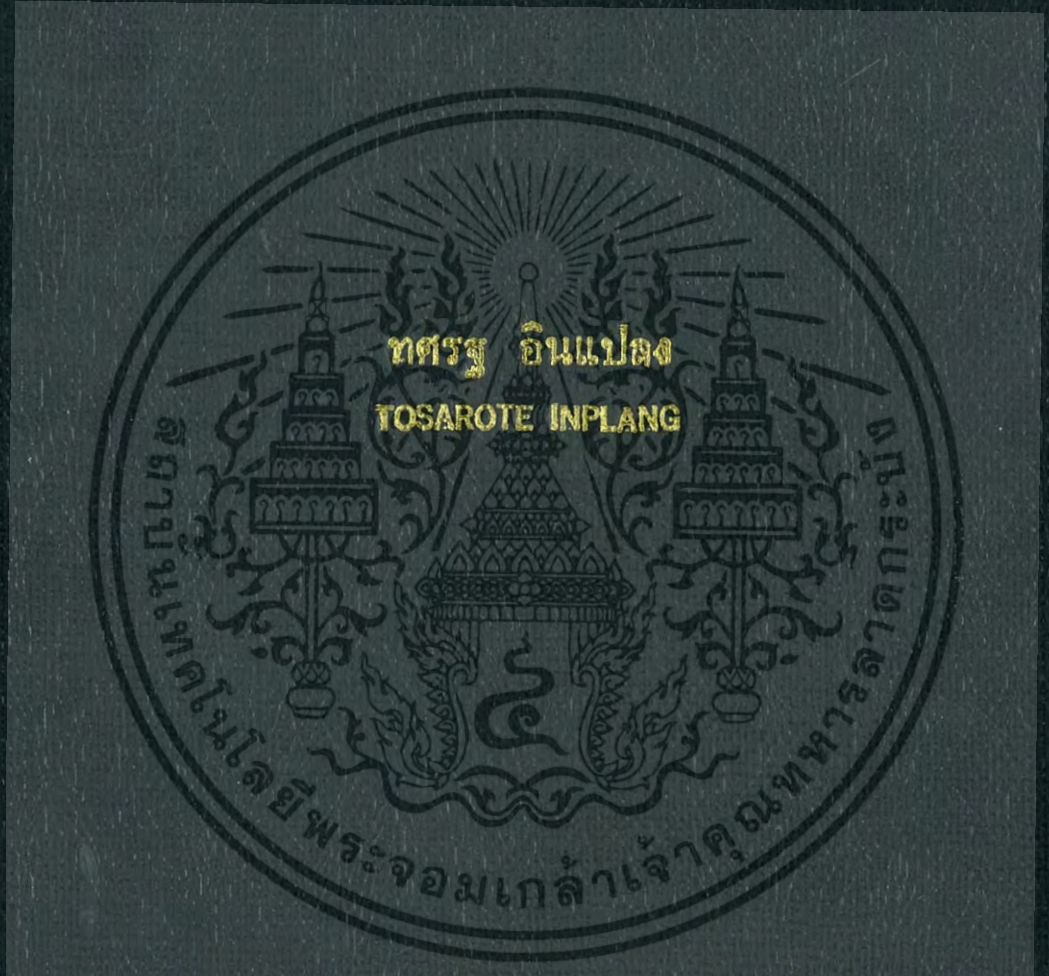
การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

A STUDY OF CANNED GLUTINOUS RICE PRODUCTION

ทศรัฐ อินแปลง

TOSAROTE INPLANG



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-670-3

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

A STUDY OF CANNED GLUTINOUS RICE PRODUCTION

T035175

ทศรฐ อินแปลง

TOSAROTE INPLANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-670-3

วพ.
ท823ก
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 35175
วัน, เดือน, ปี 23 มี.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF CANNED GLUTINOUS RICE PRODUCTION

TOSAROTE INPLAENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974-622-670-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

A STUDY OF CANNED GLUTINOUS RICE PRODUCTION

ชื่อนักศึกษา นายทศรฐ อินแปลง

รหัสประจำตัว 38065003

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วุฒิชัย	นาครักษา	
ผศ.ดร.ระติพร	หาเรือนกิจ	
ดร.พอใจ	ถามากร	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 15 ธันวาคม 2542 เวลา 9.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ. ประชุม คณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้อง 1

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....15.....**เดือน**.....ธันวาคม.....**พ.ศ**.....2543.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
นักศึกษา	นายทศรฐ อินแปลง
รหัสประจำตัว	38065003
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ด้วยการวิเคราะห์ ทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ ร่วมกับการทดสอบชิมแล้วให้คะแนนโดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึก 20 คน นอกจากนี้ยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็ง และความเหนียวกับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา โดยมีการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 3^2 มีปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป 2 ปัจจัย คือระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) 4 , 6 และ 8 นาที และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 , 5 และ 7 นาที จากการทดลองพบว่ากระบวนการแปรรูปข้าวข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสมที่สุด คือ นำข้าวมาต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 นาที จนกระทั่งมีความชื้นร้อยละ 52.63 $\pm$ 0.798 และมีอัตราการเจลลาติ-ไนซ์ร้อยละ 35.492 $\pm$ 0.149 จากนั้นนำข้าวมาบรรจุกระป๋องขนาด 307 X 113 ฆ่าเชื้อในรีทอร์ต ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 3 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุดในทุก ๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน การวิเคราะห์ผลทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ *Clostridium botulinum* , *Bacillus cereus* และ *Bacillus stearothermophillus* สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและค่าความเหนียว กับ ปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา คือ ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) พบว่า ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 1 เดือน ทั้งมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน และ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษาตลอดอายุการเก็บรักษา 6 เดือน สำหรับค่าความเหนียว พบว่าระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) มีอิทธิพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ในขณะที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน ทั้งมีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	A Study of Canned Glutinous Rice Production
Student	Mr. Tosarote Inplaeng
Student ID.	38065003
Degree	Master of Science
Programme	Food science
Year	2000
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Nakrugsa

ABSTRACT

A study of canned glutinous rice production , the objectives of the study involve studying the appropriate processing procedures canned glutinous rice production as well as the changes of canned glutinous rice undergoes during storage at room temperature. The measuring instruments use for this study are microbial and physical analysis together with an organolephtic test evaluated by 20 untrained panelists. Furthermore, the correlation of firmness , stickiness and the main factors of processing are examined, using the factorial 3^2 experimental planning which contained 2 main factors in processing; boiling temperature (BT) before canning (4 , 6 and 8 minutes) and the sterilizing value (F_o) (3 , 5 and 7 minutes).

The experiment indicated that the most legitimate procedure of canned glutinous rice is to steam the glutinous rice at 95 ^{0}C for 4 minutes until the percentage of the moisture has risen up to 52.636 $\pm$ 0.798 and the percentage of gelatinization is at 35.492 $\pm$ 0.149. For this study the boiled glutinous rice was canned in 307 x 113 cans and sterilized in retort at 115 ^{0}C in 15 minutes at the heat level of $F_o = 3$. The product of this processing is most accredited by testers in all aspects in 6 months of storage. Using microbial analysis *Clostridium botulinum* , *Bacillus cereus* and *Bacillus stearothermophillus* were not found in canned glutinous rice after 6 months of storage . The study of correlation between hardness value and stickiness value with the main factors of processing being boiling temperature (BT) and sterilizing value (F_o) , found that a highly significant difference for boiling temperature (BT) effects the hardness value resulting in a shelf life at 0 and 1 month, and that the significant difference effects the hardness value resulting in a shelf life of 3 months. However, the non-significant difference effects the hardness value resulting in a shelf life at 6 months, and the most significant difference for sterilizing value effects the hardness value at 0 , 1 , 3 and 6 months. The stickiness value found that the most significant difference for boiling temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(BT) effects the stickiness value resulting in a shelf life of 0 , 1 , 3 and 6 months. Also, the most significant difference for sterilizing value (F_o) effects the stickiness value at 1 month, and the significant difference for sterilizing value (F_o) effect the stickiness value at 3 months but it does not effect the stickiness value at 0 and 6 months.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำแนะนำแนวทางและข้อคิดเห็นต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ได้ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่เทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ และคุณนุจรีย์ อินอุดม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตลอดมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (ศตอ.) กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และ น้อง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและปรารถนาดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา คุณมารดา ที่ได้ให้กำลังใจมาโดยตลอด

ทศรฐ อินแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตการวิจัย.....2

1.3 วัตถุประสงค์.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับจากการวิจัย.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว.....4

2.2 ลักษณะของข้าวพันธุ์ที่กำหนด.....4

2.3 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว.....6

2.4 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว.....10

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน.....12

2.6 การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง.....17

2.7 การแทรกผ่านของความร้อนในอาหารกระป๋อง.....19

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในกระป๋อง.....21

2.9 ค่า Fo 22

2.10 ความเป็นกรดด่างของอาหาร.....23

2.11 ผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียว.....24

2.12 การผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....31

2.13 การวัดเนื้อสัมผัสอาหาร.....36

2.14 การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์วิธีการ 39
3.1 วัตถุดิบ.....39
3.2 อุปกรณ์ในการผลิต.....39
3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์.....39
3.4 สถานที่ทดลอง.....40
3.5 วิธีการทดลอง.....40
3.6 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....46
3.7 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปของข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง.....46
3.8 การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....48
3.9 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลง ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุ กระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา.....48
3.10 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและความเหนียว กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา.....48
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....50
4.1 ลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....50
4.2 การหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ดของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....51
4.3 คุณภาพในการหุงต้มของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู 51
4.4 การหาปริมาณอะมิโลส.....53
4.5 การหาอัตราการเกิดเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....55
4.6 การตรวจหาลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง.....56
4.7 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป บรรจุข้าวเหนียวสำเร็จรูปกระป๋อง.....57
4.8 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง.....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.9 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....68
4.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค.....70
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและค่าความเหนียว
กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา 82
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....90

บรรณานุกรม.....95

ภาคผนวก.....98
ก การคำนวณเวลาการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....99
ข วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์.....107
ค การประเมินผลทางประสาทสัมผัส.....113
ง ข้อมูลจากการทดลอง.....115
จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... ...121
ฉ ภาพจากการทดลอง..... ...131
ประวัติผู้เขียน.....137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส.....7
2.2 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก.....8
2.3 การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก.....8
2.4 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก.....13
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก.....14
2.6 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน.....16
2.7 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบ
ในอาหารกระป๋อง.....18
2.8 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป.....23
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....50
4.2 แสดงขนาดของเมล็ด , อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง
และน้ำหนักต่อ 1000เมล็ดของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....52
4.3 การดูดซึมน้ำ ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด
ที่ละลายได้ในน้ำ.....53
4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสของข้าวเหนียวพันธ์เขี้ยวงู.....54
4.5 แสดงผลอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....55
4.6 ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูต้มที่อุณหภูมิ
95 องศา เซลเซียสเวลา 4 , 6 และ 8 นาที 58
4.7 อัตราการเกิดเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธ์เขี้ยวงูต้มที่
อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเวลา 4 , 6 และ 8 นาที.....59
4.8 ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส.....67
4.9 ผลการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.10 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ ของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1, 3 และ 6 เดือน.....72
4.11 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการเกาะตัว ของข้าวเหนียว
เหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....73
4.12 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความนุ่ม ของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....75
4.13 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น ของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....77
4.14 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....79
4.15 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการยอมรับรวมของข้าว
เหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....81
4.16 แสดงค่าความแข็งของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษา
ที่อายุ 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....84
4.17 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความแข็งของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....85
4.18 แสดงค่าความเหนียวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษา
ที่อายุ 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....88
4.19 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความเหนียวของข้าวเหนียว
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....89
ค.1 แสดงผลการทดลองที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดจากการประเมิน
ผลทางประสาทสัมผัส.....114
ง.1 ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของข้าวเหนียว.....115
ง.2 ข้อมูลความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 ^{0}ซ.....115
ง.3 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส 115
ง.4 แสดงผลการวิเคราะห์อะมิโลสของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....116
ง.5 แสดงผลค่าเฉลี่ยกราฟมาตรฐาน อะมิโลส.....116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ง.6 ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 ^{0}ซ ที่ เวลา 4 , 6 และ 8 นาที 116

ง.7 ข้อมูลอัตราการเจลลาติไนซ์ ของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 ^{0}ซ ที่เวลา 4 , 6 และ 8 นาที 117

ง.8 แสดงอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู.....117

ง.9 ข้อมูลแสดงอัตราการเจลลาติไนซ์ ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู ที่ค่าดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร.....118

ง.10 แสดงผลการวัดค่าความแข็งในเดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6 119

ง.11 แสดงผลการวัดค่าความเหนียวในเดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6 120

จ.1 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความแข็งของข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....121

จ.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน.....121

จ.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน.....121

จ.4 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน.....122

จ.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน.....122

จ.6 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความแข็ง ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน.....123

จ.7 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความแข็ง ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน.....123

จ.8 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความแข็ง ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน.....123

จ.9 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน.....124

จ.10 แสดงผลการวิเคราะห์ Correlations ค่าความแข็ง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน..... 124

จ.11 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความเหนียวของข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....126

จ.12 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน.....126

จ.13 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน.....126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

จ.14 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน.....127
จ.15 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน.....127
จ.16 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน.....127
จ.17 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน.....128
จ.18 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน.....128
จ.19 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน.....129
จ.20 แสดงผลการวิเคราะห์ Correlations ค่าความเหนียว
ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว.....5

2.2 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุด ในอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อน
แบบการนำความร้อน และแบบการพาความร้อน.....20

2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อน
แก่อาหารแบบการพาและแบบการนำในกระป๋อง 77 X 112.5 มม.....20

2.4 กระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว.....25

2.5 แสดงกรรมวิธีการผลิต อะราเร่ 26

2.6 ผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองจากข้าวเหนียว.....28

2.7 กระบวนการสกัดน้ำมันจากรำข้าว.....30

3.1 แสดงกระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....47

4.1 แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส.....54

4.2 แสดงกราฟมาตรฐานการเกิดอัตราเจลลาติไนซ์ของข้าว.....56

4.3 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน.....57

4.4 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อน
การบรรจุที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที.....60

4.5 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อน
การบรรจุที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที 61

4.6 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อน
การบรรจุที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที 62

4.7 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส
มี BT เท่ากับ 4 นาที ที่ F_0 ต่าง ๆ กัน (1) $F_0 = 3$ นาที , (2) $F_0 = 5$ นาที
และ (3) $F_0 = 7$ นาที 64

4.8 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส
มี BT เท่ากับ 6 นาที ที่ F_0 ต่าง ๆ กัน (1) $F_0 = 3$ นาที (2) $F_0 = 5$ นาที
และ (3) $F_0 = 7$ นาที.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.9 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส มี BT เท่ากับ 8 นาที ที่ F_0 ต่าง ๆ กัน (1) $F_0 = 3$ นาที ,(2) $F_0 = 5$ นาที และ (3) $F_0 = 7$ นาที.....66

4.10 แสดงกราฟค่าความแข็งของข้าวที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน.....85

4.11 แสดงกราฟค่าความเหนียวของข้าวที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1, 3 และ 6 เดือน.....89

ก.1 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที.....101

ก.2 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋องที่ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที.....103

ก.3 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋องที่ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที.....105

ก.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง fh/u กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 160 ^{0}ฟ.....106

ข.1 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จากการทดลองที่ 1, 2 และ3 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.....110

ข.2 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จากการทดลองที่ 4 , 5 และ6 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.....111

ข.3 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จากการทดลองที่ 7 , 8 และ9 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.....112

ฉ.1 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....131

ฉ.2 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (ต่อ) 132

ฉ.3 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (ต่อ) 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ฉ.4 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน (SEM) รุ่น JSM-5800LV.....134
ฉ.5 แสดงอุปกรณ์วัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TA-XT2.....135
ฉ.6 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งและความเหนียว.....136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (Rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* เป็นอาหารที่มีความสำคัญที่สุดของคนในเอเชีย (Juliano, 1964) สำหรับประเทศไทยนั้นข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยมาเป็นเวลาช้านาน จัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่ง ชนิดของข้าวที่ประชาชนบริโภคกันทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) เป็นข้าวที่ประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลสร้อยละ 10-30 มีอะมิโลเพคตินร้อยละ 60-90 เมล็ดข้าวก่อนนำมาหุงจะมีสีขาวใสและเรียวยาวเมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดค่อนข้างจะร่วนไม่เหนียวจับกันเป็นก้อนเช่น ข้าวพันธุ์ กข.15 ปิ่นแก้ว 56 ขาวตาแห้ง ขาวดอกมะลิ 105 และ IR. 8 เป็นต้น ชนิดที่ 2 ข้าวเหนียว (glutinous rice, waxy, sweet หรือ mochji rice) เป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลเพคตินสูงถึงร้อยละ 95 (Bean et. al., 1964) มีอะมิโลสเล็กน้อย ร้อยละ 5-8 เช่น ข้าวพันธุ์ กข.8 สันป่าตอง เขี้ยวงู และพระตะบอง เป็นต้น (วุฒิชัย, 2535)

สำหรับข้าวเหนียวเป็นข้าวที่นิยมบริโภคกันเป็นอาหารหลักของประชากร ในแถบภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย รวมทั้งประเทศใกล้เคียงเช่นประเทศลาว พม่าและกัมพูชา การบริโภคข้าวเหนียวโดยทั่วไปจะนำเมล็ดข้าวสารมาแช่น้ำให้อิ่มตัวอย่างน้อย 5-6 ชั่วโมง หรือ แช่ค้างคืน ซาวข้าว สะเด็ดน้ำ แล้วนึ่งให้สุกบรรจุลงในภาชนะ เช่นถุงพลาสติก กล่องพลาสติก หรือภาชนะเครื่องจักสานไว้สำหรับบริโภคต่อไป ข้าวเหนียวสุกดังกล่าวจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากภาชนะบรรจุไม่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสียได้ และภาชนะบรรจุบางชนิดทำให้ข้าวสัมผัสกับอากาศได้ทำให้ข้าวแห้งแข็งเร็วขึ้น คุณภาพของเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มจะมีน้อยลง คุณภาพด้านกลิ่นและรสเปลี่ยนไปทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง นอกจากนั้นผู้บริโภคต้องเสียเวลาในการเตรียมการหุงต้มทุกวันซึ่งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีพในสภาวะสังคมเศรษฐกิจในปัจจุบัน และจากประสบการณ์ของผู้ศึกษาซึ่งมีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดเชียงรายพบว่าถ้ายิ่งเก็บรักษาสภาพข้าวเปลือกไว้นานขึ้นเรื่อยๆเมื่อนำมาขัดสีแล้วผ่านการหุงต้มคุณภาพของข้าวสุกด้านความนุ่ม และรสชาติจะลดลง ใช้ระยะเวลาการหุงต้มนานขึ้นซึ่งแตกต่างจากข้าวเจ้าคือหากเก็บรักษาเป็นเวลานาน คุณภาพการหุงต้มจะดีขึ้นโดยเฉพาะการขยายตัวในด้านความยาวและความกว้างของเมล็ด (Desikachar and Subrahmanyan,1959) อีกทั้งการนำเมล็ดข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ยังมีน้อยกว่าการแปรรูปเมล็ดข้าวเจ้า การแปรรูปเมล็ดข้าวเหนียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ การใช้แป้งข้าวเหนียว เป็นสารทำให้เกิดความคงตัว (stabilizer)ในซอสเกรวี่ต่าง ๆ ใช้เป็นสารป้องกันการแยกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาหารแช่แข็ง และใช้ทำขนมหวาน (desserts) กันมากในประเทศจีน ฟิลิปปินส์ (Bean,1984) ใช้ทำขนมปังกรอบข้าว (rice crackers)ได้แก่ อาราเร่ (arare) หรือโอกากิ (okaki) ในประเทศญี่ปุ่น (Muanmai,1994)

ดังนั้นถ้ามีการนำเอาข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นข้าวเหนียวสำเร็จเร็จบรรจุกระป๋องจะทำให้สะดวกสบายต่อการบริโภค โดยประหยัดเวลาในการหุงต้ม นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาและเป็นการนำข้าวเหนียวมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวในท้องตลาดอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยนี้จะครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญของกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยตัวอย่างข้าวที่ใช้เป็นข้าวพันธุ์เขี้ยวงู (กข. 6) ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงสีธัญญาทิพย์ อ.แม่จัน จ. เชียงราย โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ เปรียบเทียบระยะเวลาการต้มข้าวที่เหมาะสม การใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม การตรวจสอบคุณภาพข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษาโดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ที่สำคัญ การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ ที่เกี่ยวข้องกับข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข. 6)

1.3.2 ศึกษาอัตราการเกิดเจลลาติไนซ์ของข้าว (degree of gelatinization) ในการต้มข้าวที่ ระยะเวลาต่าง ๆ (4 , 6 และ 8 นาที)

1.3.3 ศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยใช้ความร้อนภายใต้ ความดันที่เหมาะสมที่ระดับ F_o ต่าง ๆ กัน (3 , 5 และ 7 นาที)

1.3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน ด้วยการวัดค่าทางจุลินทรีย์ เคมีกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคโดยอาศัยการทดสอบชิมแล้วให้คะแนน (Organoleptic test)

1.3.5 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) กับปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษา (BT) และ (F_o)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.6 เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นการปรับปรุงสภาพการหุงต้มและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวที่หุงสุกแล้วให้ยาวนานยิ่งขึ้นมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับจากการวิจัย

การผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องด้วยระยะเวลาการต้มข้าวที่เหมาะสมและการใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวที่หุงสุกแล้วให้ยาวนานยิ่งขึ้น มีความสะอาดปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ช่วยให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายในการเตรียมอาหารบริโภคเหมาะกับยุคสมัยปัจจุบัน และในสถานการณ์ที่คับขันเช่น เกิดอุทกภัย หรือสงคราม เป็นต้นเป็นการนำเอาข้าวเหนียวมาใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้นทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียว สามารถนำไปพัฒนาเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

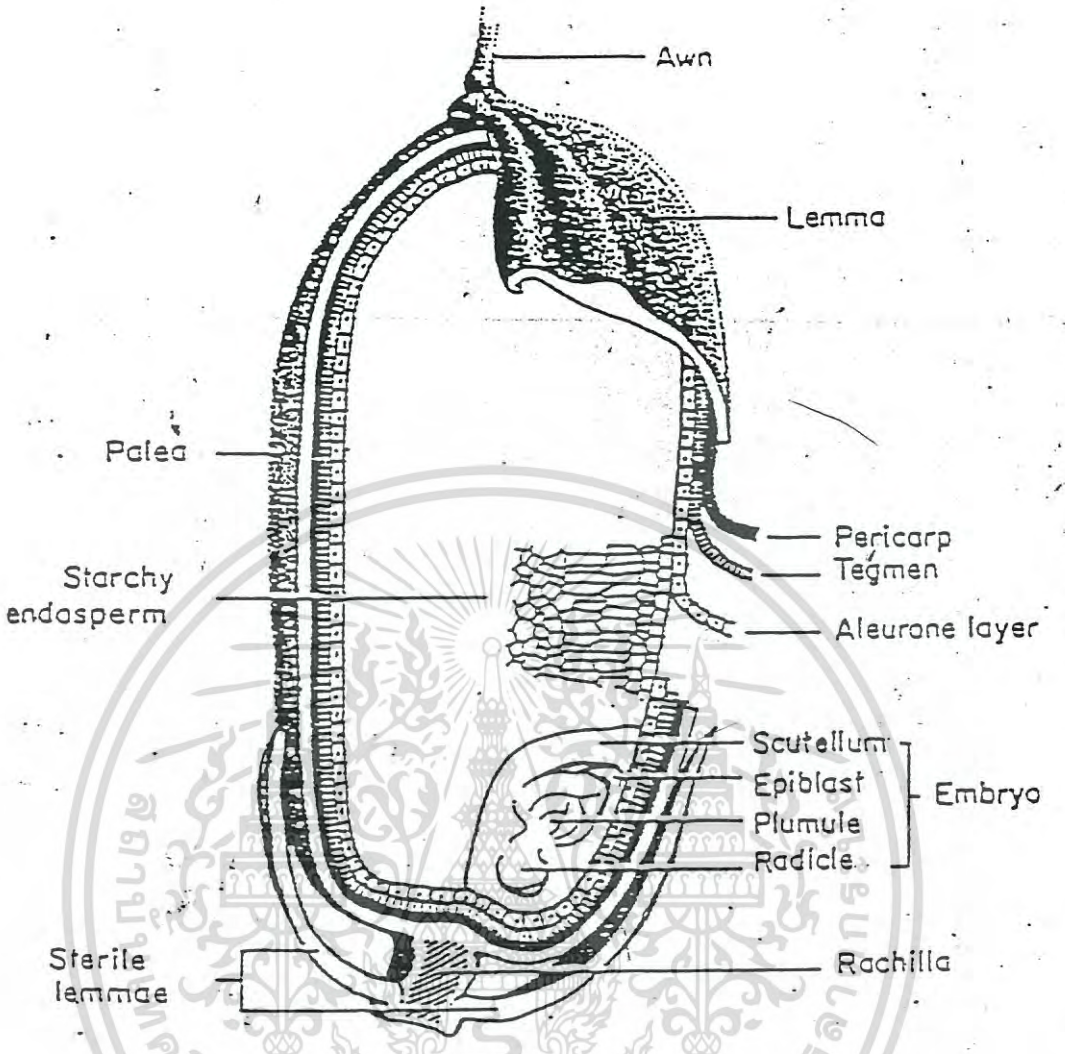
2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

โครงสร้างของข้าวประกอบด้วย โครงสร้าง 3 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกเป็นเปลือกซึ่งประกอบด้วยเปลือกแข็งและเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนที่สองเป็นเนื้อเมล็ด และส่วนที่สามคือคัพภะ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ในแต่ละส่วนมีสารอาหารเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ส่วนแรกที่เป็นเปลือกแข็งประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงต้องแยกออกก่อนบริโภคเสมอ แต่ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีสารอาหารพวกวิตามินและแร่ธาตุอยู่มาก ส่วนที่สองซึ่งเป็นเนื้อเมล็ดจะมีคาร์โบไฮเดรตคือสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ก็ยังมีน้ำ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามินอยู่ด้วย ส่วนที่สามคือคัพภะ ซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน จึงมีสารอาหารอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ครบถ้วนมากกว่าส่วนอื่นของข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันมีมากกว่าในส่วนอื่น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อรวมคุณค่าทางอาหารของข้าวทั้งหมดแล้วก็ยังมีไม่มากพอที่จะเป็นอาหารสมบูรณ์เพียงอย่างเดียว เพื่อการบริโภคของมนุษย์ที่จะใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายมนุษย์จึงบริโภคเป็นอาหารหลักร่วมกับอาหารจากแหล่งอื่น เช่น เนื้อสัตว์ต่าง ๆ ผัก และผลไม้

2.2 ลักษณะของข้าวพันธุ์ที่กำหนด

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเอาข้าวเหนียวพันธุ์ เขี้ยวงู (กข. 6) ซึ่งเป็นข้าวเหนียวต้นสูง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ซึ่งได้ปรับปรุงพันธุ์ด้วยการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม โดยใช้รังสีแกมม่า ขนาด 20 กิโลแรดอาบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและสถานีทดลองข้าวพิมาย และคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์ข้าวได้แก่ กข. 6 เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรอนงค์ (2538)

สมบัติของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

อายุเก็บเกี่ยว	ประมาณ	21	พฤศจิกายน
ระยะฟักตัวของเมล็ด	ประมาณ	36	วัน
เมล็ดข้าวกล้อง	ยาว	7.23	มม.
	กว้าง	2.28	มม.
	หนา	1.77	มม.
ความสูง	ประมาณ	154	ซม.
ผลผลิต	ประมาณ	666	กก./ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติเด่น

1) ทนแล้งได้ดีพอสมควรทำให้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง
2) คุณภาพการขัดสีดีและคุณภาพในการหุงต้มดีมากได้ข้าวสุกที่อ่อนนิ่มมีกลิ่นหอม
3) ลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย
4) ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี
5) ลักษณะต้นสูง เหมาะกับสภาพนาลุ่ม
6) การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี
7) รวงยาว ลักษณะเมล็ดยาว
8) ให้ผลผลิตสูง
9) ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล
10) เก็บเกี่ยวง่าย นวดง่าย

สมบัติด้อย

1) เป็นพันธุ์ที่ปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี
2) เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้กำเนิดมาจากข้าวเจ้าเมื่อปลูกไปนานๆจะกลายพันธุ์เป็นข้าวเจ้าได้ง่าย
3) ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง
4) ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว

2.3 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพข้าวสุกนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพเมล็ดทางเคมี คือสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก โปรตีน กลิ่นหอม ความชื้น และการเก็บรักษา (งามชื่น, 2531)

2.3.1 ปริมาณของ อะมิโลส และ อะมิโลเพคติน (Amylose and Amylopectin content)

เมล็ดข้าวสารโดยทั่วไปมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือเม็ดสตาร์ช (starch grannule) ซึ่งภายในโครงสร้างจะประกอบด้วยอะมิโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนของอะมิโลส และอะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่ร่วน และข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มากกว่าหรือที่เรียกกันว่าหุงขึ้นหม้อ ส่วนความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก จะขึ้นกับสัดส่วนอะมิโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวมักจะมีอะมิโลเพคตินเกือบทั้งหมด ทำให้ดูดน้ำและขยายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า สำหรับข้าวเจ้าในประเทศไทย มีส่วนประกอบของสตาร์ชที่มีอะมิโลสอยู่ระหว่างร้อยละ12-31 โดยข้าวที่มีความอ่อนนุ่มเช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอะมิโลสร้อยละ 12 - 16 จัดเป็นข้าวอะมิโลสต่ำ (งามชื่น, 2531) ได้แบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1 - 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2 - 9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9 - 20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20 - 25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25 - 33	ร่วน แข็ง

ที่มา: ดัดแปลงจากงามชื่น (2531)

2.3.2 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

ความคงตัวของแป้งสุก เป็นผลมาจากปริมาณของอะมิโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวสุกเมื่อเย็นตัวแล้วจะมีความแข็ง หรือความคงตัวแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (งามชื่น, 2531) การหาค่าความคงตัวของแป้งสุก อาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการต้มในสารละลายเบส แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI, 1972) ได้จัดแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกดังตารางที่ 2.2

2.3.3 อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature)

อุณหภูมิแป้งสุกหมายถึง อุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองในน้ำร้อน และเปลี่ยนลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใสอุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (งามชื่น, 2531) แม้ว่าระยะเวลาการหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกก็ตาม แต่ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาหุงต้มด้วย ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากันแต่มีเมล็ดหนากว่าจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่า สำหรับข้าวเหนียวหรือข้าวอะมิโลสต่ำ ที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูง จะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าเมล็ดข้าวจึงดูดน้ำได้มากทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวอะมิโลสต่ำควรมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิแป้งสุกต่ำจึงจะมีคุณภาพดี สำหรับข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลางหรือสูงจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว Juliano (1972) ได้แบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N. 2 มล.)
แข็ง	น้อยกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36 - 40
ปานกลาง	41 - 60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: IRRI (1972)

ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก
ต่ำกว่า 70	ต่ำ
70 - 74	ปานกลาง
สูงกว่า 75	สูง

ที่มา: Juliano (1972)

2.3.4 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio)

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เป็นผลมาจากการให้ความร้อนในระหว่างการหุงต้มโดยเมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว ซึ่งผู้บริโภคจะนิยมข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการยืดตัวมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการยืดตัวได้น้อย (ข้าวสุกที่ยืดตัวได้มากและไม่เหนียวติดกันจัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ) นอกจากนี้ การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น พันธุ์ข้าวที่มีอัตราการยืดตัวดี ได้แก่ พันธุ์ข้าวบาสมาติ 370 ซึ่งสามารถยืดตัวได้มากกว่า 2 เท่า ของความยาวของเมล็ดข้าวสาร และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ก็มีการยืดตัวดีทำให้ข้าวสุกมีขนาดยาวน่ารับประทานและนุ่ม แต่เนื่องจากข้าวมีอะมิโลสต่ำ ข้าวสุกจึงเหนียวและหุงไม่ขึ้นหม้อ

อัตราการยืดตัวของเมล็ดหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร หรือคำนวณได้จากสูตรของ Juliano and Perez (1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก = ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก 10 เมล็ด / ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร 10 เมล็ด

2.3.5 ปริมาณโปรตีน (Protein content)

ปริมาณโปรตีน ในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปมีอยู่ประมาณร้อยละ 9.8 ซึ่งนับว่าน้อย แต่ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเช่นกัน Juliano et. al. (1965) ได้กล่าวว่า ปริมาณโปรตีนมีความสัมพันธ์กับเวลาในการหุงต้มกล่าวคือ ทำให้ระยะเวลาหุงต้มข้าวสุกนานขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ด และโปรตีนยังมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำของเมล็ด ความนุ่ม และความเหนียว กล่าวคือ ทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้น้อยลง ข้าวสุกมีความนุ่มและความเหนียวลดลง Onate et. al. (1964) พบว่าข้าวสุกไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ใดก็ตามที่มีโปรตีนต่ำจะมีความอ่อนนุ่ม ความเหนียวและมีกลิ่นรสมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงกว่า

2.3.6 กลิ่นหอม (Aroma)

ข้าวทั่วไปมีสารระเหยอยู่หลายชนิด Yajima et. al. (1978) ได้วิเคราะห์สารระเหยที่ได้จากการหุงข้าวพันธุ์ Koshihikari ของญี่ปุ่น พบว่ามีสารระเหยอยู่ 114 ชนิด สารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกัน ในพันธุ์ข้าวหอมมี 2- แอซิทิล -1- ไพโรลีน (2- acetyl -1- pyrroline) มากกว่าข้าวทั่วไป โดยข้าวสารหอม 1 กรัมอาจมีสารนี้ 0.04 - 0.09 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องหอมอาจมี 0.1 - 0.2 ไมโครกรัม สารหอมชนิดนี้ยังมีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตยซึ่งมีสูงถึง 1 ไมโครกรัม/กรัม (Buttery et. al. 1983) สำหรับพันธุ์ข้าวไม่หอมนั้น Paule and Power (1989) พบว่าปริมาณเฮกซานอลมีความสัมพันธ์ทางด้านลบกับกลิ่นหอมของข้าวคือ ข้าวที่มีปริมาณเฮกซา-นอลมากจะมีกลิ่นหอมลดน้อยลง

2.3.7 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ความชื้นในเมล็ดข้าวจะมีผลต่อการที่ข้าวหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าวเช่นกัน ข้าวที่มีความชื้นต่ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อ และมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ ในประเทศไทยผู้บริโภคข้าวเจ้านิยมบริโภคข้าวเก่าซึ่งหุงขึ้นหม้อดีกว่า และราคาข้าวเก่าจะสูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ความชื้นในข้าวยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาข้าว ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อราและจุลินทรีย์ต่าง ๆ เจริญเติบโตได้ ข้าวจะเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นมาตรฐานข้าวของประเทศต่างๆ จึงได้กำหนดระดับความชื้นของข้าวไว้เช่น ประเทศกำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (เครือวัลย์, 2534) สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นระดับความชื้นอาจสูงถึงร้อยละ 16 (Pomeranz, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 เดือน เนื่องจากปริมาณความชื้นลดลงทำให้มีผลต่อคุณสมบัติข้าวสุก คือ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้น ข้าวสุกขยายปริมาตรได้มากขึ้นหรือหุงขึ้นหม้อ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น น้ำข้าวจะใสขึ้น และใช้เวลาหุงต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย เมื่อต้มสุกจะไม่ค่อยแตกตัวออก (Desikachar, 1956)

ผู้บริโภคบางคนนิยมข้าวเก่าที่หุงขึ้นหม้อและไม่แฉะ มีรายงานว่าสามารถเร่งข้าวใหม่ให้กลายเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อและไม่แฉะได้ โดยเพิ่มความร้อนให้ข้าวสารสูงถึง 110 องศาเซลเซียสในภาชนะปิดฝา โดยไม่ให้ความร้อนสูญหายไป การเป่าลมร้อน 150 - 260 องศาเซลเซียส ชั่วครู่ หรืออาจแช่เมล็ดข้าวสารในน้ำมันดอกทานตะวันที่ 60 องศาเซลเซียสค้างคืนช่วยให้ความเหนียวของข้าวลดลง การนำข้าวเปลือกไปนึ่งในระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยลดความเหนียวของข้าวสุกได้ Juliano (1992) ได้เร่งข้าวใหม่ (ทั้งข้าวเหนียว และข้าวเจ้า) ให้เป็นข้าวเก่าโดยเก็บข้าวไว้ที่ 2-4 องศาเซลเซียส นานกว่า 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเก็บที่ 42 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง พบว่าข้าวที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น

2.4 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่นน้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain translucency) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of milled rice) และคุณภาพการสี (milling quality) (เครือวัลย์, 2534)

2.4.1 น้ำหนักเมล็ด

เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด และ ควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่น้ำหนักเมล็ดจะแปรไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศก็มีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ดด้วย จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดพันธุ์ข้าวไทย จำนวน 344 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.16 - 4.17 กรัม ข้าวพันธุ์ดีของไทยที่รัฐบาลส่งเสริมให้ปลูกจะมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดระหว่าง 2.25-3.67 กรัม (เครือวัลย์, 2534)

2.4.2 สีข้าวกล้อง

เกิดจากสารสีที่เยื่อหุ้มผล (pericarp) ส่วนเนื้อในเมล็ดของข้าวทุกชนิด มีสีขาวเสมอ จากการสำรวจพันธุ์ข้าวต่าง ๆ ในธนาคารเชื้อพันธ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าข้าวกล้องมี 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วง) ส่วนใหญ่มีสีขาว ข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วง มีสารสีพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin pigment) ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือใช้แรงกดมาก เพื่อทำให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออก เป็นผลทำให้ข้าวหนักมาก มีปริมาณข้าวสารน้อย ดังนั้น ข้าวกล้องที่มีสีอ่อนจึงเป็นที่นิยม เช่น สีขาว หรือน้ำตาล (เครือวัลย์, 2534)

2.4.3 ขนาดรูปร่างเมล็ด

ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา และความป้อม หรือเรียวของเมล็ด ข้าวพวกอินดิก้า (Indica) จะมีรูปร่างเมล็ดเรียว ค่อนข้างป้อมพวกจาวานิก้า (Javanica) มีเมล็ดกว้างและหนา ส่วนข้าวพวกจาปอนิก้า (Japonica) มีเมล็ดสั้นและกลม (เครือวัลย์, 2534)

Adair และคณะ (1966) ได้จำแนกขนาดเมล็ดและรูปร่างเมล็ดข้าวกล้องไว้ดังนี้ ขนาดเมล็ดจำแนกตามความยาวของเมล็ดเป็น 4 พวก ดังนี้คือ

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มิลลิเมตร)
ยาวมาก	มากกว่า 7.50
ยาว	6.61 - 7.50
ยาวปานกลาง	5.51 - 6.60
สั้น	น้อยกว่า 5.50

รูปร่างเมล็ดจำแนกตามอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างเป็น 3 พวก

รูปร่างเมล็ด	ความยาว/ความกว้าง
เรียว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.1 - 3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.1

2.4.4 ลักษณะท้องไข่

ลักษณะท้องไข่ ได้แก่ จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ด เป็นลักษณะที่เกิดจากการจับตัวอย่างหลวม ๆ ของเม็ดสตาร์ช (starch granule) กับเม็ดโปรตีน (protein body) ในเนื้อเมล็ด ลักษณะนี้ควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลักษณะท้องไข่เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพและราคาของข้าว ข้าวที่เป็นท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหักมาก และไม่เป็นข้าวเกรดสูง เช่น ข้าว 100 เปอร์เซนต์ หรือข้าว 5 เปอร์เซนต์ ได้เพราะข้าวเกรดสูงจะมีท้องไข่ได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 (เครือวัลย์, 2534)

2.4.5 ความใสของเมล็ด

ความใสหรือขุ่นของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง (opaque) หรือความใส (translucence) ของเนื้อเมล็ด ซึ่งจะสังเกตความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ส่วนในเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขุ่นอย่างเดียว ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความใสหรือขุ่นในเนื้อเมล็ดข้าวเจ้า แต่คาดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะเนื่องจากทั้งพันธุ์ข้าวและพื้นที่เพาะปลูก เพราะพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใส แต่ที่ปลูกในแถบภาคกลางบางแห่ง ข้าวสารจะค่อนข้างขุ่น เป็นต้น (เครือวัลย์, 2534)

2.4.6 ความขาวของข้าวสาร

ความขาวขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี (degree of milling) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกรดของข้าว อายุการเก็บข้าว โดยข้าวที่เก็บไว้นาน ๆ จะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ นอกจากนั้นยังพบว่า ข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ (เครือวัลย์, 2534)

2.4.7 คุณภาพการสี

สิ่งที่เป็นผลผลิตจากการสีข้าว ได้แก่ แกลบประมาณร้อยละ 20-24 รำ ร้อยละ 8-10 และข้าวสารร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากการขัดขาวจะนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวและข้าวหัก ซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นกับ คุณภาพข้าวเปลือกก่อนสี ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว การปฏิบัติรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การตากข้าวก่อนนวดและหลังนวด การนวดข้าว การเก็บรักษา และกระบวนการสี (เครือวัลย์, 2534)

สำหรับข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมีรูปร่างลักษณะเรียวยาวความยาวของเมล็ดโดยเฉลี่ยประมาณ 7.42 มิลลิเมตร มีความกว้างประมาณ 2.31 มิลลิเมตร น้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด ประมาณ 18.17 กรัม หุงสุกได้ในอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส มีปริมาณอะมิโลส ในแป้งต่ำมาก ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหุงสุกแล้วจะมีความนุ่มเหนียว

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and eating quality)

คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพมีความสำคัญต่อการทดสอบ และ ประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and eating quality) เนื่องจากความนิยมในการรับประทานของผู้บริโภคในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้ม และการรับประทานดังเช่น ชาวญี่ปุ่น และเกาหลี นิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน (วุฒิชัย,2535) คุณสมบัติ ทางเคมี และกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน มีดังนี้

2.5.1 ปริมาณอะมิโลส (Amylose content)

สตาร์ชในเมล็ดข้าวมีอะมิโลเพคติน เป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง ในสภาวะธรรมชาติในเม็ดแป้ง มีการจับกันของโมเลกุลอะมิโลส และอะมิโล-เพคติน ส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) จะเป็นบริเวณที่โมเลกุลของอะมิโลส และอะมิโลเพคตินจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเป็นระเบียบ พองตัวยาก ซึ่งมีผลให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ในส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ของเม็ดแป้งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงกันอย่างไม่หนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระอยู่มาก จึงทำให้พองตัวง่ายและโดยทั่วไป นิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณอะมิโลสเป็นหลัก เมื่อเติมน้ำลงในเม็ดแป้ง และทำให้ร้อนขึ้น โดยเพิ่มอุณหภูมิ หรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน ความร้อนจะทำลายพันธะ ระหว่างโมเลกุลในบริเวณที่เป็นผลึก ทำให้เม็ดแป้งสามารถรับน้ำเข้าไปในบริเวณอสัณฐาน ทำให้บริเวณนี้มีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ในขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึกจะเริ่มถูกทำลาย และเม็ดแป้งจะขยายทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่ เรียกว่า การเจลลาติไนซ์เซชั่น (Swinkle, 1985) ข้าวที่มีอะมิโลสสูงเม็ดแป้งจะพองตัวได้ยาก ต้องใช้พลังงานความร้อนมากเม็ดแป้งถึงจะพองตัว ทำให้ข้าวที่มีปริมาณ อะมิโลสสูงหุงยาก และข้าวสุกที่ได้จะร่วนและแข็ง (Luh and Liu, 1980) เมื่ออุณหภูมิลดลงอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่เรียกว่า การคืนตัวกลับของแป้ง (Retrogradation) ข้าวที่มีอะมิโลสมากก็จะมีการคืนตัวของแป้งมากทำให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้แข็ง เนื่องจากน้ำที่อะมิโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา

2.5.2 ปริมาณโปรตีน (Protein content)

ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการดูดน้ำของข้าวในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีนที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมของน้ำของเม็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มและเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงนอกจากนั้นโปรตีนยังมผลต่อคุณภาพด้านสีของข้าวเมื่อหุงสุกแล้วข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำเนื่องมาจากโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ

2.5.3 ความคงตัวของเจล (Gel consistency)

ความคงตัวของเจลขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับ-ประทานแตกต่างกัน ในข้าวบางพันธุ์ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวสุกอาจมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือมีความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวจากค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N(2 มล.))
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา : Juliano et. al. (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวที่มีความคงตัวของเจลต่ำกว่าจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของเจลสูง เมื่อมีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน (Juliano, 1982)

2.5.4 อุณหภูมิของแป้งสุก (Gelatinization temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็น เจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยทั่วไปต้องใช้เวลา 14 -24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุกข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกสามารถ คาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (^{0}C)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55 – 69	ต่ำ	6 - 7
70 – 74	ปานกลาง	4 - 5
74.5 – 79	สูง	2 – 3

ที่มา : Juliano et. al. (1980)

2.5.5 อัตราการยืดตัวของเมล็ดแป้งสุก (Elongation ratio)

ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์ เมล็ดสามารถยืดตัวได้มาก ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มากทำให้เมล็ดข้าวสุกไม่เหนียวติดกันคุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น(Juliano and Perez, 1984)

2.5.6 กลิ่นหอม (Aroma)

เป็นลักษณะพิเศษ ที่เป็นที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่มมีรายงานว่าข้าวที่มีกลิ่นหอมมีสาร 2-อะเซติล-1-ไพโรลีน (2-acetyl-1-pyroline) มากกว่าข้าวทั่วไป ข้าวสารดังกล่าวนี้พบในข้าวสารหอมพันธุ์ต่างๆ ปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม และในข้าวกล้องประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สารหอมชนิดนี้ยังพบปริมาณสูงในพืชตระกูลใบเตย ในการทดสอบข้าวหอมนั้นกระทำโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำเกลือเข้มข้น 10 % ปิดฝาให้แห้งสนิทเพื่อให้สารหอมระเหยออกมาแล้ว จึงคมแยกข้าวหอมออกจากข้าวที่ไม่มีกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

หลังการเก็บเกี่ยวภายในเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ (Juliano, 1985) กรณีของข้าวเจ้าจากรายงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รวบรวม ข้อมูลต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้ คือ คุณภาพในการขัดสีข้าวเมล็ดยาวที่เป็นข้าวเก่าจะมีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของข้าวเก่าในระหว่างการหุงต้มก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน แต่น้ำข้าวจะมีของแข็งแขวนลอย (Total soluble solid) อยู่น้อยลง หรือใสขึ้น ในขณะที่ข้าวเมล็ดสั้น เช่น ข้าวจาปอนนิก้าเมื่อนำข้าวเก่าที่เก็บไว้นานมาหุงจนสุก จะมีความเหนียว ความนุ่มและความเลื่อมมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ใหม่ ๆ ในส่วนของข้าวเหนียวจากประสบการณ์ของผู้เขียนซึ่งบริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักและอยู่ในท้องถิ่นที่ประชากรบริโภคข้าวเหนียวพบว่า ข้าวเก่าที่เก็บไว้นานเมื่อหุงต้มสุกจะมีความเหนียว ความนุ่ม และความเลื่อมมัน ต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อะมิโลส	อุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวแป้งสุก
		ข้าวสุกนุ่มและเหนียว		
ขาวดอกมะลิ 105 *	7.4	12-17	ต่ำ	อ่อน
กข 15 *	7.5	14-17	ต่ำ	อ่อน
กข 21	7.3	17-20	ต่ำ	อ่อน
นางมล เอส 4 *	7.8	19-26	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน
		ข้าวสุกไม่แข็ง		
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง 17	7.5	26-28	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน
กข 7	7.2	24-28	ปานกลาง	อ่อน
กข 23	7.3	26-30	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี 60	7.5	19-26	ต่ำ	ปานกลาง
		ข้าวสุกร่วน		
เหลืองใหญ่ 148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน - ปานกลาง
น้ำสะกุย 19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน - ปานกลาง
เหลืองประทิว 123	7.4	28-32	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน - แข็ง
ตะเภาแก้ว 161	7.5	30-32	ต่ำ	อ่อน
เล็บมือนาง 111	7.6	29-32	ต่ำ – ปานกลาง	แข็ง - อ่อน
ปิ่นแก้ว 56	7.5	29-31	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน
นางพญา 132	7.4	31-32	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน - แข็ง
กู้เมืองหลวง	8.4	28-30	ต่ำ	แข็ง
แก่นจันทร์	7.2	30-31	ต่ำ	อ่อน
กข 1	7.1	29-31	ต่ำ	แข็ง
กข 5	7.2	29	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน
กข 9	7.2	29-31	ต่ำ	แข็ง
กข 11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง
กข 13	6.9	30-33	ต่ำ – ปานกลาง	อ่อน
กข 25	7.4	30-33	ต่ำ	อ่อน
ปทุมธานี 60 *	7.5	27-32	ต่ำ	แข็ง

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ * หมายถึง มีกลิ่นหอม

ที่มา : ดัดแปลงจาก งามชื่น (2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

2.6.1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในการทำอาหารกระป๋อง

ในการผลิตอาหารกระป๋อง จะต้องตั้งเป้าหมายในการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียที่สำคัญในอาหารชนิดนั้น ๆ หรือตัวที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ถ้าหลงเหลืออยู่โดยเฉพาะพวกที่ทนความร้อนได้ดี ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) มีความเสี่ยงต่อ เชื้อ *Clostridium botulinum* ในการแปรรูปอาหารที่มีกรดต่ำจึงยึดเชื้อ *Clostridium botulinum* เป็นเป้าหมายในการทำลาย โดยจะใช้ความร้อนในระดับอย่างน้อยที่สุด ที่สามารถทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ที่ทนความร้อนที่สุด ในสารละลายฟอสเฟตที่มี พีเอช เท่ากับ 7 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าที่ F_{250} F_0 ของ *Clostridium botulinum* มีค่าเท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งความร้อนระดับนี้มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มีกรดต่ำเนื่องจากอัตราการถูกทำลายของจุลินทรีย์เป็นฟังก์ชันล็อก ดังนั้นในทางทฤษฎีจึงไม่อาจทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ในทางปฏิบัติจะกำหนดเวลาที่จะใช้ทำลายจุลินทรีย์ คิดเป็นจำนวนเท่าของค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดนั้น จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า ไม่เท่ากัน สำหรับ *Clostridium botulinum* จะใช้ 12D แต่ถ้าใช้จุลินทรีย์ตัวอื่นที่ทนความร้อนสูงกว่า *Clostridium botulinum* เช่น *Clostridium sporogenes* ใช้ 5 D และ *Bacillus stearothermophillus* จะใช้ 4D ซึ่งให้ผลเทียบเท่ากับ 12D ของ *Clostridium botulinum* และเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและยังคงรักษาคุณภาพของอาหารไว้ไม่ให้ถูกทำลายโดยความร้อนมากเกินไป (Stumbo, 1973)

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Stumbo, 1973)

2.6.2.1 คุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การทำลายจุลินทรีย์ ที่ปนเปื้อนในอาหาร ต้องพิจารณาจากระดับอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งความทนทานความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35175

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความต้านทานความร้อน(ค่า D,Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

Bacterial groups	Approximate range of heat resistance	
	D	Z
Low-acid semi-acid foods (pH above 4.5)		
Thermophiles (spores)	**D** 250	
- Flat-sour group (*B. stearothermophillus*)	4.0 - 5.0	14 - 22
- Gaseous-spoilage group (*C.Thermosaccharolyticum*)	3.0 - 4.0	16 - 22
- Sulfide stinkers (*C. Nigrificans*)	2.0 - 3.0	16 –22
- Sulfide stinkers (*C. Nigrificans*)	2.0 - 3.0	16 –22
Mesophiles (spores)		
- *C. botulinum* (types A and B)	0.10 - 0.20	14 - 18
- *C. sporogenes* group (including P.A. 3679)	0.10 - 1.5	14 - 18
Acid food (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
- *B. coagulans* (facultatively mesophilic)	0.01 - 0.07	14 - 18
Mesophiles (spores)	**D** 212	
- *B. polymyxa* and *B. macerans*	0.10 - 0.50	12 - 16
- Butyric anaerobes (*C. pastiurianum*)	0.10 - 0.05	12 - 16
High-acid foods (pH 4.00 and below)	**D** 150	
Mesophillic non-spore-bearing		
- *Lactobacillus spp. Leuconostoc spp.* And yeasts and moulds	0.50 – 100	8 - 10

ที่มา : Stumbo (1973)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด ของอาหาร ได้แก่ เวลาที่ใช้จะทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

2.7 การแทรกผ่านของความร้อนในอาหารกระป๋อง (Heat penetration)

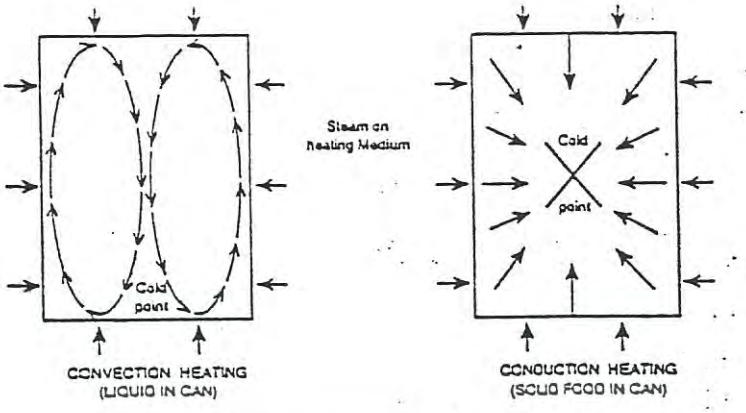
อัตราความเร็วที่มีปริมาณความร้อนแผ่กระจายไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด (Cold point หรือ Slowest – heating point) ของอาหารกระป๋อง ขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิดซึ่งเกิดขึ้นไม่เท่ากันในอาหารเหลวการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน(Convection) ซึ่งเกิดขึ้นได้เร็วกว่าในอาหารแข็งที่เป็นแบบการนำความร้อน (Conduction) ดังนั้นระยะเวลาในการฆ่าเชื้อจึงสั้นกว่า การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องจะเกิดขึ้นได้ไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต้องนานเพียงพอที่ความร้อนจะแผ่กระจายไปยังจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุดของอาหารนอกจากนี้ขนาดของกระป๋องก็มีผลต่อการฆ่าเชื้อเพราะว่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องขนาดใหญ่จะใช้เวลานานกว่ากระป๋องขนาดเล็ก ในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแต่ละครั้งจะต้องแน่ใจว่าอาหารทุกกระป๋องเป็นชนิดเดียวกันและมีขนาดเท่ากัน ตำแหน่งของจุดที่ร้อนช้าที่สุดสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายในกระป๋องออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ

2.7.1 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection heating)

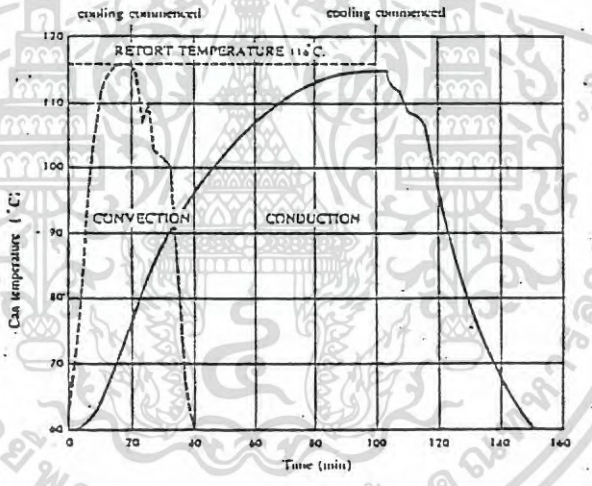
การพาความร้อนแบบธรรมชาติเกิดขึ้นโดยมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของตัวกลาง (อาหารเหลว) โมเลกุลของอาหารเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ขณะที่โมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากกว่า(หนักกว่า)จะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารเหลวภายในกระป๋องซึ่งจะทำให้สมมาตรของอาหารเสียไป ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อโดยวางเรียงในแนวตั้งจะอยู่ที่ประมาณ ¾ นิ้ว จากด้านล่างกระป๋องสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก และสำหรับกระป๋องขนาดใหญ่ เช่น กระป๋องเบอร์ 10 จุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่ง จากด้านล่างกระป๋อง

การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) จะมีแรงภายนอกมาบังคับให้โมเลกุลของอาหารเคลื่อนที่ เกิดการผสมของของเหลวภายในกระป๋อง ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้เร็วขึ้น เช่นการฆ่าเชื้ออาหารใน Agitating Cooker ซึ่งจะมีการหมุนของกระป๋องระหว่างการฆ่า มักไม่พบจุดที่ร้อนช้าที่สุด หรือ ถ้ามีก็จะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุด (Cold piont) ในอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) และแบบการพาความร้อน (convection)



ภาพที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่อาหารแบบการพาและแบบการนำในกระป๋อง 77 X 112.5 มม.

ที่มา : ทิพาพร (2536)

2.7.2 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อน แบบการนำความร้อน (Conduction heating)

อาหารในกระป๋องจะได้รับความร้อนในทุกทิศผ่านผนังกระป๋องแล้วผ่านจากโมเลกุลส่วนที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร ซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางของกระป๋อง (Geometric Center)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในภาพที่ 2.2 นั่นคือ พลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทจากบริเวณที่มีสูง (อาหารที่อยู่ติดกับฝากระป๋อง) ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (จุดที่ร้อนช้าที่สุด) โดยผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนแบบการนำนั้นอนุภาคอาหารไม่สามารถเคลื่อนที่ การถ่ายเทความร้อนจึงไม่เร็วเหมือนกับแบบการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection)

2.7.3 อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม

เป็นอาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืดประกอบอยู่ด้วย ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพาความร้อนและเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนมีความข้นหนืดมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจึงเปลี่ยนเป็นแบบการนำความร้อน จะได้กราฟในลักษณะพิเศษ ที่เรียกว่า "Broken heating curve" คือไม่เป็นเส้นตรงตลอดแนวแต่จะเป็นเส้นที่มีการเปลี่ยน Slope เหมือนกับเส้นตรง 2 เส้น ที่มีความชันต่างกันมาต่อกัน อาหาร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหรือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุชิ้นอาหารใหญ่ ๆ ในของเหลว เช่นชิ้นผักใหญ่ๆในน้ำเกลือจุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางระหว่างจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (จุดกึ่งกลาง) และการพา

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในกระป๋อง

2.8.1 น้ำหนักบรรจุ

ถ้ามากเกินไปจะทำให้อัตราการแทรกผ่านของความร้อนลดลง ในการศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนมักจะใช้น้ำหนักบรรจุเกินกว่าปกติ 5 % เพื่อชดเชยสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในการผลิตจริงเพื่อความปลอดภัย

2.8.2 ความหนืดของผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบบางตัว เช่นแป้ง มีผลอย่างมากต่อการส่งผ่านของความร้อน การใส่แป้งมากเกินไป หรือใช้แป้งผิดประเภทอาจนำไปสู่ปัญหาของการให้ความร้อนไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อ (Underprocessing)

2.8.3 อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ

ของแข็งบรรจุอยู่มากการถ่ายเทความร้อนก็ยิ่งช้าลง ผู้ตรวจสามารถที่จะประเมินโดยดูจากข้อมูลน้ำหนักบรรจุก่อนและหลังฆ่าเชื้อ เพื่อดูความสม่ำเสมอ และดูว่าเป็นค่าเดียวกับที่ใช้ในการกำหนดการฆ่าเชื้อหรือไม่

2.8.4 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้การบรรจุในกระป๋องแน่นเกินไปทำให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 ชนิดขนาดรูปร่างและการเรียงผลิตภัณฑ์ในกระป๋อง

อนุภาคต่างชนิดกันดูดซับความร้อนได้ในอัตราที่แตกต่างกัน ขนาดมีผลเกี่ยวข้องทั้งกับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ และการเรียงผลิตภัณฑ์อัดกันแน่นที่ก้นกระป๋อง ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่ของของเหลวในกระป๋องทำให้การให้ความร้อนเกิดขึ้นได้ช้าลง

2.8.6 ตำแหน่งของกระป๋องในหม้อฆ่าเชื้อ

2.8.7 สูญญากาศและช่องว่างเหนืออาหาร

มีผลต่อการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์การมีสูญญากาศ หรือช่องว่างเหนืออาหารไม่เพียงพออาจมีผลทำให้เกิด Underprocessing ขึ้นได้

2.8.8 ขนาดและรูปร่างของภาชนะบรรจุ

สำหรับผลิตภัณฑ์บางชนิด การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของภาชนะบรรจุอาจไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสการพา (convection currents) หรือการเรียงตัวของอนุภาคอาหารที่เป็นของแข็ง

2.8.9 ช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋องสำหรับการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อแบบหมุน

เนื่องจากการเป็นฟองในช่องว่างเหนืออาหารที่ทำให้เกิดการกวนในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นถ้าช่องว่างเหนืออาหารไม่เพียง อาจเกิด underprocessing เพราะเป็นการให้ความร้อนอย่าง ช้า ๆ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอาหาร

2.9 ค่า F_0 (Sterilization value)

การกำหนดค่า F_0 ขึ้นอยู่กับการทดลอง เพราะว่าจะต้องมีปัจจัยอื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วยในกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋อง ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้อง F_0 ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของวัตถุดิบ จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเตรียม คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารกับชนิดของอาหารที่สำคัญ ดังนั้น ค่า F_0 จะแปรเปลี่ยนจากอาหารหนึ่งกับอาหารอีกชนิดหนึ่ง ดังตารางที่ 2.11 ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินชี้ขาดค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ขนาดกระป๋อง	ค่า F_0
อาหารเด็ก	202 x 308	3 - 5
ถั่วในซอสมะเขือเทศ	ทุกขนาด	4 - 6
ถั่วลันเตาในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า 307 x 409 ถึง 603 x 700	6 6 - 8
แครอท	ทุกขนาด	3 - 4
เนื้อในน้ำเกรวี	ทุกขนาด	12 - 15
ถั่วแขกในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	4 - 6
เห็ดในน้ำเกลือ	300 x 410	8 – 10
แกงเนื้อใส่ผัก	307 x 410 และเล็กว่า	8 – 12
ไก่ทั้งชิ้นในน้ำเกลือ	401 x 411 ถึง 603 x 70	15 – 18
ไส้กรอกในน้ำมัน	307 x 401 และเล็กกว่า	4 - 6
ไส้กรอกในน้ำเกลือ	307 x 401 และเล็กกว่า	3 - 4
ปลาในซอสมะเขือเทศ	307 x 401 และเล็กกว่า	10
ซุบมะเขือเทศ	ทุกขนาด	3
อาหารสัตว์เลี้ยง	300 x 410	15 - 18
ซุปข้าวโพด	307 x 409	5 - 6
หน่อไม้ฝรั่ง	ทุกขนาด	2 - 4
ข้าวโพดอ่อนในน้ำเกลือ	307 x 409	9

ที่มา : ดัดแปลงจาก Alstrand and Ecklund (1952) ; Metal Box (1982)

2.10 ความเป็นกรดด่างของอาหาร

ความเป็นกรดด่าง เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้อในอาหารทั้งนี้เพราะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปกติแล้วจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม อาหารแบ่งตามสภาพความเป็นกรดด่าง ได้เป็น 4 ประเภทคือ (Frazeir and Westhoff, 1979)

2.10.1 กลุ่มอาหารที่เป็นกรดต่ำ (low acid foods) คือ อาหารที่มีค่าพีเอชสูงกว่า 5.3 ขึ้นไป เช่น เนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ปีก สัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์ผักบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 กลุ่มอาหารที่เป็นกรดปานกลาง (medium acid foods) คืออาหารที่มีค่า พีเอช ที่อยู่ในช่วง 4.5 – 5.3 เช่น อาหารจำพวกซุป ผลิตภัณฑ์จากเส้นหมี่เป็นต้น

2.10.3 กลุ่มอาหารที่เป็นกรด (acids foods) คืออาหารที่มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 3.7 – 4.5 เช่น ผลไม้จำพวกส้ม และลูกท้อเป็นต้น

2.10.4 กลุ่มอาหารที่เป็นกรดสูง (High acids foods) คืออาหารที่มีค่าพีเอช ต่ำกว่า 3.7 ลงมา เช่น มะนาว ผักดอง อาหารหมักดอง เป็นต้น

ทางปฏิบัติอาหารจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ กลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (พีเอช สูงกว่า 4.5) กลุ่มอาหารที่เป็นกรด (พีเอช 4.0 – 4.5) กลุ่มอาหารที่เป็นกรด สูง (พีเอช ต่ำกว่า 4.0 ลงมา)

2.11 ผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียว

ประชาชนชาวไทยเรารู้จักบริโภคข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักมาช้านาน โดยเริ่มจากการเตรียมอย่างง่ายๆ ด้วยการบดหรือทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งเป็นแกลบหลุดออกไป แล้วนำเมล็ดนั้นมาหุงต้มให้สุกและบริโภคกับอาหารอย่างอื่น เช่น เนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ เป็นต้นผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวเท่าที่ผู้วิจัยรวบรวมได้ในขณะนี้ได้แก่

2.11.1 ข้าวสาร (White Rice)

ข้าวสารหมายถึงข้าวที่ได้จากการกะเทาะเปลือกแข็งออกจากเมล็ด แล้วนำมาขัดสีเพื่อให้เมล็ดข้าวมีผิวสวยขาวใสขึ้นเรียกข้าวสาร และแยกคัพภะออกเพื่อให้เก็บข้าวสารไว้ได้นาน โดยที่การแปรรูปจะไม่คำนึงถึงคุณค่าทางอาหาร แต่จะเน้นที่ความสวยงามและการเก็บรักษาเป็นเรื่องสำคัญ จึงเกิดวิวัฒนาการของการแปรรูปข้าวด้วยการขัดสีขึ้น ซึ่งมี 2 แบบคือแบบธรรมดาและแบบข้าวนึ่ง โดยแบบข้าวนึ่งจะต่างจากแบบธรรมดาที่การเตรียมข้าวเปลือก โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำ แล้วจึงต้มนึ่งให้ผิวนอกของเมล็ดสุกจึงตากแห้งจะทำให้เก็บได้นานกว่าข้าวเปลือกธรรมดา เมื่อจะบริโภคจึงนำมาขัดสี นอกจากนั้นยังคิดวิธีการขัดสีโดยการใช้สารละลายในขั้นการขัดให้ข้าวกล้องขาวขึ้น ส่วนผลผลิตที่ได้จากการขัดสีก็นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นได้หลายชนิด

2.11.2 แป้งข้าว

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวหักหรือ ปลายข้าวมาบดแบบเปียกให้เป็นน้ำแป้งแล้วจึงรีดน้ำออกจากแป้ง ตีแป้งให้แตก อบให้แห้ง บดให้ละเอียด ผ่านเครื่องร่อนแล้วบรรจุใส่ถุงมีทั้งแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวส่วนใหญ่แป้งข้าวทั้ง 2 ชนิดมักจะนำไปใช้ทำขนม หรืออาหาร (ภาพที่ 2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

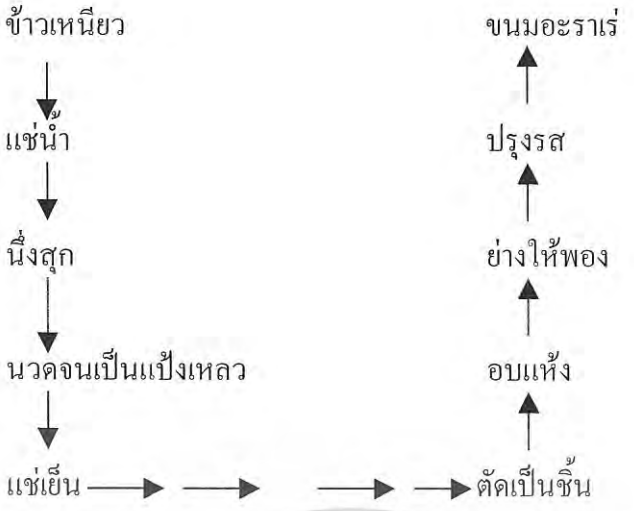
ที่มา : ดัดแปลง จาก งามชื่น (2540)

2.11.3 ขนมอบกรอบชนิดที่ทำจากข้าวเหนียว

ขนมกรอบที่ผลิตขึ้นในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิดในที่นี้จะขอกล่าวถึงขนมอบกรอบที่ทำมาจากข้าวเหนียว

2.11.3.1 อะราเร่ (arare) ในการผลิตจะใช้เทคโนโลยีจากญี่ปุ่น ปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยหลายแห่งผลิต อะราเร่ส่งไปขายญี่ปุ่น พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการผลิตคือ กข. 6 ซึ่งปลูกแพร่หลายในภาคเหนือ มีขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปดังภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แสดงกรรมวิธีการผลิต อะราเร่

ที่มา : ดัดแปลงจาก งามชื่น (2540)

หากพิจารณาวิธีการผลิต จะเห็นว่าคล้ายกับการผลิตขนมของไทยชนิดหนึ่ง คือ ข้าวเกรียบว่าวแต่ข้าวเกรียบว่าว มีการเติมน้ำมันและน้ำตาล เมื่อนำไปย่างจะขยายตัวมากจนแตกหักได้ง่ายกว่า

2.11.3.2 ข้าวกล้องอบกรอบหรือเรียกว่า ไรส์เค้ก (rice cake)

เป็นการนำเมล็ดข้าวกล้องมาอัดไว้ระหว่างแผ่นให้ความร้อน (hot plate) 2 แผ่น ภายในแม่พิมพ์กลม เมื่อคลายแรงอัดโดยเคลื่อนแผ่นให้ความร้อนออกห่างจากกันไอน้ำภายในจะระเหยออกมาทันทีและดันให้เมล็ดข้าวพองและแข็งตัว ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะกรอบ

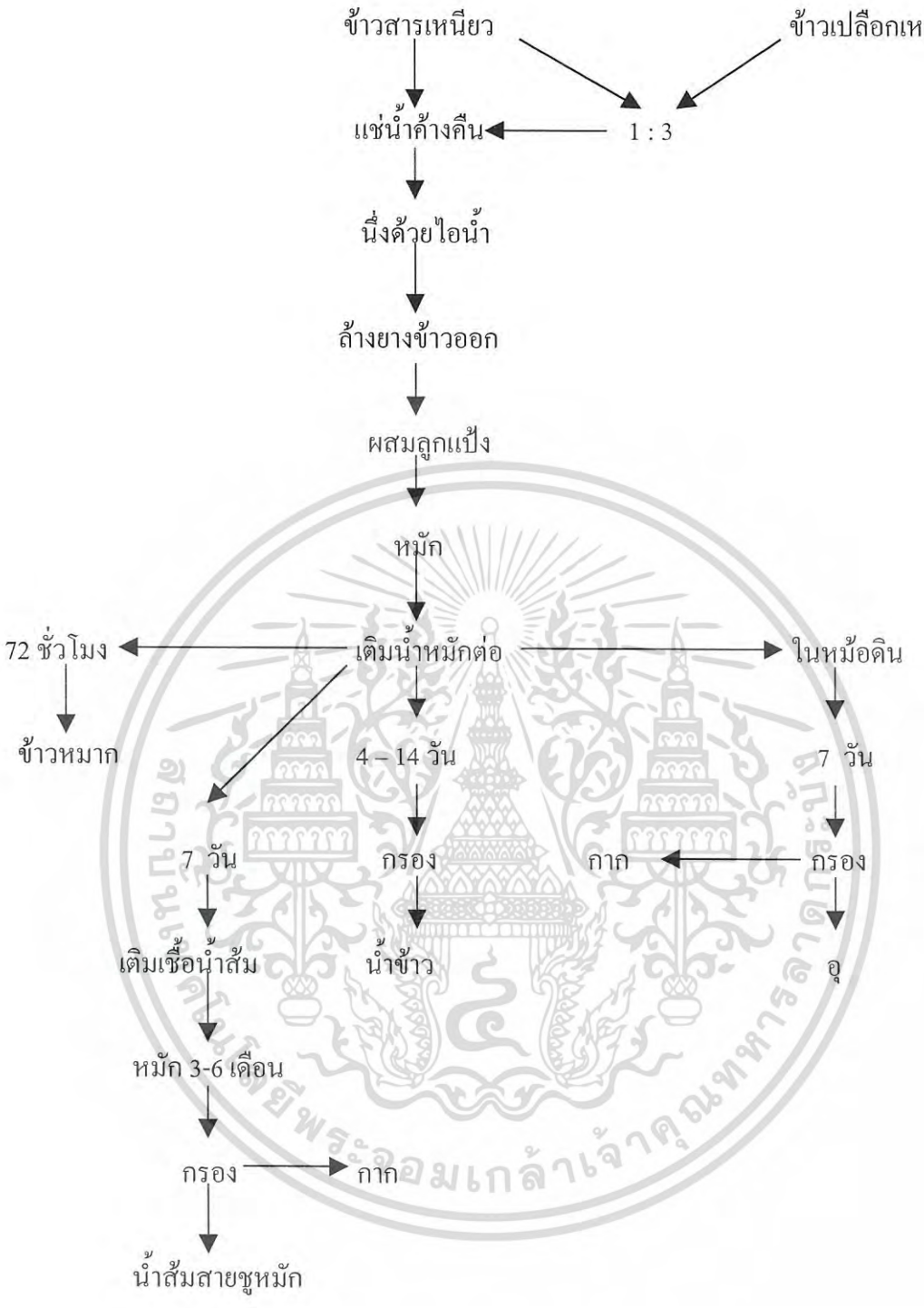
2.11.4 ผลิตภัณฑ์หมักดอง (Fermentation Products)

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้จากการนำเชื้อราและยีสต์หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแป้งเหล้านำมาหมักกับข้าวสุก เพื่อให้เชื้อรายย่อยแป้งเป็นน้ำตาล หลังจากนั้นยีสต์จึงย่อยน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในประเทศไทยชนิดข้าวที่นิยมนำมาทำเหล้ามักเป็นข้าวเหนียว เช่นการทำเหล้าสาโท เหล้าขาว และข้าวหมาก เป็นต้น สำหรับในประเทศญี่ปุ่น การทำเหล้าจะใช้ข้าวเจ้า เช่น เหล้าสาเก ใช้ข้าวประเภทข้าวเจ้านุ่มและเหนียวติดกัน หรือมีอะมิโลสต่ำ สำหรับประเทศไทยเราผลิตภัณฑ์จากข้าวที่แปรรูปในลักษณะการหมักดองมี 2 ลักษณะ คือ การหมักที่ให้ผลิตภัณฑ์ในรูปของแข็ง เช่น ข้าวหมาก ผลิตภัณฑ์ในรูปของเหลวเช่น อุ น้ำข้าว และน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งขั้นตอนการทำเป็นการนำข้าวเหนียวมาแช่น้ำค้างคืน แล้วนึ่ง ล้างข้าวเหนียวนึ่งให้หมดยางผสมกับลูกแป้ง ซึ่งมีเชื้อราอยู่ด้วย ทำการหมักให้เชื้อเปลี่ยนสตาร์ชในข้าวให้เป็นน้ำตาลบางส่วนเป็นเวลา 2-3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ภาพที่ 2.6) จะได้ข้าวหมากที่มีรสหวานมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์และกรดเล็กน้อย ถ้าเติมน้ำลงไปในข้าวหมากและหมักต่อไปอีก 4-14 วัน แล้วกรองแยกส่วนน้ำจากส่วนเนื้อก็จะได้น้ำขาว ซึ่งเป็นเครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์เก่าแก่ของไทย (ภาพที่ 2.6) โดยจะมีแอลกอฮอล์อยู่ประมาณ 6.8-14.8% ถ้าเตรียมโดยการใช้ข้าวสารเหนียวผสมกับข้าวเปลือกเหนียวในอัตราส่วน 1:3 (ข้าวสาร : ข้าวเปลือก) และทำตามวิธีการทำข้าวหมากแต่นำข้าวที่หมักแล้ว 1-2 วันมาใส่หม้อดินหมักต่อ 1 อาทิตย์ แยกน้ำกับส่วนเนื้อจะได้เป็นน้ำอุ ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่แอลกอฮอล์เช่นกัน ส่วนน้ำส้มสายชูจะเตรียมในทำนองเดียวกับการทำน้ำขาว แต่จะเติมเชื้อน้ำส้มลงในน้ำหมัก 1 อาทิตย์ เพื่อให้เกิดกรดแอซีติก โดยใช้เวลาหมักประมาณ 3-8 เดือน จึงกรองแยกน้ำใสเป็นน้ำส้มสายชูหมัก (ภาพที่ 2.6) ซึ่งมีปริมาณกรดแอซีติกประมาณ 4% ผลจากขั้นตอนในการหมักดอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไป โดยข้าวหมากจะมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น น้ำขาวและอุจะมีแอลกอฮอล์เกิดขึ้น ส่วนน้ำส้มสายชูหมักจะมีกรดแอซิติกเพิ่มขึ้น ซึ่งผู้บริโภคอาหารประเภทนี้ทราบดีว่าจะไม่ได้รับคุณค่าทางอาหารครบถ้วนเหมือนการบริโภคข้าวธรรมดา แต่จะบริโภคข้าวหมากเป็นอาหารหวาน น้ำขาวและอุเป็นเครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์ และน้ำส้มสายชูหมักใช้เป็นเครื่องปรุงหรือชูรสอาหารเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองจากข้าวเหนียว

ที่มา : วุฒิชัย (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.5 น้ำมันรำข้าว (Rice bran oil)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำส่วนรำที่มีคัพภะปนอยู่มาก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการขัดสีข้าวมาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมัน โดยใช้สารละลายแล้วจึงทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ด้วยการแยกขี้ผึ้ง ดึงกรดออก ฟอกสี และขจัดกลิ่น (ภาพที่ 2.12) จนได้น้ำมันบริสุทธิ์ที่มีกรดไขมันที่จำเป็นอยู่มาก จัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีสำหรับผู้บริโภคเพราะมีไขมันอิ่มตัวน้อย ทำให้มี คลอเรสเตอรอลต่ำ แต่รำข้าวเมื่อสีออกจากข้าวกล้องจะเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย เพราะในรำข้าวมีน้ำย่อย หรือเอนไซม์ที่จะย่อสลายไขมันให้เป็นไขมันอิสระ หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด ไขมันกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นหืนได้ง่าย วิธีหยุดยั้งคือการใช้ความร้อน ดังนั้นรำข้าวที่สีจากข้าวนึ่งจึงเหมาะสมสำหรับทำน้ำมันรำข้าวได้ดีกว่ารำข้าวธรรมดา

2.11.6 แกลบ (Husk or Hull)

แกลบจะถูกแยกออกมาออกมาตอนสีข้าวการใช้ประโยชน์จากแกลบในปัจจุบันมักใช้ทางการเกษตร เช่นนำไปคลุกดิน ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ บางแห่งมีการนำแกลบไปทำเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า นำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง การใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น นำมาบดละเอียดและใช้ทำเป็นวัสดุช่วยในการกรองของเหลว เช่น ในอุตสาหกรรม น้ำผลไม้ ขี้เถ้าแกลบสีดำนอกจากใช้บำรุงดินยังอาจนำมาทำอิฐก่อสร้าง และเนื่องจากขี้เถ้าแกลบสีดำ มีลักษณะเป็นถ่านจึงสามารถนำมาใช้ทำผงถ่านที่เรียกว่าแอคติเวทเต็ทคาร์บอน (activated carbon) ใช้สำหรับกรองน้ำกำจัดกลิ่น ในบางประเทศมีการนำขี้เถ้าแกลบที่เผาจนเป็นสีขาวซึ่งอุดมไปด้วยซิลิกา (silica) ไปใช้ในอุตสาหกรรมยางที่ไม่ต้องการสีดำ การนำแกลบมาต้มกับกรด เพื่อผลิตสารเฟอร์ฟูราล (furfural) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.7 กระบวนการสกัดน้ำมันจากรำข้าว

ที่มา : Luh (1980)

นอกจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แล้ว ในส่วนของข้าวเหนียวในบ้านเรายังสามารถนำมาทำเป็นขนมต่าง ๆ ที่พอจะรวบรวมได้ดังนี้ คือ ข้าวเหนียวเปียก ข้าวเหนียวตัด ข้าวเหนียวแก้ว ข้าวเหนียวกรอบหรือนางเล็กหรือข้าวพอง ขนมต้มขาว ขนมต้มแดง ขนมเหนียว ขนมเทียน ขนมเข่ง ขนมถั่วแปบ ขนมกง ขนมแตก ข้าวพิมพ์ บัวลอย อาลัว ขนมสบัดงา ขนมค้างคาว ขนมสอดไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (Canned Glutinous Rice Production)

ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกภายในกระป๋องโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันไอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในลักษณะที่สามารถรับประทานได้ทันที หรืออาจมีการนำมาผ่านความร้อนก่อนการรับประทานเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่เหมือนกับข้าวที่หุงสุกใหม่ ๆ

หลักการสำคัญในการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง คือ ต้องนำข้าวมาผ่านวิธีการทำให้สุกบางส่วน (Pre-gelatinization) โดยการลวกข้าว ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะนุ่มเหนียวไม่แฉะเหมือนเติมน้ำลงไปในข้าวสารภายในกระป๋อง การกำหนดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตมักใช้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส อัตราการสุกจะถูกจำกัดด้วยอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างองค์ประกอบของข้าวกับน้ำ แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 110 องศาเซลเซียส การสุกของข้าวขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่ของน้ำเข้าสู่ใจกลางของเมล็ดข้าวที่ยังไม่สุกเท่านั้น (Juliano, 1982)

สำหรับการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเท่าที่ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเริ่มตั้งแต่ Yonan-Malek (1943) ได้คิดค้นปรับปรุง และ ควบคุมระบบการทำข้าวนึ่งบรรจุกระป๋อง (parboiled rice canning) โดยใช้ข้าวเมล็ดสั้น พันธุ์ Cal-Jap และ Caladay rice ซึ่งปลูกในรัฐแคลิฟอร์เนีย ผ่านการทำข้าวนึ่งโดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกมาแช่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 4-6 ชั่วโมง นำมานึ่งในหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ ทำให้แห้งโดยให้มีความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซนต์ นำมาผ่านการขัดสี นำเมล็ดข้าวมาล้าง หรือ รินน้ำเย็นผ่าน บรรจุกระป๋อง ต้มข้าวตามเวลาที่กำหนดผ่านการสะเด็ดน้ำ บรรจุลงในกระป๋องโดยไม่กดข้าว ปิดผนึกด้วยเครื่องสูญญากาศ นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮต์ นานประมาณ 50 นาที ทำให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิลดลง 80-85 องศาฟาเรนไฮต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะไม่แข็งกระด้าง (not striff) ไม่เป็นเจล (non gelatinous) ไม่เป็นแป้งเปียก (non pasty) สภาพของเมล็ดเต็มสมบูรณ์

Roberts et. al. (1953) ได้พัฒนาวิธีการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวเมล็ดยาวสายพันธุ์ Texas Patna ซึ่งมีลักษณะใส และข้าวเมล็ดสั้นสายพันธุ์ California Pearl ซึ่งมีลักษณะนุ่มและพรุน เป็นวัตถุดิบ จุดประสงค์ของการศึกษาเพื่อให้เมล็ดเกิดการแตกหักน้อยที่สุดและป้องกันการจับกันของเมล็ดข้าวโดยวิธีการกำจัดปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนนำไปฆ่าเชื้อ ให้มีความชื้นอยู่ในช่วง 50 - 55 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว ในการต้านทานต่อการแตกของเมล็ดในระหว่างการให้ความร้อนในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ อุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อเท่ากับ 115.6 องศาเซลเซียส เวลา 55 นาที จากการประเมินผลพบว่าทั้งข้าวเมล็ดยาวและข้าวเมล็ดสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวหุงโดยใช้หม้อหุงข้าว พบว่าการแยกตัวของเมล็ดสูงกว่าข้าวที่หุงต้มด้วยหม้อหุงข้าว และหลังจากเก็บไว้ 9 เดือนพบว่า การแยกตัวยังคงสูงกว่าอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำสุดที่เหมาะสมในการปิดฝาข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องขนาด 211x300 คือ 29 นิ้วปรอท (Robert, 1954)จากการศึกษาที่ผ่านมา ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องคือ (1) เมล็ดข้าวมักจะแตกออกเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งเป็นผลจากสภาวะในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เมล็ดข้าวจะเกาะติดกัน ทำให้เทออกจากกระป๋องยาก และ (2) เนื้อสัมผัสของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยข้าวสูญเสียความนุ่ม และการเกาะตัวกัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Yonan-Malek, 1943) ซึ่งเกิดจากการที่สตาร์ชส่วนเกินเกิดเป็นสารที่มีสมบัติคล้ายกาว (glue-like material) ขึ้น

Ferrel and Kaster (1960) ทดลองใช้ข้าวพันธุ์ US No. 1 และ Fancy California Pona ซึ่งเป็นข้าวเมล็ดสั้นมาทำข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และมีการใช้ emulsifier เพื่อช่วยลดการเกาะติดกันของเมล็ดข้าว พบว่า การใช้น้ำมันพืช 5 เปอร์เซนต์รินผ่านข้าวก่อนการบรรจุโดยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส จะช่วยลดการเกาะติดกันของเมล็ดข้าว โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และมีลักษณะเหมือนข้าวหุงสุกโดยทั่วไป

Verity et. al. (1964) ศึกษาการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวนึ่งเป็นวัตถุดิบ พบว่าวิธีที่ใช้ในการผลิตที่ทำให้ได้ข้าวบรรจุกระป๋องที่มีคุณภาพดี คือ แช่ข้าวนึ่งในน้ำที่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5 อุณหภูมิ 21.6-22.6 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที จากนั้นต้มในน้ำเดือด 8 นาที แล้วเทน้ำทิ้ง บรรจุลงในกระป๋องสภาวะสูญญากาศที่ความดัน 21 นิ้วปรอท ฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งนึ่งฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที นำไปทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ เมล็ดข้าวไม่เกาะติดกัน คงรูปไม่แตกหัก ซึ่งเป็นผลมาจากการแช่แข็งหลังการบรรจุกระป๋อง โดยการแช่แข็งจะช่วยป้องกันไม่ให้ข้าวแข็งตัวหรือเกิดการเจลลาติไนซ์ภายในกระป๋อง

Nagarathnamma and Siddappa (1965) ใช้ข้าว 4 สายพันธุ์ คือ Bagara Sanna, Busmathi, Firige Sanna and Pachodi โดยการทำให้ข้าวสุกบางส่วน (partial precooking) และการรินน้ำออก (draining) เพื่อให้ได้ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 56 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับวิธีเติมน้ำร้อนลงในเมล็ดข้าวสารที่บรรจุอยู่ในกระป๋องโดยใช้อัตราส่วน 2 : 1 จะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องของวิธีแรกมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันดีกว่าวิธีหลัง และพบว่าสายพันธุ์ Bangana Sanna and Pachodi ให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าอีก 2 สายพันธุ์ที่เหลือ ในการศึกษาใช้กระป๋องขนาด 401x411 ปิดผนึกฝาที่สุญญากาศเท่ากับ 19-20 นิ้ว แล้วเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า เนื้อสัมผัสและส่วนภายในกระป๋องมีลักษณะปกติ ไม่เปลี่ยนแปลง

Demont and Burns (1968) ศึกษาการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวเมล็ดพันธุ์ Taxas Patna, Jojutla, Contury Patna 231 และ Bella Patna ข้าวที่ใช้เป็นข้าวนึ่ง มีกระบวนการผลิตคือ นำข้าว 150 กรัม ลวกในน้ำอุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 , 15 และ 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เย็นโดยนำมาผ่านน้ำที่ไหลตลอดเวลา บรรจุกระป๋อง เบอร์ 300 X 407 เติมน้ำเย็น หรือสารละลายแคลเซียมแลคเตด (calcium lactate) ความเข้มข้น 0.25 และ 0.5 เปอร์เซนต์ และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5 6.5 และ 8.5 ด้วยกรดอะซิติค (acetic acid) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) หลังจากนั้นปิดผนึกฝา ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 30 นาที พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการลวกข้าว เท่ากับ 10 นาที และเพียงพอที่จะล้างสิ่งสกปรกที่ติดมากับเมล็ดข้าว และช่วยแก้ปัญหาของการจับเป็นก้อน (clumping) และการเกาะตัว โดยจะล้างส่วนที่เป็นของแข็งออก และทำให้ค่าความหนาแน่นของเมล็ดข้าวลดน้อยลง ส่วนการใส่แคลเซียมที่มีความเข้มข้นสูงๆ จะทำให้ค่าความขุ่น (turbility) ลดน้อยลง ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 6.5-8.5 จะทำให้ข้าวมีค่าความขุ่นและสีของข้าวใกล้เคียงกันทุกสายพันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะรวมๆ แล้วพบว่า ข้าวพันธุ์ Texas Panna จะมีลักษณะดีที่สุดเมื่อนำมาผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง การศึกษาผลของระยะเวลาในการลวกที่มีต่อเนื้อสัมผัส โดยใช้อุณหภูมิในการลวก 96 องศาเซลเซียส เวลา 10 20 และ35 นาทีตามลำดับ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง L.E.E Kramer Shear Press ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้วัดเนื้อสัมผัส และความนุ่ม (firmness) ของเมล็ดข้าวบรรจุกระป๋องใช้ตัวอย่างในการวัด 90 กรัม พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความนุ่มมีค่าลดลง

Webb and Adair (1970) ศึกษาความคงตัว (stability) ของเมล็ดข้าวนึ่ง (parboiled rice) สายพันธุ์ต่างๆ ทั้งเมล็ดยาว เมล็ดยาวปานกลาง และ เมล็ดสั้น โดยการนำข้าวมาบรรจุกระป๋องผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (121 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ศึกษาความคงตัวของเมล็ดข้าวโดยการวัดเปอร์เซนต์การสูญเสียของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (solid loss) พบว่า สายพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดยาว มีความคงตัวดีกว่าซึ่งเมื่อวัดเปอร์เซนต์การสูญเสียของของแข็งที่ละลายน้ำได้ให้ค่าต่ำกว่า สายพันธุ์ที่เมล็ดยาวปานกลาง และเมล็ดสั้น

Rudledge et. al. (1972) ได้ปรับปรุงความคงตัวของเมล็ดข้าวนึ่งพันธุ์ Starbonnet โดยการใช้สารเคมี อิพิคลอโรไฮดริน (epichlorohydrin) ซึ่งมีส่วนช่วยในการจับตัวของพันธะ (bonds holding) ในเมล็ดข้าวได้ดียิ่งขึ้น โดยเปอร์เซนต์การสูญเสียของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (solid loss) มีค่าลดลง ประมาณ 4-6 เท่า นอกจากนั้นยังช่วยลดพฤติกรรมการพองตัวของเมล็ดข้าว (swelling behavior) และช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการหุงต้มมากเกินไป (overcooking) วิธีการทดลองโดยคร่าว ๆ คือ ใช้เมล็ดข้าว 50 กรัม ล้างน้ำ เติมสารละลายด่าง 50 มิลลิลิตรโดยใช้ส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มอล และ โซเดียมคลอไรด์ 3.0 กรัม ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง จากนั้นแช่ด้วยสารละลาย 1 เปอร์เซนต์ของอิพิคลอโรไฮดริน นาน 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อของพันธะ (cross-linking) ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลางโดยใช้ 4 นอร์มอลของกรดไฮโดรคลอริค นาน 8 ชั่วโมง ล้างน้ำ ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ใช้ข้าว 20 กรัม บรรจุในกระป๋องชนิด C-enamel ขนาด 211x400 เติมน้ำร้อน (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7) ปิดฝา นึ่งฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 60 นาที เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลของอิพิคลอโร-ไฮดริน ทำให้โมเลกุลของแป้งเกิดการเชื่อมต่อกันซึ่งให้ผลต่อความคงตัวของข้าวนึ่งบรรจุกระป๋องทำให้เกิดลักษณะที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น Rudledge และ Islam (1973) ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคงตัวของเมล็ดข้าวนึ่งพันธุ์ Bluebelle โดยเปรียบเทียบสภาพ ความเป็นกรด-ด่าง 2 ระดับ คือที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 ที่มีผลต่อความคงตัว ของเมล็ดข้าวนึ่งบรรจุกระป๋อง พบว่าที่สภาพความเป็นกรด (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5) ให้ผลต่อความสามารถในการเชื่อมต่อกันของพันธะได้ดีกว่า สภาพที่เป็นกลาง และ เปอร์เซนต์การสูญเสียของของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง จึงทำให้ความสามารถในการคงตัวดียิ่งขึ้นโดยที่ลักษณะย่างอื่น เช่น สี ความสามารถในการเกาะตัว รสชาติและลักษณะปรากฏไม่มีความแตกต่างกัน

Sharp et. al. (1981) ศึกษาการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้พันธุ์ Lebonnet โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้อุณหภูมิสูง และเพื่อให้ได้ข้าวบรรจุกระป๋องที่เต็มเมล็ดและเมล็ดไม่เกาะติดกัน โดยมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ใช้ข้าวสารและข้าวนึ่งเป็นวัตถุดิบ นำใส่กระป๋องขนาด 211x400 ปริมาณ 45-65 กรัม ต่อกระป๋อง เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซิตริคความเข้มข้น 0.16 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ได้ต่ำกว่า 4.6 ในการบรรจุข้าวให้มีช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5 มิลลิเมตร แล้วนำไปผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 100 108 และ 115.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นนำมาตรวจสอบพบว่าข้าวขาวที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 และ 108 องสาเซลเซียส ให้ผลลักษณะคล้ายกับ 115.6 องศาเซลเซียส คือ ข้าวเหนียวติดกัน เทออก จากกระป๋องได้ยาก แต่ถ้าบรรจุต่ำกว่า 55 กรัมต่อกระป๋อง จะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ด และคงรูปดีที่สุด แต่มีลักษณะคล้ายข้าวต้ม(rice soup)และข้าวนึ่งที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะเทออกจากกระป๋องได้ง่ายกว่าข้าวขาว และข้าวยังคงเต็มเมล็ด ไม่เกาะติดกัน ลักษณะอื่น ๆ ดีมีคุณภาพดีกว่าข้าวสารธรรมดา แต่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที นี้จะต้องปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า 4.6 ผลิตภัณฑ์จึงจะป้องกันจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ได้(spore forming bacteria)

Gerdes and Burns (1982) ศึกษาวิธีการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง 2 วิธี คือ มีการลวก (blanching) และไม่มีการลวกก่อนการบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวขาว (white rice) ข้าวนึ่งและข้าวนึ่งกึ่งสำเร็จรูป (instant parboiled rice) เป็นวัตถุดิบในการทดลองการผลิตโดยบรรจุข้าว 135 กรัมในกระป๋องเบอร์ 303X406 บรรจุข้าวให้มีช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ 3/4 นิ้ว นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115.5 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที พบว่าข้าวที่มีการลวกก่อนการบรรจุจะทำให้มีการเกาะติดกันน้อยที่สุด มีคะแนนการชิมมากกว่าโดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัส

Sharp and Kattan (1982) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าว Spainish rice และ Spainish rice with TVP(Texture Vegetable Protien) ศึกษาระยะเวลาที่เพียงพอในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายเซลของจุลินทรีย์ (vegetative cells) เพื่อความปลอดภัย และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาการส่งผ่านความร้อนพบว่าการส่งผ่านเริ่มต้นนั้นมีการส่งผ่านความร้อนแบบการ พาความร้อน (convection) และต่อมาจึงเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบการนำความร้อน(conduction) เนื่องจากในระยะเริ่มต้นข้าวได้ดูดน้ำไว้เพียงพอที่จะทำให้เกิดกระแสการพาความร้อนได้ ซึ่งก่อนทำการฆ่าเชื้อจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้ได้ประมาณ 4.4 เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* และเพาะเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Bacillus polymyxa* จำนวนประมาณ 10,000 สปอร์ต่อกระป๋อง โดยใช้กระป๋องขนาด 211x400 หรือ ขนาด 303x406 การ ส่งผ่านความร้อนที่ศึกษาเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 180 องศาฟาเรนไฮต์ (82 องศาเซลเซียส) ในช่วง 8 นาที ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 , 25 , 30 และ 35 นาที นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮด์นาน 3 สัปดาห์ วิเคราะห์จุลินทรีย์โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 73 , 104 หรือ 122 องศาฟาเรนไฮด์ วัดความดัน และค่าความเป็นกรด-ด่างนำตัวอย่างอาหารมาเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อไธโอไกลโคเลท บ่มที่อุณหภูมิ 99 องศาฟาเรนไฮด์ นาน 24 ชั่วโมงวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ ซึ่งไม่พบว่ามีจุลินทรีย์เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากการทดลองพบว่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมคือ ใช้เวลาฆ่าเชื้อนาน 30 นาทีและพบว่าข้าวชนิด Spainish rice จะให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า

วุฒิชัย (2530) ศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข.7 กข.15 กข.23 ขาวตาแห้ง รวงแก้ว และเล็บมือนาง โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 212 องศาเซลเซียสภายใต้ความดันไอเป็นเวลา นาน 60 นาที อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสเป็นเวลา นาน 40 นาที และ อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 60 นาที ตามลำดับ โดยบรรจุข้าวในกระป๋องเบอร์ 2 มีการเติมน้ำร้อน และไม่มีการเติมน้ำร้อน ซึ่งพบว่า การให้ความร้อนนานๆ จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 212 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เมื่อพิจารณาจากค่า F_0 (Comercial sterilization) พบว่าค่า F_0 ที่สูงสุดและเหมาะสมที่สุดคือที่ 240 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที (F_0 = 3.59 นาที) ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้สามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 1 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า การบรรจุแบบไม่เติมน้ำร้อนหรือแบบแห้งจะให้ข้าวที่เต็มเมล็ดไม่เหนียวติดกันเป็นก้อนส่วนข้าวที่เหมาะสมในการผลิตคือสายพันธุ์ กข. 15 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ และการแพร่กระจายความร้อนเข้าไปภายในกระป๋อง (heat penetration) ในลักษณะที่เป็นเส้นตรง

ชุติมา (2539) ศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม ในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องและการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยการทดสอบชิมแล้วให้คะแนน โดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึก 15 คน ร่วมกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา นอกจากนี้ยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา จากการทดลองพบว่า กระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสมที่สุด คือ นำข้าวจาปอนนิก้ามาต้มในน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 นาที จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 60.92 $\pm$ 2.318 และมีอัตราการเจลลาติไนซ์ร้อยละ 85.96 $\pm$ 1.548 จากนั้นนำข้าวมาบรรจุกระป๋องขนาด 307 X 113 ฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 5 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงสุด เมื่อเก็บรักษาข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ผู้ชิมให้คะแนนคุณลักษณะในส่วนกลิ่น และรสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* และ *Bacillus stearothermophillus* สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป พบว่า เมื่อระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่ F_0 เพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.13 การวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร

เนื้อสัมผัสหรือความรู้สึกเกี่ยวกับอาหาร เกิดขึ้นได้โดยที่ คนเราสัมผัสกับอาหารโดยใช้มือ(finger fell) ซึ่งสามารถบอกความรู้สึกออกมาเป็น ความแข็งกรอบ (firmness) ความนุ่ม (softness) ความฉ่ำ (juiciness) เป็นต้น หรือ อาจเกิดจากการเคี้ยว (mouth fell) เวลาทานอาหารเข้าปากจะใช้ฟันบดและกัด สามารถบอกความรู้สึกถึง ความเนียน (mealiness) ความเหนียว (stickiness) ความมีน้ำมัน (oiliness) มีกรวดทราย (grittiness) หรือมีเส้นใย (fibrousness) ดังนั้นวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสของอาหารสามารถจำแนกได้ดังนี้คือ

2.13.1 การทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ หรือการทดสอบแบบ Subjective

มี 2 แบบคือ การสัมผัสด้วยปากหรือการชิม ซึ่งจะบอกได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ และการสัมผัสด้วยมือหรือนิ้วโดยไม่ต้องให้อาหารเข้าไปในปาก

2.13.2 การทดสอบโดยใช้เครื่องมือ หรือการทดสอบแบบ Objective

มี 2 แบบ คือ การวัดสมบัติที่เป็นเนื้อสัมผัสโดยตรง และการวัดสมบัติทางกายภาพที่เป็นผลเนื่องมาจากเนื้อสัมผัส ของอาหาร โดย วัดค่าออกมาได้ 3 ทาง

2.13.2.1 ใช้หลักทางฟิสิกส์ โดยวัดค่าออกมาด้วยการวัดแรงต้านที่เกิดขึ้นจากการที่เรารู้สึก โดยบอกค่าที่วัดได้ เป็นนิวตัน หรือ ปอนด์ (pound force) โดยการวัดแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(compression) แรงเฉือน (shearing) แรงตัด (cutting) แรงดึง (tensile) แรงกดและแรงแยก (shear-press) ซึ่งนำมาดัดแปลงสร้างเป็นเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสโดยทั่วไปจะทดสอบสิ่งต่อไปนี้

1) Puncture test เป็นการทดสอบแรงกดทะลุ เครื่องมือที่ใช้วัดค่า เรียกว่า Puncture tester โดยวัดค่า แรงต้านของอาหาร เช่น วัดความฉ่ำ ของ ข้าวโพดหวาน และผลไม้ต่าง ๆ

2) Compression test เป็นการทดสอบวัดแรงกดโดยไม่ถึงกับทะลุ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าเช่น Fruit pressure tester โดยวัดค่าแรงต้านการกดลงบนอาหาร ค่าที่วัดได้สามารถบอกถึงความกรอบ ความคงตัว หรือความสดของผัก-ผลไม้ได้

3) Shear test เป็นการทดสอบการวัดแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าได้แก่ Tenderometer , Texturometr , Maturometer เครื่องมือ ทั้ง 3 ชนิด นี้ใช้สำหรับ หาค่า ความเหนียว ของผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ ซึ่งบอกถึงความแก่อ่อนของผักผลไม้นั้น

4) Compression-extrusion test เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้กดจนอาหารไหลทะลักออกมา

5) Tensile test เป็นการวัดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ว่ามีการยึดเกาะตัวได้ดีเพียงใด

6) Bending test เป็นการวัดความโค้งของผลิตภัณฑ์

2.13.2.2 ใช้หลักทางเคมีและฟิสิกส์ วิธีนี้จะวัดค่าได้ผลดีกว่าวิธีแรก และนิยมใช้มากกว่า ทำได้โดยวัดค่าดังต่อไปนี้

1) วัดความชื้น สามารถบอกค่าความแก่อ่อนของอาหารเช่น ค่าความชื้นของถั่วฝักยาว ซึ่งเป็นวิธีหาคุณภาพที่เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสได้

2) วัดปริมาณเยื่อใย(fiber)ใช้เป็นเครื่องบอกความแก่อ่อนของผลิตภัณฑ์ โดยนิยมใช้กับ ข้าวโพดหวาน หน่อไม้ฝรั่ง และ แอปเปิ้ล เป็นต้น

3) วัดสารที่มีอยู่ในสารผสม ที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol insoluble solid) เช่น เซลลูโลส เยื่อใย เพคติน โปรตีน และ สตาร์ชที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์

4) วัดความหนาแน่น (density) สามารถบอกถึง ความแก่ อ่อนของอาหารได้

5) วัดปริมาณกรวดทรายที่ปนมากับอาหาร (grittiness test)

2.13.2.3 ใช้หลาย ๆ วิธีผสมกัน (Correlated method) เช่นการวัดค่าสีและความคงตัวผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ประกอบด้วยสมบัติสำคัญ 2 ประการคือ ความแข็งหรือความแข็งกรอบ (Hardness or Firmness) และ ความเหนียว (Stickiness) โดยที่ ความแข็ง หมายถึง สมบัติในการต้านแรงที่มากระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเหนียว หมายถึง สมบัติในการเกาะตัวกันระหว่างเม็ดข้าว (Jowitt, 1974)

นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากใช้เครื่อง Instron ในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวแต่มีวิธีการแตกต่างกันไป นักวิทยาศาสตร์แห่งศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติเปรียบเทียบการวัดความแข็งของข้าวด้วยเครื่อง Instron โดยวิธีต่างๆคือ วิธี Double-bite ,วิธี Back extrusion ,วิธี Modified OTMS และวิธี Instron Anvil พบว่าวิธี Modified OTMS ได้ผลดีที่สุด รองลงมาคือวิธี Back extrusion ซึ่งวิธีการหลังนี้ใช้ปริมาณข้าวสุกในการทดสอบมาก จึงไม่เป็นที่นิยม ปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตเครื่องวัดเนื้อสัมผัสที่มีชื่อเรียกว่า Texture Analyzer งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาความแตกต่างของเนื้อสัมผัสข้าว โดย ใช้ Texture Analyzer รุ่น TAXT2 ขนาดรับน้ำหนัก 25 kg อ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 g ใช้โปรแกรม Compression เพื่อการทดสอบ Hardness/Stickiness ในการวิเคราะห์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ข้าวแต่ละตัวอย่างจากการผลิตแต่ละครั้ง ทำการทดสอบซ้ำสามครั้ง การวางเมล็ดข้าวที่ใช้ทดสอบให้อยู่วางในลักษณะที่มีความผิดพลาดน้อย เนื่องจากขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกัน ข้อมูลจากการวัดเครื่องแต่ละครั้งได้จากการผลิตแยกทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข. 6) ผลิตโดยบริษัทธัญญาทิพย์ อ. แม่จัน จ. เชียงราย

3.2 อุปกรณ์การผลิต

3.2.1 กระป๋องขนาด 307x113 พร้อมฝาปิดแบบ easyopen ยี่ห้อ CMB ประเทศไทย

3.2.2 เครื่องผนึกฝากระป๋อง (seamer) รุ่น KMC ประเทศ ไต้หวัน

3.2.3 เครื่องฆ่าเชื้อแบบแนวนอน (still horizontal retort) ยี่ห้อ BWS ประเทศไทย

3.2.4 เครื่องไล่อากาศ (exhuaster) ยี่ห้อ BWS ประเทศไทย

3.2.5 เทอร์โมคัปเปิ้ล (thermocouple) ยี่ห้อ Ellab ประเทศเดนมาร์ก

3.2.6 เครื่องอ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล รุ่น A-S ยี่ห้อ Ellab ประเทศเดนมาร์ก

3.2.7 หม้อต้ม 2 ชั้น (steam jacket kettle) รุ่น P204 ยี่ห้อ ECON ประเทศไทย

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.3.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น SP-701 บริษัท Suntex ประเทศญี่ปุ่น

3.3.2 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) รุ่น CE-292 ประเทศไทย

3.3.3 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น VAP 30 บริษัท Gerhardt ประเทศ เยอรมัน

3.3.4 Ultra centrifuge บริษัท Kontron ประเทศ อิตาลี

3.3.5 เครื่องสกัดไขมัน (soxtherm automatic extraction unit) บริษัท Gerhardt ประเทศ เยอรมัน

3.3.6 ชุดวิเคราะห์เถ้า (crude fiber apparatus) รุ่น RF 16/6 บริษัท Gerhardt ประเทศ เยอรมัน

3.3.7 เครื่องบดข้าวบริษัท Phillip รุ่น HR 2835 ประเทศเม็กซิโก

3.3.8 เครื่องชั่งสาร รุ่น AE 50 รุ่น Mettler ประเทศเยอรมัน

3.3.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyser) รุ่น TA-XT2 ประเทศ อังกฤษ

3.3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (scanning electron microscope) รุ่น JSM-5800LV ประเทศ ญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทดลอง

3.4.1 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (กระบวนการผลิต)

3.4.2 กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา)

3.4.3 ห้องปฏิบัติการ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ (การประเมินผลทางประสาทสัมผัส)

3.4.4 บริษัท จาร์พาเท็คเซ็นเตอร์ จำกัด (การวิเคราะห์ ด้านเนื้อสัมผัสอาหาร)

3.4.5 ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (การวิเคราะห์โครงสร้างทางด้านเคมีกายภาพของเมล็ดข้าว)

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีกายภาพ ต่าง ๆ ด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ

3.5.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ ในการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ (Proximate analysis) ด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ

1) การหาความชื้น (Moisture Content) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 925.10 (1995)

เตรียมตัวอย่างโดยบดผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม.) ผสมให้เข้ากัน เตรียมจานโลหะ (Dish) และฝาที่เย็นและทราบน้ำหนักแล้ว (โดยอบที่ 130± 3 องศาเซลเซียส) ใส่ตัวอย่าง 2 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) เปิดฝา อบ พร้อมฝาในตู้อบ 1 ชั่วโมง (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 130 องศาเซลเซียส) เมื่อครบเวลาปิดฝาขณะอยู่ในตู้อบ ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นเปอร์เซนต์ความชื้น

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปในการอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การหาปริมาณไขมัน (Crude Fat) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 920.85 (1995)

ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 3-4 กรัม ใส่ในกระดาษกรอง แล้วห่อใส่ทิมเบิล (Thimble) ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลีหรือกระดาษกรอง นำทิมเบิล ใส่ลงในหลอดสกัด (Extraction tube) ที่ด้านบนต่อกับเครื่องควบแน่น (Condenser) ด้านล่างต่อกับขวดก้นกลม ใส่ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ (Petroliumether) 150 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมต่อเครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm) ทั้งหมด ปรับระดับความร้อน ทำการสกัด 2 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไประเหย อีเทอร์ ออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้สูญญากาศ (Vacuum rotary evaporator) และนำส่วนไขมันไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนักไขมัน

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3) การหาปริมาณโปรตีน (Protein) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 984.13 (1995)

ดัดแปลงใช้คอปเปอร์ซัลเฟตและ โปตัสเซียมซัลเฟต เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยนำตัวอย่าง จำนวน 3-5 กรัม มาย่อยด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น 20 มิลลิลิตรและกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.02 นอร์มอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวอยู่ด้วย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใสจึงทำให้เย็นแล้วนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นขนาดเล็ก เก็บส่วนที่เป็นแอมโมเนียซึ่งควบแน่นในสารละลายกรดบอริคเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นำไปไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนอินดิเคเตอร์ (เมทธิลเรทและบลอมกลีเซอรีน) เปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีแดง ชมพูอ่อนแกมส้ม ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการไตเตรตไปคำนวณหาค่าปริมาณไนโตรเจน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 จะได้ปริมาณโปรตีน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไตเตรต) ตามต้องการ

4) การหาปริมาณเยื่อใย (Crude Fiber) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 962.09 (1995)

เตรียมตัวอย่างที่วิเคราะห์ โดยบดตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร) และอบกระดาษกรอง (Filter paper) ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างใส่ในบีคเกอร์ (Beaker) เติมกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองผ่านผ้าลินินโดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรวยกรอง (Buncher funnel) ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนหมดกรด ตรวจด้วยกระดาษลิตมัส (Litmus) ล้างผ้าลินินด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดอีก 30 นาที ล้างด้วยด่างอีกครั้ง และล้างด้วยแอลกอฮอล์สุดท้าย นำกระดาษกรองที่มีเยื่อใย อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาในครูซิเบิล (Crucible) จนหมดควัน แล้วนำมาใส่เตาเผา (Muffle furnace) อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส จนเป็นเถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเยื่อใย

$$\% \text{ เยื่อใย} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

5) การหาปริมาณเถ้า (Ash) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 923.03 (1995)

ชั่งตัวอย่าง 2.3 กรัม ใส่ในครูซิเบิล (Crucible) ที่เผาในเตาเผา ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ (Desiccator) และชั่งน้ำหนักแล้ว เผาบนเตา (Hot plate) จนเป็นสีเทา ไม่มีควัน นำไปเผาต่อในเตาเผา (Muffle Furnace) ที่ 550 องศาเซลเซียส จนถ้าเป็นสีขาว หรือมีน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน เดซิกเคเตอร์ (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าที่ได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

6) การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการ Total by different ดังนี้ คือ % คาร์โบไฮเดรต = 100 - (% ความชื้น + % โปรตีน + % ไขมัน + % เยื่อใย + % เถ้า)

3.5.1.2 การหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างและน้ำหนักต่อ1000 เมล็ด

เลือกข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ดโดยสมบูรณ์ 10 เมล็ด มาจัดเรียงตามความยาว และกว้าง วัดความยาว ความกว้าง ของเมล็ดข้าวบันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าว (L/W ratio) และนำข้าวจำนวน 1000 เมล็ด มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{L/W ratio} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยเมล็ดข้าว , มม.}}{\text{ความกว้างเฉลี่ยเมล็ดข้าว. มม.}}$$

3.5.2 การทดสอบคุณภาพการหุงต้ม (Cooking quality test) (Batcher et. al., 1956)

ชั่งข้าวสาร 8.00 $\pm$ 0.10 กรัม ใส่ในตะแกรงลวดทรงกระบอกสูง วัดความสูงของข้าวสาร บันทึกค่าความสูงของข้าวโดยรอบตะแกรง 3 จุด นำบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ใส่น้ำ 160 มิลลิลิตร ตั้งบน (Hot plate) นำตะแกรงลวดที่บรรจุข้าวสารใส่ลงในบีกเกอร์ ให้ความร้อน จนกระทั่งมีฟองปุดขึ้นมา ทิ้งไว้ 1 นาที ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา ต้มต่อไปด้วยความร้อนต่ำ โดยลดไฟลงเป็นเวลา 20 นาที ยกตะแกรงลวดขึ้นจากน้ำ ปล่อยให้น้ำไหลออกจากตะแกรงเป็นเวลา 2 นาที พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักและวัดความสูงของข้าวสุก 3 จุด บันทึกค่าเพื่อนำค่าไปคำนวณอัตราขยายตัวทางปริมาตร และค่าการดูดซึมน้ำ

จากนั้นทำการหาปริมาณของที่ละลายในน้ำข้าว โดยการดูดน้ำข้าวจากบีกเกอร์ 10 มิลลิลิตร ใส่ในอะลูมิเนียมแคน (Aluminium cans) (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า แล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน เดซิกเคเตอร์ 1 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{ความสูงเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความสูงเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุก}}{\text{น้ำหนักข้าวสาร}}$$

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว} = \left[\frac{(X) \times 160}{10}\right] \times \frac{100}{Y}$$

เมื่อ X = น้ำหนักข้าว 10 มิลลิลิตรหลังอบแห้ง

Y = น้ำหนักข้าวสารที่เริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การหาปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971)

3.5.3.1 การเตรียมตัวอย่าง นำเมล็ดข้าวบดด้วยเครื่องที่มีตะแกรงขนาด 60 เมส (mesh) จากนั้นนำข้าวแห้งที่ได้ไปสกัดไขมันออกโดยใช้เอทธานอล (Ethanol) 95% เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำข้าวแห้งที่ได้มาแผ่เป็นชั้นบางๆ ในถาด ทำให้มีความชื้นสมดุลย์และคงที่

3.5.3.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง ชั่งตัวอย่าง 0.1000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมเอทธานอล (Ethanol) 95% 1 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อล้างตัวอย่างที่ติดข้างขวดแก้ว เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล จำนวน 9 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15-24 ชั่วโมง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.5.3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะมิโลส เติมเอทธานอล (Ethanol) 95% 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล 9.2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 15-24 ชั่วโมง และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.5.3.4 การเตรียมสารละลายแบลงค์ (Blank) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.09 นอร์มอล 5 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดอะซิติก 1 นอร์มอล จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วทิ้งไว้ 15-20 นาที

3.5.3.5 การทำกราฟสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะมิโลส ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะมิโลส ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร 5 ใบ โดย ปิเปตลงใบละ 1,2,3,4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ (เทียบเท่ากับ 8 16 24 32 และ 40เปอร์เซ็นต์อะมิโลสของแป้ง) จากนั้น เติมน้ำกลั่น 5มิลลิลิตร เติมกรด อะซิติก 1 นอร์มอล ลงในขวดแก้ว ใบละ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1 มิลลิลิตรแล้วเติมไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วทั้ง 5 ใบ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectophotometor) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยใช้ แบลงค์ปรับค่า ก่อนทำการวัดนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะไมโลสที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

3.5.3.6 การวิเคราะห์อะมิโลสในตัวอย่าง ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้ว ปรับปริมาตร เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำขวดไว้ในที่มืด 20 นาที นำสารละลายที่ได้มาวัด ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาปริมาณ อะมิโลสจากกราฟมาตรฐานสารละลายโพเทโตอะมิโลสโดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะมิโลส (X) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร (Y) ด้วยสมการเส้นตรงรีเกรสชั่น (Simple linear regression) $Y = A + BX$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การหาอัตราการเจลาติไนซ์ของข้าวสุก (Degree of gelatinisation of cooked rice) (Birch and Priestley, 1973)

3.5.4.1 การทำกราฟมาตรฐาน นำตัวอย่าง ข้าวเข้าหม้อนึ่งความดันไอที่ (Autoclave) 15 Psi เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อทำให้ข้าวเกิดการเจลาติไนซ์ 100 เปอร์เซ็นต์แล้วทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส บดข้าวที่เจลลาติไนซ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่อนผ่านตะแกรง (Sieve) ขนาด 200 เมสหลังจากนั้นนำไปผสมกับข้าวดิบที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 200 เมส เพื่อให้ได้อัตราการเจลลาติไนซ์ เป็น 0 , 10 , 20 , 30 , 40 , 50 , 60 , 70 , 80 , 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 M. (โมลาร์) 2 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เป็นเวลา 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงแล้วปิเปตส่วนของสารละลายใสมา 1 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตร(Volume flask) 10 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก 0.5 M. 0.4 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร เติมไอโอดีนรีเอเจนต์ (Iodine reagent) (เตรียมโดยชั่งไอโอดีน 1 กรัม และโปตัสเซียมไอโอได 4 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร) 0.1 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยใช้แบลงค์ปรับค่าก่อนทำการวัด นำค่าการดูดกลืนแสง ที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

3.5.4.2 การวิเคราะห์อัตราการเจลลาติไนซ์ของตัวอย่าง ต้มข้าวที่อุณหภูมิน้ำเดือดโดยใช้ระยะเวลาในการต้มต่าง ๆ กัน เทน้ำข้าวทิ้ง และล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง เทน้ำทิ้งอีกครั้งและทำให้แห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมส จากนั้นชั่งตัวอย่างข้าว 0.2 กรัม และเติมน้ำ 98 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำตามวิธี การทำกราฟมาตรฐานข้อ 3.5.4.1 นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาอัตราการเจลลาติไนซ์จากกราฟมาตรฐานโดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนซ์ (X) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร (Y) ด้วยสมการเส้นตรงรีเกรสชั่น (Simple linear regression)

$Y = A + BX$

3.5.5 การตรวจหาลักษณะและรูปร่างของเม็ดแป้ง ภายในเมล็ดข้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์-อิเลคตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope, SEM)

นำเมล็ดข้าวเหนียวดิบที่อบแห้งแล้วมาผ่าตามขวาง (Cross section) ติดด้วยกระดาษกาว 2 หน้า บริเวณรอยผ่า และฉาบด้วยทอง จากนั้นนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน รุ่น JSM–5800LV และวัดขนาดของเม็ดแป้งเฉลี่ยที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวบรรจุกระป๋อง จะเริ่มจากการทดลองผลิตขั้นต้น เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวสุกบางส่วนก่อนบรรจุกระป๋อง โดยการนำข้าวเหนียวมาต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน (3 , 5 และ 7 นาที) แล้วนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยให้มีระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 3 , 5 และ 7 นาที ดังภาพที่ 3.1 นำข้าวที่ผ่านการต้มที่ อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 , 6 และ 8 นาที ในการต้มข้าวจากการศึกษาขั้นต้น มาวิเคราะห์หาความชื้นด้วยวิธีของ AOAC Method No. 925.10 และวิเคราะห์หาอัตราการเจลลาติไนซ์ของตัวอย่างตามวิธีการในข้อ 3.5.4 และตรวจสอบลักษณะของเม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวด้วยวิธีการในข้อ 3.5.5

3.7 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

การทดลองในขั้นนี้วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 3^2 (Factorial design = 3^2) โดยศึกษาปัจจัยของกระบวนการผลิต 2 ปัจจัยของกระบวนการผลิต 2 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

- ระยะเวลาที่ใช้ต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) ที่ระดับ 4 , 6 และ 8 นาที
- ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) ที่ระดับ 3 , 5 และ 7 นาที)

นำข้าวเหนียวมาต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ในหม้อต้ม 2 ชั้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน นำข้าวที่ได้มาล้างด้วยน้ำเย็นและทำให้สะเด็ดน้ำแล้วจึงบรรจุลงกระป๋องขนาด 307 x 113 น้ำหนักสุทธิ 130 กรัม จากนั้นนำมาผ่านเครื่องไล่อากาศ แล้วปิดผนึกกระป๋องด้วยฝาแบบ Easy open นำเข้ารีทอร์ต ฆ่าเชื้อโดยมีระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) = 3 , 5 และ 7 นาที โดยบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวภายในกระป๋องบริเวณจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุด (Cold point) ก่อนให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ เริ่มจับเวลาการฆ่าเชื้อตามระยะเวลาที่กำหนด (ภาคผนวก ก.) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 แสดงกระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

นำข้าวที่ได้จากกระบวนการแปรรูปในข้อ 3.7 มาตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบ ดังนี้ (ภาคผนวก ข.)

การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical mannual (1995))

การตรวจวิเคราะห์ *Baccillus cereus* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical mannual (1995))

การตรวจวิเคราะห์ *Baccillus stearothomophillus* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical mannual (1995))

3.9 การศึกษาการการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ด้วยการทดสอบการยอมรับข้าวที่ผ่านกระบวนการผลิตตามข้อ 3.7 เป็นระยะเวลา 6 เดือน ด้วยผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกชิมจำนวน 20 คน ที่ระยะเวลา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือนตามลำดับ การเตรียมตัวอย่างก่อนชิมของทุกการทดลองในเดือนที่ 1 , 3 และ 6 ทำโดยนำข้าวทั้งกระป๋องไปต้มที่อุณหภูมิ 100 เซลเซียสนาน 8 นาทีเพื่อให้ข้าวมีลักษณะใกล้เคียงกับเดือนที่ 0 แล้วจึงนำมาจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยใช้ตาราง Random Permutation ใช้เลข 3 ตัวกำกับรหัสโดยการชิมแล้วให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ ความนุ่ม การเกาะตัว กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมวิธีการทดสอบใช้แบบ 9-Point hedonic scale โดย 1= ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

3.10 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและความเหนียว กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา (BT และ Fo)

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวด้วยการทดสอบอัตราส่วนระหว่าง ค่าความแข็งและความเหนียว (Hardness/Stickiness)ทำได้โดยใช้เมล็ดข้าว 6 เมล็ดวางเรียงต่อกันอย่างสม่ำเสมอ (ภาคผนวก ฉ.5) ให้อยู่ตรงกึ่งกลางของหัววัดเพื่อบดรูปเมล็ดข้าว และเพื่อให้มีพื้นที่กว้างสำหรับการวัด ระหว่างการทดสอบ return-to-start ตั้งโปรแกรมโดยให้ความเร็วของหัววัดก่อนสัมผัสผลิตภัณฑ์ (Pre Test Speed) 1.0 mm/s หัววัดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (Test speed) 1.0 mm/s ความเร็วของหัววัดหลังสัมผัสผลิตภัณฑ์ (Post Test Speed) 10 mm/s โดยให้กดเป็นระยะทาง (Distance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90 % strain คำนวณอัตราส่วนแล้วสร้างกราฟค่าความแข็งและความเหนียวที่ได้รวมทั้งแสดงผลของแรงที่ใช้วัดค่ามีหน่วยเป็นกรัมหรือกิโลกรัมขึ้นอยู่กับการตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจากผลการทดลอง พบว่า มีความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10.31 , 0.75 , 6.47 , 0.53 , 0.43 และ 81.51 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ในส่วนของความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวหลังจากการต้มจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และการแยกตัวของเมล็ดข้าวในการทำข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น อยู่ในช่วง 52 - 62 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ จะทำให้ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมีเนื้อ-สัมผัสที่สม่ำเสมอ (Robert et. al., 1953)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ [1)]
ความชื้น	10.31
ไขมัน	0.75
โปรตีน	6.47
เถ้า	0.53
เยื่อใย	0.43
คาร์โบไฮเดรต [2)]	81.51

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

[2)] คาร์โบไฮเดรต = 100 – (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน + %เยื่อใย + % เถ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (L/W ratio)และน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ดของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

จากผลการทดลอง พบว่า ความยาวและความกว้างของเมล็ดอยู่ในช่วง 7.10-8.05 และ 2.20 - 2.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างอยู่ในช่วง 1.54 - 1.75 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด อยู่ในช่วง 18.05 - 18.57 กรัม (ตารางที่ 4.2)

อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้จำแนกประเภทของข้าวสาร โดยข้าวประเภทอินดิก้า จะมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างประมาณ 3.1-3.5 มิลลิเมตร ลักษณะของเมล็ดเรียวยาว ค่อนข้างแบน ส่วนข้าวประเภทจาปอนนิก้ามีประมาณ 1.4 - 2.9 มิลลิเมตร ลักษณะของเมล็ดสั้น และค่อนข้างกลม (วุฒิชัย, 2539) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวสารที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวประเภทอินดิก้า

4.3 คุณภาพในการหุงต้มของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

จากผลการดลอง พบว่า ข้าวพันธุ์เขี้ยวงูเมื่อต้มให้สุกแล้วสามารถดูดซึมน้ำได้ และมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งข้าวพันธุ์เขี้ยวงู ที่นำมาศึกษานี้สามารถดูดซึมน้ำและขยายตัวอยู่ในช่วง 2.32 - 3.06 เท่า ของปริมาณข้าวสาร โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วงร้อย 1.77 - 2.26 (ตารางที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดของเมล็ดอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ดของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

ครั้งที่	ขนาดของเมล็ด		อัตราส่วนระหว่าง ความยาว ต่อ ความกว้าง (มม.)	น้ำหนัก ต่อ 1000 เมล็ด (กรัม)
	ความยาว (มม.)	ความกว้าง (มม.)		
1	7.35	2.20	3.34	18.12
2	7.50	2.25	3.33	18.57
3	8.05	2.30	3.50	18.05
4	7.75	2.25	3.44	18.10
5	7.20	2.40	3.00	18.13
6	7.25	2.40	3.22	18.13
7	7.25	2.25	3.52	18.24
8	7.10	2.25	3.15	18.19
9	7.20	2.30	3.31	18.12
10	7.50	2.45	3.06	18.09
ค่าเฉลี่ย	7.42	2.31	3.29	18.17

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างครั้งละ 10 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (Volume expansion) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solid)

ครั้งที่	การดูดซึมน้ำ (เท่า)	ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (เท่า)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (ร้อยละ)
1	3.069	3.023	1.77
2	3.256	2.873	1.97
3	3.044	2.502	1.98
4	3.022	2.462	2.07
5	3.127	2.790	2.06
6	3.235	3.063	2.05
7	3.097	2.541	2.26
8	3.459	2.982	2.06
9	3.757	2.650	2.07
10	3.209	2.316	2.11
ค่าเฉลี่ย	3.228	2.720	2.04

4.4 การหาปริมาณอะมิโลส

จากการวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลสที่มีอยู่ในข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู พบว่ามีปริมาณอะมิโลสอยู่ร้อยละ 7.6 (ตารางที่ 4.4) จัดเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ดังนั้นข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข. 6) ที่ศึกษาเมื่อนำมาหุงสุกจะมีลักษณะเหนียวติดกันซึ่งสอดคล้องกับ Juliano (1971) ที่กล่าวว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะข้าวสุกจะนุ่มเหนียวถึงเหนียวมาก นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างน้ำกับข้าว ซึ่งต้องให้ได้สัดส่วนตามปริมาณอะมิโลส ที่เป็นองค์ประกอบของข้าวด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Juliano (1971) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์อะมิโลส (X) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ด้วยสมการเส้นตรงรีเกรสชั่น (Simple linear regession) $Y = A + BX$ พบว่าความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเส้นตรง คือ

$$Y = 0.009812 (X) + 0.0255$$

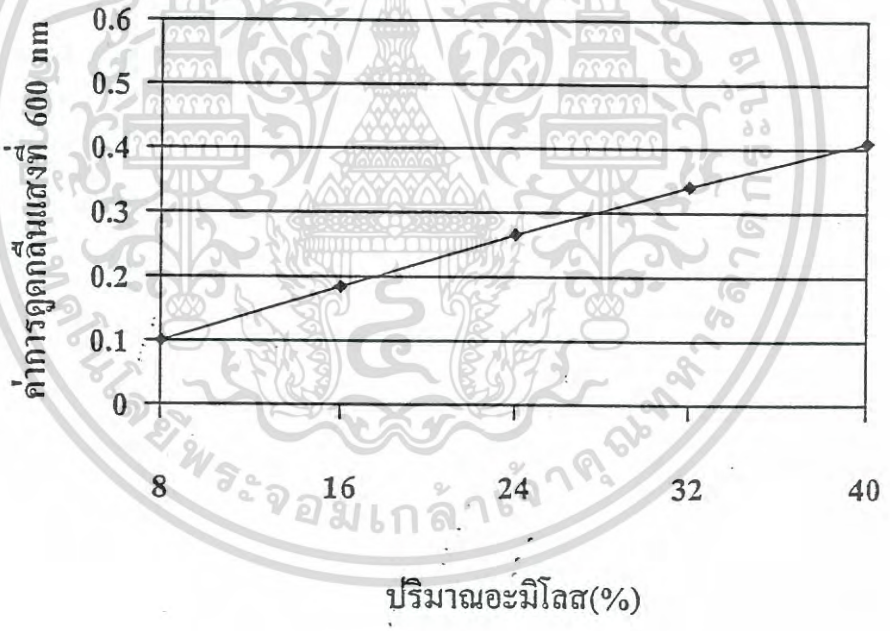
$$(r^2 = 0.996805)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

ลำดับที่	ปริมาณอะมิโลส (%)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm
1	8	0.100
2	16	0.185
3	24	0.260
4	32	0.350
5	40	0.410
ตัวอย่าง	7.6	0.095

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง



ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การหาอัตราการเกิดการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

จากการวิเคราะห์หากราฟมาตราฐาน (Standard curve) อัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู โดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนซ์ (Y) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร (X) ด้วยสมการเส้นตรงรีเกรสชั่น (Simple linear regession) $Y = A + BX$ ได้สมการเส้นตรง (ภาพที่ 4.2)

$$Y = 0.018272727\,(X) + 0.00224$$

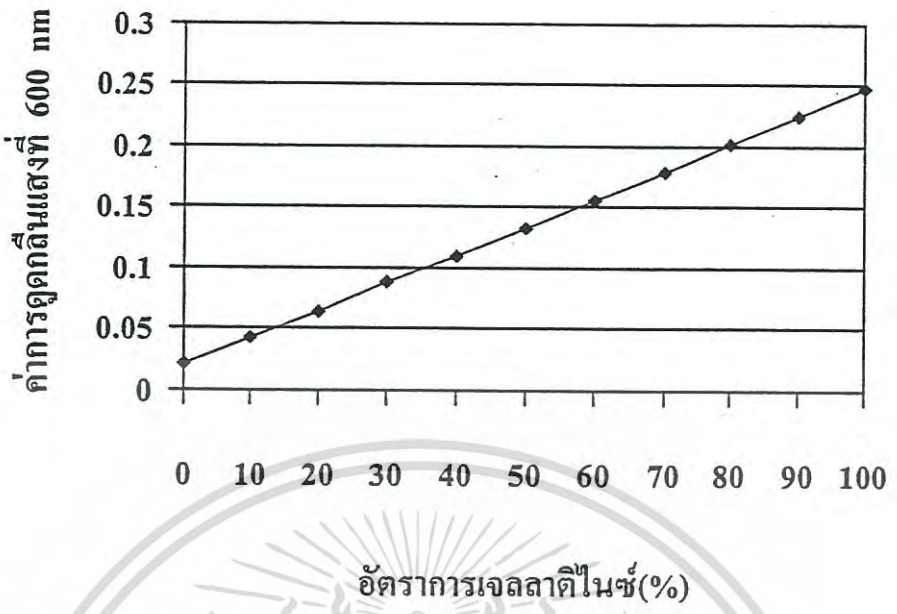
$$(r^2 = 0.998242)$$

ตารางที่ 4.5 แสดงผลอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

ลำดับที่	อัตราการเจลลาติไนซ์ (%)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm.
1	0	0.021
2	10	0.042
3	20	0.064
4	30	0.088
5	40	0.110
6	50	0.132
7	60	0.153
8	70	0.175
9	80	0.192
10	90	0.231
11	100	0.243
ตัวอย่าง	เวลาต้มข้าว (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm.
1	4	0.098
2	6	0.173
3	8	0.201

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐาน การเกิดอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

4.6 การตรวจหาลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

จากการตรวจหาลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวสารพบว่ารูปร่างของเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนจะมีรูปร่างเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polyhedral) ขนาดเล็กและใหญ่มีขนาดของเม็ดแป้งอยู่ระหว่าง 1.93 - 7.23 ไมครอน (ภาพที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

4.7 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

4.7.1 ศึกษาระยะเวลาต้มข้าวเหนียวก่อนการบรรจุข้าวเหนียวลงกระป๋องในกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวลงในกระป๋องในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาปริมาณความชื้น อัตราการเกิดเจลลาติไนซ์ และ ลักษณะรูปร่างภายในเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวเหนียว ที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุในน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา ต่าง ๆ คือ 4 , 6 และ 8 นาที พบว่าปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 52.636 ± 0.798 - 62.620 ± 0.687 (ตารางที่ 4.6) โดยข้าวเหนียวที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 8 นาที มีความชื้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 62.620 ± 0.687 ในขณะที่ข้าวเหนียวที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 4 นาทีมีปริมาณความชื้นที่ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 52.630 ± 0.798 การต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวก่อนการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือการทำให้ข้าวสุกบางส่วน มีความสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยจะมีผลทำให้เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องสุกสม่ำเสมอ เมล็ดมีความคงรูปไม่แตกหัก และทำให้เมล็ดข้าวที่บรรจุส่วนล่างของกระป๋องไม่แฉะเมื่อผ่านการให้ความร้อนในรีทอร์ต

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเวลา 4 , 6 และ 8 นาที [1)]

ลำดับที่	เวลาต้ม (นาที)	ร้อยละ[2)]
1	4	52.636 ± 0.798^{c}
2	6	57.587 ± 0.494^{b}
3	8	62.620 ± 0.687^{a}

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

[2)] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์หาอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข.6) ที่ระยะเวลาต้ม 4 , 6 และ 8 นาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีอัตราการเจลลาติไนซ์อยู่ในระหว่างร้อยละ 35.492 ± 0.149 , 69.120 ± 0.955 และ 83.44 ± 0.620 (ตารางที่ 4.7) โดยข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 8 นาที มีอัตราการเจลลาติไนซ์สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 83.44 ± 0.620 ในขณะที่ข้าวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 4 นาที มีอัตราการเจลลาติไนซ์ต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 35.492 ± 0.149 ทั้งนี้เนื่องจากที่ระยะเวลาในการต้มข้าวก่อนการบรรจุสั้น ทำให้เมล็ดแป้งดูดซึมน้ำเข้าไปได้น้อยเป็นผลทำให้เมล็ดแป้งขยายและพองตัวได้น้อย จึงทำให้มีอัตราการเจลลาติไนซ์ที่ต่ำ จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุจะมีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากที่ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุแตกต่างกัน จะมีอัตราการเจลลาติไนซ์ที่แตกต่างกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 อัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวที่ผ่านการต้ม (BT)ที่ระยะเวลา 4 , 6 และ 8 นาที

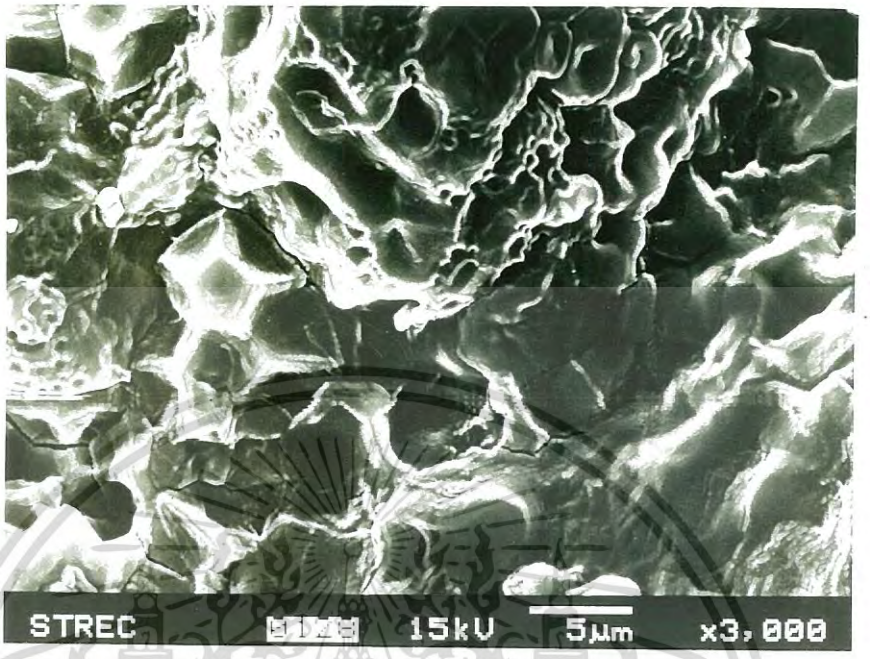
ลำดับที่	เวลาต้ม(นาที)	อัตราการเจลลาติไนซ์ (%)
1	4 นาที	35.492 ± 0.149^{c}
2	6 นาที	69.120 ± 0.955^{b}
3	8 นาที	83.44 ± 0.620^{a}

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

[2)] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

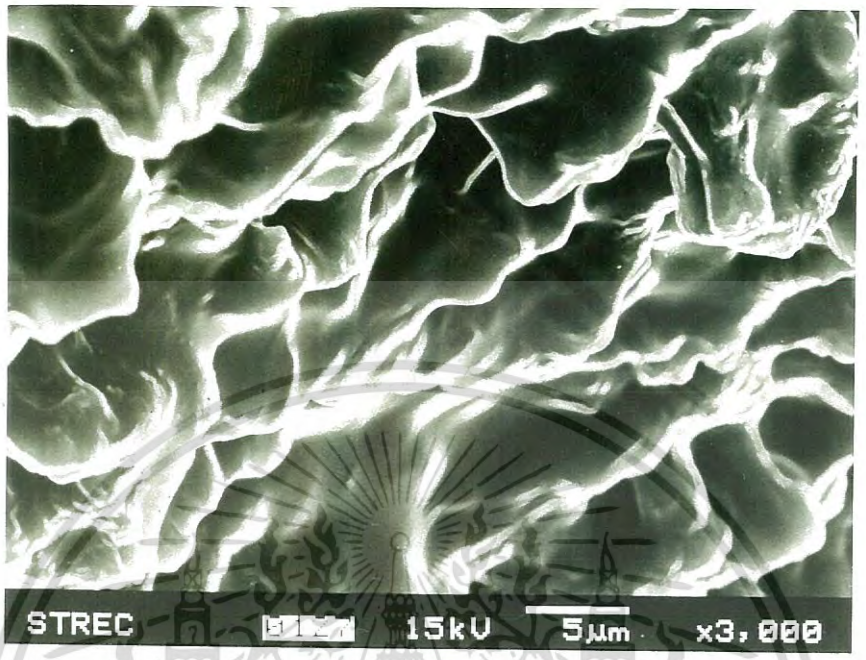
จากการศึกษาลักษณะรูปร่างของเมล็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข.6) ที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุในน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 , 6 และ 8 นาที (ภาพที่ 4.4 , 4.5 และ 4.6) พบว่าเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 4 , 6 และ 8 นาที เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน (ภาพที่ 4.3) โดยเม็ดแป้งมีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากการเจลลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง โดยเม็ดแป้งที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุ 8 นาที จะเสียรูปร่างมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเจลลาติไนซ์สูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



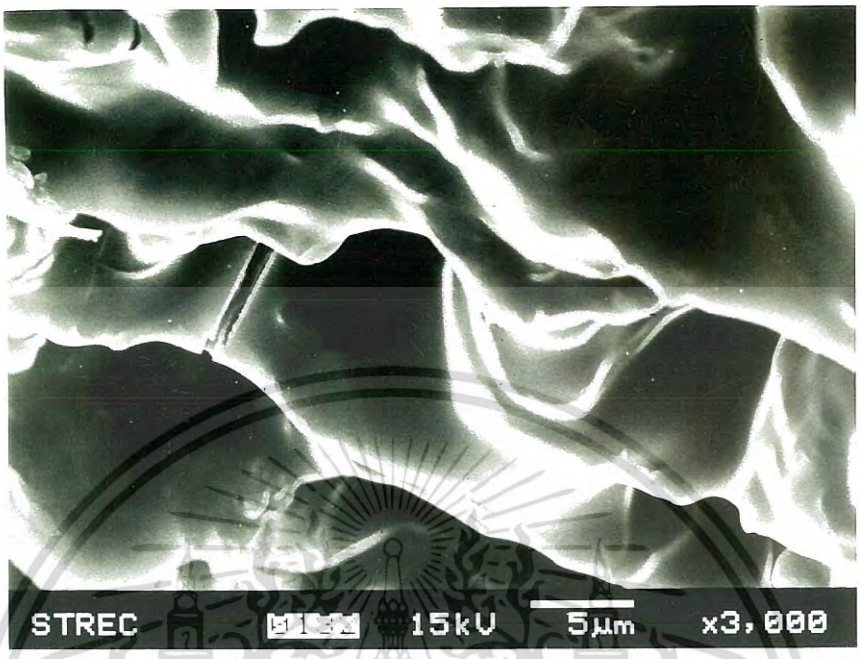
ภาพที่ 4.4 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเวลา 4 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน(SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน(SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แสดงเม็ดแป้งของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู ที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

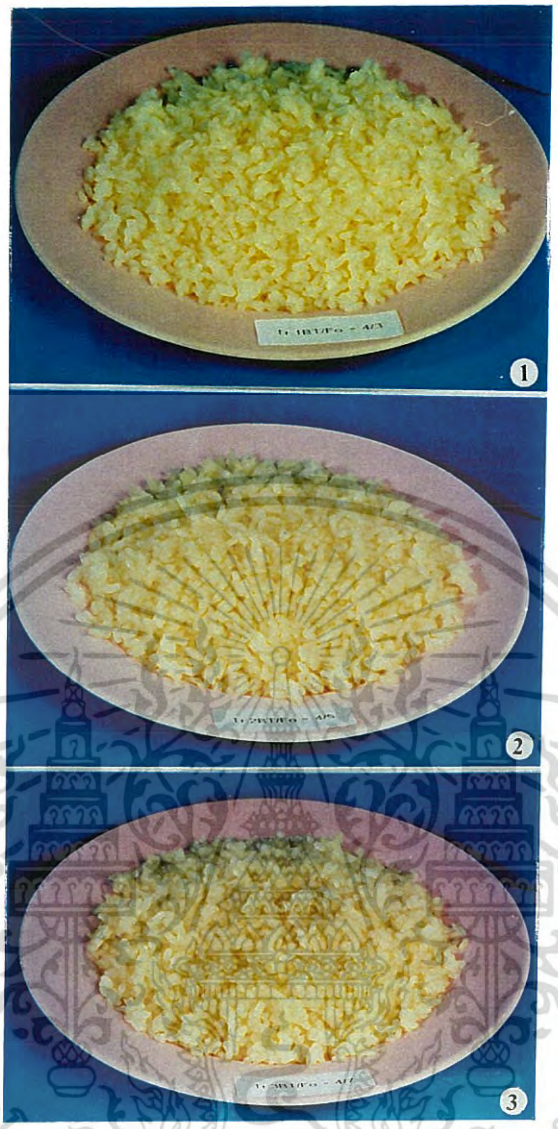
4.8 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองผลิตข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาปัจจัยในการต้มข้าวก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 4 , 6 และ 8 นาที ร่วมกับ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อโดยมีค่า F_0 เท่ากับ 3 , 5 และ 7 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงใน (ภาพที่ 4.7 , 4.8 และ 4.9) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาต้ม 4 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 3 มีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด โดยเมล็ดข้าวสุกมีความคงรูปไม่แตกหัก และเมล็ดไม่แฉะ และที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ(F_0) เท่ากับ 3 มีลักษณะใกล้เคียงกับที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 5

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุเท่ากับ 8 นาที ทุกระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) พบว่า มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี เมล็ดข้าวมีลักษณะปริแตกและแฉะ คล้ายกับข้าวเหนียวเปียกเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว เมล็ดข้าวจะแยกออกจากกันหมด ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ก็ไม่ดีเช่นกัน โดยเมล็ดข้าวปริแตก และแฉะ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มที่ 35 นาที ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 8 นาทีเมล็ดข้าวปริแตก และแฉะมาก เมื่อพิจารณาจากการผลการทดลองข้างต้น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุ (BT) 4 นาที ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ(Fo) 3 นาที เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 52.636 $\pm$ 0.798 (ตารางที่ 4.6) และ ที่อัตราการเจลลาติไนซ์เท่ากับร้อยละ 35.492 $\pm$ 0.149 (ตารางที่ 4.7) มีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุดผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่สุกสม่ำเสมอ

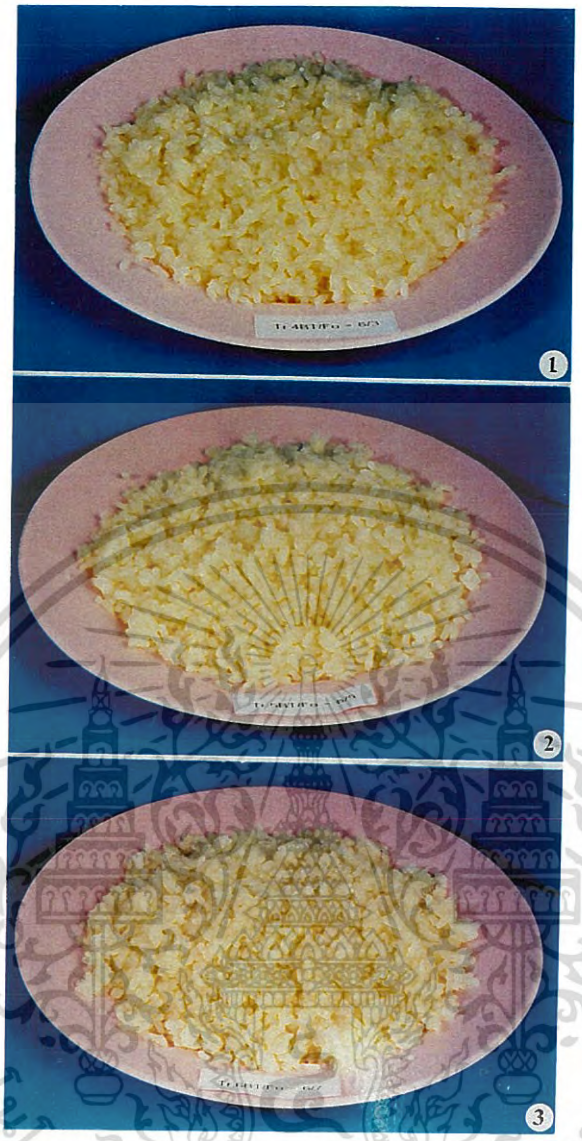
ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 8 นาที มีอัตราการเจลลาติไนซ์ร้อยละ 83.44 $\pm$ 0.620 เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 62.620 $\pm$ 0.687 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดีนัก เนื่องจากที่ระยะเวลาการต้มข้าวดังกล่าว ข้าวต้มมีปริมาณความชื้นที่ทำให้เม็ดแป้งเกิดการเจลลาติไนซ์ในอัตราที่สูงเกินไป ดังนั้นในระหว่างการให้ความร้อนช่วงการฆ่าเชื้อจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี คือ เมล็ดข้าวมีลักษณะที่แฉะมาก เมื่อตรวจสอบการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอแก่ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ F_0 = 3 , 5 และ 7 นาที ให้ความร้อน(Heating curve) เป็นเส้นตรง ทั้งหมด โดยค่า F_0 ที่คำนวณได้จากวิธี Formula Method ซึ่งแสดงใน (ภาคผนวก ก.) ใกล้เคียงกับ F_0 ที่กำหนด (ตารางที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



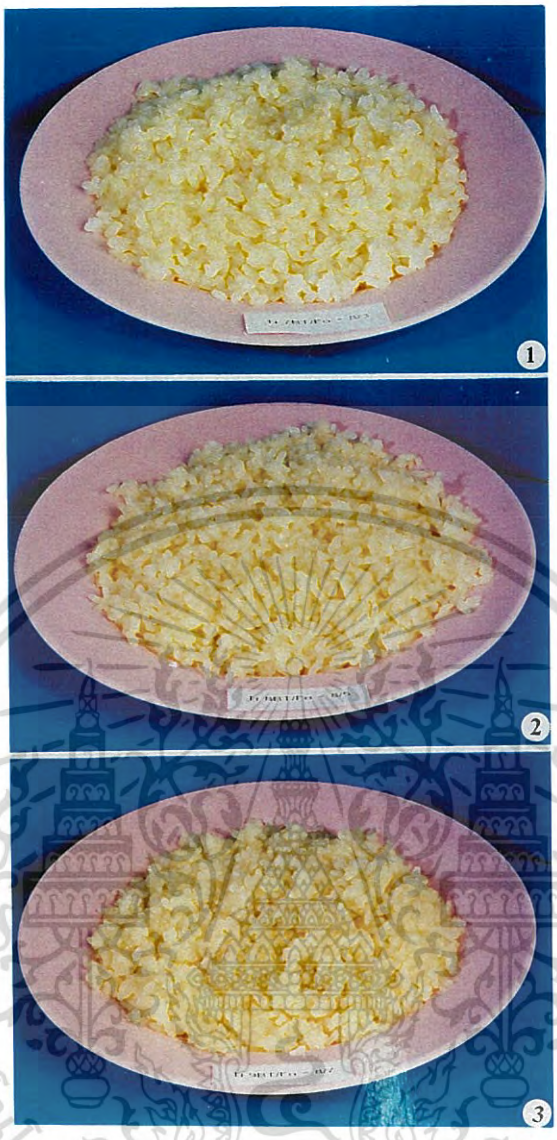
ภาพที่ 4.7 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มี BT เท่ากับ 4 นาที มี F_o ที่ต่าง ๆ กันหมายเลข (1) $F_o = 3$ นาที, (2) $F_o = 5$ นาที และ (3) $F_o = 7$ นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มี BT เท่ากับ 6 นาที มี F_o ที่ต่าง ๆ กันหมายเลข (1) F_o = 3 นาที , (2) F_o = 5 นาที และ (3) F_o = 7 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มี BT เท่ากับ 8 นาที มี F_o ที่ต่าง ๆ กันหมายเลข (1) $F_o = 3$ นาที, (2) $F_o = 5$ นาที และ (3) $F_o = 7$ นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตข้าวเหนียวพันธ์เขี้ยวงูสำเร็จบรรจุกระป๋องโดยให้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่กำหนด

การทดลองที่	ปัจจัย		ปัจจัยในการส่งผ่านความร้อน [1]				F_o [2] คำนวณ (นาที)
	BT (นาที)	F_o (นาที)	IT (^{0}ฟ)	f_h (นาที)	f_h/U (นาที)	fi (นาที)	
1	4	3	187	5.75	0.46	4.084	3.06
2	4	5	159	6.25	0.30	4.084	5.10
3	4	7	151	6.50	0.21	4.084	7.58
4	6	3	147	5.00	0.41	4.084	2.99
5	6	5	161	6.25	0.30	4.084	5.10
6	6	7	163	7.50	0.26	4.084	7.06
7	8	3	165	5.00	0.40	4.084	3.06
8	8	5	157	6.25	0.28	4.084	5.10
9	8	7	165	7.00	0.23	4.084	7.45

หมายเหตุ : [1] ความหมายของสัญลักษณ์แสดงในภาคผนวก ก.

[2] แสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันนั้น นอกจากจะต้องให้ความร้อนอย่างเหมาะสมและเพียงพอในการทำให้ข้าวสุกพอดีแล้ว ประการสำคัญความร้อนที่ให้ต้องสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย หรือก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium botulinum* เพราะเชื้อนี้ก่อให้เกิดโรคและสามารถต้านทานความร้อนได้สูง และสามารถเจริญได้ในระดับพีเอชมากกว่า 4.6 ซึ่งข้าวก็จัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มีพีเอชมากกว่า 4.6 (Pflug, 1987) รายงานไว้ว่า F_{250} °F ของ *Clostridium botulinum* มีค่าเท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งเป็นระดับความร้อนที่มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มีพีเอชสูง เมื่อพิจารณาค่า F_0 ทั้ง 3 ค่า คือ 3 , 5 และ 7 นาที ที่กำหนดในการทดลองนี้จะเห็นว่าเป็น F_0 ที่พอเพียงในการลดปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าว ผลที่ได้จากการทดลองนี้จึงนำข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ได้ไปทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ต่อไป

4.9 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.9) พบว่า ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 , 5 และ 7 นาที ทุกระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ *Clostridium botulinum* *Bacillus cereus* และ *Bacillus stearothermophillus* ซึ่งเป็นการยืนยันว่า ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 3 , 5 และ 7 นาที เพียงพอในการทำลายเชื้อ *Clostridium botulinum* [1)] และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ในอาหาร เนื่องจากไม่พบการเจริญของเชื้อ *Bacillus stearothermophillus* ซึ่งเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้สามารถต้านทานต่อความร้อนได้สูงกว่า *Clostridium botulinum* (Stumbo, 1973)

<u>หมายเหตุ</u> : [1)] เชื้อ *Clostridium botulinum* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสามารถต้านทานความร้อนได้สูง อีกทั้งสามารถเจริญได้ในสภาพปราศจากอากาศ ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่จำเป็นต้องตรวจหาในอาหารกระป๋อง เพราะเป็นเชื้อที่เป็นอันตรายอย่างมาก แต่ในทางปฏิบัติการตรวจหาจุลินทรีย์จำเป็นจะต้องใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่จัดเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย ของอาหารโดยเฉพาะอาหารกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT/F_o (นาที)	*Clostridium botulinum* 35 °C	*Baccilus cereus* 35 °C	*Bacillus stearothermophillus* 55 °C
1	4/3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2	4/5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
3	4/7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
4	6/3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
5	6/5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
6	6/7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
7	8/3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
8	8/5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
9	8/7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : [1] BT = ระยะเวลาต้ม (นาที) , F_o = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้การชิมแล้วให้คะแนน ในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม กลิ่นรสชาติ และการยอมรับโดยรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 9 การทดลอง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 , และ 6 เดือน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 4.10 - 4.15)

4.10.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บ รักษาต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.59 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.48 แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 5 , 2 , 7 , 6 , 3 , 8 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.68 , 5.63 , 5.62 , 5.38 , 5.33 และ 5.13 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านลักษณะปรากฏของการทดลองที่ 8 ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.13 และ 4.40 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 1 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.17 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลองที่ 4 และ 7 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.05 และ 6.007 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 2 , 3 , 8 , 5 , 6 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.55 ,5.48 , 5.47 , 5.30 , 5.27 และ 5.00 ตามลำดับ และการทดลองที 2 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 5 , 6 และ 9

อายุการเก็บรักษา 3 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.97 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 2 และ 3 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.77 และ 5.62 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับการทดลองที่ 4 , 6 , 8 , 7 , 5 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.37 ,5.25 , 5.17 , 5.17 , 4.95 และ 4.83 ตามลำดับ และการทดลองที 4 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 9

อายุการเก็บรักษา 6 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.62 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 4 , 3 และ 2 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.43 , 5.42 และ 5.27 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 7 , 6 , 8 , 5 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.02 ,4.97, 4.88 , 4.80 และ 4.68

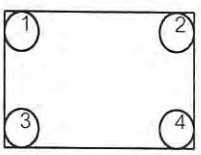
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) ของข้าวเหนียวสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง (Treatments)	ปัจจัย BT/F_o	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	a a 6.59 ± 0.33 a a	a a 6.17 ± 0.30 a a	a a 5.97 ± 0.07 a ab	a a 5.62 ± 0.16 a c
2	4/5	b a 5.63 ±0.39 b a	bcd abc 5.55 ± 0.35 b a	ab ab 5.77 ± 0.33 a a	abc ab 5.27 ± 0.42 ab ab
3	4/7	b a 5.33 ± 0.24 b ab	cd ab 5.48 ± 0.49 bc ab	abc abc 5.62 ± 0.12 ab a	ab ab 5.42 ± 0.40 a ab
4	6/3	a a 6.48 ± 0.19 a a	ab ab 6.05 ± 0.08 bc b	bcd bc 5.37± 0.07 a c	ab ab 5.43 ± 0.40 a c
5	6/5	b a 5.68 ± 0.91 b ab	d c 5.80 ± 0.22 b a	de cd 4.95 ± 0.17 b b	cd bc 4.80 ± 0.26 b b
6	6/7	b a 5.38 ± 0.65 b a	d b 5.27 ± 0.15 b ab	cde bcd 5.25 ± 0.28 ab ab	bcd bc 4.97 ± 0.15 ab ab
7	8/3	b b 5.62 ± 0.13 a ab	abc ab 6.01 ± 0.34 a a	de cd 5.17 ± 0.03 a c	bcd bc 5.02 ± 0.26 ab c
8	8/5	bc ab 5.13 ± 0.14 ab ab	cd bc 5.47 ± 0.27 ab a	de cd 5.17 ± 0.25 a ab	bcd bc 4.88 ± 0.24 ab b
9	8/7	c b 4.40 ± 0.13 b b	d b 5.00 ± 0.23 b b	e d 4.83 ± 0.45 ab ab	d c 4.68 ± 0.26 b ab

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาตั้ม ก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ(Fo) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาตั้ม ก่อนการบรรจุ (BT) เดียวกันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.2 การเกาะตัว (Cohesivenss)

จากตารางที่ 4.11 พบว่า การเกาะตัวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา ต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลอง การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.30 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลองที่ 4 และ 7 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.10 และ 5.70 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 5 , 3 , 6 , 2 , 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.83 , 5.32 , 5.27 , 5.18 , 5.17 และ 4.65 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านการเกาะตัวของการทดลองที่ 5 , 3 , 6 , 2 , 8 และ 9 ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

อายุการเก็บรักษา 1 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.47 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 7 , 8 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.23 , 5.98 และ 5.98 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 4 , 3 , 5 , 2 , 6 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.93 , 5.78 , 5.78 , 5.63 และ 5.60 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านการเกาะตัวของการทดลองที่ 6 ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 9

อายุการเก็บรักษา 3 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.83 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 2 , 3 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.75 , 5.70 และ 5.38 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 6 , 5 , 7 , 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.16 ,5.06 , 4.97 , 4.92 , 4.95 และ 4.72 ตามลำดับ และการทดลองที 6 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลอง ที่ 5 , 7 , 8 และ 9

อายุการเก็บรักษา 6 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 และ 2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.57 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลอง ที่ 3,4 และ 6 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.23 , 5.18และ 5.10 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 8 , 7 , 5 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.97 , 4.92 , 4.87 , และ 4.70 ตามลำดับ และ การทดลองที่ 8 , 7 , 5 มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 9

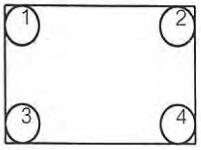
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการเกาะตัว (Cohesiveness) ของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง (Treatments)	ปัจจัย BT/F_o	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	a a 6.30 ± 0.08 a b	a a 6.47 ± 0.24 a a	a a 5.97 ± 0.07 a c	a a 5.57 ± 0.12 a d
2	4/5	cd bc 5.18 ±0.45 b ab	bc bc 5.78 ± 0.63 b a	ab ab 5.77 ± 0.33 ab ab	a a 5.57 ± 0.23 a ab
3	4/7	bcd abc 5.32 ± 0.51 b abc	bc ab 5.93 ± 0.48 b a	abc abc 5.62 ± 0.12 ab ab	ab ab 5.23 ± 0.15 ab c
4	6/3	ab ab 6.10 ± 0.20 a a	abc abc 5.98 ± 0.17 ab a	bcd bc 5.37 ± 0.07 a b	abc abc 5.81 ± 0.51 ab b
5	6/5	bcd ab 5.38 ± 0.64 ab a	bc bc 5.78 ± 0.25 b a	dc cd 4.95 ± 0.17 b b	bc bc 4.87 ± 0.25 b b
6	6/7	cd bc 5.27 ± 0.59 b ab	c b 5.63 ± 0.21 b a	cdc cd 5.25 ± 0.28 ab ab	abc abc 5.10 ± 0.10 ab bc
7	8/3	abc abc 5.70 ± 0.35 ab ab	ab ab 6.23 ± 0.27 ab a	dc cd 5.17 ± 0.03 ab c	bc bc 4.92 ± 0.28 a c
8	8/5	cd bc 5.12 ± 0.46 b b	abc abc 5.98 ± 0.32 b a	dc abc 5.17 ± 0.25 ab b	bc bc 4.97 ± 0.25 a b
9	8/7	d c 4.65 ± 0.20 b bc	c b 5.60 ± 0.18 b a	e b 4.83 ± 0.45 b b	d d 4.70 ± 0.51 b bc

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการเกาะตัวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการเกาะตัวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการเกาะตัวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ(Fo) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการเกาะตัวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) เท่ากันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.3 ความนุ่ม (Softness)

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ความนุ่มของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา ต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.03 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 4 , 7 , 5 , 2 , 3 , 6 , 8 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.87 . 5.68 , 5.52 , 5.33 , 5.32 และ 5.30 แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 8 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.03 และ 4.52 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านความนุ่มของการทดลองที่ 8 และ 9 ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน ของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 3 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.48 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 7 , 2 , 1 , 4 , 6 , 9 , 5 และ 8 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.30 , 6.12 , 6.08 , 6.03 , 5.93 , 5.92 และ 5.92 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 8 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.85

อายุการเก็บรักษา 3 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.78 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 3 และ 1 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.63 , และ 5.47 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับ การทดลองที่ 6 , 4 , 8 , 9 , 5 และ 7 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.27 ,5.13 , 5.08 , 5.05 , 4.98 และ 4.96 ตามลำดับ และการทดลองที 6 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลอง ที่ 4 , 8 , 9 , 5 และ 7

อายุการเก็บรักษา 6 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.40 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1,4 , 3 , 7 , 5 , 8 , 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.27 , 5.23 , 5.23 , 5.12 , 5.07 , 5.05 , 5.01 และ 4.82 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.82

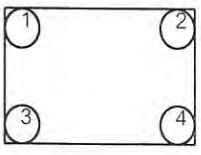
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความนุ่ม (Softness) ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง (Treatments)	ปัจจัย BT/F_o	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	a a 6.04 ± 0.29 a ab	ab a 6.58± 0.35 ab a	abc abc 5.47 ± 0.19 ab c	ab a 5.27 ± 0.12 ab c
2	4/5	ab ab 5.33 ±0.32 ab b	ab a 6.12± 0.44 ab a	a d 5.78 ± 0.16 a a	a a 5.40± 0.40 a b
3	4/7	ab ab 5.32 ± 0.52 ab b	a a 6.48 ± 0.43 a a	ab ab 5.63 ± 0.16 ab b	ab ab 5.23± 0.24 ab bc
4	6/3	a a 5.87 ± 0.20 a b	ab a 6.03 ± 0.07 a a	cd cd 5.13± 0.24 b c	ab a 5.23 ± 0.35 a c
5	6/5	ab ab 5.52 ± 0.85 ab ab	ab a 5.92 ± 0.25 a a	d b 4.98 ± 0.28 b b	ab ab 5.07± 0.32 a b
6	6/7	ab ab 5.30 ± 0.39 ab b	ab ab 5.93± 0.15 b ab	bcd bcd 5.27 ± 0.33 ab b	ab ab 5.02± 0.03 a c
7	8/3	ab ab 5.68 ± 0.43 a ab	ab ab 6.30 ± 0.26 a a	d bcd 4.95± 0.08 b cd	ab ab 5.12 ± 0.10 ab c
8	8/5	bc bc 5.03 ± 0.30 ab b	ab a 5.85± 0.26 a a	cd bc 5.08± 0.30 ab b	ab ab 5.05± 0.39 ab b
9	8/7	c c 4.52 ± 0.03 b d	ab ab 5.9 2 ± 0.39 a a	cd bcd 5.05± 0.23 ab b	b b 4.82 ± 0.20 b bc

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านความนุ่มของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านความนุ่มของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านความนุ่มของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านความนุ่มของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ(BT) เดียวกันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.4 กลิ่น (Aroma)

จากตารางที่ 4.13 พบว่า กลิ่นของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 4 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.20 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.05 แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับ การทดลองที่ 5 , 3 , 7 , 8 , 2 , 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.05 , 5.47 , 5.45 , 5.37 , 5.28 , 5.25 , 5.23 และ 4.87 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านกลิ่นของการทดลองที่ 5 , 3 , 7 , 8 , 2 , 6 และ 9 ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

อายุการเก็บรักษา 1 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.42 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 7 , 8 , 3 , 4 , 2 , 5 , 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.37 , 5.23 , 5.20 , 5.18 , 5.18 , 4.90 , 4.88 และ 4.70 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน ของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.37 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1 , 8 , 3 , 7 , 9 และ 6 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.18 , 5.15 , 5.15 , 4.98 , 4.97 และ 4.97 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับ การทดลองที่ 4 และ 5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.95 และ 4.93 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 7 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.08 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 2 , 4 , 1 , 3 , 9 , 5 , 6 และ 8 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.03 , 5.00 , 5.00 , 4.98 , 4.77 , 4.77 , 4.73 และ 4.65 ตามลำดับ

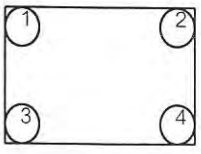
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น (Aroma) ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง (Treatments)	ปัจจัย BT/F_o	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	ab ab 6.05 ± 0.08 a a	a a 5.42 ± 0.19 a b	ab a 5.18 ± 0.39 ab bc	a a 5.00 ± 0.00 a c
2	4/5	c b 5.25±0.39 b ab	a a 5.18 ± 0.10 a ab	a a 5.37 ± 0.19 a a	a a 5.03 ± 0.12 a b
3	4/7	c b 5.45 ± 0.53 a a	a a 5.20 ± 0.10 a ab	ab a 5.15 ± 0.20 ab ab	a a 4.98 ± 0.18 a ab
4	6/3	a a 6.20 ± 0.30 a a	a a 5.18 ± 0.27 a b	ab a 4.95 ± 0.22 a bc	a a 5.00 ± 0.40 a bc
5	6/5	bc ab 5.47 ± 0.74 b a	a a 4.90 ± 0.13 a ab	ab ab 4.93 ± 0.15 a ab	a a 4.77 ± 0.15 a ab
6	6/7	bc ab 5.23 ± 0.20 b a	a a 4.88 ± 0.30 a ab	c b 4.97 ± 0.10 b ab	a a 4.73 ± 0.21 a b
7	8/3	bc bc 5.37 ± 0.16 ab a	abc a 5.37 ± 0.16 a a	dc a 4.98 ± 0.25 a ab	bcd a 5.08 ± 0.33 a ab
8	8/5	bc b 5.28 ± 0.33 b a	a a 5.23 ± 0.33 a a	ab ab 5.15 ± 0.10 a a	a a 4.65 ± 0.54 a ab
9	8/7	c b 4.87 ± 0.43 b ab	a a 4.87 ± 0.43 a ab	ab a 4.97 ± 0.10 a a	a a 4.77 ± 0.40 a ab

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านกลิ่นของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านกลิ่นของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านกลิ่นของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยระยะเวลาดัมก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ(Fo) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านกลิ่นของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาดัม ก่อนการบรรจุ (BT) เดียวกันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.5 รสชาติ (Taste)

จากตาราง ที่ 4.14 พบว่า รสชาติของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บ-รักษา ต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 4 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.32 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.05 แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 5 , 7 , 6 , 3 , 2 , 8 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.53 , 5.52 , 5.40 , 5.37 , 5.32 , 5.28 และ 4.50 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านรสชาติของการทดลองที่ 5 , 7 , 6 , 3 , 2 , 8 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลองที่ 9

อายุการเก็บรักษา 1 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.63 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 7 , 4 , 3 และ 8 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.47 , 5.47 , 5.38 และ 5.35 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 2 , 5 , 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.18 , 5.17 , 4.85 และ 4.70 ตามลำดับ และ การยอมรับของผู้บริโภคทางด้านรสชาติของการทดลองที่ 5 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 9

อายุการเก็บรักษา 3 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.46 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลอง ที่ 2 , 3 , 8 , 9 , 7 , 4 , 6 และ 5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.36 , 5.25 , 5.23 , 5.22 , 5.22 , 5.13 , 5.12 และ 5.12 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 6 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.37 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 3 , 2 , 4 , 7 , 6 , 5 , 8 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.27 , 5.23 , 5.20 , 5.03 4.96 , 4.85 และ 4.80 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.55

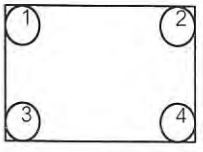
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ (Taste) ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง (Treatments)	ปัจจัย BT/F_o	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	ab ab 6.05 ± 0.30 ab a	a a 5.63 ± 0.21 a ab	a a 5.47 ± 0.15 a b	a a 5.37 ± 0.32 a b
2	4/5	b a 5.32 ±0.33 b a	bc bc 5.18 ± 0.28 b ab	a a 5.37 ± 0.35 a a	a a 5.23 ± 0.42 a ab
3	4/7	b a 5.37 ± 0.49 b a	ab a 5.38 ± 0.20 ab a	a a 5.25 ± 0.18 a ab	a a 5.27 ± 0.15 a ab
4	6/3	a a 6.32 ± 0.35 a a	ab ab 5.47 ± 0.13 a b	a a 5.13 ± 0.28 a bc	a a 5.20 ± 0.53 a bc
5	6/5	b a 5.53 ± 0.67 b a	bc bc 5.17 ± 0.03 ab ab	a a 5.12 ± 0.13 a ab	ab ab 4.85 ± 0.26 ab ab
6	6/7	b a 5.40 ± 0.56 b ab	cd bc 4.85 ± 0.22 b b	a a 5.12 ± 0.15 a ab	ab ab 4.97 ± 0.32 ab b
7	8/3	b b 5.52 ± 0.40 a a	ab ab 5.47 ± 0.16 a a	a a 5.22 ± 0.20 a ab	ab ab 5.03 ± 0.21 ab ab
8	8/5	b a 5.28 ± 0.19 a a	ab ab 5.35 ± 0.26 a a	a a 5.23 ± 0.31 a a	ab ab 4.80 ± 0.36 ab ab
9	8/7	c b 4.50 ± 0.20 b b	d c 4.70 ± 0.35 b ab	a a 5.22 ± 0.16 a a	b b 4.55 ± 0.22 b b

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสชาติของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสชาติของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสชาติของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสชาติของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุ (BT) เดียวกันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Fo) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.6 การยอมรับโดยรวม (Overall palatability)

จากตาราง ที่ 4.15 พบว่า การยอมรับรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บ ต่าง ๆ กัน มีผลการยอมรับของผู้บริโภคดังนี้ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 4 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.50 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1 , 7 และ 5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.40 , 5.93 และ 5.75 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การทดลองที่ 3 , 2 , 6 , 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.63 , 5.60 , 5.57 , 5.40 และ 4.70 ตามลำดับ และ การยอมรับ ของผู้บริโภคทางด้านการยอมรับรวม ของการทดลองที่ 3 , 2 และ 6 แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 9

อายุการเก็บรักษา 1 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 6.07 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 4 , 7 , 3 , 2 , 8 และ 5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.92 , 5.88 , 5.70 , 5.63 , 5.60 และ 5.52 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.37 และ 5.32 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 3 เดือนของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 1 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.87 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 3 และ 2 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.77 และ 5.75 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 4 , 7 , 8 , 5 , 6 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.37 ,5.27 , 5.25 , 5.22 , 5.18 และ 5.10 ตามลำดับ

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ของการทดลองพบว่า การทดลองที่ 2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเป็นคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.53 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับการทดลอง ที่ 1 , 3 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.47 , 5.47และ 5.30 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับ การทดลองที่ 7 , 8 , 6 , 5 และ 9 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.12 , 5.10 , 5.00 , 5.00 และ 4.80 ตามลำดับ และ การทดลองที่ 1 และ 3 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ 6 , 5 และ 9

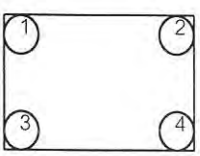
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้านการยอมรับรวม (Overall palatability) ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลอง Treatments	ปัจจัย BT/Fo	อายุการเก็บรักษา(เดือน)			
		0	1	3	6
1	4/3	ab ab 6.40 ± 0.13 a a	a a 6.07 ± 0.14 a b	a a 5.87 ± 0.15 a bc	ab ab 5.47 ± 0.06 b d
2	4/5	b a 5.60 ±0.31 ab a	ab abc 5.63 ± 0.25 ab a	ab ab 5.75 ± 0.28 a a	a ab 5.53 ± 0.15 a ab
3	4/7	bc ab 5.63 ± 0.66 ab a	ab ab 5.70 ± 0.56 ab a	a a 5.77 ± 0.15 a a	ab ab 5.47 ± 0.06 ab b
4	6/3	a a 6.50 ± 0.13 a a	ab ab 5.92 ± 0.15 ab b	b b 5.37 ± 0.11 a c	abc abc 5.30 ± 0.50 b bc
5	6/5	abc ab 5.75 ± 0.74 ab a	ab a 5.52 ± 0.48 ab ab	b b 5.52 ± 0.20 a b	cd cd 5.00 ± 0.01 b ab
6	6/7	c b 5.57 ± 0.63 b a	b b 5.37 ± 0.20 b a	b b 5.18 ± 0.23 a ab	cd cd 5.00 ± 0.20 b ab
7	8/3	abc abc 5.93 ± 0.31 a a	ab ab 5.88 ± 0.21 ab a	b b 5.27 ± 0.20 a b	bcd bcd 5.12 ± 0.03 ab bc
8	8/5	cd bc 5.40 ± 0.30 ab ab	ab a 5.60 ± 0.17 ab a	b b 5.25 ± 0.28 a ab	bcd bcd 5.10 ± 0.25 ab b
9	8/7	d c 4.70 ± 0.22 b cd	b b 5.32 ± 0.45 b a	b b 5.10 ± 0.09 a ab	d d 4.80 ± 0.00 b c

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการยอมรับรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

2. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการยอมรับรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยการทดลอง(Treatments) ต่างกันแต่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน



3. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านซ้าย แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการยอมรับรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) ต่างกัน แต่ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_o) เดียวกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

4. ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอนทางด้านขวา แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการยอมรับด้านการยอมรับรวมของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดย ระยะเวลาต้ม ก่อนการบรรจุ (BT) เดียวกันแต่ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_o) ต่างกัน และอายุการเก็บรักษาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียว สำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ระยะเวลา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน สรุปได้ว่า ข้าวเหนียวสำเร็จบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ที่ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคไม่เปลี่ยนแปลงคือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาการต้มก่อนการบรรจุ 4 นาทีแล้วบรรจุกระป๋องนำไปฆ่าเชื้อใน รีทอร์ตที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที F_0 เท่ากับ 3 นาที ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน โดยผู้ชิมให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะ ตัวความนุ่ม กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาการต้มก่อนการบรรจุ 6 นาที แล้วบรรจุกระป๋องนำไปฆ่าเชื้อใน รีทอร์ตที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที F_0 เท่ากับ 3 นาที เช่นเดียวกัน

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและค่าความเหนียวต่อปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา (BT และ F_0)

4.11.1 การวิเคราะห์ ความแข็งและความเหนียว (Hardness/Stickiness)

จากการวิเคราะห์หาค่าความแข็ง (g. force) (Y) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน (ตารางที่ 4.16) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง คือ ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (X_1) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_2) โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ได้สมการถดถอยพหุคูณคือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = 17347.681 - 2318.429(X_1) - 2316.582(X_2) + 100.551(X_1)^2 - 110.895(X_2)^2 - 144.973(X_1)(X_2)$$

$$(r^2 = 0.924)$$

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = 17455 - 1502.683(X_1) - 2704.565(X_2) + 30.035(X_1)^2 - 129.080(X_2)^2 - 157.555(X_1)(X_2)$$

$$(r^2 = 0.897)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$$Y = 18283.146 - 1789.474 (X_1) - 2386.299 (X_2) + 83.054(X_1)^2 - 118.222 (X_2)^2 - 99.054 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.917)$$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$$Y = 23220.755 - 1075.952(X_1) - 4454.302 (X_2) + 26.543 (X_1)^2 - 296.305 (X_2)^2 - 82.872 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.956)$$

ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlations coeffcient) ค่าความแข็งของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุ กระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือนพบว่าถ้าระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) เพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะลดลง ส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะลดลงเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.16) และ (ภาพที่ 4.10) โดยระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 1 เดือน ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือนมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ที่ 6 เดือนไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน (ตารางที่ 4.17) ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ เท่ากับ 4 นาทีและระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ เท่ากับ 3 นาที ให้ค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 9.686 กรัมเมื่ออายุการเก็บรักษาได้ 6 เดือน ในขณะที่ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ เท่ากับ 8 นาที และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 7 นาที ให้ค่าความแข็งต่ำที่สุดเท่ากับ 4,241 กรัมที่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน (ตารางที่ 4.16) การที่ความแข็งลดลงเมื่อระยะเวลาการต้มข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งภายในเมล็ดข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมีส่วนทำให้ค่าความแข็งลดลง โดยในระหว่างการต้มเมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปได้มากขึ้นทำให้ภายในเมล็ดข้าวมีความชื้นสูง ส่งผลให้แป้งเกิดเจลลาติไนซ์ได้ดีขึ้น และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียวจนถึงแฉะ ส่วนค่าระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อสูงขึ้น ยิ่งมีอิทธิพลทำให้แป้งเกิดเจลลาติไนซ์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวส่วนใหญ่ จะเกิดเจลลาติไนซ์ที่อุณหภูมิระหว่าง 57 - 78.5 องศาเซลเซียส (อรอนงค์, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าความแข็งของข้าวเหนียวบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [2]		ค่าความแข็ง (Hardness) (กรัม) [1]			
	BT	F_o	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
1	4	3	5,743	7,096	7,592	9,686
2	4	5	3,388	4,363	5,538	6,025
3	4	7	3,070	3,912	4,191	5,064
4	6	3	3,556	5,317	6,070	8,537
5	6	5	2,586	4,025	4,509	5,335
6	6	7	2,530	3,542	3,970	4,526
7	8	3	2,648	4,039	5,674	7,537
8	8	5	2,616	3,703	4,220	4,880
9	8	7	2,294	3,376	3,858	4,241

หมายเหตุ : [1] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2] BT = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที), F_o = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

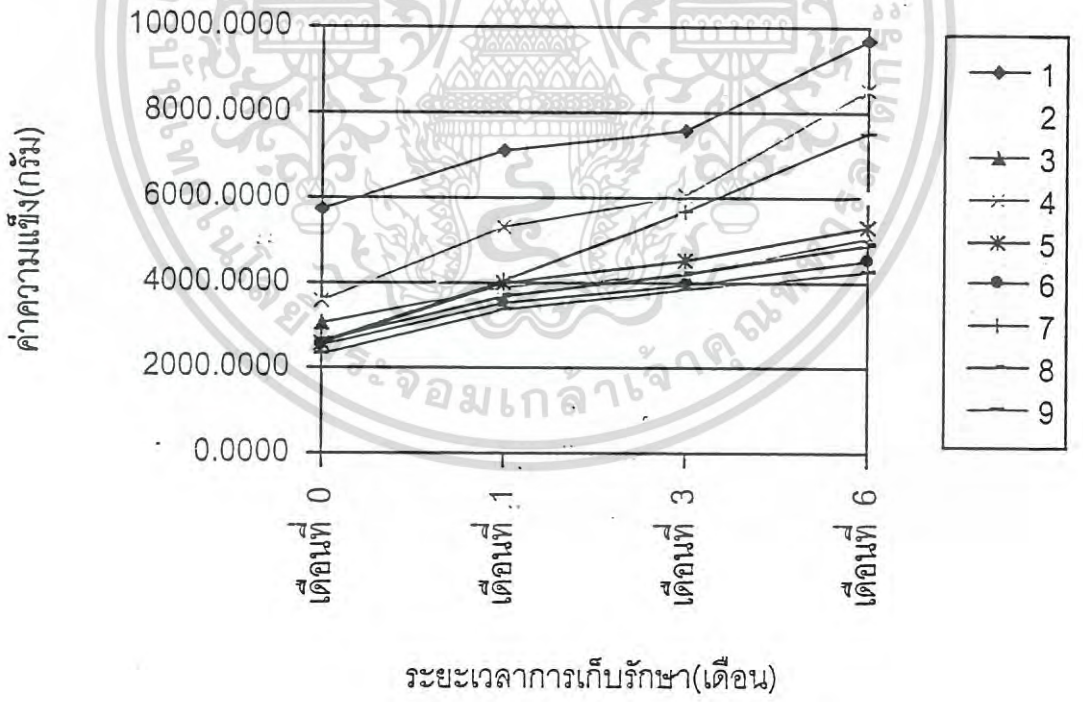
ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlations coeffcient) ค่าความแข็งของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุ กระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

ปัจจัย	ค่าความแข็ง (กรัม)			
	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
(BT) = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (X_1)	-0.629 **	-0.509 **	-0.397 *	-0.301 ns
(F_0) = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_2)	-0.549 **	-0.673 **	-0.814 **	-0.872 **
(BT) X (F_0) = ระยะเวลาต้มข้าว x ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_1 x X_2)	-0.728 **	-0.749 **	-0.817 **	-0.820 **
$(BT)^2$ = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ $(X_1)^2$	-0.608 **	-0.502 **	-0.383 *	-0.297 ns
$(F_0)^2$ = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ $(X_2)^2$	-0.521 **	-0.644 **	-0.788 **	-0.832 **

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ ** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

2) สัญลักษณ์ * หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3) สัญลักษณ์ ns หมายถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 4.10 แสดงกราฟค่าความแข็งของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ หาค่าความเหนียว (g. force) (Y) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน (ตารางที่ 4.18) ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนียว คือ ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (X_1) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_2) เช่นเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสมการถดถอย-พหุคูณ (multiple regression) ได้สมการถดถอยพหุคูณคือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = -2367.527 - 654.798 (X_1) - 526.350 (X_2) + -28.695 (X_1)^2 - 33.660 (X_2)^2 - 27.178 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.795)$$

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = -1384.047 - 432.531 (X_1) - 281.416 (X_2) + -27.378 (X_1)^2 - 20.077 (X_2)^2 - 0.412 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.761)$$

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$$Y = -2899.149 - 722.698 (X_1) - 368.438 (X_2) + -42.819 (X_1)^2 - 20.821 (X_2)^2 - 10.819 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.836)$$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$$Y = 265.596 - 238.974 (X_1) - 129.472 (X_2) + 34.809 (X_1)^2 - 5.418 (X_2)^2 - 4.402 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.833)$$

ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlations coeffcient) ค่าความเหนียวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุ กระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือนพบว่าถ้าระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เพิ่มขึ้นค่าความเหนียวจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.18) และ (ภาพที่ 4.11) โดยระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน ส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน และมีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน และไม่มีอิทธิพลทางสถิติที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0 และ 6 (ตารางที่ 4.19) ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ เท่ากับ 8 นาทีและระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 7 นาทีให้ค่าความเหนียวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1,443 กรัมที่อายุการเก็บรักษาหลังการผลิต (0 เดือน) ในขณะที่ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุเท่ากับ 4 นาที และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 3 ให้ค่าความเหนียวต่ำที่สุดเท่ากับ 842 กรัมที่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน (ตารางที่ 4.18) การที่ความเหนียวลดลงที่ระยะเวลาการต้มข้าวสั้น เนื่องจากการเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งภายในเมล็ดข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนเกิดขึ้นต่ำกว่าจึงมีส่วนทำให้ค่าความเหนียวลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับค่าความแข็งของข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความเหนียวของข้าวเหนียวบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [2]		ค่าความเหนียว (Stickiness) (กรัม) [1]			
	BT	F_0	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
1	4	3	842	606	151	116
2	4	5	921	728	410	271
3	4	7	1,084	919	507	440
4	6	3	1,237	849	500	414
5	6	5	1,495	1,177	905	512
6	6	7	1,507	1,167	1,106	424
7	8	3	1,636	970	862	783
8	8	5	1,862	1,229	1,020	888
9	8	7	1,443	1,277	1,044	1,036

หมายเหตุ : [1] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2] BT = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที) , F_0 = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

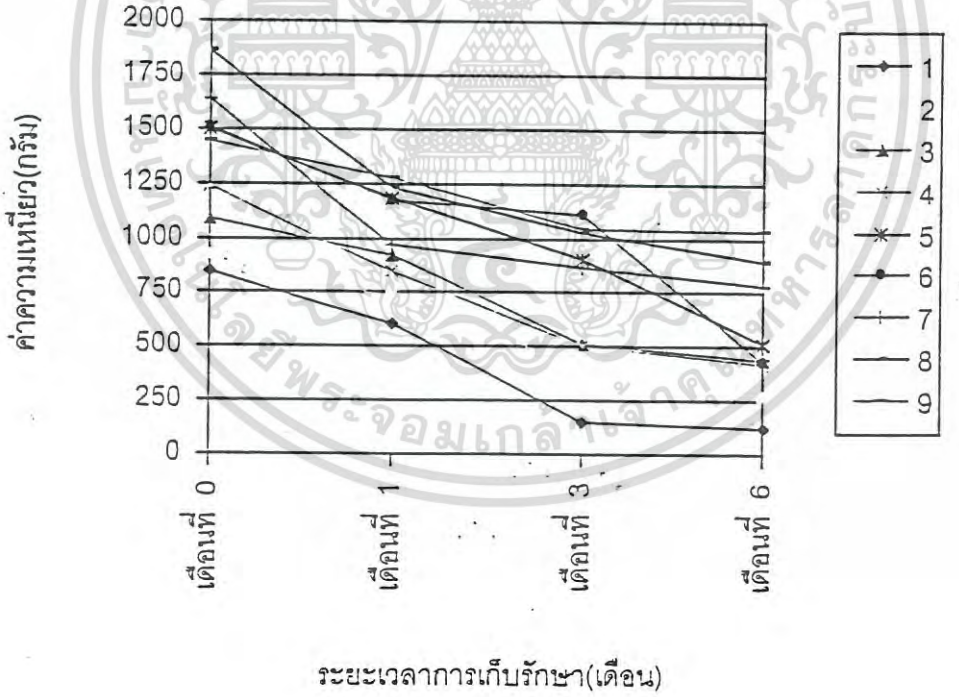
ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ค่าความเหนียวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

ปัจจัย	ค่าความเหนียว (กรัม)			
	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
(BT) = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (X_1)	0.823 **	0.662 **	0.742 **	0.845 **
(F_o) = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_2)	0.126 ns	0.508 **	0.457 *	0.263 ns
(BT) X (F_o) = ระยะเวลาต้มข้าว x ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_1 x X_2)	0.567 **	0.796 **	0.791 **	0.720 **
$(BT)^2$ = ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ $(X_1)^2$	0.804 **	0.639 **	0.716 **	0.862 **
$(F_o)^2$ = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ $(X_2)^2$	0.104 ns	0.487 **	0.441 *	0.258 ns

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ ** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

2) สัญลักษณ์ * หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3) สัญลักษณ์ ns หมายถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 4.11 แสดงกราฟค่าความเหนียวของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 ลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว

ประกอบด้วย องค์ประกอบทางเคมี ขนาดของเมล็ด น้ำหนักข้าวต่อ 1000 เมล็ด คุณภาพในการหุงต้ม ปริมาณอะมิโลส อัตราการเจลลาติไนซ์ และลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง สรุปได้ดังนี้

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10.31, 0.75, 6.47, 0.53, 0.43 และ 81.51 ตามลำดับองค์ประกอบทางเคมีสูงสุดได้แก่ คาร์โบไฮเดรต

5.1.2 ขนาดของเมล็ดมีความยาวและความกว้างของเมล็ดอยู่ในช่วง 7.10-8.05 มิลลิเมตร และ 2.20 – 2.45 มิลลิเมตร ตามลำดับซึ่งจัดเป็นข้าวประเภทที่มีเมล็ดยาว (Long grain rice)

5.1.3 คุณภาพในการหุงต้ม ประกอบด้วย การดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.32 –3.06 เท่า ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.316 – 3.063 เท่า และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 1.77 –2.26 ตามลำดับ

5.1.4 ปริมาณอะมิโลสของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมีเท่ากับ 7.6 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์อะมิโลส (X) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร (Y) พบว่าความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเส้นตรง

5.1.5 การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวสุก โดยหาความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการเจลลาติไนซ์ (X) กับ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร (Y) พบว่าความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเส้นตรง

5.1.6 เม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวเหนียวมีรูปร่าง หลายเหลี่ยม (polyhedral shape) ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และมีขนาดของเมล็ดแป้งประมาณ 1.93 – 7.23 ไมครอน

5.2 กระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสมสรุปได้ ดังนี้

5.2.1 ศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) ลงในกระป๋อง ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า ระยะเวลาต้มข้าวก่อนบรรจุเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นและอัตราการเจลลาติไนซ์จะเพิ่มขึ้นตาม โดยเม็ดแป้งที่ให้ความร้อนหรือเกิดการเจลลาติไนซ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างอย่างชัดเจน โดยมีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous shape)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อขบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่าที่ระยะเวลาการต้มก่อนบรรจุเท่ากับ 4 นาที ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 52.636 ± 0.798 ที่อัตราการเจลลาติไนซ์ร้อยละ 35.492 ± 0.149 และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 5ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีที่สุด คือ เมล็ดข้าวคงรูปไม่แตกหักและไม่แฉะ

5.2.3 การตรวจสอบระดับการให้ความร้อนภายใต้ความดัน (F_o) แก่ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ ที่ระยะเวลาต่างๆคือ $F_o = 3$, 5 และ 7 นาที พบว่า ให้ความร้อน (Heating curve) เป็นเส้นตรง

5.2.4 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือนพบว่าปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญโดยไม่พบการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* , *Bacillus cereus* และ *Bacillus stearothermophillus*

5.3 การเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน

พบว่า การทดลองที่ 1 ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีระยะเวลาการต้มก่อนการบรรจุ (BT) ที่ 4 นาที และมีระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุรหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_o) = 3 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงสุด ในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม รองลงมาได้แก่ การทดลองที่ 4 ที่มีระยะเวลาการต้มก่อนการบรรจุ (BT) ที่ 6 นาที และมีระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_o) = 3 นาที

5.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็ง และ ความเหนียว กับ ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o)

จากการวิเคราะห์หาค่าความแข็ง (Hardness) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง คือ ระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT)แทนค่าด้วย (X_1) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) แทนค่าด้วย (X_2) โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ได้สมการถดถอยพหุคูณคือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = 17347.681 - 2318.429(X_1) - 2316.582\,(X_2) + 100.551\,(X_1)^2 - 110.895\,(X_2)^2 - 144.973\,(X_1)\,(X_2)$$

$(r^2 = 0.924)$ หรือ 92.4 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = 17455 - 1502.683 (X_1) - 2704.565 (X_2) + 30.035 (X_1)^2$$
$$- 129.080 (X_2)^2 - 157.555 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.897) \text{ หรือ } 89.7\ \%$$

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$$Y = 18283.146 - 1789.474 (X_1) - 2386.299 (X_2) + 83.054(X_1)^2$$
$$- 118.222 (X_2)^2 - 99.054 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.917) \text{ หรือ } 91.7\ \%$$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$$Y = 23220.755 - 1075.952(X_1) - 4454.302 (X_2) + 26.543 (X_1)^2$$
$$- 296.305 (X_2)^2 - 82.872 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.956) \text{ หรือ } 95.6\ \%$$

การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) พบว่าถ้าระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) เพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะลดลง โดยระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 1 เดือน ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ ที่ 6 เดือนไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งทางสถิติ ส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน เนื่องจากการเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งภายในเมล็ดข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมีส่วนทำให้ค่าความแข็งลดลง โดยในระหว่างการต้ม เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปได้มากขึ้นทำให้ภายในเมล็ดข้าวมีความชื้นสูง ส่งผลให้แป้งเกิดเจลลาติไนซ์ได้ดีขึ้น และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียวจนถึงแฉะ

การวิเคราะห์หาค่าความเหนียว (Kg. force) (Y) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนียว คือ ทั้งระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o)โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ได้สมการถดถอยพหุคูณคือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = - 2367.527 - 654.798 (X_1) - 526.350 (X_2) + - 28.695 (X_1)^2$$
$$- 33.660 (X_2)^2 - 27.178 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.795) \text{ หรือ } 79.5\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = - 1384.047 - 432.531 (X_1) - 281.416 (X_2) + - 27.378 (X_1)^2$$
$$- 20.077 (X_2)^2 - 0.412 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.761) \text{ หรือ } 76.1 \%$$

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$$Y = - 2899.149 - 722.698 (X_1) - 368.438 (X_2) + - 42.819 (X_1)^2$$
$$- 20.821 (X_2)^2 - 10.819 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.836) \text{ หรือ } 83.6 \%$$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$$Y = 265.596 - 238.974 (X_1) - 129.472 (X_2) + 34.809 (X_1)^2$$
$$- 5.418 (X_2)^2 - 4.402 (X_1) (X_2)$$
$$(r^2 = 0.833) \text{ หรือ } 83.3 \%$$

การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) พบว่าระยะเวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือนส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน และ มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือนและ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0 และ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิและการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสิ่งที่ต้องควบคุม และระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการให้ความร้อนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ลักษณะของเม็ดข้าวเหนียวไม่ได้ลักษณะตามต้องการ

2. ควรมีการศึกษาการเพิ่มโภชนาการที่สำคัญของข้าวโดยเฉพาะวิตามิน B1 , B2 ซึ่งสูญเสียไปในระหว่างขบวนการขัดสีและการหุงต้มเพื่อให้ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ได้มีโภชนาการที่จำเป็นและเหมาะสมรวมทั้งการเพิ่มเกลือแร่ที่มีความสำคัญทางโภชนาการเช่น ไอโอดีนให้กับข้าวเหนียว สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

3. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเกาะตัวและความนุ่มที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้น เพื่อทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาว่านานเท่าใดจะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณสมบัติด้านการเกาะตัวและความนุ่ม หรืออาจมีการทดลองใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติช่วยในการอุ้มน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้แป้งในเมล็ดข้าวเกิดการคืนตัวกลับ

4. การบริโภคข้าวเหนียวให้ได้รสชาติหลังจากเก็บรักษานานเกินกว่า 3 เดือนควรนำมาอุ่นให้ร้อน หรือผ่านเตาไมโครเวฟจึงจะได้รสชาติที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ ฯ. 51 หน้า

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ ฯ. หน้า 94-101.

งามชื่น คงเสรี. 2540. การทำผลิตภัณฑ์ข้าว. วารสารจาร์พา ปีที่ 4 ฉบับที่ 39 (2540) หน้า 25 – 28.

ชาญ มงคล. 2536. เรื่องข้าว. ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู

ประพาส วีระแพทย์. 2536. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. : ไทยวัฒนาพานิช

ชุติมา เลิศลักษมี. 2539. การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2536. “ สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำการกำหนด-กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน” วารสารอาหาร ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 (2536) หน้า 46 - 53.

ภัทรชนก ธีรธิติ,รัชนี ศรีวรรณวิทย์ และ สุวรรณี จิตตินรเศรษฐ์. 2536. ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยี-การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการ-เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง. 198 หน้า.

สุภาวรรณ รัตนโชตินันท์ และ สิริพร โตมา. 2537. ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีน. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยี-การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 148 หน้า .

Alstrand, D.V., and O.F. Ecklund. 1952. The Mechanic and Inter Pretation of Heat Penetration Test in Canned Foods. Journal of Food Technology. 6 : 185 -189

Adair, C.B., H.M. Beachell, N.E Jodon, T.H. Johnst, J.R. Thysell, V.E. Green , B.D. Webb and J.G. Atkins. 1966. Rice breeding and methods in the United states.Rice in the United States: Varieties and Production,Agr. Res. Service. U.S. Dep. Agr. Handbook.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batcher, O.M., K.F. Helmintoller and E.H. Dawson. 1958. "Development and Application of Methods for Evaluation Cooking and Eating Quality of Rice" Journal of Rice. 59 : 4-8, 32.

Association Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Method of Analysis . Washington DC.

Bean, M.M., Esser, C.A. and Nishita, K.D. 1984. Some Physicochemical and food Application Characteristics of California Waxy rice Varieties.Cereal Chemistry. 61(6) : 475-480.

Birch G.G and Priestly R.J. 1973. Degree of Gelatinisation of Cooked Rice. Journal of Die Starke. 25(3) : 98-100.

Buttery, R.G., O. Juliano and L.C. Ling. 1983. Identification of rice aroma compound 2- acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. Chem. Ind. (London). 20 : 478

Demont,J.I. and Burns,E.E. 1968. Effect of certain variable on canned riced quality. Journal of Food Technology.22(2) : 1186-1188

Desikachar, H.S.R 1956. Changes leading to improve culinary properties of rice on storage. Cereal Chem. 33 : 324-328.

Desikachar, H.S.R. and Subrahmanyan. 1959. Expansion of new and old rice during cooking .Cereal chemistry. 36(4) : 385-391.

Gerdes,D.L. and Burns,E.E.1982. Techniques for canning instant parboiled rice. Journal of Food Science. 47(5) : 1734-1735

Gutterson,M.1972.Cereal Products.In : Food canning techniques. Noyes Date Corperation, New Jersey U.S.A. p. 221-223

Ferrel , R.E., Kester , E.B. and Pence, J. W. 1960. Use of emulsifier and emulsified oil to reduce cohesion in canned white rice . Journal of Food Technology. 14(2) : 102-105.

International Rice Reashearch Institute. 1972. Rep. 1971-1972. Los Banos, Philipines. 738 p.

Jowitt, R. 1974. The Terminology of Food Texture. Journal of Texture Studies. 5 :351 - 358

Juliano, B.O. Asimplified Assay for Milled-Rice Amylose. Journal of Cereal Science Today. 6 : 334-338,340-360

Juliano, B.O. 1972. The Rice Caryopsis and Its Composition, In D.F. Houston (ed.). Rice : Chemistry and Technology. Amer. Ass. Cereal Chem., Inc., st. Paul, Minnesota.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Juliano, B.O., and C.M., Perez, A.B., C., Breckenridge, T.D.,Castilo, N.H., Chouhury. N., Konggeree, B., Laignelet, F.E.., Merca, C.M., Paule, and B.D., Webb. 1980. Report of the international Cooperative Testing on the Gel Consistency of Milled Rice. 29 : 233-237.

Juliano, B.O. and C.M. Perez. 1984. Result of a Colla borative test on the measurment of grain elongation of milled rice during coooking. J. Cereal Sci. 2 : 292-231

Juliano, B.O. 1985. Critical and testing for qualities, In B.O. Juliano (ed.). Rice : Chemistry and Technology. Amer.Ass. Cereal Chem., Inc., st. paul, Minnessota.

Luh, B.S. and Y. Liu. 1980. Canning Freezing and Freeze drying. In : Rice : Production and Utilzation. AVI, : 590-594

Metal Box. 1982. Heat processing in Canned Food. Customer Information Bullentin. 2 : 1-11

Muanmai,A. 1994. Effect of the aging and hardenning process on the quality of glutinous rice cracker. M.Thai. Thesis No. AE 94-18, Asean Institute of Technology, Bangkok.

Nagarathnamma , K. and Siddappa. 1965. Canning of rice . Journal of Food Sience and Technology. 2(4) : 128-131.

Pomeranz, y. 1987. Modern Cereal Science and Technology. VCH Publ., Inc., New York. 486 p.

Roberts , R.L. Houston , D.F. and Kester, E.B. 1953. Process for canning white rice. Journal of Food technology. 7(2) : 78-80.

Rudledge,J.E.and Islam,M.N.1973. Canning and pH stability of epichlorohydrin treated parboiled rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 21(3) : 458-460.

Sharp , R.N. Sharp C.Q. and Kattan , A.A. 1981. A new method for thermally processed canned rice. Journal of Food Technology. 35(5) : 75-77.

Sharp,R.N. and Kattan,J.A.1982. Safety and sensory evaluation of Canned rice. Journal of Food Science. 47(4) : 1123-1126.

Stumbo, C.R. 1973. Thermobacteriology in Food Processing. 2 nd ed. Academic Press. :10-13 , 112 -113

Verity , N.S., and Allen, R.C. 1964 . Method of Canned rice . U.S. Patent. 3,132,030.

Yonan-Malek, M. 1943. Method and control system for treating and canning rice. U.S. Patent.2,334,665.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ความหมายของสัญลักษณ์

1. ค่า D (Death rate constant)หรือ (Decimal reduction time) ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูก กำหนดให้แสดงในรูปของ D value ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90 % ขอที่มีอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน

2. ค่า Z (Z value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียส ที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือจำนวนอุณหภูมที่เปลียนค่า D ไป 10 เท่า

3. ค่า F_0 (Sterilizing value) หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์สำหรับใช้เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง เมื่อ Z = 18 ค่า Z เป็น 18 ปกติจะเป็นของ *Clostridium botulinum*

4. ค่า f_h หมายถึงเวลาที่ใช้ในการทำให้กราฟผ่าน 1 วงจร log cycle

5. ค่า Come –up time (CUT) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำจนอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

6. ค่า Corrected zero หมายถึง เวลาเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้วซึ่งเท่ากับ ผลคูณของ Come-up time กับ 0.58

7. ค่า IT ' (Theoretical initial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นที่จุด Cold point ของกระป๋องที่เป็นค่าจริง

8. ค่า ji (Pseudo- initial temperature) หมายถึงอุณหภูมิเริ่มต้นโดยสมมุติของการฆ่าเชื้อซึ่งหาได้หาได้โดยลากเส้นตรงจากจุด Corrected zero แบบแกน X ตั้งฉากขึ้นไปตัดกับกราฟจากจุดตัดลากเส้นขนานกับแกน X ไปตัดแกน Y จะได้อุณหภูมิที่จุดตัด นำไปลบอุณหภูมิที่อ่านได้จากอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อจะได้ค่า ji

9. ค่า log g และ f_h/u สามารถ อ่านค่าได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ log g กับ f_h/u ที่ค่า m+ g ต่าง ๆ (ภาพที่ 4)

10. ค่า m + g หมายถึง ผลต่าง ของอุณหภูมิ ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิน้ำเย็นในการทำให้กระป๋องเย็น

11. ค่า Fi หมายถึง จำนวนนาทีที่ต้องการใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ เมื่อ F มีค่าเท่ากับ 1 ที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Fi = \log^{-1} (250 - RT/Z)$$

12. ค่า B หมายถึง เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

ตัวอย่าง การคำนวณค่า F_o (Sterilizing value) ในการให้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

1. ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที (ภาพที่ ก.1) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 15 + (8 x 0.42) = 18.36 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 5.75 นาที

Corrected zero of Process = 4.64 นาที

CUT = 8 นาที

IT' = 187 องศาฟาเรนไฮต์

jI = RT - IT' = 239 - 187 = 52 องศาฟาเรนไฮต์

Log g = log jI – (B_B / f_h) = log 52 – (18.36/6.25) = -1.477

m + g = 239 – 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

Fi = 4.084

f_h/U = 0.46

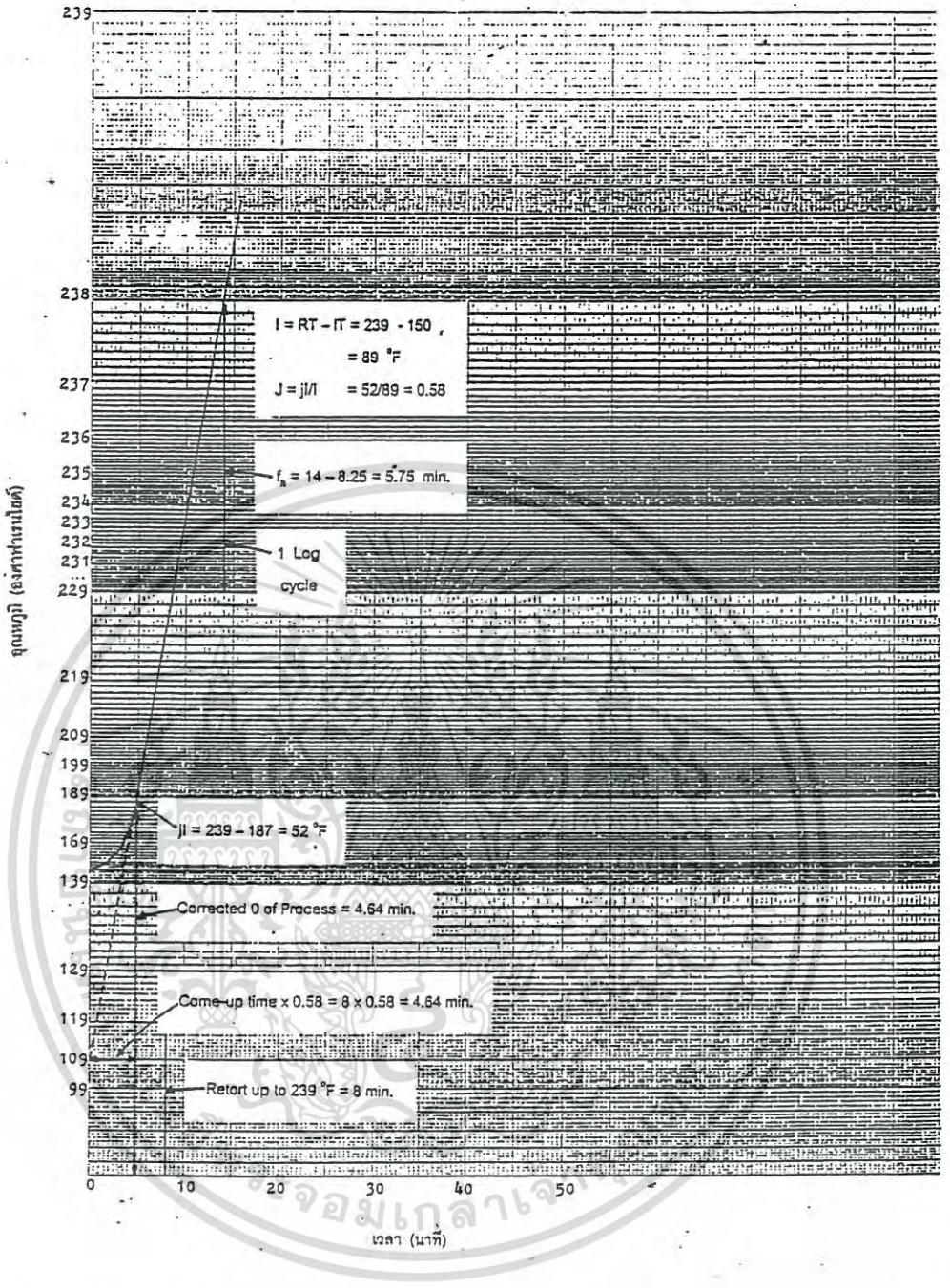
จากสูตร

$F_O = f_h /(f_h/U)$ Fi

= 5.75/(0.46 x 4.084)

= 3.064 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.1 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที (ภาพที่ ก.2) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 25 + (8 x 0.42) = 28.36 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 6.25 นาที

Corrected zero of Process = 6.96 นาที

CUT = 8 นาที

IT' = 159 องศาฟาเรนไฮต์

jI = RT - IT' = 239 - 159 = 80 องศาฟาเรนไฮต์

Log g = log jI – (B_B / f_h) = log 80 – (28.36/6.25)

m + g = 239 – 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

Fi = 4.084

f_h/U = 0.30

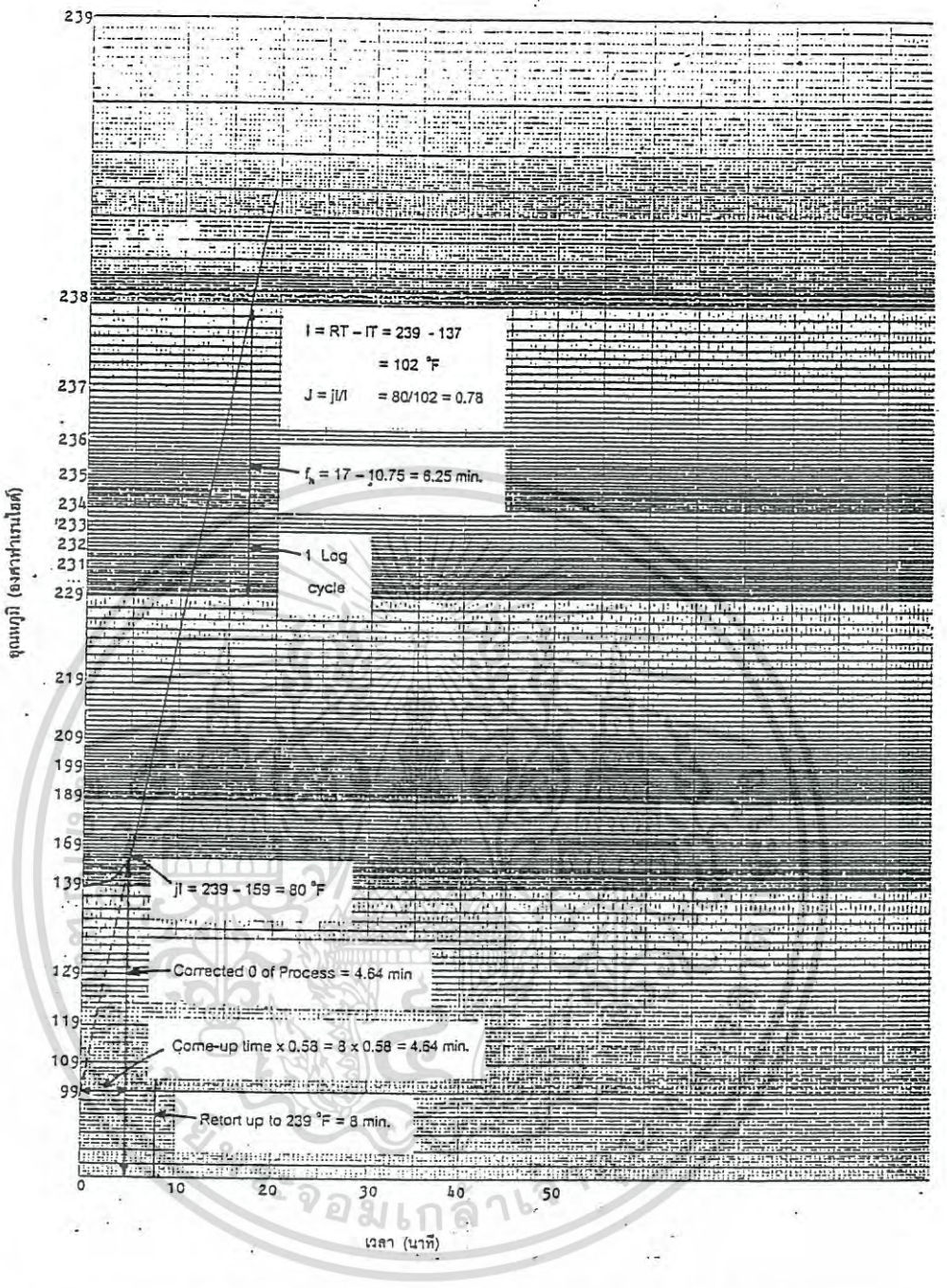
จากสูตร

F_o = f_h /(f_h/U) Fi

= 6.25/(0.30 x 4.084)

= 5.10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที (ภาพที่ ก.3) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 35 + (8 x 0.42) = 38.36 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 6.50

Corrected zero of Process = 4.64 นาที

CUT = 8 นาที

IT' = 151 องศาฟาเรนไฮต์

jI = RT - IT' = 239 - 151 = 88 องศาฟาเรนไฮต์

Log g = log jI – (B_B / f_h) = log 88 – (38.36/6.5)

m + g = 239 – 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

Fi = 4.084

f_h/U = 0.21

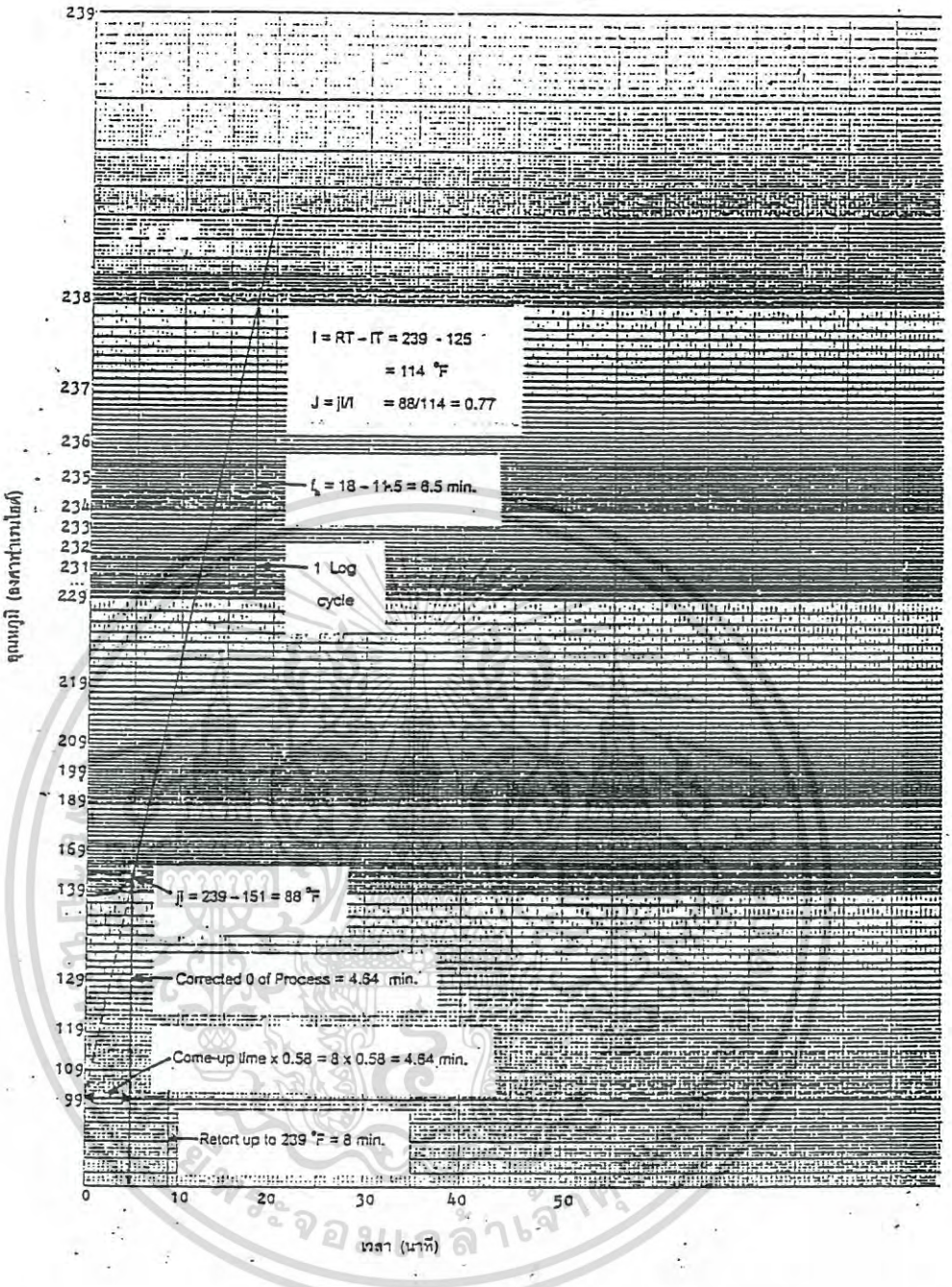
จากสูตร

F_o = f_h /(f_h/U) Fi

= 6.5/(0.21 x 4.084)

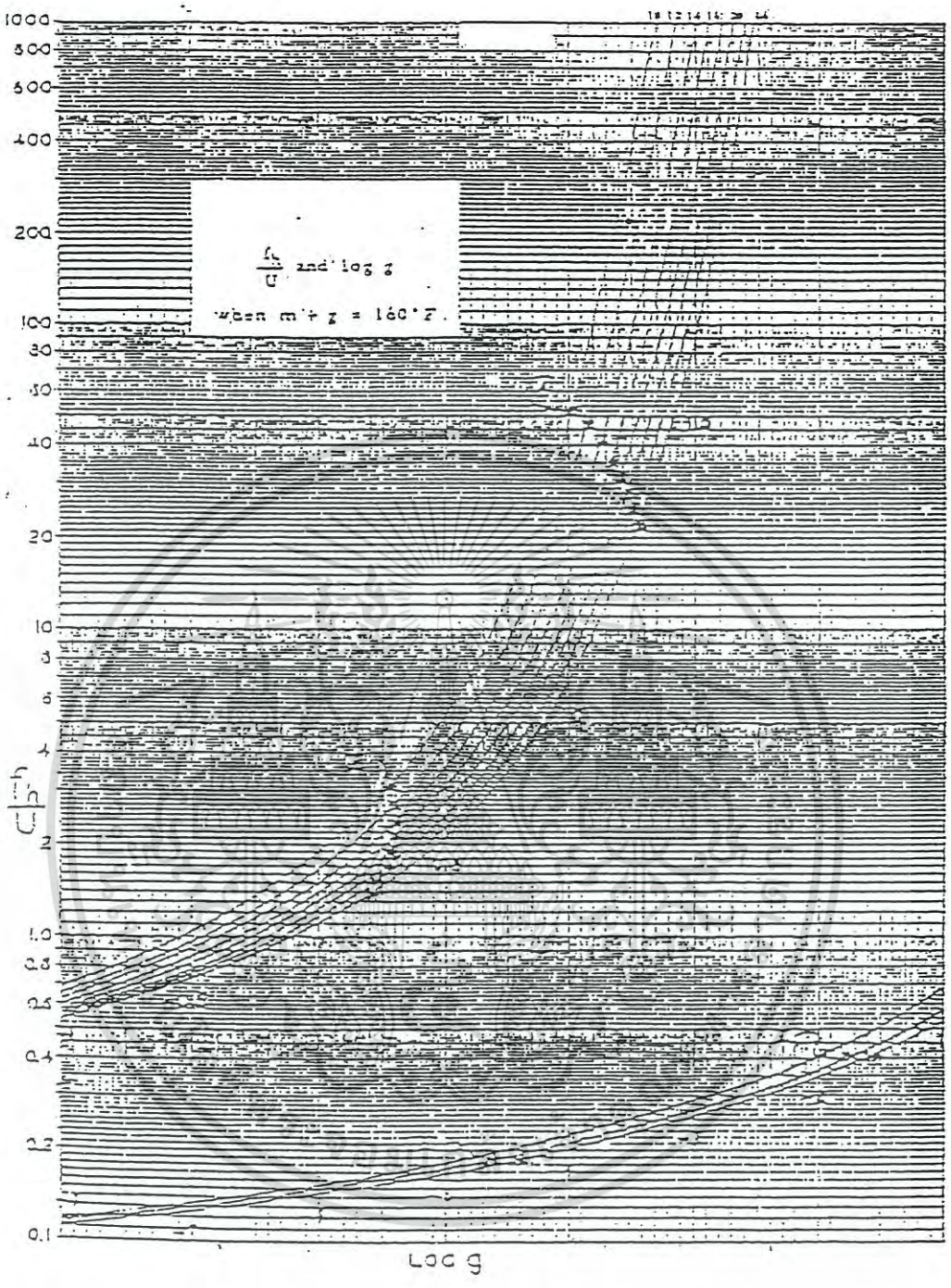
= 7.58 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.3 แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ ก. 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f_h / U กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 160 ^{0}ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1) การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical manual (1995)

1.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

1.2 ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีทมีเดียม (Cook meat medium) ทำทั้งหมด 3 หลอด

1.3 เติมวุ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.4 นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 – 120 ชั่วโมงถ้ามี Clostridium botulinum จะมีก๊าซ เกิดขึ้นและดันวุ้น

2) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus*

2.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม (โดยปราศจากเชื้อ) ถ่ายตัวอย่างอาหารที่ชั่งแล้วใส่ในถุงพลาสติกทนร้อน ซึ่งบรรจุ 0.85% NaCl ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างอาหารให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น

2.2 ทำ serial dilution เจือจางตัวอย่างอาหารด้วย 0.85 % NaCl ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจางระดับ 1:100, 1:1,000, 1:10,000

2.3 ใช้ตัวอย่างอาหารระดับความเจือจาง 1:100, 1:1,000, 1:10,000 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร spread บนอาหาร phenol red egg yolk polymyxin agar ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ

2.4 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

2.5 ถ้ามีเชื้อ *Bacillus cereus* จะปรากฏตะกอนสีขาวอยู่รอบโคโลนี

3) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus stearothermophillus* ใช้วิธีของ FDA Method (Baterrogical analytical manual (1995)

เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

3.1 ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบรอมครีซอลเพอร์เพิลเดกซ์โตรสบรอท (Bromcresol purple dextrose broth) ทำจำนวน 3 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง ถ้ามี เชื้อ *Bacillus stearothermophilus* จะมีกรดเกิดขึ้นและเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1) คุกมีเดียม (Cook meat medium)

1.1 อาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม

1.2 น้ำกลั่น

ชั่งตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม 1.25 กรัม ใส่หลอดทดลอง เทน้ำกลั่นหลอดละ 10 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 10 นาที ปิดจุกด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

2) Phenol red egg yolk polymyxin agar

2.1 MR VP broth

2.2 Nutrient agar

2.3 Phenol - red egg yolk polymyxin agar (PEPA) or Mannitol egg yolk phenol red polymyxin (MEPP)

3) Basal medium

3.1 Meat extract	1	g.
3.2 Peptone	10	g.
3.3 D mannitol	10	g.
3.4 Sodium chloride	10	g.
3.5 Phenol red	0.025	g. (phenol red 0.2% sol. 12.5 ml)
3.6 Agar	15	g.
3.7 pH	7.2 ± 0.1	

เติมน้ำ ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ต้มอาหารให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุใส่ขวดๆ ละ 90 ml. นำไปฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงถึง 45 องศาเซลเซียส แล้วเติม egg - yolk emulsion ลงไป 10 ml. และเติมสารละลาย polymyxi B sulfate 0.1% ที่ปราศจากเชื้อ (filter - sterilized) ลงไป 1 ml. (ความเข้มข้นสุดท้ายของ polymyxin b. sulphate ในอาหารคือ 10 ul/ml) เทอาหารใส่จานอาหารประมาณ 15 มล. ต่อจานปล่อยให้อาหารแข็งที่ 50 องศาเซลเซียส 15 นาที แล้วจึงเติมตัวอย่างที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Egg yolk agar

ประกอบด้วย nutrient agar มีเกลือ NaCl 0.9% และ egg yolk emulsion 10% (โดยเติม egg yolk หลังจากฆ่าเชื้ออาหาร)

5) บรอมครีซอลเพอร์เพิลเด็กซ์โตรสบรอท (Bromcresol purple dextrose broth)

5.1 ทริปโตน 5 กรัม

5.2 ยีสต์เอ็กซแทรกต์ 2.5 กรัม

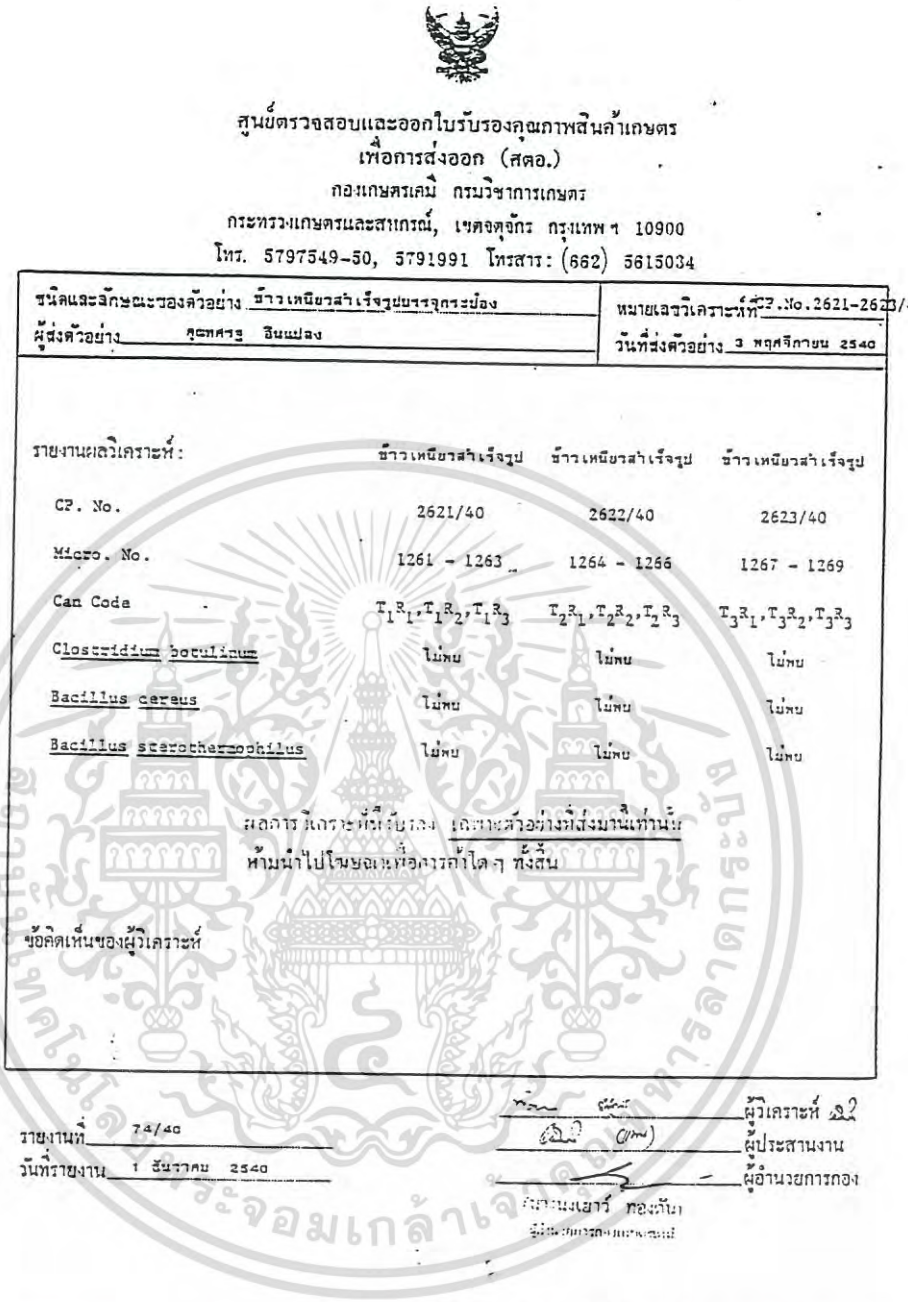
5.3 บรอมครีซอลเพอร์เพิล 0.04 กรัม

5.4 เดร็กซ์โตรส 10 กรัม

5.5 น้ำกลั่น 1000 กรัม

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในน้ำกลั่น คนให้ละลาย แบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละประมาณ 10 มิลลิลิตร ปิดจุกด้วยสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตร
เพื่อการส่งออก (ศตอ.)
กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 5797549-50, 5791991 โทรสาร: (662) 5615034

ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
ผู้ส่งตัวอย่าง คุณศรัญ อินแปลง
หมายเลขวิเคราะห์ที่ CP. No. 2621-2623/40
วันที่ส่งตัวอย่าง 3 พฤศจิกายน 2540

รายงานผลวิเคราะห์:	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป
CP. No.	2621/40	2622/40	2623/40
Micro. No.	1261 - 1263	1264 - 1266	1267 - 1269
Can Code	T_1R_1, T_1R_2, T_1R_3	T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3	T_3R_1, T_3R_2, T_3R_3
Clostridium botulinum	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus cereus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus stearothermophilus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมานี้เท่านั้น
ห้ามนำไปโฆษณาเพื่อการค้าโดยประการทั้งสิ้น

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์

รายงานที่ 74/40
วันที่รายงาน 1 ธันวาคม 2540

ผู้วิเคราะห์
ผู้ประสานงาน
ผู้อำนวยการกอง

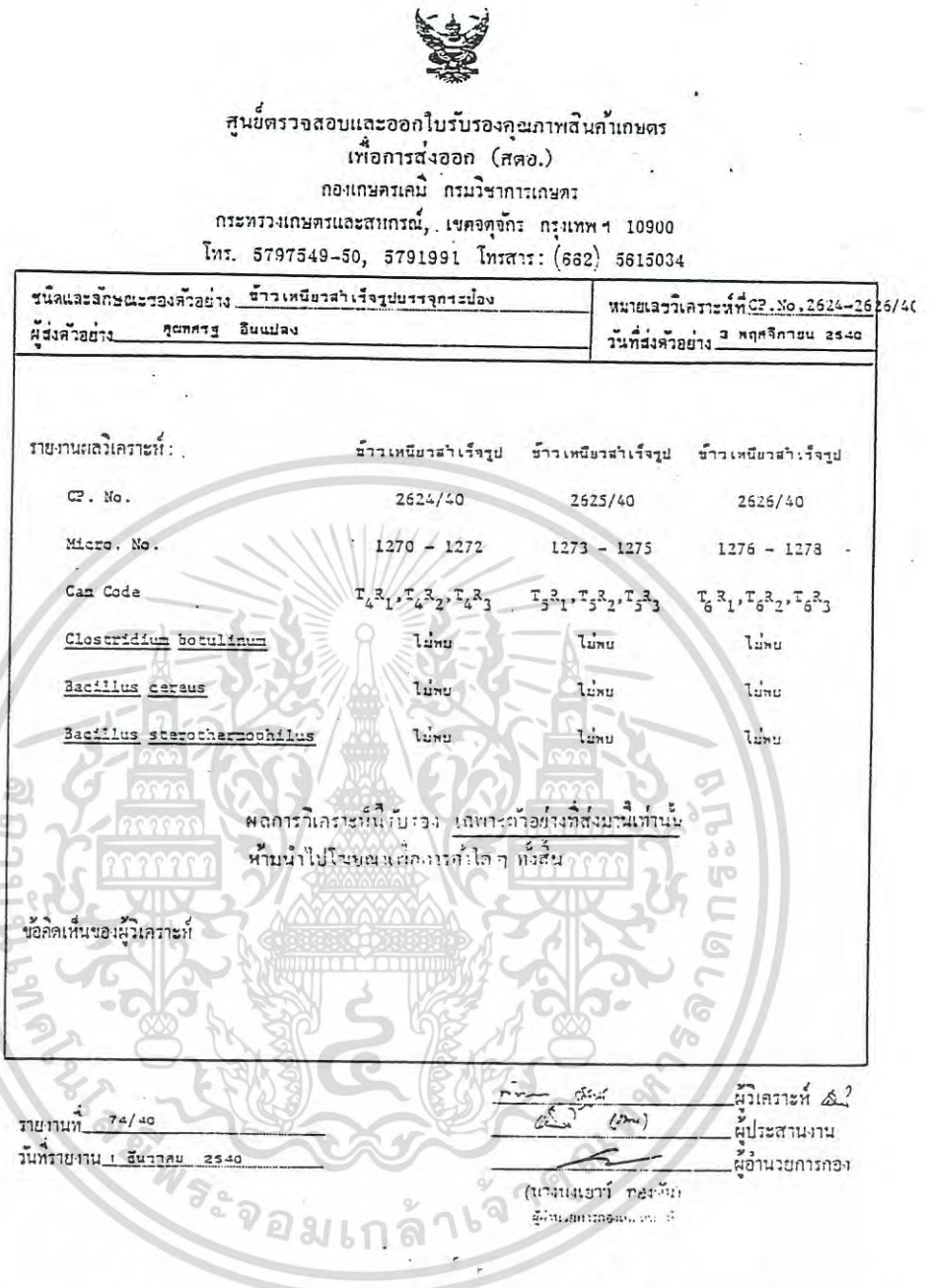
ภาพที่ ข.1 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจากการทดลองที่ 1 , 2 และ 3 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ $T_1R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 1 BT = 4 นาที , F_o = 3 นาที (3 ซ้ำ)

2) สัญลักษณ์ $T_2R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 2 BT = 4 นาที , F_o = 5 นาที (3 ซ้ำ)

3) สัญลักษณ์ $T_3R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 3 BT = 4 นาที , F_o = 7 นาที (3 ซ้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตร
เพื่อการส่งออก (สตอ.)
กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 5797549-50, 5791991 โทรสาร: (662) 5615034

ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
ผู้ส่งตัวอย่าง คุณศรัฐ อินแปลง
หมายเลขวิเคราะห์ที่ CP. No. 2624-2626/40
วันที่ส่งตัวอย่าง 3 พฤศจิกายน 2540

รายงานผลวิเคราะห์ :	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป
CP. No.	2624/40	2625/40	2626/40
Micro. No.	1270 - 1272	1273 - 1275	1276 - 1278
Can Code	T_4R_1, T_4R_2, T_4R_3	T_5R_1, T_5R_2, T_5R_3	T_6R_1, T_6R_2, T_6R_3
Clostridium botulinum	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus cereus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus stezothermophilus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการวิเคราะห์นี้รับรอง เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาเท่านั้น
ห้ามนำไปโฆษณาเพื่อการค้าใดๆ ทั้งสิ้น

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์

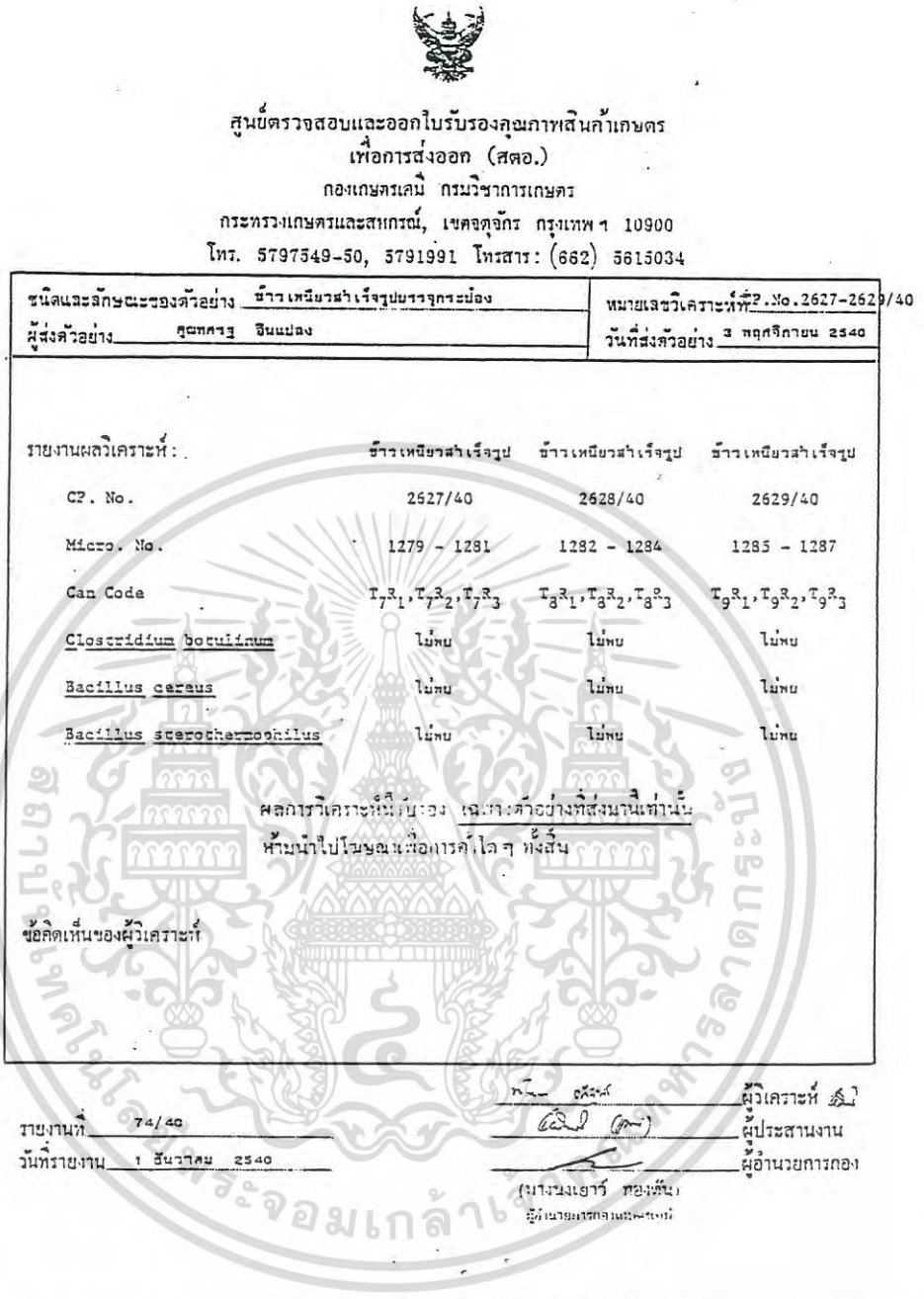
รายงานที่ 74/40
วันที่รายงาน 1 ธันวาคม 2540

ผู้วิเคราะห์
ผู้ประสานงาน
ผู้อำนวยการกอง
(นางนงเยาว์ ทองดี)

ภาพที่ ข.2 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจากการทดลองที่ 4 , 5 และ 6 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ $T_4R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 4 BT = 6 นาที , F_o = 3 นาที (3 ซ้ำ)
2) สัญลักษณ์ $T_5R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 5 BT = 6 นาที , F_o = 5 นาที (3 ซ้ำ)
3) สัญลักษณ์ $T_6R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 6 BT = 6 นาที , F_o = 7 นาที (3 ซ้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตร
เพื่อการส่งออก (ศตอ.)
กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 5797549-50, 5791991 โทรสาร: (662) 5615034

ชนิดและลักษณะของตัวอย่าง ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
ผู้ส่งตัวอย่าง คุณกตาฐ อินแปลง
หมายเลขวิเคราะห์ที่ C.No. 2627-2629/40
วันที่ส่งตัวอย่าง 3 พฤศจิกายน 2540

รายงานผลวิเคราะห์:	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป	ข้าวเหนียวสำเร็จรูป
C?. No.	2627/40	2628/40	2629/40
Micro. No.	1279 - 1281	1282 - 1284	1285 - 1287
Can Code	T_7R_1, T_7R_2, T_7R_3	T_8R_1, T_8R_2, T_8R_3	T_9R_1, T_9R_2, T_9R_3
Clostridium botulinum	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus cereus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus stercthermophilus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการวิเคราะห์นี้อ้างอิง เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมานี้เท่านั้น
ห้ามนำไปโฆษณาเพื่อการค้าใดๆ ทั้งสิ้น

ข้อคิดเห็นของผู้วิเคราะห์

รายงานที่ 74/40
วันที่รายงาน 1 ธันวาคม 2540

ผู้วิเคราะห์
ผู้ประสานงาน
ผู้อำนวยการกอง
(นางนงเยาว์ หอมหวน)
ผู้อำนวยการกองเกษตรเคมี

ภาพที่ ข.3 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจากการทดลองที่ 7 , 8 และ 9 โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ $T_7R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 7 BT = 8 นาที , F_o = 3 นาที (3 ซ้ำ)
2) สัญลักษณ์ $T_8R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 8 BT = 8 นาที , F_o = 5 นาที (3 ซ้ำ)
3) สัญลักษณ์ $T_9R_{1..3}$ หมายถึงการทดลองที่ 9 BT = 8 นาที , F_o = 7 นาที (3 ซ้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

แบบฟอร์มการชิมแล้วให้คะแนนจากการชิมข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง No. ☐

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศ.....

สัญชาติ .....

ท่านรับประทานข้าววันละ ..... มื้อ

กรุณาให้คะแนนคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง								
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ									
การเกาะตัว									
ความนุ่ม									
กลิ่น									
รสชาติ									
การยอมรับรวม									

หมายเหตุ

1. การชิมระหว่างตัวอย่างผู้ชิมต้องล้างตัวอย่างเดิมออกจากช่องปากด้วยน้ำสะอาดที่เตรียมให้ก่อนการชิมตัวอย่างใหม่เสมอ
2. การให้คะแนนจะเป็นการ ให้คะแนนตามความชอบแบบ Hedonic Scale ตั้งแต่ 1 ถึง 9 โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงปัจจัยที่ศึกษาที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดจากการประเมินผลทางประสาสัมผัส

การทดลองที่	ปัจจัยที่ศึกษา BT/ F_o	ลักษณะปรากฏ				การเกาะตัว				ความนุ่ม				กลิ่น				รสชาติ				การยอมรับรวม			
		0	1	3	6	0	1	3	6	0	1	3	6	0	1	3	6	0	1	3	6	0	1	3	6
1	4/3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	4/5			/	/			/	/	/	/	/	/		/	/	/			/					/
3	4/7			/	/			/	/	/	/	/	/		/	/	/				/			/	/
4	6/3	/	/		/	/	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			/	/		/
5	6/5									/	/		/		/	/	/								
6	6/7								/	/	/		/		/		/								
7	8/3		/				/	/		/	/		/		/		/								
8	8/5						/			/		/			/	/	/								
9	8/7											/				/	/	/							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของข้าวเหนียว

องค์ประกอบทางเคมี	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ความชื้น	10.60	10.03	10.30	10.40	10.28	10.31
ไขมัน	0.76	0.73	0.74	0.78	0.74	0.75
โปรตีน	6.53	6.09	6.67	6.55	6.49	6.47
เถ้า	0.54	0.50	0.56	0.52	0.53	0.53
เส้นใย	0.42	0.44	0.45	0.41	0.43	0.43
คาร์โบไฮเดรท	81.15	82.21	81.28	81.34	81.53	81.51

ตาราง ง.2 ข้อมูลความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95^0 ซ.

เวลาต้ม (BT) (นาที)	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
4	53.16	53.64	51.56	52.48	52.34	52.636
6	58.24	57.73	56.65	57.23	58.08	57.587
8	62.23	62.34	63.54	61.87	63.12	62.620

ตาราง ง.3 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

เปอร์เซ็นต์ อะมิโลส	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
8	0.099	0.098	0.100	0.102	0.101	0.100
16	0.185	0.183	0.186	0.186	0.184	0.185
24	0.260	0.261	0.262	0.259	0.258	0.260
32	0.352	0.348	0.349	0.350	0.351	0.350
40	0.409	0.411	0.410	0.411	0.409	0.410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

ลำดับความเข้มข้น	ปริมาณอะมิโลส (%) X	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm. Y	X^2	Y^2	XY
1	8	0.100	64	0.01	0.8
2	16	0.185	256	0.034225	2.96
3	24	0.260	576	0.0676	6.24
4	32	0.350	1024	0.1225	11.2
5	40	0.410	1600	0.1681	16.4
SUM	120	3520	0.402425	0.402425	37.6
MEAN	24	0.261	704	0.080485	7.52
ตัวอย่าง	7.6	0.095			

B = 0.009812 R = 0.998401

A = 0.0255 R^2 = 0.996805

ตารางที่ ง.5 แสดงผลค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตรของปริมาณอะมิโลส (%)

ปริมาณอะมิโลส (%)	ค่าการดูดกลืนแสง
8	0.052996
16	0.131492
24	0.209988
32	0.288484
40	0.36698

ตาราง ง.6 ข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 4 , 6 และ นาที

เวลาต้ม (BT) (นาที)	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
4	0.0976	0.0979	0.0978	0.0981	0.0979	0.098
6	0.171	0.173	0.173	0.174	0.175	0.173
8	0.200	0.201	0.202	0.203	0.198	0.201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.7 ข้อมูลอัตราการเจลาติไนซ์ของข้าวเหนียวเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 4 , 6 และ 8 นาที

เวลาต้ม (BT) (นาที)	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
4	35.49	35.38	35.56	35.67	35.31	35.492 ± 0.149
6	68.40	69.20	69.20	69.60	70.81	69.120 ± 0.955
8	83.33	83.75	84.17	84.58	82.50	83.440 ± 0.620

ตารางที่ ง.8 ข้อมูลแสดงอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

ลำดับที่	อัตราการเจลลาติไนซ์ (%) X	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm. Y	X^2	Y^2	XY
1	0	0.02	0	0.0004	0
2	10	0.04	100	0.0016	0.4
3	20	0.06	400	0.0036	1.2
4	30	0.088	900	0.007744	2.64
5	40	0.11	1600	0.0121	4.4
6	50	0.13	2500	0.0169	6.5
7	60	0.15	3600	0.0225	9
8	70	0.175	4900	0.030625	12.25
9	80	0.19	6400	0.0361	15.2
10	90	0.23	8100	0.0529	20.7
11	100	0.24	10000	0.0576	24
SUM	550	1.433	38500	0.242069	96.29
MEAN	50	0.130272727	3500	.02200685	8.753636

B = 0.00224 R = 0.998242

A = 0.018272727 R^2 = 0.996487

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.9 ข้อมูลแสดงอัตราการเจลลาติไนซ์ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร

อัตราการเจลลาติไนซ์ (X)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm. (Y)
0	0.18272727
10	0.20512727
20	0.22752727
30	0.24992727
40	0.27232727
50	0.29472727
60	0.31712727
70	0.33952727
80	0.36192727
90	0.38432727
100	0.40672727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 แสดงผลการวัดค่าความแข็งในเดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6

การทดลองที่	ปัจจัย		การวัดครั้งที่	ค่าความแข็ง (กรัม)			
	BT	F_0		0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
1	4	3	1	5,732	6,866	7,793	9,467
1	4	3	2	5,495	6,997	7,167	9,740
1	4	3	3	6,003	7,425	7,818	9,851
2	4	5	1	3,302	4,405	5,453	5,869
2	4	5	2	3,247	4,480	5,668	6,186
2	4	5	3	3,615	4,206	5,494	6,020
3	4	7	1	2,897	3,446	4,073	5,256
3	4	7	2	3,078	4,185	4,152	4,775
3	4	7	3	3,234	4,105	4,349	5,161
4	6	3	1	3,593	5,956	6,694	7,530
4	6	3	2	3,646	4,992	6,097	9,613
4	6	3	3	3,430	5,002	5,418	8,467
5	6	5	1	2,561	4,105	4,840	4,810
5	6	5	2	2,434	4,174	4,254	5,544
5	6	5	3	2,762	3,797	4,408	5,650
6	6	7	1	2,336	3,490	3,887	4,645
6	6	7	2	2,513	3,669	4,135	4,221
6	6	7	3	2,742	3,468	3,888	4,713
7	8	3	1	2,807	3,594	6,088	7,856
7	8	3	2	2,664	3,845	5,038	7,458
7	8	3	3	2,473	4,678	5,896	7,296
8	8	5	1	2,627	3,451	4,996	5,142
8	8	5	2	2,650	3,953	3,627	5,163
8	8	5	3	2,572	3,706	4,036	4,335
9	8	7	1	2,294	3,444	4,027	3,849
9	8	7	2	2,273	3,668	3,753	4,757
9	8	7	3	2,313	3,016	3,794	4,116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.11 แสดงผลการวัดค่าความเหนียวในเดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6

การทดลองที่	ปัจจัย		การวัดครั้งที่	ค่าความเหนียว (กรัม)			
	BT	F_0		0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
1	4	3	1	754	648	133	96
1	4	3	2	1,054	789	113	166
1	4	3	3	718	380	208	87
2	4	5	1	1,137	804	574	211
2	4	5	2	676	473	218	282
2	4	5	3	951	906	438	321
3	4	7	1	967	924	435	403
3	4	7	2	1,068	994	532	438
3	4	7	3	1,217	839	554	478
4	6	3	1	1,466	901	490	403
4	6	3	2	995	838	465	398
4	6	3	3	1,249	807	544	441
5	6	5	1	1,579	1,088	1,124	642
5	6	5	2	1,396	1,191	829	585
5	6	5	3	1,510	1,252	762	308
6	6	7	1	1,502	1,159	1,405	441
6	6	7	2	1,602	1,235	804	346
6	6	7	3	1,418	1,107	1,109	484
7	8	3	1	1,569	879	918	724
7	8	3	2	1,804	926	839	704
7	8	3	3	1,535	1,195	828	921
8	8	5	1	1,802	1,282	879	974
8	8	5	2	1,865	1,293	1,171	953
8	8	5	3	1,920	1,113	1,010	738
9	8	7	1	1,635	1,417	1,136	803
9	8	7	2	1,263	1,216	962	1,364
9	8	7	3	1,433	1,196	1,036	942

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ค่าความแข็ง

ตารางที่ จ.1 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความแข็ง ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา	R	R Square	Adjust R Square	Std. Error of the Estimate
0 เดือน	0.961 [a]	0.924	0.905	314.8776
1 เดือน	0.947 [a]	0.897	0.872	413.9963
3 เดือน	0.958 [a]	0.917	0.898	398.68407
6 เดือน	0.978 [a]	0.956	0.945	445.22279

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o, $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

ตารางที่ จ.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	25182308.447	5	5036461.689	50.797	0.000 [a]
Residual	2082106.111	21	99147.910		
Total	2726441.559	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o, $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

[b] Dependent Variable : Hardness MON 0

ตารางที่ จ.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	31299393.996	5	6259878.799	36.524	0.000 [a]
Residual	3599250.878	21	171392.899		
Total	34898644.874	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o, $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

[b] Dependent Variable : Hardness MON 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	37032696.365	5	7406539.273	46.597	0.000 [a]
Residual	3337928.818	21	158948.991		
Total	4037625.183	26			

[a] Predictors : (Constant), BT,F_o,$BTXF_o$,BT^2,F_o^2

[b] Dependent Variable : Hardness MON 3

ตารางที่ จ.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	89430069.623	5	17886013.925	90.232	0.000 [a]
Residual	4162689.970	21	198223.332		
Total	93592759.593	26			

[a] Predictors : (Constant), BT,F_o,$BTXF_o$,BT^2, F_o^2

[b] Dependent Variable : Hardness MON 6

ตารางที่ จ.6 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	17347.681	1488.323		11.656	0.000
BT	-2318.429	403.743	-3.768	-5.742	0.000
F_o	-2316.582	351.065	-3.765	-6.599	0.000
$BTXF_o$	144.973	22.724	1.880	6.380	0.000
BT^2	100.551	32.137	1.970	3.129	0.000
F_o^2	110.895	32.137	1.814	3.451	0.000

[a] Dependent Variable: MON 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.7 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	17455.106	1956.825	-	8.920	0.000
BT	-1502.683	530.836	-2.158	-2.831	0.010
F_o	-2704.565	461.574	-3.885	-5.859	0.000
$BTXF_o$	157.555	29.878	1.806	5.273	0.000
BT^2	30.035	42.253	0.520	0.711	0.485
F_o^2	129.080	42.253	1.866	3.055	0.006

[a] Dependent Variable: MON 1

ตารางที่ จ.8 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	18283.146	1884.449	-	9.702	0.000
BT	-1789.474	511.202	-2.390	-3.501	0.002
F_o	-2386.299	444.502	-3.187	-5.368	0.000
$BTXF_o$	99.054	28.773	1.056	3.443	0.002
BT^2	83.054	40.691	1.337	2.041	0.054
F_o^2	118.222	40.891	1.589	2.905	0.008

[a] Dependent Variable: MON 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.9 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	23220.755	2104.422	-	11.034	0.000
BT	-1075.952	570.875	-0.944	-1.885	0.073
F_o	-4454.302	496.390	-3.907	-8.973	0.000
$BTXF_o$	82.872	32.131	0.580	2.579	0.017
BT^2	26.543	45.440	0.281	0.584	0.565
F_o^2	296.305	45.440	2.616	6.521	0.000

[a] Dependent Variable: MON 6

ตารางที่ จ.10 แสดงผลการวิเคราะห์ Correlations ค่าความแข็งที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา	ปัจจัย				
	BT	F_o	$BTXF_o$	BT^2	F_o^2
เดือนที่ 0	-0.629 **	-0.549 **	- 0.728 **	-0.608 **	-0.521 **
เดือนที่ 1	-0.509 **	-0.673 **	-0.749 **	-0.502 **	-0.644 **
เดือนที่ 3	-0.397 *	-0.814 **	-0.817 **	-0.383 *	-0.788 **
เดือนที่ 6	-0.301 ns	-0.872 **	-0.820 **	-0.297 ns	-0.832 **

Pearson Correlation

หมายเหตุ : * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

จากตาราง สามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณได้ดังนี้

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = 17347.681 - 2318.429(X_1) - 2316.582\,(X_2) + 100.551\,(X_1)^2 - 110.895\,(X_2)^2 - 144.973\,(X_1)\,(X_2)$$

$(r^2 = 0.924)$

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = 17455 - 1502.683\,(X_1) - 2704.565\,(X_2) + 30.035\,(X_1)^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$- 129.080 (X_2)^2 - 157.555 (X_1) (X_2)$

$(r^2 = 0.897)$

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$Y = 18283.146 - 1789.474 (X_1) - 2386.299 (X_2) + 83.054(X_1)^2$

$- 118.222 (X_2)^2 - 99.054 (X_1) (X_2)$

$(r^2 = 0.917)$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$Y = 23220.755 - 1075.952(X_1) - 4454.302 (X_2) + 26.543 (X_1)^2$

$- 296.305 (X_2)^2 - 82.872 (X_1) (X_2)$

$(r^2 = 0.956)$

หมายเหตุ : 1) ค่า Coefficients ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือ ค่าความแข็งที่วัดได้ ซึ่งเกิดจาก อิทธิพลของค่า BT คือ ระยะเวลาการต้มข้าว และ F_o คือ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ ที่สัมพันธ์กับค่า t- ที่คำนวณได้ (t-value) โดยจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกันให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (significant level) ที่ระดับต่ำกว่า 0.05 ($\alpha = 0.05$) และให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทางสถิติ (high significant level) ที่ระดับต่ำกว่า 0.01 ($\alpha = 0.01$) ตามลำดับ

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณ r^2 (coefficients of determination) ที่อายุการเก็บรักษาตั้งแต่เดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6 = 0.924 , 0.897 , 0.917 และ 0.956 ตามลำดับหมายความว่าค่าความแข็งที่วัดได้ ได้รับอิทธิพลจาก BT คือ ระยะเวลาต้มข้าวและ F_o คือ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ 92.4 , 89.7 , 91.7 และ 95.6 ส่วน ใน 100 ส่วน ตามลำดับและส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ค่าความเหนียว

ตารางที่ จ.11 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าความเหนียว ของข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา	R	R Square	Adjust R Square	Std. Error of the Estimate
0 เดือน	0.891 [a]	0.795	0.746	178.01684
1 เดือน	0.873 [a]	0.761	0.704	139.24744
3 เดือน	0.914 [a]	0.836	0.797	156.43836
6 เดือน	0.913 [a]	0.833	0.793	140.47065

[a] Predictors : (Constant) BT, F_o , $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

ตารางที่ จ.12 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2575158.981	5	515031.796	16.252	0.000 [a]
Residual	665489.884	21	31689.994		
Total	3240648.865	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o , $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

[b] Dependent Variable : Stickiness MON 0

ตารางที่ จ.13 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1298770.460	5	259754.092	13.396	0.000 [a]
Residual	407186.812	21	19389.848		
Total	1705957.273	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o , $BTXF_o$, BT^2, F_o^2

[b] Dependent Variable : Stickiness MON 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.14 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2621087.300	5	524217.460	21.420	0.000 [a]
Residual	513932.180	21	24472.961		
Total	3135019.480	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o , $BTXF_o$, BT^2 , F_o^2

[b] Dependent Variable : Stickiness MON 3

ตารางที่ จ.15 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA [b] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2063497.805	5	412699.561	20.915	0.000 [a]
Residual	414372.070	21	19732.003		
Total	2477869.875	26			

[a] Predictors : (Constant), BT , F_o , $BTXF_o$, BT^2 , F_o^2

[b] Dependent Variable : Stickiness MON 6

ตารางที่ จ.16 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	-236.527	841.427	-	-2.814	0.010
BT	654.798	223.257	3.086	2.869	0.009
F_o	526.350	198.475	2.481	2.652	0.015
$BTXF_o$	-27.178	12.847	-1.022	-2.115	0.047
BT^2	-28.695	18.169	-1.631	-1.579	0.129
F_o^2	-33.660	18.169	-1.597	-1.853	0.078

[a] Dependent Variable: MON 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.17 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	-1384.047	658.177	--	2.103	0.048
BT	432.531	178.546	2.810	2.423	0.0250
F_o	281.416	155.250	1.828	1.813	0.084
$BTXF_o$	-0.412	10.040	-0.021	-0.041	0.968
BT^2	-27.378	14.212	-2.144	-1.926	0.068
F_o^2	-20.077	14.212	-1.313	-1.413	0.172

[a] Dependent Variable: MON 1

ตารางที่ จ.18 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	-2899.149	739.433	-	-3.921	0.001
BT	722.698	200.589	3.463	3.603	0.002
F_o	368.438	174.417	1.766	2.112	0.047
$BTXF_o$	-10.808	14.290	-0.413	-0.957	0.349
BT^2	-42.819	15.966	-2.474	-2.682	0.014
F_o^2	-20.821	15.966	-1.004	-1.304	0.206

[a] Dependent Variable: MON 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.19 แสดงผลการวิเคราะห์ Coefficients [a] ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

Model	Unstandardized Coefficients		standardizeed Coefficients	T	Sig.
	B	Std.Errer	Beta		
Constant	265.596	668.959	-	0.400	0.693
BT	-238.974	180.115	-1.288	-1.327	0.199
F_o	129.472	156.614	0.698	1.827	0.418
$BTXF_o$	-4.402	10.138	-0.189	-0.434	0.669
BT^2	34.809	14.337	2.262	2.428	0.024
F_o^2	-5.418	14.887	-0.294	-0.378	0.709

[a] Dependent Variable: MON 6

ตารางที่ จ.20 แสดงผลการวิเคราะห์ Correlations ค่าความเหนียวที่อายุการเก็บรักษา 0 , 1 , 3 และ 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา	ปัจจัย				
	BT	F_o	$BTXF_o$	BT^2	F_o^2
เดือนที่ 0	0.823 **	0.126 ^{ns}	0.567 **	0.804 **	0.104 ^{ns}
เดือนที่ 1	0.662 **	0.508 **	0.796 **	0.639 **	0.508 **
เดือนที่ 3	0.742 **	0.457 *	0.791 **	0.716 **	0.457 *
เดือนที่ 6	0.845 **	0.263 ^{ns}	0.720 **	0.862 ^{ns}	0.263 ^{ns}

Pearson Correlation

หมายเหตุ : * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

$$Y = - 2367.527 - 654.798 (X_1) - 526.350 (X_2) + - 28.695 (X_1)^2 - 33.660 (X_2)^2 - 27.178 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.795)$$

อายุการเก็บรักษา 1 เดือน

$$Y = - 1384.047 - 432.531 (X_1) - 281.416 (X_2) + - 27.378 (X_1)^2 - 20.077 (X_2)^2 - 0.412 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.761)$$

อายุการเก็บรักษา 3 เดือน

$$Y = - 2899.149 - 722.698 (X_1) - 368.438 (X_2) + - 42.819 (X_1)^2 - 20.821 (X_2)^2 - 10.819 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.836)$$

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

$$Y = 265.596 - 238.974 (X_1) - 129.472 (X_2) + 34.809 (X_1)^2 - 5.418 (X_2)^2 - 4.402 (X_1) (X_2)$$

$$(r^2 = 0.833)$$

หมายเหตุ : 1) ค่า Coefficients ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือ ค่าความเหนียวที่วัดได้ ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของค่า BT คือ ระยะเวลาการต้มข้าว และ F_o คือ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ ที่สัมพันธ์กับค่า t- ที่คำนวณได้ (t-value) โดยจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกันให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (significant level) ที่ระดับต่ำกว่า 0.05 ($\alpha = 0.05$) และให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทางสถิติ (high significant level) ที่ระดับต่ำกว่า 0.01 ($\alpha = 0.01$) ตามลำดับ

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณ r^2 (coefficients of determination) ที่อายุการเก็บรักษาตั้งแต่เดือนที่ 0 , 1 , 3 และ 6 = 0.891 , 0.873 , 0.914 และ 0.913 ตามลำดับหมายความว่า ค่าความเหนียวที่วัดได้ ได้รับอิทธิพลจาก BT คือ ระยะเวลาต้มข้าวและ F_o คือ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ 89.1 , 87.3 , 91.4 และ 91.3 ส่วน ใน 100 ส่วน ตามลำดับและส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ภาพจากการทดลอง

ภาพที่ ฉ.1 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

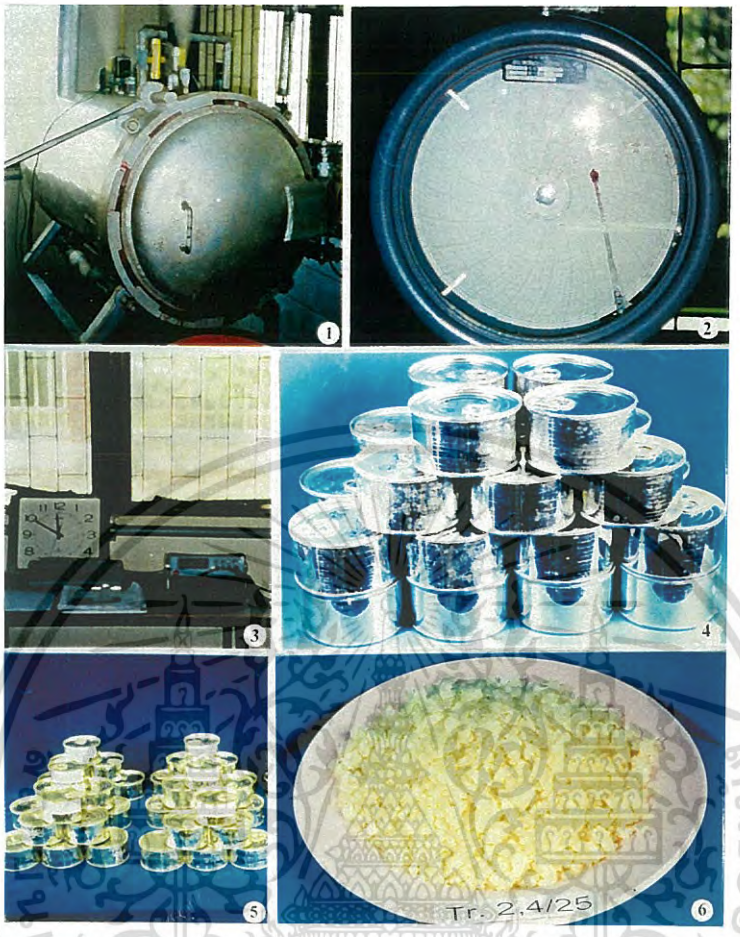
1) ข้าวสารพันธุ์เขี้ยวงู (กข. 6)
2) หม้อต้ม 2 ชั้น (Steam Jacket)
3) สภาพการต้มข้าว
4) การล้างข้าวที่ต้มแล้วด้วยน้ำสะอาด
5) การลวกกระป๋อง
6) การบรรจุข้าวใส่กระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ.2 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

1) การบรรจุและชั่งน้ำหนัก
2) การไล่อากาศ
3) การปิดผนึกกระป๋อง
4) การเตรียมเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.3 แสดงกระบวนแปรรูปข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

1) การนึ่งฆ่าเชื้อ
2) นาฬิกากราฟสำหรับวัดอุณหภูมิขณะฆ่าเชื้อ
3) มิเตอร์วัดอุณหภูมิและนาฬิกาจับเวลา
4) ข้าวบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
5) การเก็บรักษากระป๋องไว้ที่อุณหภูมิห้อง
6) ตัวอย่างข้าวเหนียวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่พร้อมรับประทาน

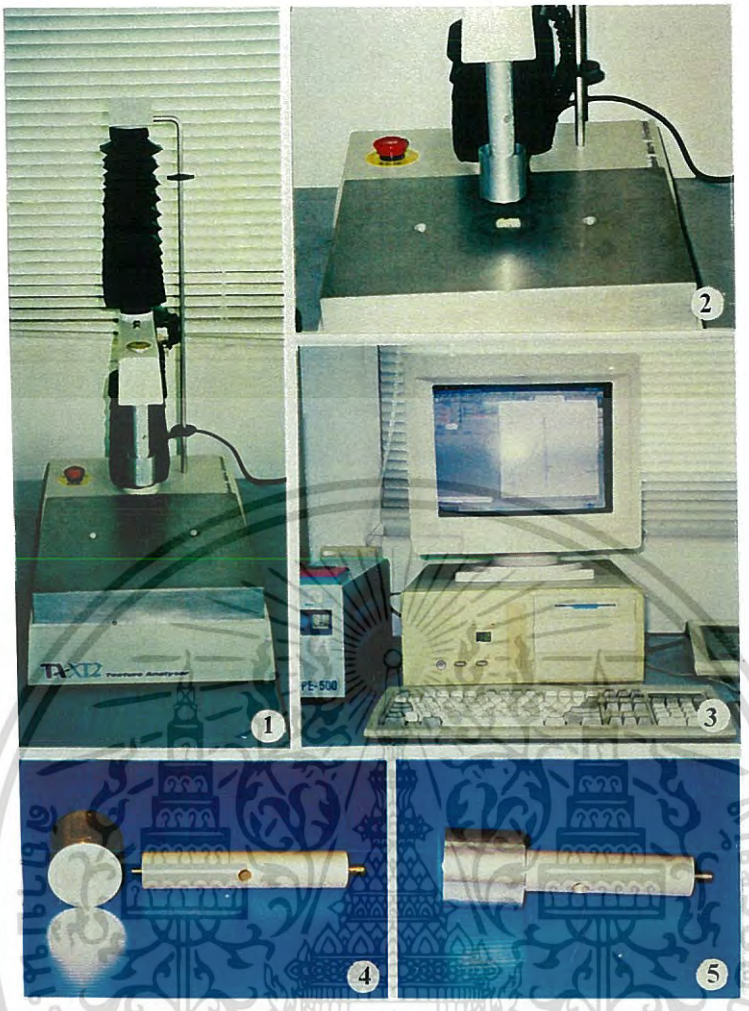
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ.4 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน (SEM) รุ่น JSM-5800LV

1) ชุดอุปกรณ์ SEM

2) ตรวจสอบโครงสร้างภายในเมล็ดข้าวสาร

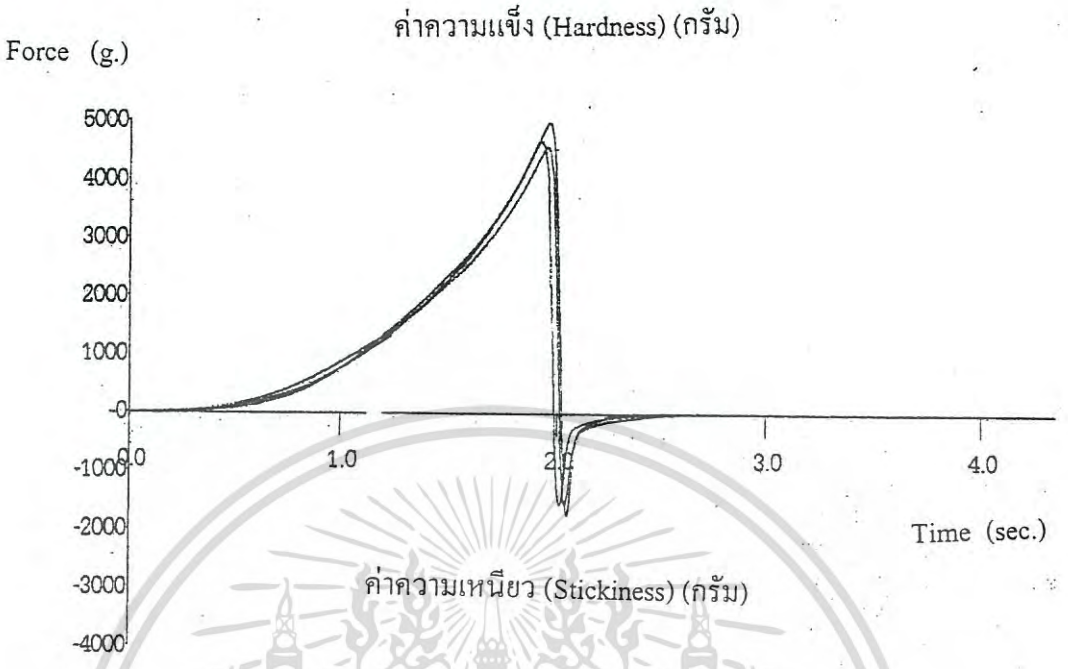
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.5 แสดงอุปกรณ์วัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TA-XT2

1) ชุดอุปกรณ์สำหรับวัดเนื้อสัมผัส
2) การวัดค่าความแข็งและความเหนียวเมล็ดข้าวสุก
3) แสดงผลการวัดค่าความแข็งและความเหนียวบนจอคอมพิวเตอร์
4) ภาพซ้ายมือแสดงหัววัด (Probe) แบบ P-35 ภาพขวามือแสดง ก้านวัดที่ใช้ต่อหัววัดกับเครื่อง
5) แสดงหัววัดแบบ P-35 ต่อกับก้านวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.6 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวัดค่าความแข็งและความเหนียว (ค่าในเชิงบวกหมายถึงค่าความแข็ง (Hardness) และค่าในเชิงลบหมายถึงค่าความเหนียว (Stickiness))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นายทศรฐ อินแปลง

วันเดือนปีเกิด 24 ธันวาคม 2506

การศึกษาและการทำงาน สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหารจากสถาบันเทคโนโลยี-การเกษตรแม่โจ้ปีการศึกษา 2530 เข้ารับราชการที่สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 3 จนถึงปัจจุบันและศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ สถาบัน-เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้