สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

A STUDY OF JAPONICA CANNED RICE PRODUCTION

นางสาวชุติมา เลิศลักษมี

MISS CHUTIMA LERDLUKSAMEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2540

ISBN 974-635-842-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....28929
วัน, เดือน, ปี.....11 พ.ย. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF JAPONICA CANNED RICE PRODUCTION

CHUTIMA LERDLUKSAMEE

THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE)
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1997

ISBN 974-635-842-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
นักศึกษา	นางสาวชุติมา เลิศลักษมี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ภาควิชา	อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยการทดสอบชิมแล้วให้คะแนน โดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึก 15 คน ร่วมกับการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา นอกจากนี้ยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา โดยมีการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 3^2 มีปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป 2 ปัจจัย ที่ศึกษา คือ ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (7, 11 และ 15 นาที) และ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ, F_o (3, 5 และ 7)

จากการทดลอง พบว่า กระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสมที่สุด คือ นำข้าวจาปอนนิก้ามาต้มในน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 นาที จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 60.92 $\pm$ 2.318 และมีอัตราการเจลลาติไนส์ร้อยละ 85.96 $\pm$ 1.548 จากนั้นนำข้าวมาบรรจุกระป๋องขนาด 307 x 113 ฆ่าเชื้อในรีทอร์ต ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 5 โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงสุด เมื่อเก็บรักษาข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผู้ชิมให้คะแนนคุณลักษณะในส่วนกลิ่น และรสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* และ *Bacillus stearothermophillus* สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง กับ ปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป (ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ, F_o) พบว่า เมื่อระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่ F_o เพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study of Japonica canned rice production
Student	Miss Chutima Lerdluksamee
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa
Level of Study	Master of Science (Food Science)
Department	Agro-Industry Department, Faculty of Agricultural Technology King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang
Year	1997

ABSTRACT

A study of Japonica canned rice production, there were two principal processing factors in the 3^2 factorial design, boiling time before packing (7, 11 and 15 min.) and F_o (3, 5 and 7). The objectives were Japonica canned rice production and the effects of the storage at room temperature by using organoleptic test with untrained 15 panelists and the microbial analysis. The relation between anti compressive loading value and processing factors were also studied.

The optimum Japonica canned rice production were blaching Japonica rice in hot water at 85 °C for 11 min. until moisture content 60.92 $\pm$ 2.318 % and degree of gelatinisation 85.96 $\pm$ 1.548 %. Then rice was packed in can (307 x 113) and sterilization with retort at 115 °C for 25 min. (F_o = 5). After processing, the 15 panelists gave the maximum accepted scores for Japonica canned rice produced by using boiling time before packing 11 min. and F_o = 5. During 6 months of the storage, the scores from the panelist showed that appearance, cohesiveness, firmness and overall palatability of Japonica canned rice non significantly decreased but aroma and taste

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

significantly decreased. Regarding with the microbial analysis, Japonica canned rice after storage for 6 months, the *Clostridium botulinum* and *Bacillus stearothermophillus* were not found.

The correlation between anticompressive loading value of Japonica canned rice after processing and principal processing factors, the results showed that anticompressive loading value of Japonica canned rice highly significantly decreased with increased boiling time before packing, while significantly decreased with increased F_o .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำแนวทาง และข้อคิดเห็นต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ได้กรุณาแนะนำในงานวิจัยบางส่วนจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ และคุณนุจรีย์ อินอุดม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตลอดมา ขอขอบคุณ คุณลินจง สุขลำภู คุณประมวล ศรีกาหลง คุณนิรมล ปัญญ์บุศยกุล คุณวริศชนม์ นิลนนท์ คุณบุณฑริกา สุมะนา คุณประชิต อยู่หว่าง คุณธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ คุณสมยศ ตันติวงศ์วานิช และคุณชยันต์ ไชยเชาวน์ รวมถึงพี่ ๆ น้องๆ ปริญญาโทที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้ความปราถนาดีเสมอมาทุกคน

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และความปราถนาดีของคุณป้า คุณลุง ที่ได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณทุนราชกรีฑาสโมสร , ทุนคุรุทายาท และทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุติมา เลิศลักษมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
สารบัญตาราง.....IX
สารบัญภาพ.....XII
บทที่
1. บทนำ.....1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
ขอบเขตการวิจัย.....2
วัตถุประสงค์.....2
2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....4
ข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทย.....4
คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวจาปอนนิก้า.....5
คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว.....5
การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง.....9
ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูป.....16
ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....17
การวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร.....21
3. อุปกรณ์และวิธีการ.....24
วัตถุดิบ.....24
อุปกรณ์ในการผลิตและวิเคราะห์.....24
สถานที่ทดลอง.....25
วิธีการทดลอง.....25
การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบ.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต
ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....32
การศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
ด้วยการยอมรับของผู้บริโภค.....34
ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลัก
กับปัจจัยที่ศึกษา (BT และ F_0).....36
4. ผลการทดลองและวิจารณ์.....37
การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบ.....37
การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต
ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....44
การศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
ด้วยการยอมรับของผู้บริโภค.....58
ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลัก
กับปัจจัยที่ศึกษา (BT และ F_0).....67
5. สรุปผลการทดลอง.....71
ข้อเสนอแนะ.....74
บรรณานุกรม.....75
ภาคผนวก.....80
ก. การคำนวนเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....81
ข. วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา.....89
ค. แบบฟร์อมการชิมแล้วให้คะแนนจากการชิมข้าวจาปอนนิก้า
สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

ง. ข้อมูลจากการทดลอง.....93
จ. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....98
ฉ. ภาพกระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....100
ประวัติผู้เขียน.....108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. การจำแนกลักษณะของข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส....6
2. ค่าความคงตัวของแป้งสุก....8
3. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก....8
4. ค่าความต้านทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง....12
5. ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป....15
6. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจาปอนนิก้า....37
7. ขนาดของเมล็ด, อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างและน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด ของข้าวจาปอนนิก้า....39
8. การดูดซึมน้ำ, ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ ของข้าวจาปอนนิก้า....40
9. ปริมาณอะไมโลสของข้าวจาปอนนิก้า....41
10. ปริมาณความชื้นของข้าวจาปอนนิก้าต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที....45
11. อัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้า ต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที....46
12. ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส....55
13. ผลการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง....57
14. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

15. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการเกาะตัวของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน.....60
16. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความนุ่มของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน.....62
17. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน.....63
18. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน.....64
19. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการการยอมรับรวม ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน.....66
20. ค่าต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ BT และ F_o ต่าง ๆ.....68
21. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coeffcient) ของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....69

ตารางภาคผนวกที่

22. ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของข้าวจาปอนนิก้า.....93
23. ข้อมูลความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....93
24. ข้อมูลค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....94
25. ข้อมูลอัตราการเจลลาติไนส์ (ร้อยละ) ข้าวจาปอนนิก้าต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที.....94
26. ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

27 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์อัตราการเจลลาติไนส์.....97

28. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ และระยะเวลาต้มข้าว.....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1. แสดงกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....35
2. แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์อัตราการเจลลาติไนส์ของ
ข้าวจาปอนนิก้าสุก.....42
3. แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า).....43
4. แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส
เวลา 7 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM)
(X 3000 เท่า).....47
5. แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส
เวลา 11 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM)
(X 3000 เท่า).....48
6. แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส
เวลา 15 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM)
(X 3000 เท่า).....49
7. แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส
มี BT เท่ากับ 7 นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (7a) F_o = 3 (15 นาที),
(7b) F_o = 5 (25 นาที) และ (7c) F_o = 7 (35 นาที).....52
8. แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส
มี BT เท่ากับ 11 นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (8a) F_o = 3 (15 นาที),
(8b) F_o = 5 (25 นาที) และ (8c) F_o = 7 (35 นาที).....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

9. แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส มี BT เท่ากับ 15 นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (9a) F_o = 3 (15 นาที), (9b) F_o = 5 (25 นาที) และ (9c) F_o = 7 (35 นาที).....54
10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาต้ม และ ระดับการฆ่าเชื้อ ต่อ ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....70
11. แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จ รูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที.....83
12. แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จ รูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที.....85
13. แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จ รูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที.....87
14. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง fh/ u กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 160 °ฟ.....88
15. แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....96
16. แสดงการต้มข้าวโดยใช้หม้อต้ม 2 ชั้น ก่อนการบรรจุ.....100
17. แสดงข้าวที่ผ่านการต้ม ล้างผ่านด้วยน้ำเย็นรอการบรรจุ.....101
18. แสดงอุปกรณ์ในการบรรจุข้าวจาปอนนิก้าในกระป๋องขนาด 307 x 113.....102
19. แสดงการนำข้าวที่บรรจุแล้วผ่านเครื่องไล่อากาศ.....103
20. แสดงการปิดผนึกกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศแล้วโดยใช้เครื่องผนึกฝากระป๋อง....104
21. แสดงการบรรจุกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วเข้ารีทอร์ตเพื่อทำการฆ่าเชื้อ.....105
22. แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้า สำเร็จรูปบรรจุกระป๋องขณะผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยใช้เทอร์โมคับเปิ้ล....106
23. แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวพืช (Gramminaceae) จัดเป็นพืชอาหารหลักของประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ในทวีปและประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ทั้งนี้ชนิดของข้าวที่ใช้เป็นอาหารได้ถูกจำแนกออกเป็นชนิดสำคัญ ๆ ตามถิ่นกำเนิดและความนิยมในการบริโภค 2 ชนิด คือ ชนิดหนึ่งมีถิ่นกำเนิด และใช้บริโภคในบางประเทศ *(Oryza glabberima)* และอีกชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย *(Oryza sativa)* และปลูกเป็นพืชอาหารทั่วไปในทวีปเอเชีย ตลอดจนถึงแถบตะวันออกกลาง ยุโรป อเมริกา และออสเตเรีย ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียหรือในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เรียกว่า กลุ่มอินดิก้า (Indica) กลุ่มที่ 2 มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศจีน ญี่ปุ่น หรือเกาหลี เรียกกันทั่วไปว่า กลุ่มจาปอนนิก้า (Japonica) ส่วนกลุ่มที่ 3 มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะชวา มีปลูกและใช้บริโภคเฉพาะท้องถิ่นไม่แพร่หลาย ข้าวกลุ่มนี้เรียกว่า กลุ่มจาวานิก้า (Japonica) (บริบูรณ์ 2537: 9-17) ข้าวญี่ปุ่นซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มจาปอนนิก้า มีลักษณะเด่นโดยทั่วไป ได้แก่ เมล็ดสั้นป้อม หุงแล้วมีความเหนียวมาก และให้ผลผลิตสูง (อาจอง 2537 : 22-25) และเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจในขณะนี้

ปัจจุบันในประเทศไทยข้าวจาปอนนิก้ากำลังได้รับความสนใจทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ข้าวจาปอนนิก้ามีต้นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่นซึ่งอยู่ในโซนอบอุ่น แม้ว่าฤดูปลูกข้าวของญี่ปุ่นจะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมก็ตาม แต่สภาพอากาศก็หนาวเย็นคล้ายฤดูหนาวของภาคเหนือตอนบน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย จากการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาข้าวจาปอนนิก้าโดยสถานีทดลอง และศูนย์วิจัยข้าวต่าง ๆ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้ยืนยันว่าข้าวจาปอนนิก้าสามารถปลูกได้ในประเทศไทย และสามารถจะผลิตเป็นการค้าจำหน่ายให้กับชาวญี่ปุ่นในประเทศไทย ผู้บริโภคข้าวชาวญี่ปุ่นซึ่งเคยชินกับรสชาติของข้าวชนิดนี้ก็ให้การยอมรับในคุณภาพเป็นอย่างดี นอกจากนี้ข้าวจาปอนนิก้าสามารถส่งขายตลาดข้าวของประเทศญี่ปุ่นในอนาคตหรือนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวจาปอนนิก้า ประเทศไทยสามารถที่จะปลูกจำหน่ายเพื่อบริโภคให้ชาวญี่ปุ่นที่เข้ามาท่องเที่ยวและลงทุนในประเทศไทย และเพื่อต้องการส่งออกในประเทศที่นิยมบริโภคข้าวจาปอนนิก้า (ธวัช 2534 : 10-14)

จากสาเหตุ 2 ประการข้างต้น การทำผลิตภัณฑ์ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องด้วยการนำข้าวมาทำให้สุกเป็นบางส่วน (Pregelatinization) ก่อนที่จะนำมาบรรจุกระป๋องปิดผนึกแล้วทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นการทำให้ข้าวสุกโดยอาศัยความร้อนภายใต้ความดัน เป็นการทำให้ได้ข้าวสุกที่สามารถเปิดรับประทานได้ทันที มีลักษณะเหมือนข้าวที่หุงสุกใหม่ๆ และสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นการช่วยให้ผู้บริโภคสะดวกสบายในการบริโภค ข้าวชนิดนี้เหมาะกับสภาพการดำรงชีพในปัจจุบัน ซึ่งชาวญี่ปุ่นที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยส่วนใหญ่ไม่มีเวลาในการประกอบอาหาร และนิยมการบริโภคอาหารสำเร็จรูป นอกจากนี้การทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าของข้าวจาปอนนิก้าในการส่งออกข้าวของประเทศไทย ซึ่งเป็นการนำข้าวจาปอนนิก้าที่ผลิตได้ในประเทศไทย มาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่งด้วย

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยจะครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญของกระบวนการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอ ตัวอย่างข้าวที่ใช้เป็นข้าวที่มีเมล็ดสั้น คือ ข้าวในกลุ่มจาปอนนิก้า ที่ปลูกได้ในประเทศไทย โดยศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม ตลอดจนศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องต่อการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1 เพื่อศึกษาลักษณะทางเคมีภายภาพ (Physicochemical properties) ของข้าวจาปอนนิก้า

2. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุ ณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน ด้วยการยอมรับของผู้บริโภค โดยอาศัยทดสอบการชิมแล้วให้คะแนน (Organoleptic test) และวิธีการทางจุลชีววิทยา

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (Anti compressive loading value) กับกระบวนการแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2507 สถานีทดลองข้าวพาน โดยนายจำรง พูลสวัสดิ์ ได้นำพันธุ์ข้าวจาปอนนิก้า ชื่อ นอริน มาทดลองปลูกในฤดูนาปรัง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปรากฏว่าให้ผลผลิตสูงถึง 600 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกทดลองได้ทำต่อ ๆ มาถึงปี พ.ศ.2528 สถานีทดลองข้าวพานได้ฟื้นฟูงานวิจัยและพัฒนาขึ้นมา โดยรวบรวมพันธุ์ข้าวที่มีอยู่ในสถานีและจากศูนย์วิจัยและสถานีทดลองข้าวต่าง ๆ รวมทั้งที่นำเข้ามาใหม่ จากประเทศญี่ปุ่นโดยความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญของทั้งสองประเทศ ในปี 2531 สถานีทดลองข้าวสันป่าตองยังได้ร่วมมือกับภาคเอกชน คือ บริษัท ที ซี ซี การเกษตร จำกัด ดำเนินการวิจัยและพัฒนาข้าวจาปอนนิก้าทั้งด้านการปรับปรุงพันธุ์และด้านเทคโนโลยีการผลิต สำหรับภาคอื่น ๆ โดยเฉพาะภาคเหนือตอนล่างและภาคกลาง ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับข้าวจาปอนนิก้าอย่างกว้างขวางที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถานีทดลองข้าวชัยนาท สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี นอกจากนี้ ในปี 2535 สถานีทดลองข้าวพานได้ร่วมมือกับมูลนิธิแม่ฟ้าหลวง นำข้าวจาปอนนิก้าเข้าทดสอบและพัฒนาในเขตพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง กิ่งอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรชาวไทยภูเขาได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 500 - 700 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตที่ได้จากการผลิตในโครงการได้มีภาคเอกชนสนับสนุนโดยรับซื้อเพื่อแปรรูปด้วยการขัดสีจำหน่ายในตลาดกรุงเทพ และส่งขายต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น (บริบูรณ์ 2537 : 9-17) และนอกจากนี้ยังนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ และปัจจุบันนี้มีภาคเอกชนหลายแห่งในเขตภาคเหนือตอนบน ได้ให้ความสนใจในการผลิตข้าวจาปอนนิก้า เช่น บริษัท ไชยวิวัฒน์อุตสาหกรรม จำกัด ได้ทำการศึกษาทดลองปลูกข้าวจาปอนนิก้า เพื่อปูพื้นฐานการผลิตต่อไป และบริษัท สยามจาโปนิก้าฟลาวร์ จำกัด มีเป้าหมายการผลิตข้าวเพื่อการบริโภค และเพื่อการแปรรูปแป้งส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น (สุรีย์ และ สำลี 2538 : 1-61)

จะเห็นได้ว่าแหล่งผลิตข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ภาคเหนือซึ่งมีอากาศหนาวเย็น แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน พะเยา และ พิษณุโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากภาคเหนือ แล้วยังมีปลูกทางภาคกลางบางจังหวัด ได้แก่ จังหวัดอยุธยา ปทุมธานี ฉะเชิงเทรา และกาญจนบุรี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2536 : 1-4)

ในปัจจุบันได้มีการทดลองปลูกข้าวจาปอนนิก้าแบบนาปรังที่จังหวัดหนองคาย พันธุ์ที่ทดลองปลูก คือ พันธุ์ซูบุ ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ (ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์) (เกตุอร 2539 : 11) ซึ่งนอกจากพันธุ์ซูบุแล้วยังมีพันธุ์ข้าวจาปอนนิก้าที่สามารถปลูกได้ผลผลิตสูงอีกหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ซาซานิชิกิ หรือพันธุ์ ก.วก.1 และพันธุ์โคชิฮิการิ ทั้งสองพันธุ์มีคุณภาพการหุงต้มดี ส่วนพันธุ์อกิตะโกมาชิ หรือพันธุ์ ก.วก.2 เป็นพันธุ์ที่มีรสชาติ เหมือนพันธุ์ซาซานิชิกิ ให้ผลผลิตสูง พันธุ์ข้าวเหล่านี้เป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงโดยสามารถปลูกได้ดีในเขตภาคเหนือ (สุรีย์ และ สำลี 2538: 1-61)

2. คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวจาปอนนิก้า

ข้าวจาปอนนิก้า มีลักษณะแตกต่างจากข้าวไทย หรือข้าวในกลุ่มอินดิก้าหลายประการ โดยเมล็ดข้าวจาปอนนิก้า มีลักษณะพิเศษ คือ มีรูปร่างเมล็ดป้อมสั้น น้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด ประมาณ 20-25 กรัม หุงสุกได้ในอุณหภูมิ ประมาณ 65-85 องศาเซลเซียส มีปริมาณอะไมโลสในแป้งต่ำ ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ ข้าวสุกจะนุ่มมีความหยุ่นและเหนียว เมล็ดข้าวสุกจึงเกาะติดกัน (บริบูรณ์ 2537 : 9-17)

3. คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ มีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and eating quality) เนื่องจากความนิยมในการรับประทานของผู้บริโภคในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน ดังเช่น ชาวญี่ปุ่น และเกาหลี นิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน (วุฒิชัย 2535 : 22-31) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ปริมาณอะไมโลส (Amylose content) สตาร์ชในเมล็ดข้าวมีอะไมโลเพกตินเป็นองค์ประกอบหลักและอะไมโลสเป็นองค์ประกอบรอง ในสภาวะธรรมชาติในเม็ดแป้ง มีการจับกันของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) จะเป็นบริเวณที่โมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเป็นระเบียบ พองตัวยาก ซึ่งทำให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ในส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ของเม็ดแป้งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงตัวกันไม่หนาแน่น และมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระอยู่มาก จึงทำให้พองตัวง่าย และโดยทั่วไปนักวิจัยนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณอะไมโลสเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้เมื่อเอ่ยถึงเปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีความหมายว่าส่วนที่เหลือของสตาร์ชเป็นอะไมโลเพกตินเม็ดแป้งในน้ำเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน ความร้อนจะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลในบริเวณที่เป็นผลึก ทำให้เม็ดแป้งสามารถรับน้ำเข้าไปในบริเวณอสัณฐาน ทำให้บริเวณอสัณฐานมีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ในขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึกจะเริ่มถูกทำลาย และเม็ดแป้งก็จะขยายทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่ เรียกว่า การเจลลาติไนส์เซชั่น (Swinkle 1985 : 15-46) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเม็ดแป้งจะพองตัวได้ยาก ต้องใช้พลังงานความร้อนมากเม็ดแป้งถึงจะพองตัว ทำให้ข้าวที่มีปริมาณ อะไมโลสูงหุงสุกยาก และข้าวสุกที่ได้จะร่วนและแข็ง (Luh and Liu 1980 : 592-594) เมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่เรียกว่า การคืนตัวกลับของแป้ง (Retrogradation) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากก็จะมีการคืนตัวของแป้งมาก ทำให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้แข็ง เนื่องจากน้ำที่อะไมโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา

ตารางที่ 1

แสดงการจำแนกลักษณะของข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (%)	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
1 - 2	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
2 - 9	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว นุ่ม
9 - 20	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	เหนียว นุ่ม
20 - 25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	นุ่มค่อนข้างเหนียว
25 - 35	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วนแข็ง

ที่มา : Juliano (1985 : 774 p.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของข้าวสุกนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส ดังกล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนทำให้ลักษณะข้าวสุกแตกต่างกันได้อีกด้วย โดยวิธีการหุงข้าวเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด จะต้องใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับข้าวให้ได้สัดส่วนตามปริมาณ อะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบของข้าว (Juliano 1982 : 305-317) เช่น การหุงต้มข้าวอะไมโลสสูง หากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากขึ้นจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นและทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วย การหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้งหรือเช็ดน้ำ เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำได้มากขึ้น และทำให้ข้าวแข็งน้อยลง แต่ระหว่างดงข้าวเพื่อไล่ความชื้นที่มีมากเกินไป ข้าวยังได้รับความร้อนสูง ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดสุกได้ หากการรินน้ำกระทำเมื่อข้าวค่อนข้างสุกก็อาจทำให้ข้าวแฉะได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวอะไมโลสต่ำ (งามชื่น 2532 : 11)

3.2 **ปริมาณโปรตีน** (Protein content) ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการดูดน้ำของข้าวในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีนที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมน้ำของเม็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปรตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มและเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง

3.3 **ความคงตัวของเจล** (Gel consistency) แม้ว่าปริมาณอะไมโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน ในข้าวบางพันธุ์ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวสุกอาจมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวจากค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

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 : 233-237)

โดยข้าวที่มีค่าความคงตัวของเจลต่ำกว่า จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของเจลสูง เมื่อมีปริมาณอะไมโลสเท่ากัน (Juliano 1982 : 305-317)

3.4 อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยทั่วไปต้องใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุกข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกนั้นสามารถคาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตาราง ที่ 3

ตารางที่ 3

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (°C)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55 - 69	ต่ำ	6 - 7
70 - 74	ปานกลาง	4 - 5
74.5 - 79	สูง	2 - 3

ที่มา : Juliano et al. (1980 : 233-237)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 **อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก** (Elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์เมล็ดสามารถยืดตัวได้มาก ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มากทำให้เมล็ดข้าวสุกไม่เหนียวติดกัน คุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น (Juliano and Perez 1984 : 231-292)

3.6 **กลิ่นหอม** (Aroma) เป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่มมีรายงานว่าข้าวที่มีกลิ่นหอมมีสาร 2-อะเซติล-1-ไพโรลีน (2-acetyl-1-pyrroline) มากกว่าข้าวทั่วไป ซึ่งสารดังกล่าวนี้พบในข้าวสารหอมพันธุ์ต่าง ๆ ปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม และในข้าวกล้องประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สารหอมชนิดนี้ยังพบปริมาณสูงในพืชตระกูลใบเตย ในการทดสอบข้าวหอมนั้นกระทำโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำเกลือเข้มข้น 10% ปิดฝาให้สนิทเพื่อให้สารหอมระเหยออกมาแล้ว จึงดมแยกข้าวหอมออกจากข้าวที่ไม่มีกลิ่น

3.7 **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บ** หลังการเก็บเกี่ยวภายในเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ Juliano (1985 : 774 p.) ได้รวบรวมรายงานของนักวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือ คุณภาพในการขัดสีข้าวเมล็ดยาวที่เป็นข้าวเก่าจะมีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำ (Water absorption) และการขยายปริมาตร (Volume expansion) ของข้าวเก่าในระหว่างการหุงต้มก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่น้ำข้าวจะมีของแข็งแขวนลอย (Total soluble solid) อยู่น้อยลง หรือใสขึ้น ในขณะที่ข้าวเมล็ดสั้นหรือข้าวจาปอนิก้าเมื่อนำข้าวเก่าที่เก็บไว้นานมาหุงจนสุก จะมีความเหนียว ความนุ่มและความเลื่อมมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ใหม่ ๆ

4. การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

4.1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในการทำอาหารกระป๋อง

ในการทำอาหารกระป๋อง จะต้องตั้งเป้าหมายในการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียที่สำคัญในอาหารชนิดนั้น ๆ หรือตัวที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ถ้าหลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะพวกที่ทนความร้อนได้ดี ในอาหารที่มีกรดต่ำ (pH > 4.6) มีความเสี่ยงต่อเชื้อ *Clostridium botulinum* มาก เพราะเชื้อนี้สามารถเจริญได้ในระดับพีเอชนี้ และสร้างสารพิษที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายได้ ในการแปรรูปอาหารที่มีกรดต่ำจึงยึดเชื้อ *Clostridium botulinum* เป็นเป้าหมายในการทำลาย โดยจะใช้ความร้อนในระดับอย่างน้อยที่สุด ที่จะสามารถทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ได้หมด การลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องที่ทำให้ปลอดภัยจากเชื้อตัวนี้ ได้อาศัยความรู้พื้นฐานที่ศึกษาโดย (Pflug 1987 : 528-533) ทดลองหาเวลาในการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ที่ทนความร้อนที่สุด ในสารละลายฟอสเฟตที่มีพีเอชเท่ากับ 7 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าที่ $F_{250}o_F$ ของ *Clostridium botulinum* มีค่าเท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งความร้อนระดับนี้มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มีกรดต่ำ

เนื่องจากอัตราการถูกทำลายของจุลินทรีย์เป็นฟังก์ชันลอก ดังนั้นในทางทฤษฎีจึงไม่อาจทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ในทางปฏิบัติจะกำหนดเวลาที่จะใช้ทำลายจุลินทรีย์ คิดเป็นจำนวนเท่าของค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดนั้น จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D ไม่เท่ากัน สำหรับ *Clostridium botulinum* จะใช้ 12D แต่ถ้าใช้จุลินทรีย์ตัวอื่นที่ทนความร้อนสูงกว่า *Clostridium botulinum* เช่น *Clostridium sporogenes* ใช้ 5D และ *Bacillus stearothermophilus* จะใช้ 4D ซึ่งให้ผลเทียบเท่ากับ 12D ของ *Clostridium botulinum* และเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและยังคงรักษาคุณภาพของอาหารไว้ไม่ให้ถูกทำลายโดยความร้อนมากเกินไป (Stumbo 1973 : 112-113)

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Stumbo 1973 : 112-113)

4.2.1 คุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ ที่ปนเปื้อนในอาหาร การทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารต้องพิจารณาจากระดับอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งความทนทานความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 4

4.2.2 อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร เวลาที่ใช้จะทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

4.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 **ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น** ความร้อนในการทำลายยีสต์และราจะง่ายว่าแบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้ดีกว่าเซลธรรมดา (Vegetative cell) ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมากกว่าที่กำหนดไว้ อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ในกระบวนการฆ่าเชื้อก็จะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ก่อให้เกิดปัญหาอาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (Under process)

4.3.2 **อายุของจุลินทรีย์** ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จะมีผลต่อการทนทานความร้อน จุลินทรีย์มีความต้านทานต่อความร้อนได้สูงสุดในระยะสเตชันนารีเพส (Stationary phase) รองลงมาคือช่วงแลกเฟส (Lag phase) ซึ่งเป็นช่วงพักตัวก่อนเริ่มการเจริญเติบโต ส่วนช่วงลอกการิทึมเฟส (Logarithymic phase) จุลินทรีย์ไม่ทนความร้อน

4.3.3 **อุณหภูมิ** จุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่อุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นอุณหภูมิที่อาหารถูกทิ้งไว้ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์

4.3.4 **องค์ประกอบของอาหาร** จุลินทรีย์สามารถทนความร้อนได้มากขึ้น เมื่อปริมาณน้ำในอาหารลดลง สารประกอบต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ รวมทั้งเกลือแกงและน้ำตาลที่เติม ซึ่งจะมีผลช่วยเพิ่มความต้านทานของจุลินทรีย์

4.3.5 **ความเป็นกรดด่างของอาหาร** มีผลโดยตรงต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่มีพีเอชเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4

แสดงค่าความต้านทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

Bacterial groups	Approximate range of heat resistance	
	D	Z
Low-acid and 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
Mesophiles (spores)		
Putrefactive anaerobes		
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 - 0.50	12 - 16
High-acid foods (pH 4.00 m and below)		
Mesophilic non-spore-bearing bacteri	D_{150}	
Lactobacillus spp., Leuconostoc spp., and yeasts and molds	0.50 - 100	8 -10

ที่มา : Stumbo (1973 : 112-113)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การส่งผ่านของความร้อนในอาหารกระป๋อง (Heat penetration)

อัตราความเร็วที่มีปริมาณความร้อนแผ่กระจายไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด (Cold point) ของอาหารกระป๋องขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิด ซึ่งเกิดขึ้นไม่เท่ากัน ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต้องนานเพียงพอที่ความร้อนจะแผ่กระจายไปยังจุดที่ได้รับความร้อนที่ช้าที่สุดของอาหารกระป๋องและมีผลต่อการฆ่าเชื้อ ณ จุดนั้นด้วยเพื่อให้การฆ่าเชื้อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการส่งผ่านของความร้อนเข้าไปในกระป๋อง (ทิพาพร 2536 : 39-50) คือ

4.4.1 ลักษณะของอาหารที่บรรจุอยู่ ลักษณะทางกายภาพของอาหารที่บรรจุภายใน จะมีผลต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายใน ซึ่งสามารถแบ่งการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายในกระป๋องออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction heating) ลักษณะอาหารเป็นอาหารแข็งซึ่งมีความชื้นสูง และมีส่วนของของเหลวซึ่งไหลไปมาน้อย อาหารที่ติดกับผนังกระป๋องที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ โดยจุดที่ร้อนช้าที่สุด จะอยู่บริเวณกึ่งกลางของกระป๋อง ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้จึงได้รับความร้อนช้าและส่วนมากจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูง

2) อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection heating) ลักษณะของอาหารเป็นอาหารเหลวที่มีความหนืดไม่มาก หรือเป็นชิ้นของแข็งในของเหลว โมเลกุลของอาหารเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยจะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ขณะที่โมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนลงมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารภายในกระป๋อง ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อ โดยวางเรียงในแนวตั้งจะอยู่ที่ประมาณ 3/4 นิ้ว จากด้านล่างกระป๋องขนาดเล็ก และสำหรับกระป๋องขนาดใหญ่จะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างของกระป๋อง

3) อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืดประกอบอยู่ด้วย ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพาและเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนมีความข้นหนืดมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจึงเปลี่ยนเป็นแบบการนำ

4.4.2 **ขนาดของภาชนะบรรจุ** ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังอาหารซึ่งอยู่กึ่งกลางภาชนะบรรจุขนาดเล็กได้เร็วกว่าในภาชนะขนาดใหญ่

4.4.3 **การกวนหรือหมุนเวียนภายในภาชนะบรรจุ** ถ้าระหว่างการให้ความร้อนมีการพลิกกลับภาชนะ ช่องว่างภายในภาชนะจะเคลื่อนที่ไปมาภายในทำให้เกิดการกวนหรือหมุนเวียนของอาหาร อัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้น

4.4.4 **อุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อ** การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงค่าอุณหภูมิต่างระหว่างอาหารกับตัวกลางให้ความร้อนจะมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจะเกิดได้มากขึ้น

4.4.5 **ชนิดและขนาดภาชนะบรรจุ** ขวดแก้วจะมีการส่งผ่านความร้อนได้ช้ากว่ากระป๋อง และภาชนะขนาดใหญ่กว่าจะต้องใช้เวลาในการส่งผ่านความร้อนนานกว่า

4.5 ค่า F_o

การกำหนดค่า F_o ขึ้นอยู่กับการทดลอง เพราะว่าจะต้องมีปัจจัยอื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วย ในกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องที่จำเป็น ต้องใช้กระบวนการให้ความร้อนจำเป็นต้องใช้ F_o อย่างยิ่ง ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่า F_o ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของวัตถุดิบ จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเตรียม คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารกับชนิดของอาหารที่สำคัญ ดังนั้น ค่า F_o จะแปรเปลี่ยนจากอาหารหนึ่งกับอาหารอีกชนิดหนึ่ง ดังตารางที่ 5 ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินชี้ขาดค่า F_o ของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5

ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ขนาดกระป๋อง	ค่า F_0
อาหารเด็ก	202 x 308	3 - 5
ถั่วในซอสมะเขือเทศ	ทุกขนาด	4 - 6
ถั่วลันเตาในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	6
	307 x 409 ถึง 603 x 700	6 - 8
แครอท	ทุกขนาด	3 - 4
เนื้อในน้ำแกรวี	ทุกขนาด	12 - 15
ถั่วแขกในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	4 - 6
เห็ดในน้ำเกลือ	300 x 410	8 - 10
แกงเนื้อใส่ผัก	307 x 410 และเล็กกว่า	8 - 12
ไก่ทั้งชิ้นในน้ำเกลือ	401 x 411 ถึง 603 x 700	15 - 18
ไส้กรอกในน้ำมัน	307 x 410 และเล็กกว่า	4 - 6
ไส้กรอกในน้ำเกลือ	307 x 410 และเล็กกว่า	3 - 4
ปลาในซอสมะเขือเทศ	307 x 410 และเล็กกว่า	10
ซุปมะเขือเทศ	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 : 185-189) และ Metal Box (1982 : 1-11)

4.6 ความเป็นกรดด่างของอาหาร

ความเป็นกรดด่าง เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้อในอาหาร ทั้งนี้เพราะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติแล้วจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม อาหารแบ่งตามสภาพความเป็นกรดด่าง ได้เป็น 4 กลุ่ม (Camerson and Esty 1940 : 399-405) ดังนี้

4.6.1 **กลุ่มอาหารที่เป็นกรดต่ำ** คืออาหารที่มีค่าพีเอชระหว่าง 5.0 ถึง 6.8 ได้แก่ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ปีก สัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์นมและผลิตภัณฑ์ผักบางชนิด

4.6.2 **กลุ่มอาหารที่เป็นกรดปานกลาง** อาหารกลุ่มนี้จะมีค่าพีเอชระหว่าง 4.5 ถึง 5.0 ได้แก่ อาหารจำพวกซุป ผลิตภัณฑ์จากเส้นหมี่ เป็นต้น

4.6.3 **กลุ่มอาหารที่เป็นกรด** จะมีค่าพีเอชระหว่าง 3.7 ถึง 4.5 ได้แก่ จำพวกสับประรด มะเขือเทศ ส้ม ลูกท้อ และผลไม้ผสม เป็นต้น

4.6.4 **กลุ่มอาหารที่เป็นกรดสูง** ซึ่งมีค่าพีเอชตั้งแต่ 3.7 ลงมา ได้แก่ อาหารจำพวกผักดอง อาหารหมักดอง แยม เจลลี และน้ำผลไม้บางชนิด

5. ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูป

การหุงข้าวให้ได้ข้าวที่มีลักษณะน่าบริโภค จำเป็นต้องมีความรู้และความชำนาญเกี่ยวกับการหุงข้าวพอสมควร ในทางอุตสาหกรรมอาหารได้พยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวที่สามารถจะเตรียมได้ง่ายและใช้เวลาในการหุงต้มน้อยลง เช่น ข้าว 5 นาที ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผ่านการทำให้สุกแล้วบางส่วน ใช้เวลาในการหุงต้มเพียงสั้น ๆ ก็จะได้ข้าวสุกที่พร้อมจะรับประทานได้ ข้าวสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงอยู่ในลักษณะที่สามารถรับประทานได้ทันที หรืออาจมีกรรมวิธีก่อนการรับประทานเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่เหมือนกับข้าวที่หุงสุกใหม่ ๆ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้อาจบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุหลายรูปแบบ เช่น กระป๋อง หรือภาชนะบรรจุที่ผลิตจากพลาสติกที่ทนความร้อนและความดันสูง (Retort pouch) ลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปที่ดี คือ สุก มีสีขาว เมล็ดไม่เกาะติดกัน มีเมล็ดแตกเสียหายน้อย มีคุณค่าทางอาหารสูง และเทออกจากภาชนะบรรจุได้ง่ายไม่ติดข้างภาชนะบรรจุ (Luh and Liu 1980 : 590)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6. การผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกภายในกระป๋องโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันไอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในลักษณะที่สามารถรับประทานได้ทันที หรืออาจมีกรรมวิธีก่อนการรับประทานเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่เหมือนกับข้าวที่หุงสุกใหม่ ๆ

หลักสำคัญในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง คือ ต้องมีปริมาณน้ำที่เพียงพอที่จะทำให้สตาร์ชเกิดการพองตัวและเจลลาติไนส์ในระหว่างการให้ความร้อนในรีทอร์ต แต่ต้องไม่มากเกินไปจนกระทั่งเกิดเป็นแป้งเปียก (Pastiness) หรือทำให้เมล็ดเกาะติดกัน การกำหนดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตมักใช้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า 110 องศาเซลเซียส อัตราการสุกจะถูกจำกัดด้วยอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างองค์ประกอบของข้าวกับน้ำ แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 110 องศาเซลเซียส การสุกของข้าวจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่ของน้ำเข้าไปสู่ใจกลางของเมล็ดที่ยังไม่สุกเท่านั้น (Juliano 1982: 305-317)

Robert et al. (1953 : 78-80) ได้พัฒนาวิธีการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้วัตถุดิบ คือ ข้าวเมล็ดยาวสายพันธุ์ Taxas Patna ซึ่งมีลักษณะแข็งใส และข้าวเมล็ดสั้นสายพันธุ์ California Pearl ซึ่งมีลักษณะนุ่มและพรุน จุดประสงค์การศึกษาเพื่อให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกน้อยที่สุด และป้องกันการจับกันของเมล็ดข้าว โดยวิธีการจำกัดปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวก่อนเข้ารีทอร์ต ให้มีความชื้นอยู่ในช่วง 50 - 55 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวในการต้านทานต่อการแตกของเมล็ดในระหว่างการให้ความร้อนในรีทอร์ต อุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อเท่ากับ 115.6 องศาเซลเซียส เวลา 55 นาที จากการประเมินผลพบว่า ทั้งข้าวเมล็ดยาวและข้าวเมล็ดสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวหุงโดยใช้หม้อหุงข้าว มีคะแนนในด้านการแยกตัวของเมล็ดสูงกว่าข้าวที่หุงด้วยหม้อหุงข้าว และหลังจากเก็บไว้ 9 เดือน พบว่า คะแนนในด้านการแยกตัวยังคงสูงกว่าด้วย

จากการศึกษา ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตข้าวขาวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง คือ (1) เมล็ดข้าวมักจะแตกออกเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งเป็นผลจากสภาวะในรีทอร์ต (2) เมล็ดข้าวเกาะติดกัน ทำให้เทออกจากกระป๋องยาก และ (3) เนื้อสัมผัสของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยข้าวสูญเสียความนุ่ม และการเกาะตัวกัน เมล็ดข้าวจะแข็งและแยกเป็นเมล็ด ๆ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28929

จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากการที่สตาร์ชเกิดการคืนตัวกลับขึ้น

Ferrel and Kaster (1960 : 102-105) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยทดลองใช้อีมัลซีไฟเออร์ (Emulsifier) เพื่อช่วยลดการเกาะติดกันของเมล็ดข้าว ใช้ข้าวพันธุ์ US No.1 และ Fancy Califonia Pona ซึ่งเป็นข้าวเมล็ดสั้น พบว่า การใช้น้ำมันพืช 5 เปอร์เซ็นต์ รินผ่านข้าวก่อนการบรรจุ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส จะช่วยลดการเกาะติดกันของเมล็ดข้าว โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องและมีลักษณะเหมือนข้าวหุงสุกโดยทั่วไป

Norman et al. (1964) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวนึ่งเป็นวัตถุดิบ พบว่า วิธีที่ใช้ในการผลิตที่ทำให้ได้ข้าวบรรจุกระป๋องมีคุณภาพดี คือ 1) แช่ข้าวนึ่งในน้ำที่มีพีเอช 6.5 อุณหภูมิ 21.1-26.6 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที 2) ต้มในน้ำเดือด 8 นาที แล้วเทน้ำทิ้ง 3) บรรจุกระป๋องและปิดผนึกฝา 4) ฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 50 นาที 5) นำไปทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 6) นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -12.2 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาข้ามคืนแล้วละลายน้ำแข็ง (Thawing) ที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ เมล็ดข้าวไม่เกาะติดกัน คงรูปไม่แตกหัก ซึ่งเป็นผลมาจากการแช่แข็งหลังการบรรจุกระป๋อง โดยการแช่แข็งจะช่วยป้องกันไม่ให้ข้าวเกิดการเจลลาติไนส์ภายในกระป๋อง

Nagarathnamma and Siddappa (1965 : 128-131) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า การทำให้ข้าวสุกบางส่วน (Partial precooking) และการริน (Drain) น้ำออกเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการฆ่าเชื้อจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน

Demont and Burns (1968 : 1186-1188) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวเมล็ดยาวสายพันธุ์ Taxas Patna, Jojutla, Contury Patna 231 และ Bella Patna ข้าวที่ใช้เป็นข้าวนึ่ง มีกระบวนการผลิต คือ นำข้าว 150 กรัม ลวกในน้ำอุณหภูมิ 96.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที ทำให้เย็นโดยนำผ่านน้ำที่ไหลตลอดเวลา บรรจุกระป๋องเบอร์ 300 เติมน้ำเย็นหรือสารละลายแคลเซียมแลคเตค ความเข้มข้น 0.25 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปรับพีเอชเป็น 4.5, 6.5 และ 8.5 ด้วยกรดอะซิตริก หรือโซเดียมไฮดรอกไ ซด์ หลังจากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนึกฝาฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 30 นาที พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการลวกข้าวเท่ากับ 10 นาที เพียงพอที่จะล้างสิ่งสกปรกที่ติดมากับเมล็ดข้าว และช่วยแก้ปัญหาของการจับเป็นก้อนและการเกาะตัว โดยจะล้างส่วนที่เป็นของแข็งออกและทำให้ค่าความหนาแน่นของเมล็ดข้าวลดน้อยลง ส่วนการใส่แคลเซียมที่มีความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้ค่าความขุ่น (Turbidity) ลดน้อยลง พีเฮชที่เหมาะสม คือ 6.5-8.5 ทำให้ข้าวมีค่าความขุ่นและสีของข้าวใกล้เคียงกันทุกสายพันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะรวม ๆ แล้ว พบว่า ข้าวพันธุ์ Taxas Patna จะมีลักษณะดีที่สุด เมื่อนำมาผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

Sharp et al. (1981 : 75-77) ศึกษาการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการแปรรูปข้าวสำเร็จบรรจุกระป๋อง และเพื่อให้ได้ข้าวบรรจุกระป๋องที่เต็มเมล็ดและเมล็ดไม่เกาะติดกัน ใช้ข้าวพันธุ์ Lebonnet ทั้งข้าวขาวและขาวนึ่งเป็นวัตถุดิบโดยมีขั้นตอนการผลิต คือ นำข้าวใส่กระป๋องขนาด 211x400 ปริมาณ 45-65 กรัมต่อกระป๋อง เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการปรับพีเฮชด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.16 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ได้ต่ำกว่า 4.6 ในการบรรจุข้าวให้มีช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5 มิลลิเมตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 100, 108 และ 115.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นนำมาตรวจสอบ พบว่า ข้าวขาวที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 และ 108 องศาเซลเซียส มีลักษณะคล้ายกับ 115.6 องศาเซลเซียส คือ ข้าวมีลักษณะเหนียวติดกัน เทออกจากกระป๋องได้ยาก แต่ถ้าบรรจุต่ำกว่า 55 กรัมต่อกระป๋อง จะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดและคงรูปดีที่สุด แต่มีลักษณะคล้ายข้าวต้ม (Rice soup) และข้าวนึ่งที่ฆ่าเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียส จะเทออกจากกระป๋องได้ง่ายกว่าข้าวขาว และข้าวยังคงเต็มเมล็ด ไม่เกาะติดกัน ลักษณะอื่น ๆ มีคุณภาพดีกว่าข้าวสารธรรมดา นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่ไม่เพียงพอสำหรับการ สเตอร์ไรส์ ดังนั้น การรับรองความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จะต้องปรับพีเฮชให้ต่ำกว่า 4.6 ผลิตภัณฑ์จึงจะปลอดภัยจากการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ และจากการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 นาที แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์ นำมาตรวจสอบหาค่าแรงเฉือน (Shear force) โดยใช้เครื่อง Texturepress model TGA digital texturegage ใช้ตัวอย่างในการวัด 100 กรัม พบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าแรงเฉือนลดลง โดยมีค่า R = 0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gerdes and Burns (1982 : 1734-1735) ศึกษาวิธีการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง 2 วิธี คือ มีการลวก และไม่มีการลวกก่อนการบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวขาวและข้าวกึ่งสำเร็จรูป (Instant parbliled rice) เป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิต โดยใช้กระป๋องเบอร์ 303 นำเข้ารีทอร์ตที่อุณหภูมิ 115.5 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที พบว่า ข้าวที่มีการลวกก่อนการบรรจุจะทำให้ข้าวมีการเกาะติดกันน้อยที่สุด มีคะแนนการชิมมากกว่าข้าวที่ไม่มีการลวกก่อน โดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัส

วุฒิชัย (2530 : 36) ศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข.7, กข.15, กข.23, ขาวตาแห้ง, รวงแก้ว และเล็บมือนาง โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที, อุณหภูมิ 115.5 องศาเซล-เซียส เป็นเวลา 40 นาที และอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ตามลำดับ ด้วยหม้อนึ่งภายใต้ความดันไอ (Autoclave) โดยบรรจุข้าวลงในกระป๋องเบอร์ 2 มีการเติมน้ำร้อนและไม่มีการเติมน้ำร้อน พบว่า การให้ความร้อนนาน ๆ จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อพิจารณาจากค่า F_o (Commercial sterilization) พบว่าค่า F_o ที่สูงสุด คือ ที่ 115.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที (F_o = 3.59) ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้สามารถเก็บได้นานประมาณ 1 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า การบรรจุแบบไม่เติมน้ำร้อนหรือแบบแห้ง จะให้ข้าวที่มีคุณลักษณะดี ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากกว่าแบบเติมน้ำร้อนหรือแบบเปียก โดยการบรรจุแบบแห้งจะให้ข้าวที่เต็มเมล็ด ไม่เหนียวติดกันเป็นก้อน ส่วนข้าวที่เหมาะสมในการผลิต คือ สายพันธุ์ กข.15 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ และการแพร่กระจายความร้อนเข้าไปในกระป๋องเป็นลักษณะที่เป็นเส้นตรงเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ และการแพร่กระจายความร้อนเข้าไปในกระป๋องเป็นลักษณะที่เป็นเส้นตรง

Demont and Burns (1968 : 1186-1188) ศึกษาผลของระยะเวลาในการลวกข้าวที่มีต่อเนื้อสัมผัส โดยใช้อุณหภูมิในการลวก 96.1 องศาเซลเซียส เวลา 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง L.E.E Kramer shear press ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดเนื้อสัมผัส และความนุ่ม (Firmness) ของข้าวบรรจุกระป๋อง ใช้ตัวอย่างในการวัด 90 กรัม พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความนุ่มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sowbhagya and Zakiuddin (1991 : 76-80) ศึกษาผลของการแช่ข้าว (Presoaking) ที่มีต่อเวลาในการหุงต้ม และเนื้อสัมผัสของข้าวสารและข้าวนึ่ง พันธุ์ข้าวที่ใช้ คือ IR 20 เก็บที่อุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 ปี พบว่า การแช่ข้าวสารธรรมดาและข้าวนึ่งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที และ 2-3 ชั่วโมง ตามลำดับ จะลดเวลาในการหุงต้มไป 50 เปอร์เซ็นต์ และ 25-40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสารธรรมดาและข้าวนึ่งที่ไม่ได้ผ่านการแช่ก่อน และในด้านเนื้อสัมผัส การแช่ข้าวสารธรรมดาก่อนการหุงต้มจะทำให้ข้าวมีความยาวเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความเหนียว ความนุ่ม และความยืดหยุ่นลดลง ส่วนข้าวนึ่งไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวนึ่งที่ไม่ได้ผ่านการแช่

Kohji et al. (1995 : 15-18) ศึกษาการประเมินผลการยอมรับข้าวที่มีกลิ่นหอม (Aromatic rice) ของผู้บริโภคชาวญี่ปุ่น ในการทดสอบจะเติมข้าวที่มีกลิ่นหอมพันธุ์ Hieri 10 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวปลูกตามฤดูกาล (Ordinary bland rice), ข้าวใหม่ (New rice), ข้าวเก็บ 1 ปี , ข้าวเก็บ 2 ปี, ข้าวคุณภาพสูง (High-grade) และข้าวที่จำหน่ายในท้องตลาด (Ordinary economical rice) แล้วเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้เติมข้าวที่มีกลิ่นหอม ในการทดสอบใช้นักศึกษามหาวิทยาลัยชาวญี่ปุ่นเพศหญิง ที่ผ่านการฝึกมาเป็นผู้ชิม 24-32 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี พบว่าผู้ทดสอบมีแนวโน้มที่ไม่ชอบข้าวสุกที่มีกลิ่นแรง โดยให้คะแนนต่ำในส่วนของลักษณะปรากฏ ความเหนียว ความนุ่ม กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

7. การวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร

เนื้อสัมผัสของอาหารจะเริ่มรับรู้โดยทันที ตั้งแต่อาหารเริ่มสัมผัสกับช้อน ส้อม มีด หรือมือ เช่น เมื่อใช้มือบิขนมปังบิสกิต และเมื่อตักเยลลี่ด้วยช้อน เป็นต้น เราสามารถบอกลักษณะของเนื้อสัมผัสได้โดยไม่ต้องสัมผัสด้วยปาก และเมื่ออาหารเข้าไปอยู่ในปากแล้วเราสามารถรับรู้เนื้อสัมผัสได้โดยการใช้ฟันขบอาหาร การถูกันระหว่างลิ้นและเพดานปาก การคลุกเคล้าผสมกับน้ำลาย การบดระหว่างฟัน และการละเลียดกลืน ซึ่งจะบอกลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้อาจใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสที่สร้างให้มีการทำงานคล้ายปากมนุษย์ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แตกและวัดค่าเนื้อสัมผัสออกมาในรูปของค่าแรงในหน่วยมาตรฐาน (Earle 1979 : 11-15) กล่าวโดยสรุป วิธีการวัดเนื้อสัมผัสของอาหารจำแนกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ หรือการทดสอบแบบ Subjective มี 2 แบบ คือ การสัมผัสด้วยปากหรือการชิม ซึ่งจะบอกได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ และการสัมผัสด้วยมือหรือนิ้วโดยไม่ต้องให้อาหารเข้าไปในปาก

2. การทดสอบโดยใช้เครื่องมือ หรือการทดสอบแบบ Objective มี 2 แบบ คือ การวัดสมบัติที่เป็นเนื้อสัมผัสโดยตรง เช่น ความแข็ง เป็นต้น และการวัดสมบัติทางกายภาพที่เป็นผลเนื่องมาจากเนื้อสัมผัส เช่น ระยะทาง การแผ่กระจาย เป็นต้น

7.1 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส

เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสโดยทั่วไปจะทดสอบสิ่งต่อไปนี้

1. วัดแรงกระทำต่ออาหารที่สามารถวัดค่าเป็นเนื้อสัมผัส อาจใช้การทดสอบวัดต่อไปนี้

1.1 Puncture test เป็นการทดสอบแรงกดทะลุ

1.2 Compression test เป็นการทดสอบวัดแรงกดโดยไม่ถึงกับทะลุ

1.3 Shear test เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้ในการเฉือนผลิตภัณฑ์

1.4 Compression-extrusion test เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้กดจนอาหารไหลทะลักออกมา

1.5 Tensile test เป็นการวัดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ว่ามีการยืดเกาะตัวได้ดีเพียงใด

1.6 Bending test เป็นการวัดความโค้งงอของผลิตภัณฑ์

2. วัดระยะทาง ใช้วัดของเหลวที่ไหลได้ โดยกดอาหารแล้วดูว่า อาหารมีการเคลื่อนที่ไปได้เพียงใด หรือวัดความสูงของไข่เพื่อวัดความสดใหม่ของไข่ เป็นต้น

3. วัดเวลา โดยการวัดความหนืด ดูเวลาในการเคลื่อนที่ของของเหลว

7.2 การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว ประกอบด้วยสมบัติสำคัญ 2 ประการ คือ ความแข็ง (Hardness) และ ความเหนียว (Stickiness) โดยที่ความแข็ง หมายถึง สมบัติในการต้านแรงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเหนียว หมายถึง สมบัติในการเกาะตัวกันระหว่างเม็ดข้าว (Jowitt 1974 : 351-358)

นักวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากใช้เครื่อง Instron ในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว แต่มีวิธีการแตกต่างกันไป นักวิทยาศาสตร์แห่งศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติเปรียบเทียบการวัดความแข็งของข้าวด้วยเครื่อง Instron โดยวิธีต่าง ๆ คือ วิธี Double-bite, วิธี Back extrusion วิธี Modified OTMS และวิธี Instron Anvil พบว่าวิธี Modified OTMS ได้ผลดีที่สุด รองลงมาคือวิธี Back extrusion ซึ่งวิธีการหลังนี้ใช้ปริมาณข้าวสุกในการทดสอบมาก จึงไม่เป็นที่นิยม

กิตติชัย (2534 : 21-33) ได้ทำการเพื่อปรับปรุงการวัดความแข็งของข้าวสุก โดยวิธี Back extrusion ให้เป็นวิธีที่ง่าย โดยพบว่าวิธี Back extrusion ที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดความแข็งของข้าวสุกประกอบด้วย Test cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30.9 มิลลิเมตร และหัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 มิลลิเมตร โดยทำให้มีช่องว่างโดยรอบระหว่างหัวกดกับทรงกระบอกเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ปาริชาต และสุธี (2537 : 38-39) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวสุกในด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument พบว่า ข้าวสุกจะมีค่าความแข็งลดลง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต้มและมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

ข้าวจาปอนนิก้า ตรา M&K บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด

2. อุปกรณ์ในการผลิต

2.1	กระป๋องขนาด 307 x 113 พร้อมฝาปิดแบบ Easy open	CMB	ไทย
2.2	เครื่องผนึกฝากระป๋อง (Seammer)	KMC	ไต้หวัน
2.3	เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน (Still holizontal retort)	BWS	ไทย
2.4	เครื่องไล่อากาศ (Exhuaster)	BWS	ไทย
2.5	เทอร์โมคับเปิ้ล (Thermocoupple)	Ellab,	ไทย
2.6	เครื่องอ่านอุณหภูมิระบบดิจิตอล	Ellab A-S	เดนมาร์ก
2.7	หม้อต้ม 2 ชั้น (Steam jacker kettle)	ECON P204	ไทย

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.1	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)	CE-292	อังกฤษ
3.2	เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	Suntex SP-701	ญี่ปุ่น
3.3	เครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ Black extrusion	KBBP-21	ไทย
3.4	เครื่องวัดสูญญากาศ (Vacuum gauge)		
3.5	หม้อนึ่งภายใต้ความดันไอ (Autoclave)	SS-320	ญี่ปุ่น
3.6	กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope)	JSM-35CF	ญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สถานที่ทดลอง

4.1 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา ใช้เครื่องมือ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

5. วิธีการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีกายภาพต่าง ๆ ด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ

5.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ (Proximate analysis) ด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ

5.1.1.1 การหาความชื้น (Moisture Content) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1)

เตรียมตัวอย่างโดยบดผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม.) ผสมให้เข้ากัน เตรียมจานโลหะ (Dish) และฝาที่เย็นและทราบน้ำหนักแล้ว (โดยอบที่ 130 ± 3 องศาเซลเซียส) ใส่ตัวอย่าง 2 กรัม (จดน้ำหนักแห้งที่แน่นอน) เปิดฝา อบพร้อมฝาในตู้อบ 1 ชั่วโมง (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 130 องศาเซลเซียส) เมื่อครบเวลาปิดฝาขณะอยู่ในตู้อบ ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.2 การหาปริมาณไขมัน (Crude Fat) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 920.85 (1995 · Chapter 32 หน้า 5)

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

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

5.1.1.3 การหาปริมาณโปรตีน (Protein) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 984..13(1995 : Chapter 4 หน้า 11)

ดัดแปลงใช้คอปเปอร์ซัลเฟตและโปตัสเซียมซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยนำตัวอย่างจำนวน 3-5 กรัม มาย่อยด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น 2 มิลลิลิตรและกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.02 นอร์มอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวอยู่ด้วย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส จึงทำให้เย็นแล้วนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นขนาดเล็ก เก็บส่วนที่เป็นแอมโมเนียซึ่งควบแน่นในสารละลายกรดบอริคเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นำไปไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนอินดิเคเตอร์ (เมทธิลเรทและบลอมคลี เซอกรีน) เปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีแดง ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการไตเตรต ไปคำนวนหาค่าปริมาณไนโตรเจน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 จะได้ปริมาณโปรตีน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไตเตรต) ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.4 การหาปริมาณเยื่อใย (Crude Fiber) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 962.09(1995 : Chapter 4 หน้า 24)

เตรียมตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยบดตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิลิตร) และอบกระดาษกรอง (Filter paper) ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างใส่ในบีคเกอร์ (Beaker) เติมกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองผ่านผ้าลินินโดยใช้กรวยกรอง (Buncher funnle) ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนหมดกรด ตรวจด้วยกระดาษลิตมัส (Litmus) ล้างผาลินินด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดอีก 30 นาที ล้างด้วยด่างอีกครั้ง และล้างด้วยแอลกอฮอล์สุดท้าย นำกระดาษกรองที่มีเยื่อใย อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาในครูซิเบิล (Crusible) จนหมดควัน แล้วนำมาใส่เตาเผา (Muffle furnace) อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส จนเป็นเถ้าสีขาว ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก คำนวนหาปริมาณเยื่อใย

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

5.1.1.5 การหาปริมาณเถ้า (Ash) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 923.03 (1995 : Chapter 4 หน้า 32)

ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม ใส่ในครูซิเบิล (Crusible) ที่เผาในเตาเผา ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ (Desiccator) และชั่งน้ำหนักแล้ว เผาบนเตา (Hot plate) จนเป็นสีเทา ไม่มีควัน นำไปเผาต่อในเตาเผา (Muffle. Furnace) ที่ 550 องศาเซลเซียส จนเถ้าเป็นสีขาว หรือมีน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน เดซิกเคเตอร์ (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.6 การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวนหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการ Total by different ดังนี้คือ

% คาร์โบไฮเดรต = 100 - (% ความชื้น + % โปรตีน + % ไขมัน
+ % เยื่อใย + % เถ้า)

5.1.2 การหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด

เลือกข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ดโดยสมบูรณ์ 10 เมล็ด มาจัดเรียงตามความยาว และความกว้าง วัดความยาว ความกว้าง ของเมล็ดข้าว บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าว (L/W ratio) และนำข้าวจำนวน 1000 เมล็ด มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด

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

5.1.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้ม (Cooking quality test) (Batcher et al. 1956 : 4-8, 32)

5.1.3.1 ชั่งข้าวสาร 8.00 + 0.10 กรัม ใส่ในตะแกรงลวดทรงกระบอกสูง วัดความสูงของข้าวสาร บันทึกค่าความสูงของข้าวโดยรอบตะแกรง 3 จุด

5.1.3.2 นำบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ใส่น้ำ 160 มิลลิลิตร ตั้งบนเตา (Hot plate) นำตะแกรงลวดที่บรรจุข้าวสารใส่ลงในบีกเกอร์ ให้ความร้อน จนกระทั่งมีฟองปุดขึ้นมา ทิ้งไว้ 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.3 ปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา จากนั้นลดไฟโดยใช้ความร้อนต่ำเป็นเวลา 20 นาที นำตะแกรงลวดออก ปล่อยให้น้ำไหลออกจากตะแกรงเป็นเวลา 2 นาที พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักและวัดความสูงของข้าวสุก 3 จุด บันทึกค่า

5.1.3.4 นำค่าไปคำนวณอัตราการขยายตัวทางปริมาตร และค่าการดูดซึมน้ำ

5.1.3.5 หาปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวโดยการดูดน้ำข้าวจากบีกเกอร์ 10 มิลลิลิตร ใส่ในอะลูมิเนียมแคน (Aluminium can) (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า

5.1.3.6 นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ 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 = น้ำหนักน้ำข้าว 10 มิลลิลิตรหลังอบแห้ง

Y = น้ำหนักข้าวสารเริ่มต้น

5.1.4 การหาปริมาณอะไมโลส (Juliano 1971 : 334-338, 340, 360)

5.1.4.1 การเตรียมตัวอย่าง นำเมล็ดข้าวบดด้วยเครื่องที่มีตะแกรงขนาด 60 เมส (mesh) จากนั้นนำแป้งข้าวที่ได้ไปสกัดไขมันออกโดยใช้เอทธานอล (Ethanol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

95 % เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำแป้งข้าวที่ได้มาแผ่เป็นชั้นบางๆ ในถาด ทำให้มีความชื้นสมดุลย์และคงที่

5.1.4.2 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

5.1.4.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะไมโลส เติมเอทธานอล (Ethanol) 95 % 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล 9.2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 15-24 ชั่วโมง และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5.1.4.4 การเตรียมสารละลายแบงค์ (Blank) เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.09 นอร์มอล 5 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติม กรดอะซิติก 1 นอร์มอล จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วทิ้งไว้ 15-20 นาที

5.1.4.5 การทำกราฟสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะไมโลส ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะไมโลส ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร 5 ใบ โดยปิเปตลงใบละ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ (เทียบเท่ากับ 8, 16, 24, 32 และ 40 เปอร์เซ็นต์อะไมโลสของแป้ง) จากนั้น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม กรดอะซิติก 1 นอร์มอล ลงในขวดแก้ว ใบละ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิลิตร แล้วเติมไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วทั้ง 5 ใบ ปรับปริมาตรเป็น 100มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 15-20 นาที นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectophotometor) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้แบงค์ปรับค่า ก่อนทำการวัดนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโพเทโตอะไมโลสที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.6 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในตัวอย่าง ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดอะซิติกติก 1 นอร์มอล จำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้ว ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำขวดไปเก็บไว้ในที่มืด 20 นาที นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาปริมาณอะไมโลส จากกราฟมาตรฐานสารละลายโพเทโตอะไมโลส

5.1.5 การหาอัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวสุก (Degree of gelatinisation of cooked rice) (Birch and Priestley 1973 : 98-100)

5.1.5.1 การทำกราฟมาตรฐาน นำตัวอย่างข้าวเข้าหม้อนึ่งความดันไอ (Autroclave) ที่ 15 Psi. เป็นเวลา 1ชั่วโมง เพื่อทำให้ข้าวเกิดการเจลลาติไนส์ 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส บดข้าวที่เจลลาติไนส์ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่อนผ่านตะแกรง (Sive) ขนาด 200 เมส หลังจากนั้นนำไปผสมกับข้าวดิบที่ผ่านการบดและรอนผ่านตะแกรง ขนาด 200 เมส เพื่อให้ได้อัตราการเจลลาติไนส์ เป็น 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำ 98 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 M. 2 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เป็นเวลา 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยง แล้วปิเปตส่วนของสารละลายใสมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร (Volume flask) 10 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก 0.5 M. 0.4 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 10 มิลลิลิตร เติมไอโอดีนรีเอเจนต์ (Iodine reagent) (เตรียมโดยชั่งไอโอดีน 1 กรัม และโปรตัสเซียมไอโอได 4 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร) 0.1 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้แบงค์ปรับค่าก่อนทำการวัด นำค่าการดูดกลืนแสง ที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

5.1.5.2 การวิเคราะห์อัตราการเจลลาติไนส์ของตัวอย่าง ต้มข้าวที่อุณหภูมิน้ำเดือด โดยใช้ระยะเวลาในการต้มต่างๆ กัน เทน้ำข้าวทิ้ง และริน (Rinsing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง (2 มล./ กรัม) เทน้ำทิ้งอีกครั้ง และทำให้แห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมส จากนั้นชั่งตัวอย่างข้าว 0.2 กรัม และเติมน้ำ 98 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำตามวิธีการทำกราฟมาตรฐานข้อ 5.1.5.1 นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาอัตราการเจลลาติไนส์จากกราฟมาตรฐาน

5.1.6 การตรวจหาลักษณะและรูปร่างของเม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope, SEM)

นำเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าดิบที่อบแห้งแล้วมาผ่าครึ่งตามขวาง(Cross section) ติดด้วยกระดาษกาว 2 หน้า บริเวณรอยผ่า และฉาบด้วยทอง จากนั้นนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเลคตรอนแบบสแกน รุ่น JSM - 35CF และวัดขนาดของเม็ดแป้งเฉลี่ยที่ได้

5.2 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

5.2.1 ศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวลงในกระป๋องในกระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จะเริ่มจากการทดลองผลิตขั้นต้น เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวสุกบางส่วนก่อนบรรจุกระป๋อง โดยการนำข้าวจาปอนนิก้ามาต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน แล้วนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ 115 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที พบว่า ที่เวลาต้มน้อยเกินไป (ต่ำกว่า 5 นาที) จะทำให้เมล็ดข้าวจาปอนนิก้าหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อดังกล่าวขยายตัวไม่เต็มที่ และเมื่อเทียบกับข้าวที่ใช้เวลาต้มก่อนการบรรจุที่สูงขึ้น พบว่า ข้าวจาปอนนิก้าที่ได้ เมล็ดมีการขยายตัวได้ดี ลักษณะข้าวสุก นุ่ม แต่ถ้าใช้เวลามากเกินไป (มากกว่า 15 นาที) ข้าวจาปอนนิก้าที่ได้จะเละและแฉะมาก และเมื่อนำไปทดสอบโดยการชิมแล้วให้คะแนน พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุ ที่เวลา 11 นาที ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูง จึงสามารถกำหนดระยะเวลาในการต้มข้าว คือ 7, 11 และ 15 นาที

นำข้าวที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7, 11 และ 15 นาทีในการต้มข้าวจากการศึกษาขั้นต้น มาวิเคราะห์หาความชื้นด้วยวิธีของ AOAC Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1), อัตราการเจลลาติไนส์ของตัวอย่างตามวิธีการในข้อ 5.1.5 และตรวจสอบลักษณะของเม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวด้วยวิธีการในข้อ 5.1.6

5.2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

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

- ระยะเวลาที่ใช้ต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) ที่ระดับ 7, 11 และ 15 นาที
- ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 3, 5 และ 7

นำข้าวจาปอนนิก้ามาต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ในหม้อต้ม 2 ชั้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน นำข้าวที่ได้มาล้างด้วยน้ำเย็นและทำให้สะเด็ดน้ำแล้วจึงบรรจุลงกระป๋องขนาด 307 x 113 น้ำหนักสุทธิ 130 กรัม จากนั้นนำมาผ่านเครื่องไล่อากาศ แล้วปิดผนึกกระป๋องด้วยฝาแบบ Easy open นำเข้ารีทอร์ต ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 15, (Fo = 3), 25 (Fo = 5) และ 35 (Fo = 7) นาที โดยบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวภายในกระป๋องบริเวณจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุด (Cold point) ก่อนให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ และเมื่ออุณหภูมิรีทอร์ตเป็น 115 องศาเซลเซียส จึงเริ่มจับเวลาการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 15, 25 และ 35 นาที บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วทำให้เย็นทันที ดังแสดงในภาพที่ 1 นำข้อมูลไปคำนวณเพื่อตรวจสอบค่า Fo โดยใช้ Formula method โดยให้อุณหภูมิอ้างอิง (Temperature reference) เท่ากับ 121 องศาเซลเซียส หรือ 250 องศาฟาเรนไฮท์ เนื่องจากการตรวจสอบพีเอชของข้าวจาปอนนิก้าเบื้องต้น พบว่า มีพีเอชประมาณ 6.5 - 8 (ภาคผนวก ก.) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

5.2.3 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

นำข้าวที่ได้จากกระบวนการแปรรูปในข้อ 5.2.2 มาตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบ ดังนี้ (ภาคผนวก ข.)

5.2.3.1 การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ใช้วิธีของ AOAC Method No.988.18 (1995 : Chapter 17 หน้า 10)

5.2.3.2 การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ AOAC Method No.977.26 (1995 : Chapter 17 หน้า 46-48)

5.2.3.3 การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus stearothermophillus* ใช้วิธีของ AOAC Method No.972.45 (1995 : Chapter 17 หน้า 44)

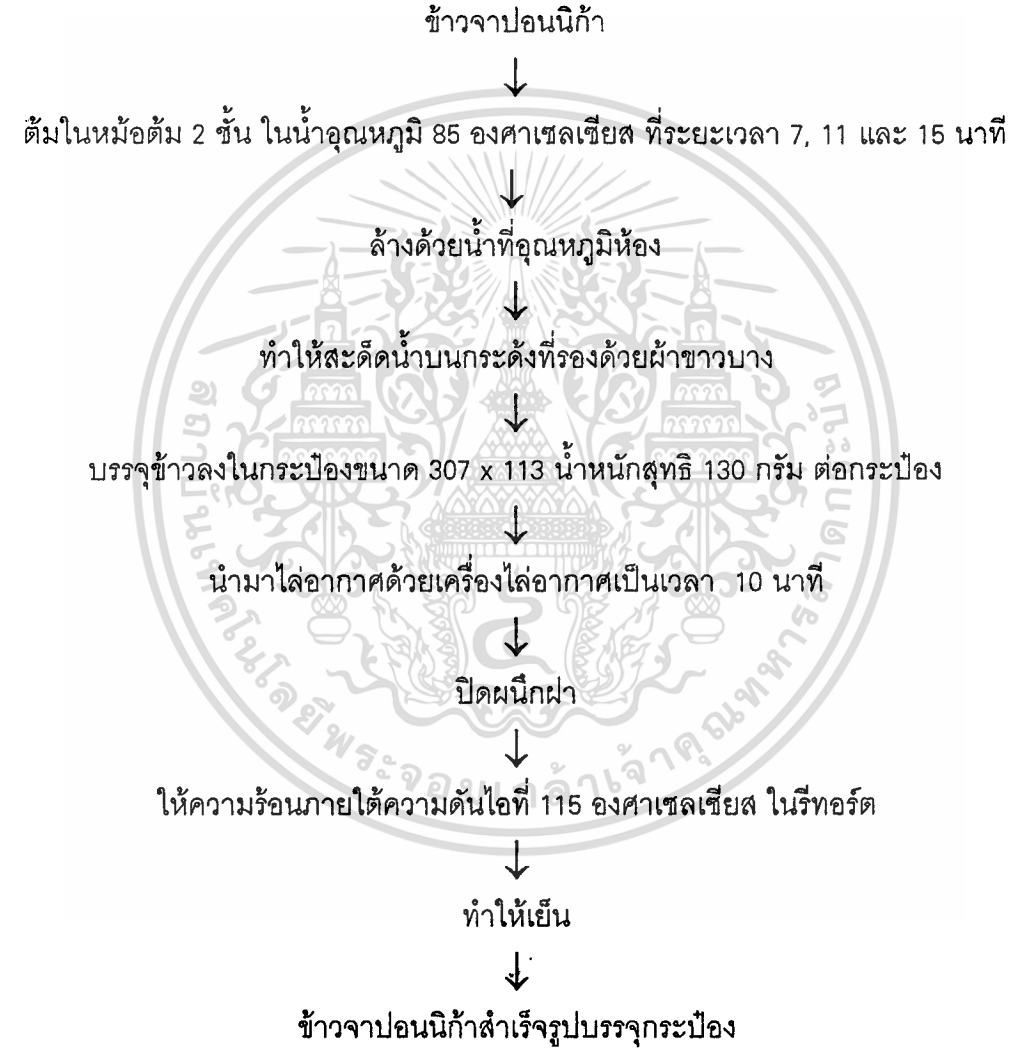
5.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องด้วยการทดสอบการยอมรับข้าวที่ผ่านกระบวนการผลิตตามข้อ 5.2.2 เป็นระยะเวลา 6 เดือน ด้วยผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกชิมจำนวน 15 คน ที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ โดยชิมแล้วให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ ความนุ่ม การเกาะตัว กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม วิธีการทดสอบใช้แบบ 9-Point hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำคะแนนที่ได้ไป วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) ร่วมกับการทดสอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test แยกความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ภาพที่ 1



แสดงกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลัก กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา (BT และ F_o)

5.4.1 นำผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการผลิต ที่ได้จากข้อ 5.2.2 ทั้ง 9 การทดลองมาตรวจสอบ ดังนี้

- ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (Anti Compressive Loading Value, ALV) ที่วัดด้วยวิธี Black Extrusion Test (กิตติชัย บรรจง 2534 : 33) จากการวัดด้วยเครื่อง KMITL Food Texture รุ่น KBP-29 ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยบรรจุข้าวสุกจำนวน 40 กรัม ลง Test Cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30.9 มม. ดัดดันโยกให้ระบบไฮโดรลิกทำงาน หัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 มม. ซึ่งต่อกับ Load Cell ของเครื่องจะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็ว 5 ซม./นาที กดผ่านข้าวสุกในทรงกระบอกจนถึงระยะห่างจากฐานของอุปกรณ์ 1 มม ค่าแรงที่อ่านได้เป็นกิโลกรัม

5.4.2 นำข้อมูลที่ตรวจสอบตามข้อ 5.4.1 มาสร้างความสัมพันธ์กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHIC Version 3.0 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) และอิทธิพลของปัจจัยหลักทั้งสองในรูปของสมการถดถอยพหุคูณ ที่มีต่อค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยพิจารณาค่า r^2 (Coefficient of Determination) แล้วนำสมการมาพลอตกราฟความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวจาปอนนิก้า

1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจาปอนนิก้า

จากผลการทดลอง พบว่ามีความชื้น,ไขมัน, โปรตีน, เถ้า, เยื่อใย และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 12.77 ± 0.004, 1.59 ± 0.039, 8.59 ± 0.184, 0.23 ± 0.002, 0.09 ± 0.040 และ 76.69 ± 0.222 ตามลำดับ ดังแสดงใน (ตารางที่ 6) ในส่วนของความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และการแยกตัวของเมล็ดข้าวในการทำข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น อยู่ในช่วง 50-55 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ จะทำให้ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมีเนื้อสัมผัสที่สม่ำเสมอ (Robert et al 1953 : 78-80)

ตารางที่ 6

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจาปอนนิก้า

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ [1)]
ความชื้น	12.77 ± 0.004
ไขมัน	1.59 ± 0.039
โปรตีน	8.59 ± 0.184
เถ้า	0.23 ± 0.002
เยื่อใย	0.09 ± 0.040
คาร์โบไฮเดรต [2)]	76.69 ± 0.222

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้ง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (L/W ratio) และ น้ำหนักต่อ 1000 เมล็ดของข้าวจาปอนนิก้า

จากผลการทดลอง พบว่า ความยาวและความกว้างของเมล็ดอยู่ในช่วง 4.45-4.88 และ 2.58-2.90 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างอยู่ในช่วง 1.54-1.75 และมีน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด อยู่ในช่วง 17.96-18.91 กรัม ดังแสดงใน (ตารางที่ 7)

อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกประเภทของข้าวสาร โดยข้าวประเภทอินดิก้า จะมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง ประมาณ 3.1-3.5 มิลลิเมตร ลักษณะของเมล็ดเรียวยาว ค่อนข้างแบน ส่วนข้าวประเภทจาปอนนิก้ามีประมาณ 1.4-2.9 มิลลิเมตร ลักษณะของเมล็ดสั้น และค่อนข้างกลม (วุฒิชัย 2539 : 22) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวสารที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวประเภทจาปอนนิก้า

1.3 คุณภาพในการหุงต้มของข้าวจาปอนนิก้า

จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวจาปอนนิก้าเมื่อต้มให้สุกแล้วสามารถดูดซึมน้ำได้และมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ซึ่งข้าวจาปอนนิก้าที่นำมาศึกษานี้สามารถดูดซึมน้ำและขยายตัว อยู่ในช่วง 3.22-4.06 เท่า และ 3.62-5.60 เท่าของปริมาตรข้าวสาร โดยมีปริมาณของเข็งที่ละลายในน้ำในช่วงร้อยละ 12.30-16.94 ดังแสดงใน (ตารางที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

ขนาดของเมล็ด, อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และ น้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด ของข้าวจาปอนนิก้า

ครั้งที่	ขนาดของเมล็ด [1]		อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (มม.)	น้ำหนัก ต่อ 1000 เมล็ด (กรัม)
	ความยาว (มม.)	ความกว้าง (มม.)		
1	4.61	2.70	1.70	18.60
2	4.60	2.90	1.58	18.57
3	4.61	2.76	1.67	18.66
4	4.75	2.70	1.75	17.96
5	4.88	2.88	1.69	17.98
6	4.69	2.83	1.65	18.71
7	4.45	2.58	1.72	19.01
8	4.68	2.87	1.63	18.74
9	4.69	2.87	1.63	18.91
10	4.56	2.96	1.54	17.99

หมายเหตุ : [1] ค่าที่แสดงได้จากการสุ่มตัวอย่างครั้งละ 10 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8

การดูดซึมน้ำ (Water absorption), ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (Volume expansion) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solid) ของข้าวจาปอนนิก้า

ครั้งที่	การดูดซึมน้ำ (เท่า)	ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (เท่า)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (ร้อยละ)
1	3.67	4.39	16.94
2	4.06	4.52	14.20
3	3.22	4.15	12.31
4	3.49	4.49	13.64
5	3.48	3.62	14.12
6	3.59	3.81	12.30
7	3.67	4.35	13.17
8	3.58	5.60	13.64
9	3.60	4.04	14.12
10	3.32	3.69	13.23

1.4 การหาปริมาณอะไมโลส

จากการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่ในข้าวจาปอนนิก้า พบว่ามีปริมาณอะไมโลสอยู่ร้อยละ 14.59 $\pm$ 0.156 ดังแสดงใน (ตารางที่ 9) จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ดังนั้น ข้าวจาปอนนิก้าที่ศึกษาเมื่อนำมาหุงสุกจะมีลักษณะเหนียวติดกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Juliano (1985 : 774 p.) ที่กล่าวว่า ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะข้าวสุกจะนุ่มเหนียวถึงเหนียวมาก

คุณภาพของข้าวสุก นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างน้ำกับข้าว ซึ่งต้องให้ได้สัดส่วนตามปริมาณอะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบของข้าวด้วย (Juliano 1982 : 305-317) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวจาปอนนิก้าซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ถ้าใส่น้ำมากจะแฉะ แต่ถ้าใส่น้ำน้อยลงจะช่วยให้ข้าวสุกมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่แฉะมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9

ปริมาณอะไมโลสของข้าวจาปอนนิก้า

ครั้งที่	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)
1	14.56
2	14.32
3	14.64
4	14.64
5	14.80
เฉลี่ย	14.59 $\pm$ 0.156

1.5 การหาอัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าสุก

จากการวิเคราะห์หากราฟมาตราฐาน (Standard curve) อัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าสุก โดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนส์ (Y) กับ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร (X) ด้วยสมการเส้นตรงรีเกรสชั่น (Simple linear regression) ได้สมการเส้นตรง คือ

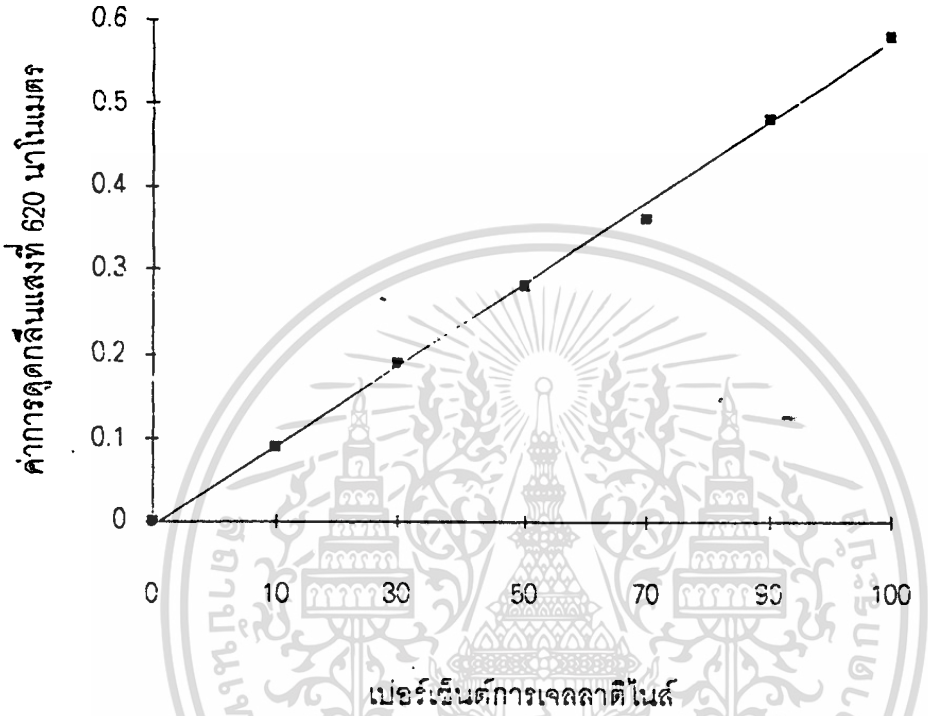
$$Y = 0.005304(X) + 0.013920$$

$$(r^2 = 0.9798)$$

พบว่า ถ้าค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตรเพิ่มขึ้น อัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าสุก จะสูงขึ้นตาม อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 12) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Birch and Priestley (1973 : 98-100) ที่พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวสุก กับ ค่าการดูดกลืนแสง เป็นแบบเส้นตรง (Linear relationship)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2



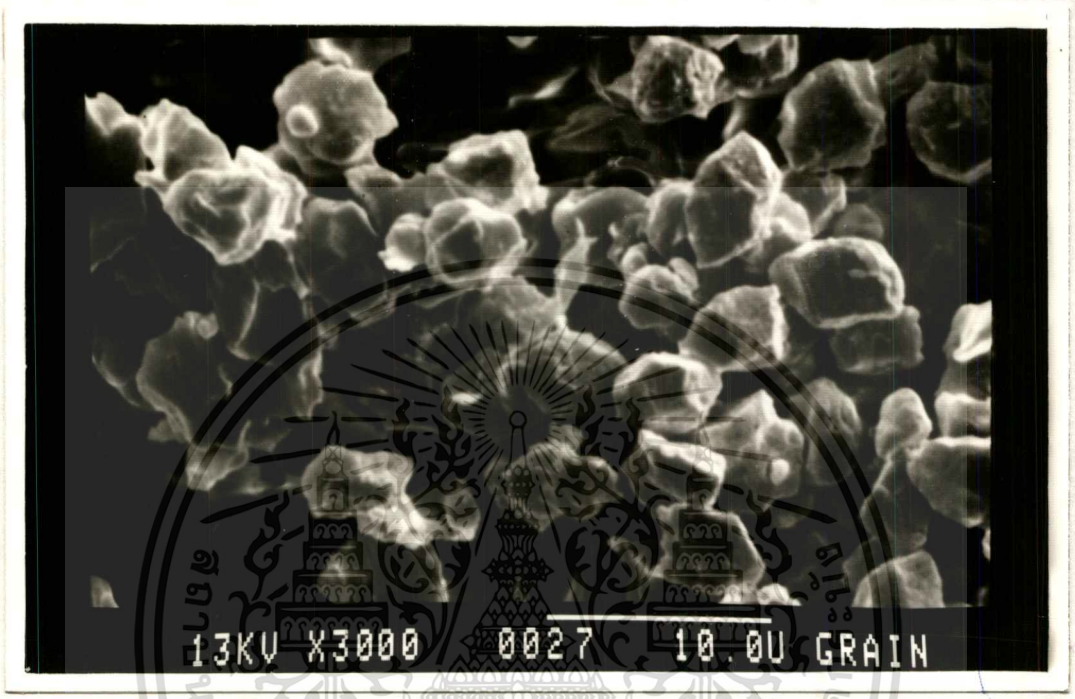
แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนส์กับค่าการดูดกลืนแสงของข้าวจาปอนนิก้าสุก

1.6 การตรวจหาลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าดิบ

จากภาพที่ 3 พบว่า ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน จะมีรูปร่างเป็นรูปหลายเหลี่ยม ขนาดเล็กและใหญ่ มีขนาดของเม็ดแป้งอยู่ระหว่าง 3.96-5 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3



แสดงเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน แบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

2.1 ศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวลงในกระป๋อง ในกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวลงในกระป๋อง ในกระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาปริมาณความชื้น, อัตราการเจลลาติไนส์ และ ลักษณะรูปร่างภายในเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวจาปอนนิก้า ที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุในน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 7, 11 และ 15 นาที

พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 7, 11 และ 15 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 53.04 $\pm$ 1.609 - 64.09 $\pm$ 0.846 (ตารางที่ 10) โดยข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 15 นาที มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 64.09 $\pm$ 0.846 ในขณะที่ข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 7 นาที มีปริมาณความชื้นที่ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 53.04 $\pm$ 1.609 ซึ่ง Nagarathnamma and Siddappa (1965 : 128-131) พบว่า การผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีเนื้อสัมผัสสุกสม่ำเสมอ มีเม็ดคงรูปไม่แตกหัก เมล็ดข้าวจะต้องมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 56

สอดคล้องกับ วุฒิชัย (2530 : 36) ศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้วิธีการบรรจุแบบไม่เติมน้ำร้อนหรือแบบแห้ง กับ แบบเติมน้ำร้อนหรือแบบเปียก พบว่า การบรรจุแบบไม่เติมน้ำร้อนหรือแบบแห้ง จะให้ข้าวสุกที่เต็มเมล็ด และสอดคล้องกับการทดลองของ Luh and Liu (1980 : 591) ที่พบว่า การต้มก่อนการบรรจุข้าวก่อนการฆ่าเชื้อ หรือการทำให้ข้าวสุกบางส่วน มีความสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยจะมีผลทำให้เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องสุกสม่ำเสมอ เมล็ดมีความคงรูปไม่แตกหัก เมื่อผ่านการให้ความร้อนในรีทอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10

ปริมาณความชื้นของข้าวจาปอนนิก้าต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที [1)]

เวลาต้ม (นาที)	ร้อยละ [2)]
7	53.04 ± 1.609 [c]
11	60.92 ± 2.318 [b]
15	64.90 ± 0.846 [a]

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

[2)] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์หาอัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าที่ระยะเวลาต้ม 7, 11 และ 15 นาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีอัตราการเจลลาติไนส์อยู่ในระหว่างร้อยละ 37.83 ±1.334 - 97.61 ± 1.106 ดังแสดงใน (ตารางที่ 11) โดยข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 15 นาที มีอัตราการเจลลาติไนส์สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 97.61 ± 1.106 ในขณะที่ข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 7 นาที มีอัตราการเจลลาติไนส์ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 37.83 ±1.334 ทั้งนี้เนื่องจากที่ระยะเวลาในการต้มข้าวก่อนการบรรจุสั้นเกินไป ทำให้เม็ดแป้งดูดซึมน้ำเข้าไปได้น้อย เป็นผลทำให้เม็ดแป้งขยายและพองตัวได้น้อย จึงทำให้มีอัตราการเจลลาติไนส์ที่ต่ำ จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุจะมีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากที่ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุแตกต่างกัน จะมีอัตราการเจลลาติไนส์ที่แตกต่างกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11

อัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้า ต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที [1)]

เวลาต้ม (นาที)	อัตราการเจลลาติไนส์ (ร้อยละ) [2)]
7	37.83 ± 1.334^{c}
11	85.96 ± 1.548^{b}
15	97.61 ± 1.106^{a}

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

[2)] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$

จากการศึกษาลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุในน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 7, 11 และ 15 นาที (ภาพที่ 4, 5 และ 6) พบว่า เม็ดแป้งในเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 7, 11 และ 15 นาที เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน (ภาพที่ 3) โดยเม็ดแป้งมีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากการเจลลาติไนส์ของเม็ดแป้ง โดยเม็ดแป้งที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุ 15 นาที จะเสียรูปร่างมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการเจลลาติไนส์สูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ (ตารางที่ 11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4

แสดงเม็ดแป้งของข้าวจาบ่อนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

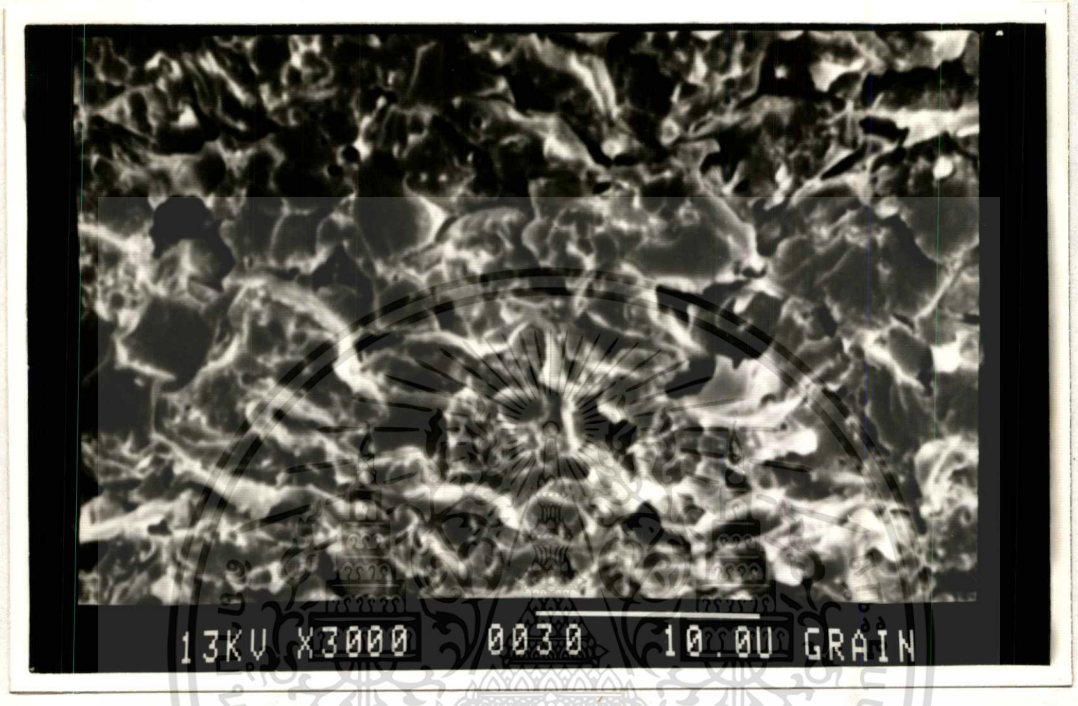
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5

แสดงเม็ดแป้งของข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา11 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6



แสดงเม็ดแป้งของข้าวจาปอนนิก้าที่ผ่านการต้มก่อนการบรรจุที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (SEM) (X 3000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาปัจจัยในการต้มข้าวก่อนการบรรจุที่ระยะเวลา 7, 11 และ 15 นาที ร่วมกับ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส โดยมีค่า F_o 3, 5 และ 7 ผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงใน (ภาพที่ 7, 8 และ 9) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาต้ม 11 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 5 มีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด โดยเมล็ดข้าวสุกมีความคงรูปไม่แตกหัก และเมล็ดไม่ร่วน และที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 3 มีลักษณะใกล้เคียงกับที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 5 แต่มีบางเม็ดที่ร่วนแยกตัวออกมา ส่วนที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 7 มีลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 5 เช่นกัน แต่มีเมล็ดข้าวบางส่วนมีรอยแตก เนื่องจากระดับความร้อนที่สูงขึ้น

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุเท่ากับ 7 นาที ทุกระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) พบว่า มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี เมล็ดข้าวสุกมีสีคล้ำ-เหลือง และเมล็ดดข้าวมีลักษณะร่วนแข็ง โดยเมล็ดข้าวจะแยกออกจากกันหมด และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเท่ากับ 15 นาที ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ก็ไม่ดีเช่นกัน โดยเมล็ดข้าวปริแตกและแฉะ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้ม 15 นาที ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 7 เมล็ดข้าวปริแตก และแฉะมาก เทออกจากกระป๋องได้ยาก โดยเมื่อเทออกมาเมล็ดข้าวจะเกาะติดกันเป็นรูปกระป๋อง

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองข้างต้น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุ 11 นาที เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 60.92 $\pm$ 2.318 (ตารางที่ 11) ที่อัตราการเจลลาติไนส์เท่ากับร้อยละ 85.96 $\pm$ 1.548 (ตารางที่ 10) มีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด สอดคล้องกับ Robert et al (1953 : 78- 80) ที่พบว่า การทำข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นอยู่ระหว่างร้อยละ 60-65 ก่อนนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่สุกสม่ำเสมอ

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 7 นาที มีอัตราการเจลลาติไนส์ร้อยละ 37.83 $\pm$ 1.334 และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 15 นาที มีอัตราการเจลลาติไนส์ร้อยละ 97.61 $\pm$ 1.106 เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 53.92 $\pm$ 1.609 และ 64.90 $\pm$ 0.846 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดี เนื่องจากที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 7 นาที ข้าวมีปริมาณความชื้นไม่เพียงพอ แป้งเกิดการเจลลาติไนส์ในอัตราที่น้อยเกินไปในระหว่างการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีลักษณะที่ร่วนแข็ง ส่วนที่ระยะเวลาต้ม 15 นาที ข้าวมีความชื้นที่มากเกินไปทำให้แป้งเกิดการเจลลาติไนส์ในอัตราที่มากเกินไป และมีปริมาณน้ำที่เกินความจำเป็นซึ่งทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากความร้อนสะสมที่สูงขึ้นตามปริมาณความชื้นที่มีอยู่สูง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี คือ เมล็ดข้าวมีลักษณะที่แฉะมาก

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน ที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเดียวกัน พบว่า ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าว 7 นาที น้อยที่สุด และมากที่สุดที่ระยะเวลาต้มข้าว 15 นาที อย่างไรก็ตามลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ มีความใกล้เคียงกันมากที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อต่างกัน

ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาต้มข้าว 11 นาที ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 60.92 $\pm$ 2.318 ที่อัตราการเจติไนส์เท่ากับร้อยละ 85.96 $\pm$ 1.548 และที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 5 เหมาะสมที่สุดในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด คือ เมล็ดข้าวมีความคงตัวไม่แตกหัก และไม่ร่วนจนเกินไป

เมื่อตรวจสอบการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ แก่ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 15 นาที (F_o = 3), 25 นาที (F_o = 5) และ 35 นาที (F_o = 7) ให้ความร้อน (Heating curve) เป็นเส้นตรงทั้งหมด โดยค่า F_o ที่คำนวนได้จากวิธี Formula Method ซึ่งแสดงใน (ภาคผนวก ก.) ใกล้เคียงกับ F_o ที่กำหนด ดังแสดงใน (ตารางที่ 12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7

(7a)

(7b)

(7c)

แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส มี BT เท่ากับ 7 นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (7a) F_o = 3 (15 นาที), (7b) F_o = 5 (25 นาที), และ (7c) F_o = 7 (35 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8

(8a)

(8b)

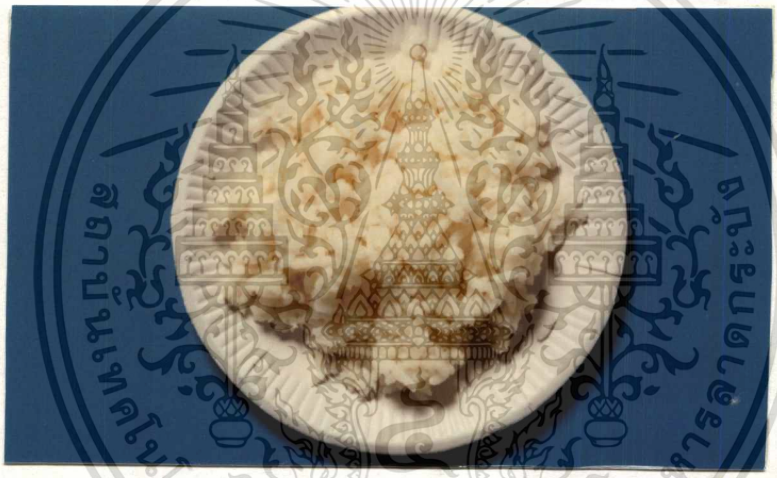
(8c)

แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส มี BT เท่ากับ 11นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (8a) F_o = 3 (15 นาที), (8b) F_o = 5 (25 นาที), และ (8c) F_o = 7 (35 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9

(9a)



(9b)

(9c)

แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส มี BT เท่ากับ 15นาที ที่ F_o ต่าง ๆ กัน (9a) F_o = 3 (15 นาที), (9b) F_o = 5 (25 นาที), และ (9c) F_o = 7 (35 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12

ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

การทดลองที่	ผลิตภัณฑ์		ปัจจัยในการส่งผ่านความร้อน [1]				F_o [2]	F_o
	เวลาต้ม (นาที)	เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	IT ($^{\circ}$ซ)	f_h (นาที)	f_h/u	F_i (นาที)	คำนวณ (นาที)	กำหนด (นาที)
1	7	15	69.00	14.0	1.13	4.085	3.04	3
2	7	25	70.50	10.0	0.47	4.085	5.18	5
3	7	35	70.60	12.0	0.42	4.085	7.00	7
4	11	15	73.20	7.5	0.59	4.085	3.13	3
5	11	25	76.00	12.0	0.41	4.085	5.16	5
6	11	35	75.00	12.0	0.41	4.085	7.04	7
7	15	15	77.50	9.0	0.67	4.085	3.31	3
8	15	25	78.50	11.0	0.51	4.085	5.30	5
9	15	35	78.00	11.5	0.38	4.085	7.35	7

หมายเหตุ : [1] ความหมายของสัญญลักษณ์แสดงในภาคผนวก ก.

[2] แสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก.

ในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันนั้น นอกจากจะต้องให้ความร้อนอย่างเหมาะสมและเพียงพอในการทำให้ข้าวสุกพอดีแล้ว ประการสำคัญความร้อนที่ให้ต้องสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย หรือที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium botulinum* เพราะเชื้อนี้ก่อให้เกิดโรคและสามารถต้านทานความร้อนได้สูง และสามารถเจริญได้ในระดับพีเฮชมากกว่า 4.6 ซึ่งข้าวก็จัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มีพีเฮชมากกว่า 4.6 (Pflug 1987 : 528-533) รายงานไว้ว่า $F_{250\ ^{\circ}F}$ ของ *Clostridium botulinum* มีค่าเท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งเป็นระดับความร้อนที่มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มีพีเฮชสูง เมื่อพิจารณาค่า F_o ทั้ง 3 ค่า คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3, 5 และ 7 นาที ที่กำหนดในการทดลองนี้จะเห็นว่าเป็น F_0 ที่พอเพียงในการลดปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าว ผลที่ได้จากการทดลองนี้จึงนำข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 25 และ 35 นาที ไปทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ต่อไป

2.3 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 13) พบว่า ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส F_0 3, 5 และ 7 นาที ทุกระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุ ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งไม่มีการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* และ *Bacillus stearothermophillus* ซึ่งเป็นการยืนยันว่า ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส หรือ F_0 เท่ากับ 3, 5 และ 7 นาที เพียงพอในการทำลาย *Clostridium botulinum* และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ในอาหาร เนื่องจากไม่พบการเจริญของ *Bacillus stearothermophillus* ซึ่งเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้สามารถต้านทานต่อความร้อนได้สูงกว่า *Clostridium botulinum* (Stumbo 1973 : 10-13)

หมายเหตุ :

1) เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสามารถต้านทานความร้อนได้สูง อีกทั้งสามารถเจริญได้ในสภาพปราศจากอากาศคือ เชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่จำเป็นต้องตรวจหาในอาหารกระป๋อง เพราะเป็นเชื้อซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก แต่ในทางปฏิบัติการตรวจหาจุลินทรีย์จำเป็นจะต้องใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่จัดเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารโดยเฉพาะอาหารกระป๋อง เชื้อแบคทีเรียดังกล่าวได้แก่ *Bacillus stearothermophillus* ซึ่งเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้สามารถต้านทานต่อความร้อนได้สูงกว่า *Clostridium botulinum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13

ผลการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง [1]

ผลิตภัณฑ์ [2]		Total plate count		*Clostridium botulinum*	*Bacillus stearothermophillus*
BT (นาที)	F_o (นาที)	35°C	55°C		
7	3	--	--	--	--
7	5	--	--	--	--
7	7	--	--	--	--
11	3	--	--	--	--
11	5	--	--	--	--
11	7	--	--	--	--
15	3	--	--	--	--
15	5	--	--	--	--
15	7	--	--	--	--

หมายเหตุ : [1] ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้การชิมแล้วให้คะแนน ในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 9 การทดลอง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0, 1, 3 และ 6 เดือน ได้ผลดังตารางที่ 14-19

3.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance)

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) / ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 7/ 3, 7/ 5 และ 7/ 7 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะปรากฏในเดือนที่ 3 โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0 และ 1 เดือน และผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 4, 7, 8 และ 9 ได้แก่ 11/ 3, 15/ 3, 15/ 7 และ 15/ 5 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะปรากฏในเดือนที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน ยกเว้นผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 5 และ 6 ได้แก่ 11/ 5 และ 11/ 7 นาที ยังคงมีลักษณะปรากฏที่ดี ถึงแม้จะมีอายุการเก็บถึงเดือนที่ 6 โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้ชิมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

3.2 การเกาะตัว (Cohesiveness)

จากตารางที่ 15 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) / ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 7/ 3, 7/ 5, 7/ 7 และ 11/ 3 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของการเกาะตัวในเดือนที่ 3 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0 และ 1 เดือน ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเกิดเนื่องจากเมล็ดข้าวสุกมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกาะตัวกันน้อย มีเมล็ดแยกออกเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ เป็นส่วนใหญ่ ทำให้คุณลักษณะการเกาะตัวโดยรวม มีความแตกต่างไปในแต่ละเดือน ส่วนผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 7, 8 และ 9 ได้แก่ 15/ 3, 15/ 5 และ 15/ 7 นาที พบว่า เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของการเกาะตัวในเดือนที่ 6 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน ยกเว้นผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 5 และ 6 ได้แก่ 11/ 5 และ 15/ 7 นาที ยังคงมีการเกาะตัวที่ดีในเดือนที่ 6 โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้ชิมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน

ตารางที่ 14

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT / F_0	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	7.13 [a]	7.06 [a]	6.23 [b]	5.20 [c]
2	7 / 5	7.54 [a]	7.14 [a]	6.10 [b]	5.98 [b]
3	7 / 7	6.75 [a]	6.30 [a]	5.73 [b]	5.43 [b]
4	11 / 3	7.67 [a]	7.20 [a]	7.33 [a]	6.47 [b]
5	11 / 5	7.92 [a]	7.85 [a]	7.80 [a]	7.63 [a]
6	11 / 7	7.54 [a]	7.35 [a]	7.27 [a]	7.05 [a]
7	15 / 3	6.08 [a]	6.37 [a]	6.37 [a]	5.68 [b]
8	15 / 5	5.67 [a]	5.75 [a]	5.26 [ab]	4.98 [b]
9	15 / 7	6.17 [a]	6.16 [a]	5.73 [ab]	5.23 [b]

หมายเหตุ : [1] BT/ F_0 = เวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที)/ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการเกาะตัว ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT / F_0	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	7.17 [a]	6.07 [a]	5.05 [b]	4.07 [b]
2	7 / 5	7.54 [a]	6.67 [a]	5.59 [b]	5.00 [b]
3	7 / 7	6.75 [a]	6.75 [a]	5.50 [b]	5.43 [b]
4	11 / 3	7.67 [a]	7.25 [a]	6.06 [b]	5.67 [b]
5	11 / 5	7.92 [a]	7.70 [a]	7.45 [a]	7.35 [a]
6	11 / 7	7.54 [a]	7.35 [a]	7.65 [a]	6.63 [a]
7	15 / 3	6.08 [a]	6.06 [a]	6.06 [a]	5.67 [ab]
8	15 / 5	5.67 [a]	5.60 [a]	5.73 [a]	5.05 [b]
9	15 / 7	6.17 [a]	6.01 [a]	5.59 [a]	4.93 [b]

หมายเหตุ : [1] BT/ F_0 = เวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที) / ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ความนุ่ม (Firmness)

จากตารางที่ 16 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT)/ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 7/ 3 นาที และจากการทดลองที่ 2, 3 และ 4 นาที ได้แก่ 7/ 5, 7/ 7 และ 11/ 3 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของความนุ่ม ในเดือนที่ 1 และในเดือนที่ 3 ตามลำดับ โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0 เดือน ส่วนผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 8 และ 9 ได้แก่ 15/ 5 และ 15/ 7 นาที พบว่า เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของความนุ่มในเดือนที่ 6 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน ยกเว้นผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 5, 6 และ 7 ได้แก่ 11/ 5, 11/ 7 15/ 3 นาที ยังคงมีความนุ่มในเดือนที่ 6 ไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้ชิมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการเกาะตัวและความนุ่มของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาจากอายุการเก็บรักษา จะเห็นว่าคะแนนด้านการเกาะตัวและความนุ่มมีค่าลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งแสดงว่าข้าวมีการเกาะตัวและความนุ่มเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยเมล็ดข้าวจะแข็งและแยกเป็นเมล็ด ๆ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากการคืนตัวกลับของแป้ง (Retrogradation) ภายในเมล็ดข้าว โดยเมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่ ทำให้เมล็ดข้าวสุกแข็ง เนื่องจากน้ำที่อะไมโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา (Luh and Liu 1980 : 592-594)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความนุ่มของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT / F_0	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	6.17 [a]	5.40 [b]	5.05 [b]	3.73 [c]
2	7 / 5	6.25 [a]	5.47 [ab]	5.13 [b]	3.13 [c]
3	7 / 7	5.83 [a]	5.67 [a]	4.95 [b]	4.67 [b]
4	11 / 3	7.33 [a]	6.73 [a]	5.53 [ab]	4.53 [b]
5	11 / 5	8.00 [a]	7.95 [a]	7.43 [a]	7.30 [a]
6	11 / 7	7.33 [a]	7.45 [a]	7.43 [a]	6.90 [a]
7	15 / 3	6.58 [a]	7.20 [a]	7.20 [a]	6.89 [a]
8	15 / 5	6.17 [a]	6.53 [a]	5.53 [ab]	5.05 [b]
9	15 / 7	7.17 [a]	6.63 [a]	5.95 [ab]	5.12 [b]

หมายเหตุ : [1] BT/ F_0 = เวลาการต้มข้าวก่อนการบรรจุ(นาที)/ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

3.4 กลิ่น (Aroma)

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 8 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) / ระดับความร้อนที่ (F_0) เท่ากับ 7/ 3, 7/ 5, 7/ 7, 11/ 3, 11/ 5, 15/ 3 และ 15/ 5 นาที เริ่มมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงในเดือนที่ 3 ทั้ง 7 การทดลอง ส่วนผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 6 และ 9 ได้แก่ 11/ 7 และ 15/ 7 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นในเดือนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT/ F_0	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	7.00 ^{a}	6.53 ^{ab}	6.00 ^{b}	3.93 ^{c}
2	7 / 5	7.00 ^{a}	7.00 ^{a}	6.33 ^{b}	4.86 ^{c}
3	7 / 7	7.00 ^{a}	6.67 ^{ab}	6.07 ^{b}	3.80 ^{c}
4	11 / 3	7.00 ^{a}	6.53 ^{ab}	6.33 ^{b}	4.07 ^{c}
5	11 / 5	7.00 ^{a}	7.00 ^{a}	6.73 ^{b}	5.80 ^{c}
6	11 / 7	7.00 ^{a}	6.67 ^{a}	6.67 ^{a}	5.47 ^{b}
7	15 / 3	7.00 ^{a}	7.00 ^{a}	6.47 ^{b}	5.13 ^{b}
8	15 / 5	7.00 ^{a}	7.00 ^{a}	6.27 ^{b}	5.93 ^{c}
9	15 / 7	7.00 ^{a}	6.93 ^{a}	6.20 ^{a}	4.33 ^{b}

หมายเหตุ : [1] BT/ F_0 = เวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที)/ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 รสชาติ (Taste)

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) / ระดับความร้อนที่ (F_o) เท่ากับ 7/ 3, 7/ 5, 7/ 7, 11/ 3, 11/ 5 และ 15/ 3 นาที เริ่มมีรสชาติเปลี่ยนแปลงในเดือนที่ 3 ส่วนผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 6, 8 และ 9 ได้แก่ 11/ 7, 15/ 5 และ 15/ 7 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติในเดือนที่ 6

ตารางที่ 18

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT / F_o	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	6.08 [a]	5.97 [a]	5.13 [b]	3.47 [c]
2	7 / 5	6.58 [a]	6.35 [a]	5.53 [b]	3.73 [c]
3	7 / 7	6.67 [a]	6.73 [a]	5.40 [b]	3.47 [c]
4	11 / 3	6.67 [a]	6.73 [a]	5.53 [b]	3.93 [c]
5	11 / 5	6.83 [a]	6.73 [a]	6.65 [b]	4.47 [c]
6	11 / 7	6.75 [a]	6.49 [a]	6.53 [a]	4.43 [b]
7	15 / 3	6.17 [a]	6.43 [a]	6.47 [b]	5.47 [c]
8	15 / 5	6.25 [a]	6.00 [a]	6.20 [a]	5.67 [c]
9	15 / 7	7.42 [a]	6.83 [a]	5.65 [a]	3.47 [b]

หมายเหตุ : [1] BT/ F_o = เวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที)/ ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การยอมรับโดยรวม (Overall palatability)

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 5 และ 6 ซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (BT) / ระดับความร้อนที่ (F_0) เท่ากับ 11/ 5 และ 11/ 7 นาที ยังคงได้รับการยอมรับโดยรวมอยู่ถึงแม้จะเก็บมีอายุการเก็บถึงเดือนที่ 6 โดยมีคะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในการทดลองเดียวกันที่อายุการเก็บ 0, 1 และ 3 เดือน ส่วนผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ได้แก่ 7/ 3, 7/ 5 และ 7/ 7 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับโดยรวมในเดือนที่ 3 และ ผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ 4, 7, 8 และ 9 ได้แก่ 11/ 3, 15/ 3, 15/ 5 และ 15/ 7 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับโดยรวมในเดือนที่ 6

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ระยะเวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน สรุปได้ว่า ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ที่ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคไม่เปลี่ยนแปลง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 11 นาที แล้วบรรจุกระป๋อง นำไปฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 25 และ 35 นาที ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเป็น 5 และ 7 นาที โดยข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ 11 นาที ระดับความร้อนเป็น 5 นาที ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน โดยผู้ชิมให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ให้คะแนนคุณลักษณะในส่วนของกลิ่น และ รสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านการยอมรับโดยรวมของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูป บรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 0, 1, 3 และ 6 เดือน

การทดลองที่	ปัจจัย [1] BT/ F_0	อายุการเก็บ (เดือน) [2] 0 [3]	1	3	6
1	7 / 3	6.17 ^{a}	5.67 ^{a}	5.07 ^{b}	3.93 ^{c}
2	7 / 5	6.33 ^{a}	5.87 ^{a}	4.20 ^{b}	4.20 ^{b}
3	7 / 7	6.58 ^{a}	6.63 ^{a}	5.20 ^{b}	4.13 ^{b}
4	11 / 3	7.83 ^{a}	7.47 ^{a}	7.07 ^{b}	6.67 ^{b}
5	11 / 5	8.08 ^{a}	7.47 ^{a}	7.30 ^{a}	6.95 ^{a}
6	11 / 7	8.00 ^{a}	7.83 ^{a}	7.05 ^{a}	6.80 ^{a}
7	15 / 3	6.25 ^{a}	6.00 ^{a}	5.60 ^{a}	4.53 ^{b}
8	15 / 5	6.58 ^{a}	6.73 ^{a}	6.60 ^{a}	5.67 ^{b}
9	15 / 7	6.33 ^{a}	6.87 ^{a}	7.00 ^{a}	5.53 ^{b}

หมายเหตุ : [1] BT/ F_0 = เวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (นาที) / ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

[2] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

[3] 0 เดือน = ระยะเวลาหลังผลิตเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับปัจจัยที่ศึกษา (BT และ F_o)

จากการวิเคราะห์หาค่าแรงต้านทานการกดทะลัก(ALV, kg.force) (Y) (ตารางที่ 15) ปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงต้านทานการกดทะลัก คือ ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (X_1) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (X_2) โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression) โดยสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 9.453924 - 1.569583(X_1) - 1.399375(X_2) + 0.054583(X_1)^2 - 0.0751040(X_2)^2 - 0.03125(X_1)(X_2)$$

$$(r^2 = 0.9824)$$

พบว่า ถ้าระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ และ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ(F_o)เพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลง (ตารางที่ 28) และ ภาพที่ 9 โดยระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ มีความสัมพันธ์กับค่าแรงต้านทานการกดทะลัก แบบแปรผกผันกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ(F_o) มีความสัมพันธ์กับค่าแรงต้านทานการกดทะลักแบบแปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน (ตารางที่ 21)

ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าว(BT) เท่ากับ 7 นาที และ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 3 ให้ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) สูงที่สุดเท่ากับ 40.00 $\pm$ 0.000 กิโลกรัม ในขณะที่ ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าว (BT) เท่ากับ 15 นาที และ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เท่ากับ 7 ให้ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) ต่ำที่สุดเท่ากับ 10.72 $\pm$ 0.055 กิโลกรัม ดังแสดงใน (ตารางที่ 20) การที่แรงต้านทานการกดทะลักลดลง (ALV) เมื่อระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดเจลลาติไนส์ของแป้งภายในเมล็ดข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว มีส่วนทำให้ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) ลดลง โดยในระหว่างการต้มเมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไป และเกิดการเจลลาติไนส์ ซึ่งถ้าใช้เวลาในการต้มข้าวนานขึ้นจะทำให้เมล็ดข้าวสามารถดูดน้ำได้มากขึ้นทำให้ความชื้นภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดข้าวสูง ส่งผลให้แป้งเกิดการเจลลาติไนส์ได้ดีขึ้น และทำให้ให้ข้าวสุกมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มหรือแฉะ ส่วนค่าระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) พบว่า การเจลลาติไนส์ของแป้งภายในเมล็ดข้าว จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) มากนักเมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อการฆ่าเชื้อ (F_o) สูงขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวจาปอนนิก้าส่วนใหญ่จะเกิดเจลลาติไนส์ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 65-85 องศาเซลเซียส (บริบูรณ์ 2537 : 9-17) ดังนั้นที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่สูงขึ้น การลดลงของค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) น่าจะมีผลส่วนใหญ่เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวที่ค่อนข้างสุกอยู่แล้วที่เป็นส่วนให้ความนุ่มของเมล็ดข้าว จะเห็นว่า ค่าต้านทานการกดทะลัก (ALV) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและค่อนข้างคงที่ เมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เพิ่มขึ้น โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (ALV) จะใกล้เคียงกันในทุกเวลาต้ม โดยเฉพาะในช่วงที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_o) เป็น 5 และ 7

ตารางที่ 20

ค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ BT และ F_o ต่าง ๆ

Treatment No.	Factor [2)] BT	F_o	ALV [1)] (kg.force)
1	7	3	40.00 ± 0.000
2	7	5	40.00 ± 0.000
3	7	7	35.64 ± 3.421
4	11	3	30.69 ± 0.174
5	11	5	26.06 ± 2.468
6	11	7	24.00 ± 8.584
7	15	3	16.08 ± 0.201
8	15	5	11.85 ± 0.641
9	15	7	10.72 ± 0.055

หมายเหตุ : [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coeffcient) ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

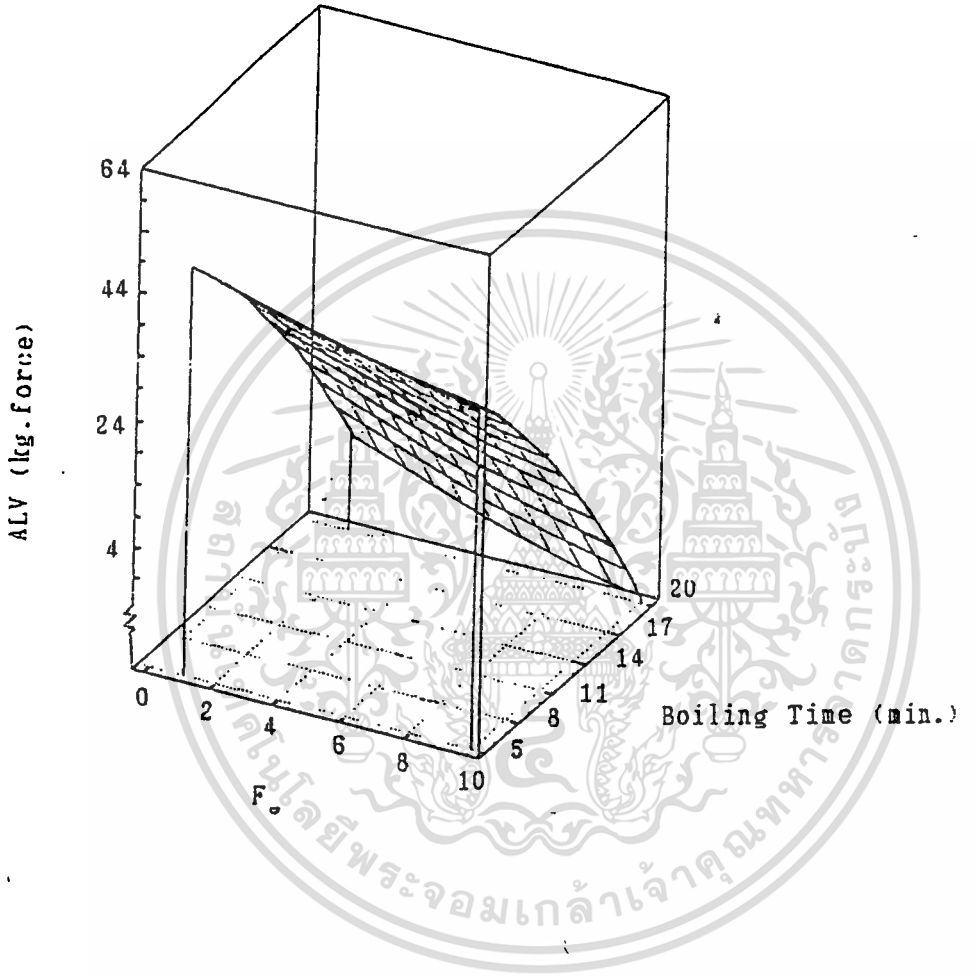
ปัจจัย	ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก (กิโลกรัม)
ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ	- 0.6762 *
ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าว	- 0.9733 **
ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ x ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ	- 0.7927 **
ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ ^{2}	- 0.6740 *
ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าว ^{2}	- 0.9734 **

หมายเหตุ : * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ ต่อค่าแรงต้านทานการกดทะลัก ของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวจาปอนนิก้า ประกอบด้วย องค์ประกอบทางเคมี ขนาดของเมล็ด น้ำหนักข้าวต่อ 1000 เมล็ด คุณภาพในการหุงต้ม ปริมาณอะไมโลส อัตราการเจลลาติไนส์ และลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง สรุปได้ดังนี้

1.1 องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 12.77 $\pm$ 0.004, 1.59 $\pm$ 0.039, 8.59 $\pm$ 0.184 , 0.23 $\pm$ 0.002, 0.09 $\pm$ 0.040 และ 76.69 $\pm$ 0.222 ตามลำดับ

1.2 ขนาดของเมล็ด มีความยาวและความกว้างของเมล็ดอยู่ในช่วง 4.45-4.88 และ 2.58-2.90 มิลลิลิตร ตามลำดับ มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างอยู่ในช่วง 1.54- 1.75 มิลลิลิตร จัดเป็นข้าวเมล็ดสั้น และมีน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด อยู่ในช่วง 17.96-18.91 กรัม

1.3 คุณภาพในการหุงต้ม ประกอบด้วย การดูดซึมน้ำ ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 3.21-4.05, 3.62-5.60 และ 12.30-16.94 ตามลำดับ

1.4 ข้าวจาปอนนิก้ามีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 14.59 $\pm$ 0.156 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ

1.5 การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานอัตราการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าสุก โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจลลาติไนส์ (Y) กับ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร (X) พบว่า ความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเส้นตรง คือ

$$Y = 0.005304(X) + 0.013920$$

$$(r^2 = 0.9798)$$

1.6 เม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวจาปอนนิก้ามีรูปร่างหลายเหลี่ยม ขนาดเล็กและใหญ่ และมีขนาดของเม็ดแป้งอยู่ระหว่าง 3.96-5.00 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสม สรุปได้ดังนี้

2.1 ศึกษาระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุข้าวลงในกระป๋อง ในกระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น และ อัตราการเจลลาติไนส์จะเพิ่มขึ้น โดยเม็ดแป้งที่ผ่านการให้ความร้อน หรือเกิดการเจลลาติไนส์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างอย่างชัดเจน โดยมีรูปร่างไม่แน่นอน

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า ที่ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเท่ากับ 11 นาที ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 60.92 $\pm$ 2.318 ที่อัตราการเจลลาติไนส์ร้อยละ 85.96 $\pm$ 1.548 และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 5 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ดีที่สุด คือ เมล็ดข้าวคงรูปไม่แตกหักและไม่ร่วน

การตรวจสอบการให้ความร้อนภายใต้ความดัน แก่ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 15 นาที (F_o = 3), 25 นาที (F_o = 5) และ 35 นาที (F_o = 7) พบว่า ให้ความร้อน (Heating curve) เป็นเส้นตรง

2.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน พบว่า ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ และไม่พบการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* และ *Baciilus stearothermophillus*

3. การเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุที่ 11 นาที และมีระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเป็น 5 นาที ได้รับการยอมรับสูงสุดจากผู้ชิม ในด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผู้ชิมให้คะแนนในด้านกลิ่น และรสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับ ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ และสมการถดถอยแบบพหุคูณ ได้สมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 9.453924 - 1.569583 (X_1) - 1.399375 (X_2) + 0.054583 (X_1)^2 - 0.0751040 (X_2)^2 - 0.03125 (X_1)(X_2)$$

$$(r^2 = 0.9824)$$

พบว่า ระยะเวลาต้มก่อนการบรรจุ แปรผกผันกับ ค่าแรงต้านทานการกดทะลักอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ แปรผกผัน ค่าแรงต้านทานการกดทะลักอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากลักษณะปรากฏของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมและระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการให้ความร้อนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ลักษณะของเม็ดข้าวจาปอนนิก้าไม่ดี

2. ในการต้มข้าวก่อนการบรรจุ ผู้ผลิตควรควบคุมให้อุณหภูมิที่ใช้มีความสม่ำเสมอกัน เนื่องจากอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจลลาติไนส์และลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวที่ได้จากการต้ม

3. ในการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง อาจมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ศึกษาปริมาณอะไมโลสของข้าวจาปอนนิก้าที่แตกต่างกัน หรือทดลองศึกษาเกี่ยวกับภาชนะบรรจุชนิดอื่น ๆ ในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เช่น ภาชนะที่ผลิตจากพลาสติกที่ทนความร้อนและความดันสูง (retort pouch)

4. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเกาะตัวและความนุ่มที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้น เพื่อทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาว่านานเท่าใดจะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณสมบัติด้านการเกาะตัวและความนุ่ม หรืออาจมีการทดลองใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการช่วยอุ้มน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้แป้งภายในเมล็ดข้าวเกิดการคืนตัวกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การศึกษาเบื้องต้นการผลิตข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย. กรุงเทพ : กองวิจัยเศษรฐกิจ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2536 : หน้า 1-4.

2. กิตติชัย บรรจง. "การวัดความแข็งของข้าวสุกด้วยวิธี Back Extrusion" วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. ปีที่ 9, ฉบับที่ 3 (2534) : หน้า 21-33.

3. เกตุอร ทองเครือ. ทดลองปลูกข้าวญี่ปุ่นแบบนาปรังที่หนองคาย. เดลินิวส์. ฉบับที่ 17054 (วันที่ 22 มิถุนายน)(2539) : หน้า 11.

4. งามชื่น คงเสรี. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการ พ.ศ. 2532 คณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, 2532 : 11 หน้า.

5. ธวัช วัดแก้ว. ข้าวญี่ปุ่น. วาสารเกษตรก้าวหน้า. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (2534) : หน้า 10-14.

6. ทิพาพร อยู่วิทยา. "สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ" วารสารอาหาร. ปีที่ 22, ฉบับที่ 4 (2535) : หน้า 39-50.

7. บริบูรณ์ สัมฤทธิ์. ข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย. หนังสือพิเศษ. วันสถานีเกษตร สถานีทดลองข้าวพาน (วันข้าวญี่ปุ่น และ 40 ปี สถานีทดลองข้าวพาน) 10 สิงหาคม, 2537 : หน้า 9-17.

8. ปาริชาต สุชิตานนท์ และ สุธี พรสวรรค์วงค์. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537 : 38 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. วุฒิชัย นาครักษา. การศึกษาขบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง. รายงานโครงการวิจัยลำดับที่ 7/2530. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2530 : 36 หน้า

10. _____. เทคโนโลยีธัญญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจิมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535 : หน้า 22, 31.

11. สุรีย์ สุขพันธ์โพธาราม และ สำลี บุญญาวิวัฒน์. เทคโนโลยีการปลูกข้าวญี่ปุ่น. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2538 : หน้า 1-61.

12. อรพิน ภูมิภมร. เทคโนโลยีของแป้ง : เคมีของแป้งและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์จากแป้งบางชนิดที่ผลิตในประเทศไทย. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533 : หน้า 34-37.

13. อาจอง เลี้ยงล่ำ. ผลงานวิจัยข้าวญี่ปุ่นในสถานีทดลองข้าวพาน. หนังสือพิเศษ. วันสถานีเกษตร สถานีทดลองข้าวพาน (วันข้าวญี่ปุ่น และ 40 ปี สถานีทดลองข้าวพาน) 10 สิงหาคม, 2537 : หน้า 22-25.

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

15. AOAC.Official Methodes of Analysis. 16th ed. The Association of Analytical Chemists. Arlington, Virginia, (1995).

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Birch, G.G., and R.J. Priestley. Degree of Gelatinization of Cooked Rice. Journal of Die Starke. 25 (1973) : p.98-100.

18. Cameron, E.J., and J.R. Esty. Comments on the Microbiology of Spoilage in Canned Fods. Journal of Food Res. (1940) : p.399-405.

19. Demont, J.I., and E.E. Burns. Effects of Certain Variables on Canned Rice Quality. Journal of Food Technology. 22 (1968) : p.1186-1188.

20. Earle, M.D. The Charecteristics of Food Texture. Journal of Food Technology in New Zealand. 14 (1979) : p.11-15.

21. Ferrel, R.E., and E.B. Kaster. Use of Emulsifier and Emulsified Oils to Redue Cohesion in Canned White Rice. Journal of Food Technology. 14(1960) : p.102-105.

22. Gerdes, D.L., and E.E. Burns. Technoques for Canning Instant Parbioled Rice. Journal of Food science. 47 (1982) : p.1734-1735.

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

24. Juliano, B.O. Asimplified Assay for Milled- Rice Amylose. Journal of Cereal Science Today. 6 (1971) : p.334-338, 340, 360.

25. _____. Properties of Rice Starch in Relation to Varietal Differences in Processing Charateristics of Rice Grain. Journal of Japan Starch Science. 29 (1982) : p. 305 - 317.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. _____. Rice Chemistry and Technology. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists. Paul Minnesota, 1985 : 774p.

27. Juliano, B.O., C.M., Perez, A.B., Blakeney, C., Breckenridge, T.D.,Castillo, N.H., Choudhury, N., Kongeree, B., Laignelet, F.E.., Merca, C.M., Paule, and B.D., Webb. Report of the International Cooperative Testing on the GelConsistency of Milled Rice. 29 (1980) : p.233-237.

28. Juliano, B.O. and C.M. Perez, Results of Collaborative on the Measurement of Grain Elongation of Milled Rice During Cooking. Journal of Cereal Science. 2 (1984) : p.292-231.

29. Kohji, H. R.A., Rahma Boedi, Miae Jo, Yuko Akinage and Takuo Okita. Sensory Evalution of Aromatic Rice by Japanese Consumers. Journal of Asean Food. 10 (1995) : p.15 - 18.

30. Luh, B.S. and Y. Liu. Canning Freezing and Freez Dring. In : Rice : Production and UtiliZation. AVI, 1980 : p.590-594.

31. Metal Box. Heat Processing in Canned Food. Customer Information Bulletin. 2(1982) : p.1-11.

32. Nagarathnamma, K. and G.S. Siddappa. Canning of Rice. Journal of Food Science and Technology. 2(1965) : p.128-131.

33. Norman, S., M. Quebec and C. Russell. Method of Canning Rice. U.S. Patent 3,132,030.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34. Pflug, I.J. Factors Important in Determining the Heat Process Value, F_T, for Low-Acid Canned Foods. Journal of Food Protection. (1987) : p.528-533

35. Robert, R.L., D.F. Honston and E.B. Kesteer. Process for Canning White Rice. Journal of Food Technology. 7(1953) : p.78-80.

36. Sharp, R.N., C.O. Sharp and A.A. Kattan. A New Method for Thermally Processed Canned Rice. Journal of Food Technology. 35(1981) : p.75-77.

37. Sowbhagya, C.M. and S. Zakiuddin. Effect of Presoaking on Cooking Time and Texture of Raw and Parboiled Rice. Journal of Food Science and Technology. 28(1991) : p. 76-80.

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

39. Swinkels, J.J. Sources of Starch, Its Chemistry and Physics. In G.M.A. Van Beynum and J.A. Roels, Strach Conversion Technogy. Marcel Dekker. New York, 1985 : p.15 - 46.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

1. ความหมายของสัญญลักษณ์

1. ค่า D (Death rate constant หรือ Decimal reduction time) ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูกกำหนดให้แสดงในรูปของ D value ซึ่ง หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90% ของที่มีอยู่ ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน

2. ค่า Z (Z value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือจำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า 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 หมายถึง เวลาที่ใช้ในการทำให้กราฟผ่าน 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' (Theorefical inital temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นที่จุด Cold point ของกระป๋องที่เป็นค่าจริง

8. ค่า jl (Pseudo-initial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นโดยสมมุติของการฆ่าเชื้อ ซึ่งหาได้โดยลากเส้นตรงจากจุด Corrected zero บนแกน X ตั้งฉากขึ้นไปตัดกับกราฟ จากจุดตัดลากเส้นขนานกับแกน X ไปตัดแกน Y จะได้อุณหภูมิที่จุดตัด นำไปลบอุณหภูมิที่อ่านได้จากอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อจะได้ค่า jl

9. ค่า log g และ f_h/u สามารถอ่านค่าได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ log g กับ f_h/u ที่ค่า m+g ต่าง ๆ (ภาพที่ 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ค่า m+g หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิน้ำเย็นในการทำให้กระป๋องเย็น

11. ค่า F_i หมายถึง จำนวนนาทีที่ต้องการใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อเมื่อ F มีค่าเท่ากับ 1 ที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์

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

12. ค่า B หมายถึง เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

2. ตัวอย่างการคำนวณหาค่า F_0 (Sterilizing value) ในการให้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

1. ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที (ภาพที่ 11) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 15 + (12 x 0.42) = 20.04 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 7.5

Corrected zero = 6.96 นาที

CUT = 12 นาที

IT' = 198 องศาฟาเรนไฮต์

jl = RT - IT' = 239 - 198 = 41 องศาฟาเรนไฮต์

log g = log jl - (B_B /f_h) = log 41 - (20.04/7.5) = -1.05

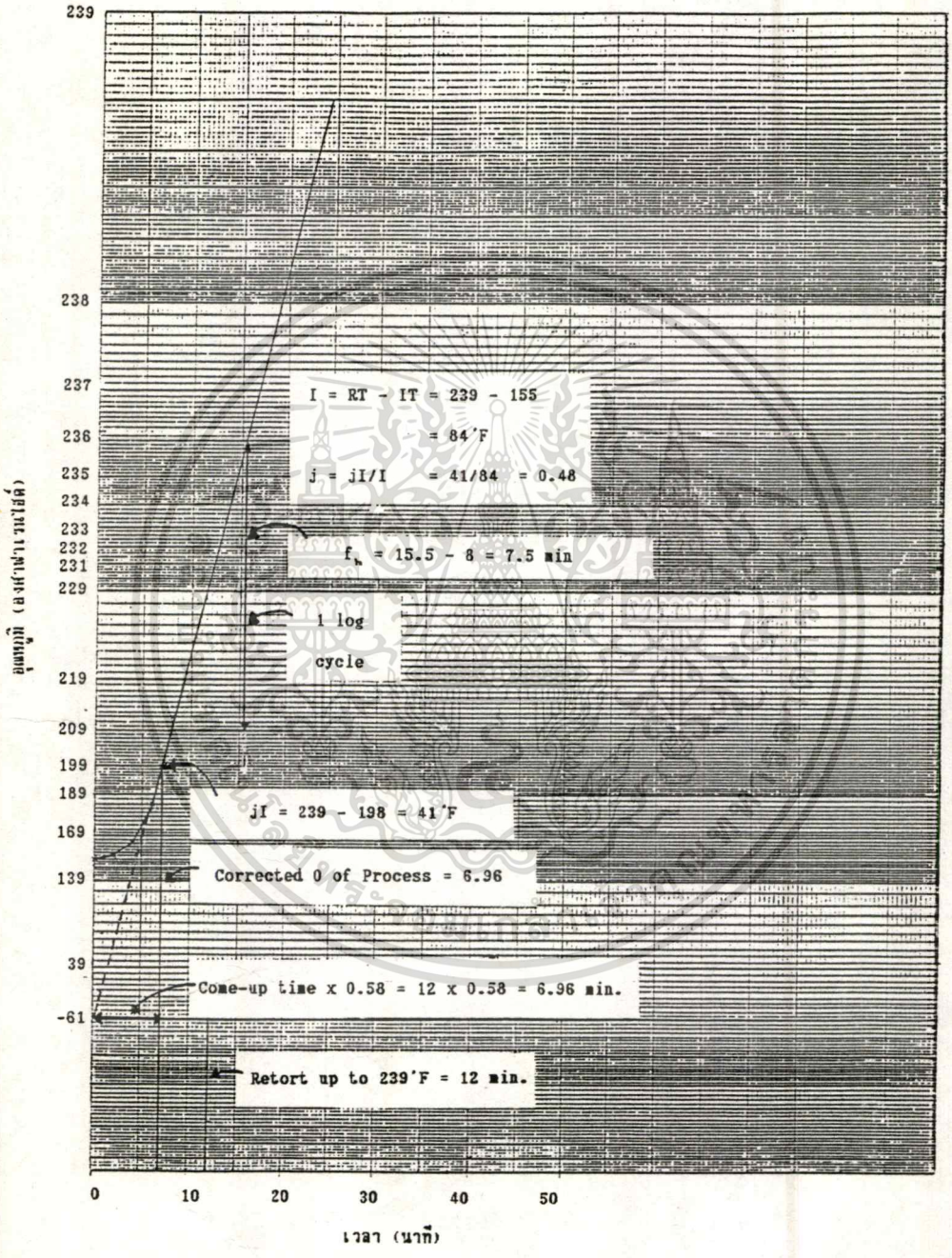
m+g = RT - T_{cw} = 239 - 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

Fi = 4.085

f_h/u = 0.585

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11



แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร

$$F_0 = f_h / (f_h/u)Fi$$
$$= 7.5/ (0.585 \times 4.085)$$
$$= 3.13 \text{ นาที}$$

2. ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที (ภาพที่ 12) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 25+ (0.42 x 12) = 30.04 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 10

Corrected zero = 6.96 นาที

CUT = 12 นาที

IT' = 200 องศาฟาเรนไฮต์

jI = RT - IT' = 239 - 200 = 39 องศาฟาเรนไฮต์

log g = log jI - (B_B /f_h) = log 39 - (30.04/10) = -1.41

m+g = RT - T_{cw} = 239 - 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

F_i = 4.085

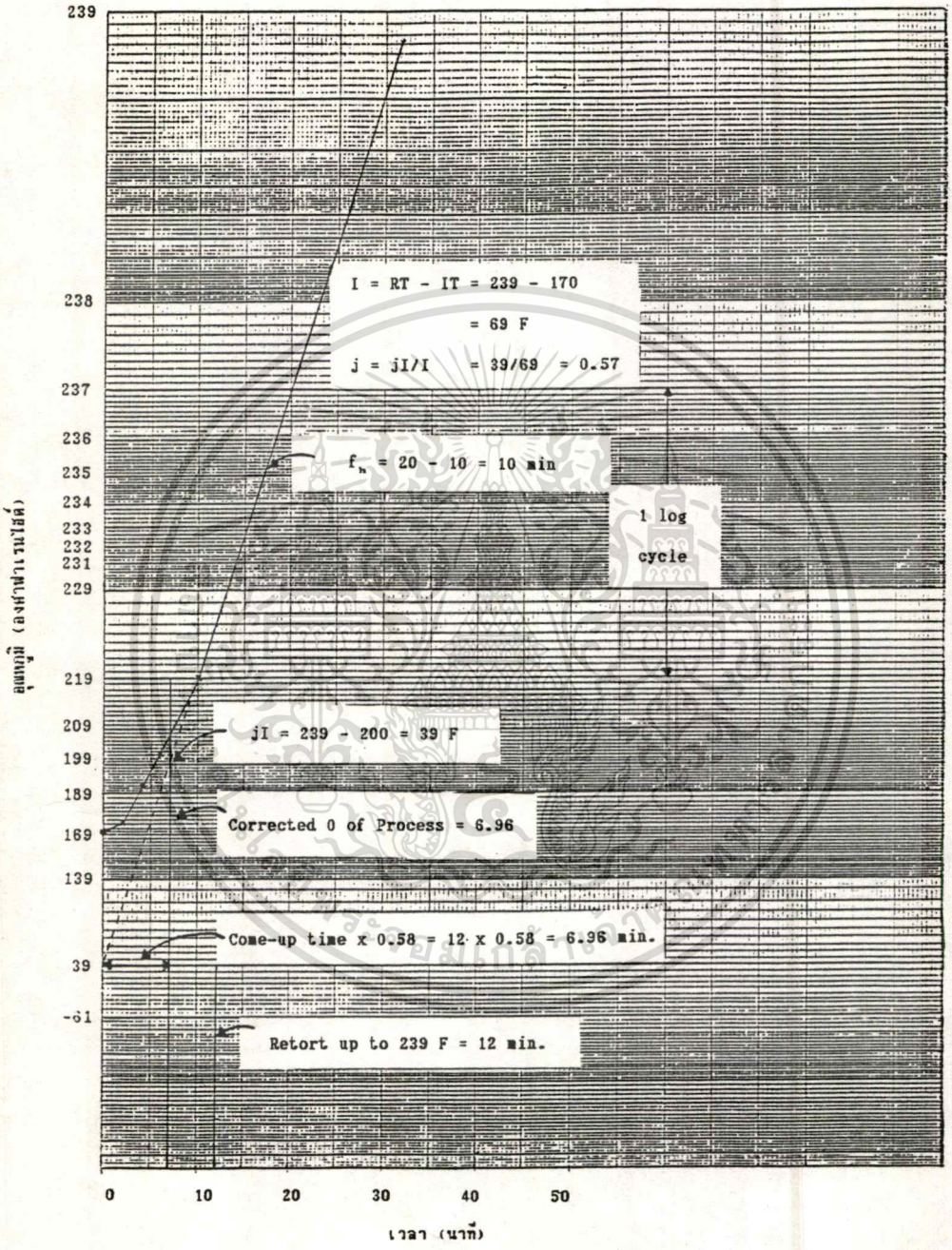
f_h/u = 0.472

จากสูตร

$$F_0 = f_h / (f_h/u)Fi$$
$$= 10/ (0.472 \times 4.085)$$
$$= 5.18 \text{ นาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12



แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที (ภาพที่ 13) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 35 + (0.42 x 12) = 40.04 นาที

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 11.5

Corrected zero = 6.96 นาที

CUT = 12 นาที

IT' = 201 องศาฟาเรนไฮต์

jI = RT - IT' = 239 - 201 = 38 องศาฟาเรนไฮต์

log g = log jI - (B_B /f_h) = log 39 - (40.04/11.5) = -1.41

m+g = RT - T_{cw} = 239 - 86 = 153 องศาฟาเรนไฮต์

F_i = 4.085

f_h/u = 0.383

จากสูตร

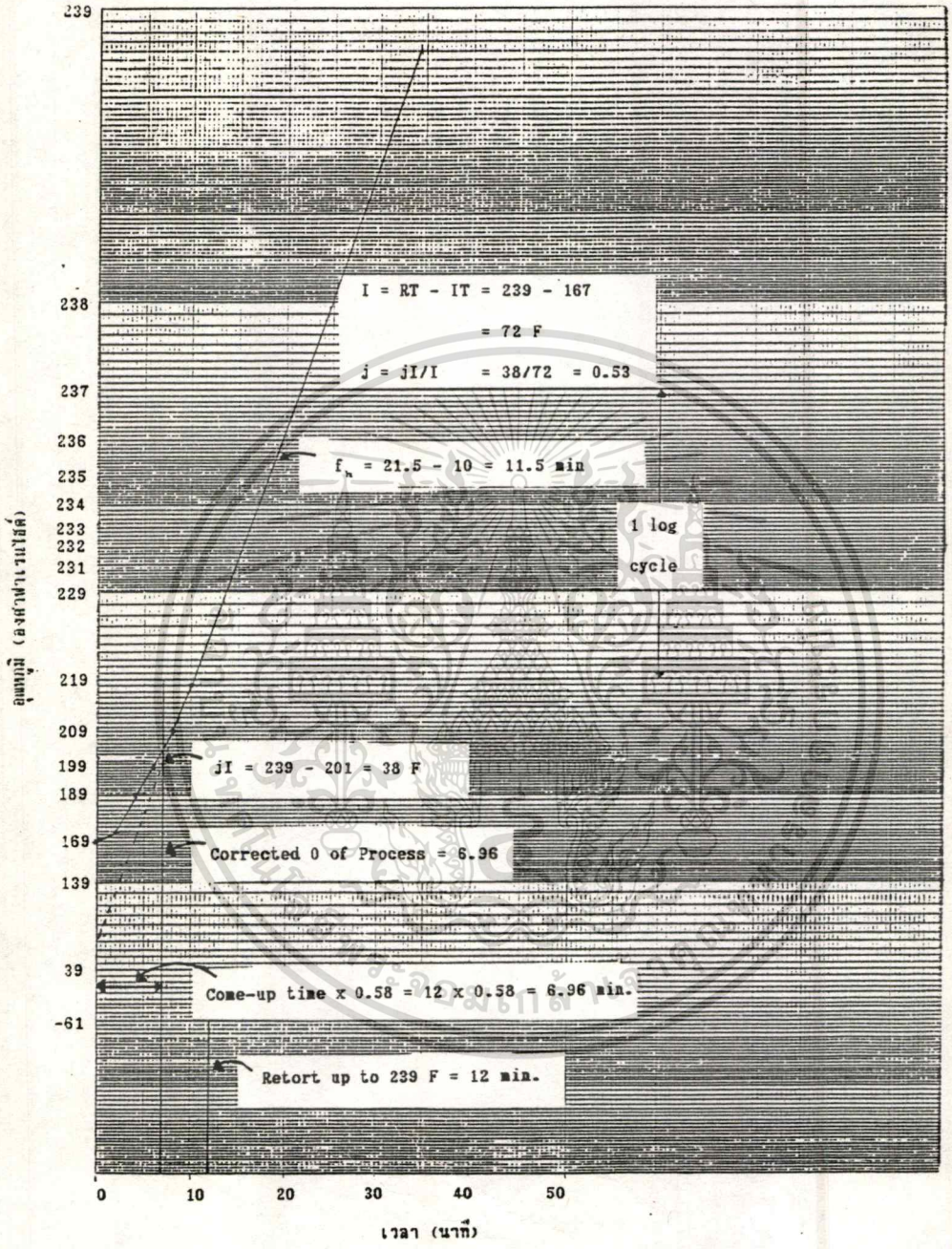
F_0 = f_h /(f_h/u)Fi

= 11.5/ (0.383 x 4.085)

= 7.35 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

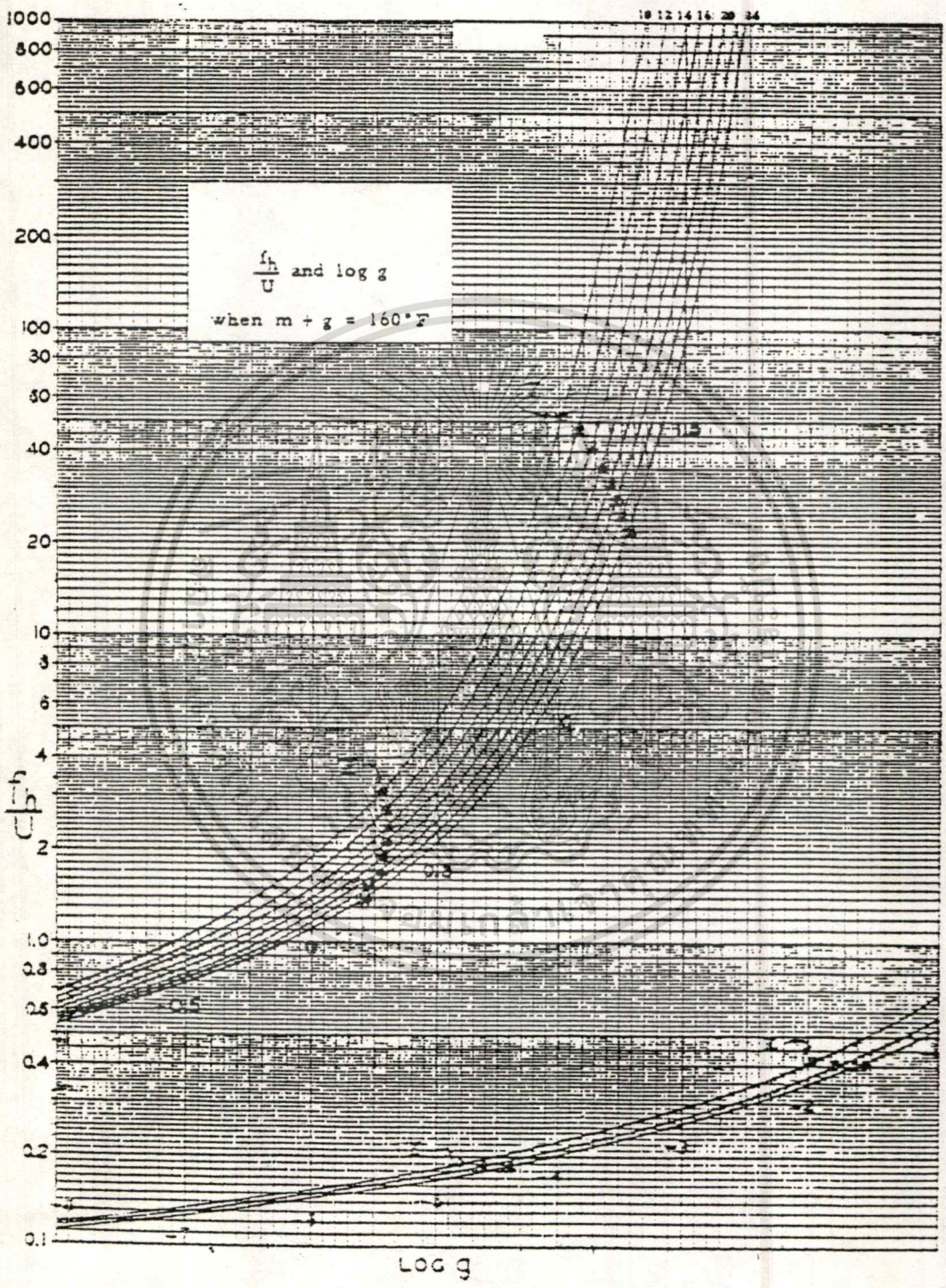
ภาพที่ 13



แสดงกราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 239 องศาฟาเรนไฮต์ เวลา 35 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14



แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง f_h/u กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 160 °ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา

1. วิธีการตรวจวิเคราะห์

1.1 การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ใช้วิธีของ AOAC Method No. 988.18 (1995 : Chapter 17 หน้า 10)

1.1.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10, 1 : 100 และ 1 : 1000 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10 ปั่นตัวอย่างอาหารด้วยเครื่องปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปเตรียมตัวอย่างเจือจาง 1 : 100 และ 1 : 1000 เขย่าขวดตัวอย่างประมาณ 25 นาที

1.1.2 ปิเปตสารละลาย ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.1.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 มิลลิลิตร ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อและตัวอย่างให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.1.4 นับจำนวนโคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัม

1.2 การตรวจวิเคราะห์ ***Clostridium botulinum*** ใช้วิธีของ AOAC Method No. 977.26 (1995 : Chapter 17 หน้า 46-48)

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

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

1.2.3 เติมวุ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96-120 ชั่วโมง ถ้ามีเชื้อ *Clostridium botulinum* จะมีกาซเกิดขึ้นและดันวุ้น

1.3 **การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus stearothermophilus*** ใช้วิธีของ AOAC Method No. 972.45 (1995 : Chapter 17 หน้า 44)

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

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

1.3.3 นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ถ้ามีเชื้อ *Bacillus stearothermophilus* จะมีกรดเกิดขึ้นและเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

2. <u>อาหารเลี้ยงเชื้อ</u>

2.1 เพลตเคานต์อะการ์ (Plate count agar)

2.1.1 ทริปโตน	5	กรัม
2.1.2 กลูโคส	1	กรัม
2.1.3 ยีสต์ เอกซแตรกต์	2.5	กรัม
2.1.4 อะการ์	15	กรัม
2.1.5 น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

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

2.2 คุกมีทมีเดียม (Cook meat medium)

2.2.1 อาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม

2.2.2 น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม 1.25 กรัม ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นหลอดละ 10 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 10 นาที ปิดจุดด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

2.3 บรอมครีซอลเพอร์เพิลเดกซโตรสบรอท (Bromcresol purple dextrose broth)

2.3.1 ทริปโตน 5 กรัม

2.3.2 ยีสต์เอกซแตรกต์ 2.5 กรัม

2.3.3 บรอมครีซอลเพอร์เพิล 0.04 กรัม

2.3.4 เดรกซโตรส 10 กรัม

2.3.5 น้ำกลั่น 1000 กรัม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบฟร์อมการชิมแล้วให้คะแนนจากการชิมข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศ..... สัญชาติ.....

ท่านรับประทานข้าววันละ..... มื้อ

กรุณาให้คะแนนคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์

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

หมายเหตุ

1. การชิมระหว่างตัวอย่างผู้ชิมต้องล้างตัวอย่างเดิมออกจากช่องปากด้วยน้ำสะอาดที่เตรียมให้ก่อนการชิมตัวอย่างใหม่เสมอ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางที่ 22

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของข้าวจาปอนนิก้า

องค์ประกอบทางเคมี	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ความชื้น	12.81	12.85	12.73	12.80	12.67	12.77
ไขมัน	1.56	1.53	1.63	1.60	1.63	1.59
โปรตีน	8.21	8.67	8.69	8.66	8.66	8.59
เถ้า	0.29	0.29	0.27	0.27	0.27	0.23
เส้นใย	-	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09
คาร์โบไฮเดรต	77.12	76.55	76.57	76.57	76.57	76.69

ตารางที่ 23

ข้อมูลความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวจาปอนนิก้าเมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

เวลาต้ม (นาที)	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
7	54.8	52.0	51.30	55.18	51.96	53.04
11	64.0	61.0	58.00	58.70	62.90	60.92
15	64.0	63.9	64.70	64.70	66.20	64.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24

ข้อมูลค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ BT และ F_o ต่างๆ

Treatment	Factor		ALV (kg.force)		
No.	BT	F_o	1	2	3
1	7	3	40.00	40.00	40 00
2	7	5	40.00	40.00	40.00
3	7	7	36.53	33.06	37.32
4	11	3	30.11	30.89	31.07
5	11	5	23.84	27.01	27.31
6	11	7	20.01	25.03	26.97
7	15	3	15.66	15.85	16.70
7	15	5	12.70	-	11.03
8	15	7	10.52	10.59	11.05

ตารางที่ 25

ข้อมูลอัตราการเจลลาติไนส์ (ร้อยละ) ของข้าวจาปอนนิก้าต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7, 11 และ 15 นาที

เวลาต้ม (นาที)	ครั้งที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
7	38.74	36.48	37.05	36.86	40.00	37.83
11	87.80	84.79	87.61	85.73	83.85	85.96
15	96.07	97.01	98.89	98.89	97.95	97.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

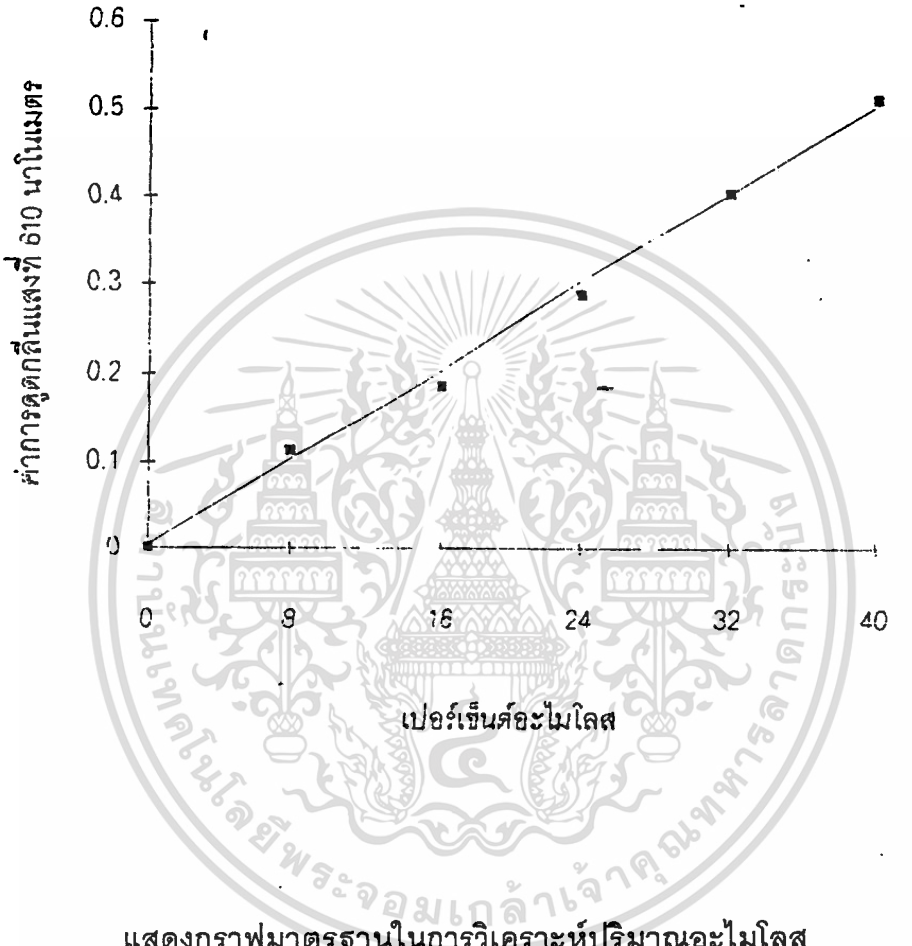
ตารางที่ 26

ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
8	0.09	0.10	0.10	0.11
16	0.18	0.18	0.18	0.18
24	0.28	0.28	0.28	0.28
32	0.39	0.40	0.40	0.40
40	0.52	0.50	0.50	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15



แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27

ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์อัตราการเจลลาติ้ไนส์

เปอร์เซ็นต์เจลลาติไนส์	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
0	0	0	0	0	0	0
10	0.11	0.10	0.07	0.08	0.08	0.09
30	0.19	0.18	0.19	0.17	0.21	0.19
50	0.29	0.27	0.27	0.27	0.29	0.27
70	0.35	0.33	0.34	0.34	0.33	0.33
90	0.50	0.47	0.47	0.47	0.51	0.48
100	0.58	0.58	0.58	0.56	0.59	0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ

ตารางที่ 28

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลัก กับ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ และ ระยะเวลาต้มข้าว

Independent Variable	Coefficient	Std.err	T-value	Sig.level
Constant	59.453924	11.095722	5.3583	0.0127
X_1	-1.569583	2.891433	-0.5428	0.6250
X_2	-1.399375	1.555595	-0.8996	0.4346
$(X_1) \times (X_2)$	-0.031250	0.094729	-0.2999	0.7632
$(X_1)^2$	0.054830	0.267934	0.2037	0.8516
$(X_2)^2$	-0.075104	0.066984	-1.1212	0.3438

จากตารางสมารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 59.453924 - 1.569583(X_1) - 1.399375(X_2) + 0.054583(X_1)^2 - 0.075104(X_2)^2 - 0.01325(X_1)(X_2)$$

$$(r^2 = 0.9824)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ :

1) ค่า coeffcience ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือ ค่าแรงต้านทานการกดทะลัก ที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X_1 คือ ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ และ X_2 คือ ระยะเวลาต้มข้าว ที่สัมพันธ์กับค่า t- ที่คำนวนได้ (t-value) โดยเปรียบเทียบการจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกัน ให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ (significant level) อย่างมีนัยสำคัญ คือที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.05 (α = 0.05) และ ที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.01 (α = 0.01) ตามลำดับ

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณ สมการมีค่า r^2 (coeffcience of determination) = 0.9824 หมายความว่า อิทธิพลต่อค่าแรงต้านทานการกดทะลักที่ได้รับอิทธิพลจาก X_1 (ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ) และ X_2 (ระยะเวลาต้มข้าว) 98.24 ส่วนในและส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ภาพกระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ภาพที่ 16

แสดงการต้มข้าวโดยใช้หม้อต้ม 2 ชั้น ก่อนการบรรจุ

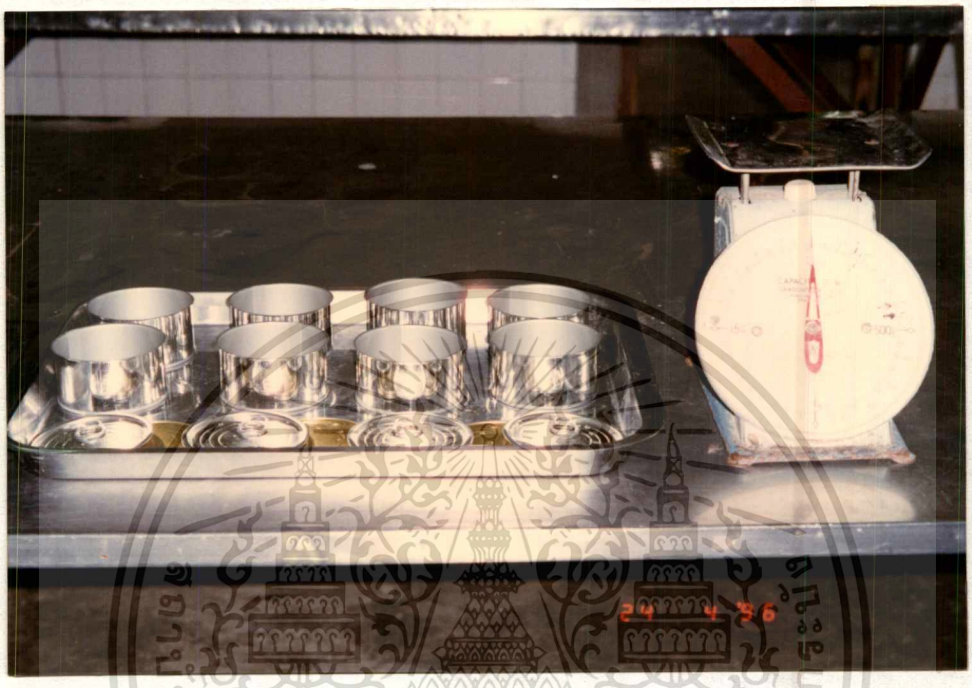
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17

แสดงข้าวที่ผ่านการต้ม ล้างผ่านด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องรอการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

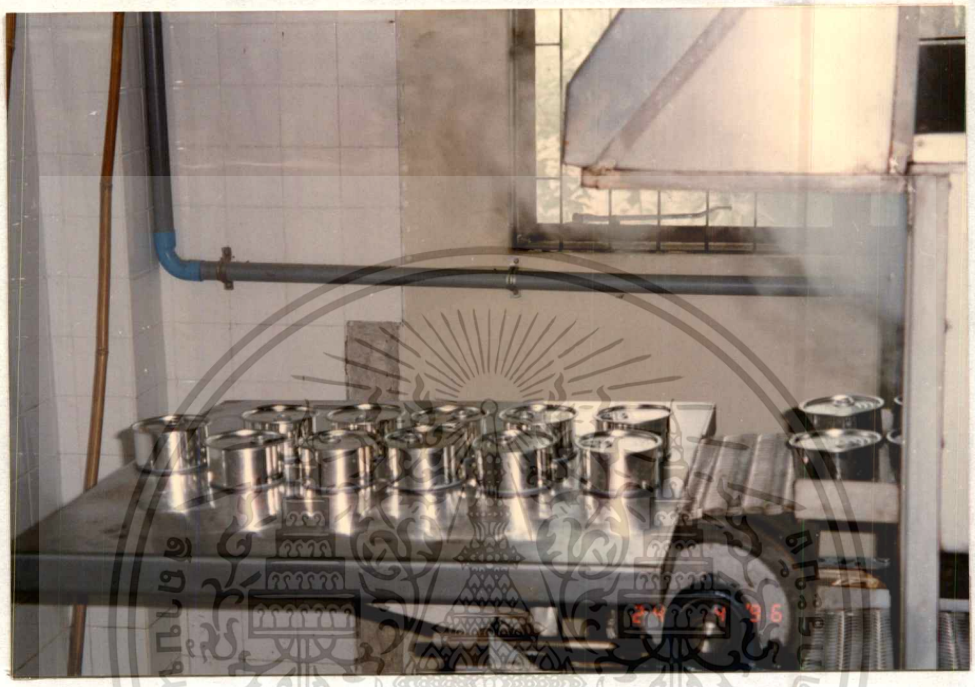
ภาพที่ 18



แสดงอุปกรณ์ในการบรรจุข้าวจาปอนนิก้าในกระป๋องขนาด 307 x 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

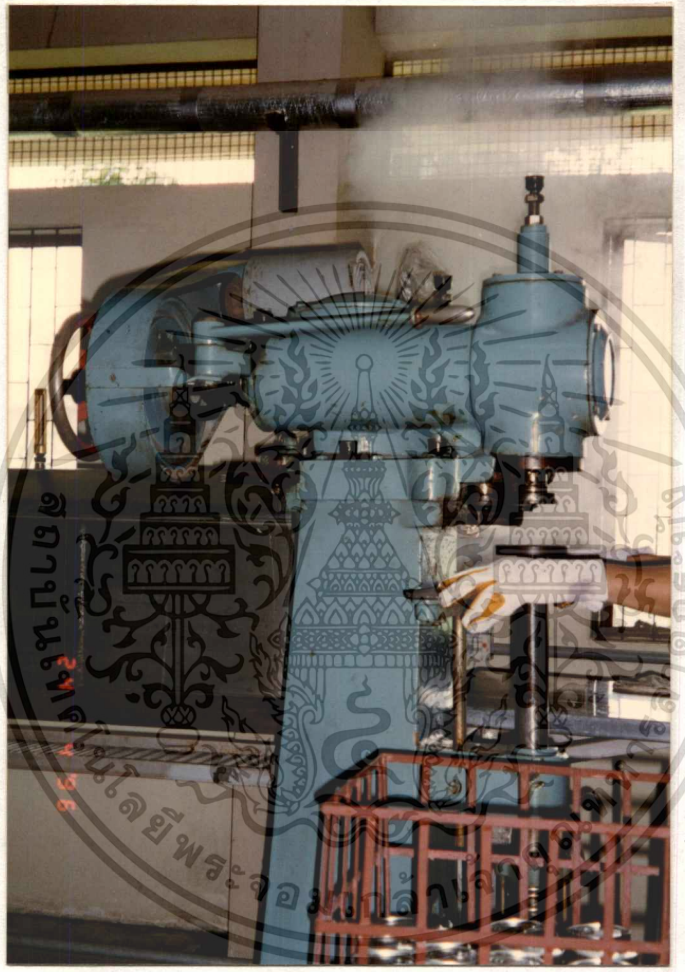
ภาพที่ 19



แสดงการนำข้าวที่บรรจุแล้วผ่านเครื่องไล่อากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

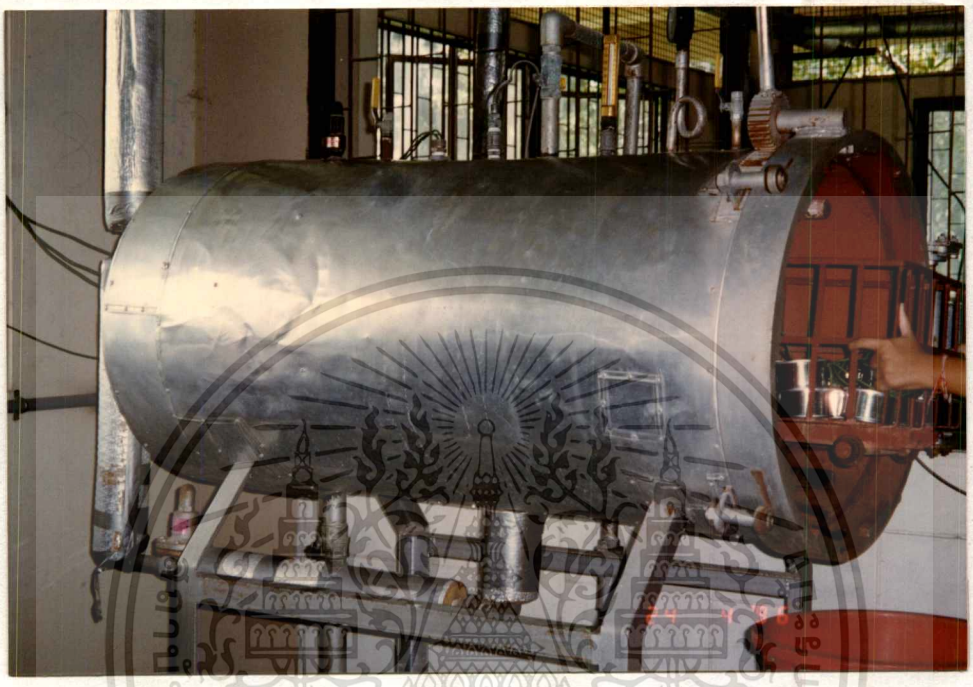
ภาพที่ 20



แสดงการปิดผนึกกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศแล้ว โดยใช้เครื่องผนึกฝากระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

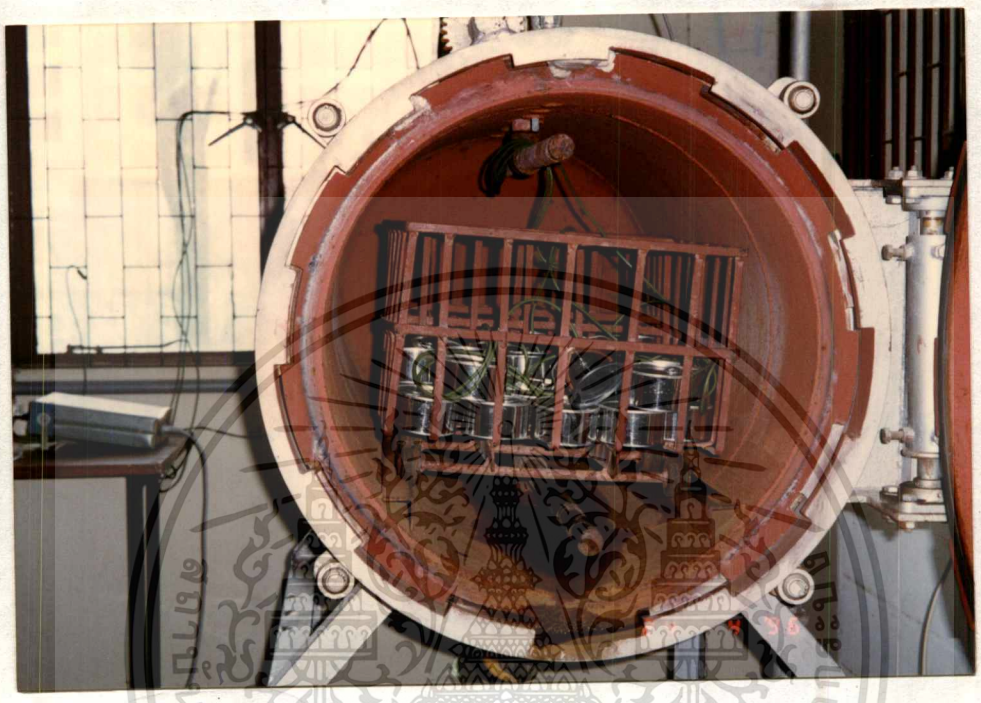
ภาพที่ 21



แสดงการบรรจุกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วเข้ารีทอร์ตเพื่อทำการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 22



แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องขณะผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยใช้เทอร์โมคับเปิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 23

แสดงข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นางสาวชุติมา เลิศลักษมี

วัน เดือน ปีเกิด 25 เมษายน 2515

การศึกษา สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันราชภัฏพิบูลสงครามพิษณุโลก ปีการศึกษา 2537 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้