การผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

PRODUCTION OF ASEPTIC COOKED GERMINATED BROWN RICE USING THE ULTRAVIOLET LIGHT

จิรวัฒน์ ลักษณลม้าย

ไตรรงค์ มูลชารี

ศิริมาศ โหรารัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

PRODUCTION OF ASEPTIC COOKED GERMINATED BROWN RICE USING THE ULTRAVIOLET LIGHT

จิรวัฒน์ ลักษณลม้าย

ไตรรงค์ มูลชารี

ศิริมาศ โหรารัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF ASEPTIC COOKED GERMINATED BROWN RICE USING THE ULTRAVIOLET LIGHT

Jirawat Luksanalamai
Trairong Mulcharee
Sirimas Horarat

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERRING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต Production of aseptic cooked germinated brown rice using the ultraviolet light
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจิรวัฒน์ ลักษณลม้าย รหัสนักศึกษา 53010221 นายไตรรงค์ มูลชารี รหัสนักศึกษา 53010557 นางสาวศิริมาศ โหรารัตน์ รหัสนักศึกษา 53011574
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา	2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

นักศึกษาผู้จัดทำ นายจิรวัฒน์ ลักษณลม้าย 53010221
นายไตรรงค์ มูลชารี 53010557
นางสาวศิริมาศ โหรารัตน์ 53011574

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารกาบาและมีคุณภาพสูงสุด ข้าวที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษาพบว่า ข้าวกล้องที่แช่ 4 ชั่วโมง แล้วบ่ม 20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารกาบาสูงถึง 17.74 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมากกว่าข้าวกล้องธรรมดาถึง 17 เท่า ซึ่งข้าวกล้องงอกตัวอย่างนี้เมื่อนำไปหุงสุก 3 วิธี คือ 1) วิธีหุงด้วยหม้อหุงข้าว 2) วิธีหุงด้วยบีกเกอร์ และ 3) วิธีหุงแบบแช่-นึ่ง พบว่าวิธีการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวได้รับคะแนนการทดสอบความชอบมากที่สุด มีความขาวไม่ต่างจากตัวอย่างข้าวกล้องธรรมดาและมีความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างข้าวกล้องธรรมดามากที่สุด ตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกถูกนำมาฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเลา 30 และ 60 นาที และเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส F_0 = 6 นาที ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องและถุงรีทอร์ท ข้าวกล้องงอกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมีอายุการเก็บรักษา 3 วัน ซึ่งเป็นการเก็บรักษาระยะสั้นเมื่อเทียบกับวิธีการฆ่าเชื้อแบบปกติ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในด้านของความแข็งและความขาวดีกว่าผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องและถุงรีทอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Production of aseptic cooked germinated brown rice using the ultraviolet light	
Authors	Jirawat Luksanalamai	53010221
	Trairong Mulcharee	53010557
	Sirimas Horarat	53011574
Thesis Advisor	Jiraporn S. Jongyingcharoen, Ph.D.	
Year	2013	

Abstract

This thesis aimed to produce aseptic germinated brown rice using the ultraviolet light with the highest GABA content and quality. Rice sample was Khao Dawk Mali 105 brown rice. It was found that brown rice undergoing soaking for 4 h and gaseous treatment for 20 h at 35°C contained the highest GABA content of 17.74 mg/100 g, which was about 15 times of the control brown rice. The germinated brown rice (GBR) was then cooked by three cooking methods: 1) automatic rice cooker; 2) beaker cooking method and 3) soaking-steaming method. Cooking the GBR in an automatic rice cooker provided the highest score of preference test while the whiteness and hardness values were close to those of the control sample. The cooked GBR was sterilized by ultraviolet (UV) light for 30 and 60 min and then compared with the retort sterilized samples (canning and retort pouch products), which was sterilized in a retort at 121°C and 2 bars with F_0 of 6 min. The UV-sterilized cooked GBR was edible until 3 days of storage when compared to the conventional sterilization methods. However, the quality of UV-sterilized cooked GBR in terms of hardness and whiteness was superior then the canning and retort pouch products.

Keyword : GBR; GABA; UV radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์จาก โครงการวิจัย วช. ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ ในการทำวิจัย และหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัย

ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาด้านวิชาการและการจัดทำโครงงาน หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน และให้กำลังใจในการทำโครงงานมาโดยตลอด

เพื่อนๆรุ่น 28K หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบ และยังคอยเป็นกำลังใจในการทำงานอีกด้วย

คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกๆท่านที่ได้ให้การสนับสนุนการทำงานและกำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด กระทั่งการศึกษาค้นคว้าโครงงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นางสาวศิริมาศ โหรารัตน์
นายไตรรงค์ มูลชารี
นายจิรวัฒน์ ลักษณลม้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ส่วนประกอบของข้าวกล้อง	3
2.2 สารกาบา (Gamma-aminobutyric acid : GABA)	4
2.3 การผลิตข้าวกล้องงอก	5
2.3.1 กระบวนการทั่วไปในการผลิตข้าวกล้องงอก	6
2.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการผลิต	6
2.4 การหุงสุกข้าวกล้องงอกและผลการหุงสุกต่อปริมาณสารกาบา	7
2.5 รังสีอัลตราไวโอเลตและการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	7
2.6 วิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	11
2.6.1 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ	12
2.6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ	12
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	14
3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	14
3.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และบ่มต่อปริมาณสารกาบา	14
3.2.1 ขั้นตอนการเพาะงอกข้าวกล้อง	15
3.2.2 การวัดปริมาณสารกาบาและคุณภาพของข้าวกล้องงอก	15
3.3 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการหุงสุกต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก	16
3.3.1 การหาเวลาต่ำสุดและเวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องงอก	16
3.3.2 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะกับการหุงข้าวกล้องงอก	17
3.3.3 ขั้นตอนในการหุงข้าวกล้องงอกด้วยวิธีการต่างๆ	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.4 การวัดคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก	18
3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	19
3.5 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกปลอดเชื้อที่ได้จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต กับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท	20
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง	22
4.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และการบ่มต่อปริมาณสารกาบา	22
4.1.1 ขนาดของจมูกข้าว	22
4.1.2 ความชื้นของข้าวกล้องงอก	22
4.1.3 ปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอก	23
4.2 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการหุงสุกคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก	23
4.2.1 การหาเวลาที่เหมาะสมและปริมาณน้ำที่ดูดซึมของข้าวกล้องงอก	23
4.2.2 การหาความแข็งของข้าวกล้องงอก	24
4.2.3 ศึกษาการความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุก	24
4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	26
4.3 การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกปลอดเชื้อที่ได้จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต กับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก ก.	36
ภาคผนวก ข.	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารกาบาในอาหารชนิดต่างๆ	5
ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารกาบาของตัวอย่างข้าวที่บ่มเป็นระยะเวลาต่างๆหลังจากแช่มาแล้ว 4 ชม	7
ตารางที่ 2.3 มาตรฐาน ISO ของรังสีอัลตราไวโอเลต	8
ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตรในการฆ่าเชื้อโรคต่างๆ	10
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการเพาะงอกข้าวกล้อง	15
ตารางที่ 4.1 ขนาดของจมูกข้าวที่แช่-บ่มที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	22
ตารางที่ 4.2 ความชื้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกของข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มที่เวลาต่างๆ	23
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มในระยะเวลาต่างๆ	23
ตารางที่ 4.4 เวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวและปริมาณที่ดูดซึมที่แช่-บ่มระยะเวลาต่างๆ	24
ตารางที่ 4.5 ความแข็งของข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มในระยะเวลาต่างๆ	24
ตารางที่ 4.6 ความขาวของข้าวกล้องงอกที่หุงในแต่ละวิธี	25
ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	26
ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์และรา	29
ตารางที่ 4.9 คุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารกาบา	4
รูปที่ 2.3 ระยะเวลาในการแช่กับปริมาณสารกาบา	7
รูปที่ 2.4 ผลของ UV ต่อโครงสร้าง DNA	9
รูปที่ 2.5 เครื่องฆ่าเชื้อแบบที่ทำงานเป็นกะ (batch retort)	13
รูปที่ 3.1 ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	14
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมข้าวกล้องงอก	16
รูปที่ 3.3 ข้าวกล้องที่กดด้วยกระจก	17
รูปที่ 3.4 วิธีการหุงในหม้อหุงข้าว	17
รูปที่ 3.5 วิธีการหุงในบีกเกอร์	18
รูปที่ 3.6 วิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง	18
รูปที่ 3.7 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	19
รูปที่ 3.8 ผลิตภัณฑ์จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต	20
รูปที่ 3.9 กระบวนการในการตรวจวัดคุณภาพข้าวกล้องงอก	21
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	30
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ข้าวกล้องงอกจัดเป็นหนึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ในระหว่างกระบวนการเพาะงอก สารอาหารต่างๆ ที่อยู่ในข้าวกล้องจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งสารที่สำคัญ คือ กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid) หรือสารกาบา [1] ซึ่งสารกาบาทำหน้าที่สำคัญเป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และยังสามารถยับยั้งการเพิ่มเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวและกระตุ้นกระบวนการตายของเซลล์มะเร็งได้ [2]

ขั้นตอนพื้นฐานในการผลิตข้าวกล้องงอก คือ การแช่ข้าวเป็นเวลา 20 ชั่วโมงในน้ำอุ่น เพื่อให้จมูกข้าวงอก 0.5 ถึง 1 มม. [3] จากนั้นอบแห้งเพื่อลดความชื้น ซึ่งในกระบวนการอบแห้งนี้จะทำให้สารกาบาลดลงอย่างมาก จากการทดลองพบว่าปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอกลดลงถึง 7 เท่า จาก 14 มก./100 ก. เหลือเพียง 2 มก./100 ก. เมื่อนำข้าวกล้องงอกไปทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40° ซ เป็นเวลา 15 ชั่วโมง [4] อีกทั้ง เมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นปริมาณสารกาบาในจมูกข้าวก็ลดลงด้วย เมื่อประกอบกับความต้องการอาหารพร้อมรับประทานที่ เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้บริโภคที่อยู่ในเมืองใหญ่ ความจำเป็นในการผลิตข้าวกล้องงอกอบแห้งเพื่อนำไปหุงสุกก่อนรับประทานอาจแทนที่ได้ด้วยการผลิตข้าวกล้องงอกพร้อมรับประทาน เมื่อทำการแช่ข้าวกล้องจนเกิดการเพาะงอกแล้ว สามารถนำข้าวไปหุงสุก และทำให้ปลอดเชื้อเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกหุงสุกพร้อมรับประทานสำหรับผู้บริโภคได้เลย

การยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานเพื่อให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค มักใช้กระบวนการทางความร้อน กระบวนการนี้มักมีผลในเชิงลบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น กระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ในขณะที่ยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายไว้ด้วย และทางเลือกหนึ่งในนั้นคือ การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต [5]

รังสีอัลตราไวโอเลตมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำดื่ม รวมทั้งสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในอากาศและพื้นผิว สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ได้มีการนำรังสีอัลตราไวโอเลตมาใช้ในการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของอาหารหลากหลายประเภท เช่น อาหารสด เนื้อไก่ เนื้อปลา และไข่ [6]

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งศึกษาการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ใช้ความร้อนจึงอาจมีคุณสมบัติเด่นในการไม่ทำให้สารกาบาสลายไป พร้อมทั้งยังช่วยรักษาคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกได้ดีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และการบ่มต่อสารกาบาและคุณคุณภาพของข้าวกล้องงอก

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการหุงสุกต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก

1.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกปลอดเชื้อที่ได้จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 เครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเครื่องขนาดห้องปฏิบัติการที่ออกแบบสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอกสุกปลอดเชื้อ

1.3.2 ตัวอย่างที่ศึกษา คือ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	พ.ศ.2556							พ.ศ.2557		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก	O	O								
วิเคราะห์หาวิธีการเพาะงอกข้าวกล้องที่เหมาะสม			O	O						
วิเคราะห์หาวิธีการหุงสุกที่เหมาะสม				O	O					
หาวิธีเหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อ						O	O			
เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกหุงสุกกับผลิตภัณฑ์อื่น								O	O	
สรุปผลและเขียนรายงาน										O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนประกอบของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องมีโครงสร้างของเมล็ดดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล (pericarp หรือ fruit coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ อีพิคาร์พ (epicarp) มีโซคาร์พ (mesocarp) และเอนโดคาร์พ (endocarp) เยื่อหุ้มผลมีลักษณะเป็นเส้นใย ผนังเซลประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไปประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

เยื่ออาลูโรน (aleurone) อยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มข้าวสาร (starchy endosperm) และคัพภะ (embryo) เยื่ออาลูโรนมีโปรตีนสูงนอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารอยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อะไมโลสเปกติน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของดี-กลูโคสที่ต่อกันเป็นสายพันธะแบบกิ่งและอะไมโลส ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของดี-กลูโคสที่ต่อกันเป็นสายพันธะแบบเส้น ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลสอยู่ประมาณ 0-2% ส่วนที่เหลือเป็นอะไมโลสเปกติน ข้าวเจ้ามีอะไมโลสมากกว่า คือ ประมาณ 7-33% ของน้ำหนักข้าวสาร

คัพภะ (embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไปประกอบด้วยต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) คัพภะเป็นส่วนที่มีโปรตีน และไขมันสูง

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของข้าวกล้องจะพบว่าชั้นของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด และเยื่ออาลูโรนอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

2.2 สารกาบา (Gamma-aminobutyric acid ; GABA)

สารกาบา คือ กรดอะมิโนที่เกิดจากปฏิกิริยาแอลฟา-ดีคาร์บอกซิเลชัน (α-decarboxylation) ของกรดแอล-กลูตามิก (L-glutamic acid) และการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลต (glutamate decarboxylase) [7] มีโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 2.2 ปกติแล้วสารกาบามีอยู่ในระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม [8] มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) นอกจากนี้สารกาบายังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (inhibitor) ทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลาย ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติที่เปลี่ยนสารกลูตาเมท (glutamate) ในสมองเป็นสารกาบานั่นเอง ทั้งนี้ได้มีการรายงานว่าการได้รับสารกาบาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ติดต่อกันจะสามารถลดความ ดันเลือด และช่วยรักษาอาการนอนไม่หลับและระบบประสาทอัตโนมัติผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงหมดประจำเดือนได้ [9] อย่างไรก็ตามสารกาบานั้นเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วในหลายประเทศซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติของอาหารหลายประเภท [10] แสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันไป และด้วยความเป็นธรรมชาตินี้เองจึงมีปริมาณไม่คงที่และอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการดังนั้นจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆให้มีสารกาบาในปริมาณที่มากขึ้น รวมถึงการเติมสารกาบาลงในผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับในปริมาณที่เพียงพออย่างแท้จริง

รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารกาบา

ซึ่งตามหลักฐานการทดลองอย่างต่อเนื่อง พบว่าปริมาณการได้รับสารกาบาเพื่อให้มีประสิทธิผล (effective dose) ในการผ่อนคลายความเครียดอยู่ที่ประมาณ 20-30 มิลลิกรัม [11] แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดร้อยละของปริมาณการได้รับสารกาบาแต่ละวัน (%daily Value) อย่างเป็นทางการ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบางชนิดจึงมีการเพิ่มสารกาบาถึง 500 มิลลิกรัม เพื่อให้ได้ประโยชน์อย่างถึงที่สุด เช่น จากงานวิจัยพบว่า เมื่อนำชอคโกแลต 10 กรัม ที่มีการผสมสารกาบาที่ผลิตจากกรดกลูตามิก ปริมาณ 0.28 มิลลิกรัม ให้ผู้ที่ผ่านการเพิ่มความเครียดโดยการทำแบบทดสอบอริทเมตริก (Arithmetic) รับประทาน และตรวจวัดค่า เอชอาร์วี (HRV) และซีจีเอ (CgA) ของผู้ทดสอบภายในเวลาที่กำหนด คือ 45 และ 50 นาที ตามลำดับ พบว่า ปริมาณตัวชี้วัดทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มผู้ทดลองที่ได้รับชอคโกแลตผสมสารกาบาที่ผลิตจากกรดกลูตามิก เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ทดลองที่เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นการทดลองที่สนับสนุนว่าชอคโกแลตผสมสารกาบาช่วยลดการเครียดได้ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารกาบาในอาหารชนิดต่างๆ [10]
หน่วย: มิลลิกรัม/100 กรัม

ประเภทอาหาร	สารกาบา
ใบชาแห้ง	100-200
แตงเมลอน	74.5
มะเขือเทศ	62.6
กิมจิ	59.4
ช็อกโกเล็ต	14.5
ข้าวกล้องงอก	10.0
ฟักทอง	9.7
เต้าหู้	6.4

สารกาบาที่ผลิตจากกรดกลูตามิก (Glutamic acid) โดยใช้วิธีการหมักทางธรรมชาติด้วยเชื้อ Lactobacillus hilgardii K-3 ในสภาวะที่เหมาะสม จากนั้นนำมาทำให้แห้งด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-drying) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดเพื่อความสะดวกในการประยุกต์ใช้ในอาหารต่อไป โดยในปัจจุบัน หน่วยงานรัฐบาลในหลายประเทศได้มีการอนุญาตให้จำหน่ายได้แล้ว เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา เม็กซิโก ออสเตรเลีย จีน ไต้หวัน และอียิปต์ เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารกาบาที่ผลิตจากกรดกลูตามิก และออกวางจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและ ไต้หวัน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการผ่อนคลาย ลดความเครียดชนิด รวดเร็ว หรือเพื่อให้นอนหลับสบาย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจอยู่ในรูปของเครื่องดื่ม น้ำผลไม้ โยเกิร์ต ลูกอม หมากฝรั่ง ไส้กรอก ขนมปัง ชีส นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม หรือกาแฟพร้อมดื่ม รวมไปถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมชนิดเม็ด [13]

2.3 การผลิตข้าวกล้องงอก

โดยปกติเมล็ดข้าวที่แก่เต็มที่จะมีความชื้นต่ำ มีอัตราการหายใจต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ดน้อยมาก เมื่อเมล็ดข้าวได้รับน้ำเปลือกหุ้มเมล็ดจะอ่อนตัวลงทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดได้มากขึ้น เมล็ดจะดูดน้ำเข้าไปทำให้เมล็ดพองตัวขยายขนาด และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น น้ำจะเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ เช่น ขบวนการย่อยสลาย และขบวนการลำเลียงสาร เมื่อเมล็ดข้าวดูดน้ำเข้าไปจะกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ขึ้น ได้แก่ เอนไซม์ ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีน โดยเอนไซม์ อะไมเลส (amylase) และ กลูโคซิเดส (glucocidase) จะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาทันทีหลังจากเมล็ดได้รับน้ำเข้าไป เอนไซม์ 2ตัวนี้จะไปย่อยสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่เมล็ดข้าวเก็บสะสมไว้ คาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยจากน้ำตาลที่ละลายไม่ได้เป็นน้ำตาลที่ละลายได้ทำให้ข้าวกล้องงอกมีรสหวาน ในระหว่างการงอกเมล็ดข้าวจะสร้างเอนไซม์ อะไมเลส (amylase) ไรโบนิวคลิเอส (ribonuclease) โปรทิเอส (protease) และ ไลเปส (lipase) ขึ้นมา ซึ่งเอนไซม์โปรทิเอสจะไปย่อยโปรตีนทำให้เกิดกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (gamma amino butyric acid) หรือสารกาบา (GABA) ส่วนเอนไซม์ไลเปสจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปย่อยไขมันกลายเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล สารอารเหล่านี้จะแพร่เข้าไปในเอ็มบริโอเพื่อใช้ในการหายใจและการเจริญเติบโต นอกจากนี้น้ำยังช่วยในการลำเลียงสารอาหารไปให้เอ็มบริโอใช้ในการงอกอีกด้วย

ข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะงอก โดยที่จมูกข้าวยาวประมาณ 0.5- 1.0 มิลลิเมตร พบการเพิ่มขึ้นของสาร GABA สารประกอบฟินอลิก (phenolic compound) แกมมาออริซานอล (gamma oryzanol) กรดเฟอร์รูลิก (ferrulic acid) ใยอาหาร (fibre) อินโนซิทอล (inositol) กรดไฟติก (phytic acid) โทโคไตรอีนอล (tocotrienols) แมกนีเซียม โพแทสเซียม และสังกะสี [14] ซึ่งข้าวกล้องที่นำมาทำให้งอกแล้วนั้นมี คุณค่าทางอาหารสูงกว่าในข้าวกล้องปกติ โดยเฉพาะปริมาณ GABA พบว่ามีมากกว่าในข้าว กล้องถึง 10 เท่า และมีกรดอมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ คือ ไนอะซีน (niacin) และไลซีน (lysine) เพิ่มขึ้น 4 เท่า รวมทั้งมีใยอาหาร (dietary fiber) เพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวกล้องปกติ [15] ปรับปรุงคุณภาพทางการบริโภคโดยวัดผลด้วยการวัดคุณภาพเนื้อสัมผัสได้ผลว่าข้าวกล้องงอกมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มกว่าข้าวกล้องปกติ

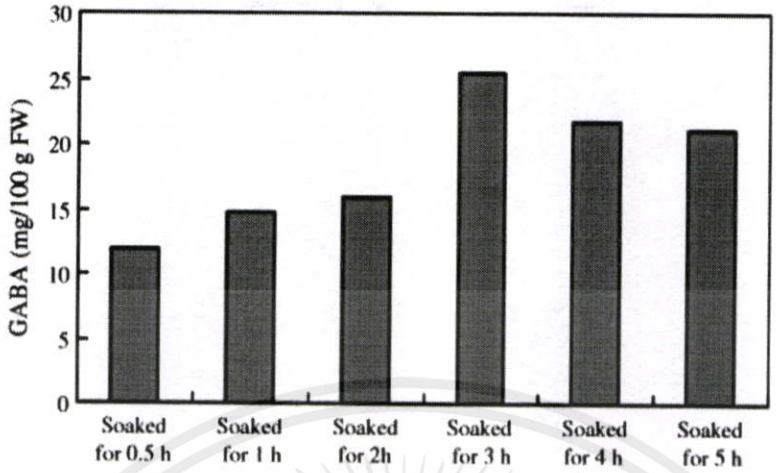
2.3.1 กระบวนการทั่วไปในการผลิตข้าวกล้องงอก

วิธีการเตรียมข้าวกล้องงอกโดยทั่วไป คือ การแช่ข้าวกล้องเป็นเวลา 20 ชั่วโมงในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 30 ถึง 40 องศาเซลเซียส เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการเพาะงอกจนกระทั่งจมูกข้าว มีความยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 มม. จากนั้นอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นของข้าวประมาณ 15% [3] ในระหว่างกระบวนการเพาะงอก กระบวนการแซคคาริฟิเคชัน (saccharification) จะทำให้โอนโดสเปิร์มของข้าวอ่อนตัวลง และกระตุ้นเอนไซม์ให้เพิ่ม ปริมาณของวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนในข้าว อย่างไรก็ตาม หากกระบวนการเพาะงอกนานเกินไปจนจมูกข้าวมีความยาวมากกว่า 1 มม. ปริมาณสารอาหารต่างๆ ในข้าวกล้องงอกก็จะสูญเสียไป [4]

2.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการผลิต

ปัจจัยที่สำคัญในการงอกของข้าวคือ ความชื้น ซึ่งความชื้นมีหน้าที่ช่วยให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม ช่วยให้ออกซิเจนเข้าไปในเมล็ด เป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ทำให้มีการย่อยสลายสารอาหารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก เพื่อการขนย้ายไปยังจุดเจริญ ระดับความชื้นในเมล็ดข้าวที่ต้องการสำหรับความงอกของข้าวคือร้อยละ 30 ของน้ำหนักแห้ง [16] จากผลิตข้าวกล้องงอกโดยนำข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องข้าวเหนียวดำที่คัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ มาล้างน้ำให้สะอาด นำไปแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างกัน คือ 0, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นก่อนทำการแช่น้ำ คือ ร้อยละ 11.4 หลังการแช่น้ำ ค่าความชื้นเฉลี่ยในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 29.6, 32.1, 32.8 และ 32.9 เมื่อนำข้าวมาแช่ที่เวลาต่างๆ พบว่าที่แช่เป็นเวลา 3 ชม.ได้สารกาบามากที่สุด [17] (รูปที่ 2.3) อุณหภมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการงอกของเมล็ดข้าว อุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการงอกของข้าว อยู่ในช่วง 30-32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดที่ข้าวงอกได้ คือ 8-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่ ข้าวงอกได้ คือ 42-44 องศาเซลเซียส [18] และอีกปัจจัยคือระยะเวลาในการบ่ม จากการนำข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องข้าวเหนียวดำที่คัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำนาน 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาล้างทำความสะอาดอีกครั้งเทน้ำทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บ่มเพาะในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด ในสภาพอุณหภูมิห้องปกติที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 16, 20, 24 และ 30 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบา พบว่าการบ่มเป็นเวลา 20 และ 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารกาบาสูงสุด [19] ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระยะเวลาในการแช่กับปริมาณสารกาบา [17]

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารกาบาของตัวอย่างข้าวที่บ่มเป็นระยะเวลาต่างๆหลังจากแช่มาแล้ว 4 ชม.[19]
หน่วย: มิลลิกรัม/100 กรัม

ระยะเวลาในการบ่ม	สารกาบา	
	ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	ข้าวกล้องข้าวเหนียวดำ
16 ชั่วโมง	10.03	11.19
20 ชั่วโมง	16.26	20.00
24 ชั่วโมง	16.84	21.08
30 ชั่วโมง	13.74	17.34

2.4 การหุงสุกข้าวกล้องงอกและผลของการหุงสุกต่อปริมาณสารกาบา

จากการศึกษาการหุงข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไอน้ำ ที่ความเร็วของสายพาน 0.2 เมตร/นาที พบว่าการหุงที่เวลา 45 นาที มีปริมาณสารกาบาสูงสุด (4.75 มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง และระดับการเกิดเจลาติไนส์ร้อยละ 77.98 ส่วนการให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งที่ความดัน 14.5 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 30 นาที มีปริมาณสารกาบาสูงสุด (6.47 มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง) และ ระดับเจลาติไนส์ร้อยละ 98.04 [20]

2.5 รังสีอัลตราไวโอเลตและการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Radiation, UV) หรือรังสีเหนือม่วง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งมีความยาวคลื่นในช่วง 10-400 นาโนเมตร (ตารางที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐาน ISO ของรังสีอัลตราไวโอเลต [21]

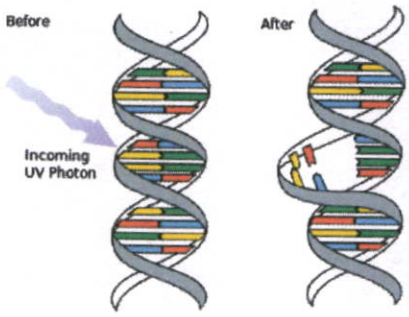
ชนิดของรังสี	อักษรย่อ	ความยาวคลื่น (nm)	พลังงานต่อโปรตรอน (eV)
Ultraviolet	UV	100-400	3.10-12.4
Ultraviolet A	UVA	400-315	3.10-3.94
Ultraviolet B	UVB	315-280	3.94-4.43
Ultraviolet C	UVC	280-100	4.43-12.4
Near Ultraviolet	NUV	400-300	3.10-4.13
Middle Ultraviolet	MUV	300-200	4.13-6.20
Far Ultraviolet	FUV	200-122	6.20-10.16
Hydrogen Lyman-alpha	H LYMAN-α	122-121	10.16-10.25
Extreme Ultraviolet	EUV	121-10	10.25-124
Vacuum Ultraviolet	VUV	200-10	6.20-124

โดยธรรมชาติแล้ว รังสีอัลตราไวโอเลตกำเนิดจากดวงอาทิตย์ แต่รังสีส่วนใหญ่ที่มาจากดวงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนหรือหักเหสะท้อนออกไปโดยโอโซนในชั้นบรรยากาศเทอร์โมสเฟียร์และเมโซฟอสก่อนที่จะมาถึงโลก ทำให้รังสีอัลตราไวโอเลตมาถึงผิวโลกประมาณ 10% ของรังสีที่ผ่านมายังผิวโลก นอกนั้นคือรังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation) ประมาณ 50% และรังสีที่ตามองเห็น (visible - light) ประมาณ 40% [22] ในปัจจุบันเราสามารถสร้างรังสีอัลตราไวโอเลตได้โดยอาศัยหลอดไฟที่บรรจุไอปรอทความดันต่ำและความดันปานกลาง หลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่ทำขึ้นเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ผู้ผลิตมักทำออกมาขายจะมีช่วงความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ซึ่งความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 254 นาโนเมตร [23]

การฉายรังสีอาหารมีวัตถุประสงค์ เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อชะลอการสุก เพื่อลดปริมาณปรสิต เพื่อยับยั้งการงอกระหว่างการเก็บรักษา เพื่อทำลายและยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลง หรืออื่นๆ ทั้งนี้การฉายรังสีอาหารต้องมีปริมาณรังสีดูดกลืนต่ำสุดที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี และมีปริมาณรังสีดูดกลืนสูงสุดอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ไม่ทำลายคุณภาพอาหาร สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร โดยไม่ทำลายโครงสร้าง คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร

รังสีอัลตราไวโอเลตจะมีผลต่อโครงสร้างภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ดูดซับรังสีนี้ไว้ ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์จะดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีในช่วงคลื่น 250-260 นาโนเมตร การที่รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้เนื่องจาก DNA ของจุลินทรีย์ดูดซับรังสีเข้าไปทำให้พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ที่ยึดติดระหว่างสายของ DNA ถูกทำลาย เป็นผลให้ลักษณะเกลียวของ DNA ถูกทำลาย (รูปที่ 2.4) นอกจากนี้ ยังทำให้การยึดเกาะกันของเบสที่เข้าคู่กันของ DNA ไม่เกิดขึ้นเป็นผลให้รูปร่างของ DNA เปลี่ยนแปลง DNA จึงไม่สามารถจำลองตัวเองได้ (DNA replication) หรือไม่สามารถจำลอง RNA ขึ้นมาได้ การสังเคราะห์โปรตีนของ DNA จึงหยุดชะงัก ทำให้กิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์จุลินทรีย์ทำงานผิดปกติ เช่น ไม่มีการสร้างพลังงานภายในเซลล์ การเจริญเติบโตถูกยับยั้ง และไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ผลของ UV ต่อโครงสร้าง DNA [25]

นอกจากนี้ยังมีผลในทางอ้อม คือ ทำให้เกิดการรวมตัวของออกซิเจนเป็นโอโซนหรือทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเกิดการรวมตัวกับน้ำเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือสารประกอบของเปอร์ออกไซด์ต่างๆ ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้

มีการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณภาพน้ำผลไม้ พบว่าเชื้อโคริฟอร์ม และ E.coli มีจำนวนลดลงเมื่อฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น 220-280 nm ขนาด 10 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที และทำให้เชื้อหมดไปหลังจากการฉายรังสี 15 นาที [26] รังสีอัลตราไวโอเลต 2400 mW/cm^2 ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ทำลายเชื้อ E. coli ลดลง 1 log และ 400 mW/cm^2 ทำลาย Polio, Echo และ Coxsackie virus มากว่า 4 log [27] มีการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีในกระบวนการอุตสาหกรรมเบียร์ เครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมอาหาร เพราะไม่ทำให้กลิ่น รส หรือความเป็นกรดด่างของน้ำเปลี่ยนแปลง [28]

บริษัท เป็บซี่-โคล่าในเบลเยี่ยมและลักเซมเบอร์ ติดตั้งเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตในกระบวนการแฟลช พาสเจอร์ไรส์ (flash pasteurization) ของสารละลายน้ำตาลผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ป้องกันการ เจริญและการแพร่ของแบคทีเรีย ไวรัส ราและยีสต์ ซึ่งไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลง สี กลิ่นรสของสารละลาย [29]

มีงานวิจัยในการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวสด พบว่า ใช้รังสีอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ขนาด 15 วัตต์ จำนวน 8 หลอดเป็นเวลา 2 นาที สามารถลดจำนวนเชื้อ แบคทีเรีย ยีสต์และราได้ และสามารถเก็บได้นานกว่าเดิมจาก 2 วัน ได้ 7, 4 และ3 วัน ที่อุณหภูมิ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ [30]

รังสี UV-C มีการนำมาใช้สำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวหน้าของอาหารจำนวนมาก มีงานวิจัยหลาย งานที่ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผล พบว่า การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (254 นาโนเมตร) ที่ระดับความเข้ม 4350 $\mu W/cm^2$ เป็นเวลา 15 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (aerobic bacteria) ยีสต์และราบนพื้นผิวเปลือกไข่ [31]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตรในการฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ [32]

เชื้อจุลินทรีย์	ปริมาณพลังงานของรังสีอัลตราไวโอเลตที่จำเป็นสำหรับการฆ่า (μW sec/cm²)	
แบคทีเรีย	การลดลง 1 log	การลดลง 2 log
Bacillus anthracis - Anthrax	4,520	8,700
Bacillus anthracis spores - Anthrax spores	24,320	46,200
Bacillus magaterium sp. (spores)	2,730	5,200
Bacillus magaterium sp. (veg.)	1,300	2,500
Bacillus paratyphusus	3,200	6,100
Bacillus subtilis spores	11,600	22,000
Bacillus subtilis	5,800	11,000
Clostridium tetani	13,000	22,000
Corynebacterium diphtheriae	3,370	6,510
Ebertelia typhosa	2,140	4,100
Escherichia coli	3,000	6,600
Leptospiracanicola - infectious Jaundice	3,150	6,000
Micrococcus candidus	6,050	12,300
Micrococcus sphaeroides	1,000	15,400
Mycobacterium tuberculosis	6,200	10,000
Neisseria catarrhalis	4,400	8,500
Phytomonas tumefaciens	4,400	8,000
Proteus vulgaris	3,000	6,600
Pseudomonas aeruginosa	5,500	10,500
Pseudomonas fluorescens	3,500	6,600
Salmonella enteritidis	4,000	7,600
Salmonela paratyphi - Enteric fever	3,200	6,100
Salmonella typhosa - Typhoid fever	2,150	4,100
Salmonella typhimurium	8,000	15,200
Sarcina lutea	19,700	26,400
Serratia marcescens	2,420	6,160
Shigella dyseteriae - Dysentery	2,200	4,200
Shigella flexneri - Dysentery	1,700	3,400
Shigella paradysenteriae	1,680	3,400
Spirillum rubrum	4,400	6,160
Staphylococcus albus	1,840	5,720
Staphylococcus aerius	2,600	6,600

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น พร้อมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Staphylococcus hemolyticus	2,160	5,500
Staphylococcus lactis	6,150	8,800
Streptococcus viridans	2,000	3,800
Vibrio comma Cholera	3,375	6,500
รา	การลดลง 1 log	การลดลง 2 log
Aspergillius flavus	60,000	99,000
Aspergillius glaucus	44,000	88,000
Aspergillius niger	132,000	330,000
Mucor racemosus A	17,000	35,200
Mucor racemosus B	17,000	35,200
Oospora lactis	5,000	11,000
Penicillium expansum	13,000	22,000
Penicillium roqueforti	13,000	26,400
Penicillium digitatum	44,000	88,000
Rhisopus nigricans	111,000	220,000
โปโตซัว	การลดลง 1 log	การลดลง 2 log
Chlorella Vulgaris	13,000	22,000
Nematode Eggs	4,000	92,000
Paramecium	11,000	20,000
ไวรัส	การลดลง 1 log	การลดลง 2 log
Bacteriopfage - E. Coli	2,600	6,600
Infectious Hepatitis	5,800	8,000
Influenza	3,400	6,600
Poliovirus - Poliomyelitis	3,150	6,600
Tobacco mosaic	240,000	440,000
ยีสต์	การลดลง 1 log	การลดลง 2 log
Brewers yeast	3,300	6,600
Common yeast cake	6,000	13,200
Saccharomyces carevisiae	6,000	13,200
Saccharomyces ellipsoideus	6,000	13,200
Saccharomyces spores	8,000	17,600

2.6 วิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก จึงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาตั้งแต่อดีต ได้แก่ การต้ม การลวก การพาสเจอไรซ์ และการสเตอริไลซ์ โดยความร้อนจะไปทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหาร เมื่อจุลินทรีย์ได้รับความร้อนในปริมาณที่เพียงพอจะ

หยุดการเจริญเติบโต ไม่สามารถสืบพันธุ์และตายได้ การทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนและเวลาที่ใช้

2.6.1 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ

(1) ความเป็นกรด-เบสของอาหาร พบว่าจุลิทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนสูงจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำกว่า 3.7) จึงใช้ความร้อนในปริมาณที่ไม่สูงมากใช้ทำลายเชื้อรากับยีสต์เท่านั้น

(2) ชนิดของจุลินทรีย์ ในอาหารทั่วไปจะพบจุลิทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายที่สำคัญคือเชื้อคลอสติเดียม โบทูลินั่ม (*Clostridium botulinum*) เป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศและทนความร้อนได้สูง ซึ่งต้องใช้ความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีถึงจะสามารถทำลายได้

(3) ค่าความต้านทานความร้อนของจุลิทรีย์หรือสปอร์ เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งได้จากการคำนวณเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลิทรีย์ ณ อุณหภูมิหนึ่งกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาต่างๆ

(4) ค่าเวลาให้ความร้อน ณ อุณภูมิหนึ่ง เพื่อให้ได้ระดับการฆ่าเชื้อที่ต้องการ (F_0) เป็นค่าที่สำคัญในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน จากการทดสอบพบว่า การทำลายเชื้อคลอสติเดียมโบทูลินั่มให้แน่ใจว่าปลอดภัย (10^{12} สปอร์เป็น 1 สปอร์) ที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 6 นาที นั่นคือ F_0 = 6 นาที นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกเช่น ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหาร ภาชนะบรรจุ ตัวให้ความร้อน สภาพการเก็บหลังการให้ความร้อนและปริมาณจุลิทรีย์ก่อนที่จะฆ่าเชื้อ

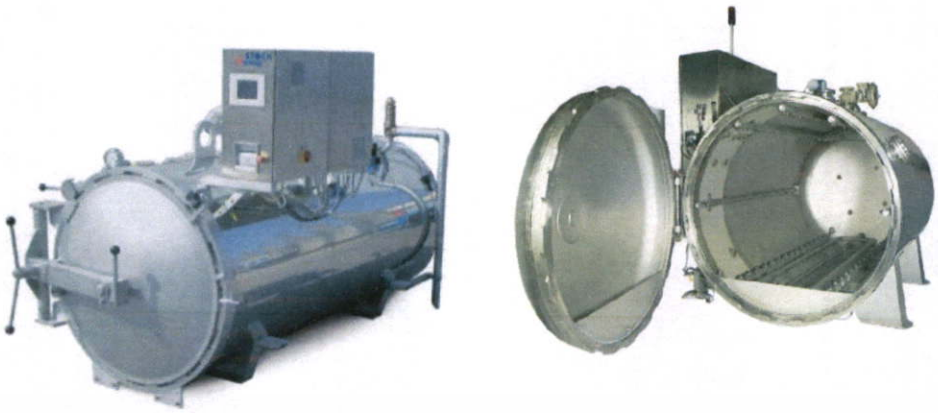
2.6.2 เครื่องมือในการฆ่าเชื้อ

เครื่องรีทอร์ท (retort) อาจเรียกว่า เครื่องฆ่าเชื้อ หรือหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้แปรรูปอาหารด้วยความร้อน (thermal processing) เพื่อฆ่าเชื้ออาหารซึ่งบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท (hermectically sealed container) เช่น กระป๋อง ขวดแก้ว ถุงทนร้อนสูง (retortable pouch) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นอุปกรณ์สำคัญในการผลิตอาหารกระป๋อง (canning)

(1) เครื่องฆ่าเชื้อแบบที่ทำงานเป็นกะ (batchretort) ซึ่งอาจเรียกว่า หม้อฆ่าเชื้อภายในมีตระกร้าบรรจุอาหารที่ปิดผนึก (hermectically seal container) เพื่อเข้าฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นรอบ หรือเป็นกะ (รูปที่ 2.5) มีหลายประเภทได้แก่ หม้อฆ่าเชื้อแบบนิ่ง (still retort หรือ static retort) หมายถึงหม้อฆ่าเชื้อซึ่งไม่มีกลไกทำให้อาหารและบรรจุภัณฑ์เคลื่อนที่ระหว่างการฆ่าเชื้อซึ่งรูปแบบของ หม้อฆ่าเชื้ออาจวางในแนวนอน (horizontal retort) หรือวางในแนวตั้ง (vertical retort) และใช้ตัวกลางความร้อน (heating medium) แตกต่างกันให้เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์ และชนิดของอาหาร ได้แก่ เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำ (steam Retort) เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (water spray retort) เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนท่วม (water immersion retort) เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำผสม อากาศ (horizontal steam/air retorts) หม้อฆ่าเชื้อที่ทำงานเป็นกะ ชนิดที่มีกลไกภายในทำให้อาหารเคลื่อนที่เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน เช่น โรตารีรีทอร์ท (rotary retort) อกริเตทรีทอร์ท (agitate retort) และเครื่องฆ่าเชื้อที่ไม่ใช้ตะกร้า (crateless Retort)

(2) เครื่องฆ่าเชื้อที่ทำงานแบบต่อเนื่อง เรียกว่า sterilizer เช่น เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้รางเกลียวหมุน (reel and spiral sterilizers) และ เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้แรงดันน้ำ (hydrostatic sterilizers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เครื่องฆ่าเชื้อแบบที่ทำงานเป็นกะ (batch retort) [33]

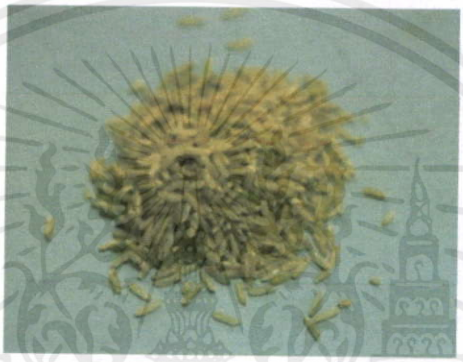
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105จากจังหวัดสุรินทร์ ประเทศไทยข้าวกล้องถูกนำมาคัดแยกเพื่อให้ได้ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเต็มเมล็ดจะถูกจัดเก็บในถุงสูญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส ก่อนการทำการทดลอง นำตัวอย่างข้าวมาไว้ที่อุณหภูมิห้องจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำมาใช้ในทุกการทดลอง



รูปที่ 3.1 ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

3.2การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และบ่มต่อปริมาณสารกาบา

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และบ่มข้าวกล้องงอกจะทำให้ทราบถึงอุณหภูมิและเวลาในการแช่และบ่มที่เหมาะสม สำหรับการได้ปริมาณสารกาบามากที่สุด โดยจะทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการเพาะงอกที่ศึกษาแบ่งเป็น 5 ระดับ โดยเวลาที่ใช้ในการแช่และบ่มจะรวมกันเป็น 24 ชั่วโมงในทุกๆ การทดลอง ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1ระยะเวลาในการเพาะงอกข้าวกล้อง

ลำดับที่	เวลาที่ใช้ในการแช่ (ชม.)*	เวลาที่ใช้ในการบ่ม (ชม.)*
1	4	20
2	8	16
3	12	12
4	16	8
5	24	0

หมายเหตุ* มีการเปลี่ยนน้ำระหว่างขั้นตอนการแช่ และการบ่มของการเพาะข้าวกล้องงอกทุกๆ 4 ชั่วโมง

ขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการเพาะงอกข้าวกล้อง

ก่อนเริ่มต้นกระบวนการเพาะงอกข้าวกล้องเต็มเมล็ด จะถูกแช่ในสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อในระหว่างกระบวนการเพาะงอก (Anawachkul and Jiamyangyuen 2009.)หลังจากนั้นก็ล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปห่อด้วยผ้าขาวบาง ทำการแช่และบ่มในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิตามอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการศึกษาแผนผังขั้นตอนการเตรียมข้าวกล้องงอกแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.2 การวัดปริมาณสารกาบาและคุณภาพของข้าวกล้องงอก

(1) การวัดระยะการงอกของจมูกข้าว

สุ่มตัวอย่างจากข้าวกล้องงอกในทุกๆ ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 เมล็ด วัดระยะการงอกของจมูกข้าวด้วยดิจิตอลไมโครสโครป (NinghaiKalinu Technology Co., Ltd, USB Digital Microscope 50X to 500X,ZheJiang, Japan) ที่กำลังขยาย 350 เท่า

(2) การวัดปริมาณความชื้นข้าวกล้องงอก

วิธีการวิเคราะห์ความชื้นของข้าวถูกกำหนดโดย Association of Official Analytical Chemists (AOAC; 1984)โดยการชั่งข้าวกล้องตัวอย่างละ 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยวัดความชื้น หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำข้าวกล้องออกมาชั่งน้ำหนักและนำไปคำนวณหาความชื้นของแต่ละตัวอย่างสูตรการหาความชื้นฐานเปียกมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\%MC_{wb} = \frac{M_w}{M_w+M_s} * 100 \qquad (1)$$

M_w = มวลของน้ำในอาหาร

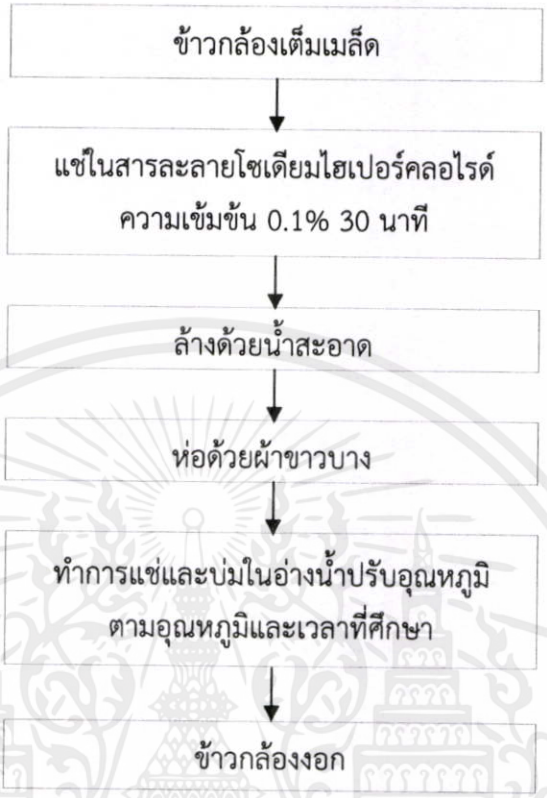
M_s = มวลแห้งของอาหาร

(3) การวัดปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอก

ปริมาณสารกาบาวัดโดยศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่งขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งตรวจ ได้แก่ นำข้าวกล้องแต่ละตัวอย่างใส่ลงในแพตติดิส เกลี่ยให้เป็นชั้นบางๆ ต่อมานำเข้าตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่งโมง หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องอบแห้งแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 0.5 บาร์ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และบรรจุข้าวกล้องงอกลงในถุงซิปล็อค จากนั้นส่งตัวอย่างหาปริมาณสารกาบา



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมข้าวกล้องงอก

3.3 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการหุงสุกต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก

ในงานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาการหุงทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีการหุงด้วยหม้อหุงข้าว วิธีการหุงด้วยบีกเกอร์ และวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง ซึ่งตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาขั้นตอนนี้เป็นตัวอย่างที่แช่-บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการแช่/บ่มที่เวลาต่างๆ ได้แก่ 4/20 8/16 12/12 16/8 24/0 ชั่วโมง/ชั่วโมง และตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นตัวอย่างข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการเพาะงอกมีรายละเอียดในการทดลอง ดังนี้

3.3.1 การหาเวลาต่ำสุดและเวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องงอก

ขั้นแรกใส่น้ำในหม้อหุงข้าวจำนวน 135 มิลลิลิตร ต้มจนเดือด จากนั้นชั่งข้าวกล้องงอกตัวอย่างละ 10 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ หลังจากผ่านไป 5 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 1 นาที จำนวน 10 เมล็ด เพื่อนำมากดกระจก ระยะเวลาสูงสุดในการหุงข้าวตัวอย่าง (minimum cooking time) คือ เวลาที่ข้าวมีไตขาวเหลืออยู่ในเมล็ดเพียง 1 เมล็ด จาก 10 เมล็ดที่สุ่มมา และระยะเวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าว (optimum cooking time) คือ ระยะเวลาต่ำสุดบวกเพิ่มอีก 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ข้าวกล้องที่กดด้วยกระจก

3.3.2การหาปริมาณน้ำที่เหมาะกับการหุงข้าวกล้องงอก

ใส่น้ำในวอเตอร์บาร์ทตั้งอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชั่งข้าวตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองและใส่น้ำในหลอดทดลองจำนวน 10 มิลลิลิตร ใช้สำลีอุดปลายหลอดไว้ จากนั้นนำหลอดทดลองใส่ลงในตะแกรงใส่หลอด และนำไปต้มในวอเตอร์บาร์ทที่เวลาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าว เมื่อครบตามระยะเวลาจึงนำออกมาเทน้ำและซับน้ำที่ผิวข้าวชั่งหาปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซึม

3.3.3ขั้นตอนในการหุงข้าวกล้องงอกด้วยวิธีการต่างๆ

- วิธีการหุงในหม้อหุงข้าว

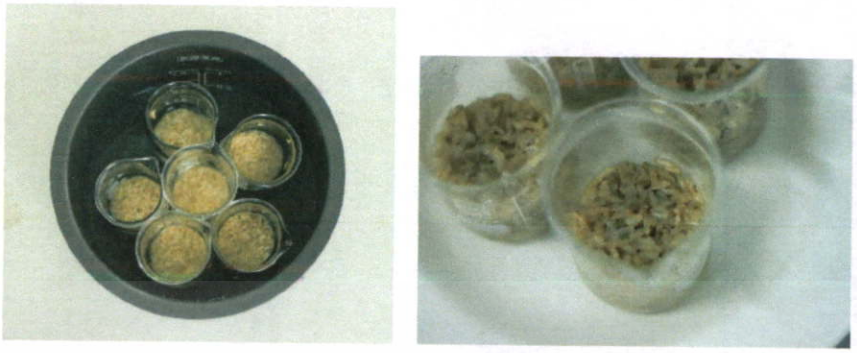
สำหรับตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการเพาะงอก จะใช้ปริมาณน้ำต่อปริมาณข้าวกล้อง คือ 1.5:1 และใช้เวลาที่เหมาะสมในการหุง คือ 25 นาที และสำหรับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่-บ่มแล้ว ปริมาณน้ำต่อข้าวกล้อง คือ 0.8:1 เวลาที่เหมาะสมในการหุง คือ 12 นาที โดยหุงในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า(Toshiba electric rice cooker,RC-10 mm, Nonthaburi Thailand)

รูปที่ 3.4วิธีการหุงในหม้อหุงข้าว

- วิธีการหุงในบีกเกอร์

สำหรับตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการเพาะงอก จะใช้ปริมาณน้ำต่อปริมาณข้าวกล้อง คือ 1.5:1 และใช้เวลาที่เหมาะสมในการหุง คือ 25 นาที และสำหรับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่-บ่มแล้ว ปริมาณน้ำต่อข้าวกล้อง คือ 0.8:1 เวลาที่เหมาะสมในการหุง คือ 12 นาที โดยใส่ข้าวลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 บีกเกอร์ เตรียมน้ำจำนวน 400 มิลลิลิตรใส่ลงในหม้อข้าว จากนั้นเอาบีกเกอร์ใส่ลงในหม้อ และทำการหุงตามระยะเวลาข้างต้น โดยที่เริ่มนับเวลาเมื่อมีไอน้ำขึ้นจากหม้อข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5วิธีการหุงในบีกเกอร์

- วิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง

ชั่งข้าวกล้องควบคุมจำนวน 250 กรัม ใส่ลงตะแกรง นำไปนึ่งเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใส่ลงในวอเตอร์บาร์ท ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ต่อไปก็นำออกมานึ่งอีกครั้งเป็นเวลา 5 นาที สำหรับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่-บ่มแล้ว ชั่งข้าวจำนวน 250 กรัม ใส่ลงในตะแกรง นำไปนึ่งเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปใส่ลงในวอเตอร์บาร์ท เป็นเวลา 5 นาที ต่อไปก็นำออกมานึ่งอีกเป็นเวลา 5 นาที

รูปที่ 3.6วิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง

3.3.4 การวัดคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก

(1) การวัดความแข็งของข้าวกล้องงอกหุงสุก

ในการวัดความแข็งจะใช้เครื่อง Texture Analysis (บริษัท จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์, TA.HDplus, Godalming, surrey GU7 1YL, UK) โดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร และใช้กระบอกบรรจุข้าวสูง 70 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร แรงที่ใช้ในการกดข้าวกล้อง 1 นิวตันระยะที่ทำการกด คือ 99 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตร/นาที เมื่อติดตั้งอุปกรณ์และกำหนดค่าต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว ก็ชั่งข้าวตัวอย่างละ 3 กรัม ใส่ลงในกระบอกกดข้าว จากนั้นเริ่มทำการกดข้าว เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วก็อ่านค่าและวิเคราะห์ผล

(2) การวัดความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุก

ในการวัดสีจะใช้เครื่องวัดสี เมื่อติดตั้งเครื่องมือเสร็จแล้ว ก็นำข้าวมาใส่ในกระปุกใส่ข้าวสำหรับการวัดสี รอเครื่องอ่านค่าสีระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นอ่านค่าที่ได้ในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการหาความขาว ความขาว = $100-[(100-L^{*})^{2}+a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$ (2)

โดย L หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100

0 หมายถึง สีมืดที่สุด

100 หมายถึง สว่างที่สุด

aหมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง หรือเขียว

+a หมายถึง แสดงความเป็นสีแดง

-a หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

bหมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง หรือน้ำเงิน

+b หมายถึง แสดงความเป็นสีเหลือง

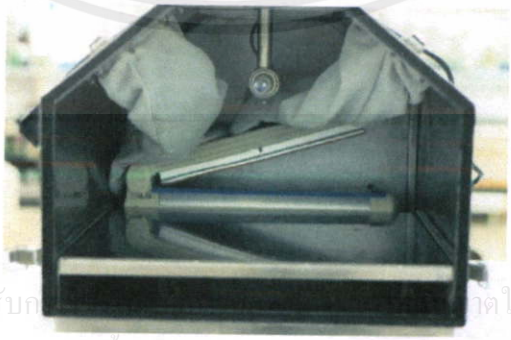
-b หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

(3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เตรียมข้าวที่หุงสุกทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ซึ่งข้าวกล้องควบคุมและข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่ 4/20 ชม./ชม. ที่หุงด้วย 3 วิธี คือ วิธีการหุงในหม้อหุงข้าว วิธีการหุงในบีกเกอร์และวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง ใส่ลงในภาชนะทดสอบทางประสาทสัมผัสตัวอย่างละ 30 กรัม หลังจากนั้น ติดรหัสประจำแต่ละตัวอย่าง (รหัสที่ใช้คือ 512 219 768 139 810 467)และนำไปให้อาสาสมัครจำนวน 29 คนทำการทดสอบ โดยจะให้ผู้ทำการทดสอบรับประทานข้าวแต่ละตัวอย่าง ในระหว่างการทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างให้ล้างปากด้วยน้ำทุกครั้ง การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบคะแนนความชอบ 0-9 (9-point hedonic scale)

3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ตัวอย่างที่แช่/บ่ม 4/20 ชม./ชม. ซึ่งใช้วิธีการหุงในหม้อหุงข้าวขั้นแรกเตรียมข้าวกล้องงอกหุงสุกจำนวน 50 กรัม จากนั้นนำไปวางเป็นชั้นบางๆบนถุงที่เตรียมไว้ และเว้นช่องว่างตรงขอบไว้เล็กน้อยเพื่อซีลถุง นำเข้าไปฆ่าเชื้อในตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 30 และ 60 นาที เมื่อตามระยะเวลาดังกล่าว จึงพลิกอีกด้าน เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 และ 60 นาทีอีกครั้ง หลังจากทำการฆ่าเชื้อเสร็จแล้ว ก็ซีลถุงให้เรียบร้อย จากนั้นจะนำตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อเสร็จแล้วไปตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(total plate count)ยีสต์และรา (yeast and mold)ความแข็ง (hardness)และความขาว (whiteness)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

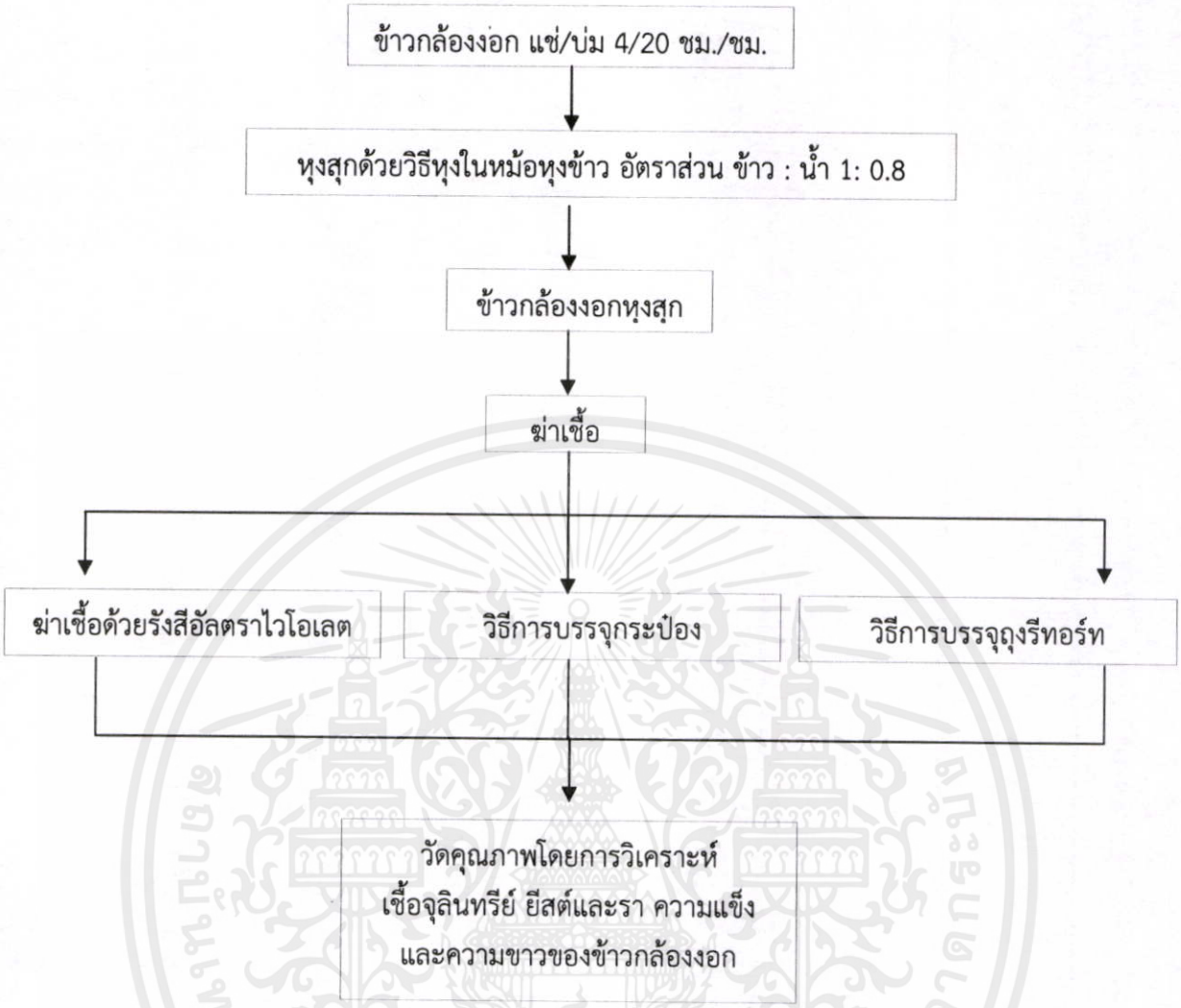
รูปที่ 3.7 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

3.5 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกปลอดเชื้อที่ได้จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท

เตรียมข้าวที่แช่-บ่มเป็นเวลา 4/20 ชม./ชม. บรรจุใส่กระป๋องจำนวน 150 กรัม ต่อมานำไปปิดฝาให้สนิท หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหาร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส F_0=6 และฆ่าเชื้อเป็นเวลา 40 นาทีเมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วก็นำกระป๋องข้าวออกมาปรับอุณหภูมิให้ลดลง โดยการนำไปแช่น้ำที่ระยะเวลาหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิลดลงก็นำขึ้นมาเช็ดให้แห้ง สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยถุงรีทอร์ท ใส่ข้าวลงในถุงจำนวน 150 กรัม จากนั้นนำไปซีลด้วยเครื่องซีลสูญญากาศ หลังจากนั้นก็นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหาร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส F_0=6 เป็นเวลา 40 นาที เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วก็นำถุงรีทอร์ทออกมาปรับอุณหภูมิให้ลดลง โดยการนำไปแช่น้ำที่ระยะเวลาหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิลดลงก็นำถุงรีทอร์ทขึ้นมาเช็ดให้แห้งและเก็บตัวอย่างทั้งสอง เพื่อตรวจสอบหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(total plate count)ยีสต์และรา (yeast and mold)ความแข็ง (hardness)และความขาว (whiteness)

รูปที่ 3.8ผลิตภัณฑ์จากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการฆ่าเชื้อด้วยการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในแต่การทดลองมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ เว้นแต่มีการระบุไว้อยู่ในขั้นตอนการทดลองแยกต่างหาก ผลการวิเคราะห์รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี One-way ANOVAและทำการทดสอบการทดสอบเชิงพหุคูณด้วยวิธี Duncan s New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่และการบ่มต่อปริมาณสารกาบา

4.1.1 ขนาดของจมูกข้าว

จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการแช่และบ่มข้าวกล้องมีผลต่อการงอกของจมูกข้าว เมื่อเทียบกับข้าวที่ยังไม่เพาะแล้ว การแช่ข้าวที่ระยะเวลานานขึ้นทำให้จมูกข้าวงอกน้อยลง ดังนั้นการแช่ข้าวที่ระยะเวลา 4 และ 8 ชั่งโมงจะทำให้จมูกข้าวงอกดีที่สุด อุณหภูมิก็มีความสำคัญกับการงอกของจมูกข้าวด้วย คือ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จมูกข้าวจะงอกดีกว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส การงอกของจมูกข้าวที่จะทำให้มีสารกาบามากที่สุดคือ 0.5 1 มิลลิเมตร [3] ดังนั้นข้าวที่แช่และบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีการงอกของจมูกข้าวไม่ถึง 0.5 มิลลิเมตร จึงไม่นำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.1 ขนาดของจมูกข้าวที่แช่-บ่มที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ
หน่วย: มิลลิเมตร

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	35	45
4/20	0.78 ±0.15[a]	0.24 ±0.02[d]
8/16	0.63 ±0.12[b]	0.24 ±0.05[d]
12/12	0.62 ±0.14[b]	0.22 ±0.04[d]
16/8	0.52 ±0.07[c]	0.19 ±0.03[d]
24/0	0.47 ±0.14[c]	0.19 ±0.03[d]

4.1.2 ความชื้นของข้าวกล้องงอก

จากการทดลองหาเปอร์เซ็นความชื้นของข้าวกล้องงอกเมื่อเปรียบเทียบความชื้นในแต่ละระยะเวลาในการแช่ละการบ่มที่แตกต่างกัน พบว่าค่าเปอร์เซ็นความชื้นทั้งหมดของข้าวกล้องงอก 10 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความชื้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกของข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มที่เวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	35	45
4/20	35.25 ± 1.97^{ns}	35.09 ± 0.34^{ns}
8/16	35.56 ± 0.36^{ns}	35.49 ± 0.94^{ns}
12/12	34.35 ± 0.78^{ns}	35.46 ± 0.07^{ns}
16/8	34.91 ± 0.48^{ns}	36.79 ± 0.95^{ns}
24/0	36.06 ± 1.02^{ns}	34.42 ± 2.72^{ns}

4.1.3 ปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอก

จากการทดลองพบว่าข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่ม 4/20 ชม./ชม. จะมีปริมาณสารกาบมากที่สุดถึง 17.74±0.04 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่ตัวอย่างที่แช่-บ่ม เป็นเวลา 8/16, 12/12 และ16/8 ชม./ชม. ให้ปริมาณสารกาบาอยู่ในช่วง 12-13.5 มิลลิกรัม/100 กรัม และจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่ไม่ผ่านการบ่มเลยจะให้ปริมาณสารกาบาเพียง 9.97±0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม อย่างไรก็ตามข้าวกล้องธรรมดาจะมีปริมาณสารกาบาเพียง 1.18±0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม เท่านั้น ซึ่งผลที่ได้ก็สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า เมื่อแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มต่ออีก 21 ชั่วโมง จะได้ปริมาณสารกาบาสูงสุดถึง 116.88±9.24 มิลลิกรัม/100 กรัม (dry basis) [8]

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มในระยะเวลาต่างๆ
หน่วย: มิลลิกรัม/100 กรัม

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	ปริมาณสารกาบา (มิลลิกรัม/100 กรัม)
ตัวอย่างควบคุม	1.18 ± 0.02^{f}
4/20	17.74 ± 0.04^{a}
8/16	12.99 ± 0.03^{c}
12/12	13.51 ± 0.04^{b}
16/8	12.19 ± 0.05^{d}
24/0	9.97 ± 0.02^{e}

4.2 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการหุงสุกคุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุก

4.2.1 การหาเวลาที่เหมาะสมและปริมาณน้ำที่ดูดซึมของข้าวกล้องงอก

จากการทดลองหาเวลาหุงสุกและปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ ตัวอย่างควบคุมจะใช้น้ำในการหุงมากกว่าและใช้เวลาหุงถึง 23 นาที แต่ข้าวกล้องที่เพาะแล้วจะใช้เวลาหุงเพียงแค่ 12 นาทีและใช้น้ำน้อยกว่า สามารถลดปริมาณและเวลาการหุงได้มาก ข้าวที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลาที่นานขึ้น จะมีการดูดซึมของน้ำน้อยลง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการศึกษาหรือการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

ตารางที่ 4.4 เวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวและปริมาณที่ดูดซึมที่แช่-บ่มระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	เวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าว (นาที)	ปริมาณน้ำที่ดูดซึม (กรัม)
ตัวอย่างควบคุม	25	1.31 ± 0.026^{a}
4/20	12	0.35 ± 0.006^{c}
8/16	12	0.38 ± 0.035^{c}
12/12	12	0.45 ± 0.047^{b}
16/8	12	0.45 ± 0.025^{b}
24/0	12	0.47 ± 0.015^{b}

4.2.2 การหาความแข็งของข้าวกล้องงอก

สำหรับความแข็งของข้าวกล้องงอกหุงสุก จะเห็นได้ว่าตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มที่จะมีความแข็งมากกว่าข้าวกล้องงอก ยกเว้นวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง อาจจะเป็นไปได้ว่า ตัวอย่างที่หุงด้วยวิธีหุงในหม้อหุงข้าวและวิธีหุงในบีกเกอร์ ใช้ปริมาณน้ำจำกัด ในขณะที่วิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง ตัวอย่างถูกแช่อยู่ในน้ำที่มากเกินพอ จึงทำให้ตัวอย่างควบคุมยังคงมีความแข็งไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวกล้องงอก

ตารางที่ 4.5 ความแข็งของข้าวกล้องงอกที่แช่-บ่มในระยะเวลาต่างๆ

หน่วย: kgf

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	วิธีการหุงข้าว		
	วิธีหุงในหม้อหุงข้าว	วิธีหุงในบีกเกอร์	วิธีหุงแบบแช่-นึ่ง
ตัวอย่างควบคุม	66.71 ± 4.38^{a}	37.64 ± 2.47^{a}	39.04 ± 0.73^{b}
4/20	58.66 ± 2.10^{b}	26.29 ± 1.42^{c}	39.66 ± 2.59^{b}
8/16	35.89 ± 2.15^{e}	20.91 ± 0.48^{d}	31.02 ± 2.45^{c}
12/12	49.60 ± 1.75^{c}	26.89 ± 2.33^{c}	37.64 ± 2.52^{b}
16/8	41.02 ± 0.89^{d}	33.99 ± 1.00^{b}	43.85 ± 1.17^{a}
24/0	43.55 ± 0.56^{d}	28.20 ± 1.39^{c}	43.19 ± 0.49^{a}

4.2.3 ศึกษาการความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุก

จากการวัดความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุก พบว่า ค่าความขาวอยู่ในช่วงระหว่าง 58.6-66.4 ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการหุงด้วยหม้อหุงข้าวมีแนวโน้มที่จะมีค่าความขาวน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ความขาวของข้าวกล้องงอกที่หุงในแต่ละวิธี

ระยะเวลาในการแช่ (ชม.) / ระยะเวลาในการบ่ม (ชม.)	วิธีการหุงข้าว		
	วิธีหุงในหม้อหุงข้าว	วิธีหุงในบีกเกอร์	วิธีหุงแบบแช่-นึ่ง
ตัวอย่างควบคุม	59.34±0.29^{ab}	61.49±0.46^{c}	63.02±0.29^{bc}
4/20	60.36±0.65^{a}	62.68±1.05^{bc}	64.86±0.31^{a}
8/16	59.59±1.28^{ab}	62.03±1.03^{c}	62.75±0.66^{c}
12/12	60.30±0.73^{a}	64.69±2.02^{ab}	63.72±0.65^{b}
16/8	58.61±1.03^{b}	66.39±3.65^{a}	63.04±0.64^{bc}
24/0	58.92±0.75^{b}	65.46±0.44^{a}	62.45±0.49^{c}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง	คุณลักษณะที่ทดสอบ						
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	การเกาะตัว	ความนุ่ม	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
วิธีการหุงในหม้อหุงข้าว							
ตัวอย่างควบคุม	5.61±1.83^{ns}	6.07±1.68^{ns}	5.96±1.37^{a}	6.00±1.85^{ab}	6.07±1.56^{a}	6.03±1.77^{ns}	6.25±1.55^{a}
แช่/บ่ม 4/20 ชม./ชม.	5.39±1.77^{ns}	5.86±1.76^{ns}	6.14±1.41^{a}	5.36±1.77^{b}	5.75±1.86^{a}	5.64±1.85^{ns}	5.89±1.49^{a}
วิธีการหุงในบีกเกอร์							
ตัวอย่างควบคุม	4.71±2.23^{ns}	5.46±2.09^{ns}	5.28±1.98^{ab}	6.57±1.62^{a}	5.32±2.00^{a}	5.68±2.25^{ns}	5.54±2.09^{a}
แช่/บ่ม 4/20 ชม./ชม.	5.57±2.38^{ns}	5.64±1.89^{ns}	6.00±1.85^{a}	5.36±2.02^{b}	5.43±1.97^{a}	5.75±2.19^{ns}	5.75±1.89^{a}
วิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง							
ตัวอย่างควบคุม	5.43±1.75^{ns}	5.68±1.59^{ns}	4.82±1.76^{b}	3.43±1.67^{c}	4.29±1.74^{b}	5.00±1.66^{ns}	4.39±1.83^{b}
แช่/บ่ม 4/20 ชม./ชม.	5.43±1.95^{ns}	5.79±1.83^{ns}	5.71±1.54^{ab}	5.00±1.66^{b}	5.36±1.66^{a}	5.68±1.66^{ns}	5.57±1.43^{a}

จากการทดสอบพบว่าลักษณะที่ปรากฏของตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในบีกเกอร์จะได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด แต่ตัวอย่างอื่นๆจะมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงคะแนน 5-6 คะแนน สีของข้าวกล้องตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในหม้อหุงข้าวได้ 6 คะแนน แต่ตัวอย่างอื่นๆจะมีคะแนนในช่วง 5.4-6 คะแนน การเกาะตัวของข้าวกล้องตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในบีกเกอร์จะได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดแต่ตัวอย่างอื่นๆจะมีคะแนนในช่วง 4.5-6.2 คะแนน ความนุ่มตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในหม้อหุงข้าวได้ 6.03 คะแนน ส่วนตัวอย่างควบคุมที่หุงวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง จะได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 3.43 คะแนน รสชาติ ตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในหม้อหุงข้าวได้ 6.07 คะแนน ส่วนตัวอย่างควบคุมที่หุงวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง จะได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 4.29 คะแนน และตัวอย่างอื่นๆคะแนนจะอยู่ในช่วง 5.3-5.8 คะแนน กลิ่นของข้าวกล้องคะแนนจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก คือ จะมีคะแนนในช่วง 5-6 คะแนน โดยสรุปแล้ว ความชอบโดยรวมตัวอย่างควบคุมที่หุงด้วยวิธีการหุงในหม้อหุงข้าวได้ 6.25 คะแนน ส่วนตัวอย่างควบคุมที่หุงวิธีการหุงแบบแช่-นึ่ง จะได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 4.39 คะแนน และตัวอย่างอื่นจะมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.5-5.9 คะแนน ดังนั้นจึงคัดเลือกตัวอย่างที่แช่/บ่ม 4/20 ชม./ชม. ที่หุงด้วยวิธีหุงในหม้อหุงข้าว มาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต และการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กับวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท

จากการตรวจคุณภาพข้าวกล้องงอกพบว่า ข้าวกล้องงอกที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อจะมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 10^1-10^9 CFU/กรัม จำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วง 10^2-10^7 CFU/กรัม ในส่วนข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที จะมีปริมาณเชื้อที่น้อยกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ปริมาณจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง $8.50x10^2$- $1.51x10^9$ CFU/กรัม และยีสต์และราจะอยู่ในช่วง 1.05x101-$8.80x10^7$ CFU/กรัม ข้าวกล้องที่ฆ่าเชื้อเป็นเวลา 60 นาที จะมีปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์และรา จะมีปริมาณน้อยกว่าข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่เวลา 30 นาที ปริมาณจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 6.80x101-$1.80x10^8$ CFU/กรัม และยีสต์และราจะอยู่ในช่วง $3.00x10^1$-$6.80x10^6$ CFU/กรัม ส่วนตัวอย่างที่ใช้วิธีการฆ่าเชื้อแบบบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท จะมีปริมาณจุลินทรีย์และยีสต์และรา ที่ <10 CFU/กรัม และเมื่อนำข้าวกล้องที่ไม่ได้เพาะงอกและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อไปตรวจหาปริมาณเชื้อพบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ $3.00x10^1$ และยีสต์และรา มีปริมาณ <10 CFU/กรัม จากข้อมูลมาตรฐานของปริมาณเชื้อที่น่าพอใจพบว่า จะต้องมีค่าไม่เกิน $<10^4$ CFU/กรัม และปริมาณที่ยอมรับได้ คือ 10^4<10^5 CFU/กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองข้างต้น พบว่า ข้าวกล้องท่ผ่านการฆ่าเชื้อที่เวลา 30 นาทีจะเก็บไว้ได้ 2 วัน และข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่เวลา 60 นาที จะเก็บไว้ได้ 3-4 วัน หากเกินจำนวนวัน จะไม่สามารถรับประทานได้อีก

จากการทดลองพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีความแข็งที่ 64.12 ± 1.88 kgf ซึ่งเป็นค่าความแข็งที่น้อยกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ท ซึ่งมีค่าความแข็ง 73.92 ± 4.60 และ 72.97 ± 2.99 kgf ตามลำดับ ความขาวข้าวกล้องงอกที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมีค่า 61.27 ± 0.94 แต่แบบฆ่าเชื้อแบบวิธีบรรจุกระป๋องและวิธีบรรจุถุงรีทอร์ทจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ 56.48 ± 0.78 และ 55.60 ± 1.49 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ และยีสต์และรา

หน่วย: CFU/กรัม

วิธีการฆ่าเชื้อ	เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)	วันที่เก็บตัวอย่าง	จุลินทรีย์	ยีสต์และรา
รังสี อัลตราไวโอเลต	0	0	$1.20x10^{1}$	<10
		1	$4.00x10^{6}$	$8.50x10^{2}$
		2	$3.02x10^{7}$	$4.30x10^{4}$
		3	$6.46x10^{7}$	$9.10x10^{5}$
		4	$5.50x10^{8}$	$7.15x10^{6}$
		5	$9.60x10^{8}$	$2.14x10^{7}$
		6	$1.14x10^{9}$	$2.51x10^{7}$
	30	1	$8.50x10^{2}$	$1.05x10^{1}$
		2	$4.08x10^{4}$	$6.40x10^{2}$
		3	$2.38x10^{6}$	$2.33x10^{4}$
		4	$1.46x10^{7}$	$1.98x10^{5}$
		5	$1.69x10^{8}$	$7.75x10^{5}$
		6	$1.51x10^{9}$	$8.80x10^{7}$
	60	1	$6.80x10^{1}$	$3.00x10^{1}$
		2	$1.69x10^{2}$	$3.54x10^{1}$
		3	$1.73x10^{3}$	$7.05x10^{1}$
		4	$8.40x10^{4}$	$5.86x10^{2}$
		5	$1.31x10^{6}$	$5.60x10^{5}$
		6	$1.80x10^{8}$	$6.80x10^{6}$
วิธีบรรจุกระป๋อง	F_O= 6	30	<10	<10
วิธีบรรจุถุงรีทอร์ท	F_O= 6	30	<10	<10
ตัวอย่างควบคุม*	-	0	$3.00*10^{1}$	<10

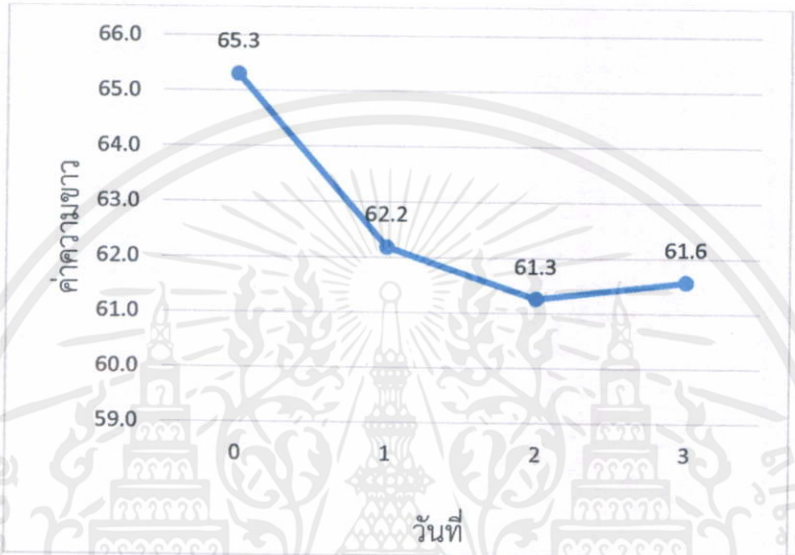
*ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องที่ไม่ได้เพาะงอกและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

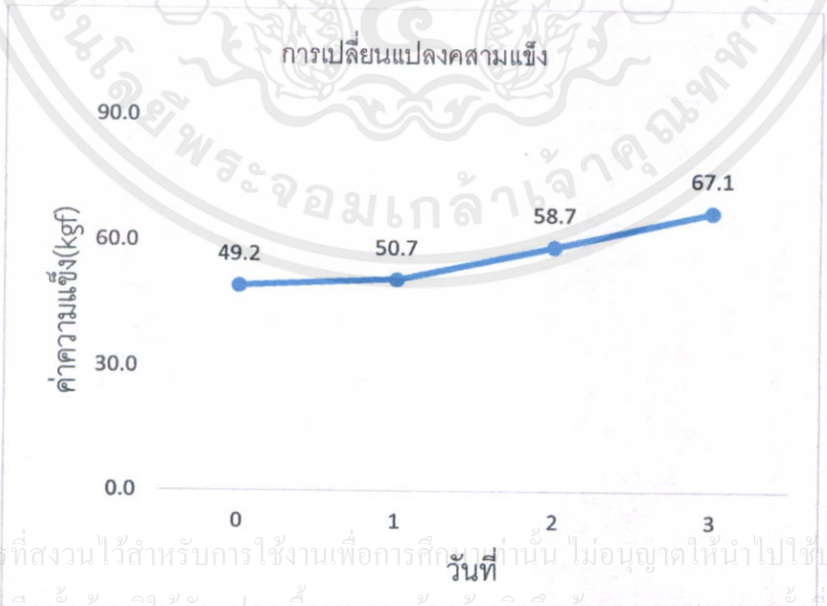
ตารางที่ 4.9 คุณภาพของข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อ

หน่วย: kgf

วิธีการฆ่าเชื้อ	ความแข็ง (kgf)	ความขาว
รังสีอัลตราไวโอเลต	64.12 ± 1.88	61.27 ± 0.94
บรรจุกระป๋อง	73.92 ± 4.60	56.48 ± 0.78
บรรจุถุงรีทอร์ท	72.97 ± 2.99	55.60 ± 1.49



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่บ่มข้าวกล้องงอกคือ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แช่เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วบ่มเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ขนาดของจมูกข้าวที่งอก คือ 0.78 เซนติเมตร ปริมาณสารกาบา คือ 17.74 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่แช่-บ่มในเวลาอื่นๆ

5.2 เวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องงอกคือ 12 นาที โดยอัตราส่วนข้าว:น้ำ คือ 1:0.8 วิธีการหุงสุกที่เหมาะสมคือ วิธีการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าว ได้ค่าความแข็งคือ 35.85 ± 2.15 kgf ค่าความขาว คือ 60.36 ± 0.65 และคะแนนความชอบรวมคือ 6.25 คะแนน

5.3 ผลการตรวจเชื้อพบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) คือ 6.80×10^{1}, 1.69×10^{2} และ 1.73×10^{3} cfu/g จากการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 2 และ 3 วันตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 10^{4} cfu/g ดังนั้นการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 3 วัน

5.4 เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกหุงสุกปลอดเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตกับวิธีการรีทอร์ทพบว่าวิธีรีทอร์ทสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานานกว่า แต่มีคุณภาพไม่ดีเท่ากับวิธีการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เก็บเป็นเวลา 3 วัน คือ 1.73×10^{3} cfu/g ในขณะที่วิธีรีทอร์ทจะมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เก็บเป็นเวลา 30 วัน คือ น้อยกว่า 10 cfu/g ค่าความแข็งจากการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่เก็บเป็นเวลา 3 วัน คือ 67.0594 kgf ค่าความขาว คือ 62.58774 เปรียบเทียบกับการฆ่าเชื้อด้วยวิธีรีทอร์ทที่เก็บเป็นเวลา 30 วัน ค่าความแข็งคือ 73.375, 70.967 kgf ของถุงรีทอร์ท และกระป๋องรีทอร์ทตามลำดับ ค่าความขาว คือ 56.35413281 และ 55.60192 ของถุงรีทอร์ทและกระป๋องรีทอร์ทตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ควรจะมีการวัดปริมาณสารกาบาในทุกๆ ขั้นตอนการผลิต แต่ในโครงงานวิจัยนี้ไม่สามารถจะทำได้เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวัดปริมาณปริมาณสารกาบาไม่พร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. J. Agric. Food Chem. 42 : 1122-1126.
2. Oh, C.H. and Oh, S.H. 2004. Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. Journal of Medicinal Food. 7 : 19-23.
3. Ito, S. and Ishikawa, Y. 2004. Marketing of value-added rice products in Japan: Germinated brown rice and rice bread. In FAO International Rice Year, 2004 Symposium. Rome: FAO.

   Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78 : 556-560.
4. Sootthiboon, S. 2006. A study of the properties of germinated brown rice and its products. (Thesis no. FB-06-08, Asian Institute of Technology, 2006). Bangkok: Asian Institute of Technology.
5. Mostafavi, H.A., Fathollahi, H., Motamedi, F. and Mirmajlessi, S.M. 2010. Food irradiation: Applications, public acceptance and global trade. African Journal of Biotechnology. 9 : 2826-2833.
6. Wong, E., Linton, R.H. and Gerrard, D.E. 1998. Reduction of E. coli and S. seftenberg on pork sin and pork muscle using ultraviolet light. Food Microbiology. 15 : 415-423.

   Liltved, H. and Cripps, S.J. 1999. Removal of particle associated bacteria by prefiltration and ultraviolet irradiation. Aquaculture Research. 30 : 445-450.

   Hadjock, C., Mittal, G.S. and Warriner, K. 2008. Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide. Journal of Applied Microbiology. 104 : 1014-1024.
7. Aurisano, N., Bertani, A. and Reggiani, R. 1995. Anaerobic accumulation of 4-aminobutyrate in rice seedlings; causes and significance. Phytochem. 38 : 1147-1150
8. Kanbara, K., Okamoto, K., Nomura, S., Kaneko, T., Shigemoto, R., Azuma, H., et al. 2005. Cellular localization of GABA and GABAB receptor subunit proteins during

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

spermatogenesis in rate testis. J. Androl. 26 : 485-493. lightand hydrogen peroxide. Journal of Applied Microbiology. 104 : 1014-1024.

9. Okada, T., Sugishita, T., Murakami, T., Murai, H., Saikusa, T., Horino, T., et al. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi. 47 : 596-603.
10. Matsumoto, Y., Ohno, K. and Hiraoka, Y. 1997. Studies on the utilization of functional food materials containing high levels of gamma-aminobutyric acid (Part1). Ehime Kougi Kenkyu Houkoku (In Japanese). 35 : 97-100.
11. Fujibayashi M., Kamiya T., Takagaki K., Moritani T. 2008. Activation of Autonomic Nervous System Activity by the Oral Ingestion of GABA. J Jpn Soc Nutr Food Sci. 61: 129-133
12. Nakamura, H., Takishima, T., Kometani, T., and Yokogoshi, H. 2009. Psychological stress-reducing effect of chocolate enriched with μ-aminobutyric acid (GABA) in humans: assessment of stress using heart rate variability and salivary chromogranin A. International Journal of food Sciences and Nutritio
13. Pharma Foods International Co., Ltd. 2005. Pharma-GABA. [Online]. Availble : http://www.pharmafoods.co.jp/english/products/pharmagaba/index.html.
14. Tian, S., K. Nakamura, T. Cui and H. Kayahara. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. of Agriculture Food Chemistry. 52 : 4808-4813.

วรรณา ตั้งเจริญชัย กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ อุมา แสงคร้าม วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย และทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร. 2549. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าว กล้องงอกด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชั่น. โครงการความร่วมมือไทย-เกาหลี (NRCT-KOSEF). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

15. Bahadur, Hari KC . Useful sprouted Brown Rice. The Rising Nepal. [Online]. Available : http://www.nepalnews.com.np
16. Takahashi, N. 1997. Inheritance of Seed Germination and Dormancy. In T. Matsuo, Y. Futsuhara, F. Kikuchi and H. Yamaguchi (eds.). Science of the Rice Plant V3 Genetics. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo, Japan : 348-359
17. Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78 : 556-560.

18. อัญชลี ประเสริฐศักดิ์. 2547. เมล็ดพันธุ์ข้าวและการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. เอกสารวิชาการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. สุนันทา วงศ์ปิยชน กฤษณา สุดทะสาร วัชรี สุขวิวัฒน. 2011. ข้าวกล้องงอกและผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวกลอ้งงอก. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว : 137-143.

20. นิลุบล สาริมา. 2554. ผลของกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกขาวดอกมะลิ 105 หุงสุกเร็วต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกแอซิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

21. Space Environment Technologies. 2007. Space environment (natural and artificial) Process for determining solar irradiances . Published in Switzerland. Availble : http://www.spacewx.com/Docs/ISO_PRF_21348_e_review.pdf.

22. Qiang Fu. 2003. Radiation (Solar) University of Washington. Seattle, WA, USA.

23. Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Robinson, R. 2000. Existing and potencial applications of ultraviolet light in the food industry a critical review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80 : 637-645.

24. Manzocco, L., S. D. Pieve and M. Maifreni. 2011. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. Innovative Food Science and Engineering Technologies. 12 : 13-17.

25. วีกีพีเดีย. Ultraviolet photons harm the DNA molecules of living organisms in different ways. Availble : http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet.

26. ระจิตร สุวพานิช และวุฒิชัย นาครักษา. 2000. ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณภาพน้ำผลไม้. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

27. Willians,R.B. and G.C. Culp. 1986. Handbook Public Water System. Van Company ,New York.

28. Anon. 1994. The UV alternative. FSTA. 26(8) : 88.

29. Unimex. 1990. The disinfection of suruos by mean of UV rags.Industrie delle. Bevand. 19(105) : 44-45.

30. ศศิธร วรรณมหินทร์. 2011. ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดในระหว่างการเก็บรักษา.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

31. Kuo, F. L.,S.C. Ricke and J. B. Carey. 1997. Shell egg sanitation :UV radiation and egg rotation to effectively reduce populations of aerobes, yeasts and molds. Journal Food Protection. 60 : 694-697.

32. American Air & Water. UV Irradiation Dosage Table. [Online]. Availble : http://www.americanairandwater.com/uv-facts/uv-dosage.html

33. JBT Corporation. The Steam Water Spray (SWS) process. [Online].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Availble : http://www.jbtfoodtech.com/en/Solutions/Equipment/Sterilizers/SWS-Static-Batch-Retorts/Principle0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก.1 แบบทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ชื่อ: ..... วันที่: .....

เพศ: ☐ หญิง ☐ ชาย

ความถี่ในการรับประทานข้าวต่อวัน (มื้อ)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ มากกว่า 3 มื้อ

ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ: ข้าวกล้องหุงสุก

กรุณาทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบสำหรับแต่ละตัวอย่างตามคุณสมบัติด้านล่าง ในระหว่างการทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างให้ล้างปากด้วยน้ำทุกครั้ง

ระดับความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบน้อย
5 = เฉยๆ
6 = ชอบน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณสมบัติ	ตัวอย่าง					
	512	219	768	139	810	467
ลักษณะปรากฏ						
สี						
การเกาะตัวกันของเมล็ด						
ความนุ่ม						
รสชาติ						
กลิ่น						
ความชอบโดยรวม						

ความคิดเห็น:

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

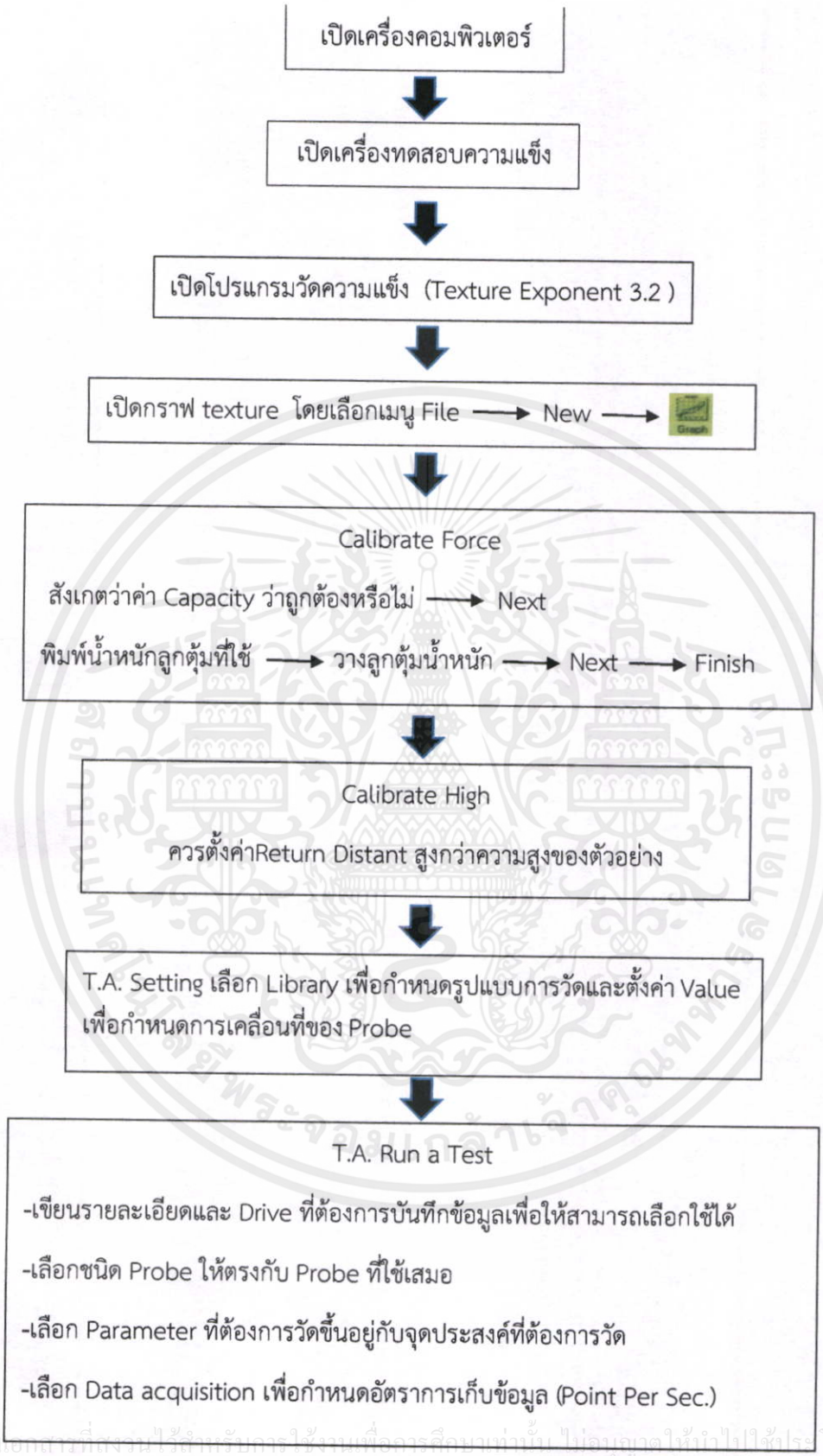
รูปที่ ข.1 กล้องไมโครสโคป รุ่น 50X-500X USB Digital Microscope KLN-J500

รูปที่ ข.2 เครื่องวัดสี (Hunterlab)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

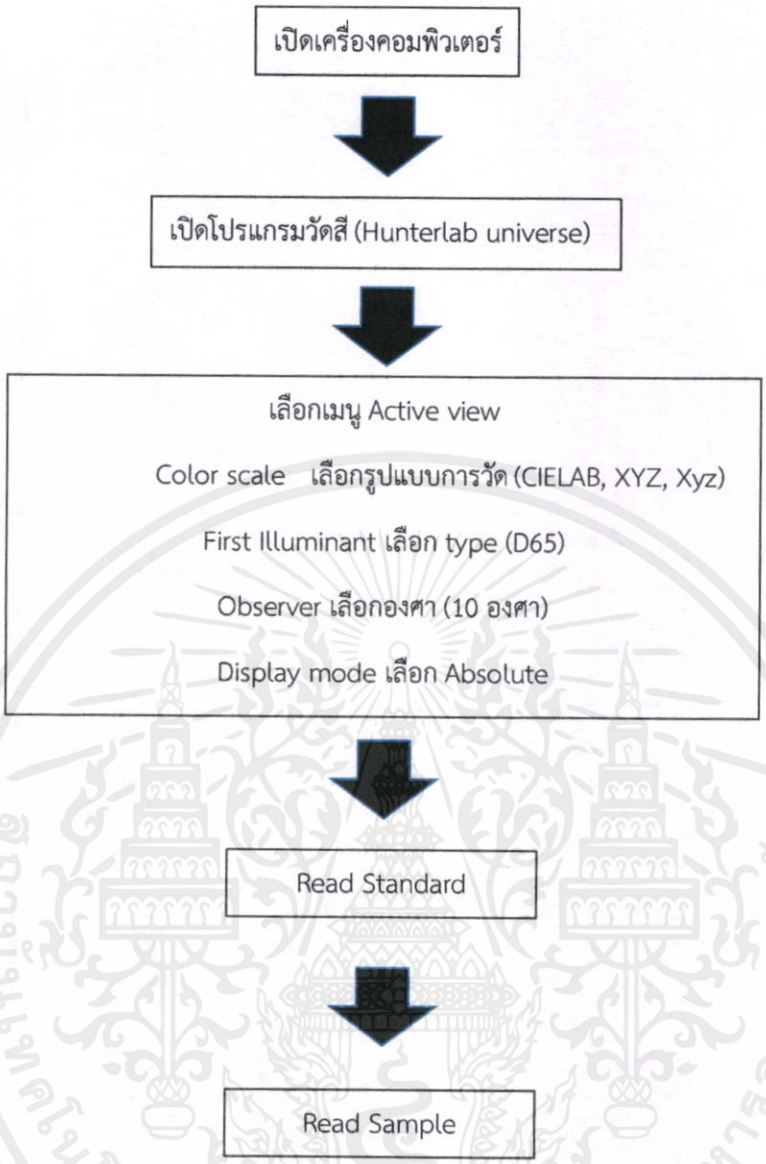
รูปที่ ข.3 เครื่องทดสอบความแข็ง (Texture Exponent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.4 ขั้นตอนการใช้โปแกรมทดสอบความแข็ง (texture exponent)



รูปที่ ข.5 ขั้นตอนการใช้โปแกรมวัดสี (Hunter lab)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้