กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวหอมมะลิแดงผสมถั่วและเมล็ดเดือย ในถุงรีทอร์ทเพาช์

COMMERCIAL STERILIZATION PROCESS ON BROWN JASMINE RICE PORRIDGE WITH LEGUMES AND JOB'S TEAR IN RETORT POUCH

นายพชุตม์ พาณุมุ่งธรรม

นางสาวนิศารัตน์ บุญรามพงษ์

นางสาวธารารัตน์ ณหนองคาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย บรรจุรีทอร์ทเพาซ์

COMMERCIAL STERILIZATION PROCESS ON BROWN JASMINE RICE PORRIDGE WITH LEGUMES AND JOB'S TEAR IN RETORT POUCH

นายพฤทธิ์ หาญมุ่งธรรม

นางสาวภัทรพรรณ บุหงาเกษมสุข

นางสาวอรวรรณ สมบัติวงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMMERCIAL STERILIZATION PROCESS ON BROWN JASMINE RICE PORRIDGE WITH LEGUMES AND JOB'S TEAR IN RETORT POUCH

Mr. Prut Hanmungtham

Miss Pattarapan Bungakasemsuk

Miss Orawan Sombatwong

THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF FOOD ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์

Commercial Sterilization Process on Brown Jasmine Rice Porridge with Legumes and Job's Tear in Retort Pouch

ผู้จัดทำ

1. นายพฤทธิ์ หาญมุ่งธรรม 53011065
2. นางสาวภัทรพรรณ บุหงาเกษมสุข 53011212
3. นางสาวอรวรรณ สมบัติวงค์ 53011893

ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ

(ดร. ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์

โดย นายพฤทธิ์ หาญมุ่งธรรม 53011065
นางสาวภัทรพรรณ บุหงาเกษมสุข 53011212
นางสาวอรวรรณ สมบัติวงค์ 53011893

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าในการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์โดยใช้หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ถั่ว 5 ชนิด ลูกเดือยและโจ๊กข้าว 2) ระดับการฆ่าเชื้อซึ่งแสดงในรูปของค่า F_0 โดยทำการศึกษา 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที และ 3) อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ (122 116 และ 110 °ซ) โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด และค่าความแข็งของถั่ว เปรียบเทียบกับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยซึ่งผลิตโดยวิธีดั้งเดิม (ต้มในหม้ออัดความดันที่ความดันเกจไม่เกิน 80 kPa เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที) จากการศึกษาพบว่า เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่ปลอดภัยและมีคุณสมบัติทางกายภาย (ความหนืด และสีของโจ๊ก และความแข็งของถั่วและลูกเดือย) แตกต่างจากกับผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตโดยวิธีดั้งเดิมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) ขั้นตอนการผลิตเริ่มจาก การเตรียมโจ๊กข้าวโดยต้มในหม้ออัดความดันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเตรียมถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วตาดำ ลูกเดือย ถั่วเหลืองและถั่วเขียวโดยแช่น้ำไว้เป็นเวลา 2 2 3 5 6 และ 6 ชั่วโมง และต้มต่อในหม้ออัดความดัน เป็นเวลา 15 30 20 20 20 และ 15 นาที ตามลำดับ จากนั้นบรรจุขนาดน้ำหนัก 200 $\pm$ 2 กรัม ลงในรีทอร์ทเพาช์ ขนาด 130 x 170 x 30 มิลลิเมตรและนำไปฆ่าเชื้อในระดับการฆ่าเชื้อ (F_0) 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 110 °ซ และพบว่า เมื่อลดอุณหภูมิฆ่าเชื้อซึ่งทำให้ระยะเวลาฆ่าเชื้อนานขึ้น ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ความสว่างและความแข็งของถั่วและลูกเดือยลดลง

คำสำคัญ : กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า, โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย, ระดับการฆ่าเชื้อ, คุณสมบัติทางกายภาพ, อุณหภูมิฆ่าเชื้อ, รีทอร์ทเพาช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Commercial Sterilization Process on Brown Jasmine Rice Porridge with Legumes and Job's Tear in Retort Pouch.

By Mr. Prut Hanmungcham 53011065
Miss Pattarapan Bungakasemsuk 53011212
Miss Orawan Sombatwong 53011893

Thesis for Bachelor's Degree of Food Engineering
Department of Food Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 2013

Advisor Dr. Teerin Chysitichote

Abstract

The objective of this research was to study the commercial sterilization process on brown jasmine rice porridge with legumes and Job's Tear in retort pouch using water spray retort. The works were divided into 3 parts; 1) preparation methods of raw materials including 5 types of legume, Job's Tear and rice porridge, 2) sterility value (F_0 4, 6 and 8 minutes) for commercial sterilization and 3) process temperature of sterilization (122, 116 and 110 $^{\circ}$C) with the specified sterility value (F-valua) that can produce the final product with its physical properties close to that of the conventional cooked product (cooked in pressure cooker at $P_{gauge} < 80$ kPa). The results indicated that to produce the RTE brown jasmine rice porridge with legumes and Job's tear in retort pouch which is safety according to the FDA regulation and provide the physical properties (viscosity and lightness of product and hardness of legumes and job's tear) similar to the conventional cooked product ($\sigma = 0.05$), the rice porridge was precooked in the pressure cooker for 1 hr the red bean, black bean, black eye pea, job's tear, soy bean and mungbean were soaked in water for 2, 2, 3, 5, 6 and 6 hr, and then preheated in the pressure cooker for 15, 30, 20, 20, 20 and 15 hr respectively. Then, they were filled in the retort pouches (130 x 170 x 30 mm.) with the total product fill weight 200 $\pm$ 2 g. After that, the sealed retort pouches were sterilized with the F-value 4.02 min. at 110°C. Furthermore, it was shown that a reduction of the process temperature resulting in the longer process time increased the viscosity of product, while the lightness of product and the hardness of legumes and job's tear were decreased.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keyword : Commercial sterilization process, brown jasmine rice porridge with legumes and Job's Tear, sterility value, physical properties, process temperature, retort pouch

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ คำชี้แนะและแนวทางในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่ดีรวมไปถึงฝึกให้นักศึกษารู้จักกระบวนการคิดวิเคราะห์ผลและประสบการณ์ในการทำงานวิจัยอีกมากมาย

ขอขอบคุณ ผศ. ดร. มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ที่ให้แง่คิดและแนวทางจนสามารถก่อให้เกิดงานวิจัยนี้ได้

ขอขอบคุณ รศ. สาทิป รัตนภาสกร ดร. เกียติศักดิ์ รุ่นพระแสง ผศ.ดร. นวภัทรา หนูนาค ดร. กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ ดร. เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำและแนวคิดต่างๆ เพื่อนำมาแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนเล่มปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณ บริษัท เฮลท์ ดีไซน์ จำกัด ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบและรีทอร์ทเพาช์ สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ กองทุนวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้มอบทุนวิจัยให้งานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณอำนาจ คูตะคุ (พี่แมน) คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ (พี่นุ้ย) และคุณบุญนำ ผลโพธิ์ (พี่บุญนำ) เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านการดำเนินงานวิจัยและข้อมูลในด้านเอกสารทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆนักศึกษาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆในการทำงานวิจัย จนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งมากขึ้นได้

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายพฤทธิ์ หาญมุ่งธรรม
นางสาวภัทรพรรณ บุหงาเกษมสุข
นางสาวอรวรรณ สมบัติวงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
รายการสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้าว (Rice)	3
2.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
2.1.2 องค์ประกอบของสตาร์ช	4
2.1.3 คุณสมบัติของสตาร์ช	5
2.2 ถั่วและลูกเดือย	6
2.2.1 ถั่วเขียว	6
2.2.2 ถั่วเหลือง	7
2.2.3 ถั่วตาดำ	7
2.2.4 ถั่วดำ	8
2.2.5 ถั่วแดง	8
2.2.6 ลูกเดือย	9
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพ	9
2.3.1 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์	9
2.3.2 สี	10
2.3.3 ความหนืด	11
2.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)	13
2.4 คุณสมบัติเชิงความร้อน	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 ความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity ; C_p)	14
2.4.2 การนำความร้อน (Thermal conductivity ; k)	14
2.5 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	16
2.5.1 กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า	17
2.5.2 การคำนวณระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (Process time) และ ค่า Lethality (F)	22
2.5.3 หม้อฆ่าเชื้อ (Retort)	26
2.6 รีทอร์ทเพาช์ (Retort pouch)	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 วัสดุอุปกรณ์	33
3.1.1 วัสดุ	33
3.1.2 อุปกรณ์	33
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	34
3.2.1 การเตรียมโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยโดยวิธีดั้งเดิม	34
3.2.2 การเตรียมโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยโดยวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง	37
3.2.3 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง	38
3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	41
3.3.1 การวัดค่าสี	41
3.3.2 การวัดค่าความหนืด	41
3.3.3 การวัดค่าความแข็ง	42
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	42
3.5 สถานที่ทำการวิจัย	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ	43
4.1.1 การศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย	43
4.1.2 การศึกษาระยะเวลาในการต้มถั่ว 5 ชนิด และลูกเดือย	43
4.1.3 การศึกษาระยะเวลาในการต้มโจ๊กข้าว	44
4.2 การศึกษาระดับการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 การศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์	44
4.2.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย	45
4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ	45
4.3.1 ความแข็ง	45
4.3.2 ค่าสี	45
4.3.3 ความหนืด	46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง	62
ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบ	67
ภาคผนวก ค U.S. FDA Regulations. (Code of Federal Regulations Title 21)	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ตัวอย่างค่าความจุความร้อนและการนำความร้อน	15
ตารางที่ 2.2	ข้อดีและข้อเสียของรีทอร์ทเพาช์เมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋องโลหะและแก้ว	31
ตารางที่ 3.1	ระยะเวลาในการต้มถั่วและลูกเดือย	35
ตารางที่ 4.1	ค่าความแข็งของถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วตาดำ ถั่วดำ และลูกเดือยสภาวะที่ 1 2 และวิธีดั้งเดิม	51
ตารางที่ 4.2	ค่าความเป็นสีและความหนืดของโจ๊กข้าวหลังกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งต้มที่ระยะเวลาต่างๆ	51
ตารางที่ 4.3	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อที่ระดับการฆ่าเชื้อต่างๆ	52
ตารางที่ 4.4	ระยะเวลาในการให้ความร้อน และระดับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ	52
ตารางที่ 4.5	ค่าความแข็งของถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วตาดำ ถั่วดำ และลูกเดือยที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างกัน	53
ตารางที่ 4.6	ค่าความเป็นสีและความหนืดของโจ๊กข้าวที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างกัน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
รูปที่ 2.2	โครงสร้างของอะไมโลส	4
รูปที่ 2.3	โครงสร้างของอะไมโลเพกติน	5
รูปที่ 2.4	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	5
รูปที่ 2.5	การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง	6
รูปที่ 2.6	ถั่วเขียว	7
รูปที่ 2.7	ถั่วเหลือง	7
รูปที่ 2.8	ถั่วตาดำ	8
รูปที่ 2.9	ถั่วดำ	8
รูปที่ 2.10	ถั่วแดง	9
รูปที่ 2.11	ลูกเดือย	9
รูปที่ 2.12	กราฟความสัมพันธ์ของของไหลแบบนิวโตเนียน	11
รูปที่ 2.13	การแบ่งชนิดของไหลแบบนอนนิวโตเนียน	12
รูปที่ 2.14	จำนวนเชื้อที่รอดชีวิต	18
รูปที่ 2.15	Thermal death time curve	19
รูปที่ 2.16	การถ่ายโอนความร้อนในกระป๋อง ก) การนำความร้อน ข) การพาความร้อน	22
รูปที่ 2.17	การหาค่า F0จาก lethal rate curve	23
รูปที่ 2.18	Heating curve	24
รูปที่ 2.19	Cooling curve	24
รูปที่ 2.20	หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำอิ่มตัว	26
รูปที่ 2.21	หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำและอากาศร้อนผสมกัน	27
รูปที่ 2.22	หม้อฆ่าเชื้อแบบให้น้ำร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์	27
รูปที่ 2.23	หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์	28
รูปที่ 2.24	ก) ถุงชนิดทึบแสง ข) ถุงชนิดใส	30
รูปที่ 3.1	การแช่น้ำถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย	35
รูปที่ 3.2	การต้มถั่วและลูกเดือยในหม้ออัดความดัน	35
รูปที่ 3.3	การผลิตโจ๊กข้าวผสมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือยโดยวิธีดั้งเดิม	36
รูปที่ 3.4	แผนผังกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยวิธีดั้งเดิม	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ชนิดถุงตั้งได้ ขนาด 130x170x30 มิลลิเมตร 37

รูปที่ 3.6 การปิดผนึกสนิทด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ 38

รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการทดสอบการกระจายอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ 38

รูปที่ 3.8 จุดร้อนช้าซึ่งอยู่กึ่งกลางรีทอร์ทเพาช์และปลายโพรบวัดอุณหภูมิจะเสียบกับถั่วแดง 39

รูปที่ 3.9 แผนผังการทดลองการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่ว และลูกเดือยโดยวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง 40

รูปที่ 3.10 เครื่อง Colorimeter 41

รูปที่ 3.11 เครื่อง Brookfield viscometer 41

รูปที่ 3.12 เครื่อง TA.XT plus texture analyzer 42

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำกับร้อยละของปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นของถั่ว 5 ชนิด และลูกเดือย 47

รูปที่ 4.2 โจ๊กที่เตรียมโดยการต้มที่เวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง 47

รูปที่ 4.3 โจ๊กที่เตรียมโดยการต้มที่เวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง หลังการกรองเพื่อเตรียมวัดค่าสี 48

รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Log (appearent viscosity) กับ Log (shear rate) 48

รูปที่ 4.5 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ 49

รูปที่ 4.6 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ หลังการกรองเพื่อเตรียมวัดค่าสี 49

รูปที่ 4.7 แผนผังกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่ว และลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

			หน่วย
F_0	=	ระดับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C	นาที
L^*	=	ค่าความสว่าง	-
a^*	=	ค่าความเป็นสีแดง	-
b^*	=	ค่าความเป็นสีเหลือง	-
τ	=	แรงเฉือน	Pa
k_1	=	ดัชนีความหนืด	$Pa \cdot s^n$
$\frac{dv}{dy}$	=	อัตราการเฉือน	s^{-1}
n	=	ดัชนียกกำลังสำหรับสมการ power low index	-
μ	=	ความหนืด	cPs
Cp	=	ความร้อนจำเพาะ	kJ/kg°C
k	=	การนำความร้อน	$W/m^{2o}C$
T	=	อุณหภูมิ	°C
D	=	Decimal reducing time	นาที
N_0	=	ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น	number
N	=	ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที	number
t	=	เวลาให้ความร้อน	นาที
Z	=	จำนวนอุณหภูมิเป็น ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1log cycle หรือ ร้อยละ 90	°C, °F
F	=	ระดับการฆ่าเชื้อ	นาที
D_T	=	Death rate time	นาที
U	=	F	
f_h	=	เวลาที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป 90 % หรือ 1 Log cycle	นาที
j_h	=	lag period ของกราฟการให้ความร้อน	นาที
I_0	=	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิเริ่มต้นอาหาร	-
g	=	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิอาหารที่จุดสิ้นสุดการให้ความร้อน	-
B'	=	เวลาในการฆ่าเชื้อทั้งหมด	นาที
B	=	เวลาในการฆ่าเชื้อ	นาที
CUT	=	เวลาที่อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ	นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

ดัชนีกำกับ

			หน่วย
p	=	โปรตีน	-
f	=	ไขมัน	-
c	=	คาร์โบไฮเดรต	-
w	=	ไฟเบอร์	-
a	=	เถ้า	-
t	=	สภาวะที่เวลาใดๆ	นาที
0	=	สภาวะเริ่มต้น	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

"โจ๊ก" เป็นอาหารชนิดหนึ่ง ที่คนทั่วไปรู้จักเป็นอย่างดี นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง เป็นอาหารย่อยง่าย อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบ มักถูกบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารเช้า อาหารสำหรับผู้สูงอายุและผู้ป่วยพักฟื้น โดยส่วนประกอบหลักของโจ๊ก คือ ข้าว ซึ่งอาหารหลักของคนไทย แต่เนื่องจากผู้บริโภคในยุคปัจจุบันมีข้อจำกัดด้านเวลา จึงไม่สะดวกต่อการทำโจ๊กทานเอง เพราะมีหลายขั้นตอน ประกอบกับปัจจุบันนี้ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอปลอดภัยต่อการบริโภคและเก็บรักษาได้นาน แต่โดยปกติ โจ๊กมีอายุการเก็บไม่เกิน 1-2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง สามารถเสื่อมเสียได้ด้วยจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงมีการศึกษาการผลิตและยืดอายุของโจ๊กโดยใช้กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทั้งที่บรรจุในกระป๋องและรีทอร์ทเพาช์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของโจ๊ก จึงมีการผลิตโจ๊กจากข้าวกล้องและผสมส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ถั่วและธัญพืชอื่นๆ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์ โดยกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง เนื่องจากอาหารบรรจุรีทอร์ทเพาช์กำลังได้รับความนิยม และรีทอร์ทเพาช์สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง และความดันในกระบวนการฆ่าเชื้อ มีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่ง สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารจากความชื้น แสง และอากาศ โดยเฉพาะก๊าซออกซิเจน ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์อาหารได้ตั้งแต่ 3 เดือนถึง 2 ปี ซึ่งขึ้นกับชนิดอาหารและวัสดุที่ใช้ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาช์สามารถรักษารสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระป๋อง เนื่องจากวัสดุที่ใช้มีความหนาน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นจึงทำให้ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยลง โดยที่โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยจัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นอันตรายจากจุลินทรีย์ก่อโรค โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* เป็นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ทนร้อน และสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายร้ายแรงถึงชีวิต การแปรรูปอาหารในกลุ่มนี้จึงใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้มั่นใจว่าปลอดภัยต่อการบริโภคและมีอายุการเก็บรักษาตามที่กำหนด นอกจากเงื่อนไขทางด้านความปลอดภัยจากจุลินทรีย์แล้ว โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยมีเงื่อนไขด้านคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ คือ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด และความแข็งของถั่ว ที่เปลี่ยนไปเมื่อได้รับความร้อนสูง ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์จึงเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ประกอบไปด้วย การเตรียมถั่ว 5 ชนิด ลูกเดือย และโจ๊กข้าว

2. เพื่อศึกษาระดับของการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย

3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย ได้แก่ สี ความหนืด และ ความแข็งของถั่วและลูกเดือย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำของถั่ว 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วตาดำ ถั่วเหลือง และลูกเดือยเพื่อให้ถั่วดูดน้ำเต็มที่ แต่ยังสามารถคงรูปร่างไว้ได้ โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

2. ศึกษาระยะเวลาในการต้มถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย ในหม้ออัดความดัน โดยทำการศึกษา 2 ระดับ คือ ตามแบบวิธีดั้งเดิม และลดเวลาต้มลงครึ่งหนึ่ง โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยจากทั้ง 2 ระดับ หลังนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ กับค่าความแข็งถั่วและลูกเดือยในผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม

3. หาเวลาการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเชิงการค้า โดยวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่ระดับการฆ่าเชื้อ (F_0) ที่ 4 6 และ 8 นาที

4. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่อุณหภูมิต่างกัน (122 116 และ 110 °ซ) โดยกำหนดระดับการฆ่าเชื้อเท่ากัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ประกอบไปด้วย การเตรียมถั่วทั้ง 5 ชนิด ลูกเดือย และโจ๊กข้าว

2. ทราบระดับการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย

3. ทราบอิทธิพลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย ได้แก่ สี ความหนืด และความแข็งของถั่วและลูกเดือย

4. สามารถออกแบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์พร้อมรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว (Rice)

2.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเปลือก (Rough rice) เป็นส่วนผลของต้นข้าวซึ่งอาจจำแนกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1.1.1 เปลือกนอกหรือแกลบ (Hull) เป็นส่วนที่ป้องกันเมล็ดข้าวจากเชื้อรา และแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก

2.1.1.2 ส่วนที่บริโภคได้หรือข้าวกล้อง (Brown rice หรือ Dehulled rice) แบ่งออกเป็นชั้นๆ ดังรูปที่ 2.1 ดังนี้

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : (งามชื่น, 2545)

1. เยื่อหุ้มผล (Pericarp) เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้องมีความหนาประมาณ 10 ไมครอนหรือประมาณร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักเมล็ด ผิวชั้นนอกมีลักษณะเป็นคลื่น

2. เยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากชั้นเยื่อหุ้มผลเซลล์ชั้นเดียวมีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน

3. เยื่อคั่น (Nucellus) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด

4. เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด หรือ ชั้นอลูโรน (Aleurone layer) มีลักษณะเป็นเซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ผนังเซลล์หนาในอลูโรนเซลล์มี Proteinaceous, Aleurone grains และ Lipid bodies มากที่สุดจำนวนชั้นของอลูโรนจะแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 1-7 ชั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวและตำแหน่งของเมล็ด ซึ่งข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นจะมีแนวโน้มที่จำนวนชั้นของอลูโรนเซลล์มากกว่าข้าวพันธุ์เมล็ดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คัพภะ (Embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไปประกอบด้วยEmbryonic axis (Epicotyl, Mesocotyl หรือ Hypocotyl และ Radicle) และ Scutellum ส่วนนี้มีโปรตีน ไขมัน เถ้าและวิตามินในปริมาณที่สูงแต่ไม่มีแป้ง

6. เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) คือ ส่วนที่เป็นข้าวสารในส่วนนี้มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักโดยอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Starch compound) กลุ่มแป้งหลายๆกลุ่มจะอยู่รวมกันเป็น Micelles โดยมีกลุ่มโปรตีน (Protein body) แทรกอยู่ เมล็ดข้าวสารนี้มีแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 84 - 93 โดยน้ำหนัก

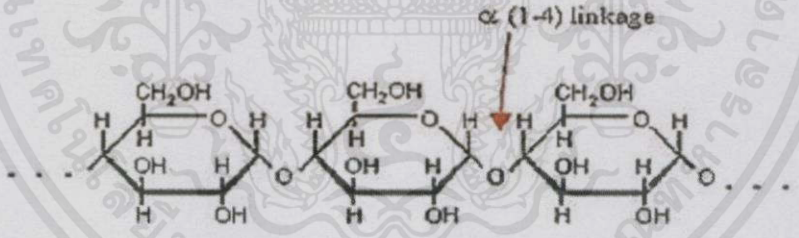
ข้าวกล้อง มีสีเหลืองน้ำตาล สีคล้ำกว่าข้าวขาว เนื่องจากผ่านการกะเทาะเอาเปลือกส่วนที่เรียกว่าแกลบออกไปเท่านั้น ส่วนจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) ยังคงอยู่ซึ่งส่วนนี้ทำให้ข้าวกล้องมีประโยชน์สูงกว่าข้าวขาว (อรอนงค์, 2532 ; Juliano, 1993 ; งามชื่น, 2545)

2.1.2 องค์ประกอบของสตาร์ช

สตาร์ช เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง มีสูตรโครงสร้าง ($C_6H_{10}O_5$) ประกอบด้วยโพลิเมอร์ (Polymer) 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) (Juliano, 1993)

2.1.2.1 อะไมโลส

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคส (Glucose) ประมาณ 200-2000 โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) Glucosidic ดังรูปที่ 2.2 หน่วยสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัว (Retrogradation) ได้มากและเร็ว

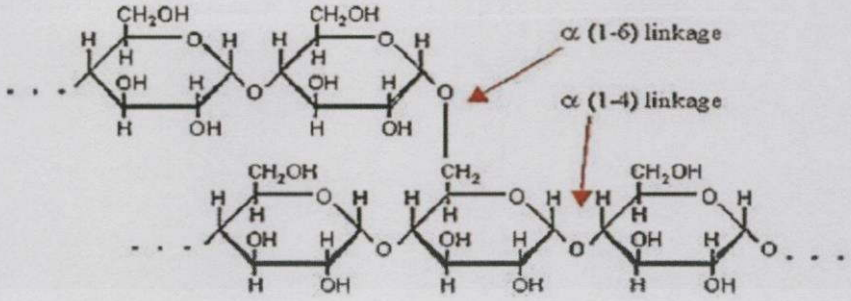


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลส
ที่มา : (Nagano และคณะ, 1985)

2.1.2.2 อะไมโลเพกติน

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสหลายๆโมเลกุลมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) Glucosidic และส่วนที่เป็นกิ่งก้านมีอยู่ร้อยละ 4-5 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (1-6) Glucosidic ดังรูปที่ 2.3 อะไมโลเพกตินเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่พบในธรรมชาติ สตาร์ชที่มีอะไมโลเพกตินสูงจะคงความข้นหนืดได้ดีแม้จะอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

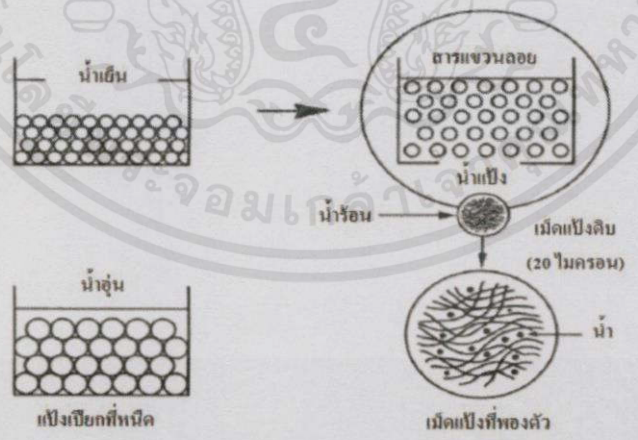


รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน
ที่มา : (Nagano และคณะ, 1985)

2.1.3 คุณสมบัติของสตาร์ช

2.1.3.1 การดูดน้ำ การพองตัว และ การละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้ง และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงไปจนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ เมื่อมีการให้ความร้อน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว หลังจากนั้นความสามารถในการละลายของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระในเม็ดแป้ง ทำให้สารละลายน้ำแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเจลาติไนซ์ขึ้นกับชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตปริมาณน้ำในสารละลายแป้งและการดัดแปรแป้งทางเคมี (Leach และ Schoch, 1962) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม
ที่มา : (Sanders, 1996)

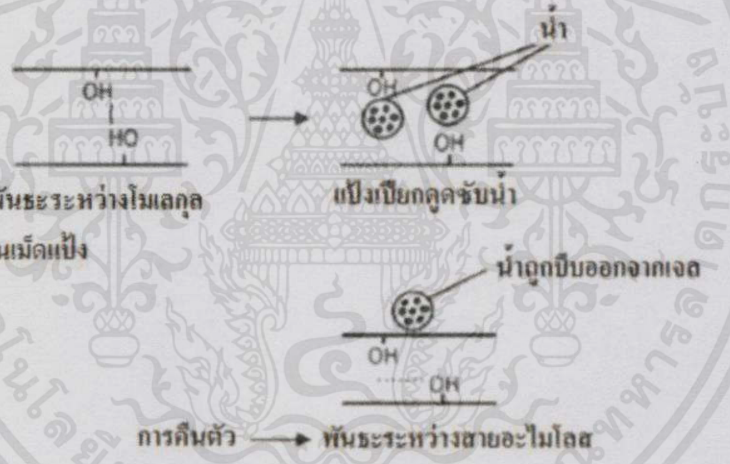
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 ความหนืด

เป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้ง และการดัดแปรแป้งด้วยวิธีต่างๆ คุณสมบัติทางด้านความหนืดของแป้งสุกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแป้งเมื่อให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งในน้ำจนเลยอุณหภูมิเจลาติไนซ์ อะไมโลส และอะไมโลเพกตินที่อยู่ภายในเม็ดแป้งจะหลุดออกมาจากเม็ดแป้งและเกิดโครงสร้างเจล ทำให้มีลักษณะข้น (จารนัย, 2537)

2.1.3.3 การคืนตัว (Retrogradation)

เมื่อปล่อยให้สารละลายน้ำแป้งเย็นตัวลง ร่างแหของโมเลกุลอะไมโลสซึ่งอุ้มน้ำไว้จะจัดเรียงโครงสร้างแน่นมากขึ้น ทำให้โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆในแป้ง ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของแป้ง (Swinkels, 1985) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง
ที่มา : (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ถั่วและลูกเดือย

2.2.1 ถั่วเขียว

ถั่วเขียว มีองค์ประกอบสำคัญ คือ แป้งร้อยละ 62.7 โปรตีนร้อยละ 21.7 ความชื้นร้อยละ 10.2 เส้นใยร้อยละ 3.5 - 4.5 และไขมันร้อยละ 1.5 นอกจากโปรตีนแล้วยังมี ไธอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน และกรดแอสคอบิก (กรมอนามัย, 2553)

รูปที่ 2.6 ถั่วเขียว

ที่มา : (http://www.greenerald.com, 2014)

2.2.2 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง เป็นพืชที่มีปริมาณน้ำมันโดยน้ำหนักสูงมาก รองลงมา คือ โปรตีน ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมี เลซิติน และกรดอะมิโน รวมทั้งมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินเอ และวิตามินอี ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก และบำรุงระบบประสาทในสมอง (กรมอนามัย, 2553)

รูปที่ 2.7 ถั่วเหลือง

ที่มา : (http://pr.prd.go.th/samutprakan, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ถั่วตาดำ

ปัจจุบันถั่วตาดำได้รับความนิยมแปรรูปเป็นสารสกัดผง เพื่อช่วยในการลดน้ำหนัก เนื่องจากถั่วตาดำ มีสารสำคัญที่ชื่อ ฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เอมไซม์อะไมเลสเป็นกลาง จึงยับยั้งการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ดังนั้นร่างกายจะได้รับพลังงาน (แคลอรี) จากแป้งลดลง นอกจากนี้ยังบำรุงธาตุเหล็กในร่างกาย และทำให้ปอดทำงานดีขึ้น (วันดี, 2535)

รูปที่ 2.8 ถั่วตาดำ

ที่มา : (http://healthfood.muslimthaipost.com, 2013)

2.2.4 ถั่วดำ

ถั่วดำมีสารสำคัญ เช่น แอนโธไซยานิน ในทางสมุนไพรมีรสหวาน บำรุงเลือดขับของเหลวในร่างกาย ขจัดพิษ บำรุงไต แก้ร้อนใน บำรุงสายตา และลดความเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจ อีกทั้งมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคโรทีน ไนอะซิน วิตามินบี 1 และ วิตามินบี 2 (วันดี, 2535)

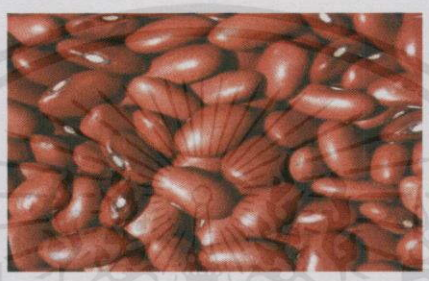
รูปที่ 2.9 ถั่วดำ

ที่มา : (http://www.bloggang.com, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ถั่วแดง

ถั่วแดง เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีโปรตีนและมีคุณค่าทางอาหารสูง การรับประทานเป็นประจำสามารถช่วยบำรุงกระดูกและฟัน ป้องกันภาวะกระดูกเสื่อม ป้องกันโรคกระดูกพรุนเนื่องจากมีแคลเซียมสูง ทั้งนี้ยังช่วยรักษาและควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้สมดุล ทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีอาการดีขึ้น ช่วยควบคุมน้ำหนัก เพราะถั่วแดงมีเส้นใยอาหารสูง จึงดูดซับน้ำและพองตัวได้ดี และยังมีคุณสมบัติที่ช่วยลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล ทำให้ระบบการย่อยและการดูดซึมอาหารช้าลงจึงทำให้รู้สึกอิ่มได้นอกจากนี้ยังมีประโยชน์อีกหลายด้าน ได้แก่ ช่วยขับปัสสาวะ บรรเทาอาการปวดข้อ ขับพิษ และบำรุงหัวใจ เป็นต้น (วันดี, 2535)



รูปที่ 2.10 ถั่วแดง

ที่มา : (http://www.nanagarden.com, 2013)

2.2.6 ลูกเดือย

ลูกเดือย เป็นธัญพืชประเภทคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70.65 โปรตีนร้อยละ13.84 ไขมันร้อยละ 5.03 เส้นใยร้อยละ 0.23 และแร่ธาตุต่างๆ อีกมากมาย อาทิเช่น ฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงกระดูก กรดอะมิโน วิตามินเอที่ช่วยบำรุงสายตา วิตามินบี 1 มีในปริมาณมาก (มีมากกว่าข้าวกล้อง) ซึ่งช่วยแก้โรคเหน็บชา และวิตามินบี 2 ทั้งยังมีสารสำคัญคือ สารคอกซีโนไลด์ ในลูกเดือยมีสรรพคุณในการยับยั้งการเจริญของเนื้องอก และทำให้การหมุนเวียนของเลือดที่ผิวหนังดีขึ้น (วันดี, 2535)

รูปที่ 2.11 ลูกเดือย

ที่มา : (http://www.greenerald.com, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพ

2.3.1 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์

เป็นกระบวนการหนึ่งที่พืชใช้เพื่อดำรงชีวิตและเจริญเติบโต การดูดน้ำของเมล็ดพืชแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้ (นิตย์, 2541)

2.3.1.1 ระยะที่ 1 เมล็ดเริ่มดูดซับน้ำด้วยวิธีการดูดอุ้ม (Imbibition) ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสังเกตเห็นได้ ซึ่งส่วนใหญ่น้ำจะซึมผ่านเข้าทางช่องเปิดของเมล็ดที่เรียกว่า ขั้วเมล็ด ได้เร็วกว่าการซึมผ่านทางเปลือก เช่น เมล็ดถั่ว หลังจากน้ำซึมผ่านเข้าสู่เมล็ด ปริมาตรของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และสิ่งห่อหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่มลง

2.3.1.2 ระยะที่ 2 ระยะนี้เรียกว่า ระยะคงที่ (Lag period) เป็นระยะซึ่งมีกิจกรรมเมแทบอริซึมต่างๆ เกิดขึ้นภายในเมล็ดที่มีชีวิต ใช้เวลาค่อนข้างนานกว่าระยะที่ 1 ขณะที่เมล็ดที่ไม่มีชีวิตจะเริ่มมีการเน่าเปื่อยสลายตัวของเนื้อเยื่อต่างๆ เกิดขึ้น ร่วมกับการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ระยะนี้ไม่สามารถมองเห็นได้

2.3.1.3 ระยะที่ 3 เป็นระยะที่เมล็ดแสดงอาการงอกขึ้นมา สิ่งที่พบครั้งแรก คือ รากแรกเกิด และแกนเอ็มบริโอจะมีการแบ่งเซลล์ และขยายขนาดเซลล์ มีการเจริญเติบโตเห็นได้ชัดเจน การที่รากแทงทะลุผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมานี้ มีผลทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำมากขึ้น

Pan และ Tangratanavalee (2003) ศึกษาการแช่น้ำของถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10 20 30 และ 40 °ซ โดยทำการแช่น้ำและบันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไป ทุกๆ 0.5 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 ชั่วโมง พบว่า การแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ถั่วมีการดูดน้ำได้เร็ว จึงลดระยะเวลาในการแช่น้ำของถั่วเหลืองได้

2.3.2 สี

สี เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค แสดงถึงความสดใหม่ หรือบ่งบอกการเสื่อมเสียของอาหาร การเปลี่ยนแปลงของสีในอาหารอาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดและความเข้มข้นของรงควัตถุ กระบวนการแปรรูปอาหาร การเก็บรักษาอาหาร ความร้อน เอนไซม์ การเปลี่ยนแปลง ค่า pH สารเคมี ออกซิเจน และแสง เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ระหว่างองค์ประกอบของอาหารเอง เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องรักษา และควบคุมให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีสีสม่ำเสมอ ด้วยการวัดและประเมินสีในขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การรับวัตถุดิบ การคัดเลือก ระหว่างการแปรรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และระหว่างการเก็บรักษา (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556)

Sreenath และคณะ (2009) ทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ปลาลัง (Indian mackerel) ในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ตรวจสอบคุณภาพที่เปลี่ยนไประหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115, 121 และ 130 °ซ โดยกำหนดค่า F_0 ประมาณ 8 นาที พบว่า อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความสว่างของเนื้อปลา (L*) เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้นทำให้การเกิดปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการใช้

เมลลาร์ดบนเนื้อปลาลดลง ขณะที่ค่าความแดง (a*) ลดลง และค่าความเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากการเสียสภาพทางธรรมชาติของไมโอโกลบิน (Myoglobin) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ 130 °ซ มีเนื้อสัมผัส สี และคะแนนรสชาติสูงสุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 115 และ 121 °ซ จึงสรุปได้ว่ากระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูงช่วยลดเวลาในการให้ความร้อนแก่อาหาร ทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัส สี และรสชาติที่ดีเมื่อเทียบกับอุณหภูมิต่ำ

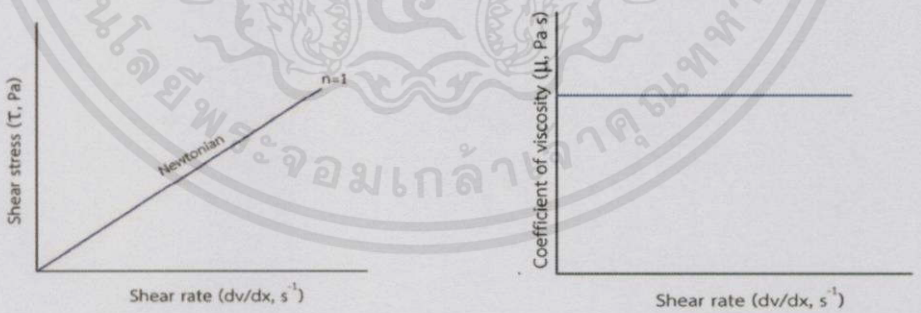
Jang และ Lee (2012) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของโจ๊กไก่ผสมโสมบรรจุถ้วยพลาสติกทนความร้อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ นาน 20 นาที F_0 เท่ากับ 4 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 28 สัปดาห์ พบว่าความสว่าง (L*) และความเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 20 หลังจากนั้นค่าดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.3.3 ความหนืด

ความหนืด เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของการไหลของของเหลว แสดงถึงความต้านทานการไหลของของเหลว ซึ่งจากความสัมพันธ์ของแรงเฉือนและอัตราเฉือน สามารถจำแนกชนิดของไหลได้ 2 ชนิด (Heldman, 2011) คือ

2.3.3.1 ของไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian fluid)

ของไหลแบบนิวโตเนียน หมายถึง ของไหลที่มีกราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ระหว่างความเค้นเฉือน (Shear stress) กับ อัตราเฉือน (Shear rate) เส้นกราฟเริ่มต้นที่จุดกำเนิด (0,0) ดังรูปที่ 2.12ก ความหนืดของของไหลประเภทนิวโตเนียน จะคงที่ไม่ขึ้นกับอัตราเฉือน (รูปที่ 2.12ข) ตัวอย่างของไหลประเภทนี้ ได้แก่ ของเหลวที่เป็นเนื้อเดียวและไม่มีอนุภาคแขวนลอย เช่น น้ำ น้ำมันพืช น้ำส้มสายชู น้ำเกลือ น้ำเชื่อม และนมขาดมันเนย เป็นต้น



ก. ข.

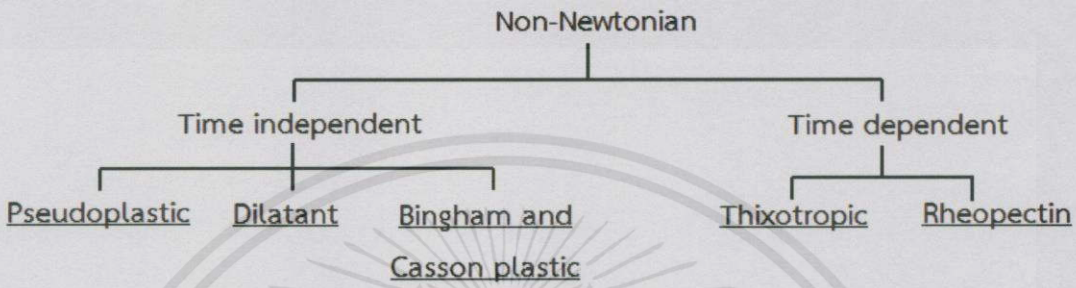
รูปที่ 2.12 กราฟความสัมพันธ์ของของไหลแบบนิวโตเนียน

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0914/newtonian-fluid, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 ของไหลแบบนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian fluid)

ประเภทของของไหลแบบนอนนิวโตเนียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) และไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent) ทั้งยังสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีก ดังรูปที่ 2.13 ตัวอย่างของของไหลที่เป็นของเหลวแบบนอนนิวโตเนียน ได้แก่ สารละลายเข้มข้นของโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น กัม สตาร์ช และโปรตีน



รูปที่ 2.13 การแบ่งชนิดของไหลแบบนอนนิวโตเนียน

สมการยกกำลัง (Power Law Equation)

ของไหลหลายชนิด เมื่อนำมาทำการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับอัตราเฉือนในรูป Log แล้วได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง สมการที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์เช่นนี้ คือ สมการยกกำลัง ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$\tau = k_1 \left(\frac{dv}{dy}\right)^n \qquad (2.1)$$

เมื่อ τ คือ แรงเฉือน (Pa)

k_1 คือ ดัชนีความหนืด ($Pa \cdot s^n$)

$\frac{dv}{dy}$ คือ อัตราการเฉือน (s^{-1})

n คือ ดัชนียกกำลัง (Power law index)

สมการที่ 2.1 เมื่อทำการ take log ได้ดังสมการที่ 2.2

$$\mathrm{Log}(\tau) = \mathrm{Log}(k_1) + n\mathrm{Log}\left(\frac{dv}{dy}\right) \qquad (2.2)$$

ดัชนียกกำลัง หาได้จาก ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แกน x คือ $\mathrm{Log}\left(\frac{dv}{dy}\right)$ และแกน y คือ $\mathrm{Log}(\tau)$ และค่าดัชนีความหนืด หาได้จาก จุดตัดแกน y ของกราฟดังกล่าว ค่า n (ดัชนียกกำลัง) สามารถจำแนกชนิดของไหลได้ โดยที่

ของไหลแบบนิวโตเนียน มีค่า $n = 1$

ของไหลแบบนอนนิวโตเนียน ชนิด Dilatant มีค่า $n > 1$, ชนิด Pseudoplastic มีค่า $n < 1$

โดยที่ความหนืดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu = k_1 \left(\frac{dv}{dy}\right)^{n-1} \quad (2.3)$$

เมื่อ μ คือ ความหนืด (cPs)

k_1 คือ ดัชนีความหนืด ($Pa \cdot s^n$)

$\frac{dv}{dy}$ คือ อัตราการเฉือน (s^{-1})

n คือ ดัชนียกกำลัง (Power law index)

Manohar (1997) ศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของโจ๊กข้าวสาลี ซึ่งเตรียมจากปลายข้าวสาลี (dalia) พบว่าโจ๊กข้าวสาลีมีพฤติกรรมการไหลเป็นแบบซูโดพลาสติก ทุกอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา และค่าของตัวแปรดัชนียกกำลัง (n) อยู่ในช่วง 0.44 ถึง 0.57 นอกจากนี้ ค่าดัชนีความหนืด (k_1) อยู่ในช่วง 1.699-12.016 $Pa \cdot s^n$ ซึ่งพบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ อุณหภูมิของโจ๊กข้าวสาลี และขนาดของเมล็ดข้าวสาลีมีค่าลดลง

Rao และคณะ (1997) กล่าวว่า แป้งเป็นส่วนประกอบของอาหารที่เป็นแหล่งของพลังงาน และเป็นวัตถุดิบที่ช่วยเพิ่มความเหนียวแก่อาหาร แต่หากใช้ที่ความเข้มข้นสูงเกินไป อนุภาคของแป้งจะมีการพองตัวลดลง อีกทั้งเมื่อได้รับความร้อนสูง อนุภาคจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ เช่น ความหนืด และอัตราการไหล

Jang และ Lee (2012) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของโจ๊กไก่ผสมโสมบรรจุถ้วยพลาสติกทนความร้อน ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ F_0 เท่ากับ 4 นาที นาน 20 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 28 สัปดาห์ พบว่า สัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 16 ความหนืดของโจ๊กเพิ่มขึ้นจาก 775 ถึง 2025 เซนติพอยส์ แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 16 ถึงสัปดาห์ที่ 28 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืด

2.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ลักษณะเนื้อสัมผัส เกี่ยวข้องกับความต้านทานแรงดันหรือแรงกด เช่นเดียวกับความหนืด ความแตกต่างอยู่ที่ลักษณะเนื้อสัมผัสจะสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับวัตถุที่เป็นของแข็งและความต้านทานดังกล่าวอาจหมายถึง แรงกด (Compression) หรือลักษณะของแรงเฉือน (Shear) ลักษณะของเนื้อสัมผัสมีบทบาทที่สำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ และเป็นดัชนีในการคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง และการกระจายสินค้า เป็นต้น ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส เช่น ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเปราะ (Brittleness) ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) และค่าการเกาะกัน (Cohesiveness) เป็นต้น

Ghannam (1998) ศึกษาเนื้อสัมผัสจากกราฟการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Force deformation curve) ของถั่วแดงในระหว่างการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 20 30 40 และ 60 °ซ ซึ่งทำการวัดเนื้อสัมผัสแสดงผลในเทอมของค่าความแข็ง โดยแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมีลักษณะคล้ายกัน แม้มีอุณหภูมิในการแช่น้ำที่แตกต่างกัน นั่นคือ สภาวะเริ่มต้นมีการดูดน้ำมาก ทำให้ค่าความแข็งเปลี่ยน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในการค้า

แปลงตามเวลา และเมื่อเวลานานขึ้น กระบวนการดูดน้ำเริ่มคงที่ ส่งผลให้ค่าความแข็งไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 34 ± 2 นิวตัน ทั้งนี้เนื่องมาจากขนาดรูพรุนภายในเมล็ดจำกัดความสามารถในการดูดน้ำ

2.4 คุณสมบัติเชิงความร้อน

สมบัติเชิงความร้อน คือ การตอบสนองของวัสดุต่อการให้ความร้อน เช่น การดูดซับพลังงานของของแข็งในรูปของความร้อนด้วยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและขนาด ซึ่งพลังงานจะถ่ายเทไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ถ้าวัสดุสองบริเวณมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เรียกว่า การถ่ายเทความร้อนโดยที่ค่าคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556) ได้แก่

2.4.1 ความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity ; c_p)

หมายถึง ปริมาณความร้อน (J) ที่ทำให้วัสดุมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส หน่วยพื้นฐานในระบบ SI คือ kJ/kg $^{\circ}$C และเนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร ดังนั้นค่าความร้อนจำเพาะของอาหารจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ หรือความชื้นของอาหาร อาหารที่มีความชื้นสูงจะมีค่าความร้อนจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำ เช่น ความร้อนจำเพาะของน้ำนม

2.4.2 การนำความร้อน (Thermal conductivity ; k)

แสดงถึงอัตราเร็วของการส่งผ่านพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อนของสาร ซึ่งเป็นการส่งผ่านความร้อนภายในโมเลกุลของสาร จากโมเลกุลที่มีระดับพลังงานสูงกว่า ไปยังระดับที่ต่ำกว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการนำความร้อนของอาหาร เช่น

2.4.2.1 ปริมาณน้ำในอาหาร หรือ ความชื้น (Moisture content)

2.4.2.2 ส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ใช่น้ำ เช่น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร เป็นต้น

2.4.2.3 สถานะของน้ำในอาหาร เมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นน้ำแข็งค่าการนำความร้อนจะเพิ่มจาก 0.58 W/m^{2} $^{\circ}$C เป็น 2.18 W/m^{2} $^{\circ}$C ซึ่งสูงกว่าสถานะที่เป็นของเหลวประมาณ 4 เท่า

2.4.2.4 ความพรุน อาหารที่มีความพรุนสูง เนื่องมาจากมีอากาศแทรกอยู่ภายในเนื้ออาหาร และอากาศมีค่าการนำความร้อนต่ำ ดังนั้นอาหารที่มีรูพรุนจะนำความร้อนได้น้อยกว่าอาหารที่มีเนื้อแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าความจุความร้อนและการนำความร้อน

Type	Moisture content (%Wet basis)	Temperature ($^{\circ}C$)	Specific heat capacity (kJ/kg $^{\circ}C$)	Thermal conductivity ($W/m^2\ ^{\circ}C$)	References
Mung bean	9.9 - 18.3	0-50	1.63-2.45	0.092 - 0.141	Ravikanth และคณะ (2012)
Red bean (Blanched)	11.6 - 62.0	20	3.147	0.27	Legrand และคณะ (2007)
Cowpea flour (Black eye peas)	3.81 - 28.3	23.7	1.092 - 1.573 ($MJ/m^3\ K$)	0.109 - 0.213	Mahapatra และคณะ (2013)
Black bean flour	25	100	3.059	0.369	Bornhorst และคณะ (2014)
Soy bean pod	14.5 - 30.5	50 - 350	1.856 – 4.39	0.038 - 0.338	Azadbakht et และคณะ (2013)

นอกจากนี้ค่าการนำความร้อนของอาหารสามารถทำนายได้ เนื่องจากอาหารเป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วย ส่วนประกอบสำคัญ คือ น้ำ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนโดยที่สัดส่วนของส่วนประกอบขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร หากมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น ผัก และผลไม้ จะมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับน้ำ

Heldman และ Lund (1992) ได้เสนอแบบจำลองเพื่อทำนายค่าการนำความร้อนของอาหารที่อุณหภูมิระหว่าง 20 - 100 $^{\circ}$ซ ดังสมการที่ 2.4

$$k = \sum k_i x_i \tag{2.4}$$

เมื่อ k คือ ค่าการนำความร้อน

k_i คือ ค่าการนำความร้อน เมื่อ i แทนสารอาหารแต่ละชนิดจาก (ได้จากสมการที่ 2.5 - 2.9)

x_i คือ สัดส่วนเชิงปริมาตรของสารอาหารในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k_{\mathrm{p}} = 1.7881\mathrm{x}10^{-1} + 1.195\mathrm{x}10^{-3}T - 2.7178\mathrm{x}10^{-6}T^2 \quad (2.5)$$

$$k_{\mathrm{f}} = 1.8071\mathrm{x}10^{-1} - 2.760\mathrm{x}10^{-3}T - 1.7749\mathrm{x}10^{-7}T^2 \quad (2.6)$$

$$k_{\mathrm{c}} = 2.0141\mathrm{x}10^{-1} + 1.3874\mathrm{x}10^{-3}T - 4.3312\mathrm{x}10^{-6}T^2 \quad (2.7)$$

$$k_{\mathrm{w}} = 1.8331\mathrm{x}10^{-1} + 1.2497\mathrm{x}10^{-3}T - 3.1683\mathrm{x}10^{-6}T^2 \quad (2.8)$$

$$k_{\mathrm{a}} = 3.2962\mathrm{x}10^{-1} + 1.4011\mathrm{x}10^{-3}T - 2.9069\mathrm{x}10^{-6}T^2 \quad (2.9)$$

เมื่อ p คือ โปรตีน, f คือ ไขมัน, c คือ คาร์โบไฮเดรต, w คือ ไฟเบอร์ และ a คือ เถ้า

T คือ อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ)

2.5 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เป็นส่วนหนึ่งของ การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (Thermal processing) ซึ่งหมายถึง การทำให้อาหารที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดสนิทได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงเพื่อถนอมรักษาอาหาร เนื่องจากความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย รวมทั้ง เอมไซม์ สารพิษ พยาธิ และแมลงต่างๆ ที่ไม่สามารถทนต่อความร้อนได้

การแปรรูปอาหารด้วยความร้อนนั้น แบ่งระดับของการให้ความร้อนที่ทำเป็น 2 วิธี คือ

1. การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) คือ วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากโดยมุ่งทำลายแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ ส่วนจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ทนความร้อนของการพาสเจอไรซ์เมื่อมีการขยายจำนวนที่มากขึ้นสามารถทำให้อาหารเสื่อมเสียได้เช่นกัน ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ ต้องใช้ความเย็นร่วมด้วยในขณะเก็บรักษา กระบวนการพาสเจอไรซ์สามารถแบ่งการทำได้อีก 2 วิธี

1.1 ระบบอุณหภูมิต่ำระยะเวลานาน (Low Temperature Long Time : LTLT) เป็นระบบที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$ซ นาน 30 นาที แล้วจึงทำให้เย็นทันที

1.2 ระบบอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น (High Temperature Short Time : HTST) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับสูงขึ้นแต่ใช้เวลาสั้นลง คือ ใช้อุณหภูมิ 75 $^{\circ}$ซ นาน 15 วินาที แล้วจึงทำให้เย็นลงโดยเร็ว มักทำเป็นระบบต่อเนื่องในอาหารเหลว เช่น น้ำนม น้ำ ผลไม้ เป็นต้น

2. การสเตอริไรซ์ (Sterilization) คือ วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน ที่อุณหภูมิสูงกว่าการพาสเจอไรซ์ ซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิภายใต้น้ำเดือดหรือสูงกว่า เพื่อทำลายสิ่งมีชีวิตทั้งหลายรวมทั้งสปอร์ของจุลินทรีย์ให้หมดไป แต่ในทางอุตสาหกรรมอาหารสามารถทำได้เพียงให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียและเป็นโทษต่อผู้บริโภคเพื่อให้ผู้บริโภคปลอดภัยเมื่อบริโภคอาหารนั้นภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและการขนถ่ายในสภาวะปกติ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในระดับนี้เรียกว่า กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial sterilization) อาหารที่ได้จากการสเตอริไรซ์ ถือได้ว่าเป็นอาหารที่ปลอดเชื้อ สามารถเก็บรักษาได้นานในอุณหภูมิห้อง (วารุณี และคณะ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

กระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อสูงกว่า 100 °ซ เพื่อทำให้อาหารปราศจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค มักนำมาใช้กับอาหารที่เป็นกรดต่ำ (Low acid food) คือ มีค่าพีเอช (pH) มากกว่า 4.6 และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) มากกว่า 0.85 เนื่องด้วยสภาวะดังกล่าวมีปริมาณกรดต่ำและปริมาณน้ำอิสระสูงพอที่ทำให้ *C. botulinum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียทำให้เกิดโรค botulism ซึ่งสร้างสปอร์ที่ทนร้อน สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพไม่มีอากาศ (Anaerobic) ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดอุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อที่เพียงพอจะทำลายสปอร์ของเชื้อนี้ให้อยู่ในระดับที่อาหารจะปลอดภัย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารพิจารณาจาก

2.5.1.1 ความสามารถในการทนความร้อนของจุลินทรีย์

หลักสำคัญของการะบวนการให้ความร้อน คือ การทำลายจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บภายใต้สภาวะปกติ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ซึ่งอาจมีโทษต่อร่างกาย ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีภาวะที่ให้จุลินทรีย์จำเพาะชนิดเจริญได้ และเมื่อผ่านความร้อนแล้ว จุลินทรีย์แต่ละชนิดที่เจริญอาจทนความร้อนแตกต่างกัน นอกจากนี้ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นแตกต่างกัน ก็จะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ทั้งนี้ความสามารถในการทนความร้อนของจุลินทรีย์เกี่ยวข้องกับค่าที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

1. ค่า D (Decimal reducing time)

ค่า D หมายถึง เวลาเป็นนาที ที่อุณหภูมิคงที่ ในการทำลายจุลินทรีย์ให้ลดลงร้อยละ 90 หรือ 1 Log cycle จากจุลินทรีย์เริ่มต้น ค่านี้ได้จากการสร้างกราฟ Semi logarithmic ระหว่าง จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตกับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิคงที่ ดังรูปที่ 2.14 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นจำนวน 100,000 เซลล์เมื่อได้รับความร้อนผ่านไป 10 นาที จำนวนจุลินทรีย์จะลดลง 1 Log cycle หรือ ค่า D คือ 10 นาที เหลือจุลินทรีย์ 10,000 เซลล์ ค่า D จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงต้องเขียนอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อกำกับไว้เสมอ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้คือ D_T ค่า D นี้บอกถึงความสามารถในการทนความร้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งได้มีการกำหนดประเภทของจุลินทรีย์ตามความสามารถในการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 121.1°ซ ดังนี้

$D_{121.1} > 1.0$ เป็น จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้สูงมากๆ (Extremely high heat resistance)

$D_{121.1} > 0.1$ เป็น จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้สูงมาก (High heat resistance)

$D_{121.1} > 0.01$ เป็น จุลินทรีย์ที่ทนความร้อน (Heat resistance)

$D_{121.1} \leq 0.01$ เป็น จุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อน (Not heat resistance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาค่า D ได้จากสมการ 2.11

$$\text{Log}\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{t}{D} \quad (2.10)$$

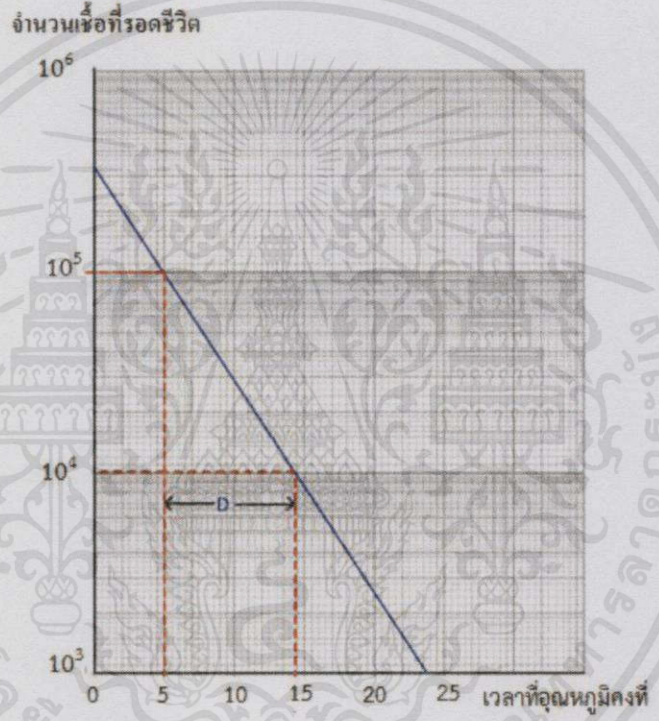
$$D = \frac{t}{Log\left(\frac{N}{N_0}\right)} \quad (2.11)$$

โดยที่

N_0 คือ ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

N คือ ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที

t คือ เวลาให้ความร้อน (นาที)

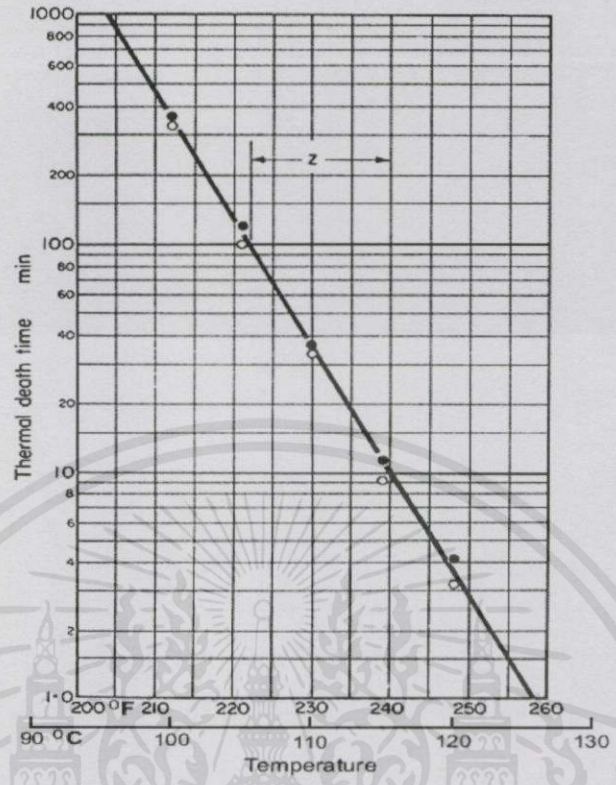


รูปที่ 2.14 จำนวนเชื้อที่รอดชีวิต

2. ค่า Z

ค่า Z หมายถึง จำนวนอุณหภูมิเป็นองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียส ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 Log cycle หรือ ร้อยละ 90 ค่า Z ได้จากการสร้างกราฟ ระหว่างค่า Log D กับอุณหภูมิ (รูปที่ 2.15) ค่า Z จะแสดงถึงผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงค่า D หรือความไวต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ถ้าจุลินทรีย์ใดมีค่า Z สูงแสดงว่าจุลินทรีย์นั้นไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 Thermal death time curve

3. ค่า F

ค่า F หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาที ที่อุณหภูมิหนึ่งที่ใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งในอาหาร โดยปกติค่า F จะต้องระบุอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อ และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่ใช้ศึกษา สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ F^{Z}_{T} เช่น $F^{10}_{121.1}$ ซึ่งหมายถึง เวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง ที่ 121.1 °ซ โดยจุลินทรีย์นั้นมีค่า Z เท่ากับ 10 °ซ และมักใช้สัญลักษณ์ F_0

ค่า F_0 มีความสำคัญในการคำนวณผลของการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง (121.1 °ซ) เช่น การฆ่าเชื้ออาหารที่ 111.1 °ซ เท่ากับ 10 นาที จะมีอำนาจในการฆ่าเชื้อเท่ากับ การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 121.1 °ซ 1 นาที โดยที่จุลินทรีย์ตัวนี้มีค่า Z = 10 °ซ โดยปกติอำนาจในการฆ่าเชื้อคำนวณ ได้จากสมการที่ 2.12

$$\text{Lethal rate} = \frac{F^{Z}_{121.1}}{F^{Z}_{T}} = 10^{(T-121.1)/Z} \qquad (2.12)$$

Lethal rate ใช้สำหรับเปลี่ยนเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิต่างๆ ให้เป็นเวลาในการฆ่าเชื้อ ที่ 121.1 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาเวลาที่ต้องการลดจำนวนจุลินทรีย์หรือสปอร์เริ่มต้นลงมาถึงจำนวนที่ต้องการหลังจากผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F = D_T(\text{Log } N_0 - \text{Log } N) \qquad (2.13)$$

เมื่อ N_0 คือ ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

N คือ ปริมาณจุลินทรีย์สุดท้ายที่เหลืออยู่

D_T คือ Decimal reducing time (นาที)

ในทางปฏิบัติจะกำหนดว่าอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำจะต้องได้รับความร้อนอย่างต่ำ 3.0 นาที (F_0 = 3 นาที) สำหรับจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียแต่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มักจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มทนความร้อนสูง และมีค่า D สูงกว่า *C. botulinum* 20 - 25 เท่า ดังนั้นผู้ผลิตอาหารส่วนใหญ่จะกำหนดอัตราความเสี่ยงของการเสื่อมเสียที่ยอมรับได้ โดยในกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มที่ทนความร้อนสูงมาก (Thermophile) อาจกำหนดให้มีอัตราการเสื่อมเสียไม่มากกว่า 1 กระป๋องจาก 1,000 กระป๋อง (10^{-3}) นั่นคือ อาจใช้กระบวนการ 3D process

ในการคำนวณ ค่า F_0 ที่ต้องการในการทำลายเชื้อหรือสปอร์ในอาหารนั้น จะกำหนดจากข้อมูลความสามารถในการทนร้อนของจุลินทรีย์ (ค่า D หรือ ค่า Z) ซึ่งได้จากการทดลองกับเชื้อหรือสปอร์ที่เลี้ยงในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ และอุณหภูมิของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงทันทีโดยพิจารณาว่าต้องการลดปริมาณจุลินทรีย์ลงไปจำนวนเท่าใด ในความเป็นจริงสำหรับอาหารนั้นเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิของอาหารจะไม่เปลี่ยนแปลงทันที จึงจำเป็นต้องหาอัตราการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration) ควบคู่ไปด้วย เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (Process time) สำหรับอาหารนั้น

2.5.1.2 องค์ประกอบและธรรมชาติของอาหาร

องค์ประกอบและธรรมชาติของอาหาร โดยเฉพาะปริมาณกรด ความชื้น มีผลต่อการพิจารณาปริมาณความร้อนที่ต้องการในกระบวนการผลิต ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ค่า pH ของอาหาร เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ และ ปริมาณความร้อนที่ต้องการ สปอร์ที่มีความสามารถทนต่อความร้อนสูง อาจรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อ แต่หากอาหารมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ สปอร์เหล่านี้จะไม่สามารถเจริญ และทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคหรือทำให้อาหารเน่าเสีย

2. ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

คือ ปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ หรือเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ อาหารกระป๋องส่วนใหญ่มีค่า a_w สูงกว่า 0.98 ซึ่งจุลินทรีย์และสปอร์สามารถเจริญได้ดี ในอาหารที่มีค่า a_w > 0.98 เช่น *Staphylococcus aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความหนืด

ความหนืดมีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อน และระดับของการผสมของอาหาร โดยอาหารที่มีความหนืดมากจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ช้ากว่าอาหารที่มีความหนืดน้อย

4. ขนาดของชิ้นอาหาร

อาหารที่มีชิ้นขนาด และรูปร่างต่างกันจะทำให้ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนได้แตกต่างกัน เช่น ชิ้นอาหารขนาดใหญ่จะมีการถ่ายโอนความร้อนช้ากว่าชิ้นอาหารขนาดเล็ก

5. วัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียและสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และสปอร์ เช่น เกลือพวกไนเตรท ไนไตรท์ ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ไส้กรอก ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมากในการฆ่าเชื้อ

6. น้ำหนักบรรจุ

หากบรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักมากเกินไปทำให้อัตราการแทรกผ่านความร้อนลดลง

7. อัตราส่วนปริมาตรของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ

อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุมีผลต่อปริมาณความร้อน ที่ต้องการในการฆ่าเชื้อเดียวกัน โดยการบรรจุของแข็งมากเกินไปจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง

8. ช่องว่างเหนืออาหารในบรรจุภัณฑ์

หากช่องว่างมีไม่เพียงพออาจจะทำให้การหมุนเวียนของอาหารระหว่างการฆ่าเชื้อภายในบรรจุภัณฑ์ไม่ดี ส่งผลต่อการให้ความร้อนได้อย่างไม่ทั่วถึง

9. การเตรียมวัตถุดิบ

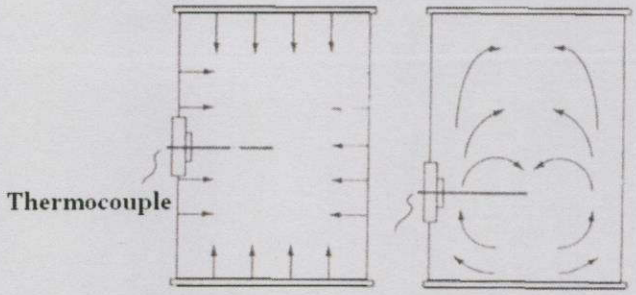
ในบางกรณีอาจมีการเตรียมวัตถุดิบด้วยการลวก การแช่น้ำหรือสารละลาย เบื้องต้นก่อนนำไปฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อลงได้

2.5.1.3 ลักษณะการถ่ายโอนความร้อนหรือการแทรกผ่านความร้อน

อาหารแข็ง (Solid food) เป็นอาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบการนำความร้อน ความร้อนจะถูกถ่ายโอนในทุกทิศทางแล้วผ่านโมเลกุลของอาหารที่เป็นของแข็งซึ่งไม่เคลื่อนที่ ในกรณีกระป๋องจุดร้อนช้าจะอยู่กึ่งกลางกระป๋อง ดังรูปที่ 2.16ก

อาหารเหลว หรือมีอนุภาคอาหารขนาดเล็กในของเหลว (Liquid or particulate food) เช่น น้ำซุปและ โจ๊กข้าวสาลี (Jha และคณะ, 2012) เป็นต้น อาหารเมื่อได้รับความร้อน ส่วนที่เป็นของเหลวจะได้รับความร้อนก่อน ทำให้มีความหนาแน่นของเหลวน้อยลงจึงเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ขณะที่ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าและเคลื่อนที่ลงด้านล่าง ทำให้เกิดกระแสการพาแบบธรรมชาติ (Natural convection) และถ่ายโอนความร้อนเร็วกว่าแบบการนำ โดยส่วนมากจุดร้อนช้าจะอยู่ที่ตำแหน่งประมาณ 1/3 ของความสูงกระป๋อง จากด้านล่าง ดังรูปที่ 2.16ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ข.

รูปที่ 2.16 การถ่ายโอนความร้อนในกระป๋อง ก) การนำความร้อน ข) การพาความร้อน
ที่มา : (Fellows, 1990)

อาหารที่มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่ในของเหลว หรือ มีส่วนผสมของสารให้ความข้นหนืดขณะให้ความร้อนจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม ซึ่งมีทั้งการนำและการพาความร้อน โดยในช่วงแรกจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบพา และเมื่อให้ความร้อนต่อไปการถ่ายเทความร้อนจะเปลี่ยนเป็นแบบการนำ

2.5.2 การคำนวณระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (Process time) และ ค่า Lethality (F)

วิธีที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

2.5.2.1 วิธีการทั่วไป (General method)

เป็นการหาค่า F (Lethality) ที่แท้จริงของกระบวนการฆ่าเชื้อที่สภาวะหนึ่ง ๆ โดยคำนวณค่า Lethal rate ดังสมการที่ 2.14

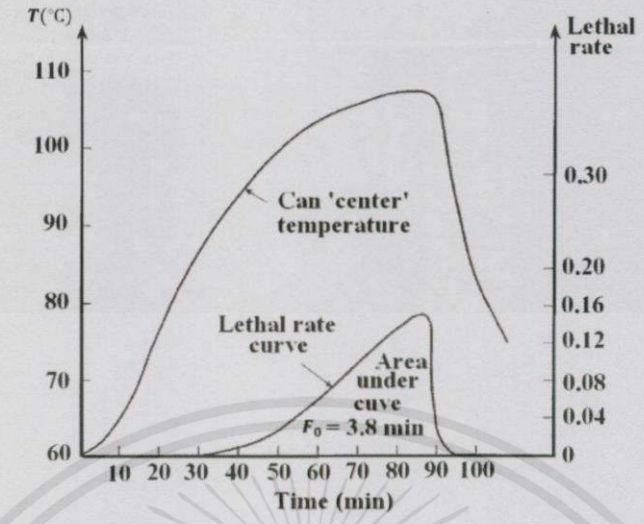
$$\text{Lethal rate} = 10^{(T-121.1)/Z} \qquad (2.14)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิของอาหารที่เวลาใดๆ ($^{\circ}$ซ)

Z คือ 10 $^{\circ}$ซ สำหรับสปอร์ของ *C. botulinum*

สร้างกราฟระหว่าง Lethal rate กับเวลา ดังรูปที่ 2.17 พื้นที่ใต้กราฟเป็นค่า F_0 (Lethality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 การหาค่า F จาก Lethal rate curve

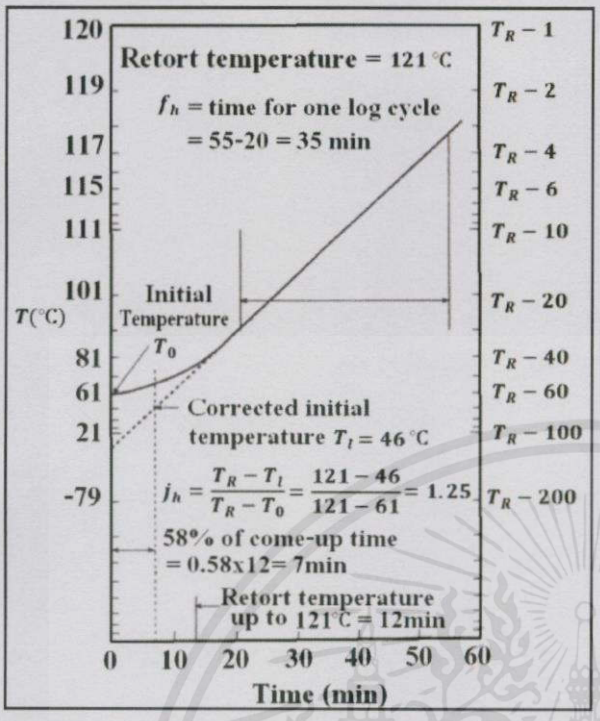
ที่มา : (Holdsworth และ Simpson, 2008)

2.5.2.2 **วิธีการใช้สูตร (Formula method)**

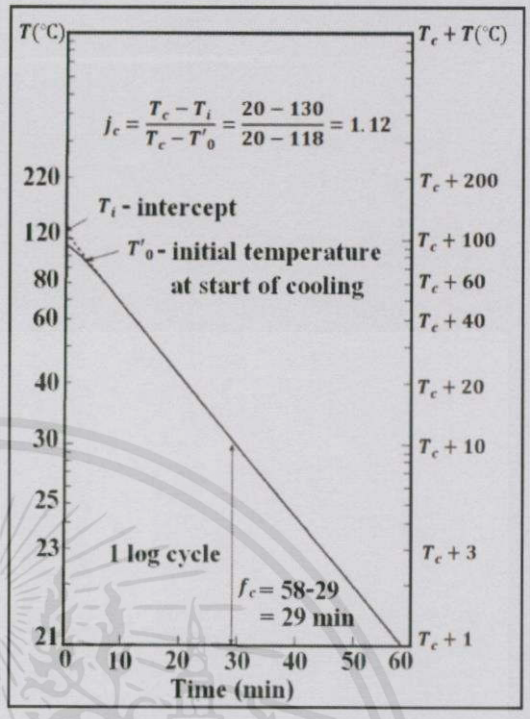
เนื่องจากวิธีการทั่วไปไม่สามารถประมาณเวลาในการฆ่าเชื้อได้โดยตรงจึงมีการพัฒนาการประมาณด้วยวิธีการใช้สูตร โดย Ball (1923) ซึ่งใช้อย่างกว้างขวาง (Heldman, 2011) วิธีการใช้สูตรเป็นวิธีการที่ใช้ในการหาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่สภาวะของอุณหภูมิฆ่าเชื้อและอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหาร ต้องมีข้อมูลการแทรกผ่านความร้อน ซึ่งถูกพล็อตบนกระดาษกราฟ Semi-logarithmic กลับหัวจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารไม่เป็นเส้นตรงในช่วงแรก คือช่วง Lag time ที่ความร้อนค่อยๆ แทรกผ่านเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์ ส่วนในช่วงหลังเมื่อความร้อนแทรกผ่านเข้าไปได้อย่างคงที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 2.18

เช่นเดียวกับกระบวนการลดอุณหภูมิซึ่งอุณหภูมิอาหารไม่ลดลงทันทีตามอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อแต่เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอาหารจึงเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.19 (วารุณี และคณะ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 Heating curve
ที่มา : (Holdsworth และ Simpson, 2008)



รูปที่ 2.19 Cooling curve
ที่มา : (Holdsworth และ Simpson, 2008)

U หรือ ค่า F ของกระบวนการ หาได้จากสมการที่ 2.15

$$U = F_0 \cdot 10^{(121.1-T)/Z} \tag{2.15}$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (°ซ)

Z คือ 10 °ซ สำหรับสปอร์ *C. botulinum*

F_0 คือ เวลา (นาที) ในการทำลายเชื้อเป้าหมาย นั่นคือ *C. botulinum* ที่อุณหภูมิอ้างอิง 121.1 °ซ

เวลาในการฆ่าเชื้อ (Process time) หาได้จากสมการที่ (2.16)

$$B = f_h(\text{Log}\, j_h \cdot I_0 - \text{Log}\, g) \tag{2.16}$$

เมื่อ B คือ เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

f_h คือ เวลา (นาที) ที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป 90 % หรือ 1 Log cycle

j_h คือ lag period ของกราฟการให้ความร้อน

I_0 คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิเริ่มต้นอาหาร

g คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิอาหารที่จุดสิ้นสุดการให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการฆ่าเชื้อทั้งหมด (Total process time) คำนวณจากสมการที่ (2.17) (Jha และคณะ, 2012)

$$B' = B + 0.58 \times CUT \quad (2.17)$$

เมื่อ B' คือ เวลาในการฆ่าเชื้อทั้งหมด (นาที)

B คือ เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

CUT คือ เวลา (นาที) ที่อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด

Gopinath (2007) ศึกษาระดับความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อหมึกผัดมาซะล่าบรรจุกระป๋องเหล็กชุบโครเมียม โดยใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 121 °ซ และทดลองเปลี่ยนแปลงค่า F_0 เป็น 7, 8 และ 9 นาที ใช้น้ำหนักตัวอย่างเท่ากัน คือ 160 กรัมต่อกระป๋อง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อ F_0 เพิ่มขึ้นเป็น 7, 8 และ 9 นาที เวลาในการฆ่าเชื้อ (B) เพิ่มขึ้นเป็น 32.0 34.0 และ 36.0 นาที ตามลำดับ ผลของสีแสดงให้เห็นว่า เมื่อ F_0 เพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดเมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ความแดง (a*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารได้รับความร้อนเป็นเวลานานจึงเร่งอัตราการเกิดสีน้ำตาล ในขณะที่ค่าความเหลือง (b*) ลดลง จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มค่า F_0 ค่าความแข็ง การเกาะกัน ความเหนียว ความเด้ง และ ความเคี้ยวได้ลดลง แสดงถึงเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มลง เช่นเดียวกับ กิตติศักดิ์ (2010) ซึ่งได้ศึกษาผลของระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อน้ำพริกกะปิบรรจุกระป๋องโดยกำหนดค่า F_0 ที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 5 10 และ 15 นาที พบว่าหลังจากการฆ่าเชื้อคุณภาพแตกต่างจากน้ำพริกกะปิบรรจุกระป๋องก่อนการฆ่าเชื้อทุกคุณลักษณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ=0.05) น้ำพริกกะปิจะมีค่า L* ลดลงในขณะที่ค่า a* และค่าสี b* เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น และยังพบว่าที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) ที่ 5 นาที น้ำพริกกะปิมีความแตกต่างด้านคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ=0.05)

2.5.3 หม้อฆ่าเชื้อ (Retort)

หม้อฆ่าเชื้อ คือ อุปกรณ์ที่สร้างจากโลหะหนาทนความร้อนมักประกอบขึ้นเป็นรูปทรงกระบอกมีฝาครอบปิดสนิทและมีการปิดล็อคแน่นหนา ส่วนใหญ่ห่อหุ้มด้วยฉนวน ใช้สำหรับบรรจุและส่งผ่านกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท โดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ (วารุณี และคณะ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.1 ประเภทของหม้อฆ่าเชื้อ

หากแบ่งตามลักษณะของตัวกลางการให้ความร้อน มีดังนี้ (วารุณี และคณะ, 2547)

1. แบบใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam retort)

เมื่อไอน้ำอิ่มตัวกลั่นตัวลงที่ด้านนอกจะมีการถ่ายเทความร้อนแฝงไปยังอาหาร ถ้ามีอากาศอยู่ในหม้อฆ่าเชื้อ อากาศนี้จะรวมตัวเป็นฉนวนฟิล์มอยู่รอบๆ กระป๋องและขัดขวางการควบแน่นของไอน้ำอิ่มตัว ดังนั้นจึงต้องกำจัดอากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อทั้งหมดออกไปก่อนโดยการแทนที่ด้วยไอน้ำ หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นขั้นตอนของการหล่อเย็นให้กับบรรจุภัณฑ์ด้วยน้ำเย็น ไอน้ำจะควบแน่นอย่างรวดร็ว ขณะที่อาหารซึ่งเย็นตัวลงอย่างช้าๆ แต่ความดันภายในบรรจุภัณฑ์ยังคงสูงอยู่ ความดันอากาศที่ยังคงสูงอยู่นี้จะป้องกันแรงเค้นที่ปิดผนึก เมื่ออากาศเย็นลงต่ำกว่า 100 °ซ ความดันอากาศจะลดลง และเย็นลงจนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 40 °ซ ที่อุณหภูมินี้บรรจุภัณฑ์จะแห้งเองเพื่อป้องกันสนิมและฉลากจะติดแน่นยิ่งขึ้น

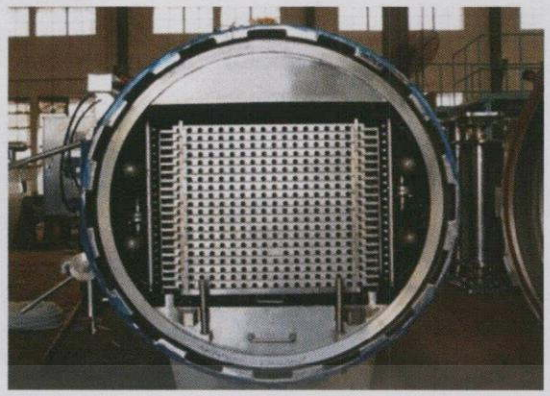
รูปที่ 2.20 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำอิ่มตัว

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com(2014)

2. แบบใช้ไอน้ำและอากาศร้อนผสมกัน (Steam-air retort)

คือ การใช้ไอน้ำในการฆ่าเชื้อในขณะที่มีการอัดอากาศ เพื่อต่อต้านความดันที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อนั้นๆ ทำให้สามารถใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารในบรรจุภัณฑ์หลายชนิดมากกว่าเครื่องที่ใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียว การควบคุมอัตราส่วนของไอน้ำต่ออากาศเป็นจุดควบคุมสำคัญ เพื่อให้ทั้งอุณหภูมิ และความดันเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการฆ่าเชื้อ ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การที่ต้องออกแบบให้มีพัดลมหรือกลไกที่ทำให้ไอน้ำและอากาศผสมกันอย่างสม่ำเสมอและกระจายตัวอย่างทั่วถึง

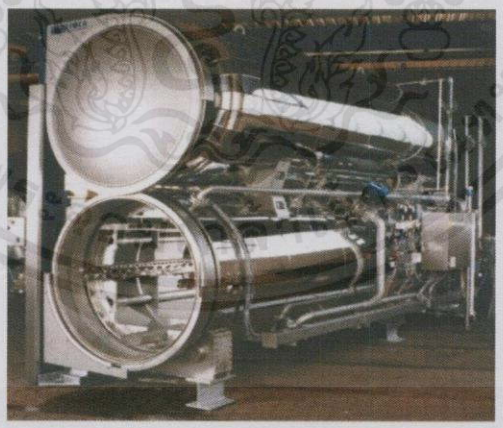
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำและอากาศร้อนผสมกัน
ที่มา : (http://www.tradeindia.com, 2014)

3. แบบให้น้ำร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์ (Full water immersion retort)

หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อน ซึ่งน้ำร้อนจะท่วมบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลาในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ทั้งการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 100°ซ และแบบสเตอริไรซ์ที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ที่อุณหภูมิ 125 °ซ โดยการอัดความดันเข้าไปในหม้อฆ่าเชื้อ อาจใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam) หรือใช้อากาศ แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้อากาศในการควบคุมความดันภายในหม้อฆ่าเชื้อ ส่วนวิธีการทำน้ำร้อนอาจใช้ไอน้ำฉีดเข้าผสมกับน้ำโดยตรง หรือใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการปั๊มน้ำผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหมุนวนในหม้อฆ่าเชื้อตลอดเวลา



รูปที่ 2.22 หม้อฆ่าเชื้อแบบให้น้ำร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์
ที่มา : (http://www.stockamerica.com, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ (Hot water spray retort)

หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อน และ มีการหมุนเวียนน้ำด้วยเครื่องปั๊มน้ำ การทำน้ำร้อนมีทั้งระบบพ่นไอน้ำผสมกับน้ำโดยตรง แต่โดยทั่วไปมักใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายนอกหม้อฆ่าเชื้อและควบคุมความดันด้วยอากาศอัด ซึ่งควบคุมได้ง่ายกว่าเครื่องฆ่าเชื้อแบบน้ำท่วม อุณหภูมิน้ำจะค่อยๆสูงขึ้นจากการปั๊มน้ำหมุนเวียนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลงอย่างฉับพลันได้ (Thermal shock) อย่างไรก็ตามหากออกแบบไม่ดีพออาจก่อให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอขึ้นได้ บรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้กับหม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ คือ บรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงยืดหยุ่น เช่น รีทอร์ทเพาช์ เพราะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง สามารถทนความร้อน และความดันสูงได้

รูปที่ 2.23 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์
ที่มา : (http://www.stockamerica.com, 2010)

2.5.3.2 ขั้นตอนการทำงานภายในหม้อฆ่าเชื้อ

โดยการทำงานภายในหม้อฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันไอน้ำ ประกอบด้วย

1. การไล่อากาศ (Venting)

เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้อุณหภูมิทุกตำแหน่งภายในหม้อฆ่าเชื้อเท่ากัน เมื่อเปิดไอน้ำอิ่มตัวเข้าภายในหม้อฆ่าเชื้อ มีอากาศอยู่รอบๆ บรรจุภัณฑ์ทำให้ความร้อนกระจายไม่สม่ำเสมอ เพราะความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนที่สะสมอยู่ให้แก่อากาศที่อยู่ในลักษณะเป็นฉนวนห่อหุ้มอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อไอน้ำถ่ายเทความร้อนแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำไหลลงส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ ดังนั้นในช่วงการไล่อากาศช่วงแรก เมื่อเริ่มเปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อจะมีไอน้ำกลั่นตัวปริมาณมากไหลออกทางท่อระบายน้ำส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ และอาจมีน้ำกลั่นตัวของไอน้ำที่ตกค้างอยู่ในท่อไอน้ำไหลรวมออกมา จึงต้องเปิดทางระบายน้ำไว้จนกว่าจะแน่ใจว่าน้ำกลั่นตัวถูกระบายออกจากหม้อฆ่าเชื้อได้ก่อนที่จะปิดท่อทางระบายน้ำ เหลือไว้แต่ช่องรูระบายไอน้ำที่บริเวณส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือมีการติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำกลั่นตัวจากไอน้ำไว้ที่ท่อระบายน้ำเพื่อระบายน้ำกลั่นตัวของไอน้ำออกจากหม้อฆ่าเชื้อได้โดยอัตโนมัติ

2. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (Come-up time)

เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อผ่านขั้นตอนการไล่อากาศจนถึงอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด ในทางปฏิบัติเมื่อเปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อเพื่อไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อจะมีน้ำกลั่นตัวระบายออกจากหม้อมากซึ่งต้องระบายออกให้หมดก่อนจึงจะปิดท่อทางระบายน้ำ เป็นผลทำให้อุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อสูงขึ้นจนถึงเวลาและถึงอุณหภูมิการไล่อากาศที่เป็นข้อกำหนดที่ตั้งไว้จึงปิดวาล์วท่อทางระบายอากาศทั้งหมด อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อจะสูงขึ้นรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนดจึงเริ่มเข้าช่วงเวลาฆ่าเชื้อ

3. ช่วงเวลาฆ่าเชื้อ (Cooking time)

เมื่ออุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อสูงขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนดและคงที่สม่ำเสมอ โดยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในแท่งแก้วของหม้อฆ่าเชื้อ จึงเริ่มทำการจับเวลาฆ่าเชื้อ ในการกำหนดเวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องขึ้นกับการทนความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร คุณสมบัติลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารและการศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อนเข้าไปสู่ใจกลางอาหารซึ่งเป็นจุดร้อนช้า โดยคำนึงถึงการรักษาคุณภาพคุณลักษณะที่ดีและคุณค่าทางอาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4. ช่วงการลดอุณหภูมิ (Cooling)

เมื่อครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้วผลิตภัณฑ์อาหารต้องทำให้เย็นลงโดยเร็วด้วยน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระ 0.5-1 ส่วนในล้านส่วน การทำให้อาหารเย็นลงเพื่อหยุดยั้งการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากความร้อนสะสมและต้องทำให้อาหารกระป๋องเย็นลงเพียงพอที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ประเภททนความร้อนที่อาจทนได้ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นการฆ่าเชื้อเพื่อการค้า ดังนั้นอุณหภูมิของอาหารต้องทำให้ลดต่ำลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 รีทอร์ทเพาซ์ (Retort pouch)

เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการฆ่าเชื้อประเภทรูปทรงยืดหยุ่น (Flexible packaging) ทำจากฟิล์มหลายชนิดมาเชื่อมประสาน (laminate) ขึ้นรูปเป็นถุง (pouch) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถปิดผนึกสนิท มีความแข็งแรง สามารถทนร้อน และความดันสูงได้ ใช้บรรจุอาหารที่ต้องการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนได้เหมือนกับกระป๋อง แต่โดยทั่วไปจะทำการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อชนิดใช้น้ำร้อนสเปรย์ อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้เช่นเดียวกับอาหารกระป๋อง วัสดุที่ใช้ทำรีทอร์ทเพาซ์โดยทั่วไปประกอบด้วย พลาสติก 2-4 ชนิด เชื่อมประสานกัน ได้แก่

PE = Polyester AL = Aluminium

CPP = Cast Polypropylene ON = Nylon

ON/CPP มีลักษณะใส จึงนิยมใช้ทำถุงที่ต้องการแสดงให้ผู้บริโภคเห็นผลิตภัณฑ์ด้านในขณะที่ PE/Al/CPP และ PE/ON/Al/CPP เป็นถุงทึบ แต่เนื่องจาก PE/ON/Al/CPP มีความแข็งแรงมากกว่า PE/Al/CPP จึงนิยมนำมาใช้ทำถุงชนิด Standing pouch และถุงบรรจุขนาดใหญ่ส่วนถุงที่มีโครงสร้างเป็น PE/Al/CPP เป็นถุงที่นิยมใช้มากที่สุด แต่มีข้อจำกัด คือเป็นถุงทึบไม่สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในถุงได้

ก. ข.

รูปที่ 2.24 ก) ถุงชนิดทึบแสง ข) ถุงชนิดใส

ที่มา: ภาพ ก. (www.foodpackagingpouches.com),

ภาพ ข. (www.rfplastics.th.busytrade.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของรีทอร์ทเพาช์เมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋องโลหะและแก้ว

ข้อดี	ข้อเสีย
1. รีทอร์เพาช์มีความหนาน้อยกว่า จึงมีการถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่ากระป๋องหรือแก้ว ดังนั้นจึงช่วยลดเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ทำให้ประหยัดพลังงาน และลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ 2. เปิดได้ง่ายจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเปิดและไม่มีอันตรายจากการเปิดเพื่อบริโภค และรีทอร์ทเพาช์บางชนิดมีซิปติดอยู่เพื่อช่วยให้ความสะดวกในการปิดและเปิดใหม่ 3. สามารถพิมพ์ลวดลายบนภาชนะได้โดยตรงและสวยงามกว่า ทำให้มีความคงทนและดึงดูดต่อผู้บริโภคมากกว่า 4. ช่วยลดต้นทุนการขนส่งเนื่องจากรีทอร์ทเพาช์มีลักษณะแบนบาง และน้ำหนักเบาจึงสามารถขนส่งได้มากขึ้นในแต่ละครั้ง	1. การผลิตต้องควบคุมอย่างละเอียด เพราะการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในถุงฆ่าเชื้อ ค่อนข้างยุ่งยาก เช่น ต้องควบคุมความดันไม่ให้มีความแตกต่างกันระหว่างภายในถุงและภายนอกถุง หากไม่ควบคุมอาจทำให้รอยปิดผนึกแตกและแยกจากกัน 2. ต้นทุนในการผลิตสูง เนื่องจากตัวภาชนะมีราคาแพง มีการลงทุนในเรื่องของเครื่องจักรสูง 3. การบรรจุทำได้ช้าและยุ่งยากกว่าการใช้กระป๋อง

สาริตา และคณะ (2006) ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยอบรรจุรีทอร์ทเพาช์โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน 4 สภาวะ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับหมูยอชุดควบคุม พบว่าที่สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 10 นาที คุณลักษณะทางกายภาพคือค่าสีและเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับหมูยอชุดควบคุมและยังสามารถยืดอายุการเก็บหมูยอได้ถึง 75 วันที่อุณหภูมิ 30 °ซ โดยผู้บริโภคยังให้การยอมรับเช่นเดียวกับดนุพล (2549) ได้ทำการศึกษาเพื่อยืดอายุการเก็บของห่อหมกปลาช่อนโดยบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ขนาด 110x160 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 100 กรัม และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 °ซ เป็นเวลา 45 นาที ค่า F_0 เท่ากับ 8.711 นาทีพบว่าค่าสี ค่า a_w และ ค่า pH มีค่าใกล้เคียงกับห่อหมกปลาช่อนต้นตำรับและยังสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์ โดยคุณค่าทางด้านต่างๆไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณลักษณะของเนื้อจระเข้ตุ๋นบรรจุรีทอร์ทเพาช์ โดยพรพรรณ (2550) ทำการเปรียบเทียบระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าที่ 118 °ซ ค่า F เท่ากับ 7 นาที เป็นค่าที่ได้รับการยอมรับสูงสุดในด้านความเหนียวความฉ่ำน้ำ และค่าสี ซึ่งแตกต่างกับเนื้อจระเข้ตุ๋นต้นแบบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (σ=0.05)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mohan และคณะ (2008) ศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของกุ้งขาวอินเดีย (*Fenneropen aeusindicus*) บรรจุรีทอร์ทเพาช์ เปรียบเทียบกับการใช้กระป๋องอลูมิเนียม โดยกุ้งน้ำหนัก 197 กรัมถูกบรรจุในกระป๋องขนาด 301x206 และในรีทอร์ทเพาช์ขนาด 160x200 มิลลิเมตรใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 121 °ซ F_0 ประมาณ 8 นาที พบว่าที่น้ำหนักกุ้งเท่ากันการใช้รีทอร์ทเพาช์ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า เนื่องจากรีทอร์เพาช์บางกว่าและมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่า และพบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ความเคี้ยวได้ (Chewiness) และความเด้ง (Springiness) ของกุ้งในรีทอร์ทเพาช์สูงกว่าในกระป๋อง แต่การเกาะกัน (Cohesiveness) และ ความยืดหยุ่น (Resilience) ในรีทอร์ทเพาช์และกระป๋องไม่แตกต่างกัน และจากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่ากุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์เป็นที่ยอมรับและมีคุณภาพที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการบรรจุกระป๋อง

Byun และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการใช้สารอินทรีย์เคลือบในรีทอร์ทเพาช์ ในชั้น polyethylene terephthalate (PET) แทนการใช้สารอนินทรีย์ซึ่งที่นิยมใช้ คือ อลูมิเนียมเพื่อลดต้นทุนการผลิต ในผลิตภัณฑ์ข้าวปรุงสุกพร้อมรับประทาน ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพ และระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถใช้สารอินทรีย์แทนสารอนินทรีย์ที่ใช้เคลือบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 ถั่วแดง

3.1.1.2 ถั่วดำ

3.1.1.3 ถั่วเขียว

3.1.1.4 ถั่วเหลือง

3.1.1.5 ถั่วตาดำ

3.1.1.6 ลูกเดือย

3.1.1.7 ข้าวกล้องหอมมะลิ

3.1.1.8 น้ำซุปผัก

3.1.1.9 น้ำสะอาด

3.1.1.10 ซีอิ๊วขาว

3.1.1.11 เกลือ

3.1.1.12 พริกไทย

3.1.1.13 รีทอร์ทเพาช์ ขนาด 130 x 170 มิลลิเมตร

3.1.1.14 รีทอร์ทเพาช์ ชนิดถุงตั้งได้ ขนาด 130 x 170 x 30 มิลลิเมตร

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 อุปกรณ์สำหรับผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือย

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. ถ้วยตวงของเหลว
3. ช้อนตวง
4. บีกเกอร์
5. กระบอกตวง
6. หม้อสแตนเลส
7. กระชอน
8. ช้อนสแตนเลส
9. ทัพพี
10. กรวยตวงของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. อ่างสแตนเลส
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. หม้อต้มอัดความดัน
14. เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ
15. เตาแก๊ส

3.1.2.2 อุปกรณ์สำหรับศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

1. หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์
2. อุปกรณ์วัดระดับการฆ่าเชื้อ (F_0)
3. เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K
4. Data logger

3.1.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) ยี่ห้อ Juki Instrument รุ่น Model JC801
2. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ยี่ห้อ Brookfield Engineering Laboratories รุ่น LVDV-II + Pro
3. เครื่องวัดค่าความแข็ง (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro system Ltd รุ่น TA.XT plus texture analyzer

3.1.2.4 อุปกรณ์วัดข้อมูลทางสถิติ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ทางสถิติ

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยโดยวิธีดั้งเดิม

3.2.1.1 การเตรียมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

1. ระยะเวลาในการแช่น้ำ

ล้างและแช่วัตถุดิบแต่ละชนิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วตาดำ ถั่วเหลือง และลูกเดือย ปริมาณ 10 ± 1 กรัม ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง หากพบว่าที่ชั่วโมงใดน้ำหนักของถั่วเริ่มคงที่ โดยยังคงรูปร่างไว้ได้ จะกำหนดให้ชั่วโมงดังกล่าวเป็นระยะเวลาในการแช่น้ำของถั่วและลูกเดือย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 การแช่น้ำถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

2. ระยะเวลาการให้ความร้อน

ต้มถั่วและลูกเดือยจากการทดลองที่ 1 ในหม้ออัดความดัน (รูปที่ 3.2) (ความดันเกจไม่เกิน 80 kPa) โดยระยะเวลาในการต้มถั่ว และลูกเดือย ดังตารางที่ 3.1

รูปที่ 3.2 การต้มถั่วและลูกเดือยในหม้ออัดความดัน

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการต้มถั่วและลูกเดือย

วิธี	ระยะเวลาการต้ม (นาที)					
	ถั่วเขียว	ถั่วดำ	ถั่วแดง	ถั่วตาดำ	ถั่วเหลือง	ลูกเดือย
ดั้งเดิม	15	30	30	40	40	40
ลดเวลา	0	15	15	20	20	20

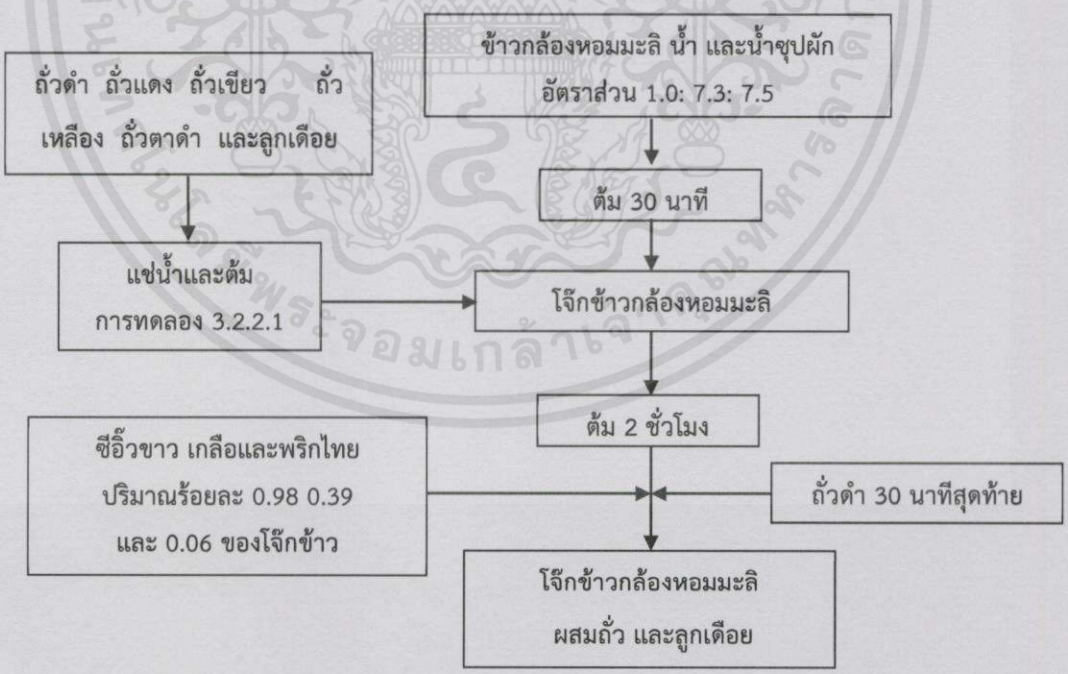
3.2.1.2 การผลิตโจ๊กข้าวผสมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

นำถั่วและลูกเดือยจากการทดลองที่ 2 มาผสมกับโจ๊กข้าว ซึ่งต้ม 30 นาที ด้วยอัตราส่วนถั่วเขียว : ลูกเดือย : ถั่วตาดำ : ถั่วเหลือง : ถั่วดำ : ถั่วแดง : โจ๊กข้าว คือ 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 19 หลังจากนั้นต้มต่อด้วยหม้ออัดความดันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ใส่ถั่วดำ 30 นาทีสุดท้าย) แล้วจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมเครื่องปรุงรสได้แก่ ซีอิ๊วขาว เกลือ และพริกไทย ปริมาณร้อยละ 0.98 0.39 และ 0.06 ของโจ๊กข้าว ตามลำดับ

รูปที่ 3.3 การผลิตโจ๊กข้าวผสมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือยโดยวิธีดั้งเดิม



รูปที่ 3.4 แผนผังกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยวิธีดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยโดยวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง

3.2.2.1 การเตรียมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

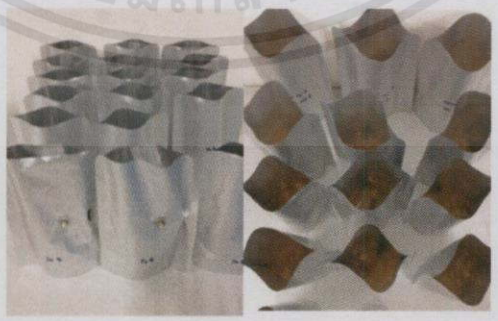
ต้มถั่วและลูกเดือยจากการทดลองที่ 1 ในหม้ออัดความดัน (ความดันเกจไม่เกิน 80 kPa) ด้วยระยะเวลาดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำถั่วทั้ง 5 ชนิด และลูกเดือยที่สภาวะต่างกันผสมกับโจ๊กข้าวซึ่งต้ม 1 ชั่วโมง ซึ่งเตรียมจากข้อ 3.2.2.2 บรรจุในรีทอร์ทเพาช์แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ที่อุณหภูมิ 122 °ซ เป็นเวลา 44 นาที จากนั้นเปรียบเทียบค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยจากทั้ง 2 สภาวะกับถั่วและลูกเดือยในโจ๊กข้าวที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิมจากการทดลองที่ 3.2.1.2 และเลือกเวลาในการต้มถั่วและลูกเดือย ที่ให้ค่าความแข็งใกล้เคียงกับถั่วและลูกเดือยในโจ๊กข้าวที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม เพื่อไปใช้ในการทดลองที่ 3.2.3

3.2.2.2 การเตรียมโจ๊กข้าว

ต้มข้าวกล้องหอมมะลิ น้ำ และน้ำซุปผัก ผสมกันในอัตราส่วน 1.0 : 7.3 : 7.5 เป็นระยะเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมงจากนั้นผสมเครื่องปรุงรส ได้แก่ ซีอิ๊วขาว เกลือ และพริกไทย ปริมาณร้อยละ 0.98 0.39 และ 0.06 ของโจ๊กข้าว ตามลำดับ บรรจุโจ๊กข้าวในรีทอร์ทเพาช์ และนำไปฆ่าเชื้อในสภาวะเดียวกับการทดลอง 3.2.2.1 เปรียบเทียบค่าความหนืดและค่าสีของโจ๊กข้าวหลังการฆ่าเชื้อกับโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมจากการทดลองที่ 3.2.1.2 เพื่อเลือกสภาวะการต้มที่ทำให้โจ๊กข้าวหลังฆ่าเชื้อมีค่าความหนืดและค่าสีใกล้เคียงกับโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิม

3.2.2.3 การบรรจุโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยในรีทอร์ทเพาช์

บรรจุถั่วและลูกเดือย (รูปที่ 3.5) จากการทดลองที่ 3.2.2.1 และโจ๊กข้าวจากการทดลองที่ 3.2.2.2 ในอัตราส่วนเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.2 ในรีทอร์ทเพาช์ชนิดถุงตั้งได้ขนาด 130x170x30 มิลลิเมตร ปริมาณรวม 200 ± 2 กรัมต่อถุง จากนั้นปิดผนึกสนิทด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (รูปที่ 3.6) จากนั้นนำไปทดลองกระบวนการฆ่าเชื้อต่อไป



รูปที่ 3.5 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ชนิดถุงตั้งได้ ขนาด 130 x 170 x 30 มิลลิเมตร

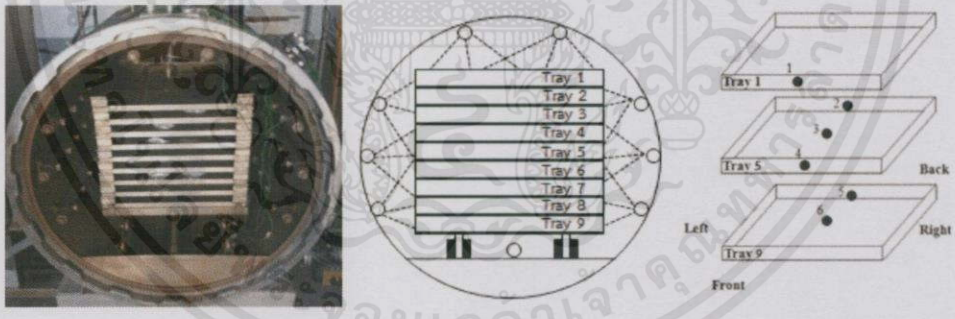
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 การปิดผนึกสนิทด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ

3.2.3 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง

3.2.3.1 การทดสอบการกระจายอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อ (Temperature Distribution Test)

นำรีทอร์ทเพาช์ (บรรจุน้ำ) จัดวางบนถาดในหม้อฆ่าเชื้อ 6x4 ถุงต่อถาด จำนวน 9 ถาดและจากนั้นติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล (ชนิด K) ที่ตำแหน่งต่างๆในหม้อฆ่าเชื้อตามรูปที่ 3.7 เพื่อวัดอุณหภูมิในระหว่างการฆ่าเชื้อภายในหม้อฆ่าเชื้อ จากนั้นวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ร้อนช้าสุด เพื่อใช้เป็นตำแหน่งในวัดอุณหภูมิสำหรับหาค่า F_0 ต่อไป



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการทดสอบการกระจายอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์

3.2.3.2 การกำหนดระดับการฆ่าเชื้อ (ค่า F_0)

โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมดังข้อ 3.2.2 ฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 122 °ซ โดยกำหนดค่า F_0 ประมาณ 4 6 และ 8 นาที ค่า F_0 ที่ได้จากการทดลองคำนวณจากอุณหภูมิของอาหารที่เวลาใดๆ โดยใช้วิธีการทั่วไป (General method) และสร้างกราฟระหว่าง Lethal rate ซึ่งหาได้จากสมการที่ 2.1 กับเวลา (Lethal rate curve) ดังรูปที่ 2.17 พื้นที่ใต้กราฟเป็นค่า F_0 (Lethality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของอาหาร จุดกึ่งกลางรีทอร์ทเพาช์ ดังรูปที่ 3.9 โดยปลายโพรบวัดอุณหภูมิจะเสียบกับถั่วแดงเพราะมีขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุดเทียบกับถั่วชนิดอื่น ซึ่งวางไว้ตำแหน่งที่ร้อนช้าที่สุดจากการทดลอง 3.2.3.1 ตัวอย่างหลังการฆ่าเชื้อถูกส่งตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ Total plate count (TPC) และ Thermophilic anaerobic bacteria เพื่อเลือก F_0 ต่ำสุดจากตัวอย่างที่ไม่พบทั้ง TPC และ Thermophilic anaerobic bacteria (FDA, 2013) โดยการทดลองเป็นไปตามแผนภาพในรูปที่ 3.9

3.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ

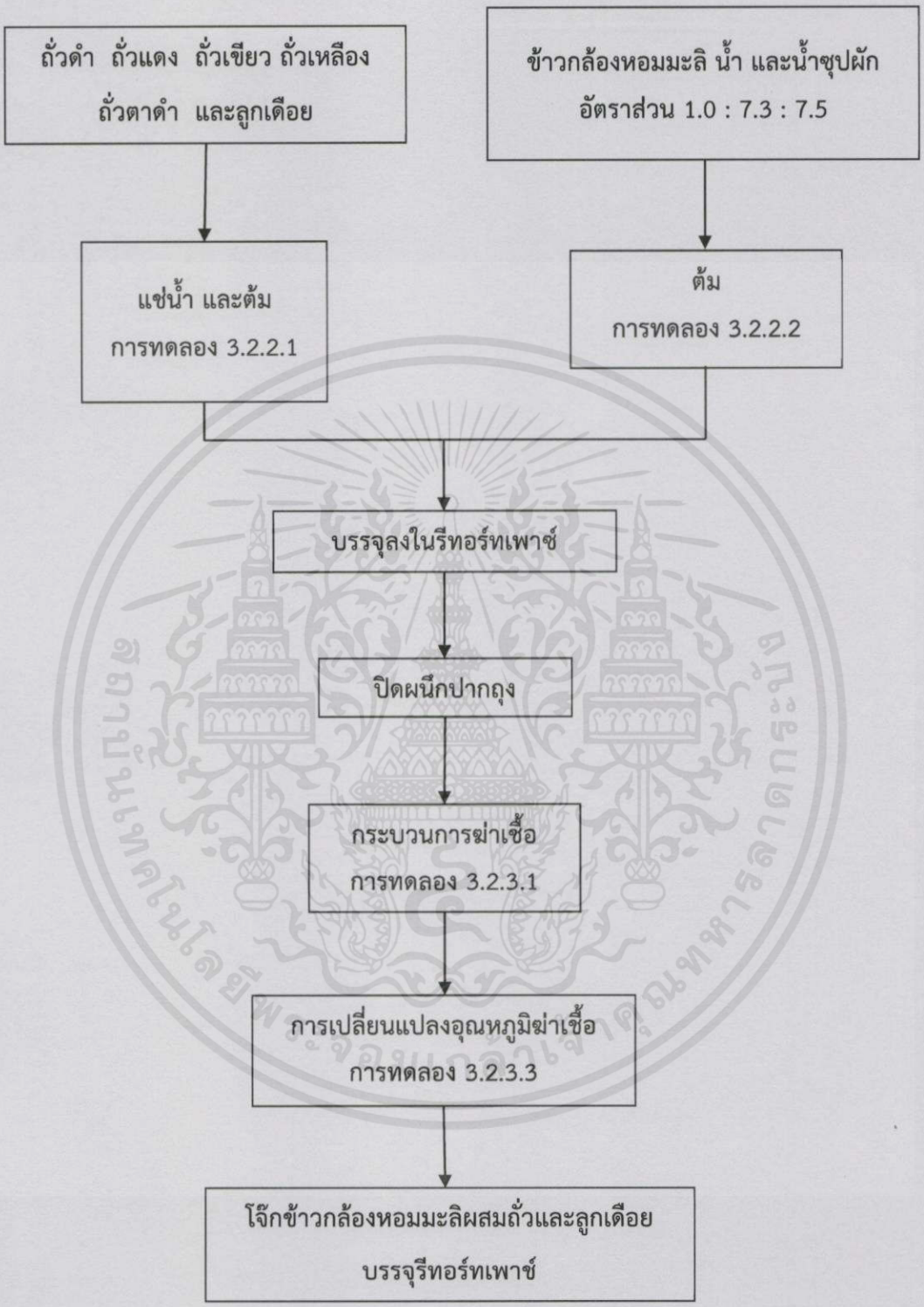
โจ๊กข้าวผสมถั่วเตรียมดังข้อ 3.2.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ กำหนดค่า F_0 คงที่ซึ่งได้จากการทดลอง 3.2.3.2 เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวผสมถั่ว ได้แก่ สี ความหนืด และความแข็งของเมล็ดถั่วและลูกเดือย

รูปที่ 3.8 จุดร้อนช้าซึ่งอยู่กึ่งกลางรีทอร์ทเพาช์และปลายโพรบวัดอุณหภูมิจะเสียบกับถั่วแดง

3.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ

โจ๊กข้าวผสมถั่วเตรียมดังข้อ 3.2.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ กำหนดค่า F_0 คงที่ซึ่งได้จากการทดลอง 3.2.3.2 เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการ ฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวผสมถั่ว ได้แก่ สี ความหนืด และความแข็งของเมล็ดถั่วและลูกเดือย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แผนผังการทดลองการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่ว และลูกเดือยโดยวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง

3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3.3.1 การวัดค่าสี

แยกถั่วออกจากโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย จากนั้นบดข้าวผ่านตะแกรงกรอง บรรจุลงในถ้วยแก้วทรงกระบอก และวัดค่าสีด้วย Colorimeter (Juki Instrument, model JC801, Japan) ก่อนวัดค่าต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่องด้วยแผ่นมาตรฐานสีดำและแผ่นแป้งสีขาว ตั้งค่าความสว่างแสง D65 และมุมมาตรฐาน 10° (Jang และ Lee, 2012) บันทึกค่าสีระบบ CIE ในเทอมของ L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง

รูปที่ 3.10 เครื่อง Colorimeter

3.3.2 การวัดค่าความหนืด

เตรียมตัวอย่างโดยการแยกถั่วออกจากโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย ซึ่งปริมาณโจ๊กข้าวที่ใช้วัดความหนืดต่อครั้งคือ 500 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 25 ± 1 °ซ และวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (Brookfield Engineering Laboratories, LVDV-II + Pro) หัววัด LV-3 ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 เครื่อง Brookfield Viscometer

3.3.3 การวัดค่าความแข็ง

ค่าความแข็งของถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย วัดได้โดยการทดสอบแรงกดสูงสุด ด้วยเครื่อง TA.XT plus texture analyzer (Stable Micro system Ltd., Surry UK) ด้วยวิธีการกด (Compression test) ใช้หัววัดชนิดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. ระยะระหว่างหัววัดกับฐาน 10 มม. ระยะทางที่หัววัดกดตัวอย่าง 90% strain ความเร็วก่อนวัด 1 มม./วินาที ขณะวัด 1 มม./วินาที และหลังวัด 10 มม./วินาที ชักตัวอย่างถั่วแต่ละชนิดและลูกเดือยจากโจ๊กข้าวกล้องผสมถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือยที่อุณหภูมิ 25 °ซ จากนั้นวางตัวอย่างลงตรงกลางฐานกด จัดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 3.14 ทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วกดหัววัดลง ค่าที่อ่านได้เป็นค่าที่ความแข็งของถั่วแต่ละชนิดจากค่าแรงกดสูงสุด หน่วยเป็นนิวตัน (N) บันทึกค่าด้วยซอร์ฟแวร์ Exponent 32 วัดค่าตัวอย่างละ 5 ครั้ง

รูปที่ 3.12 เครื่อง TA.XT plus texture analyzer

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

คุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวผสมถั่ว 5ชนิดและลูกเดือย ที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถวัดผลความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์แบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS (Ver. 20)

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการอาหาร สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ชั้น 3 โรงอาหารที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการทางกายภาพและเคมีอาหาร 310 อาคาร 12 ชั้น สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศูนย์ปฏิบัติการเครื่องจักรผลิตอาหาร สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ

4.1.1 การศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

ร้อยละของปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นของถั่วแต่ละชนิดระหว่างการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 พบว่า น้ำหนักของถั่วดำและถั่วแดงเริ่มคงที่ที่เวลา 2 ชั่วโมง น้ำหนักถั่วตาดำเริ่มคงที่ที่เวลา 3 ชั่วโมง แต่น้ำหนักลูกเดือยคงที่ที่เวลา 5 ชั่วโมง ส่วนถั่วเขียวและถั่วเหลือง น้ำหนักคงที่ที่เวลา 6 ชั่วโมง โดยหลังการแช่น้ำพบว่าเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเช่น การพองโตจากสภาพเริ่มต้นเมล็ดจะแข็งเนื่องจากภายในเมล็ดมีความชื้นต่ำมากเมื่อเมล็ดได้รับน้ำเข้าไปโดยผ่านช่องเปิดธรรมชาติที่มีอยู่ เช่นขั้วเมล็ดหรือบาดแผลที่เกิดขึ้นที่บริเวณเปลือกเมล็ดจะทำให้เมล็ดขยายขนาดใหญ่ขึ้นและสิ่งห่อหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่มลง (จารุวรรณ, 2551) และพบการเจริญของรากออกมาจากเมล็ดถั่วเขียวหลังชั่วโมงที่ 6 ดังนั้นระยะเวลาการแช่น้ำในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการฆ่าเชื้อของ ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วตาดำ ลูกเดือย ถั่วเขียวและถั่วเหลือง คือ 2 2 3 5 6 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อนำไปต้มในขั้นตอนต่อไปของการเตรียม

4.1.2 การศึกษาระยะเวลาในการต้มถั่ว 5 ชนิด และลูกเดือย

4.1.2.1 ความแข็ง

เมื่อนำถั่วทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วตาดำ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และลูกเดือย ที่แช่น้ำตามเวลาที่ได้จากการทดลอง 4.1.1 ไปต้มที่สภาวะการต้มถั่วแบบวิธีดั้งเดิม และแบบลดระยะเวลา ดังตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยหลังจากนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ 122 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 44 นาที เปรียบเทียบกับถั่วในโจ๊กข้าวผสมถั่ว และลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม (ตารางที่ 4.1) แสดงให้เห็นว่า ที่สภาวะที่ 1 การต้มถั่วแบบวิธีดั้งเดิม ค่าความแข็งของถั่วทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) กับถั่วที่อยู่ในโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม แต่พบว่าค่าความแข็งของลูกเดือยน้อยกว่าลูกเดือยในโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) ส่วนผลการทดลองจากการต้มถั่วและลูกเดือยในสภาวะที่ 2 พบว่า ค่าความแข็งของถั่วเขียวและถั่วดำมากกว่าถั่วเขียวและถั่วดำจากโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) จากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการต้มที่เหมาะสมของ ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วตาดำ ถั่วเหลือง และลูกเดือย คือ 15 15 30 20 20 และ 20 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาระยะเวลาในการต้มโจ๊กข้าว

4.1.3.1 ค่าสี

หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อของโจ๊กข้าวซึ่งเตรียมโดยการต้มเป็นระยะเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมงในหม้ออัดความดัน รูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงสีของโจ๊กข้าว หลังจากการกรองเพื่อเตรียมวัดค่าสี ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.2 จากค่าสีที่วัดได้ พบว่า ค่าความสว่าง L^* ของโจ๊กข้าวซึ่งต้มระยะเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง เท่ากับ 43.94 41.67 และ 41.36 ตามลำดับ โดยค่า L^* ของโจ๊กข้าวซึ่งเตรียมโดยการต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมงมากกว่า โจ๊กข้าวซึ่งเตรียมโดยการต้มเป็นเวลา 1.5 และ 2 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ (σ = 0.05) เนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลให้ระดับความเข้มของสีเพิ่มขึ้น (Jha และคณะ, 2011)

4.1.3.2 ความหนืด

จากการทดลองหาค่าความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิมพบว่ามีค่า n เท่ากับ 0.4695 เป็นของไหลประเภทนอนนิวโตเนียน พฤติกรรมการไหลแสดงดังรูปที่ 4.4 โดยจะพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ความหนืดของของไหลลดลงซึ่งเป็นพฤติกรรมการไหลแบบชูโดพลาสติก (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556) เมื่อทำการวัดความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม เปรียบเทียบกับโจ๊กข้าวที่ให้ความร้อนที่สภาวะ 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปฆ่าเชื้อ พบว่าการเพิ่มเวลาในการต้มโจ๊กข้าวก่อนการฆ่าเชื้อ ทำให้ความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยหลังการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่ข้าวได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานานๆ เกิดการดูดน้ำเก็บไว้ภายใน จึงทำให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่หากข้าวได้รับความร้อนที่สูงเกินไปก็จะทำให้โครงร่างอะไมโลเพกตินเกิดการสลายตัว ส่งผลให้ความหนืดมีค่าลดลง(พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556) โดยการเตรียมโจ๊กข้าวด้วยการต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อมีความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิมดังนั้นจึงทำการเลือกโจ๊กข้าวที่ต้มที่สภาวะ 1 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ

4.2 การศึกษาระดับการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

4.2.1 การศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์

จากการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ เพื่อหาจุดร้อนช้าภายในหม้อฆ่าเชื้อ โดยทำการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ พบว่าจุดด้านหลังสุดของถาดที่ 5 หรือตำแหน่งที่ 2 รูปที่ 3.7 เป็นจุดร้อนช้าที่สุด เนื่องจากบริเวณจุดดังกล่าวอยู่ด้านท้ายของหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจมีการถ่ายเทความร้อนได้ช้ากว่าจุดอื่นๆภายในหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่ว และลูกเดือย

ค่า F_0 ที่คำนวณได้จากการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 °ซ ด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน เท่ากับ 4.02 6.66 และ 8.50 นาที จากผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ระบุว่าไม่พบทั้ง Total plate count (TPC) และ Thermophilic anaerobic bacteria ในตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยระดับการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับข้างต้น ดังนั้น จึงเลือกใช้ระดับการฆ่าเชื้อที่ต่ำที่สุด ในที่นี้คือ ระดับการฆ่าเชื้อ เท่ากับ 4.02 นาที เพื่อทำการทดลองผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ

4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ

อุณหภูมิฆ่าเชื้อจากการทดลอง 4.2.2 ที่ 122 °ซ สำหรับระดับการฆ่าเชื้อเท่ากับ 4.02 นาที ถูกลดลงมาที่อุณหภูมิ 110 และ 116 °ซ โดยคำนวณจากสมการที่ 2.15 ที่ระดับการฆ่าเชื้อเท่าเดิม คือ 4.02 นาที ได้เวลาการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.3 หลังกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพ

4.3.1 ความแข็ง

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแข็งของถั่วทั้ง 5 ชนิดและลูกเดือย หลังทำการเตรียมก่อนการฆ่าเชื้อตามสภาวะที่ได้จากผลการทดลองที่ 3.1 และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ (ค่า F เท่ากับ 4.02 นาที) พบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อจาก 122 °ซ เป็น 116 และ 110 °ซ ถั่วและลูกเดือยมีค่าความแข็งลดลง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดค่าความแข็งมากกว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น และพบว่าถั่วในโจ๊กที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมแตกต่างกับถั่วและลูกเดือยในโจ๊กที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 °ซ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05)

4.3.2 ค่าสี

โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ (รูปที่ 4.5 และ 4.6) กำหนดค่า F 4.02 นาที วัดค่าสีดังแสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าการลดลงของอุณหภูมิฆ่าเชื้อจาก 122 °ซ เป็น 116 และ 110 °ซ มีผลให้ค่าความสว่าง L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) เป็น 47.79 45.75 และ 44.20 ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาที่ได้รับความร้อนนานขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียสารให้สี เช่น คลอโรฟิลล์ในถั่วเขียว แอนโธไซยานินในถั่วแดงและถั่วดำ โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานของ Sreenath et al. (2009) ที่ทำการศึกษาคุณภาพที่เปลี่ยนไปของปลาลังในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องและพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้น อันเป็นผลมาจากอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่สูงขึ้นทำให้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้นลง ส่งผลให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลบนเนื้อปลาลดลง และพบว่าเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุในเนื้อปลาด้วย ด้วยเหตุนี้โจ๊กข้าวผสมถั่วที่ 110 °ซ จึงมีสีเข้มที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 116 และ 122 °ซ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อลดลง พบว่าค่าความเป็นสีแดง a^* คือ 9.21 8.68 และ 9.01 ตามลำดับและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

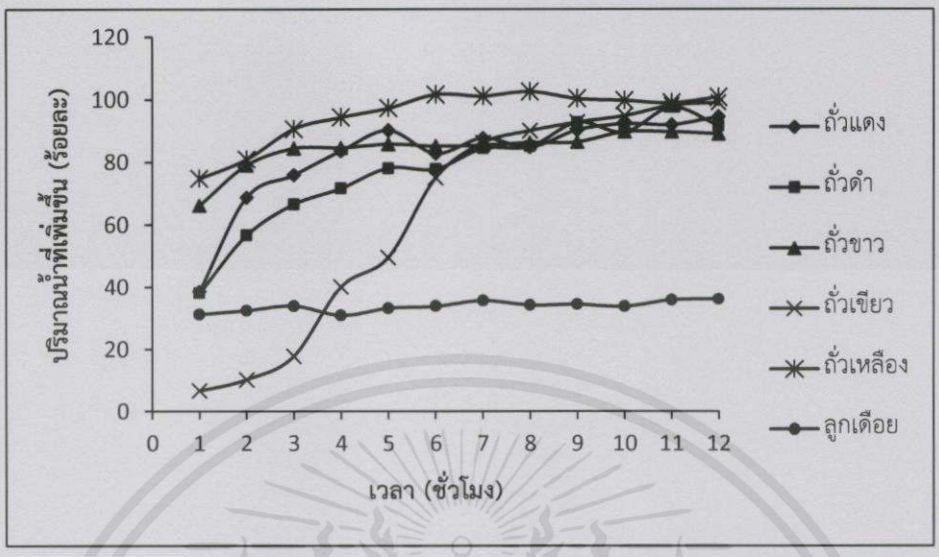
(σ = 0.05) ขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง b^* มีค่าต่ำสุด 7.26 ที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 110 °ซ และจากผลการทดลองดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม ซึ่งมีค่า L^* 44.19 a^* 13.08 และ b^* 6.43 พบว่าโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 °ซ ค่าสีใกล้เคียงที่สุดเมื่อเทียบกับโจ๊กข้าวผสมถั่วที่ 116 และ 122 °ซ จึงเลือกสภาวะดังกล่าวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไปแม้ว่าจะมีสีเข้มที่สุดก็ตาม

4.3.3 ความหนืด

ค่าความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่ว และลูกเดือยหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ (ค่า F เท่ากับ 4.02 นาที) ดังตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าค่าความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 และ 116 °ซ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) แต่แตกต่างจากโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม และโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่ฆ่าเชื้อที่ 122 °ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05) จากการศึกษาพบว่าแนวโน้มการลดลงของความหนืดเมื่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยได้รับความร้อนในช่วงแรกจะเกิดการพองตัวทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ต่อมาได้รับความร้อนทำให้พันธะถูกทำลายส่งผลให้ความหนืดลดลง ดังนั้นจึงพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 และ 110 °ซ ซึ่งใช้ระยะเวลาที่นานกว่าที่อุณหภูมิ 122 °ซ (ค่า F เท่ากับ 4.02 นาที) ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ ที่ระดับการฆ่าเชื้อเท่ากับ 4.02 นาที พบว่าค่าความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่ว และลูกเดือยที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 110 และ 116 °ซ มีค่าใกล้เคียงกับโจ๊กข้าวผสมถั่ว และลูกเดือยที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมที่สุด แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีและค่าความแข็งพบว่าที่อุณหภูมิค่าเชื้อ 110 °ซ มีค่าใกล้เคียงกับโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมที่สุด ดังนั้นจึงทำการเลือกฆ่าเชื้อโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่อุณหภูมิ 110 °ซ เพื่อให้ได้ลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิม ดังนั้นสามารถออกแบบกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำกับร้อยละของปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นของถั่ว 5 ชนิดและลูกเดือย

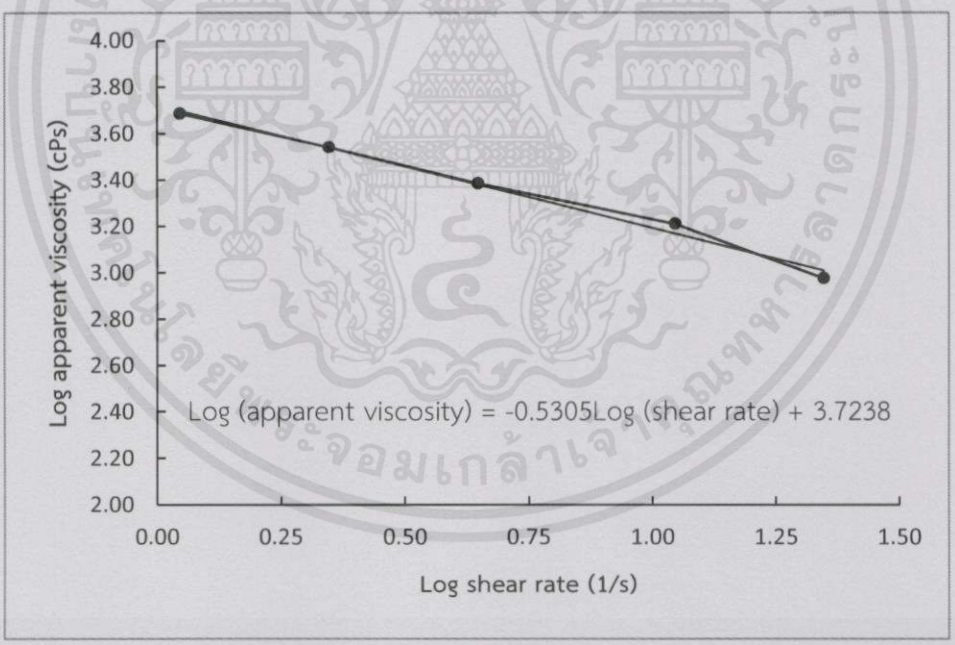
1 ชั่วโมง 1.5 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง

รูปที่ 4.2 โจ๊กข้าวที่เตรียมโดยการต้มที่เวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

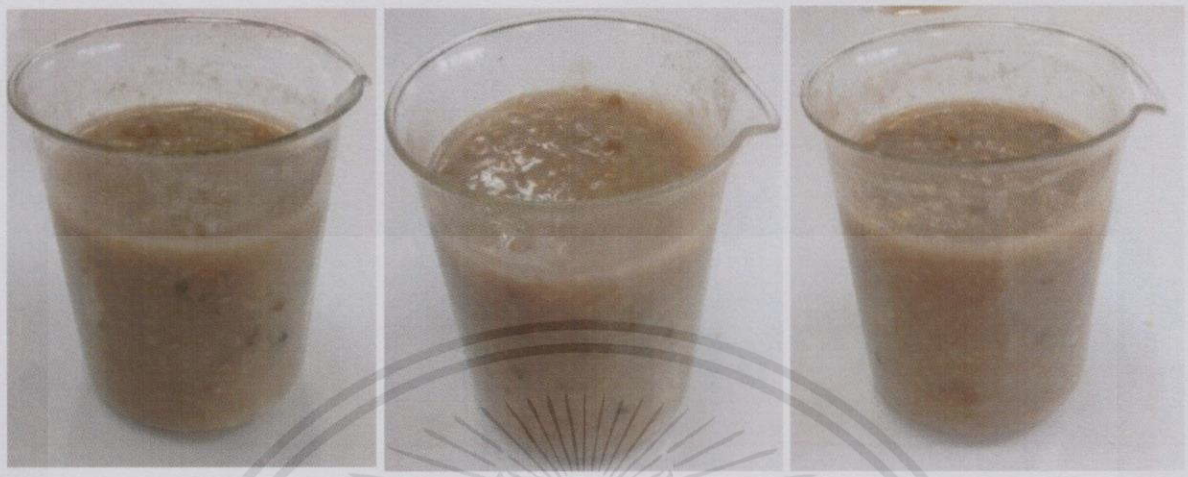
1 ชั่วโมง 1.5 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง

รูปที่ 4.3 โจ๊กข้าวที่เตรียมโดยการต้มที่เวลา1 1.5 และ 2 ชั่วโมง หลังการกรองเพื่อเตรียมวัดค่าสี



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Log (appearent viscosity) กับ Log (shear rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



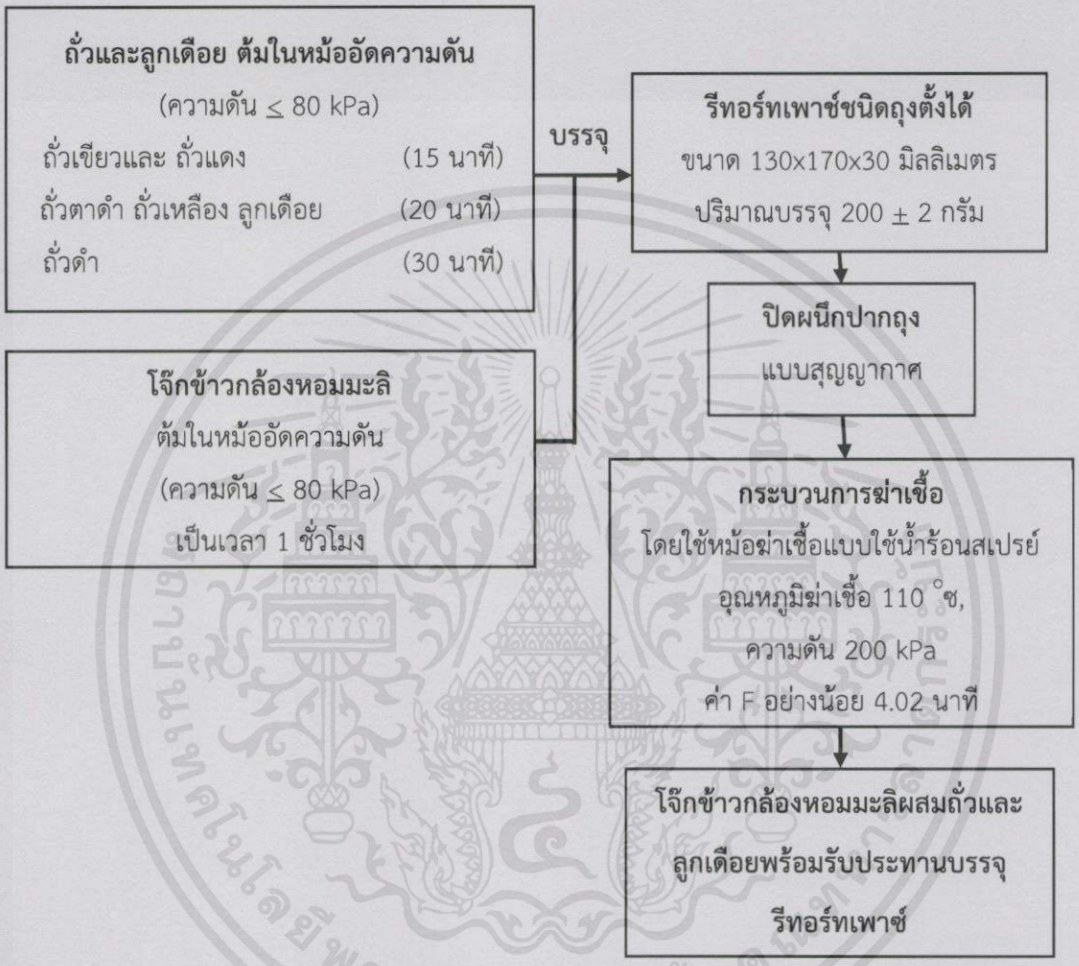
110 °ซ 116 °ซ 122 °ซ

รูปที่ 4.5 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ

110 °ซ 116 °ซ 122 °ซ

รูปที่ 4.6 โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 °ซ หลังการกรองเพื่อเตรียมวัดค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แผนผังกระบวนการผลิตโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งของถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วตาดำ ถั่วดำและลูกเดือยสภาวะที่ 1 2 และวิธีดั้งเดิม

โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย	ค่าความแข็ง (นิวตัน)					
	ถั่วแดง	ถั่วเขียว	ถั่วเหลือง	ถั่วตาดำ	ถั่วดำ	ลูกเดือย
วิธีดั้งเดิม	103.37±14.59[a]	26.11±11.22[b]	49.65±8.85[a]	45.37±5.63[a]	96.90±15.41[b]	36.56±4.81[a]
สภาวะที่ 1[ก]	113.80±11.92[a]	23.07±4.27[b]	35.89±5.00[a]	58.11±8.90[a]	92.57±13.39[b]	20.07±4.78[b]
สภาวะที่ 2[ข]	120.86±23.09[a]	36.70±4.03[a]	47.36±15.70[a]	58.86±18.78[a]	114.41±7.60[a]	32.16±8.93[a]

[a, b, c,...] หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05)

[ก] หมายถึง การต้มถั่วที่ระยะเวลาเดียวกันกับวิธีการดั้งเดิมแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์

[ข] หมายถึง การต้มถั่วโดยการลดระยะเวลาลงจากวิธีการดั้งเดิมแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นสีและความหนืดของโจ๊กข้าวหลังกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	L^*	a^*	b^*	ความหนืด(เซนติพอยส์)
วิธีดั้งเดิม	44.19±0.17[a]	13.08±0.19[a]	6.43±0.05[d]	3245.67±31.53[c]
1	43.94±0.49[a]	11.59±0.23[b]	7.62±0.21[b]	3369.00±55.02[bc]
1.5	41.67±0.40[b]	10.55±0.09[c]	6.98±0.29[c]	3658.67±49.09[b]
2	41.36±0.35[b]	11.53±0.12[b]	9.69±0.20[a]	4061.67±288.02[a]

[a, b, c,...] หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05)

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อที่ระดับการฆ่าเชื้อต่างๆ

F_0 (นาที)	Thermophilic anaerobic bacteria (55 °ซ)	Total plate count (37 °ซ)
4.02	ไม่พบ	ไม่พบ
6.66	ไม่พบ	ไม่พบ
8.50	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาในการให้ความร้อน และระดับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 116 และ122 °ซ

อุณหภูมิ (°ซ)	ระยะเวลาในการให้ความร้อน(นาที)
122	27
116	40
110	83

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งของถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วตาดำ ถั่วดำและลูกเดือยที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)					
	ถั่วแดง	ถั่วเขียว	ถั่วเหลือง	ถั่วตาดำ	ถั่วดำ	ลูกเดือย
วิธีดั้งเดิม	103.37±14.59^{b}	26.11±11.22^{a}	49.65±8.85^{ab}	45.37±5.63^{b}	96.90±15.41^{ab}	36.56±4.81^{ab}
122 °ซ	146.87±48.55^{a}	27.17±3.67^{a}	52.24±8.17^{a}	58.83±10.60^{a}	107.15±27.69^{a}	48.20±14.91^{a}
116 °ซ	112.95±13.85^{b}	25.24±5.01^{a}	34.02±15.05^{c}	50.817.47^{ab}	85.94±20.59^{ab}	42.53±11.76^{ab}
110 °ซ	107.36±22.69^{b}	22.45±5.72^{a}	39.65±9.52^{bc}	42.91±8.80^{b}	81.03±17.25^{b}	30.69±9.39^{b}

$^{a, b, c,...}$หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05)

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นสีและความหนืดของโจ๊กข้าวที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	L*	a*	b*	ความหนืด (เซนติพอยส์)
วิธีดั้งเดิม	44.19±0.17^{c}	13.08±0.24^{a}	6.43±0.07^{c}	3245.67±31.53^{b}
122	47.79±0.44^{a}	9.21±0.15^{b}	7.54±0.13^{ab}	2272.33±9.09^{c}
116	45.75±0.35^{b}	8.68±0.78^{b}	8.04±0.19^{a}	3430.00±120.68^{a}
110	44.20±0.37^{c}	9.02±0.06^{b}	7.26±0.88^{b}	3564.00±31.53^{a}

$^{a, b, c,...}$หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (σ = 0.05)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 หัวข้อ คือ การศึกษาขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบของกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ การศึกษาการกำหนดระดับการฆ่าเชื้อของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ และคุณสมบัติทางกายภาพ (สี ความหนืดและค่าความแข็งของถั่ว) ของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ให้ผลดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบของกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ประกอบด้วย 1) ถั่วและลูกเดือย เตรียมโดยการแช่น้ำ ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วตาดำ ลูกเดือย ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นเวลา 2 2 3 5 6 และ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต้มในหม้ออัดความดัน (ความดันเกจไม่เกิน 80 kPa) เป็นเวลา 15 15 30 20 20 และ 20 นาทีตามลำดับ และ 2) โจ๊กข้าว เตรียมโดยต้มในหม้ออัดความดัน (ความดันเกจไม่เกิน 80 kPa) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. ระดับการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเชิงการค้าที่เลือกสำหรับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ขนาด 130 x 170 x 30 มิลลิเมตร (200 $\pm$ 2 กรัม) คือ 4.02 นาที เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการไม่พบทั้ง Total plate count (TPC) และ Thermophilic anaerobic bacteria

3. ที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที เมื่อทำการลดอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ทำให้ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าสีและค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม พบว่าการฆ่าเชื้อโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 110 °ซ (ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที) โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นมีผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการฆ่าเชื้อ ดังนั้นควรมีการควบคุมสภาวะในกระบวนการก่อนการฆ่าเชื้อ เช่น มีการป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมระหว่างเตรียมและจัดสถานที่ในการผลิตที่เหมาะสม อุณหภูมิต่ำเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

5.2.2 งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบซึ่งเตรียมโดยวิธีดั้งเดิม โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพเป็นหลัก ดังนั้นจึงควรประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยร่วมด้วย

5.2.3 ในการผลิตผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ในเชิงพาณิชย์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบภาชนะบรรจุหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ เนื่องจากอาจจะเกิดการฉีกขาดของรอยตะเข็บของถุงฆ่าเชื้อ ในระหว่างกระบวนการผลิตและให้ความร้อน และควบคุมเครื่องจักรในการฆ่าเชื้อโดยผู้ที่มีความชำนาญเท่านั้น เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงานและเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

5.2.4 ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อลดอุณหภูมิการฆ่าเชื้อลง ซึ่งมีผลให้ระยะเวลาฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ ดังนั้น การเพิ่มอุณหภูมิและลดระยะเวลาการฆ่าเชื้อจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเรื่องของสี และเนื่องจากรงควัตถุในถั่วมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงควรพัฒนากระบวนการเพื่อลดการสูญเสียรงควัตถุเหล่านั้นจากการให้ความร้อนเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมอนามัย. 2553. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://nutrition.anamai.moph.go.th. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 19 มีนาคม 2557).

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีแป้ง**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์, กรรณิการ์ สุรรักษ์ดิสัย และศิริพร บุญจะกุล. 2553. **ผลของระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อน้ำพริกกะปิบรรจุกระป๋อง**. รายงานวิจัย. หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

งามชื่น คงเสรี. 2538. **การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารเพื่อการบริโภคและส่งออก**. เอกสารการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าว. ปทุมธานี : ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.

จารนัย พาณิชยกุล. 2537. **สตาร์ชและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทำให้แป้งสุก**. วารสารจาร์พา. 11 : หน้า 22-24.

จารุวรรณ บัวทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. **การดูดซึมน้ำในช่วงการงอกของเมล็ด**. 2551. สาขาเทคโนโลยีการเกษตรวิชาเอกพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ดนุพล จิรวรรณพันธุ์. 2549. **ห่อหมกปลาช่อนพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว**. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตย์ ศกุนรักษ์. 2541. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 21-78

พรพรรณ ชิวารักษ์, นฤมล วิลัยกรวจ และสุภเวท มานิยม. 2550. **กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเนื้อจระเข้ตุ๋นบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์**. รายงานวิจัย. สาขาวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เกียรติคุณ รัตนาปนนท์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. **Color.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2310/color. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 18 มีนาคม 2557)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เกียรติคุณ รัตนาปนนท์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. **Thermal Properties.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetwork solution.com /wiki/word/0989/ thermal-properties. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 18 มีนาคม 2557)

วันดี กฤษณพันธุ์. 2535. **สมุนไพรสารพัดประโยชน์**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วารุณี วรัญญานนท์ และวราวุฒิ ครูส่ง. 2547. **หลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน**. กรุงเทพฯ ภรณ์ภัทรสิน : หน้า 2-213.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาริตา มหศักดิ์สุนทร, สุชาดา มุกดา, จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์ และ วรพจน์ สุนทรสุข. 2549. **การขยายอายุการเก็บหมูยอโดยการใช้รีทอร์ทเพาช์**. รายงานวิจัย. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azadbakht, M., Khoshtaghaza, M.H., Ghobadian, B. and Minaei, S. 2013. **Thermal Properties of Soybean Pod as a Function of Moisture Content and Temperature**. American Journal of Food Science and Technology. 1(2) : 9-13.

Byun, Y., Hong, S.I., Mangalassary, S., Bae, H.J., Cooksey, K., Park, H.J., and Whiteside, S. 2010. **The Performance of Organic and Inorganic Coated Retort Pouch Materials on the Shelf Life of Ready-to-Eat Rice Products**. LWT - Food Science and Technology. 862-866.

CFR - Code of Federal Regulations Title 21. 2013. **FDA U.S. Food and Drug Administration**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2557)

Fellows, P.J. 1990. **Food Processing Technology**. Great Britain : Ellis Horwood Limited.

Ghannam, N.A. 1998. **Interpretation of the Force Deformation Curves of Soaked Red Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris L.*)**. International Journal of Food Science and Technology. 33(6) : 509-515.

Gopinath, S.P. 2007. **Standardization of Process Parameters for Ready-to-Eat Fish Product in Indigenous Polymer Coated Tin-Free Steel Cans**. Degree of Doctor of Philosophy, Faculty of Marine Sciences, Cochin University of Science and Technology. Cochin.

Heldman, D.R. 2011. **Food Preservation Process Design**. Burlington : Elsevier.

Heldman, D.R. and Lund, D.B. 1992. **Thermal Properties of Food**. Handbook of Food Engineering. 1st ed. New York : Marcel Dekker.

Holdsworth, D. and Simpson, R. 2008. **Thermal Processing of Packaged Foods**. 2nd ed. New York : Springer.

Jang, D.H. and Lee, K.T. 2012. **Quality Changes of Ready-to-Eat Ginseng Chicken Porridge During Storage at 25 °C**. Meat science. 92(4) : 469-473.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jha, A., Murli, Patel, A.A., Gopal, T.K.S. and Ravishankar, C.N. 2011. **Development of Process for Manufacture of Long-Life Dairy Dessert Kheer and Its Physico chemical Properties**. International Journal of Dairy Technology. 64(4) : 591-597.

Jha, A., Murli, Patel, A.A., Gopal, T.K.S. and Ravishankar, C.N. 2012. **Development of Process for Shelf Stable Dairy Dessert Dalia and Its Physico-Chemical Properties**. International Journal of Food Science and Technology. 49(1) : 80-88.

Juliano, B.O. 1993. **Grain Structure Composition and Consumer Criteria for Quality of Rice in Human Nutrition**. FAO Food and Nutrition Series.

Leach, H.W., and Schoch, T.J. 1962. **Structure of the Starch Granule**. Cereal Chemistry. 36(1) : 318-327.

Legrand, A., Leuliet, J.C., Duquesne, S., Kesteloot, R., Winterton, P. and Fillaudeau, L. 2007. **Physical, Mechanical, Thermal and Electrical Properties of Cooked Red Bean (*Phaseolus vulgaris L.*) for Continuous Ohmic Heating Process**. Journal of Food Engineering. 81 (1) : 447–458.

Mahapatra, A.k., Melton, S.L. and Isang, E.M. 2013. **Effect of Moisture Content on Thermal Properties of Cowpea Flours**. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 15(2) : 251- 255.

Manohar, R.S., Manohar, B. and Rao, P.H. 1998. **Rheological Characterization of Wheat Porridge (*cooked dalia*), a Semi-Liquid Breakfast Food**. Journal of Cereal Science. 27(1) : 103-108.

Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Gopal, T.K.S. and Bindu, J. 2008. **Thermal Processing of Prawn Kuruma in Retortable Pouches and Aluminium Cans**. International Journal of Food Science and Technology. 43(2) : 200-207.

Nagano, H., Abe, J. and Hizukuri, S.J. 1985. **Structure of Starch**. Applied Biochemistry. 7 : 235.

Pan, Z. and Tangratanavalee, W. 2003. **Characteristics of Soy Beans as Affected by Soaking Conditions. Lebensmittel-Wissenschaft and Technology**. 36 (1) : 143–151.

Rao, M.A., Okectukwu, P.E., Silva, P.M.S. and Oliveira, J.C. 1997. **Carbohydrate Polymers**. 33(1) : 273-283.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ravikanth, L., Jayas, D.S., Alagusundaram, K. and Chelladurai, V. 2012. **Measurement of Thermal Properties of Mung Bean (*Vigna radiate*)**. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 55(6) : 2245-2250.

Sanders, J.P.M. 1996. **Starch Manufacturing in the World**. Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Bangkok : AIT Center.

Santos, B.D., Vianello, S.R.P., Fernandes, K.F. and Bassinello, P.Z., 2013. **Hardness of Carioca Beans (*Phaseolus vulgaris L.*) as Affected by Cooking Methods**. LWT-Food Science and Technology. 54 : 13-17.

Sreenath, P.G., Abhilash, S., Ravishankar, C.N., Anandan, R. and Gopal, T.K.S. 2009. **Heat Penetration Characteristics and Quality Changes of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) Canned in Brine and Different Retort Temperature**. Journal of Food Process Engineering. 32(6) : 893-915.

Swinkels, J.J.M. 1985. **Source of Starch, its Chemistry and Physics in Starch Conversion Technology**. Edited by G.M.A. Van Beynum and J.A. Roels. New York : Marcel Dekker, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง

ก.1 วิธีการวัดสี

ก.2 วิธีการวัดความหนืด

ก.3 วิธีการวัดค่าความแข็ง

ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบ

ข.1 การวัดค่าสี

ข.2 การวัดความหนืด

ข.3 การวัดค่าความแข็ง

ข.4 ระดับการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเชิงการค้า สำหรับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่ว และลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์

ข.5 การลดอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (110 และ 116 °ซ)

ข.6 ผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก ค U.S. FDA Reguration

Code of Regulations Title 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1
วิธีการวัดสี

ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยใช้ Colorimeter (Juki Instrument, model JC801, Japan)

เตรียมตัวอย่าง สำหรับวัดค่าโดยการแยกถั่วออกจากโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย จากนั้นบดโจ๊กข้าวผ่านตะแกรงกรอง จากนั้นทำการวัดค่าตามขั้นตอน ดังนี้

1. เปิดเครื่อง
2. เลือก “Measurement” กด “Enter”
3. ทำการปรับมาตรฐานเครื่อง โดยการปิดแผ่นกำบังแสงแล้วครอบกล่องทึบแสงบนตัวเครื่อง จากนั้นกด “F1” (Measures) เปิดแผ่นกำบังแสงออก แล้ววางแผ่นมาตรฐานแป้งสีขาวลงบนเครื่องจากนั้นครอบกล่องทึบแสงบนตัวเครื่อง แล้ว กด “F1” (Measures)
4. กด “F4” เพื่อตั้งค่าการวัด โดยตั้งค่าความสว่างแสง D65 และมุมมาตรฐาน 10°
5. ใส่ปริมาณตัวอย่างที่จะทำการวัดประมาณร้อยละ 80 ของถ้วยแก้วทรงกระบอกขนาด 35x15x2 มิลลิเมตร ครอบกล่องทึบแสง วัดค่าด้วยการกด “F1” และออกจากโปรแกรมด้วยการกด “F10”
6. บันทึกค่าสีระบบ CIE ในเทอมของ L^{*} (ค่าความสว่าง) a^{*} (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^{*} (ค่าความเป็นสีเหลือง) ทำซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2
วิธีการวัดความหนืด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer (Brookfield Engineering Laboratories, LVDV-II + Pro)

2. หัวเข็มเบอร์ LV-03

4. บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

วิธีการปรับมาตรฐาน

ให้ตั้งเครื่องให้อยู่ในแนวระดับโดยสังเกตลูกน้ำให้อยู่กึ่งกลาง เสียบปลั๊กและเปิดสวิทช์เครื่องจะให้ Remove spindle (ถ้ามีหัวเข็มอยู่ให้เอาออกหรือถอด Cap spindle ออก) หลังจากนั้นกดปุ่มใดๆ เครื่องจะทำการ Set Auto zero แล้วเครื่องจะบอกให้ Replace spindle ให้ใส่หัวเข็มที่ใช้วัดลง ไปให้แน่นพอดี การเลือกใช้หัวเข็มที่ใช้วัดพิจารณาจากลักษณะอาหารที่ต้องการจะวัด อาหารที่ข้นหนืดมากให้ใช้หัวเข็มวัดขนาดเล็กและความเร็วต่ำ อาหารที่ข้นหนืดน้อยให้ใช้หัวเข็มวัดขนาดใหญ่ความเร็วสูง

การตั้งค่าการวัด

ตั้งค่าหัววัดเป็น LV-03 ใช้ความเร็วรอบในการหมุนในช่วง 25 RPM

วิธีการวัด

วิเคราะห์ความหนืดตามวิธีของ ธัญนิชา. (2546) โดยทำการเทตัวอย่างโจ๊กข้าวจำนวน 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรปรับหัววัดจุ่มอยู่ในตัวอย่างที่จะวัดโดยให้ตัวอย่างตรงกับระดับเครื่องหมายที่กำกับในหัววัด เปิดให้เครื่องทำการวัดพร้อมกับจับเวลา 1 นาที แล้วอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การบิด (% Torque) ความหนืด (เซนติพอยส์) และอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) บันทึกค่าความหนืดที่ให้ค่า %Torque > 75 ขึ้นไป (โดยปกติค่าความหนืดที่ยอมรับได้มีค่า % Torque อยู่ระหว่าง 10-100 แต่ถ้าต้องการค่าที่ถูกต้องมากๆ ควรปรับให้ค่า %Torque ที่อ่านได้ใกล้เคียง 100) ทำการวัด 3 ซ้ำ โดยควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่วัดให้อยู่ในช่วง 25 ± 1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2
วิธีการวัดค่าความแข็ง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัส TA.XT plus texture analyzer (Stable Micro system Ltd., Surry UK)
2. Probe P/50 ; 50mm.Ø cylindle stainless
3. ตุ้มน้ำหนักขนาด 10 กิโลกรัม
4. Load Cell ขนาด 50 กิโลกรัม

การตั้งค่าการวัด

1. Test Mode and Option
   - Measure force in compression
   - Return to Start
2. Parameters

Pre test speed	:	1	mm/s
Test speed	:	1	mm/s
Post test speed	:	10.0	mm/s
Distance	:	90 %	

3. Trigger

Type	:	Auto
Force	:	5 g
Stop plot at	:	Final
Auto tare	:	X

4. Break

Detect	:	Off

5. Units

Force	:	Grams
Distance	:	%Strain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัด

1. ประกอบหัววัดแบบ P/50 และฐานเข้ากับตัวเครื่อง
2. เปิดเครื่องและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม Texture Exponent 32
4. ทำการปรับมาตรฐานโดยเลือก TA setting ปรับมาตรฐานน้ำหนักโดยใช้ตุ้มน้ำหนัก 10 กิโลกรัม และปรับมาตรฐานความสูงโดยกำหนดให้สูงกว่าตัวอย่างโดยงานวิจัยนี้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถั่วและลูกเดือยโดยเฉลี่ยมีขนาด 5.0-7.5 มิลลิเมตร จึงกำหนดความสูงเป็น 10 มิลลิเมตร
5. นำตัวอย่างออกมา 1 ชิ้น และทำเครื่องตามตำแหน่งที่ต้องการวัด
6. เดินเครื่องโดยการควบคุมตำแหน่งกดให้มั่นคง รอจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ
7. ทำการวัดแรงกด 5 ซ้ำ
8. บันทึกข้อมูลที่ได้เป็นกราฟ โดยแกน X เป็นระยะทาง (deformation,mm) และแกน y เป็นแรงกด (force, N)
9. ทำการวิเคราะห์ค่าความแข็งจากค่าแรงกดสูงสุด มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.1
การวัดค่าสี

ข.1.1 การวัดค่าสีของโจ๊กข้าวที่ต้มที่สภาวะ ดั้งเดิม 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 1ข ค่าความเป็นสีของโจ๊กข้าวหลังกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลา(ชั่วโมง)	L* (ความสว่าง)	a* (ความเป็นสีแดง)	b* (ความเป็นสีเหลือง)
โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย ที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม	44.1	13.35	6.37
	44.39	12.94	6.42
	44.08	12.94	6.5
1	44.5	11.87	7.83
	43.6	11.3	7.33
	43.72	11.6	7.69
1.5	42.12	10.44	6.97
	41.52	10.55	6.62
	41.36	10.65	7.34
2	41.38	11.69	9.97
	41	11.4	9.59
	41.7	11.5	9.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1.2 การวัดค่าสีของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ กำหนดค่า F เท่ากับ 4.02 นาที

ตารางที่ 2ข ค่าความเป็นสีของโจ๊กข้าวที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)/การทดลองครั้งที่	L* (ความสว่าง)	a* (ความเป็นสีแดง)	b* (ความเป็นสีเหลือง)
โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม	44.10	13.35	6.37
	44.39	12.94	6.42
	44.08	12.94	6.50
110/1	44.27	9.10	6.62
	43.92	9.06	6.34
	43.72	8.98	6.44
110/2	44.73	8.96	8.09
	44.09	8.94	8.10
	44.48	9.05	7.98
116/1	45.94	7.85	8.05
	45.93	8.12	8.06
	45.71	7.99	8.03
116/2	46.15	9.51	8.36
	45.13	9.16	8.00
	45.63	9.46	7.75
122/1	48.44	9.05	7.51
	48.09	9.31	7.42
	47.88	9.15	7.43
122/2	47.56	9.04	7.53
	47.20	9.27	7.54
	47.57	9.41	7.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2

การวัดความหนืด

ข.2.1 การวัดความหนืดของโจ๊กข้าวที่ต้มที่สภาวะ ดั้งเดิม 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 3ข ค่าความหนืดของโจ๊กข้าวหลังกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลา(ชั่วโมง)	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)
โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม	3215
	3278
	3244
1	3350
	3431
	3326
1.5	3509
	3789
	3678
2	4348
	4065
	3772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.1 การวัดความหนืดของโจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือยผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 122 116 และ 110 °ซ กำหนดค่า F เท่ากับ 4.02 นาที

ตารางที่ 4ข ค่าความหนืดของโจ๊กข้าวหลังกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

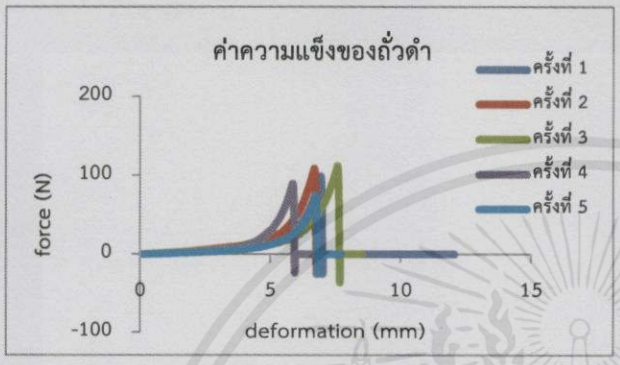
อุณหภูมิ (°ซ) /การทดลองครั้งที่	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)
โจ๊กข้าวผสมถั่วและลูกเดือย ที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม	3215
	3278
	3244
110/1	3512
	3580
	3578
110/2	3653
	3279
	3782
116/1	3479
	3412
	3402
116/2	3570
	3499
	3218
122/1	2270
	2284
	2265
122/2	2260
	2280
	2275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

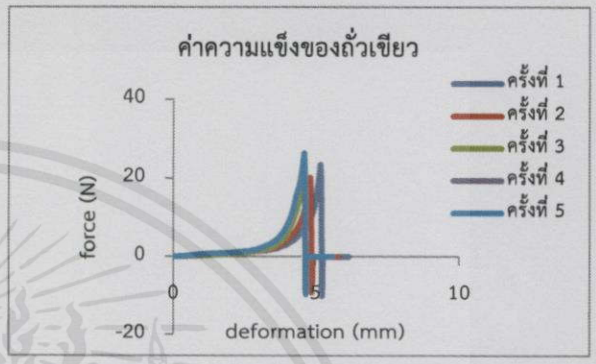
ภาคผนวก ข.3

การวัดค่าความแข็ง

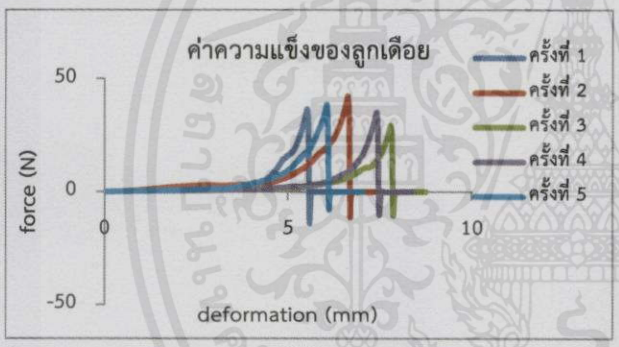
ข.3.1 ค่าความแข็งของถั่ว และลูกเดือยที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม



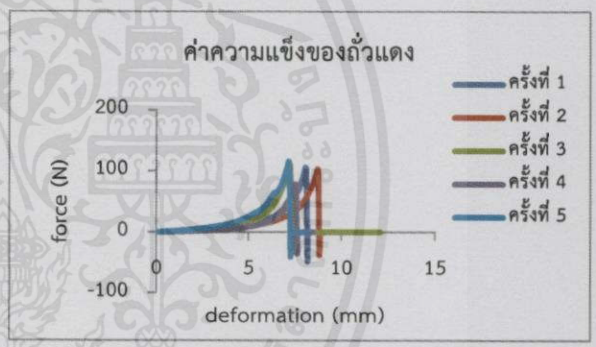
(ก)



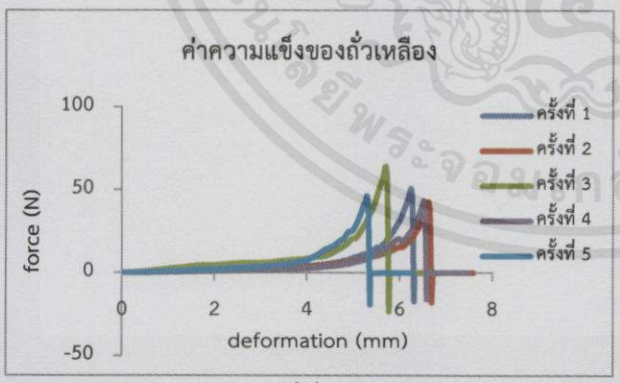
(ข)



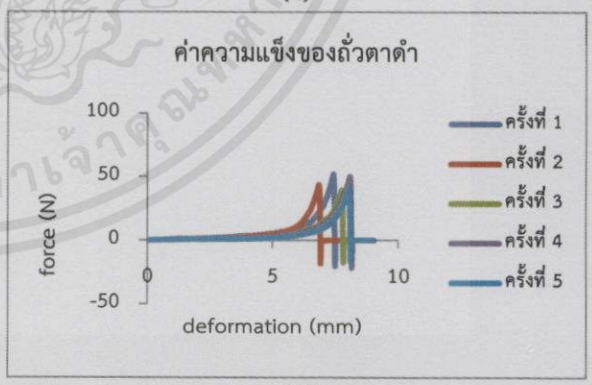
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 1ข ค่าความแข็งของถั่วที่เตรียมโดยวิธีดั้งเดิม (ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 99.28 112.20 89.68 109.04 และ 74.30 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.90±15.41 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 23.43 20.22 44.86 15.62 และ 26.40 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.11±11.22 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 36.86 42.47 29.40 35.33 และ 38.74 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.56±4.81 นิวตัน

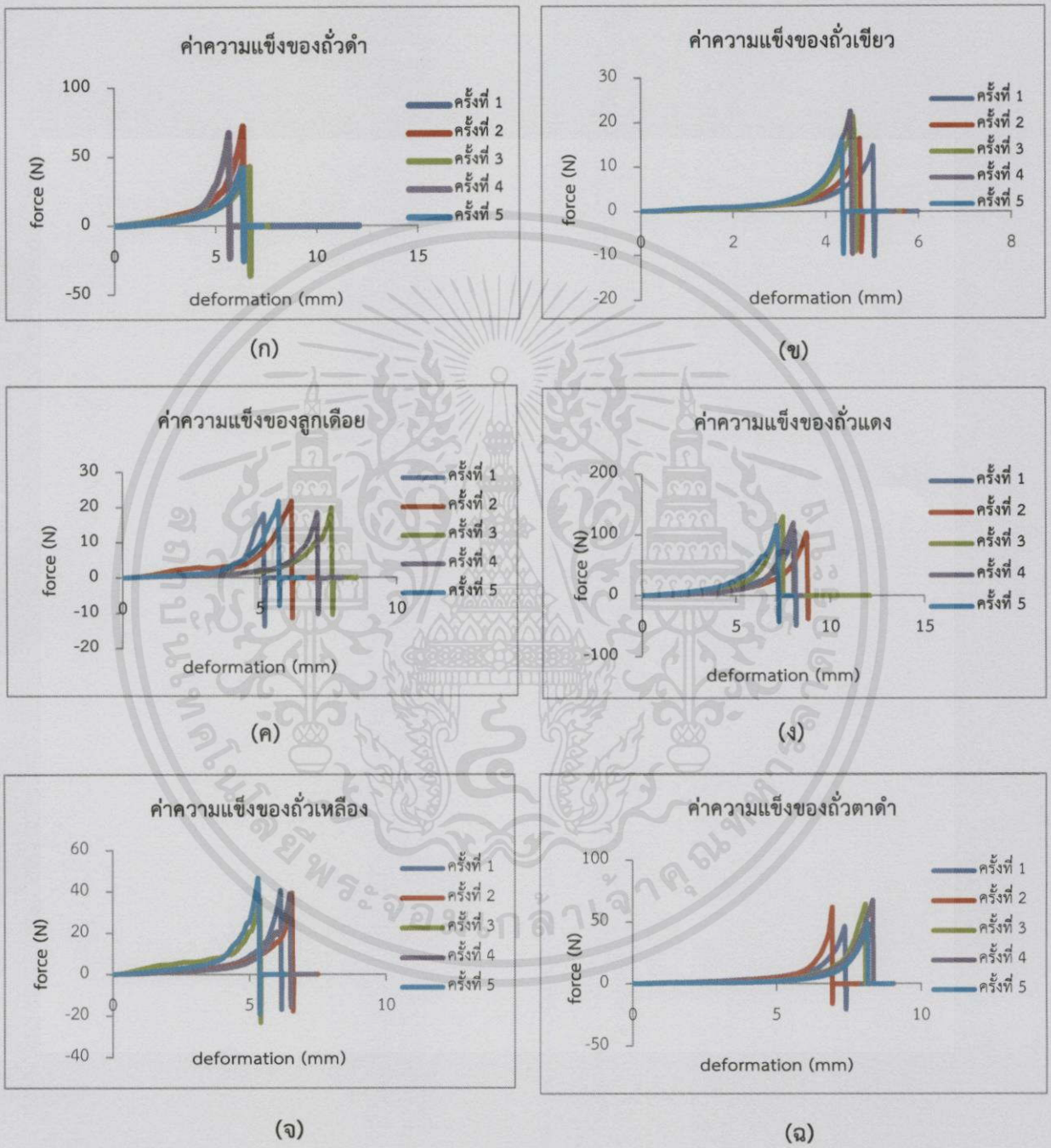
(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 106.33 103.74 111.90 78.74 และ 116.14 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 103.37±14.59 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 51.01 42.87 64.39 43.46 และ 46.50 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.65±8.85 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 52.24 43.93 39.68 50.25 และ 40.75 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.37±5.63 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.2 ค่าความแข็งของถั่ว และลูกเดือยที่ต้มที่สภาวะที่ 1



รูปที่ 2ข ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่สภาวะที่ 1 (ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 46.49 72.39 46.30 66.70 และ 41.69 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.11±8.90 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 21.87 16.28 14.51 14.51 และ 18.73 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.07±4.27 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 17.95 22.24 20.17 19.52 และ 22.03 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.07±4.78 นิวตัน

(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 98.1 128.11 118.99 105.46 และ 118.30 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.80±11.92 นิวตัน

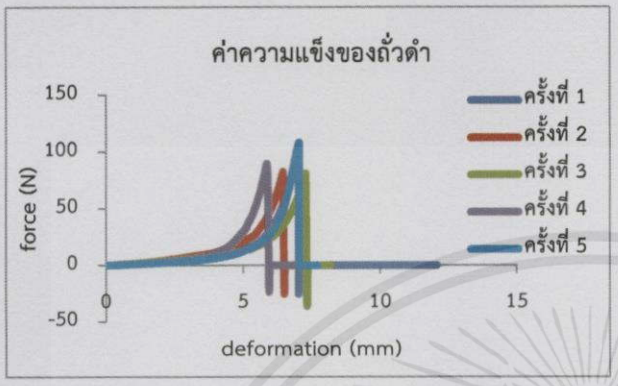
(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 34.72 39.63 35.80 28.25 และ 41.00 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.89±5.00 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุด ของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 45.71 62.39 62.78 67.49 และ 52.18 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.11±8.90 นิวตัน

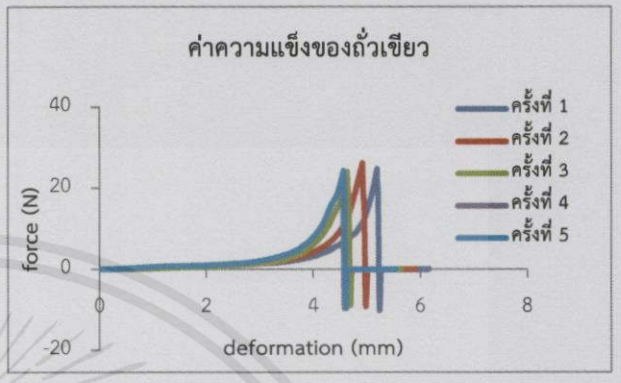
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

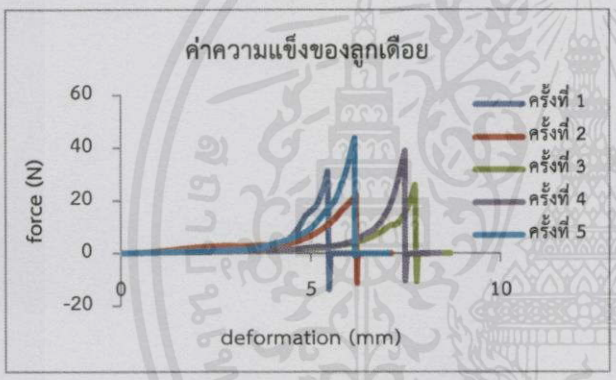
ข.3.3 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ต้มที่สภาวะที่ 2



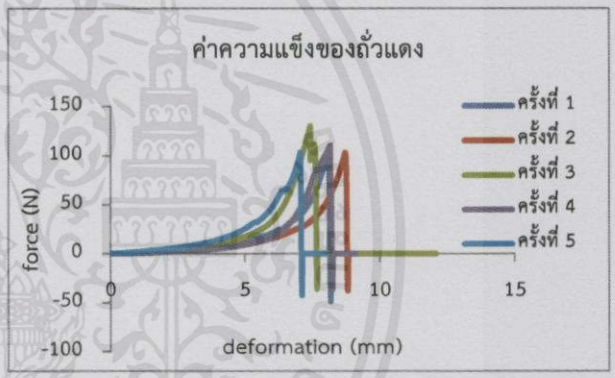
(ก)



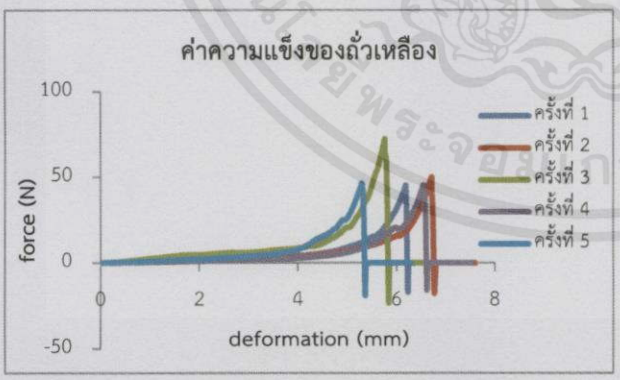
(ข)



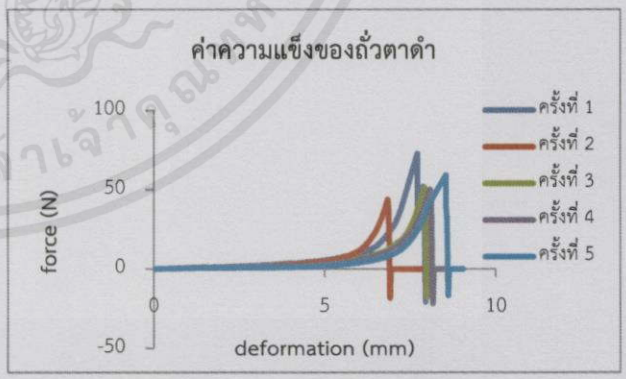
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3ข ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่สภาวะที่ 2 (ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 105.45 105.45 79.26 107.61 และ 110.47 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 114.41±7.60 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 25.80 24.03 26.19 24.03 และ 22.66 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.67±4.03 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 30.70 21.97 25.80 38.84 และ 43.45 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.16±8.93 นิวตัน

(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 103.98 103.98 129.00 113.99 และ 136.45 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120.86±23.09 นิวตัน

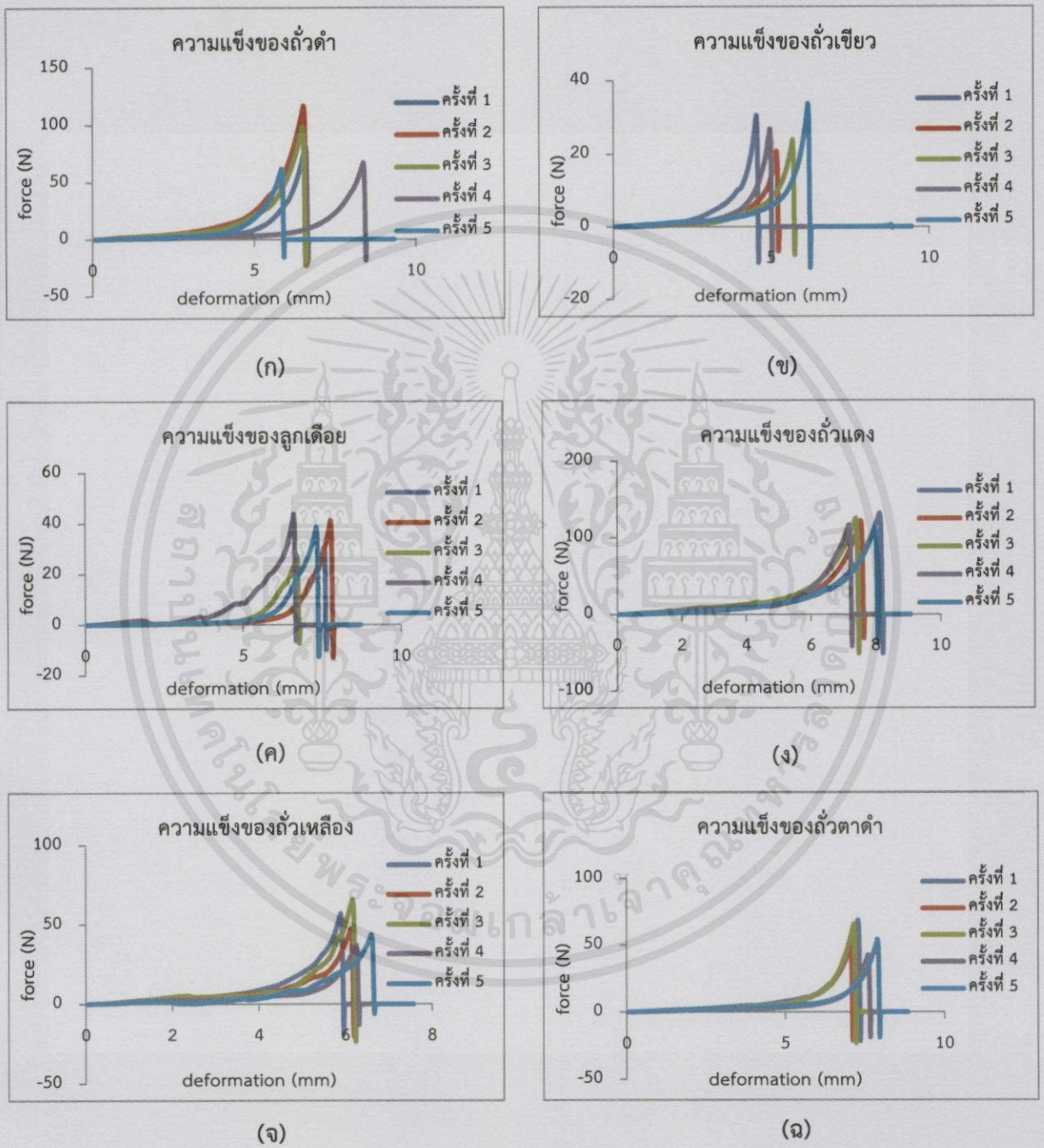
(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 44.43 49.05 71.31 44.43 และ 38.55 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.36±15.70 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 72.39 43.06 50.12 43.85 และ 58.46 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.86±18.78 นิวตัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.4 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 122°ซ ครั้งที่1



รูปที่ 4ข ค่าความแข็งของถั่ว และลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 122°ซ ครั้งที่ 1
(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 81.95 116.76 98.60 67.36 และ 62.04 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.34±22.59 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 30.58 20.92 23.86 26.84 และ 33.78 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.20±5.13 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 30.74, 41.23, 27.31, 43.83 และ 38.78 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.38±7.05 นิวตัน

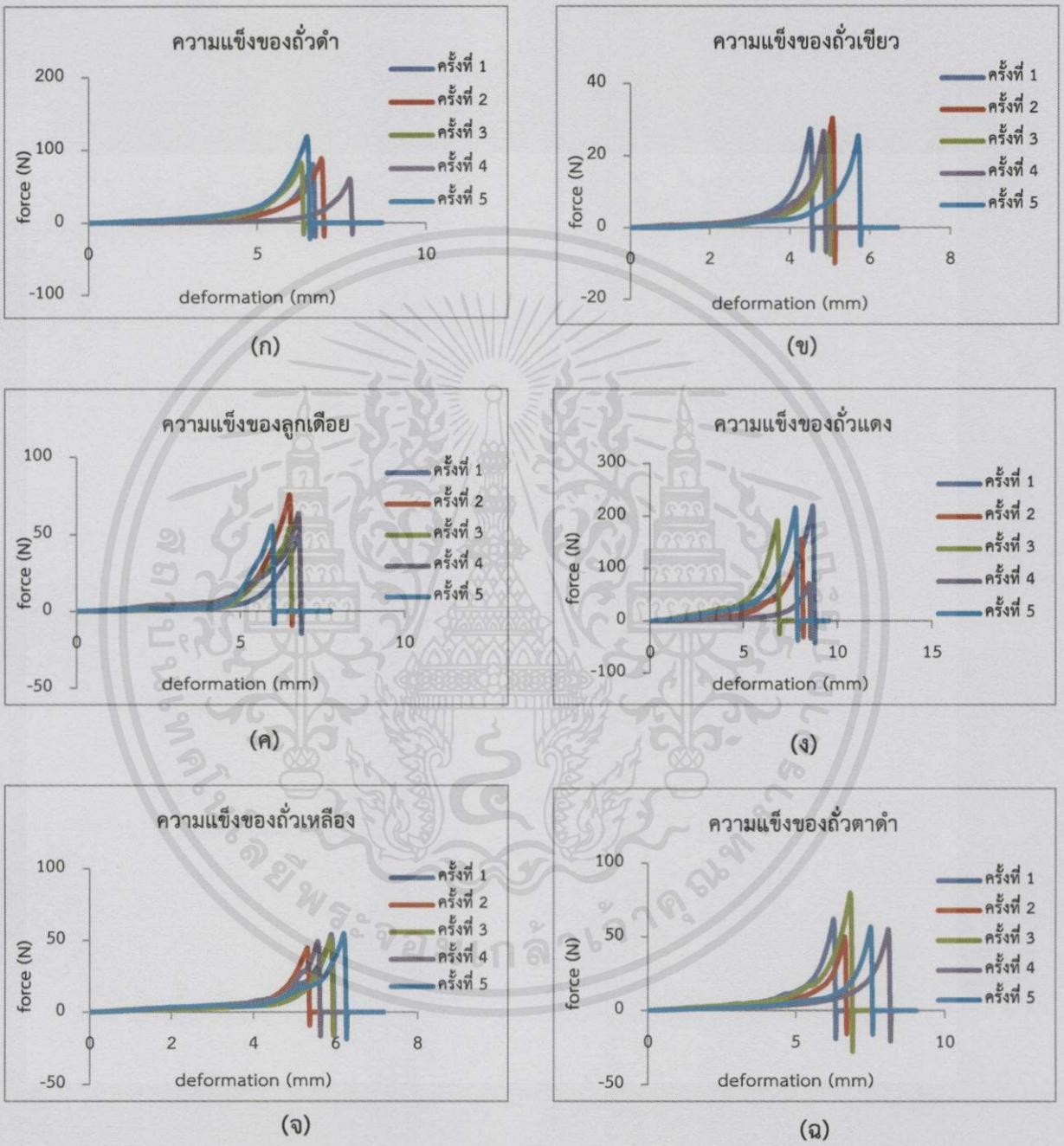
(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่งแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 132.30 122.51 125.42 117.01 และ 114.18 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 122.28±7.14 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่งเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 56.92 47.50 65.90 37.23 และ 60.54นิวตัน ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.62±11.36 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่งตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 68.84 52.39 65.74 42.72 และ 54.43 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.82±10.58 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.5 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 122°ซ ครั้งที่2



รูปที่ 5ข ค่าความแข็งของถั่ว และลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 122°ซ ครั้งที่ 2

(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 81.03 88.83 82.72 60.95 และ 119.20 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.55± 10.06 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 27.43 30.39 25.57 26.80 และ 25.56 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.15±1.97 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 50.43 75.74 54.39 63.92 และ 55.61 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.02±10.06 นิวตัน

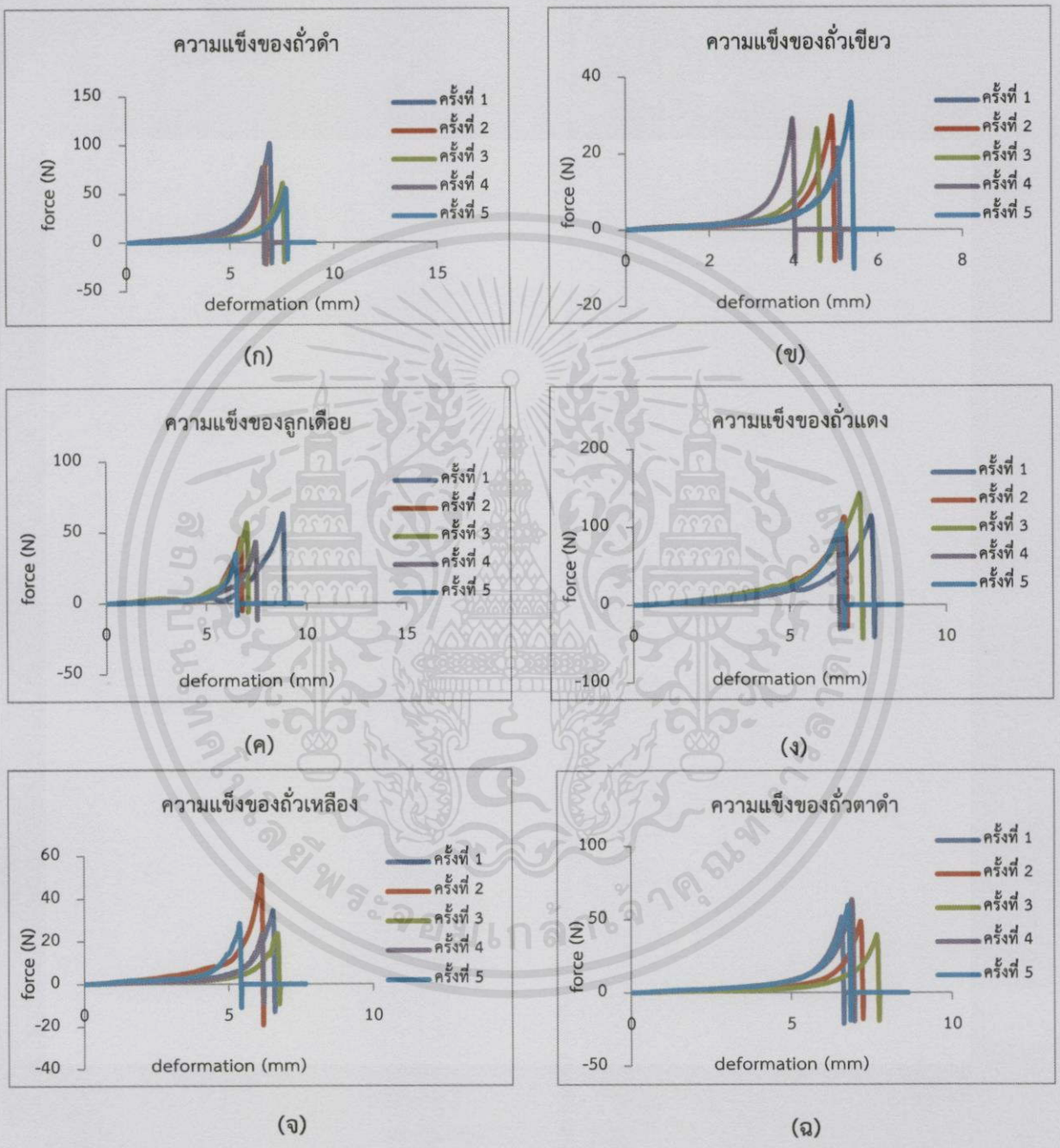
(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 220.09 157.42 191.74 71.61 และ 216.44 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 171.46± 1.97 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 54.13 44.77 51.21 49.31 และ 54.88 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.86±11.43 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 62.16 50.20 79.82 55.15 และ 56.89 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.84±21.04 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.6 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116°ซ ครั้งที่1



รูปที่ 6ข ค่าความแข็งของถั่ว และลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 116°ซ ครั้งที่ 1
(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 101.77 78.55 61.42 77.15 และ 55.89 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.96±17.92 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 21.37 29.79 26.43 29.11 และ 33.35 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.01±4.46 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 63.29 45.89 56.84 43.48 และ 35.35 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.97±11.99 นิวตัน

(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 114.10 113.31 143.05 94.21 และ 104.39 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.81±18.22 นิวตัน

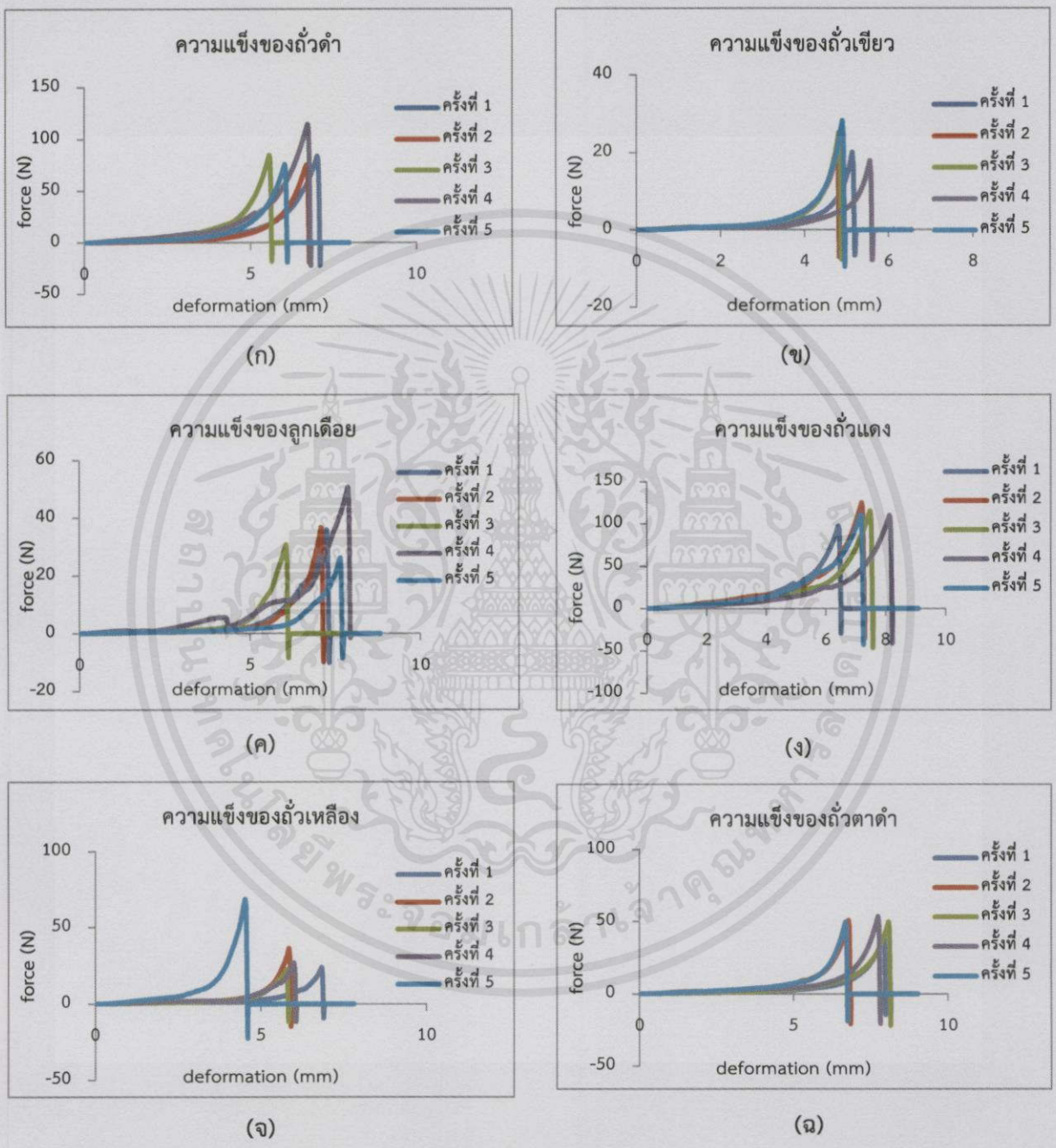
(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 34.51 51.10 23.76 23.59 และ 28.53 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.30±11.42 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 51.71 48.85 39.54 63.68 และ 60.00 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.75±9.52 นิวตัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.7 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116°ซ ครั้งที่2



รูปที่ 7ข ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 116°ซ ครั้งที่ 2
(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 84.02 75.73 84.93, 114.70 และ 76.17 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.11±16.00 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 20.20 20.73 25.25 17.96 และ 28.22 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.47±4.16 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 35.90 36.76 30.83 50.69 และ 26.27 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.09±9.18 นิวตัน

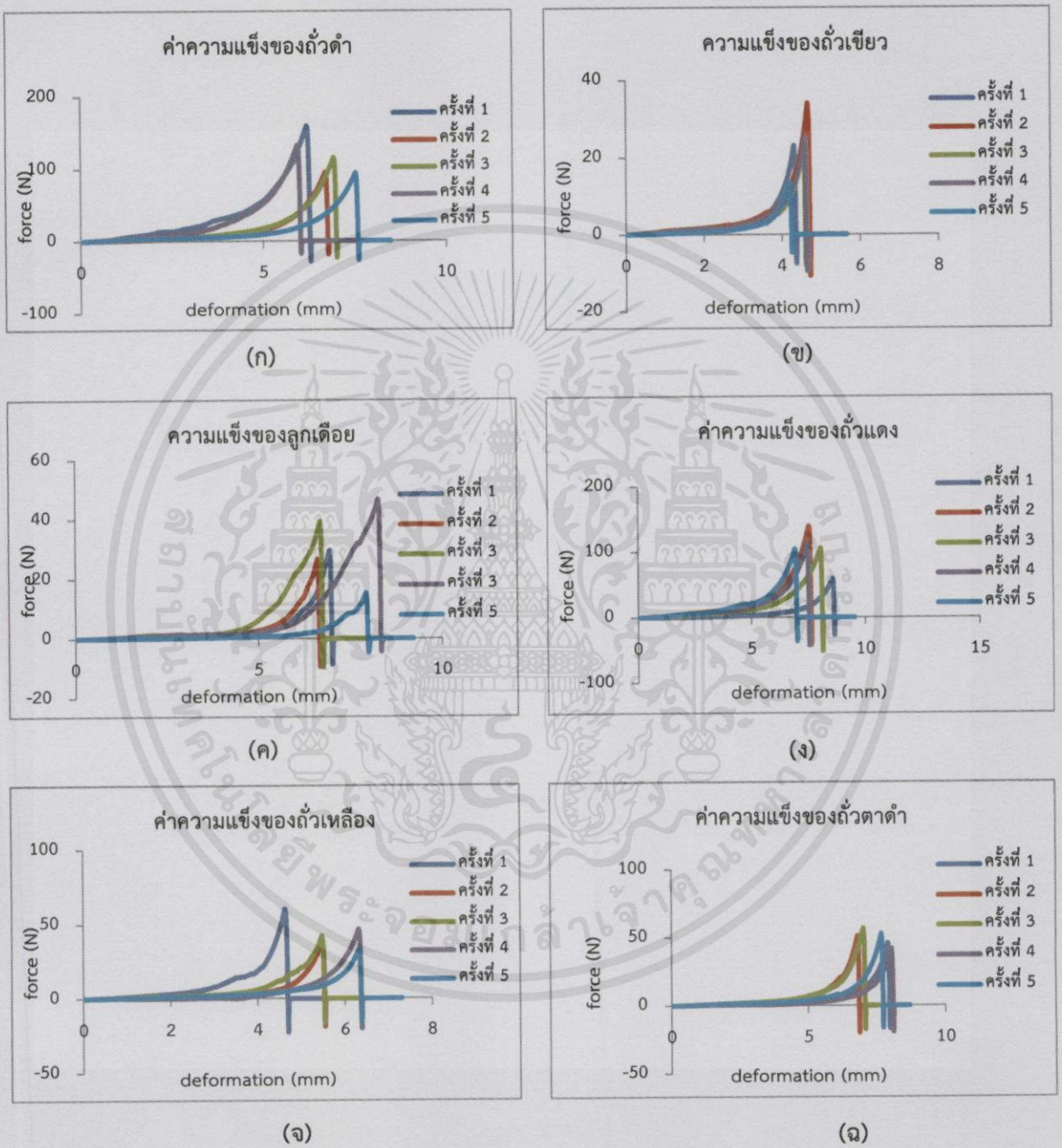
(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 97.79 125.19 115.64 110.38 และ 111.46 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112.09±9.89 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 24.01 36.40 22.48 26.92 และ 68.86 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.73±19.29 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 40.35 50.90 49.75 53.64 และ 49.71 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.87±5.02 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.8 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110°ซ ครั้งที่1



รูปที่ 8ข ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 110°ซ ครั้งที่ 1
(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 159.34 95.22 115.49 132.89 และ 94.44 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.48 ±27.39 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 23.16 34.07 22.74 25.06 และ 13.33 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.67±7.38 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 29.46 26.58 39.42 46.65 และ 15.24 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.47±12.09 นิวตัน

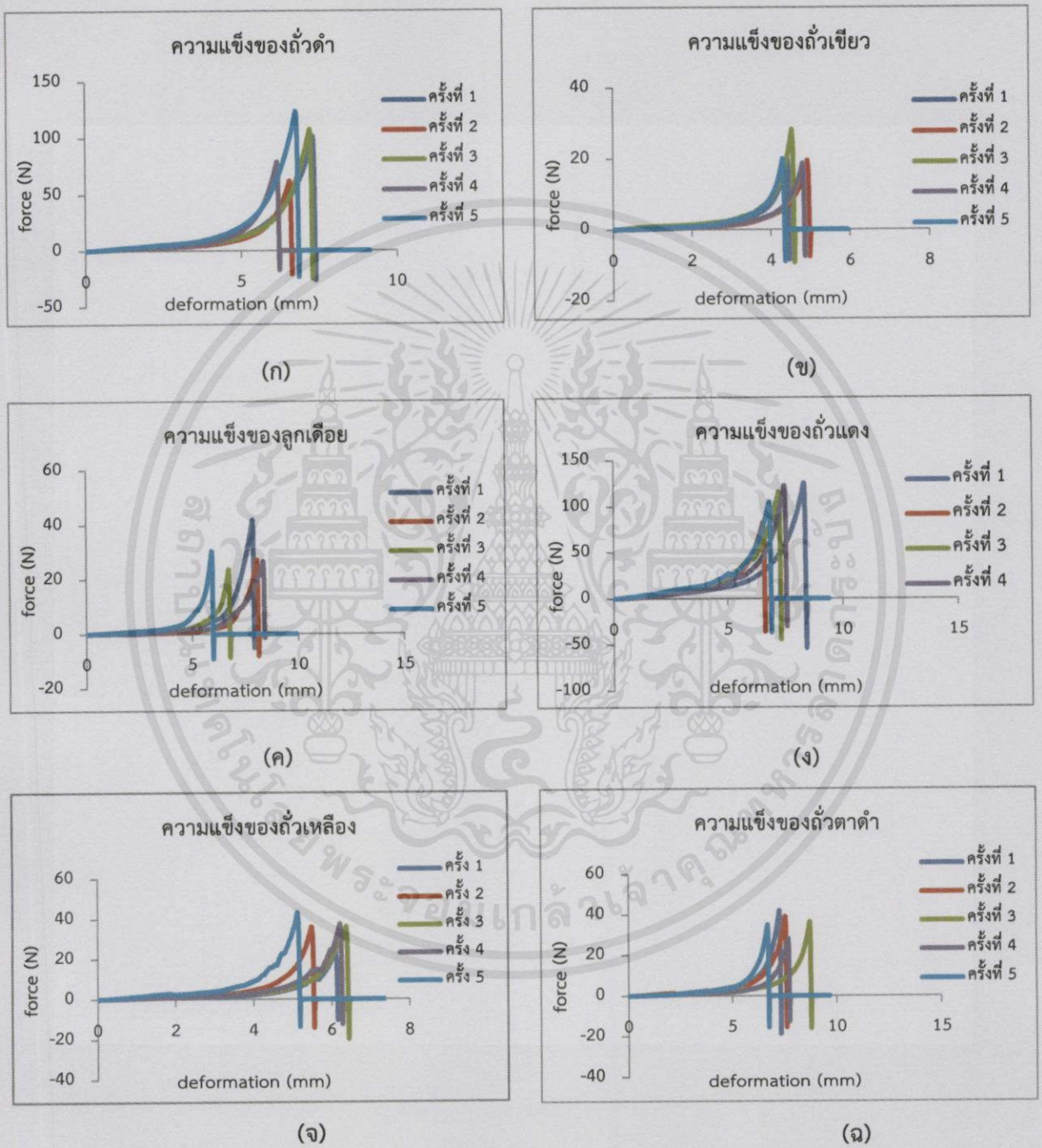
(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 59.26 139.69 106.16 112.13 และ 104.85 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.42±28.92 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 60.33 38.49 41.92 46.53 และ 32.53 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.96±10.48นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 45.91 51.06 56.69 41.82 และ 52.66 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.63 ± 5.83 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3.9 ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110°ซ ครั้งที่2



รูปที่ 9ข ค่าความแข็งของถั่วและลูกเดือยที่ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที ที่อุณหภูมิ 110°ซ ครั้งที่ 2
(ก) ถั่วดำ (ข) ถั่วเขียว (ค) ลูกเดือย (ง) ถั่วแดง (จ) ถั่วเหลือง (ฉ) ถั่วตาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 101.85 61.99 107.62 78.89 และ 123.73 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.42±24.40 นิวตัน

(ข) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเขียวครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 19.74 19.52 28.21 18.72 และ 19.96 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.23±3.93 นิวตัน

(ค) ค่าแรงกดสูงสุดของลูกเดือยครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 41.90 27.25 23.54 26.51 และ 30.38 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.92±7.13 นิวตัน

(ง) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วแดงครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 125.42 82.87 115.74 122.84 และ 104.68 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110.31±17.32 นิวตัน

(จ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วเหลืองครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 24.23 35.98 36.01 37.28 และ 43.20 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.34± 6.89 นิวตัน

(ฉ) ค่าแรงกดสูงสุดของถั่วตาดำครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 42.11 39.17 36.45 28.18 และ 35.05 นิวตันตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.20±5.23 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.4

ระดับการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเชิงการค้าสำหรับโจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วและลูกเดือยบรรจุรีทอร์ทเพาช์

ตาราง 5ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4 นาที ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	15.2	14.0	13.9	37.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	16.0	14.6	14.6	38.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	16.8	15.2	15.2	38.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	18.4	16.3	16.1	42.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	23.1	19.1	19.2	54.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	30.2	23.5	24.3	64.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	38.3	29.5	30.9	71.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	46.4	36.3	38.6	78.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	54.3	43.6	46.8	84.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	62.1	51.2	54.9	91.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	69.8	59.2	63.3	100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	77.7	67.3	71.8	107.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	85.9	75.7	80.6	116.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	94.0	84.3	89.9	122.9	0.003	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
14	101.3	92.4	98.1	121.8	0.013	0.016	0.002	0.002	0.006	0.008	0.002
15	106.4	99	103.9	122.1	0.044	0.060	0.008	0.010	0.025	0.032	0.010
16	110.1	104	108.1	122.1	0.102	0.162	0.026	0.036	0.065	0.097	0.036
17	112.7	107.9	111.1	122.2	0.186	0.349	0.063	0.099	0.129	0.226	0.099
18	114.8	110.9	113.5	121.8	0.302	0.651	0.126	0.225	0.224	0.449	0.225
19	116.4	113.2	115.3	121.8	0.437	1.087	0.214	0.439	0.339	0.788	0.439
20	117.6	115	116.8	122	0.575	1.663	0.324	0.762	0.479	1.267	0.762
21	118.6	116.4	117.9	122.1	0.724	2.387	0.447	1.209	0.617	1.883	1.209
22	119.3	117.5	118.8	122	0.851	3.238	0.575	1.784	0.759	2.642	1.784
23	119.9	118.4	119.4	122.1	0.977	4.215	0.708	2.492	0.871	3.513	2.492
24	120.3	119.1	119.9	122.0	1.072	5.287	0.832	3.324	0.977	4.490	3.324
25	120.7	119.6	120.3	122.0	1.175	6.462	0.933	4.257	1.072	5.562	4.257
26	120.9	120.1	120.7	122.1	1.230	7.692	1.047	5.305	1.175	6.737	5.305
27	121.1	120.4	120.9	117.6		7.692		5.305		6.737	5.305
28	118.9	119.6	119.8	102.7	0.776	7.692	0.933	6.238	0.955	7.692	6.238

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4 นาที ครั้งที่ 1(ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
29	113.2	116.8	115.6	94.3	0.209	8.468	0.490	6.728	0.363	8.055	6.728
30	106.5	112.5	110.0	89.6	0.045	8.677	0.182	6.910	0.100	8.155	6.910
31	99.2	107.4	102.5	78.3	0.008	8.722	0.056	6.966	0.018	8.172	6.966
32	90.6	101.3	93.6	67.6	0.001	8.730	0.014	6.980	0.002	8.175	6.980
33	82.0	94.7	84.9	62.4	0.000	8.731	0.003	6.983	0.000	8.175	6.983
34	75.2	88.4	77.8	57.8	0.000	8.732	0.001	6.983	0.000	8.175	6.983
35	70.1	82.9	72.5	57.8	0.000	8.732	0.000	6.983	0.000	8.175	6.983
36	66.1	78.2	68.4	55.9	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
37	63.0	74.2	65.1	54.1	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
38	60.4	70.8	62.3	52.5	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
39	58.2	67.7	59.9	51.1	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
40	56.1	64.9	57.8	49.8	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
41	54.4	62.4	55.8	48.5	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
42	52.7	60.2	54.2	47.4	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
43	51.3	58.1	52.8	46.3	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
44	50.0	56.2	51.4	45.3	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
45	48.8	54.4	50.3	44.3	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
46	47.6	52.8	49.2	43.4	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984
47	46.5	51.3	48.1	42.5	0.000	8.732	0.000	6.984	0.000	8.175	6.984

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4 นาที ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	16.0	15.6	15.5	23.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	16.1	15.7	15.6	21.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	16.2	15.9	15.8	22.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	16.5	16.1	15.9	24.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	17.8	17.2	16.7	25.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	19.8	19.1	18.1	35.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	23.7	22.3	20.7	46.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	29.5	27.7	25.6	56.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	36.2	34.4	32.3	65.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	43.5	42.1	40.1	22.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	50.6	49.8	47.9	79.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	57.6	57.3	55.7	85.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	64.5	64.5	63.2	91.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	71.4	71.5	70.6	97.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	78.5	78.5	78.3	105.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	86.1	85.8	86.5	113.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
16	94.6	94.5	95.5	123.2	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
17	102.8	103.3	104.1	122.2	0.019	0.022	0.022	0.025	0.026	0.030	0.022
18	108.0	109.0	109.3	122.2	0.063	0.086	0.081	0.107	0.085	0.115	0.086
19	111.6	112.7	112.7	122.3	0.145	0.230	0.191	0.297	0.186	0.301	0.230
20	114.0	115.4	115.2	122.2	0.251	0.481	0.355	0.652	0.331	0.632	0.481
21	116.1	117.2	117	122.5	0.407	0.889	0.537	1.189	0.501	1.133	0.889
22	117.6	118.6	118.3	122.4	0.575	1.464	0.741	1.930	0.676	1.810	1.464
23	118.7	119.5	119.2	122.3	0.741	2.205	0.912	2.842	0.832	2.641	2.205
24	119.5	120.2	119.9	122.5	0.891	3.097	1.072	3.914	0.977	3.619	3.097
25	120.1	120.7	120.4	122.2	1.023	4.120	1.202	5.116	1.096	4.715	4.120
26	120.5	121.0	120.8	122.3		4.120		5.116		4.715	4.120
27	120.4	120.6	121	113.1	1.096	5.216	1.175	6.291	1.259	5.974	5.216
28	116.2	115.7	118.4	104.9	0.417	6.313	0.380	6.671	0.692	6.666	6.313
29	110.0	109.7	112.9	94.6	0.100	6.730	0.095	6.767	0.195	6.861	6.730
30	102.6	102.0	106.2	84.7	0.018	6.830	0.016	6.783	0.042	6.902	6.783
31	94.1	93.5	98.4	76.6	0.003	6.848	0.002	6.785	0.007	6.909	6.785
32	85.3	84.8	90.0	66.5	0.000	6.851	0.000	6.785	0.001	6.910	6.785
33	77.0	76.8	81.6	62.6	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.910	6.785

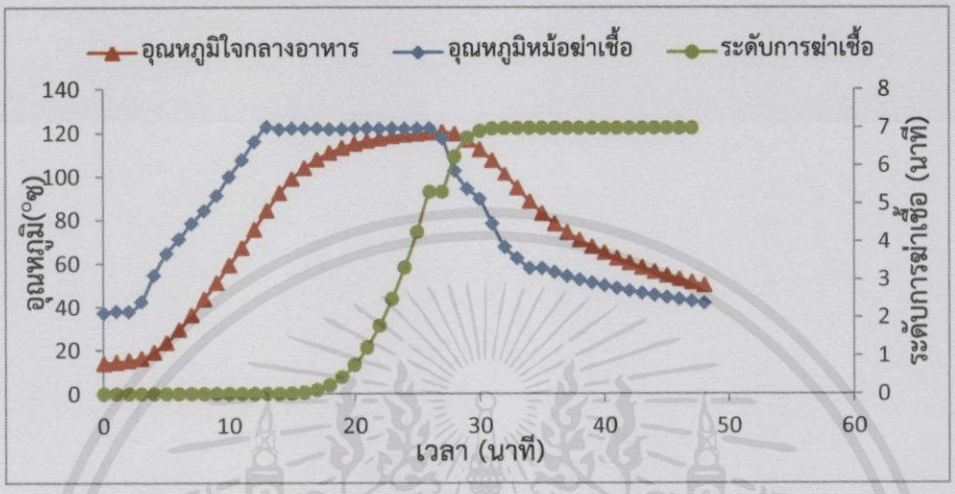
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4 นาทีครั้งที่ 2 (ต่อ)

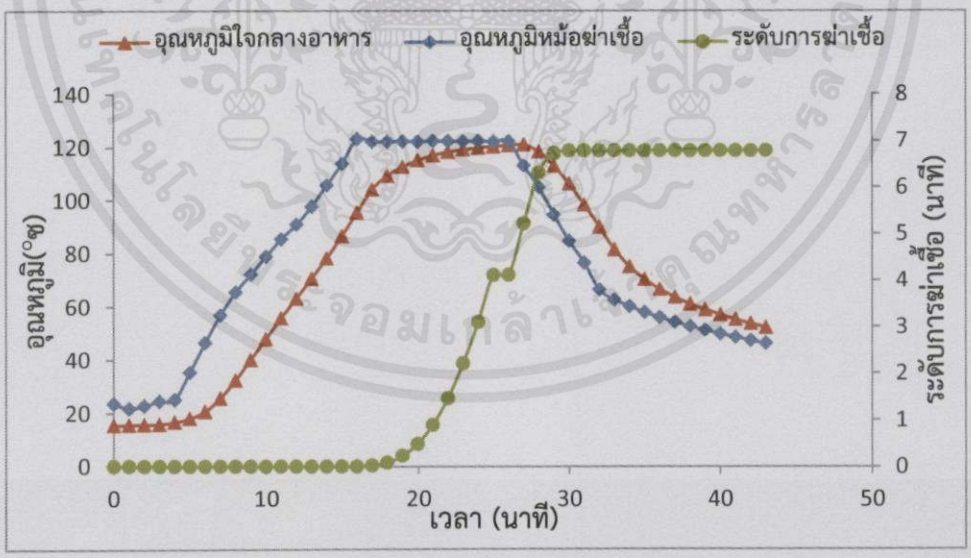
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
34	71	71.1	75.2	60.2	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
35	66.7	66.8	70.4	57.9	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
36	63.2	63.6	66.6	56.0	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
37	60.5	60.8	63.6	54.2	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
38	58.1	58.5	61	52.6	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
39	56.1	56.4	58.9	51.2	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
40	54.3	54.7	57.0	49.8	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
41	52.6	53.1	55.2	48.5	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
42	51.2	51.6	53.7	47.3	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785
43	49.8	50.3	52.2	46.2	0.000	6.851	0.000	6.785	0.000	6.911	6.785

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 4 นาที ครั้งที่ 1



รูปที่ 11ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 4 นาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7ข ระดับการฆ่าเชื้อ 6 นาที ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	14.7	14.2	13.3	33.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	15.3	15.2	13.8	30.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	16.7	17.2	15.4	35.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	19.3	20.3	18.0	45.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	23.2	.24.8	21.8	55.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	28.3	30.6	26.9	65.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	34.4	37.4	33.2	72.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	41.1	44.7	40.3	80.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	47.9	52.1	47.5	86.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	54.8	59.6	54.8	93.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	61.8	67.0	62.1	101.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	69.2	74.7	70.2	110.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	76.8	82.9	78.5	118.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	84.5	91.3	86.5	121.6	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
14	91.7	98.6	93.7	121.7	0.001	0.001	0.006	0.007	0.002	0.002	0.001
15	97.7	104.1	99.3	121.7	0.005	0.006	0.020	0.027	0.007	0.009	0.006
16	102.4	108.2	103.6	121.8	0.013	0.019	0.051	0.078	0.018	0.027	0.019
17	106.3	111.2	107.1	121.7	0.033	0.053	0.102	0.180	0.040	0.066	0.053
18	109.4	113.5	109.9	122.0	0.068	0.120	0.174	0.354	0.076	0.142	0.120
19	111.8	115.3	112.1	121.7	0.117	0.238	0.263	0.617	0.126	0.268	0.238
20	113.8	116.7	114	121.8	0.186	0.424	0.363	0.980	0.195	0.463	0.424
21	115.4	117.8	115.4	121.7	0.269	0.693	0.468	1.448	0.269	0.732	0.693
22	116.6	118.6	116.6	121.6	0.355	1.048	0.562	2.010	0.355	1.087	1.048
23	117.6	119.2	117.6	121.9	0.447	1.495	0.646	2.656	0.447	1.534	1.495
24	118.4	119.7	118.3	121.8	0.537	2.032	0.724	3.380	0.525	2.059	2.032
25	119.1	120.1	119.0	122.0	0.631	2.663	0.794	4.175	0.617	2.675	2.663
26	119.6	120.4	119.5	121.8	0.708	3.370	0.851	5.026	0.692	3.367	3.367
27	120.0	120.6	119.9	122.1	0.776	4.147	0.891	5.917	0.759	4.126	4.126
28	120.3	120.9	120.3	122.2	0.832	4.978	0.955	6.872	0.832	4.957	4.957
29	120.6	121.0	120.5	121.8	0.891	5.870	0.977	7.849	0.871	5.828	5.828
30	120.8	121.1	120.8	121.7	0.933	6.803	1.000	8.849	0.933	6.762	6.762
31	121.0	121.1	120.9	116.9		6.803		8.849		6.762	6.762
32	120.5	120.0	120.4	104.4	0.871	7.674	0.776	9.626	0.851	7.613	7.613

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7ข ระดับการฆ่าเชื้อ 6 นาที ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
33	118.3	116.6	117.8	98.2	0.525	8.199	0.355	9.980	0.468	8.080	8.080
34	114.4	111.5	113.8	86.9	0.214	8.413	0.110	10.090	0.186	8.267	8.267
35	109.5	105.6	108.8	80.9	0.069	8.482	0.028	10.118	0.059	8.326	8.326
36	103.6	98.9	102.8	69.2	0.018	8.500	0.006	10.124	0.015	8.340	8.340
37	96.9	91.7	96.2	63.4	0.004	8.503	0.001	10.125	0.003	8.344	8.344
38	90.2	84.8	89.6	59.7	0.001	8.504	0.000	10.126	0.001	8.344	8.344
39	84.0	78.8	83.5	56.3	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.344	8.344
40	78.5	73.5	78.0	53.8	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
41	73.6	69.0	73.1	51.6	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
42	69.4	65.1	68.8	49.7	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
43	65.6	61.7	65.0	48.0	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
44	62.4	58.7	61.6	46.5	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
45	59.5	56.1	58.7	45.2	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
46	56.9	53.8	56.0	44.0	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
47	54.6	51.8	53.6	43.1	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
48	52.5	50.0	51.6	42.4	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
49	50.8	48.4	49.9	42.3	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345
50	49.2	47.2	48.4	42.4	0.000	8.504	0.000	10.126	0.000	8.345	8.345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8ข ระดับการฆ่าเชื้อ 6 นาที ครั้งที่ 2

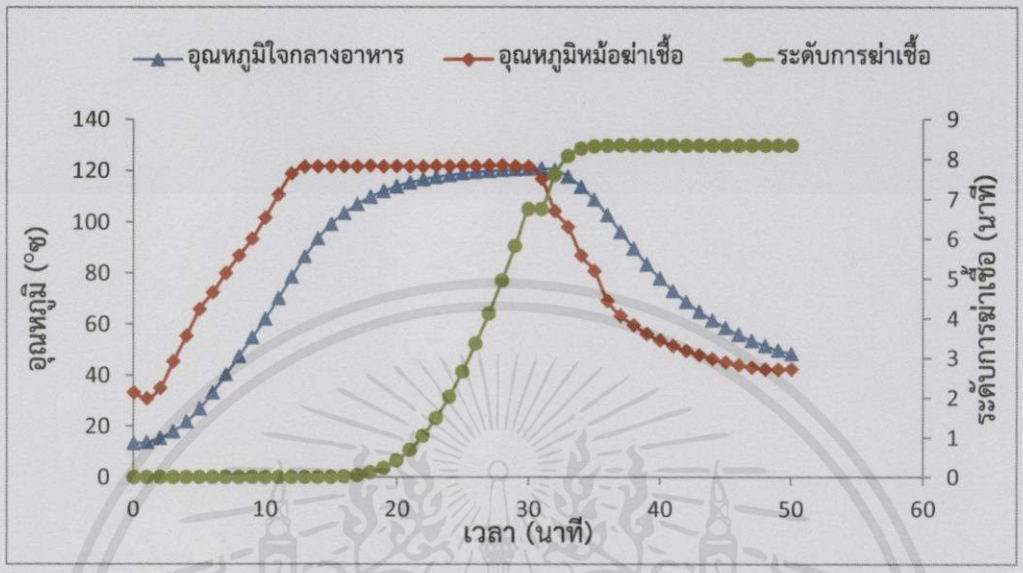
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	15.7	15.6	13.4	33.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	16.8	17.1	14.3	32.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	19.0	19.4	16.3	42.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	22.2	22.7	19.1	52.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	26.7	27.2	22.9	62.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	32.3	32.8	27.9	70.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	38.7	39.3	33.7	77.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	45.5	46.2	40.0	84.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	52.5	53.4	46.6	90.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	59.8	60.7	53.3	99.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	67.3	68.3	60.3	107.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	75.1	76.4	67.6	115.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	83.3	84.8	75.5	122.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	91.0	92.8	83.6	121.9	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
14	97.6	99.4	90.9	121.6	0.004	0.006	0.007	0.009	0.001	0.001	0.001
15	102.7	104.5	97.0	121.8	0.014	0.020	0.022	0.030	0.004	0.005	0.005
16	106.6	108.4	101.6	122.0	0.035	0.056	0.054	0.084	0.011	0.016	0.016
17	109.8	111.4	105.5	121.8	0.074	0.130	0.107	0.191	0.028	0.044	0.044
18	112.1	113.7	108.6	121.9	0.126	0.256	0.182	0.373	0.056	0.100	0.100
19	114.1	115.4	111.1	121.9	0.200	0.455	0.269	0.642	0.100	0.200	0.200
20	115.6	116.8	113.1	122.1	0.282	0.737	0.372	1.014	0.158	0.359	0.359
21	116.8	117.8	114.8	121.8	0.372	1.108	0.468	1.482	0.234	0.593	0.593
22	117.8	118.7	116.1	121.8	0.468	1.576	0.575	2.057	0.316	0.909	0.909
23	118.6	119.3	117.2	121.8	0.562	2.139	0.661	2.718	0.407	1.317	1.317
24	119.2	119.8	118.1	121.8	0.646	2.784	0.741	3.459	0.501	1.818	1.818
25	119.7	120.2	118.8	121.8	0.724	3.509	0.813	4.272	0.589	2.407	2.407
26	120.1	120.5	119.4	121.7	0.794	4.303	0.871	5.143	0.676	3.083	3.083
27	120.4	120.7	119.8	121.8	0.851	5.154	0.912	6.055	0.741	3.824	3.824
28	120.7	120.9	120.2	121.9	0.912	6.066	0.955	7.010	0.813	4.637	4.637
29	120.9	121.0	120.5	121.7	0.955	7.021	0.977	7.987	0.871	5.508	5.508
30	121	121.2	120.7	121.8	0.977	7.998	1.023	9.010	0.912	6.420	6.420
31	121.2	121.3	120.9	117.2		7.998		9.010		6.420	6.420
32	120.6	120.4	120.6	105.1	0.891	8.890	0.851	9.862	0.891	7.311	7.311
33	118.2	117.3	118.4	98.1	0.513	9.402	0.417	10.278	0.537	7.848	7.848

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

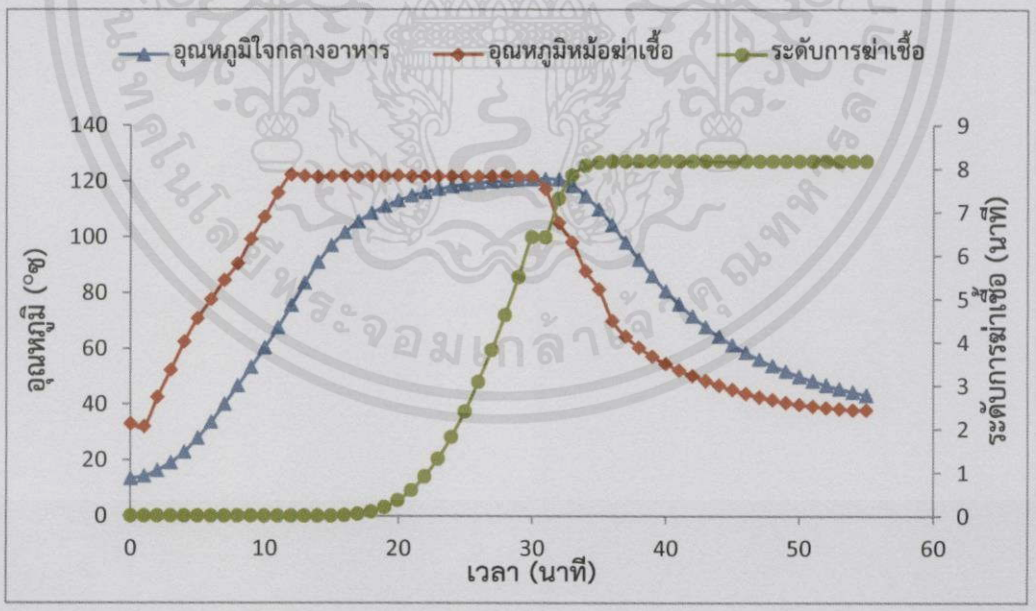
ตารางที่ 8ข ระดับการฆ่าเชื้อ 6 นาที ครั้งที่ 2(ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
34	114	112.5	114.6	87.8	0.195	9.597	0.138	10.416	0.224	8.072	8.072
35	108.9	106.8	109.9	81.3	0.060	9.658	0.037	10.454	0.076	8.148	8.148
36	103.1	100.4	104.2	70.1	0.016	9.674	0.009	10.462	0.020	8.168	8.168
37	96.7	93.5	98.0	64.4	0.004	9.677	0.002	10.464	0.005	8.173	8.173
38	90.4	86.9	91.9	60.4	0.001	9.678	0.000	10.464	0.001	8.174	8.174
39	84.5	81.1	86.1	57.2	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
40	79.3	76.0	80.7	54.5	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
41	74.6	71.5	76.0	52.2	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
42	70.4	67.6	71.7	50.2	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
43	66.6	64.2	67.8	48.4	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
44	63.3	61.2	64.4	46.8	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
45	60.3	58.6	61.3	45.3	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
46	57.6	56.1	58.6	43.9	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
47	55.2	53.9	56.1	42.7	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
48	53.0	51.9	53.8	41.7	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
49	51.0	50.1	51.9	40.7	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
50	49.2	48.4	50.0	40.0	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
51	47.6	46.9	48.4	39.4	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
52	46.2	45.6	46.9	38.9	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
53	44.9	44.4	45.6	38.5	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
54	43.8	43.4	44.5	38.1	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175
55	42.8	42.5	43.4	38.1	0.000	9.678	0.000	10.464	0.000	8.175	8.175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 6 นาที ครั้งที่ 1



รูปที่ 13ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 6 นาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9ข ระดับการฆ่าเชื้อ 8 นาที ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	17.3	15.3	14.5	27.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	18.4	16.6	15.6	27.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	20.5	18.5	17.3	37.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	24.0	21.3	20.0	46.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	29.2	25.4	23.8	55.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	35.4	30.6	28.7	63.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	42.3	36.6	34.4	71.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	49.6	43.4	40.8	79.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	56.9	50.7	47.3	85.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	64.2	58.3	54.1	91.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	71.6	66.1	60.9	100.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	79.4	75.1	68.3	109.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	87.3	84.4	76.9	116.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	95.1	93.5	86.5	121.7	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
14	102.0	101.3	96.2	122.0	0.012	0.015	0.010	0.012	0.003	0.004	0.004
15	107.1	106.8	101.6	122.5	0.040	0.055	0.037	0.050	0.011	0.015	0.015
16	110.7	110.6	104.8	122.1	0.091	0.146	0.089	0.139	0.023	0.038	0.038
17	113.3	113.3	107.7	122.1	0.166	0.312	0.166	0.305	0.046	0.084	0.084
18	115.2	115.3	110.1	122.3	0.257	0.569	0.263	0.568	0.079	0.163	0.163
19	116.6	116.8	112.1	122.1	0.355	0.924	0.372	0.939	0.126	0.289	0.289
20	117.7	118.0	113.9	122.2	0.457	1.381	0.490	1.429	0.191	0.480	0.480
21	118.5	118.9	115.3	122.0	0.550	1.931	0.603	2.032	0.263	0.743	0.743
22	119.2	119.5	116.4	122.3	0.646	2.576	0.692	2.723	0.339	1.082	1.082
23	119.8	120.1	117.4	122	0.741	3.318	0.794	3.518	0.427	1.508	1.508
24	120.1	120.5	118.2	122.2	0.794	4.112	0.871	4.389	0.513	2.021	2.021
25	120.5	120.8	118.8	122.2	0.871	4.983	0.933	5.322	0.589	2.610	2.610
26	120.8	121.0	119.4	122.2	0.933	5.916	0.977	6.299	0.676	3.286	3.286
27	121.0	121.1	119.9	122.1	0.977	6.894	1.000	7.299	0.759	4.045	4.045
28	121.1	121.3	120.2	121.9	1.000	7.894	1.047	8.346	0.813	4.858	4.858
29	121.3	121.4	120.5	122.0	1.047	8.941	1.072	9.418	0.871	5.728	5.728
30	121.4	121.5	120.7	121.9	1.072	10.012	1.096	10.514	0.912	6.640	6.640
31	121.4	121.5	120.9	122.0	1.072	11.084	1.096	11.611	0.955	7.595	7.595
32	121.5	121.6	121.1	122.0	1.096	12.180	1.122	12.733	1.000	8.595	8.595
33	121.6	121.6	121.3	121.8	1.096	12.180	1.122	12.733	1.000	8.595	8.595

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9ข ระดับการฆ่าเชื้อ 8 นาที ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
34	121.0	120.6	120.9	110.1	0.977	13.157	0.891	13.624	0.955	9.550	9.550
35	118.4	117.0	118.4	97.6	0.537	13.694	0.389	14.013	0.537	10.088	10.088
36	114.1	111.7	114.6	91.6	0.200	13.894	0.115	14.128	0.224	10.311	10.311
37	108.8	106.1	110	82.2	0.059	13.953	0.032	14.160	0.078	10.389	10.389
38	102.4	99.5	104.6	71.9	0.013	13.966	0.007	14.166	0.022	10.411	10.411
39	95.2	92.1	98.1	64.5	0.003	13.969	0.001	14.168	0.005	10.416	10.416
40	87.8	85.2	91.4	60.0	0.000	13.969	0.000	14.168	0.001	10.417	10.417
41	80.9	79.2	85.0	56.9	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
42	74.9	74.1	79.3	54.2	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
43	69.9	69.7	74.2	51.9	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
44	65.6	65.9	69.8	49.9	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
45	61.9	62.6	65.9	48.1	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
46	58.7	59.6	62.4	46.4	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
47	55.9	57.0	59.3	44.9	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
48	53.4	54.6	56.5	43.6	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
49	51.2	52.5	54.0	42.4	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
50	49.2	50.5	51.7	41.3	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
51	47.4	48.7	49.7	40.3	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
52	45.8	47.1	47.9	39.6	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
53	44.4	45.7	46.3	39.0	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
54	43.1	44.5	44.9	38.4	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418
55	42.1	43.4	43.7	38.8	0.000	13.969	0.000	14.168	0.000	10.418	10.418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่10ข ระดับการฆ่าเชื้อ 8 นาที ครั้งที่ 2

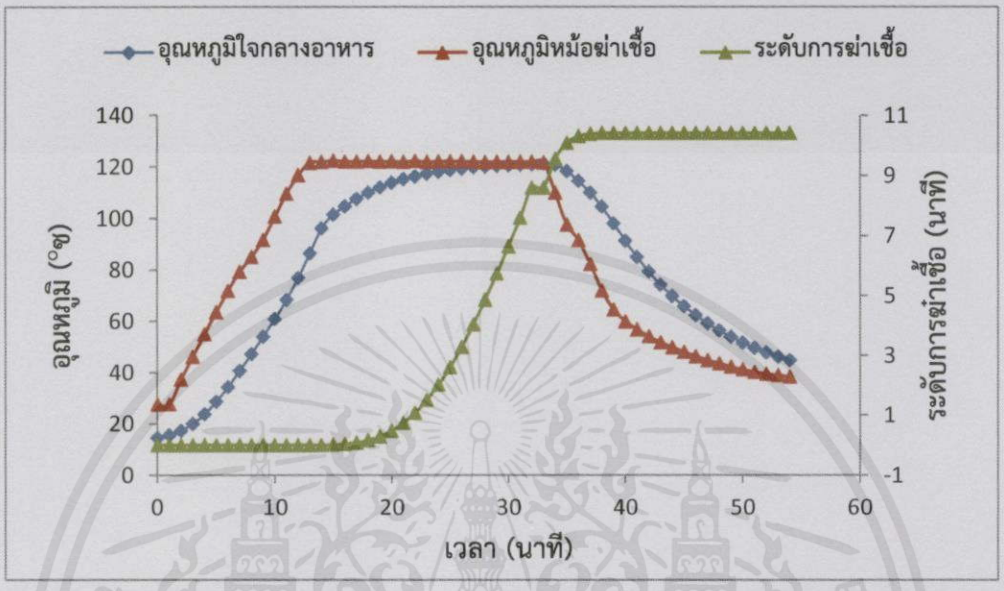
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	14.3	14.1	12.3	32.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	17.3	17.2	15.0	43.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	21.5	21.3	18.6	53.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	26.9	26.8	23.3	64.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	33.8	33.6	29.4	72.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	41.4	41.1	36.1	79.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	49.4	48.8	43.3	87.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	57.4	56.7	50.9	93.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	65.4	64.7	58.8	101.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	73.8	73.0	67.0	110.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	82.6	81.6	75.6	118.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	91.7	90.2	84.7	121.9	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
12	99.7	97.8	91.9	121.9	0.007	0.009	0.005	0.006	0.001	0.001	0.001
13	105.4	103.5	97.6	121.8	0.027	0.035	0.017	0.023	0.004	0.006	0.006
14	109.5	107.7	102.3	121.9	0.069	0.105	0.046	0.069	0.013	0.019	0.019
15	112.4	110.8	105.9	121.9	0.135	0.240	0.093	0.162	0.030	0.049	0.049
16	114.6	113.1	109	121.9	0.224	0.463	0.158	0.321	0.062	0.111	0.111
17	116.2	114.9	111.3	121.7	0.324	0.787	0.240	0.560	0.105	0.216	0.216
18	117.5	116.3	113.3	121.7	0.437	1.224	0.331	0.892	0.166	0.382	0.382
19	118.4	117.4	114.9	121.9	0.537	1.761	0.427	1.318	0.240	0.622	0.622
20	118.4	117.4	114.9	121.9	0.537	2.298	0.427	1.745	0.240	0.861	0.861
21	119.7	118.9	117.2	121.9	0.724	3.022	0.603	2.347	0.407	1.269	1.269
22	120.1	119.5	118.1	122.0	0.794	3.816	0.692	3.039	0.501	1.770	1.770
23	120.5	119.9	118.8	122.0	0.871	4.687	0.759	3.798	0.589	2.359	2.359
24	120.8	120.2	119.3	121.9	0.933	5.621	0.813	4.610	0.661	3.020	3.020
25	121.0	120.5	119.8	122.0	0.977	6.598	0.871	5.481	0.741	3.761	3.761
26	121.2	120.8	120.2	121.9	1.023	7.621	0.933	6.415	0.813	4.574	4.574
27	121.3	120.9	120.5	121.8	1.047	8.668	0.955	7.370	0.871	5.445	5.445
28	121.4	121.1	120.8	121.8	1.072	9.740	1.000	8.370	0.933	6.378	6.378
29	121.5	121.2	121.0	122.2	1.096	10.836	1.023	9.393	0.977	7.355	7.355
30	121.5	121.3	121.1	121.8	1.096	11.933	1.047	10.440	1.000	8.355	8.355
31	121.6	121.4	121.3	117.3		11.933		10.440		8.355	8.355
32	120.9	120.7	121.0	108.1	0.955	12.888	0.912	11.352	0.977	9.332	9.332
33	118.1	118.0	119.4	99.9	0.501	13.389	0.490	11.842	0.676	10.008	10.008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

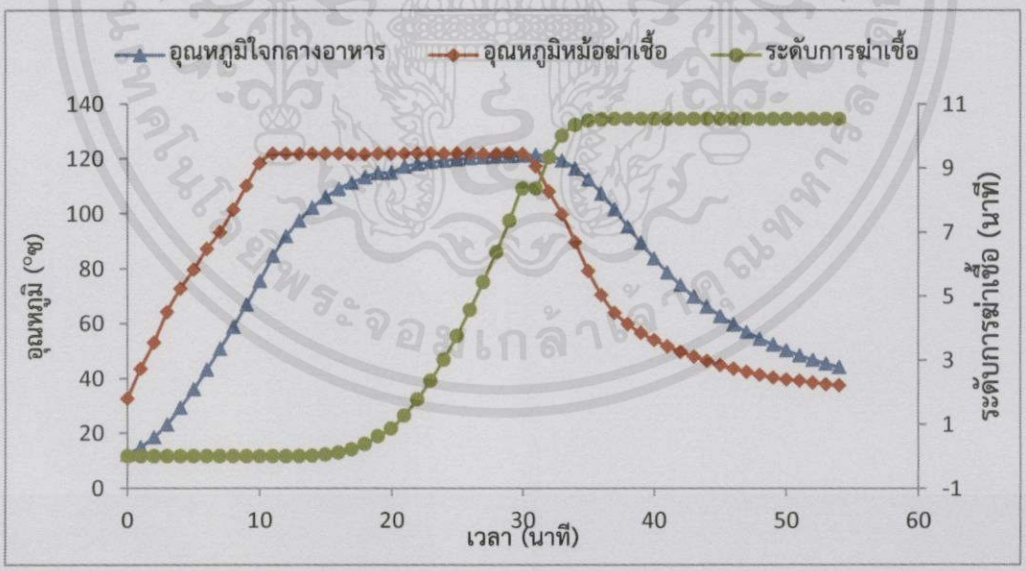
ตารางที่ 10ข ระดับการฆ่าเชื้อ 8 นาที ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
34	113.6	113.8	116.4	89.8	0.178	13.567	0.186	12.028	0.339	10.347	10.347
35	108.1	108.7	112.4	79.2	0.050	13.617	0.058	12.086	0.135	10.482	10.482
36	101.6	102.6	107.4	70.5	0.011	13.628	0.014	12.100	0.043	10.525	10.525
37	94.5	96.0	101.6	63.9	0.002	13.630	0.003	12.103	0.011	10.536	10.536
38	87.6	89.2	95.4	59.9	0.000	13.631	0.001	12.104	0.003	10.539	10.539
39	81.3	83.0	89.4	56.7	0.000	13.631	0.000	12.104	0.001	10.539	10.539
40	75.9	77.5	83.8	54.1	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
41	71.3	72.7	78.7	51.8	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
42	67.2	68.4	74.1	49.8	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
43	63.7	64.7	69.9	48.1	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
44	60.6	61.4	66.2	46.5	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
45	57.8	58.5	62.8	45	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
46	55.4	55.9	59.8	43.7	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
47	53.2	53.5	57.1	42.5	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
48	51.1	51.4	54.6	41.4	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
49	49.3	49.5	52.4	40.4	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
50	47.6	47.8	50.4	39.7	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
51	46.1	46.2	48.5	39.3	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
52	44.8	44.8	46.9	38.6	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
53	43.6	43.7	45.5	38	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
54	42.6	42.6	44.2	37.6	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540
55	41.7	41.7	43.1	37.3	0.000	13.631	0.000	12.104	0.000	10.540	10.540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 8 นาที ครั้งที่ 1



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 8 นาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.5 การทดลองการลดอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 11ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	17.5	17.5	17.5	38.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	18.0	18.1	17.9	38.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	18.6	18.8	18.3	47.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	19.4	19.8	18.8	52.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	20.5	21.1	19.6	66.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	22.2	23.4	20.9	70.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	24.9	26.9	22.8	77.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	28.3	31.2	25.6	84.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	33.1	37.3	29.8	91.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	39.6	45.1	35.6	97.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	47.3	53.5	42.4	104.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	56.1	63.0	50.3	112.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	66.0	73.2	59.5	116.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	75.1	82.3	68.4	115.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	82.4	89.0	76.4	116.1	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
15	89.0	94.1	84.0	116.4	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
16	95.2	99.0	90.8	115.7	0.003	0.003	0.006	0.009	0.001	0.001	0.001
17	100.2	102.8	96.2	115.7	0.008	0.011	0.015	0.024	0.003	0.004	0.004
18	103.8	105.8	100.3	115.7	0.019	0.030	0.030	0.053	0.008	0.013	0.013
19	106.6	108.0	103.5	115.6	0.035	0.066	0.049	0.102	0.017	0.030	0.030
20	108.7	109.7	106.1	115.6	0.058	0.123	0.072	0.175	0.032	0.062	0.062
21	110.3	110.9	108.1	115.6	0.083	0.206	0.095	0.270	0.050	0.112	0.112
22	111.4	111.8	109.6	115.6	0.107	0.313	0.117	0.388	0.071	0.183	0.183
23	112.4	112.6	110.8	115.7	0.135	0.448	0.141	0.529	0.093	0.276	0.276
24	113.1	113.2	111.8	115.6	0.158	0.607	0.162	0.691	0.117	0.393	0.393
25	113.6	113.7	112.6	115.8	0.178	0.785	0.182	0.873	0.141	0.535	0.535
26	114.1	114.0	113.3	115.6	0.200	0.984	0.195	1.068	0.166	0.701	0.701
27	114.4	114.3	113.8	116.0	0.214	1.198	0.209	1.277	0.186	0.887	0.887
28	114.7	114.6	114.2	115.8	0.229	1.427	0.224	1.501	0.204	1.091	1.091
29	114.9	114.8	114.5	115.8	0.240	1.667	0.234	1.735	0.219	1.310	1.310
30	115.1	114.9	114.7	115.8	0.251	1.918	0.240	1.975	0.229	1.539	1.539
31	115.2	115.0	114.9	115.6	0.257	2.175	0.245	2.221	0.240	1.779	1.779
32	115.3	115.1	115.1	115.7	0.263	2.438	0.251	2.472	0.251	2.030	2.030
33	115.4	115.2	115.2	115.9	0.269	2.707	0.257	2.729	0.257	2.287	2.287

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
34	115.5	115.3	115.4	115.6	0.275	2.983	0.263	2.992	0.269	2.556	2.556
35	115.5	115.3	115.4	115.6	0.275	3.258	0.263	3.255	0.269	2.825	2.825
36	115.6	115.4	115.5	115.7	0.282	3.540	0.269	3.524	0.275	3.101	3.101
37	115.6	115.4	115.5	115.7	0.282	3.822	0.269	3.793	0.275	3.376	3.376
38	115.6	115.4	115.6	115.8	0.282	4.104	0.269	4.062	0.282	3.658	3.658
39	115.6	115.4	115.6	115.6	0.282	4.386	0.269	4.332	0.282	3.940	3.940
40	115.6	115.5	115.6	115.7	0.282	4.667	0.275	4.607	0.282	4.222	4.222
41	115.6	115.5	115.6	114.4		4.667		4.607		4.222	4.222
42	115.3	114.6	114.2	101.2	0.263	4.930	0.224	4.831	0.204	4.426	4.426
43	112.7	110.5	110.5	94.8	0.145	5.075	0.087	4.918	0.087	4.513	4.513
44	107.3	104.8	105.3	88.4	0.042	5.117	0.023	4.941	0.026	4.539	4.539
45	100.6	98.3	99.3	77.7	0.009	5.126	0.005	4.947	0.007	4.546	4.546
46	93.1	90.7	92.2	67.5	0.002	5.127	0.001	4.947	0.001	4.547	4.547
47	85.2	82.7	84.8	62.3	0.000	5.127	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
48	78.4	76.1	78.5	60.4	0.000	5.127	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
49	73.5	71.1	73.4	58.4	0.000	5.127	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
50	69.6	67.2	69.3	56.5	0.000	5.127	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
51	66.5	64.1	65.9	54.9	0.000	5.127	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
52	63.8	61.5	62.9	53.4	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
53	61.4	59.3	60.5	52.0	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
54	59.3	57.4	58.3	50.9	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
55	57.5	55.7	56.4	49.7	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
56	55.8	54.3	54.7	48.5	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547
57	54.4	52.9	53.1	47.5	0.000	5.128	0.000	4.948	0.000	4.547	4.547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 2

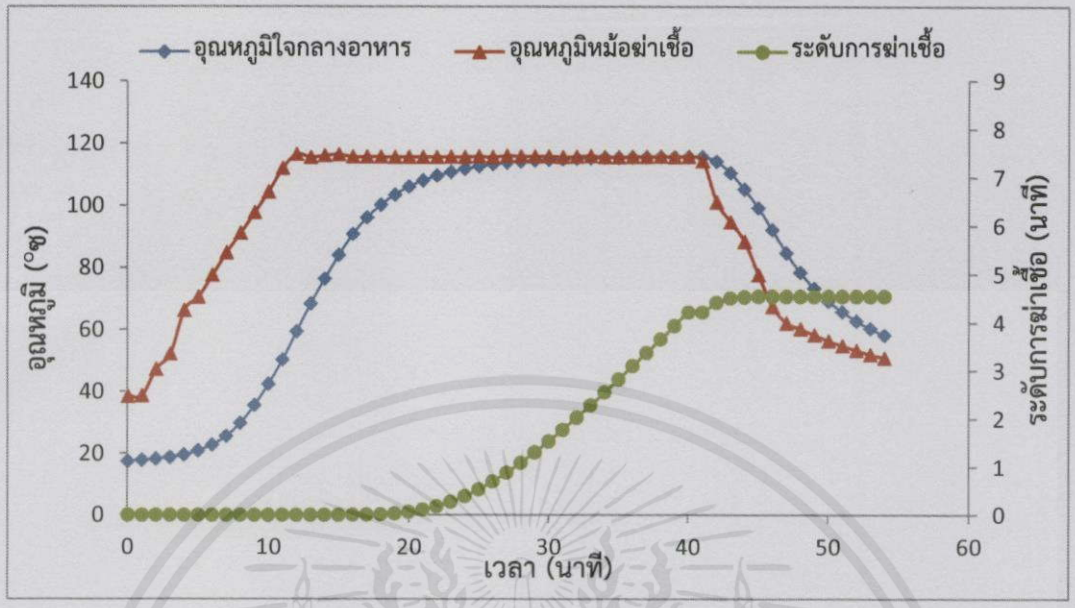
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	20.0	21.6	19.4	43.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	20.7	22.4	20.2	42.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	21.8	23.5	21.2	33.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	23.6	25.3	23	40.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	26.6	28.3	25.7	51.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	31.2	33.0	30.2	60.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	37.0	39.1	36.1	67.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	43.4	45.8	42.9	75.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	50.1	52.7	50.0	81.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	56.8	59.9	57.3	88.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	63.7	67.4	64.7	93.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	70.6	75.1	72.3	100.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	77.6	82.6	80.0	108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	84.6	90.1	87.6	114	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000
14	91.6	97.3	94.8	115.8	0.001	0.001	0.004	0.005	0.002	0.003	0.001
15	97.6	102.7	100.7	116.1	0.004	0.006	0.014	0.020	0.009	0.012	0.006
16	102.1	106.3	104.7	115.9	0.013	0.018	0.033	0.053	0.023	0.035	0.018
17	105.4	108.7	107.3	116.2	0.027	0.045	0.058	0.110	0.042	0.077	0.045
18	107.9	110.4	109.1	115.8	0.048	0.093	0.085	0.195	0.063	0.140	0.093
19	109.7	111.6	110.7	115.6	0.072	0.166	0.112	0.308	0.091	0.231	0.166
20	111.1	112.6	111.7	115.6	0.100	0.266	0.141	0.449	0.115	0.346	0.266
21	112.1	113.3	112.5	115.8	0.126	0.392	0.166	0.615	0.138	0.484	0.392
22	112.9	113.8	113.1	115.7	0.151	0.543	0.186	0.801	0.158	0.642	0.543
23	113.5	114.2	113.6	115.8	0.174	0.717	0.204	1.005	0.178	0.820	0.717
24	114	114.5	114	115.9	0.195	0.912	0.219	1.224	0.195	1.015	0.912
25	114.4	114.7	114.3	115.9	0.214	1.125	0.229	1.453	0.209	1.224	1.125
26	114.7	114.9	114.6	115.8	0.229	1.355	0.240	1.693	0.224	1.448	1.355
27	114.9	115.1	114.8	115.7	0.240	1.594	0.251	1.944	0.234	1.682	1.594
28	115.1	115.2	115.0	115.7	0.251	1.846	0.257	2.201	0.245	1.928	1.846
29	115.2	115.3	115.1	115.7	0.257	2.103	0.263	2.464	0.251	2.179	2.103
30	115.3	115.3	115.2	115.7	0.263	2.366	0.263	2.727	0.257	2.436	2.366
31	115.4	115.4	115.3	115.9	0.269	2.635	0.269	2.996	0.263	2.699	2.635
32	115.5	115.4	115.3	115.8	0.275	2.910	0.269	3.265	0.263	2.962	2.910
33	115.5	115.5	115.4	115.6	0.275	3.186	0.275	3.541	0.269	3.231	3.186
34	115.6	115.5	115.4	115.8	0.282	3.468	0.275	3.816	0.269	3.500	3.468

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ผลิตซ้ำ ดัดแปลง เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 2 (ต่อ)

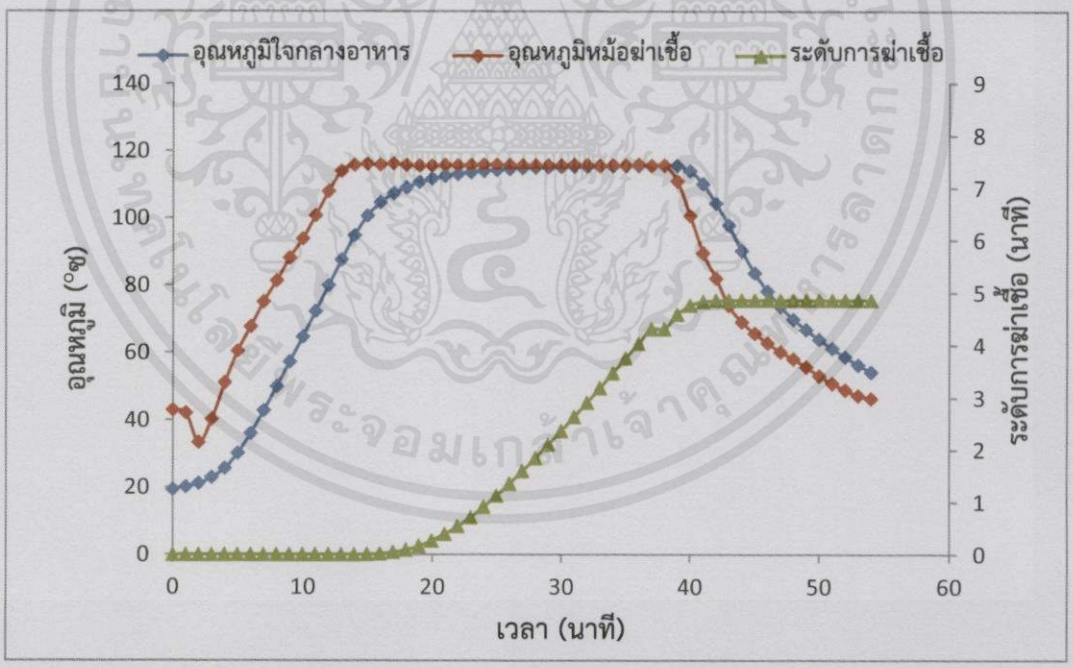
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
35	115.6	115.5	115.5	115.7	0.282	3.749	0.275	4.092	0.275	3.776	3.749
36	115.6	115.5	115.5	116.0	0.282	4.031	0.275	4.367	0.275	4.051	4.031
37	115.6	115.5	115.6	115.6	0.282	4.313	0.275	4.643	0.282	4.333	4.313
38	115.7	115.6	115.6	115.7		4.313		4.643		4.333	4.313
39	115.5	115.2	115.6	111.0	0.275	4.588	0.257	4.900	0.282	4.615	4.588
40	113.5	112.2	114.0	100.7	0.174	4.762	0.129	5.028	0.195	4.810	4.762
41	109.6	107.1	110.2	89.6	0.071	4.833	0.040	5.068	0.081	4.891	4.833
42	104.2	100.8	104.4	82.1	0.020	4.853	0.009	5.078	0.021	4.913	4.853
43	97.8	93.8	97.8	74.0	0.005	4.858	0.002	5.079	0.005	4.917	4.858
44	90.9	86.4	90.3	69.2	0.001	4.859	0.000	5.080	0.001	4.918	4.859
45	84.5	80.1	83.7	65.8	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
46	79.2	75.0	78.3	62.9	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
47	74.6	70.9	73.8	60.3	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
48	70.7	67.3	70.0	58.2	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
49	67.3	64.4	66.9	55.8	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
50	64.2	61.6	64.0	53.2	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
51	61.4	58.9	61.3	51.0	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
52	58.7	56.4	58.8	49.1	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
53	56.3	54.2	56.4	47.4	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859
54	54.1	52.2	54.3	46.5	0.000	4.859	0.000	5.080	0.000	4.918	4.859

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆกับเวลาและระดับการฆ่าเชื้อ

F เท่ากับ 4 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 1



รูปที่ 17ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ

F เท่ากับ 4 นาที อุณหภูมิ 116 °ซ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	21.9	22.6	20.8	31.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	16.7	22.8	21.0	35.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	17.5	23.0	21.3	35.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	17.9	23.5	21.6	30.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	18.5	24.4	22.8	37.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	20.0	26.5	24.6	48.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	22.2	35.3	32.7	58.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	26.8	35.3	32.7	67.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	32.7	41.3	38.4	73.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	38.5	47.9	44.6	80.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	45.4	54.7	51.0	87.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	52.7	61.5	57.6	93.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	59.1	68.4	64.5	101.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	66.7	75.5	71.6	107.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	72.0	82.7	78.9	109.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	90.3	89.0	85.6	109.6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
16	95.2	93.7	91.0	110.0	0.003	0.003	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001
17	98.7	97.3	95.2	110.0	0.006	0.009	0.004	0.007	0.003	0.004	0.004
18	101.2	100.0	98.4	109.7	0.010	0.019	0.008	0.015	0.005	0.009	0.009
19	103.0	102.0	100.9	109.7	0.015	0.035	0.012	0.027	0.010	0.019	0.019
20	104.4	103.6	102.8	109.6	0.021	0.056	0.018	0.045	0.015	0.034	0.034
21	105.5	104.9	104.3	109.7	0.028	0.084	0.024	0.069	0.021	0.055	0.055
22	106.4	105.9	105.4	109.7	0.034	0.118	0.030	0.099	0.027	0.081	0.081
23	107.1	106.6	106.4	109.8	0.040	0.158	0.035	0.134	0.034	0.115	0.115
24	107.7	107.2	107.1	109.7	0.046	0.203	0.041	0.175	0.040	0.155	0.155
25	108.1	107.7	107.7	109.7	0.050	0.253	0.046	0.221	0.046	0.201	0.201
26	108.4	108.1	108.1	109.6	0.054	0.307	0.050	0.271	0.050	0.251	0.251
27	108.7	108.4	108.4	109.7	0.058	0.365	0.054	0.325	0.054	0.305	0.305
28	108.9	108.6	108.7	110.0	0.060	0.425	0.056	0.381	0.058	0.362	0.362
29	109.1	108.8	108.9	109.7	0.063	0.488	0.059	0.440	0.060	0.422	0.422
30	109.2	109.0	109.1	110.2	0.065	0.553	0.062	0.501	0.063	0.486	0.486
31	109.3	109.1	109.2	109.7	0.066	0.619	0.063	0.564	0.065	0.550	0.550
32	109.4	109.2	109.3	109.7	0.068	0.686	0.065	0.629	0.066	0.616	0.616
33	109.4	109.3	109.4	109.6	0.068	0.754	0.066	0.695	0.068	0.684	0.684
34	109.5	109.3	109.5	109.7	0.069	0.823	0.066	0.761	0.069	0.753	0.753

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
35	109.5	109.4	109.6	109.7	0.069	0.892	0.068	0.829	0.071	0.824	0.824
36	109.6	109.4	109.6	110.0	0.071	0.963	0.068	0.896	0.071	0.895	0.895
37	109.6	109.5	109.7	109.6	0.071	1.034	0.069	0.966	0.072	0.967	0.966
38	109.6	109.5	109.7	110.0	0.071	1.105	0.069	1.035	0.072	1.039	1.035
39	109.6	109.5	109.7	109.8	0.071	1.175	0.069	1.104	0.072	1.112	1.104
40	109.4	109.5	109.7	109.6	0.068	1.243	0.069	1.173	0.072	1.184	1.173
41	109.4	109.6	109.7	109.7	0.068	1.311	0.071	1.244	0.072	1.257	1.244
42	109.4	109.6	109.7	109.8	0.068	1.378	0.071	1.315	0.072	1.329	1.315
43	109.4	109.6	109.7	109.8	0.068	1.446	0.071	1.385	0.072	1.402	1.385
44	109.4	109.6	109.7	109.7	0.068	1.513	0.071	1.456	0.072	1.474	1.456
45	109.4	109.6	109.7	109.8	0.068	1.581	0.071	1.527	0.072	1.547	1.527
46	109.4	109.6	109.8	110.0	0.068	1.649	0.071	1.598	0.074	1.621	1.598
47	109.4	109.6	109.8	109.7	0.068	1.716	0.071	1.669	0.074	1.695	1.669
48	109.4	109.6	109.8	110.0	0.068	1.784	0.071	1.739	0.074	1.769	1.739
49	109.4	109.6	109.8	109.7	0.068	1.851	0.071	1.810	0.074	1.843	1.810
50	109.4	109.7	109.8	109.8	0.068	1.919	0.072	1.883	0.074	1.917	1.883
51	109.4	109.6	109.8	109.7	0.068	1.987	0.071	1.953	0.074	1.991	1.953
52	109.4	109.7	109.8	109.7	0.068	2.054	0.072	2.026	0.074	2.065	2.026
53	109.4	109.7	109.8	109.8	0.068	2.122	0.072	2.098	0.074	2.140	2.098
54	109.4	109.7	109.8	109.8	0.068	2.189	0.072	2.171	0.074	2.214	2.171
55	109.4	109.7	109.8	110.0	0.068	2.257	0.072	2.243	0.074	2.288	2.243
56	109.4	109.7	109.8	109.8	0.068	2.325	0.072	2.316	0.074	2.362	2.316
57	109.4	109.7	109.8	109.8	0.068	2.392	0.072	2.388	0.074	2.436	2.388
58	109.4	109.7	109.8	109.9	0.068	2.460	0.072	2.461	0.074	2.510	2.460
59	109.4	109.7	109.8	109.7	0.068	2.527	0.072	2.533	0.074	2.584	2.527
60	109.4	109.7	109.8	109.7	0.068	2.595	0.072	2.605	0.074	2.659	2.595
61	109.5	109.7	109.8	110.0	0.069	2.664	0.072	2.678	0.074	2.733	2.678
62	109.5	109.7	109.8	110.0	0.069	2.733	0.072	2.750	0.074	2.807	2.750
63	109.5	109.7	109.8	110.0	0.069	2.803	0.072	2.823	0.074	2.881	2.823
64	109.5	109.7	109.8	109.8	0.069	2.872	0.072	2.895	0.074	2.955	2.895
65	109.5	109.7	109.8	109.8	0.069	2.941	0.072	2.968	0.074	3.029	2.968
66	109.5	109.7	109.8	109.7	0.069	3.010	0.072	3.040	0.074	3.103	3.040
67	109.5	109.7	109.8	109.7	0.069	3.079	0.072	3.113	0.074	3.177	3.113
68	109.5	109.7	109.8	109.8	0.069	3.149	0.072	3.185	0.074	3.252	3.185
69	109.5	109.7	109.8	109.8	0.069	3.218	0.072	3.257	0.074	3.326	3.257

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 13ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
70	109.5	109.7	109.8	109.7	0.069	3.287	0.072	3.330	0.074	3.400	3.330
71	109.7	109.7	109.8	109.9	0.072	3.359	0.072	3.402	0.074	3.474	3.402
72	109.7	109.7	109.8	109.8	0.072	3.432	0.072	3.475	0.074	3.548	3.475
73	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	3.504	0.072	3.547	0.074	3.622	3.547
74	109.7	109.7	109.8	109.8	0.072	3.577	0.072	3.620	0.074	3.696	3.620
75	109.7	109.6	109.8	109.9	0.072	3.649	0.071	3.690	0.074	3.770	3.690
76	109.7	109.7	109.8	109.8	0.072	3.722	0.072	3.763	0.074	3.845	3.763
77	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	3.794	0.072	3.835	0.074	3.919	3.835
78	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	3.866	0.072	3.908	0.074	3.993	3.908
79	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	3.939	0.072	3.980	0.074	4.067	3.980
80	109.7	109.7	109.8	109.8	0.072	4.011	0.072	4.053	0.074	4.141	4.053
81	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	4.084	0.072	4.125	0.074	4.215	4.125
82	109.7	109.7	109.8	109.7	0.072	4.156	0.072	4.198	0.074	4.289	4.198
83	109.7	109.7	109.8	106.3		4.156		4.198		4.289	4.198
84	109.2	109.0	109.4	101.7	0.065	4.221	0.062	4.259	0.068	4.357	4.259
85	106.3	106.5	107.4	91.5	0.033	4.254	0.035	4.294	0.043	4.400	4.294
86	101.6	102.9	103.8	88.5	0.011	4.265	0.015	4.309	0.019	4.418	4.309
87	95.9	97.9	98.8	71.6	0.003	4.268	0.005	4.314	0.006	4.424	4.314
88	87.1	90.9	91.4	64	0.000	4.269	0.001	4.315	0.001	4.425	4.315
89	79.3	83.8	84.0	61.7	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.425	4.315
90	74.1	77.9	78.1	59.7	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.425	4.315
91	70.0	73.3	73.4	57.9	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
92	66.7	69.6	69.5	55.6	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
93	63.8	66.4	66.1	53.2	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
94	61.2	63.4	63.1	51.4	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
95	58.9	60.8	60.4	49.9	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
96	56.8	58.5	58.0	46.5	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
97	54.9	56.3	55.9	46.5	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
98	53.1	54.3	53.9	44.9	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
99	51.4	52.4	52.1	43.6	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315
100	49.9	50.7	50.4	44.3	0.000	4.269	0.000	4.315	0.000	4.426	4.315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
0	22.5	22.2	21.9	27.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	23.4	23.0	22.5	37.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	25.4	24.8	23.8	47.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	29.2	28.2	26.6	57.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	34.3	33	30.6	67.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	40.6	38.8	35.8	74.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	47.6	45.2	41.6	81.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	54.9	51.9	47.7	88.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	62.3	58.6	54.2	94.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	69.6	65.4	60.9	101.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	77.0	72.1	67.8	107.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	84.3	78.9	74.8	110.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	90.6	85.1	81.3	110.1	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	95.3	90.1	86.8	110.3	0.003	0.004	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
14	98.7	94.1	91.2	109.9	0.006	0.010	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002
15	101.2	97.2	94.8	110.0	0.010	0.020	0.004	0.007	0.002	0.004	0.004
16	103.1	99.7	97.8	110.0	0.016	0.036	0.007	0.014	0.005	0.009	0.009
17	104.6	101.6	100.1	110.0	0.022	0.058	0.011	0.026	0.008	0.016	0.016
18	105.7	103.2	102.0	110.0	0.029	0.087	0.016	0.042	0.012	0.029	0.029
19	106.6	104.5	103.6	110.0	0.035	0.122	0.022	0.064	0.018	0.047	0.047
20	107.3	105.5	104.8	110.4	0.042	0.164	0.028	0.091	0.023	0.070	0.070
21	107.8	106.3	105.8	110.2	0.047	0.211	0.033	0.124	0.030	0.100	0.100
22	108.3	107.0	106.7	110.1	0.052	0.263	0.039	0.163	0.036	0.136	0.136
23	108.7	107.6	107.3	110.2	0.058	0.321	0.045	0.208	0.042	0.178	0.178
24	109.0	108.1	107.9	110.2	0.062	0.382	0.050	0.258	0.048	0.225	0.225
25	109.2	108.5	108.3	110.4	0.065	0.447	0.055	0.313	0.052	0.278	0.278
26	109.4	108.8	108.7	110.2	0.068	0.515	0.059	0.372	0.058	0.335	0.335
27	109.6	109.0	109.0	110.1	0.071	0.585	0.062	0.434	0.062	0.397	0.397
28	109.7	109.2	109.2	110.1	0.072	0.658	0.065	0.498	0.065	0.462	0.462
29	109.8	109.4	109.4	110.2	0.074	0.732	0.068	0.566	0.068	0.529	0.529
30	109.9	109.5	109.6	110.1	0.076	0.808	0.069	0.635	0.071	0.600	0.600
31	109.9	109.6	109.7	110.2	0.076	0.884	0.071	0.706	0.072	0.672	0.672
32	110.0	109.7	109.8	110.1	0.078	0.961	0.072	0.778	0.074	0.747	0.747
33	110.0	109.8	109.9	110.2	0.078	1.039	0.074	0.852	0.076	0.822	0.822
34	110.0	109.8	109.9	110.2	0.078	1.117	0.074	0.926	0.076	0.898	0.898

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ขาย หรือแสวงหาผลการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 2 (ต่อ)

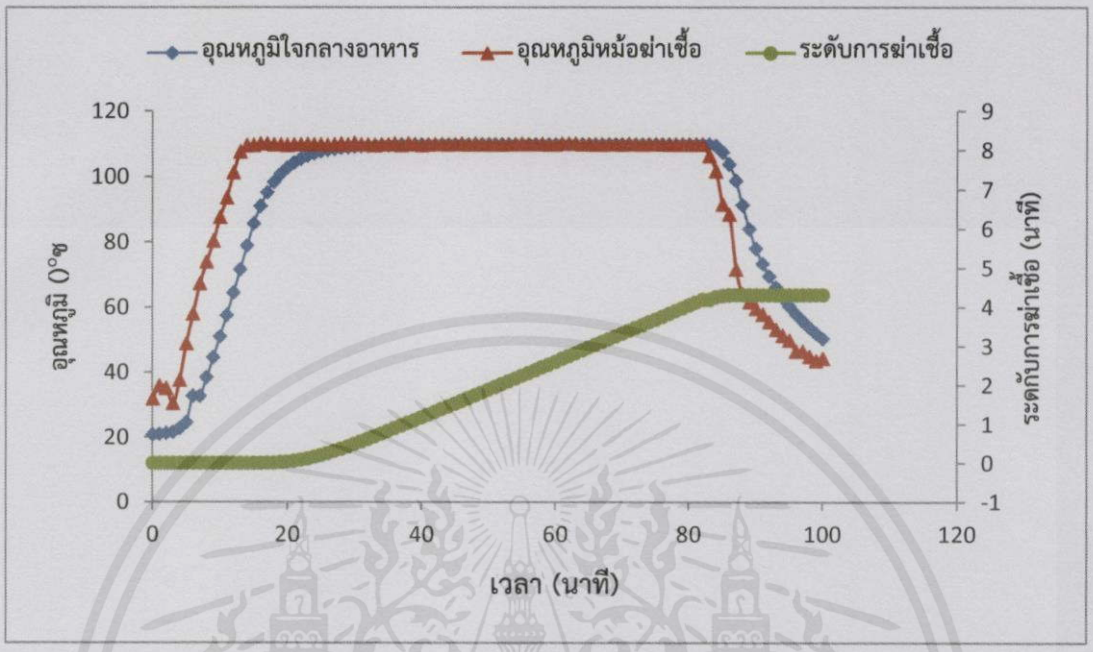
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
35	110.0	109.9	110.0	110.2	0.078	1.194	0.076	1.002	0.078	0.976	0.976
36	110.0	109.9	110.0	110.1	0.078	1.272	0.076	1.078	0.078	1.054	1.054
37	110.0	109.9	110.0	110.0	0.078	1.349	0.076	1.154	0.078	1.131	1.131
38	110.0	109.9	110.0	110.2	0.078	1.427	0.076	1.230	0.078	1.209	1.209
39	110.0	110.0	110.0	110.0	0.078	1.505	0.078	1.308	0.078	1.286	1.286
40	110.0	109.9	110.0	110.0	0.078	1.582	0.076	1.383	0.078	1.364	1.364
41	110.0	110.0	110.0	110.0	0.078	1.660	0.078	1.461	0.078	1.442	1.442
42	110.0	110.0	110.0	110.1	0.078	1.738	0.078	1.539	0.078	1.519	1.519
43	110.0	109.9	110.0	110.1	0.078	1.815	0.076	1.614	0.078	1.597	1.597
44	110.0	110.0	110.0	110.4	0.078	1.893	0.078	1.692	0.078	1.675	1.675
45	110.0	109.9	110.0	110.1	0.078	1.970	0.076	1.768	0.078	1.752	1.752
46	110.0	109.9	110.0	110.1	0.078	2.048	0.076	1.844	0.078	1.830	1.830
47	110.0	109.9	110.0	110	0.078	2.126	0.076	1.920	0.078	1.907	1.907
48	110.0	109.9	110.0	109.9	0.078	2.203	0.076	1.996	0.078	1.985	1.985
49	110.0	109.9	110.0	109.9	0.078	2.281	0.076	2.071	0.078	2.063	2.063
50	110.0	109.9	110.0	110.0	0.078	2.359	0.076	2.147	0.078	2.140	2.140
51	109.9	109.9	110.0	110.0	0.076	2.434	0.076	2.223	0.078	2.218	2.218
52	109.9	109.9	110.0	110.0	0.076	2.510	0.076	2.299	0.078	2.296	2.296
53	109.9	109.9	110.0	110.0	0.076	2.586	0.076	2.375	0.078	2.373	2.373
54	109.9	109.9	110.0	109.9	0.076	2.662	0.076	2.451	0.078	2.451	2.451
55	109.9	109.9	110.0	109.9	0.076	2.738	0.076	2.527	0.078	2.528	2.527
56	109.9	109.9	110.0	110.0	0.076	2.814	0.076	2.602	0.078	2.606	2.602
57	109.9	109.9	110.0	109.9	0.076	2.890	0.076	2.678	0.078	2.684	2.678
58	109.9	109.8	110.0	110.0	0.076	2.965	0.074	2.752	0.078	2.761	2.752
59	109.9	109.9	110.0	109.9	0.076	3.041	0.076	2.828	0.078	2.839	2.828
60	109.9	109.8	110.0	109.9	0.076	3.117	0.074	2.902	0.078	2.917	2.902
61	109.9	109.8	110.0	110.0	0.076	3.193	0.074	2.977	0.078	2.994	2.977
62	109.9	109.8	110.0	109.8	0.076	3.269	0.074	3.051	0.078	3.072	3.051
63	109.9	109.8	110.0	109.9	0.076	3.345	0.074	3.125	0.078	3.149	3.125
64	109.8	109.8	109.9	109.8	0.074	3.419	0.074	3.199	0.076	3.225	3.199
65	109.8	109.8	109.9	109.9	0.074	3.493	0.074	3.273	0.076	3.301	3.273
66	109.8	109.8	109.9	109.9	0.074	3.567	0.074	3.347	0.076	3.377	3.347
67	109.8	109.8	109.9	109.9	0.074	3.641	0.074	3.421	0.076	3.453	3.421
68	109.8	109.7	109.9	109.8	0.074	3.715	0.072	3.494	0.076	3.529	3.494
69	109.8	109.8	109.9	109.8	0.074	3.790	0.074	3.568	0.076	3.605	3.568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

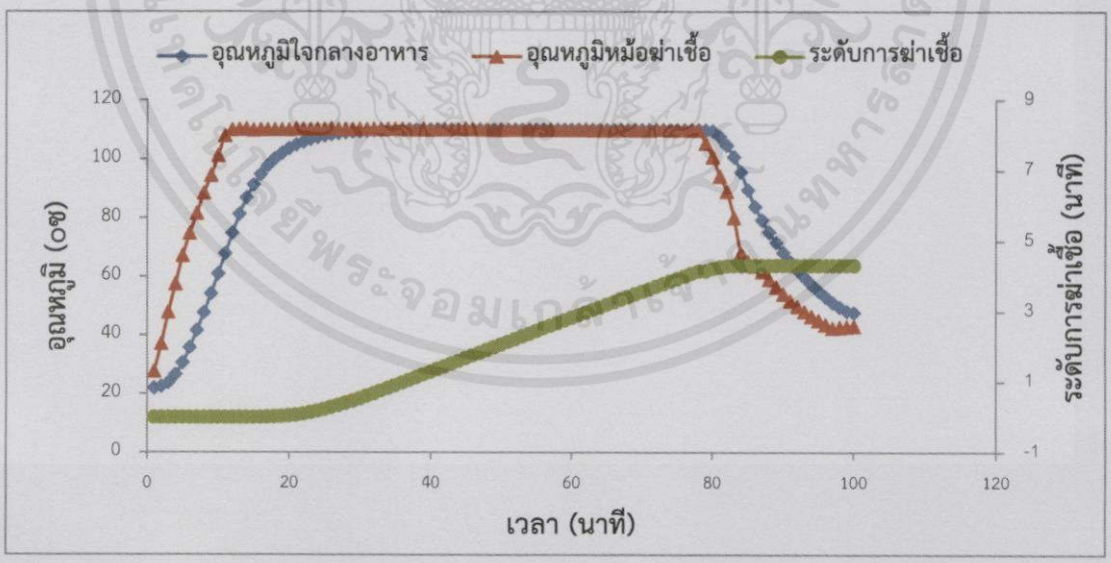
ตารางที่ 14ข ระดับการฆ่าเชื้อ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				lethal rate2	F_0 (1)	lethal rate3	F_0 (2)	lethal rate5	F_0 (3)	min F_0 (นาที)
	1	2	3	หม้อฆ่าเชื้อ							
70	109.8	109.7	109.9	109.8	0.074	3.864	0.072	3.640	0.076	3.680	3.640
71	109.8	109.7	109.9	110.0	0.074	3.938	0.072	3.713	0.076	3.756	3.713
72	109.8	109.8	109.9	110.0	0.074	4.012	0.074	3.787	0.076	3.832	3.787
73	109.8	109.8	109.9	109.8	0.074	4.086	0.074	3.861	0.076	3.908	3.861
74	109.8	109.8	109.9	109.9	0.074	4.160	0.074	3.935	0.076	3.984	3.935
75	109.8	109.7	109.9	109.9	0.074	4.234	0.072	4.008	0.076	4.060	4.008
76	109.8	109.7	109.9	109.8	0.074	4.308	0.072	4.080	0.076	4.136	4.080
77	109.8	109.7	109.9	109.8	0.074	4.383	0.072	4.152	0.076	4.211	4.152
78	109.8	109.7	109.8	105.3		4.383		4.152		4.211	4.152
79	109.3	109.4	109.5	100.7	0.066	4.449	0.068	4.220	0.069	4.281	4.220
80	106.7	107.8	107.6	94.1	0.036	4.485	0.047	4.267	0.045	4.325	4.267
81	102.9	105.2	104.6	89.0	0.015	4.500	0.026	4.293	0.022	4.348	4.293
82	98.0	101.6	100.7	80.0	0.005	4.505	0.011	4.304	0.009	4.357	4.304
83	92.0	97.1	95.6	67.9	0.001	4.506	0.004	4.308	0.003	4.360	4.308
84	85.2	91.6	89.5	65.1	0.000	4.506	0.001	4.309	0.001	4.360	4.309
85	79.4	86.1	83.8	63.6	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
86	74.9	81.3	79.3	61.6	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
87	71.1	77.3	75.2	59.0	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
88	67.8	73.6	71.6	56.4	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
89	64.8	70.2	68.2	54.0	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
90	61.9	67.0	65.1	51.7	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
91	59.3	64.0	62.3	49.8	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
92	56.9	61.3	59.8	48.0	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
93	54.6	58.7	57.3	46.4	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
94	52.6	56.4	55.1	45.0	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
95	50.7	54.1	53.1	43.6	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
96	49.0	52.1	51.2	42.4	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
97	47.5	50.3	49.6	42.7	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
98	46.4	48.8	48.2	42.9	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309
99	46.0	48.2	47.7	43.1	0.000	4.507	0.000	4.309	0.000	4.361	4.309

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F เท่ากับ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 1



รูปที่ 19ข ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ กับเวลา และระดับการฆ่าเชื้อ F เท่ากับ 4.02 นาที อุณหภูมิ 110 °ซ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.5

ผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0513.12201/571018

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่	:	571018	**วันที่**	17 กุมภาพันธ์ 2557
ผู้ขอรับบริการ	:	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520		
ชื่อตัวอย่าง	:	โจ๊กข้าวผสมถั่ว (INT)		
ชนิดตัวอย่าง	:	อาหารทั่วไป		
ภาชนะบรรจุ	:	ถุงรีทอร์ทเพาช์		
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	:	200 กรัม		
ลักษณะตัวอย่าง	:	เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวสีขาวขุ่น		
วันที่รับตัวอย่าง	:	16 มกราคม 2557		
วันที่ทำการทดสอบ	:	20 - 28 มกราคม 2557		

รายการทดสอบ	**ผลการทดสอบ**	**วิธีทดสอบ**	**หมายเหตุ**
จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 35° ซ, โคโลนี / กรัม	2.2×10^2	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes / 2 กรัม	ไม่พบ	BAM Online 2001, Chapter 21	-

ผู้รายงาน

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)

นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)

หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....

(นายพีรวัฒน์ ประกิด)

ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ที่ ศธ 0513.12201/571012

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่	:	571012	**วันที่** 20 กุมภาพันธ์ 2557
ผู้ขอรับบริการ	:	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520	
ชื่อตัวอย่าง	:	โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 4/1)	
ชนิดตัวอย่าง	:	อาหารทั่วไป	
ภาชนะบรรจุ	:	ถุงรีทอร์ทเพาช์	
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	:	200 กรัม	
ลักษณะตัวอย่าง	:	เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น	
วันที่รับตัวอย่าง	:	16 มกราคม 2557	
วันที่ทำการทดสอบ	:	20 มกราคม - 4 กุมภาพันธ์ 2557	

รายการทดสอบ	**ผลการทดสอบ**	**วิธีทดสอบ**	**หมายเหตุ**
Total Plate Count 35 °C, cfu/g	Not detected	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes / 2 g	Not detected	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)
หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....

(นางพิชร ตาระกาล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ที่ ศธ 0513.12201/571013

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่ : 571013 **วันที่** 20 กุมภาพันธ์ 2557

ผู้ขอรับบริการ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ชื่อตัวอย่าง : โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 4/2)

ชนิดตัวอย่าง : อาหารทั่วไป

ภาชนะบรรจุ : ถุงรีทอร์ทเพาช์

ขนาดบรรจุต่อหน่วย : 200 กรัม

ลักษณะตัวอย่าง : เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น

วันที่รับตัวอย่าง : 16 มกราคม 2557

วันที่ทำการทดสอบ : 20 มกราคม - 4 กุมภาพันธ์ 2557

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Total Plate Count 35 °C, cfu/g	Not detected	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes /2 g	Not detected	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)

นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)

หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....

(นางพัชรี ตังตระกูล)

ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ที่ ศธ 0513.12201/571314

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่	:	571314	วันที่ 17 มีนาคม	2557
ผู้ขอรับบริการ	:	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์		
		เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520		
ชื่อตัวอย่าง	:	โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 6/1)		
ชนิดตัวอย่าง	:	อาหารทั่วไป		
ภาชนะบรรจุ	:	ถุงรีทอร์ทเพาช์		
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	:	200 กรัม		
ลักษณะตัวอย่าง	:	เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น		
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 กุมภาพันธ์ 2557		
วันที่ทำการทดสอบ	:	17 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2557		

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Total Plate Count 35 °C, โคโลนี/ กรัม	ไม่พบ	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes /2 กรัม	ไม่พบ	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)

นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)

หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....

(นายพีรวัส ทังตระกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ที่ ศธ 0513.12201/571315

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่	:	571315	วันที่ 17 มีนาคม	2557
ผู้ขอรับบริการ	:	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์		
		เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520		
ชื่อตัวอย่าง	:	โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 6/2)		
ชนิดตัวอย่าง	:	อาหารทั่วไป		
ภาชนะบรรจุ	:	ถุงรีทอร์ทเพาช์		
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	:	200 กรัม		
ลักษณะตัวอย่าง	:	เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น		
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 กุมภาพันธ์ 2557		
วันที่ทำการทดสอบ	:	17 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2557		

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Total Plate Count 35 °C, โคโลนี/ กรัม	ไม่พบ	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes /2 กรัม	ไม่พบ	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน
ลงชื่อ.....
(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง
ลงชื่อ.....
(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)
หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....
(นาย[illegible])
ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0513.12201/571316

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่	:	571316 วันที่ 17 มีนาคม 2557
ผู้ขอรับบริการ	:	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ชื่อตัวอย่าง	:	โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 8/1)
ชนิดตัวอย่าง	:	อาหารทั่วไป
ภาชนะบรรจุ	:	ถุงรีทอร์ทเพาช์
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	:	200 กรัม
ลักษณะตัวอย่าง	:	เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 กุมภาพันธ์ 2557
วันที่ทำการทดสอบ	:	17 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2557

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Total Plate Count 35 °C, โคโลนี/ กรัม	ไม่พบ	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes /2 กรัม	ไม่พบ	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน
ลงชื่อ.....
(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง
ลงชื่อ.....
(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)
หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....
(นาง[illegible])
ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0513.12201/571317

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่ : 571317 วันที่ 17 มีนาคม 2557

ผู้ขอรับบริการ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์
เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ชื่อตัวอย่าง : โจ๊กข้าวผสมถั่ว (F_0 8/2)

ชนิดตัวอย่าง : อาหารทั่วไป

ภาชนะบรรจุ : ถุงรีทอร์ทเพาช์

ขนาดบรรจุต่อหน่วย : 200 กรัม

ลักษณะตัวอย่าง : เนื้ออาหารสีขาวมีถั่วปนในของเหลวข้นสีขาวขุ่น

วันที่รับตัวอย่าง : 13 กุมภาพันธ์ 2557

วันที่ทำการทดสอบ : 17 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2557

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Total Plate Count 35 °C, โคโลนี/ กรัม	ไม่พบ	APHA 2001, Chapter 62	-
Thermophilic Anaerobes /2 กรัม	ไม่พบ	BAM Online 2001, Chapter 21A	-

ผู้รายงาน

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุภธิดา พิมพิสณฑ์)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมรัตน์ จิตหาญ)
หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....

(น.....)
ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ภาคผนวก ค

U.S. FDA Regulations

Code of Federal Regulations Title 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[Code of Federal Regulations]
[Title 21, Volume 2]
[Revised as of April 1, 2013]
[CITE: 21CFR113.3]

TITLE 21--FOOD AND DRUGS

CHAPTER I--FOOD AND DRUG ADMINISTRATION

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES

SUBCHAPTER B--FOOD FOR HUMAN CONSUMPTION

PART 113 -- THERMALLY PROCESSED LOW-ACID FOODS PACKAGED IN HERMETICALLY SEALED CONTAINERS

Subpart A--General Provisions

Sec. 113.3 Definitions.

For the purposes of this part, the following definitions apply:

(a) *Aseptic processing and packaging* means the filling of a commercially sterilized cooled product into presterilized containers, followed by aseptic hermetical sealing, with a presterilized closure, in an atmosphere free of microorganisms.

(b) *Bleeders* means openings used to remove air that enters with steam from retorts and steam chambers and to promote circulation of steam in such retorts and steam chambers. Bleeders may serve as a means of removing condensate.

(c) *Come-up-time* means the time which elapses between the introduction of steam into the closed retort and the time when the retort reaches the required processing temperature.

(d) *Commercial processor* includes any person engaged in commercial, custom, or institutional (church, school, penal, or other organization) processing of food, including pet food. Persons engaged in the production of foods that are to be used in market or consumer tests are also included.

(e) *Commercial sterility:* (1) "Commercial sterility" of thermally processed food means the condition achieved--

(i) By the application of heat which renders the food free of--

(*a*) Microorganisms capable of reproducing in the food under normal nonrefrigerated conditions of storage and distribution; and

(*b*) Viable microorganisms (including spores) of public health significance; or

(ii) By the control of water activity and the application of heat, which renders the food free of microorganisms capable of reproducing in the food under normal nonrefrigerated conditions of storage and distribution.

(2) "Commercial sterility" of equipment and containers used for aseptic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา

processing and packaging of food means the condition achieved by application of heat, chemical sterilant(s), or other appropriate treatment that renders the equipment and containers free of viable microorganisms having public health significance, as well as microorganisms of nonhealth significance, capable of reproducing in the food under normal nonrefrigerated conditions of storage and distribution.

(f) *Critical factor* means any property, characteristic, condition, aspect, or other parameter, variation of which may affect the scheduled process and the attainment of commercial sterility.

(g) *Flame sterilizer* means an apparatus in which hermetically sealed containers are agitated at atmospheric pressure, by either continuous, discontinuous, or reciprocating movement, with impinging gas flames to achieve sterilization temperatures. A holding period in a heated section may follow the initial heating period.

(h) *Headspace, gross* is the vertical distance between the level of the product (generally the liquid surface) in an upright rigid container and the top edge of the container (the top of the double seam of a can or the top edge of a glass jar).

(i) *Headspace, net* of a container is the vertical distance between the level of the product (generally the liquid surface) in the upright rigid container and the inside surface of the lid.

(j) *Hermetically sealed container* means a container that is designed and intended to be secure against the entry of microorganisms and thereby to maintain the commercial sterility of its contents after processing.

(k) *Incubation* means the holding of a sample(s) at a specified temperature for a specified period of time for the purpose of permitting or stimulating the growth of microorganisms.

(l) *Initial temperature* means the average temperature of the contents of the coldest container to be processed at the time the thermal processing cycle begins, as determined after thorough stirring or shaking of the filled and sealed container.

(m) *Lot* means that amount of a product produced during a period of time indicated by a specific code.

(n) *Low-acid foods* means any foods, other than alcoholic beverages, with a finished equilibrium pH greater than 4.6 and a water activity (aw) greater than 0.85. Tomatoes and tomato products having a finished equilibrium pH less than 4.7 are not classed as low-acid foods.

(o) *Minimum thermal process* means the application of heat to food, either before or after sealing in a hermetically sealed container, for a period of time and at a temperature scientifically determined to be adequate to ensure destruction of microorganisms of public health significance.

(p) *Operating process* means the process selected by the processor that equals or exceeds the minimum requirements set forth in the scheduled process.

(q) *Retort* means any closed vessel or other equipment used for the thermal processing of foods.

(r) *Scheduled process* means the process selected by the processor as

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

adequate under the conditions of manufacture for a given product to achieve commercial sterility. This process may be in excess of that necessary to ensure destruction of microorganisms of public health significance, and shall be at least equivalent to the process established by a competent processing authority to achieve commercial sterility.

(s) *Shall* is used to state mandatory requirements.

(t) *Should* is used to state recommended or advisory procedures or to identify recommended equipment.

(u) *Vacuum-packed products* means those products that are sealed in a container under the vacuum specified in the scheduled process, the maintenance of which vacuum is critical to the adequacy of the scheduled process.

(v) *Vents* means openings through the retort shell, controlled by gate, plug cock, or other adequate valves used for the elimination of air during the venting period.

(w) *Water activity* (aw) is a measure of the free moisture in a product and is the quotient of the water vapor pressure of the substance divided by the vapor pressure of pure water at the same temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้