ผลของพันธุ์ถั่วเขียว และอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเขียวต่อคุณภาพของถั่วเขียวกวน

Effect of mung bean variety and drying condition on the qualities of sweet mung bean paste

เพ็ญพิชชา ถาน้อย
อังสุนา จันทร์ทะระ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

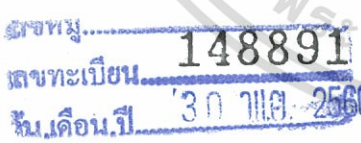
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

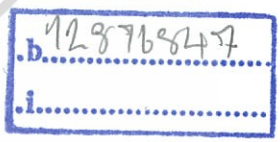
ผลของพันธุ์ถั่วเขียว และอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเขียวต่อคุณภาพของถั่วเขียวกวน

Effect of mung bean variety and drying condition on the qualities of sweet mung bean paste

เพ็ญพิชชา ถาน้อย

อังสุนา จันทร์ทะระ





ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของพันธุ์ถั่วเขียว และอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเขียวต่อคุณภาพของถั่วเขียวกวน

Effect of mung bean variety and drying condition on the qualities of sweet mung bean paste

จัดทำโดย

เพ็ญพิชชา ถาน้อย รหัสนักศึกษา 55080043

อังสุนา จันทร์ทะระ รหัสนักศึกษา 55080068

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

17 / มิ.ย. / 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ผลของพันธุ์ถั่วเขียว และอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเขียวต่อคุณภาพของถั่วเขียวกวน
ชื่อนักศึกษา	เพ็ญพิชชา ถาน้อย รหัสนักศึกษา 55080043
	อังสุนา จันทร์ทะระ รหัสนักศึกษา 55080068
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของพันธุ์ถั่วเขียวและอุณหภูมิในการอบแห้งถั่วเขียวต่อ คุณภาพของถั่วเขียวกวน โดยศึกษาถั่วเขียว 3 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 และ ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง3 อุณหภูมิ ได้แก่ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพันธุ์ถั่วเขียวพบว่าถั่วเขียวแต่ละพันธุ์มีปริมาณ เถ้า ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต อะมิโลส สตาร์ช และความชื้น ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 3.12-3.41 กรัม /100กรัม 1.43-1.6 กรัม /100กรัม 23.9-24.15 กรัม /100กรัม 60.90-61.86 กรัม/100กรัม ร้อยละ 15.28-15.97 ร้อยละ 46.4-47.5 และร้อยละ 9.27-10.43 ตามลำดับ รูปร่างของเม็ดสตาร์ชที่วิเคราะห์โดยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) พบว่า แต่ละพันธุ์มีลักษณะไม่แตกต่างกัน โดยมีรูปร่าง กลมรี คล้ายรูปไตหรือเม็ดถั่ว ผิวของสตาร์ชเรี ยบมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมด้านความหนืด พบว่าถั่วเขียวแต่ละสายพันธุ์มีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย และอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 826.80-858.63 RVU 431.30-468.93 RVU และ 74.03-75.43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด(breakdown) และผลต่างระหว่างค่าความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด(setback) พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 2 มีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) รองลงมา ชัยนาท72 และชัยนาท 84-1 ตามลำดับ ในการตรวจสอบค่าสี ความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำของถั่วเขียวซีกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) และมีค่าการดูดซับน้ำใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 61.87-63.69 และในการทดสอบค่าความแข็งของถั่วเขียวซีกนึ่งพบว่า ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 มีค่าต่ำที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 ตามลำดับ แต่ค่าความเหนียวของถั่วเขียวซีกนึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) ในด้านคุณภาพถั่วกวนของถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์พบว่า ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 67.86-68.05 และ 0.996-0.999 ตามลำดับ ผลการทดสอบค่าความแข็งของถั่วกวนพบว่าพันธุ์ชัยนาท72 มีค่าต่ำสุดรองลงมาคือพันธุ์กำแพงแสน2 และชัยนาท 84-1 ตามลำดับ แต่ค่าความเหนียวของถั่วกวนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) และผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของถั่วกวนพบว่า พันธุ์ชัยนาท 72 มีคะแนนด้านความนุ่มและความละเอียดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งถั่วเขียวพบว่า ค่าสีของถั่วเขียวซีกไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ และค่าการดูดซับน้ำมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง ร้อยละ 10.73-10.85 ร้อยละ 0.56-0.57 และ ร้อยละ 70.87-72.95 ตามลำดับ และค่าความแข็งของถั่วเขียวซีกนึ่งพบว่า ที่อุณหภูมิอบแห้ง 65 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด แต่ค่าความเหนียวของถั่วเขียวซีกนึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) ในด้านคุณภาพถั่วกวนพบว่า ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 66.41-68.56 และ 0.995-0.998 ตามลำดับ ผลการทดสอบค่าความแข็งของถั่วกวนพบว่า ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำสุด แต่ค่าความเหนียวของถั่วกวนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$)เช่นเดียวกับถั่วซีกนึ่ง และผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของถั่วกวนพบว่า ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีคะแนนด้านความนุ่มและความละเอียดมากที่สุด

คำสำคัญ: ถั่วเขียว,สตาร์ช, สายพันธุ์ถั่ว, การอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Effect of mung bean variety and drying condition on the qualities of sweet mung bean paste			
Student name	PENPITCHA	THANOI	Student ID	55080043
	ANGSUNAR	CHANTARA	Student ID	55080068
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology			
Year	2016			
Advisor	Assist.Prof.Dr.Naphatrapi	Luangsakul		

Abstract

The objectives of this research were to examine the effect of mung bean varieties and drying conditions on the qualities of sweet mung bean paste. Three mung bean varieties of Kamphaengsean2, Chainat72 and Chainat84-1 and three drying conditions which consisted of 65, 75 and 85 °C were studied. The results indicated that each mung bean varieties had the similar quantity of moisture, protein, fat, ash, carbohydrate, starch and amylose ranged from 9.27 to 10.43 %, 23.90 to 24.15 g/100g, 1.43 to 1.60 g/100g, 3.12 to 3.41 g/100g, 60.90 to 61.96 g/100g, 46.40 to 47.50 % and 15.28 to 15.97 %, respectively. The morphology of three mung bean starch granule measured by scanning electron microscope (SEM) was similar. The granule showed elliptical-shaped, kidney-shaped or bean-shaped granules with smooth surface. It had both small-sized and large-sized. The pasting properties of each mung bean varieties indicated that they had similarly peak viscosity, final viscosity and pasting temperature ranged from 826.80 to 858.63 RVU, 431.30 to 468.93 RVU and 74.03 to 75.43 °C ,respectively. The breakdown and setback indicated that Kamphaengsean2 was the significantly lowest ($p \leq 0.05$). The color measurement, moisture content and water activity of hulled split mung bean were not significantly different ($p > 0.05$). The absorption of hulled split mung bean ranged from 61.87 to 63.69 % .The hardness of cooked hulled split mung bean showed that Kamphaengsean2 was the lowest and Chainat84-1 was the highest while the stickiness were not significantly different ($p > 0.05$). The mung bean paste quality of each mung bean varieties showed that the moisture content and water activity ranged from 67.86 to 68.05 % and 0.996 to 0.999, respectively. The hardness of mung bean paste showed that Chainat72 was the lowest and Chainat84-1 was highest while the stickiness of mung bean

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

paste were not significantly different ($p>0.05$). The sensory evaluation of mung bean paste showed that Chainat72 was the softest paste together with Kamphaengsean2.

The result of drying conditions indicated that the color of hulled split mung bean were not significantly different ($p>0.05$).The moisture content, water activity and water absorption of hulled split mung bean ranged from 10.73 to 10.83 %, 0.56 to 0.57 % and 70.87 to 72.95 %, respectively. The hardness of cooked hulled split mung bean indicated that drying condition at 65 ℃ was the lowest while the stickiness were not significantly different ($p>0.05$). The quality of mung bean paste indicated that the moisture content and water activity ranged from 66.41 to 68.56 and 0.995 to 0.998, respectively. The hardness of mung bean paste dried at 65 ℃ was the lowest while the stickiness were not significantly different ($p>0.05$). The sensory evaluation of mung bean paste indicated that the drying condition at 65 ℃ was the softest paste.

Key word: mung bean, starch, varieties of mung bean, drying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องผลของสายพันธุ์ถั่วเขียว และอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเขียวต่อคุณภาพของถั่วเขียวกวนฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือของ ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะ ตลอดการดำเนินงาน และขอขอบคุณ นางสาวกรรณิการ์ กุลยะณี นักศึกษาปริญญาเอกในความดูแลของผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดหลายอย่างในการปฏิบัติงาน คอยช่วยเหลือตลอดการดำเนินงานจนงานสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ที่คอยอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงคำแนะนำในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ และขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากบริษัท ตั้งยิ่งวัฒนา จำกัด ในการซื้ออุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้

เพ็ญพิชชา ถาน้อย

อังสุนา จันทร์ทะระ

6 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ถั่วเขียว..... 3

2.2 การทำแห้ง..... 4

2.3 แป้ง..... 5

2.4 คุณสมบัติของแป้ง..... 7

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 13

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์..... 13

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... 14

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 17

4.1 ศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน..... 17

4.2 ศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งของเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน..... 25

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 30

บรรณานุกรม..... 31

ภาคผนวก..... 33

ภาคผนวก กการเตรียมตัวอย่าง..... 34

ภาคผนวก ขการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ..... 37

ภาคผนวกคผลการตรวจสอบรูปพรรณสัณฐาน..... 44

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ..... 46

ประวัติผู้เขียน..... 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเขียว 3 พันธุ์	17
4.2	คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว 3 พันธุ์	19
4.3	ดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียว 3 พันธุ์	20
4.4	ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์	21
4.5	ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์	21
4.6	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง 3 พันธุ์	22
4.7	ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w)ของถั่วกวน 3 พันธุ์	23
4.8	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)ของถั่วกวน 3 พันธุ์	23
4.9	คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน 3 พันธุ์	24
4.10	ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีกจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ	25
4.11	ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีกจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ	26
4.12	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งจากถั่วเขียวอบแห้ง3 อุณหภูมิ	26
4.13	ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w)ของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง3 อุณหภูมิ	27
4.14	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer)ของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง3 อุณหภูมิ	28
4.15	คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของอะมิโลส	6
2.2	โครงสร้างของอะมิโลเพคติน	7
2.3	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	8
2.4	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน	9
2.5	เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)	10
2.6	หลักการทำงานของเครื่อง SEM	11
2.7	พื้นผิวของสตาร์ชถั่วเขียวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM	11
4.1	โครงสร้างทางจุลภาคของสตาร์ชถั่วเขียวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 1000x	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ปลูกได้ดีในเขตร้อน ชอบอากาศร้อนชื้น ไม่ชอบอากาศหนาวเย็น แหล่งปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในเอเชีย ประเทศที่มีการปลูกมากได้แก่ อินเดีย ไทย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน อินโดนีเซีย เกาหลี บังคลาเทศ ศรีลังกา มาเลเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน และเนปาล เป็นต้น (ทรงเชาว์, 2545)

สำหรับประเทศไทยถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยการผลิตไม่ได้ปลูกเป็นพืชหลักแต่ปลูกเป็นพืชประกอบร่วมกับพืชอื่นๆ เช่น ปลูกตามหลังข้าวในบริเวณที่นา หรือก่อนพืชไร่อื่นๆ เช่น ปลูกก่อนการปลูกถั่วเหลืองหรือปลูกตามหลังข้าวโพดไร่ ในปัจจุบันจะพบว่าถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีแนวโน้มว่า เกษตรกรให้ความสนใจที่จะทำการเพาะปลูกมากขึ้น (ทรงเชาว์, 2545) ผลผลิตที่ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ นำมาใช้ภายในประเทศ โดยนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว ถั่วงอก และอาหารคาวหวาน ความต้องการใช้ในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3.95 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ในปี 2545 มีความต้องการใช้ถั่วเขียวรวมประมาณ 234,089 ตัน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2549)

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองหรือถั่วอื่นๆ คือมีโปรตีนระหว่างร้อยละ 19.00 ถึง 25.98 คาร์โบไฮเดรตระหว่างร้อยละ 59 ถึง 65.7 ไขมันระหว่างร้อยละ 1.04 ถึง 1.37 เยื่อใยระหว่างร้อยละ 0.82 ถึง 3.24 เถ้าระหว่างร้อยละ 3.88 ถึง 4.71 และแป้งระหว่างร้อยละ 51.80 ถึง 58 (อรอนงค์ และคณะ, 2531)

หลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเขียวที่ได้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 ถึง 16 ดังนั้นเพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการทำให้แห้งหรือกำจัดน้ำออก ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้กันโดยส่วนใหญ่ เพื่อลดปริมาณความชื้น ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม การทำแห้งเมล็ดถั่วเขียวต้องคำนึงอุณหภูมิ และความชื้นในระหว่างการทำแห้งซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวด้วย (Corrêa และคณะ, 2008) สอดคล้องกับการวิจัยของ Resende และคณะ (2012) ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเมล็ดถั่วแดงสายพันธุ์ญี่ปุ่น (Adzuki beans) โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้ง คือ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง ตั้งแต่อุณหภูมิ 30 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าลดลง

การทำแห้งด้วยเครื่องอบเป็นการลดความชื้นโดยอาศัยเครื่องกำเนิดความร้อน (burner หรือ heater) เพื่อทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลง จากนั้นเป่าลมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเข้าไปในกองเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ระเหยออกไปกับลมที่ออกจากกองเมล็ดพันธุ์ แต่การอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยเครื่องอบนั้นยังมีข้อจำกัด เช่น ระหว่างการลดความชื้นในการอบนั้น เมล็ดพันธุ์อาจได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสียหายจากความร้อนหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป สาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเมล็ดแต่ละเมล็ดอาจเกิดเนื่องจากการคายความชื้นไม่สัมพันธ์กันระหว่างการระเหยน้ำที่ผิวเมล็ดกับการเคลื่อนที่ของน้ำจากบริเวณใจกลางเมล็ดออกมาที่ผิวเมล็ดหากการระเหยของน้ำที่ผิวเมล็ดเกิดขึ้นเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเมล็ดมากยิ่งขึ้นเท่าไหร่ ก็จะยิ่งทำให้เกิดความเสียหายมากขึ้นเท่านั้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Rapid drying ผลที่ตามมา คือ เมล็ดร้าว เมล็ดแตก เอนโดสเปิร์มร้าว เยื่อหุ้มเมล็ดแตกปริ เมล็ดเหล่านี้อาจสูญเสียความมีชีวิตหรืองอกเป็นต้นกล้าที่ผิดปกติ เกิดจากการอบแห้งเร็วเกินไป (over drying) (สุชาดา, 2551)

ถั่วกวน จัดเป็นขนมหวานของไทยที่นิยมบริโภคหรือจัดเสิร์ฟเป็นอาหารว่าง เนื่องจากมีรสชาติดี รับประทานง่าย ส่วนประกอบหลักในการผลิตถั่วกวน ได้แก่ ถั่วเขียวกะเทาะเปลือก น้ำกะทิ และน้ำตาลทราย ทำได้โดยนำถั่วเขียวกะเทาะเปลือกมาแช่น้ำ จากนั้นนำไปนึ่ง และบดให้ละเอียด นำมากวนในกระทะทองเหลืองจนกระทั่งมีความข้นและหอม จากนั้นทิ้งให้เย็น ถั่วกวนที่ได้มีความแน่นและมีสีเหลือง พร้อมทั้งมีกลิ่นหอมกะทิ (ทัศนีย์, 2532) แต่อย่างไรก็ตาม พบปัญหาของผลิตภัณฑ์ถั่วกวน โดยพบว่าเมื่อนำถั่วเขียวกะเทาะเปลือกไปนึ่ง เมล็ดถั่วบางส่วนไม่สุก และใช้เวลาในการนึ่งนาน และเมื่อนำไปกวน ถั่วกวนที่ได้ไม่ฟูและมีเนื้อสัมผัสแข็งเป็นไต ส่งผลให้ถั่วกวนที่ได้มีคุณภาพลดลง

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของสายพันธุ์และอุณหภูมิในการอบแห้งของเมล็ดถั่วเขียวและถั่วเขียวซีก ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วกวน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

1.2.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งของเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถคัดเลือกพันธุ์ถั่วเขียวที่ทำ ให้ได้ผลิตภัณฑ์ถั่วกวนที่มีคุณภาพดี

1.3.2 สามารถนำอุณหภูมิในการอบแห้งของเมล็ดถั่วเขียวไปใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วกวนให้มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเขียว

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเขียวมีชื่อสามัญว่า Mung bean มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Vignaradiata*L. อยู่ในวงศ์ Leguminosae มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศอินเดียถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุก ลำต้นยาว ใบมีขนอ่อนปกคลุม เช่นเดียวกับลำต้น ถั่วเขียวมีดอกเกิดเป็นช่อ ช่อดอกเกิดตามมุมใบที่อยู่ตอนบนของลำต้น และที่ปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้าน ช่อดอกถั่วเขียวมีก้านดอกที่ยาว และมีดอกเกิดเป็นกลุ่มที่ปลายช่อ ดอกหนึ่งจะมีกลีบดอกประมาณ 10 ถึง 25 กลีบ ดอกมีสีม่วง เหลือง และขาว ดอกบานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ฝักถั่วเขียวมีรูปร่างกลมยาว ส่วนปลายอาจโค้งออกเล็กน้อย เมื่อฝักแก่จะมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม ดำหรือขาวนวลแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ฝักหนึ่งจะมีเมล็ดประมาณ 10 ถึง 15 เมล็ด เมล็ดของถั่วเขียวมีสีต่างกัน เช่น เขียว ดำ เหลือง แดง และน้ำตาล (ไขยา, 2539)

2.1.2 ชนิดของถั่วเขียว (เพิ่มพูน, 2531)

ถั่วเขียวที่ปลูกกันในปัจจุบันนี้ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด โดยขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของเมล็ดดังนี้

2.1.2.1 ถั่วเขียวธรรมดาหรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน เป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ทำถั่วงอก วุ้นเส้น และส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ถั่วเขียวชนิดนี้ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และน้ำเพียงพอจะได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 400 กิโลกรัมต่อไร่

2.1.2.2 ถั่วทองหรือถั่วเขียวสีทอง ถั่วเขียวชนิดนี้มีลักษณะลำต้น ใบ และฝัก เหมือนกับถั่วเขียวเมล็ดด้าน อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน เมล็ดมีสีเหลืองทอง ประโยชน์ใช้ทำขนมเพราะมีสีสันสวยงามน่ารับประทาน

2.1.2.3 ถั่วเขียวผิวมันเมล็ดใหญ่ เป็นถั่วเขียวที่มีเมล็ดเป็นมัน มีสีดำ เหมาะที่จะปลูกเป็นการค้าเพราะให้ผลผลิตสูง และขายได้ราคาดี ตลาดต่างประเทศต้องการถั่วเขียวชนิดนี้มาก แบ่งออกได้เป็น 2 พวก ตามสีของฝักแก่ คือ พวกที่เมื่อฝักแก่ เปลือกฝักจะเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล และอีกพวกหนึ่งเมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.1.2.4 ถั่วเขียวผิวดำ มีลักษณะลำต้น ใบ และฝัก คล้ายถั่วธรรมดาแต่มีขนตามกิ่ง ก้านใบ และฝัก บางพันธุ์มีลำต้นสูง และทอดยอด ฝักแก่มีสีดำไม่แตกง่าย เมล็ดสีดำ นิยมใช้เพาะถั่วงอกเพราะต้นงอกที่ได้จะมีความอวบอ้วน ขาว น่ารับประทาน และคงความสดไว้ได้นานกว่าถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเขียวชนิดธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 พันธุ์ถั่วเขียวที่ใช้ในงานวิจัย

2.1.3.1 กำแพงแสน2

มีลักษณะประจำพันธุ์คือ ทรงพุ่มเตี้ย พุ่มใบเล็กเป็นกลุ่มแน่นกว่าพันธุ์อู่ทอง1 ลำต้นมีสีเขียวอ่อน ใบสีเขียว ความสูงของต้นประมาณ 50 เซนติเมตร เมื่อมีการติดฝัก ฝักอ่อนจะมีสีเขียวเมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีดำ เมล็ดมีสีเขียวเข้มเปลือกมัน ขนาดค่อนข้างเล็ก ตาสีเขียว เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 65 ถึง 75 วัน สามารถเก็บเกี่ยวได้ไม่เกิน 2 ครั้ง ให้ผลผลิตต่างกว่าพันธ์กำแพงแสน1 เล็กน้อยแต่เมล็ดมีสีเขียวเข้มกว่าจึงเป็นที่ต้องการของพ่อค้า มีความต้านทานโรค ราแป้ง และใบจุด ได้ดีกว่าพันธุ์กำแพงแสน1 เล็กน้อย (อรอนงค์ และคณะ, 2531)

2.1.3.2 ชัยนาท72

เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการกลายพันธุ์โดยการนำถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน2 ไปฉายรังสีแกมมาขนาด 600 เกรย์ แล้วทำการคัดเลือกโดยศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตรได้จัดให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2543 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานปานกลางต่อหนอนแมลงวันเจาะลำต้น สามารถปลูกในดินด่างได้ โคนต้นมีสีเขียว ใบมีสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียว ดอกสีเหลืองอ่อนฝักแก่สีดำ มีรูปร่างกลม เมล็ดมีรูปร่างค่อนข้างกลม มีสีเขียวอ่อน ต้นสูงเฉลี่ย 66 เซนติเมตร ดอกแรกบานเมื่ออายุ 32 วัน ฝักแรกแก่เมื่ออายุ 50 วัน เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 63 วัน จำนวนฝักต่อต้น 15 ฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก 11 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 66 กรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2558)

2.1.3.2 ชัยนาท84-1

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 หรือถั่วเขียวสายพันธุ์M5-1 เป็นสายพันธุ์กลายที่คัดได้จากพันธุ์ชัยนาท36 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาอัตรา 500 เกรย์ ในปี 2538 ทำการคัดเลือก ประเมินพันธุ์ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ และศึกษาข้อมูลจำเพาะของพันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทระหว่างปี 2538 ถึง 2553 โคนต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยงสีเขียว ใบย่อยใบกลางมีรูปคล้ายสามเหลี่ยม ใบย่อยมีขนาด ความยาว 10.5 เซนติเมตร ความกว้าง 6.8 เซนติเมตร ก้านใบยาว 11.5 เซนติเมตร ใบมีขนมาก ใบ ก้านใบ และวงกลีบเลี้ยงมีสีเขียว กลีบดอกสีเหลือง ช่อดอกอยู่ทั้งเหนือ และใต้ทรงพุ่ม ฝักอ่อนมีเขียวอ่อน ความหนาแน่นของขนที่ฝักแก่ปานกลาง ฝักแก่สีดำ มีเมล็ดรูปทรงกระบอก อายุถึงดอกแรกบาน 35 วัน อายุถึงเก็บเกี่ยว 65 วัน จำนวนฝักต่อต้นประมาณ 11.5 ฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝักประมาณ 11.3 เมล็ด ฝักยาว 8.7 เซนติเมตร ต้นสูง 63 เซนติเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2558)

2.2 การทำแห้ง

หลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเขียว เกษตรจะนำฝักถั่วเขียวไปผึ่งแดด เพื่อให้ความชื้นฝักและเมล็ดลดลง เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการทำให้แห้ง จึงเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้กันโดยส่วนใหญ่ เพื่อลดปริมาณความชื้น ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา เมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแล้วจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 11 แต่อย่างไรก็ตาม การทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดถั่วเขียวต้องคำนึงอุณหภูมิ และความชื้นในระหว่างการทำแห้งซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวด้วย (Corrêa และคณะ, 2008)

การทำแห้งเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อน และการกำจัดความชื้นออกจากอาหารพร้อม ๆ กัน โดยการทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ (drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำ หรือการระเหิดของน้ำแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ อย่างไรก็ตามการทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภค และคุณค่าทางโภชนาการอาหาร (วิไล, 2543)

2.2.1 กลไกการทำแห้ง (วิไล, 2543)

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในของอาหารเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันสูงและค่อยๆ ลดต่ำลง เมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อดันน้ำออกมาจากอาหาร น้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกต่อไปนี้

2.2.1.1 การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงคาปิลารี่

2.2.1.2 การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวทำละลายในอาหารส่วนต่างๆ

2.2.1.3 การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร

2.2.1.4 ความแตกต่างของความดันไอน้ำทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหาร

Resende และคณะ (2012) ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเมล็ดถั่วแดงสายพันธุ์ญี่ปุ่น (Adzuki beans) โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้ง คือ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง ตั้งแต่อุณหภูมิ 30 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ดัชนีค่าการดูดซับน้ำมีค่าลดลง

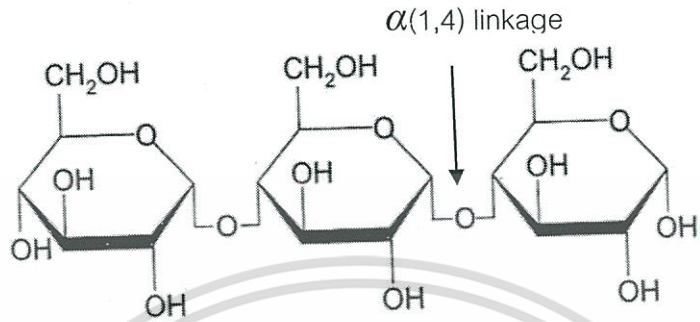
2.3 แป้ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543)

แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น Anhydroglucose Unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของโมเลกุลแป้งจะมี Anomeric carbon (C1) ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลาย ที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (Reducing end) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง Reducing end 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะมิโลส ซึ่งมีขนาดเล็ก และมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะมิโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีกิ่งก้านสาขามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 อะมิโลส

อะมิโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000 ถึง 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4–glycosidic linkage ดังรูปที่ 1 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะมิโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของอะมิโลส

ที่มา : กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2543)

อะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี Degree of Polymerization (DP) ของอะมิโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของอะมิโลส อยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะมิโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะมิโลสยาวมาก จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ลดลง

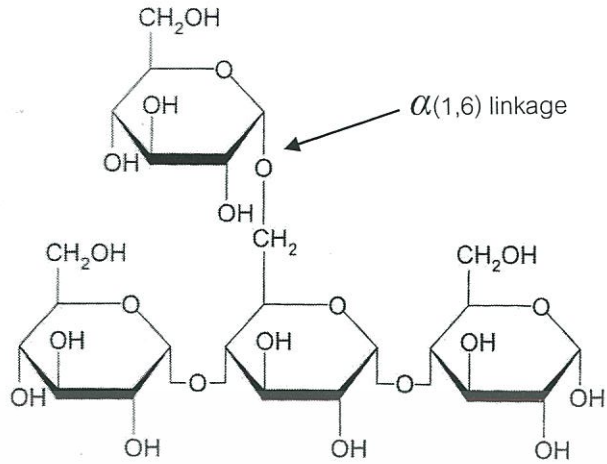
อะมิโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น Butanol, Fatty acid, Surfactant, Phenol และ Hydrocarbon สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายในน้ำ โดยอะมิโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ อะมิโลสที่มีความยาวสายโซ่มากกว่า 45 หน่วยกลูโคสเมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินม่วง ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบ และใช้ในการตรวจสอบปริมาณอะมิโลสในแป้ง

การตรวจสอบปริมาณอะมิโลสโดยการทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และวัดสีที่เกิดขึ้น เป็นวิธีการที่ง่ายและนิยมใช้กันมาก แต่อาจมีข้อผิดพลาดได้จากความไม่อยู่ตัวของสีที่เกิดขึ้น การรบกวนผลการวัดจากอะมิโลเพคตินโดยเฉพาะอะมิโลเพคตินที่มีความยาวสายโซ่กิ่งมากๆ ซึ่งจะเกิดสารเชิงซ้อนกับไอโอดีนได้เช่นเดียวกันทำให้วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสได้มากเกินจริง นอกจากนี้ไขมันที่เกิดสารเชิงซ้อนกับอะมิโลสอยู่เดิม จะทำให้อะมิโลสโมเลกุลนั้นจับกับไอโอดีนไม่ได้ ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง จึงต้องทำการสกัดไขมันออกก่อน

2.3.2 อะมิโลเพคติน

อะมิโลเพคตินเป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glycosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-glycosidic linkage ดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะมิโลเพคติน

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2543)

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α-1,6-glycosidic linkage มีอยู่ประมาณ 5% ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะมิโลเพคตินทั้งหมด อะมิโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลสคือ ประมาณ 107 ถึง 109 ดาลตัน และมีการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง อะมิโลเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเม็ดแป้ง ดังนั้นเมื่อมีอะมิโลเพคตินเพียงอย่างเดียว จึงยังสามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้

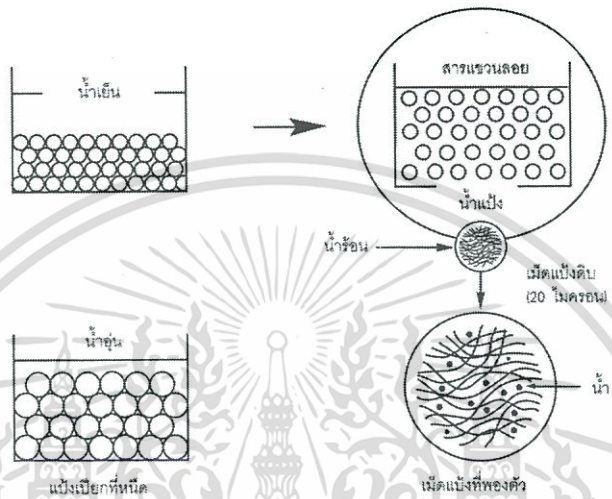
2.4 คุณสมบัติของแป้ง

2.4.1 การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) จำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้ง อยู่ในรูปของร่างแห ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้น ในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมและพองตัวได้เล็กน้อย (Leach และคณะ, 1959) แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดและใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลอิสระที่เหลืออยู่ รอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้ เรียกว่าการเกิดเจลาติไนซัน ซึ่งการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบ ผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ยืดหยุ่นได้อย่างจำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ เมื่อทำการเติมสารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้ง จนถึงประมาณ 65 องศา เซลเซียส (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดน้ำเข้ามามากและเกิดการ พองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งจะมีการเปลี่ยนรูปร่างและ โครงสร้างแบบที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมาซึ่งถ้าปั่นเหวี่ยงแยกส่วนใสและหยดสารละลายไอโอดีนลงในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาติไลเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆได้ดีกว่า



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2546)

2.4.2 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยตัวให้เย็นลง โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากยิ่งขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัว (setback) (Smith, 1979) เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกนอกเจล ซึ่งเรียกว่า Syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

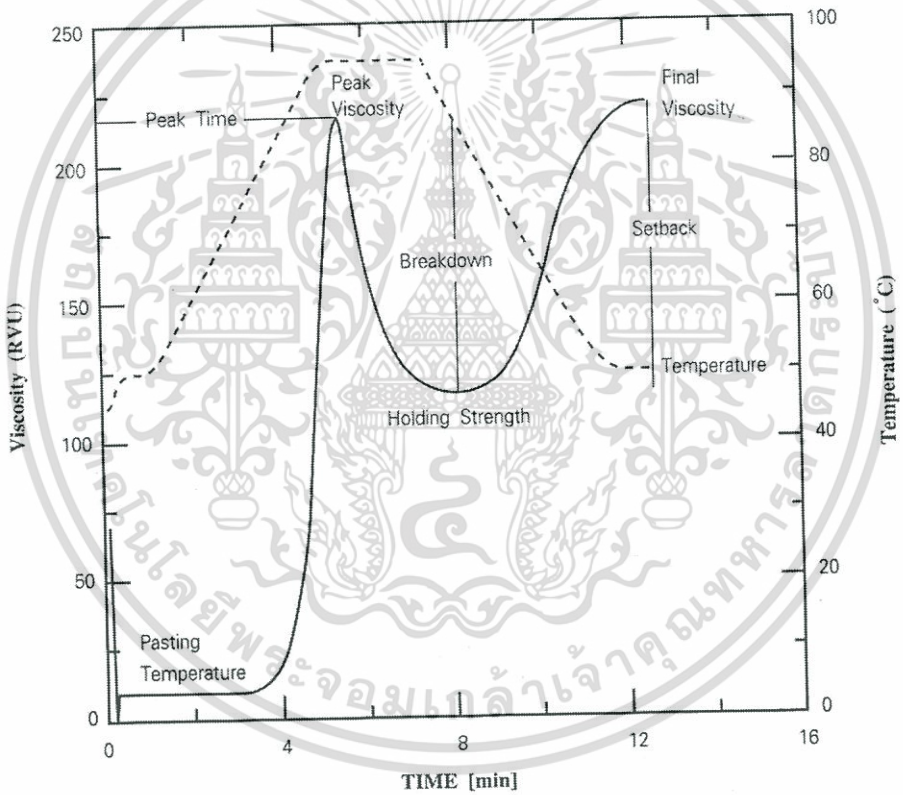
การเกิดรีโทรเกรเดชันเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทำให้สมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงไป ผลจากการเกิดรีโทรเกรเดชันที่มีต่อเจลของแป้งคือ ทำให้เจลของแป้งสลายตัวได้ยาก เมื่อสัมผัสกับกรดและเอมไซม์ เนื่องจากการจัดเรียงตัวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้โครงสร้างแน่นและแข็งเพิ่มมากยิ่งขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ทำให้เจลของแป้งขุ่น เนื่องจากเกิดผลึกขึ้นมากมาย และหลากหลาย ขนาดโดยขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง แป้งที่เกิดผลึกขนาดใหญ่กว่า 250 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงจะผ่านไม่ได้ และจะสะท้อนออกมา เจลที่ได้จะมีลักษณะขุ่น แต่ถ้าผลึกมีขนาดเล็กกว่า 250 นาโนเมตร แสงจะผ่านได้เพราะเจลมีลักษณะใส การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะมิโลส อะมิโลเพคตินและองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ

2.4.3 Rapid Visco Analyzer

เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดความหนืดชนิดหนึ่ง โดยประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน คุณสมบัติพิเศษคือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงทำให้สามารถหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting curve) ได้ภายในเวลาสั้น (13 นาที) ได้ เนื่องจากมีกลไกการส่งผ่านความร้อนได้ดี และใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย สมบัติความหนืดของแป้งแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ที่มา: Newport Scientific Pty, Ltd. (1995)

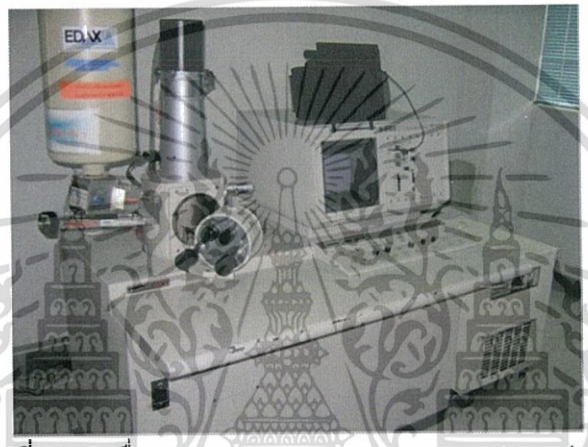
ค่าที่เครื่องแสดงผลอ่านได้บนจอคอมพิวเตอร์ ในหน่วย % หรือ RVU ดังนี้

1) peak time : เวลาที่เกิดจุดสูงสุด (peak) ของความหนืด มีหน่วยเป็นนาที
2) pasting temperature : อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลค่าความหนืด หรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
3) peak temperature : อุณหภูมิที่เกิดจุดสูงสุด (peak) ของความหนืด มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) peak viscosity : ความหนืดที่จุดสูงสุด มีหน่วยเป็น RVU
5) holding strange : ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น มีหน่วยเป็น RVU
6) breakdown : ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU
7) final viscosity : ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วย RVU
8) setback from peak : ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็น RVU
9) setback from trough : ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

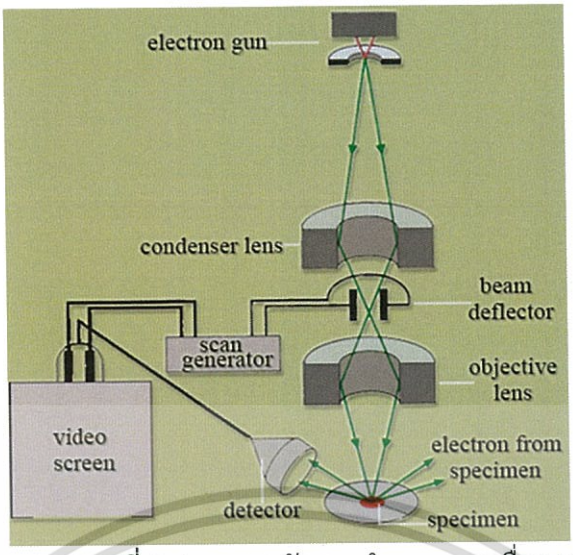
2.4.4 การตรวจสอบรูปพรรณสัณฐาน



ภาพที่ 2.5 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)
ที่มา : วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง (2558)

Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายไม่สูงเท่ากับเครื่อง TEM (เครื่อง SEM มีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 10 นาโนเมตร) การเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะดูด้วยเครื่อง SEM นี้ไม่จำเป็นต้องที่ตัวอย่างจะต้องมีขนาดบางเท่ากับเมื่อดูด้วยเครื่อง TEM ก็ได้ (เพราะไม่ได้ตรวจวัดจากการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ทะลุผ่านตัวอย่าง) การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของ ตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุ เป็นต้น

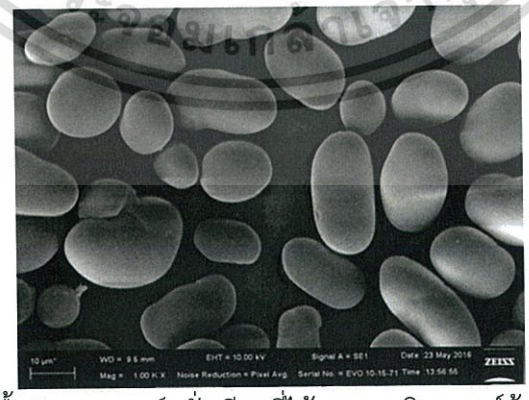
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงหลักการทำงานของเครื่อง SEM

ที่มา : วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง (2558)

หลักการทำงานของเครื่อง SEM จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (condenser lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอนซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electron) ขึ้นซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึกและแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และ ถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไปและสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้เลย



ภาพที่ 2.7 พื้นผิวของสตาร์ชถั่วเขียวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรอนงค์ และคณะ (2531) ได้ศึกษาคุณสมบัติสตาร์ชและโปรตีนที่สกัดจากถั่วเขียว 20 พันธุ์ พบว่าถั่วเขียวทั้ง 20 พันธุ์มีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 19 ถึง 24 มีโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 59 ถึง 65 และมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ระหว่างร้อยละ 59 ถึง 65 แป้งถั่วเขียวประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชและสารอาหารอื่นเกาะเกี่ยวอยู่กับเม็ดสตาร์ช ส่วนสตาร์ชมองเห็นเม็ดสตาร์ชัด มีรูปร่างกลม หรือรี หรือคล้ายไต ขนาดกว้างประมาณ 14 ถึง 19 ไมครอน เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางหน้าที่ของสตาร์ชพบว่ามีคุณสมบัติในการดูดน้ำประมาณร้อยละ 84 ถึง 93

ปิติพร และคณะ (2546) ได้ศึกษาพฤติกรรมด้านความหนืดและคุณสมบัติทางกลของแป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตระดับห้องปฏิบัติการโดยการเปรียบเทียบกับแป้งอื่นๆ ที่จำหน่ายตามท้องตลาดอีก 4 ชนิด ได้แก่ แป้งเท้ายายม่อม แป้งมันสำปะหลัง แป้งเท้า และแป้งข้าวเจ้า พบว่า แป้งเท้ายายม่อมทั้งที่ผลิตได้และที่จำหน่ายตามท้องตลาด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งเท้า จะให้ลักษณะของเจลแป้งที่อ่อนนุ่ม และใส โดยมีค่าผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) อยู่ในช่วง 27-125 RVU และ Young' s Modulus อยู่ในช่วง 1.475 - 3.768 KPa ในขณะที่แป้งข้าวเจ้าจะให้ลักษณะของเจลแป้งที่แข็ง เปราะและทึบแสง โดยมีค่า Setback เท่ากับ 177 RVU และ Young' s Modulus เท่ากับ 9.885 KPa โดยค่าการคืนตัว (setback viscosity) นี้มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีค่าการคืนตัวมาก จะมีลักษณะการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี และมีแนวโน้มที่จะให้เจลแป้งที่แข็งมาก

รัชนีพร และคณะ (2559) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว พบว่าแป้งถั่วเขียวมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 24.55 มีไขมันอยู่ร้อยละ 1.35 มีเถ้าอยู่ร้อยละ 3.32 มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ร้อยละ 67.23 และมีปริมาณอะมิโลสอยู่ร้อยละ 31.88

Kim และคณะ (2007) ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชที่สกัดจากถั่วเขียว 5 พันธุ์ พบว่าเม็ดสตาร์ชมีรูปร่างคล้ายกับเจลลี่บีน มีผิวเรียบ และมีขนาดอยู่ระหว่าง 10 ถึง 30 ไมครอน ถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์มีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 31.7 ถึง 33.8 ส่วนคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดพบว่า ค่าความหนืดสูงสุด และค่าความแตกต่างระหว่างความสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) ของสตาร์ชถั่วเขียวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Wenhao และคณะ (2011) ได้ศึกษาคุณสมบัติของสตาร์ชที่สกัดจากถั่วเขียว 10 พันธุ์ พบว่าเม็ดสตาร์ชถั่วเขียวมีรูปพรรณสัณฐานในลักษณะคล้ายรูปไต รูปไข่ และรูปครึ่งวงกลม ปะปนกัน และเม็ดสตาร์ชมีขนาดอยู่ระหว่าง 5 ถึง 40 ไมครอน มีปริมาณสตาร์ช ปริมาณอะมิโลส ค่าการละลายน้ำ และค่าการพองตัว อยู่ระหว่างร้อยละ 54.7 ถึง 57.9, ร้อยละ 40.4 ถึง 41.8, ร้อยละ 13.7 ถึง 17.6 และร้อยละ 17.2 ถึง 20.5 ตามลำดับ อีกทั้งพบว่าสตาร์ชของถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ มีคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดแตกต่างกัน

Resende และคณะ (2012) ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเมล็ดถั่วแดงสายพันธุ์ญี่ปุ่น (Adzuki beans) โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้ง คือ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง ตั้งแต่อุณหภูมิ 30 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ถั่วเขียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ ชัยนาท72 ชัยนาท84-1 และกำแพงแสน2

ถั่วเขียวผ่าซีกจำนวน 3 พันธุ์ คือ ชัยนาท72 ชัยนาท84-1 และกำแพงแสน2

ถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส

(วัตถุดิบทั้งหมดได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ตั้งยิ่งวัฒนา)

3.1.2 สารเคมี

Sodium hydroxide (Analytical reagent grade, Carlo erba, German)

Hydrochloric acid (Analytical reagent grade, RCILabscan, USA)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตถั่วกวน

ผ้าขาวบาง

กะละมังสแตนเลส

พิมพ์กลม

ถาดอะลูมิเนียม

ช้อนสแตนเลส

กระชอนสแตนเลสตาถี่

เครื่องนึ่งไฟฟ้า (SEVERIN, Indonesia)

เครื่องสับผสม (PHILIPS, Indonesia)

เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Germany)

นาฬิกาจับเวลา

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส

โถดูดความชื้น (DURAN, Thailand)

กระป๋องหาความชื้น

ตะแกรงร่อน 80 mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Germany)

เครื่องตรวจสอบสี (Minolta CR-300, Japan)

เครื่องตรวจสอบค่ากิจกรรมน้ำ (AQUA LAB series3 TE, USA)

ตู้อบลมร้อน (Memmert UM400, Thailand)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด (Mettler Toleder, Germany)

เครื่องปั่นแห้ง (Kewood, Indonesia)

เครื่องบดแป้ง (Retch, Geramany)

เครื่องกวนแบบไม่คุมอุณหภูมิ (IKA, Thailand)

เครื่องหมุนเหวี่ยง (BECKMAN, USA)

เครื่องกรองแบบลดความดัน (EYELA, Japan)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT.plus, UK)

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

นำถั่วเขียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณภาพของถั่วเขียวผ่าซีกและถั่วกวน ดังนี้

3.3.1.1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของถั่วเขียว

นำถั่วเขียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต สตาร์ช และอะมิโลส และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ลักษณะรูปร่างของสตาร์ชจากถั่วเขียว คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว โครงสร้างผลึกของถั่วเขียว และดัชนีการดูดซับน้ำ ดังนี้

1) คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเขียว

เป็นการนำถั่วเขียวทั้งเมล็ดจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาบดเป็นแป้งถั่วเขียว (flour) และนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

ก. ปริมาณความชื้น (AOAC, 2012)

ข. ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2012)

ค. ปริมาณไขมัน (AOAC, 2012)

ง. ปริมาณเถ้า (AOAC, 2005)

จ. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) = 100 – (โปรตีน+ไขมัน+เถ้า)

ฉ. ปริมาณสตาร์ช (AACC, 2012)

ช. ปริมาณอะมิโลส (AOAC, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชถั่วเขียว

นำถั่วเขียวทั้งเมล็ดของทั้ง 3 พันธุ์ มาทำการเตรียมสตาร์ช (รายละเอียดดังภาคผนวก ก.1) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

ก. ลักษณะรูปร่างของสตาร์ชถั่วเขียว

ตรวจสอบลักษณะรูปร่างของสตาร์ชถั่วเขียว ตามวิธีของ Su และคณะ (1998) ตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) โดยนำตัวอย่างสตาร์ชถั่วเขียววางบนแท่นวางตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างไปเคลือบทองโดยใช้เครื่อง Sputter-Coater ในสภาวะสุญญากาศ จากนั้นนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1000x

ข. คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว

โดยการศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ช (pasting properties) ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ตามวิธีของ Whalen และคณะ (1997) โดยเตรียมสตาร์ชความเข้มข้นร้อยละ 12 (โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียม ซึ่งตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ และเวลาให้ความร้อน ดังนี้ ช่วงแรกเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 องศาเซลเซียส ให้สูงขึ้นในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้นาน 3 นาที จากนั้นค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกันจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้นาน 5 นาที บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดความหนืด (pasting temperature) ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าความหนืดต่ำสุด (breakdown) และ ค่าการคืนตัว (setback)

3.3.1.2 คุณภาพของของถั่วเขียวผ่าซีก

นำถั่วเขียวซีกจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ค่าสี (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.1)
2) ปริมาณความชื้น (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.2)
3) ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.3)
4) ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.4)
5) ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง (texture analysis)

เตรียมถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งตามรายละเอียดดังภาคผนวก ก.2 และนำถั่วซีกนึ่งที่ได้มาตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย texture analyzer (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.5)

3.3.1.3 คุณภาพของถั่วกวน

เตรียมถั่วกวนตามรายละเอียดดังภาคผนวก ก.3 และนำถั่วกวนที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.2)
2) ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.3)
3) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.5)
4) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design, CRD) โดยกำหนดให้พันธุ์ของถั่วเขียวเป็นตัวแปรต้น และ กำหนดให้คุณสมบัติและคุณภาพด้านต่างๆ เป็นตัวแปรตาม วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Test) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Ver.SPSS14)

3.3.2 ศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งของเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

นำถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านกระบวนการผลิตจากบริษัทตั้งยิ่งวัฒนา ซึ่งถั่วเขียวผ่าซีกจะผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส และนำมาตรวจสอบคุณภาพของถั่วเขียวผ่าซีก และคุณภาพของถั่วกวน ดังนี้

3.3.2.1 คุณภาพของของถั่วเขียวผ่าซีก

นำถั่วเขียวซีกจำนวน 3 อุณหภูมิ คือ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส ที่ผ่านกระบวนการผลิตจากบริษัทตั้งยิ่งวัฒนามาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ค่าสี (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.1)
2) ปริมาณความชื้น (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.2)
3) ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.3)
4) ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.4)
5) ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง (texture analysis)

เตรียมถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งตามรายละเอียดดังภาคผนวก ก.3 และนำถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งที่ได้มาตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย texture analyzer (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.5)

3.3.2.2 คุณภาพของถั่วกวน

เตรียมถั่วกวนตามรายละเอียดดังภาคผนวก ก.3 และนำถั่วกวนที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.2)
2) ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.3)
3) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.5)
4) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดดังภาคผนวก ข.6)

3.3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design, CRD) โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งถั่วเขียวเป็นตัวแปรต้น และกำหนดให้คุณภาพด้านต่างๆ เป็นตัวแปรตาม วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Test) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Ver.SPSS14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

4.1.1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของถั่วเขียว

นำถั่วเขียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต สตาร์ช และอะมิโลส และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ลักษณะรูปร่างของสตาร์ชจากถั่วเขียว คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว โครงสร้างผลึกของถั่วเขียว และดัชนีการดูดซับน้ำ ได้ผลดังนี้

4.1.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเขียว

จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีโดยนำถั่วเขียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 มาบดเป็นแป้งและตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต สตาร์ช และอะมิโลส ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเขียว 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	เถ้า (กรัม/100กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	สตาร์ช^{ns} (ร้อยละ)	อะมิโลส (ร้อยละ)
กำแพงแสน2	9.27^{c}±0.01	24.15^{a}±0.00	1.60^{a}±0.00	3.12^{c}±0.00	61.86^{a}±0.00	47.00±0.01	15.28^{c}±0.21
ชัยนาท72	10.43^{b}±0.02	23.90^{b}±0.00	1.43^{c}±0.10	3.34^{b}±0.01	60.90^{c}±0.01	47.50±0.01	15.97^{a}±0.12
ชัยนาท84-1	10.03^{a}±0.09	24.11^{c}±0.00	1.50^{b}±0.08	3.41^{a}±0.01	60.95^{b}±0.00	46.40±0.75	15.64^{b}±0.04

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ มีคุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกัน ซึ่งในถั่วเขียว 100 กรัม มีปริมาณความชื้นระหว่าง 9.27 ถึง 10.43 กรัม มีปริมาณโปรตีนระหว่าง 23.90 ถึง 24.15 กรัม มีปริมาณไขมันระหว่าง 1.43 ถึง 1.6 กรัม มีปริมาณเถ้าระหว่าง 3.12 ถึง 3.41 กรัม มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดระหว่าง 60.90 ถึง 61.86 กรัม มีปริมาณสตาร์ชระหว่างร้อยละ 46.4 ถึง 47.5 และมีปริมาณอะมิโลสระหว่างร้อยละ 15.28 ถึง 15.97 ซึ่งงานวิจัยของ รัชนีพร และคณะ (2559) ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียวรายงานว่า แป้งถั่วเขียวมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 24.55 มีไขมันอยู่ร้อยละ 1.35 มีเถ้าอยู่ร้อยละ 3.32 มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ร้อยละ 67.23 แต่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าเท่าตัว มีอยู่ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148891

ร้อยละ 31.88 และจากผลการทดลองถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณสตาร์ชใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Wenhao Li และคณะ (2010) ที่รายงานปริมาณสตาร์ชถั่วเขียว 10 พันธุ์ อยู่ในช่วงร้อยละ 54.73 ถึง 57.99

4.1.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชถั่วเขียว

1) ลักษณะรูปร่างของสตาร์ชถั่วเขียว

จากการตรวจสอบลักษณะรูปร่างของสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน2 พันธุ์ชัยนาท72 และพันธุ์ชัยนาท84-1 เป็นการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) แสดงดังภาพที่ 4.1 โดยใช้กำลังขยาย 1000x

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของสตาร์ชถั่วเขียวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1000x (ก) พันธุ์กำแพงแสน2 (ข) พันธุ์ชัยนาท72 และ (ค) พันธุ์ชัยนาท84-1

จากภาพที่ 4.1 พบว่าเม็ดสตาร์ชจากถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ มีลักษณะไม่แตกต่างกัน กล่าวคือมีรูปร่างกลมรี คล้ายรูปไตหรือเม็ดถั่ว ผิวของสตาร์ชเรียบและไม่มีการปนเปื้อนขององค์ประกอบอื่น มีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ (Kim และคณะ, 2007; Park และคณะ, 2012) โดยขนาดเม็ดสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน2 มีขนาดเฉลี่ย 2.3 x 2.85 ไมครอน เม็ดสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท72 มีขนาดเฉลี่ย 2.18 x 3.45 ไมครอน และเม็ดสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีขนาดเฉลี่ย 2.28 x 3.70 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว

จากการศึกษาสมบัติทางความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ แสดงผลค่าพารามิเตอร์ทางความหนืด ได้แก่ อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (pasting temperature) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด (breakdown) และผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว 3 พันธุ์

พันธ์ถั่วเขียว	Pasting Temp (องศาเซลเซียส)	พารามิเตอร์การเปลี่ยนแปลงความหนืด (RVU)			
		Peak	Final Visc	Breakdown	Setback
กำแพงแสน2	$75.43^{a} \pm 0.49$	$858.63^{a} \pm 3.50$	$441.57^{a} \pm 10.34$	$514.27^{b} \pm 10.00$	$97.20^{a} \pm 18.88$
ชัยนาท72	$74.60^{ab} \pm 0.44$	$841.80^{ab} \pm 20.63$	$431.30^{a} \pm 21.40$	$542.47^{b} \pm 26.09$	$131.93^{a} \pm 17.63$
ชัยนาท84-1	$74.03^{b} \pm 0.46$	$826.80^{b} \pm 3.82$	$468.93^{b} \pm 15.18$	$719.20^{a} \pm 11.40$	$361.33^{b} \pm 17.80$

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p 0.05) ซึ่งงานวิจัยของ Kim และคณะ (2007) ที่ได้ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของสตาร์ชจากถั่วเขียว 5 พันธุ์ในประเทศเกาหลี พบว่าสตาร์ชจากถั่วเขียว 5 พันธุ์มีคุณสมบัติด้านความหนืดแตกต่างกัน โดยมีค่าอุณหภูมิเริ่มการเปลี่ยนแปลงความหนืดอยู่ระหว่าง 66.1 ถึง 69.2 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดสูงสุดอยู่ระหว่าง 510 ถึง 579 RVU ค่า breakdown อยู่ระหว่าง 181 ถึง 226 RVU และค่า setback อยู่ระหว่าง 66.1 ถึง 69.2 RVU ดังนั้นสายพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันมีผลทำให้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่า breakdown ของสตาร์ชจากถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าสตาร์ชจากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่า breakdown สูงสุดต่างจากถั่วเขียวอีกสองพันธุ์อย่างชัดเจน ซึ่งค่า breakdown จะบอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและแรงกวน โดยเมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ยิ่งแตกออกมาก ค่า breakdown ยิ่งสูง แสดงว่าถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและแรงกวนต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาค่า setback พบว่าสตาร์ชจากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่าสูงสุดต่างจากอีกสองพันธุ์อย่างชัดเจน ค่า setback นี้ บ่งบอกถึงความสามารถในการคืนตัวของแป้งหรือความสามารถในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ซึ่งค่าการคืนตัวนี้จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยถ้ามีค่า setback สูง จะมีลักษณะการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี และมีแนวโน้มที่ทำให้เจลแป้งแข็งมาก (ปิติพร และคณะ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียว

จากการตรวจสอบค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 ซึ่งค่าการดูดซับน้ำจะอธิบายถึงความหนาแน่นของโครงสร้างเมล็ด หากเมล็ดมีความหนาแน่นมากอาจทำให้มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำได้ไม่ดีเท่าเมล็ดที่มีโครงสร้างหลวม

ตารางที่ 4.3 ดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียว 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)
กำแพงแสน2	$114.38^{b} \pm 0.29$
ชัยนาท72	$131.86^{a} \pm 0.43$
ชัยนาท84-1	$130.50^{a} \pm 0.64$

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าการดูดซับน้ำพันธุ์ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าระหว่างร้อยละ 130.50 ถึง 131.86 ซึ่งสอดคล้องกับความหนาของเปลือก (ดังภาคผนวก ค.1) โดยพันธุ์กำแพงแสน2 มีความหนาของเปลือกน้อยสุดเท่ากับ 52 ไมครอน สอดคล้องกับค่าการดูดซับน้ำต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 114.38

4.1.2 คุณภาพของถั่วเขียวผ่าซีก

นำเมล็ดถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ มาผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกตามวิธีของบริษัทตั้งยิ่งวัฒนา ได้ถั่วเขียวผ่าซีก จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ และค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง จากนั้นนำไปผลิตถั่วกวนแล้วตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ค่าสี

การตรวจสอบค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ ด้วยเครื่องวัดสี จะแสดงค่า L* a* และ b* โดย L* หมายถึง ความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง และ -a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และ –b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	L* ns	a* ns	b* ns
กำแพงแสน2	70.81 ± 0.12	-3.00 ± 0.22	55.63 ± 0.07
ชัยนาท72	71.26 ± 0.01	-3.25 ± 0.11	55.41 ± 0.17
ชัยนาท84-1	70.84 ± 0.05	-3.22 ± 0.14	55.43 ± 0.10

หมายเหตุ: ns หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่า L* a* และ b* ของถั่วเขียวซีกทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดย ค่า L* (ความสว่าง) อยู่ระหว่าง 70.81 ถึง 71.26 ค่า a* (ความเป็นสีเขียว) อยู่ระหว่าง -3.25 ถึง -3.00 และค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) อยู่ระหว่าง 55.41 ถึง 55.63 ซึ่งการที่ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันนั้น ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตของบริษัทตั้งยิ่งวัฒนามีการใช้ทาร์ทาซีน (Tartasine) เพื่อปรับสีของผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีคุณภาพด้านสีของถั่วทั้ง 3 พันธุ์ ไม่แตกต่างกัน

4.1.2.2 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำ

จากการตรวจสอบปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ของถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 9.69 ถึง 10.03 และ ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.57 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากบริษัทตั้งยิ่งวัฒนามีการควบคุมกระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเท่ากัน และเป็นไปตามมาตรฐานของบริษัทที่ตั้งไว้ ส่วนค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ถั่วเขียวซีกพันธุ์ชัยนาท 72 และชัยนาท 84-1 มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำสูงสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ ร้อยละ 63.77 และร้อยละ 63.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ความชื้น (ร้อยละ) ns	ค่ากิจกรรมน้ำ (a_w) ns	ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)
กำแพงแสน2	9.69 ± 0.22	0.56 ± 0.00	61.87^{b} ± 0.51
ชัยนาท72	10.03 ± 0.03	0.57 ± 0.00	63.77^{a} ± 0.36
ชัยนาท84-1	9.86 ± 0.05	0.56 ± 0.00	63.69^{a} ± 0.24

หมายเหตุ: ns หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,.... หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)

การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง เป็นการวัดโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรงทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง แรงที่กระทำจะบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture properties) ได้แก่ แรงกดสูงสุดแสดงความแข็ง (hardness) และแรงที่ยึดติดอาหารกับหัววัดแสดงค่าความเหนียว (stickiness)

ตารางที่ 4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ค่าความแข็ง (กรัม.แรง)	ค่าความเหนียว (กรัม.แรง)
กำแพงแสน2	$3890.84^{b} \pm 146.35$	$72.63^{a} \pm 8.97$
ชัยนาท72	$3614.5^{b} \pm 183.93$	$52.45^{ab} \pm 7.08$
ชัยนาท84-1	$4396.2^{a} \pm 135.50$	$36.33^{b} \pm 13.85$

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c,.... หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียว (stickiness) ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งทั้ง 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งพันธุ์ชัยนาท 84-1 มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งสูงสุดเท่ากับ 4396.2 กรัม.แรง และค่าความเหนียวต่ำสุด เท่ากับ 36.33 กรัม.แรง สอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความความหนืด (ตารางที่ 4.2) พบว่าถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่า setback สูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงการเกิดการคืนตัวมากที่สุด จึงส่งผลให้เจลแป้งมีความแข็งมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ชัยนาท72 และพันธุ์กำแพงแสน2 ตามลำดับ

4.1.3 คุณภาพของถั่วกวน

4.1.1.3 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w)

จากการตรวจสอบปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, aw) ของถั่วกวนพันธุ์กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 ดังตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณความชื้นของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ระหว่างร้อยละ 67.86 ถึง 68.05 และค่ากิจกรรมน้ำของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.57 ซึ่งทั้งสองคุณสมบัตินี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตถั่วกวนมีการควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปในปริมาณที่เท่ากัน จึงส่งผลให้ความชื้นของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ของถั่วกวน 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	ค่ากิจกรรมน้ำ (a_w)^{ns}
ชัยนาท84-1	68.05 ± 0.03	0.56 ± 0.00
ชัยนาท72	67.86 ± 0.08	0.57 ± 0.00
กำแพงแสน2	67.97 ± 0.17	0.56 ± 0.00

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)

การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสถั่วกวน เป็นการวัดโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรงทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง แรงที่กระทำจะบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture properties) ได้แก่แรงกดสูงสุดแสดงความแข็ง (hardness) และแรงที่ยึดติดอาหารกับหัววัดแสดงค่าความเหนียว (stickiness)

ตารางที่ 4.8 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วกวน 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	ค่าความแข็ง (กรัม.แรง)	ค่าความเหนียว (กรัม.แรง)
กำแพงแสน2	232.53^{b} ± 8.69	35.91^{a} ± 4.73
ชัยนาท72	229.02^{b} ± 4.66	27.58^{ab} ± 0.63
ชัยนาท84-1	348.69^{a} ± 4.73	26.42^{b} ± 0.59

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วกวนทั้ง 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่าความแข็ง (hardness) สูงที่สุดเท่ากับ 348.69 กรัม.แรง และค่าความเหนียว (stickiness) ต่ำสุดเท่ากับ 26.42 กรัม.แรง ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืด (ตารางที่ 4.2) ซึ่งถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่า setback สูงที่สุด บ่งบอกถึงความสามารถในการคืนตัวได้ดีที่สุด จึงส่งผลให้เจลแป้งมีความแข็งมากที่สุด และให้ผลในแนวทางเดียวกับการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและค่าความเหนียวของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามตามที่ผู้ชิมรู้สึกในลักษณะแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องถั่วกวน จำนวน 10 คน

ตารางที่ 4.9 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน 3 พันธุ์

พันธุ์ถั่วเขียว	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน			
	ด้านความนุ่ม	ด้านความละเอียด	ด้านความเหนียว^{ns}	ด้านสี^{ns}
กำแพงแสน2	3.40^{b} ± 1.08	2.70^{b} ± 0.95	3.30 ± 1.06	3.50 ± 0.68
ชัยนาท72	4.20^{a} ± 0.79	4.40^{a} ± 0.52	3.60 ± 1.08	4.10 ± 0.74
ชัยนาท84-1	3.20^{b} ± 1.32	2.90^{b} ± 0.99	3.60 ± 0.70	3.60 ± 0.84

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าคุณภาพด้านความเหนียว และสี ของทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่าคุณภาพด้านความนุ่ม และความละเอียด (เนื้อเนียน) ของกำแพงแสน2 และชัยนาท84-1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผู้ประเมินให้คะแนนระหว่าง 3.20 ถึง 3.40 และ 2.70 ถึง 2.90 แต่ในทางกลับกันพบว่าคุณภาพด้านความนุ่ม และความละเอียด (เนื้อเนียน) ของชัยนาท72 ผู้ประเมินให้คะแนนสูงสุดคือ 4.20 และ 4.40 ตามลำดับ และให้คะแนนพันธุ์ชัยนาท84-1 น้อยที่สุด โดยผลทดสอบความความแตกต่างด้านความนุ่มของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกพันธุ์ชัยนาท84-1 นี้สอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่งและถั่วกวนจากพันธุ์ชัยนาท84-1 ที่มีค่าความแข็ง (hardness) สูงที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับค่า setback ที่มีค่ามากที่สุด บ่งบอกถึงการคืนตัวได้มากที่สุดส่งผลให้เจลแข็งที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งของเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

โดยนำเมล็ดถั่วเขียวผ่าซีกของบริษัทตั้งยิ่งวัฒนาที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง จากนั้นนำไปทำถั่วกวน แล้วตรวจสอบคุณภาพถั่วกวน ได้แก่ ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วกวน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพของถั่วเขียวซีก

4.2.1.2 ค่าสี

การตรวจสอบค่าสีของถั่วผ่าซีกทั้ง 3 อุณหภูมิ ด้วยเครื่องวัดสี จะแสดงค่า L* a* และ b* โดย L* หมายถึง ความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง และ -a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และ –b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน

ตารางที่ 4.10 ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	$L^{*\,ns}$	$a^{*\,ns}$	$b^{*\,ns}$
65	70.13 ± 0.10	-1.72 ± 0.10	50.74 ± 0.71
75	70.34 ± 0.77	-1.40 ± 0.13	50.76 ± 0.97
85	70.00 ± 0.40	-1.58 ± 0.44	49.63 ± 1.10

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าค่า L* (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 70.00 ถึง 70.43 ค่า a* (ความเป็นสีเขียว) อยู่ในช่วง -1.72 ถึง -1.40 และค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) อยู่ในช่วง 49.63 ถึง 50.76 แสดงดังตารางที่ 4.5 สีของถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 อุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตของบริษัทตั้งยิ่งวัฒนามีการใช้ทาร์ทาซีน (Tartasine) เพื่อปรับสีของผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีคุณภาพด้านสีของถั่วทั้ง 3 อุณหภูมิ ไม่แตกต่างกัน

4.2.1.3 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำ

ถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณความชื้นของถั่วเขียวซีกอบแห้งที่อุณหภูมิทั้ง 3 อุณหภูมิ อยู่ในช่วงร้อยละ 10.73 ถึง 10.85 ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.57 และค่าการดูดซับน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 70.87 ถึง 72.95 โดยเมื่อพิจารณาค่าดัชนีการดูดซับน้ำ พบว่าถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำสุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นได้ว่า จากการนำถั่วเขียวซีกที่อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิไปตรวจสอบรูปพรรณสัณฐานโดยวิธี SEM พบว่าถั่วเขียวซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีรอยแตกที่ผิวเมล็ดน้อยที่สุด (ดังภาคผนวก ค.2) จึงส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีค่าการดูดซับน้ำน้อยที่สุด และงานวิจัยของ Resende และคณะ (2012) ที่ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเมล็ดถั่วแดงสายพันธุ์ญี่ปุ่น (Adzuki beans) โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้งคือ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส รายงานว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งตั้งแต่อุณหภูมิ 30 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าสูงขึ้นแต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสพบว่าดัชนีค่าการดูดซับน้ำมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.11 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่ากิจกรรมน้ำ (a_w)	ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)
65	$10.84^{a} \pm 0.01$	$0.56^{c} \pm 0.00$	$70.87^{b} \pm 0.23$
75	$10.85^{a} \pm 0.03$	$0.56^{b} \pm 0.00$	$72.94^{a} \pm 0.09$
85	$10.73^{b} \pm 0.01$	$0.57^{a} \pm 0.00$	$72.95^{a} \pm 0.11$

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.1.4 ผลการตรวจสอบเนื้อสัมผัส (texture analysis)

จากการนำถั่วเขียวซีกที่ผ่านการอบแห้งที่ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส มานึ่ง แล้วนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นการวัดโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรงทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง แรงที่กระทำจะบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture properties) ได้แก่ แรงกดสูงสุดแสดงความแข็ง (hardness) และแรงที่ยึดติดอาหารกับหัววัดแสดงค่าความเหนียว (stickiness)

ตารางที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ค่าความแข็ง (กรัม.แรง)	ค่าความเหนียว (กรัม.แรง)^{ns}
65	$3205.4^{b} \pm 45.85$	61.67 ± 6.49
75	$4227.4^{a} \pm 195.43$	63.92 ± 4.39
85	$4343.2^{a} \pm 279.28$	71.29 ± 8.61

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

$^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าความเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งที่ผลิตจากถั่วเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งต่ำที่สุด (นุ่มที่สุด) อย่างเห็นได้ชัดเจน รองลงมาคือที่

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันมาก อาจเป็นผลเนื่องมาจากระหว่างการอบลดความชื้นในการอบนั้น เมล็ดถั่วเขียวอาจได้รับความเสียหายจากความร้อนหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป การคายความชื้นไม่สัมพันธ์กันระหว่างการระเหยน้ำที่ผิวเมล็ดกับการเคลื่อนที่ของน้ำจากบริเวณใจกลางเมล็ดออกมาที่ผิวเมล็ด หากการระเหยของน้ำที่ผิวเมล็ดเกิดขึ้นเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเมล็ดมากยิ่งขึ้นเท่าไหร่ ก็จะยิ่งทำให้เกิดความเสียหายมากขึ้นเท่านั้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Rapid drying ผลที่ตามมา คือ เมล็ดร้าว เมล็ดแตก เอนโดสเปิร์มร้าว เยื่อหุ้มเมล็ดแตกปริ เกิดจากการอบแห้งเร็วเกินไป (over drying) (สุชาดา, 2551) ดังนั้นเป็นไปได้ว่าการอบแห้งถั่วเขียวที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียสเกิด Rapid drying จนทำให้เมล็ดเกิดความเสียหายมากกว่าถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส การดูดซับไอน้ำระหว่างการนึ่งของถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจึงดีกว่า ส่งผลให้มีค่าความแข็งต่ำที่สุด ส่วนค่าความเหนียวของถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 คุณภาพของถั่วกวน

นำถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส มาผลิตเป็นถั่วกวน แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพถั่วกวน ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w)

เมื่อทำการกวนถั่วที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส แล้วนำไปตรวจสอบปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่ากิจกรรมน้ำ (a_w)
65	$66.41^{c} \pm 0.15$	$0.998^{a} \pm 0.000$
75	$68.56^{a} \pm 0.05$	$0.996^{ab} \pm 0.001$
85	$67.46^{b} \pm 0.11$	$0.995^{b} \pm 0.000$

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิทั้ง 3 อุณหภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าความชื้นในช่วงร้อยละ 66.41 ถึง 68.56 และค่ากิจกรรมน้ำของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกอบแห้งที่อุณหภูมิทั้ง 3 อุณหภูมิ อยู่ในช่วง 0.995 ถึง 0.998 เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตถั่วกวนมีการควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปในปริมาณที่เท่ากัน จึงส่งผลให้ความชื้นของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่าความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer)

จากการนำถั่วกวนทำจากถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการอบแห้งที่ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นการวัดโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรงทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง แรงที่กระทำจะบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture properties) ได้แก่ แรงกดสูงสุดแสดงความแข็ง (hardness) และแรงที่ยึดติดอาหารกับหัววัดแสดงค่าความเหนียว (stickiness)

ตารางที่ 4.14 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ค่าความแข็ง (กรัม.แรง)	ค่าความเหนียว (กรัม.แรง)^{ns}
65	$220.76^{b} \pm 5.32$	29.82 ± 1.46
75	$239.95^{b} \pm 10.30$	26.62 ± 1.00
85	$288.57^{a} \pm 6.52$	27.58 ± 1.42

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน มีค่าความแข็ง (hardness) ใกล้เคียงกันโดยที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำที่สุด (นุ่มที่สุด) รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 75 และ85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าความเหนียว (stickiness) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกับการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่งที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน กล่าวคือถั่วเขียวซีกนึ่งที่ผลิตจากถั่วเขียวซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งต่ำที่สุด (นุ่มที่สุด) รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 75 และ85 องศาเซลเซียสตามลำดับ และค่าความเหนียว (stickiness) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการนำถั่วกวนมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามตามที่ผู้ชิมรู้สึกในลักษณะแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องถั่วกวน จำนวน 10 คน

ตารางที่ 4.15 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวนจากถั่วเขียวอบแห้ง 3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน			
(องศาเซลเซียส)	ด้านความนุ่ม	ด้านความละเอียด	ด้านความเหนียว	ด้านสี
65	$3.40^{a} \pm 0.52$	$3.60^{a} \pm 0.97$	$3.90^{a} \pm 0.70$	$3.70^{a} \pm 0.68$
75	$2.90^{ab} \pm 0.88$	$3.40^{a} \pm 1.27$	$3.40^{ab} \pm 0.88$	$3.60^{a} \pm 0.52$
85	$2.50^{b} \pm 0.85$	$2.40^{b} \pm 0.70$	$2.70^{b} \pm 1.25$	$2.30^{b} \pm 0.82$

หมายเหตุ: $^{a, b, c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังตารางที่ 4.15 โดยพบว่าถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีคะแนนสูงสุดในทุกคุณลักษณะ และถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีคะแนนใกล้เคียงกันรองลงมา ซึ่งผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกับผลการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งและถั่วกวนจากถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน กล่าวคือถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งและถั่วกวนที่ผลิตจากถั่วเขียวผ่าซีกอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีความแข็งต่ำที่สุด (นุ่มที่สุด) รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียสตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

จากการศึกษาผลของพันธุ์ถั่วเขียวทั้ง 3 พันธุ์ คือ กำแพงแสน2 ชัยนาท72 และชัยนาท84-1 โดยจากการตรวจสอบคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพ พบว่าถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 ให้ผลแตกต่างจากอีกสองพันธุ์มากที่สุด เมื่อตรวจสอบพฤติกรรมความหนืดของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 พบว่ามีค่า setback สูงที่สุด บ่งบอกถึงการคืนตัวได้มากที่สุด ส่งผลให้เจลแป้งมีความแข็งมากที่สุด และเมื่อตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่งและถั่วกวนก็พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 มีค่าความแข็ง (hardness) มากที่สุด อีกทั้งในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังมีคะแนนด้านความนุ่มน้อยที่สุด ส่วนถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท72 และพันธุ์กำแพงแสน2 ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกันมากที่สุด

5.1.2 การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งถั่วเขียวทั้ง 3 อุณหภูมิ ได้ตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ พบว่าถั่วเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ให้ผลแตกต่างจากอีกสองอุณหภูมิมากที่สุด โดยเมื่อตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่งและถั่วกวน พบว่ามีค่าความแข็งน้อยที่สุด (นุ่มที่สุด) อีกทั้งในการทดสอบผู้บริโภคยังมีคะแนนของความนุ่ม และความละเอียด มากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา และอายุของถั่วเขียวที่อาจส่งผลต่อคุณภาพถั่วกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ถั่วเขียวพันธุ์รับรอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.doa.go.th/cv/search_list.php. 15 ตุลาคม 2558.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไชยา เพ็งอุ่น. 2539. ถั่วและพืชคลุมดิน. สุพรรณบุรี: ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อสังคม.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช, ธงชัย สุวรรณสิชณน์, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอต. 2546. พฤติกรรมด้านความหนืดและคุณสมบัติทางกลของแป้งเท้ายายม่อม. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. บรรณาธิการ. 2545. เอกสารคำสอนวิชา พืชไร่สำคัญของประเทศไทย. ภาควิชาพืชไร่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทัศนีย์ โรจน์ไพบูลย์. 2532. ตำรับขนมไทย. กรุงเทพฯ: บริษัท เจเนอรัลบุ๊คส์ เซ็นเตอร์ จำกัด.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. ถั่วเขียว. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

รัชนีพร โพธินาม, อนุชิตา มุ่งงาม และ ทัตดาว ภาษีผล. 2559. องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชจากถั่วเขียว และถั่วพุ่มและการประยุกต์ใช้ในการผลิตวุ้นเส้น. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์. คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 2558. Scanning Electron Microscope (SEM). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.nano.kmitl.ac.th/index.php/tool/218-scaning-eletron-microscopysem-.html . 15 ตุลาคม 2558.

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อมาตรฐานและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (Scientific Instrument Center for Standard and Industry). 2556. การวิเคราะห์องค์ประกอบสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray driffraction). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://science.kmutt.ac.th/sic/index.php/physics/16-x-ray-driffraction . 15 ตุลาคม 2558.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2549. ถั่วเขียว...ตลาดยังต้องการ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://opac.lib.buu.ac.th. 23 มีนาคม 2559.

สุชาดา เวียรศิลป์ . บรรณาธิการ. 2551. เอกสารประกอบการสอนการปรับปรุงสภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรอนงค์ วินัยกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ, อรพิน ภูภมร และวุฒิชัย นาครักษา. 2531. คุณสมบัติของสตาร์ชและโปรตีนจากถั่วเขียวที่สกัดจากถั่วเขียวบางสายพันธุ์. วารสารเกษตรศาสตร์. 22: 330-337.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 1990. Official methods of analysis of AOAC international. 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemistry.

Corrêa, P.C., Resende, O., Ribeiro, D.M., Jarén, C. and Arazuri, S. 2008. Resistance of edible beans to compression. Journal of Food Engineering. 86: 172-177.

El-Refai, A.A., Harras, H.M., El-Nemr, K.M. and Noaman, M.A. 1988. Chemical and technological studies on faba bean seeds. Effect of storage on some physical and chemical properties. Food Chemistry. 29: 27–39.

Kim, S.-H., Lee, B.-H., Baik, M.-Y., Joo, M.-H. and Yoo S.-H. 2007. Chemical Structure and Physical Properties of Mung Bean Starches Isolated from 5 Domestic Cultivars. Journal of Food Science. Vol. 72, Nr. 9.

Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., 1959, Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches, Cereal Chemistry, 36:534-544.

Leelayuthsoontorn P. and Thipayarat A. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. Food Chem. 96:606–613.

Park Sun-Jin, Choe Eun-Ok, Kim Jung-In, and Malshick Shin. 2012. Physicochemical Properties of Mung Bean Starches in Different Korean Varieties and Their Gel Textures. Food Sci. Biotechnol. 21(5): 1359-1365.

Resende, O., Almeida, D.P., Costa, L.M., Mendes, U.C. and Sales, J. F. 2012. Adzuki bean (*Vignaangularis*) seed quality under several drying condition. DienciaTecnologi de Alimentos. 32: 151-155.

Smith, R.J. 1979. Food Carbohydrate. The AVI Publishing Co., Westort, Connecticut. 416 p.

Su, H. S., Lu, W., and Chang, K. C. 1998. Microstucture and physicochemical characteristics of starches in six bean varieties and their bean paste products. Food Science and Technology. 31: 265-273.

Wenhao, Li., Chang, Shu., Peili, Zhang. and Qun Shen. 2011. Properties of starch separated from ten mung bean varieties and seeds processing characteristics. Food Bioprocess Technology. 4:814–821.

Whalen, P.J., Bason, R.I. and Walliams, P.J. 1997. Measurement of extrusion effects by viscosity profile using the rapid visco analyzer. Cereal Foods World. 42: 469-475.

Wurzburg, O. B. 1986. Modified starches: properties and uses. Florida. CRC Press. 3-16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมตัวอย่าง

ก.1 การเตรียมสตาร์ชจากถั่วเขียว

การสกัดสตาร์ชเริ่มจากนำเมล็ดถั่วเขียวมาแกะเปลือกออก บดหยาบด้วยเครื่องปั่นแห้งเครื่องปั่นแห้ง จากนั้นบดละเอียดด้วยเครื่องบดแป้ง และร่อนผ่านตะแกรง (80 mesh) จะได้แป้งถั่วเขียว (flour)

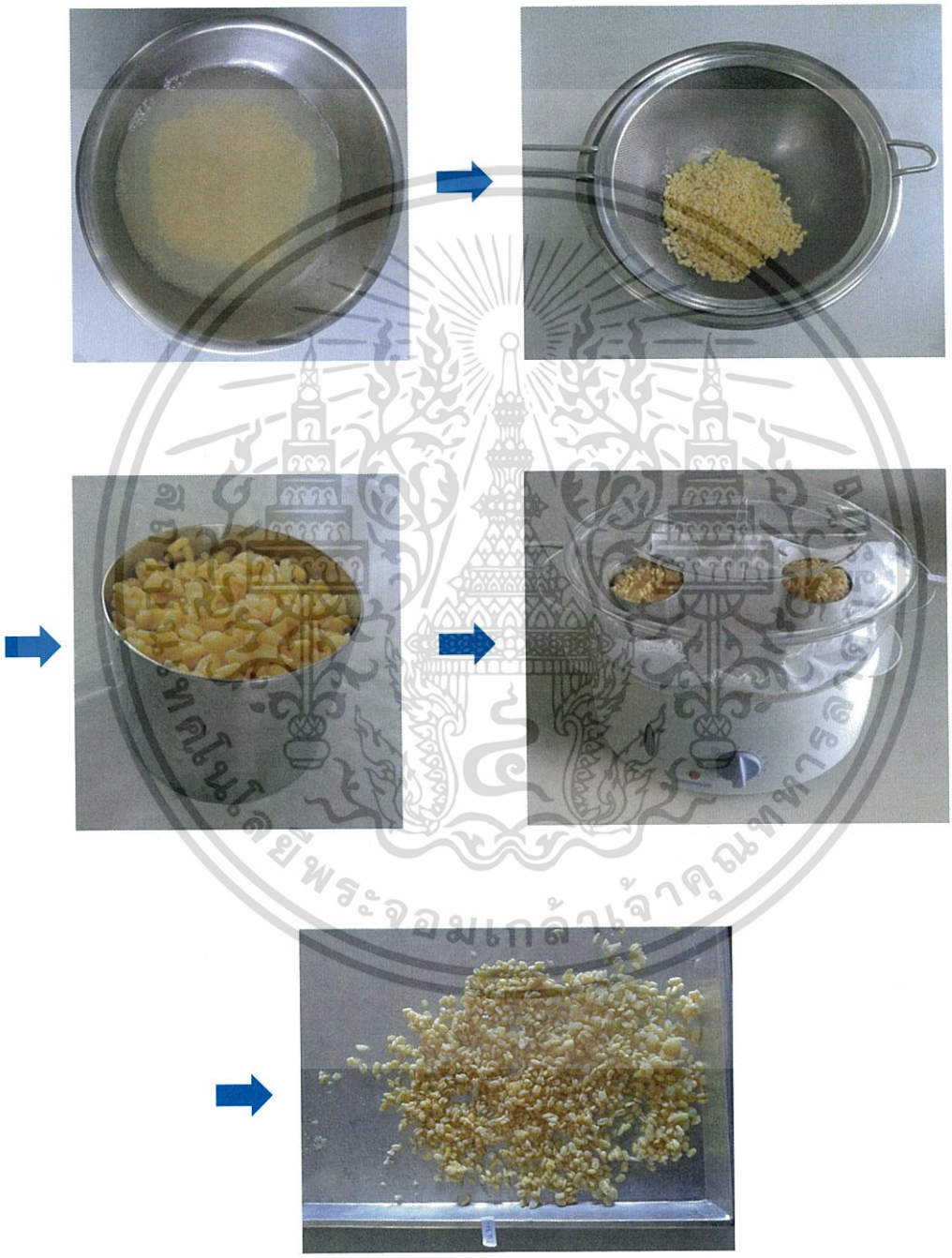
เตรียมสตาร์ชโดยดัดแปลงจากวิธีของ Nimsung และคณะ (2007) นำแป้งที่เตรียมได้ผสมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมล่าร์ โดยใช้อัตราส่วน 1:10 (แป้ง 1 กรัม:สารละลาย 10 มิลลิลิตร) กวนให้เข้ากันตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3000g เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนของเหลวทิ้ง และขูดส่วนสีน้ำตาลด้านบนของส่วนที่ตกตะกอน (ตะกอนหยาบ) ออก นำส่วนตะกอนด้านล่าง (ตะกอนละเอียด) ผสมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้อัตราส่วน 1:5 (แป้ง 1 กรัม:สารละลาย 5 มิลลิลิตร) กวนตลอดเวลาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3000g เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนของเหลวทิ้ง และขูดส่วนสีน้ำตาลด้านบนของส่วนที่ตกตะกอนออก ทำละลายส่วนที่ตกตะกอนด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1:5 (แป้ง 1 กรัม:น้ำ 5 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากัน และกรองผ่านผ้าขาวบาง โดยใช้น้ำกลั่นล้างส่วนที่ไม่ละลายออกให้ได้มากที่สุด ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยในครั้งสุดท้ายปรับพีเอชของน้ำแป้ง ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็น 6.5-7.0 ได้เป็นสตาร์ชเปียก และนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบลมร้อน อุณหภูมิ 50±2 องศาเซลเซียส เวลา 5-8 ชั่วโมง นำมาบดละเอียดโดยเครื่องบดแป้ง ผ่านรูตะแกรงขนาด 0.25 มิลลิเมตร ได้เป็นสตาร์ชถั่ว

ภาพที่ ก.1 สตาร์ชจากถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การเตรียมถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง

เตรียมถั่วเขียวผ่าซีกนึ่งโดย นำถั่วเขียวซีก 50 กรัม แช่น้ำ 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที สะเด็ดน้ำด้วยกระชอนสแตนเลสตาถี่ นำใส่พิมพ์แล้วนึ่งด้วยเครื่องนึ่งไฟฟ้า 30 นาที พักให้เย็นในถาดอะลูมิเนียม 10 นาที ชั่งถั่วซีกนึ่ง 15 กรัม จากนั้นนำไปตรวจสอบเนื้อสัมผัส

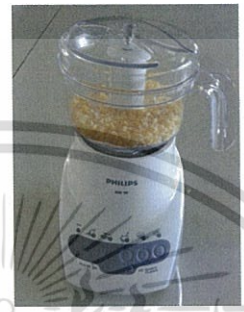


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

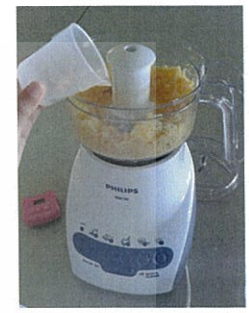
ก.3 การเตรียมถั่วกวน

เตรียมถั่วซีกนึ่งโดย นำถั่วเขียวซีก 50 กรัม แช่น้ำ 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที สะเด็ดน้ำด้วยกระชอนสแตนเลสตาถี่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 ซม.) นำใส่พิมพ์แล้วนึ่งด้วยเครื่องนึ่งไฟฟ้า 30 นาที พักให้เย็นในถาดอะลูมิเนียม 10 นาที จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องสับผสม ผสมกับน้ำ 38 มิลลิลิตร นาน 80 วินาที

พักถั่วซีกนึ่ง 10 นาที



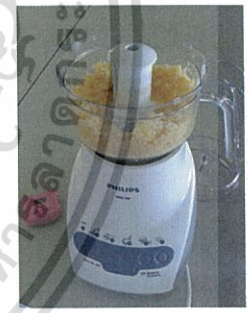
ปั่น 10 วินาที



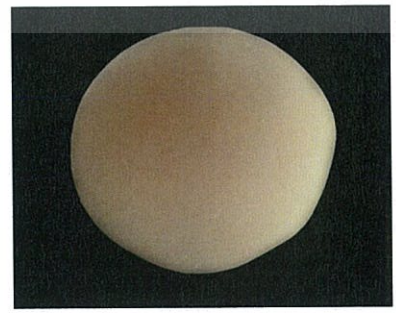
เติมน้ำประมาณ ¾

ปั่นต่อ 40 วินาที

เติมน้ำทั้งหมด



ปั่นต่อจนครบ 80 วินาที



ถั่วกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

ข.1 การตรวจสอบสีระบบ CIE L* a* b*

ภาพที่ ข.1 เครื่องวัดสี (Minolta CR-300, Japan)

เป็นการตรวจสอบค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี โดยวัดค่าสีในระบบ CIE โดยค่า

L* คือ ความสว่างของสี (lightness) โดยมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงที่อยู่ในตัวอย่าง (redness/greenness) โดยค่า a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่า a- แสดงถึงความเป็นสีเขียว

b* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินที่อยู่ในตัวอย่าง (yellowness/blueness) โดยค่า b+ แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่า b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

โดยก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนผิวหน้าของแผ่นสีขาวมาตรฐาน กดปุ่ม measure เครื่องวัดสีจะบันทึกค่าสีขาวของแผ่นสีขาวมาตรฐานไว้

การเตรียมตัวอย่าง

สำหรับการวัดสีถั่วเขียวผ่าซีก โดยนำตัวอย่างใส่ภาชนะให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน จากนั้นนำหัววัดวางแนบสนิทกับตัวอย่างแล้วจึงทำการวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การตรวจสอบปริมาณความชื้นทั้งหมด (AOAC, 2000)

ภาพที่ ข.2 ตู้อบลมร้อน (Memmert UM400, Thailand)

วิธีตรวจสอบ

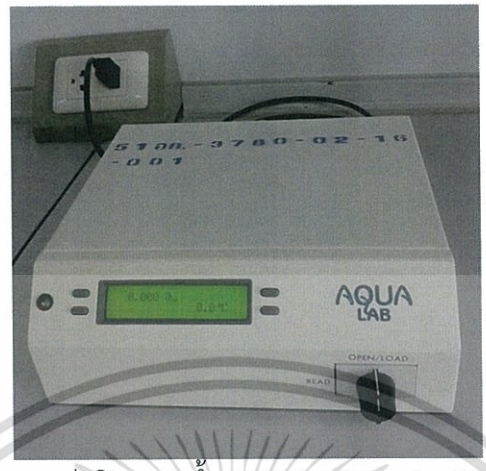
1. อบกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝา ที่ตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (1 ถึง 2 กรัม) ใส่ลงในกระป๋องหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และชั่งน้ำหนัก
3. นำกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
4. อบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 ถึง 2 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การตรวจสอบค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w)



ภาพที่ ข.3 เครื่องตรวจสอบค่ากิจกรรมน้ำ (AQUA LAB series3 TE, Washington, USA)

วิธีตรวจสอบ

การเตรียมตัวอย่าง

1. ใส่ตัวอย่างในตลับวัด a_w ประมาณ 1 ใน 3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งของตลับ เกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วตลับเพื่อประสิทธิภาพในการวัด
2. ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ริมขอบ และด้านนอกของตลับวัดสะอาด ห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณตลับวัด a_w
3. ตัวอย่างควนมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด a_w

การเปิดเครื่อง

1. เปิดเครื่อง a_w ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง
2. นำตลับวัด a_w ใส่ลงในเครื่องวัด water activity meter ห้ามใส่ตัวอย่างหกหล่น เมื่อเครื่องเริ่มวัดจะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
3. เมื่อเครื่องวัดเสร็จจะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่า a_w ที่หน้าจอ
4. ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การตรวจสอบค่าดัชนีการดูดซับน้ำ

วิธีตรวจสอบ

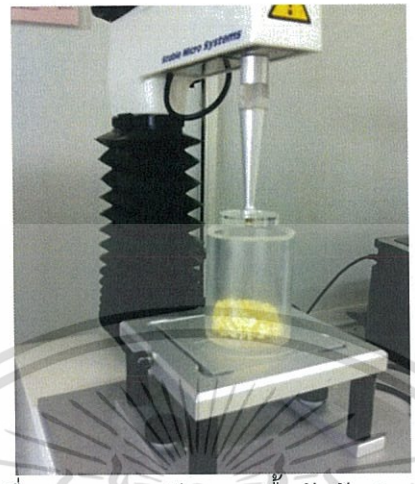
การตรวจสอบค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดัดแปลงจากวิธีของ El-Refai และคณะ (1988) เตรียมโดยนำถั่วเขียวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้ว จำนวน 10 กรัม แช่ลงในน้ำกลั่นอุณหภูมิห้อง (30±1 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วนถั่วต่อน้ำ 1:5 นาน 18 ชั่วโมง ตักถั่วเขียวและซับน้ำโดยใช้กระดาษทิชชูแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่าการดูดซับน้ำ ดังนี้

$$\text{ค่าการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักถั่วหลังแช่น้ำ}) \times 100}{\text{น้ำหนักถั่วก่อนแช่น้ำ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis)

1. การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง (Leelayuthsoontorn และคณะ, 2005)



ภาพที่ ข.5 เครื่องตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-XT.plus, UK)

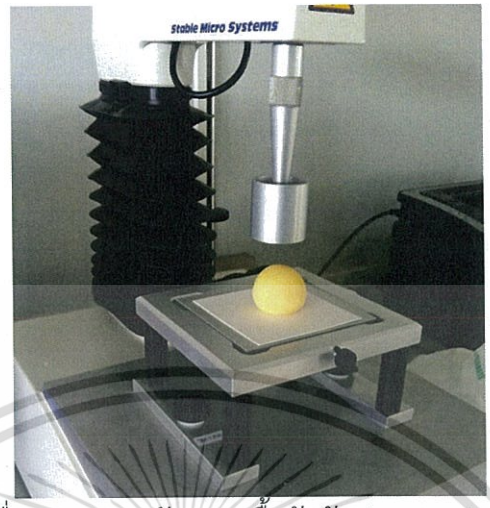
ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่ง โดยใส่ตัวอย่าง 15 กรัม ลงในท่อทรงกระบอก (cylinder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ใช้หัวกด spherical plate ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร(A/BE 40) วัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียว (stickiness) ตั้งค่าดังตารางที่ ก.1 ค่าที่วัดได้จะปรากฏเป็นเส้นกราฟที่จอคอมพิวเตอร์ โดยค่าความแข็ง (hardness) จะมีค่าเป็นบวก และค่าความเหนียว (stickiness) จะมีค่าติดลบ

ตารางที่ ก.1 วิธีการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีกนึ่ง

Caption	Value
Test Mode	Compression
Pre-Test Speed	2.00 mm/sec
Test Speed	1.00 mm/sec
Post-Test Speed	10.00 mm/sec
Target Mode	Strain
Strain	40.00
Trigger Type	Auto (Force)
Tigger Force	5.0 g
Break Mode	Off
Stop Plot At	Strat Position
Tare Mode	Auto
Advanced Options	on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture Analyzer) ของถั่วกวน



ภาพที่ ข.5 เครื่องตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-XT.plus, UK)

ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเขียวซีกนึ่ง โดยใช้มือปั้นตัวอย่าง 20 กรัม เป็นก้อนกลม ใช้หัววัดอะลูมินัมทรงกระบอก P/35 วัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียว (stickiness) ตั้งค่าดังตารางที่ ก.2 ค่าที่วัดได้จะปรากฏเป็นเส้นกราฟที่จอคอมพิวเตอร์ โดยค่าความแข็ง (hardness) จะมีค่าเป็นบวก และค่าความเหนียว (stickiness) จะมีค่าติดลบ

ตารางที่ ก.2 วิธีการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วกวน

Caption	Value
Test Mode	Compression
Pre-Test Speed	2.00 mm/sec
Test Speed	1.00 mm/sec
Post-Test Speed	10.00 mm/sec
Target Mode	Strain
Strain	50.00
Trigger Type	Auto (Force)
Tigger Force	5.0 g
Break Mode	Off
Stop Plot At	Strat Position
Tare Mode	Auto
Advanced Options	on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำถั่วกวนมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของถั่วกวน ความละเอียด (เนื้อเนียน) ของถั่วกวน ความเหนียวของถั่วกวน และสีของถั่วกวน โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามที่ผู้ชิมรู้สึกในลักษณะแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องถั่วกวน จำนวน 10 คน

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ถั่วกวน วันที่ทดสอบ _____

ชื่อผู้ทดสอบ_____

คำแนะนำ : กรุณาทำการประเมินลักษณะแต่ละด้านของตัวอย่างต่อไปนี้ ตามสเกลที่ให้มาโดยกำหนดให้

1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง

4 = มาก 5 = มากที่สุด

รหัสตัวอย่าง			
ความนุ่มของถั่วกวน			
ความละเอียด (เนื้อเนียน) ของถั่วกวน			
ความเหนียวของถั่วกวน			
สีของถั่วกวน			

ข้อเสนอแนะ

.....

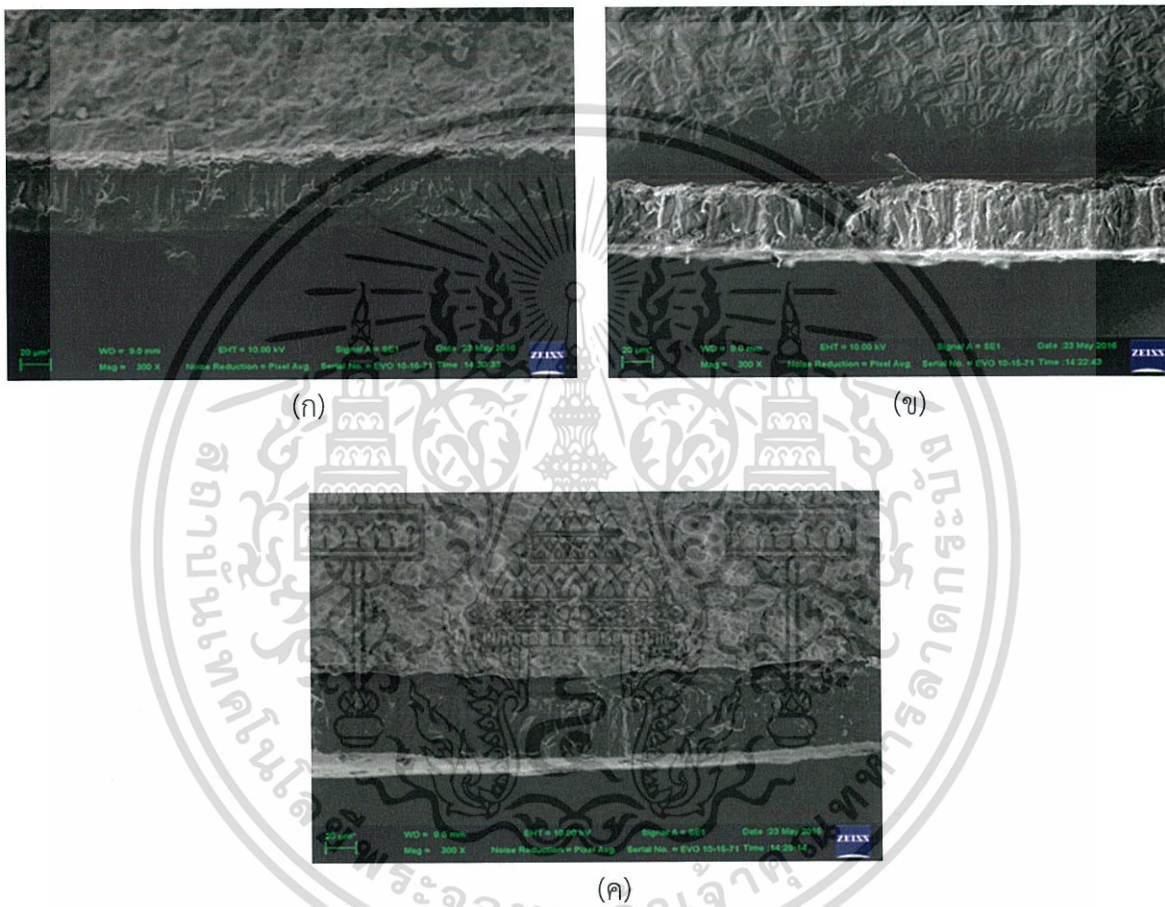
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการตรวจสอบรูปพรรณสัณฐาน

ค.1 การตรวจสอบรูปพรรณสัณฐานของถั่วเขียว



(ก) (ข)

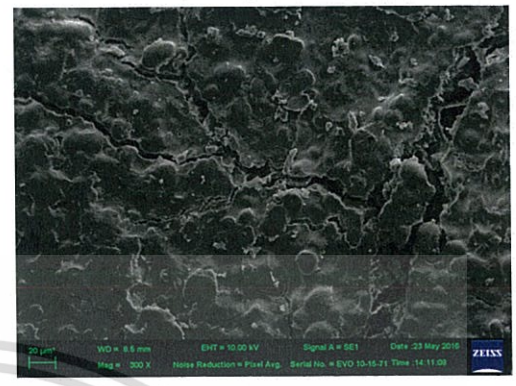
(ค)

ภาพที่ ค.1 ภาพความหนาของเปลือกถั่วเขียว ตรวจสอบโดย Scanning Electron Microscope (SEM) 300x (ก) พันธุ์กำแพงแสน2 ~52 ไมครอน (ข) พันธุ์ชัยนาท72 ~68 ไมครอน (ค) พันธุ์ชัยนาท84-1 ~60 ไมครอน

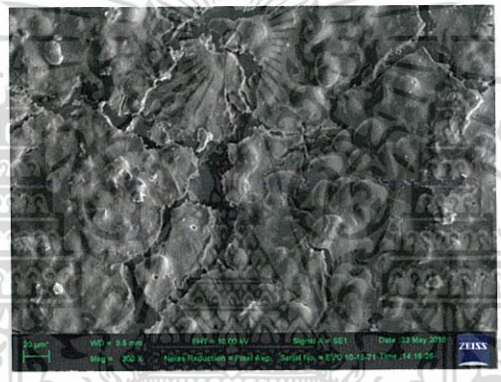
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การตรวจสอบรูปพรรณสัณฐานของถั่วเขียวผ่าซีก

(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ ค.2 รอยแตกบนผิวของถั่วเขียวผ่าซีก ตรวจสอบโดย Scanning Electron Microscope (SEM) 300x (ก) 65 องศาเซลเซียส (ข) 75 องศาเซลเซียส (ค) 85 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Test) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

ง.1 การศึกษาพันธุ์ของถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

1. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของถั่วเขียว

1.1 คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเขียว

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Mouisture	Between Groups	1.398	2	.699	265.496	.000
	Within Groups	.008	3	.003		
	Total	1.406	5			
ash	Between Groups	.096	2	.048	397.878	.000
	Within Groups	.000	3	.000		
	Total	.096	5			
fat	Between Groups	.029	2	.014	144.522	.001
	Within Groups	.000	3	.000		
	Total	.029	5			
starch	Between Groups	.423	2	.212	1.049	.451
	Within Groups	.605	3	.202		
	Total	1.028	5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว (Pasting properties) ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

peakvisco ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1521.722	2	760.861	5.047	.052
Within Groups	904.487	6	150.748		
Total	2426.209	8			

Trough ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	94857.909	2	47428.954	733.450	.000
Within Groups	387.993	6	64.666		
Total	95245.902	8			

Breakdown ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	74027.582	2	37013.791	121.962	.000
Within Groups	1820.913	6	303.486		
Total	75848.496	8			

finalvisco ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2270.607	2	1135.303	4.282	.070
Within Groups	1590.653	6	265.109		
Total	3861.260	8			

setback ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123597.182	2	61798.591	188.394	.000
Within Groups	1968.173	6	328.029		
Total	125565.356	8			

Pastingtemp ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.976	2	1.488	6.902	.028
Within Groups	1.293	6	.216		
Total	4.269	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	567.153	2	283.576	418.526	.000
Within Groups	4.065	6	.678		
Total	571.218	8			

2. คุณภาพของถั่วเขียวผ่าซีก

2.1 ค่าสีถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	.384	2	.192	.231	.801
	Within Groups	4.993	6	.832		
	Total	5.377	8			
a	Between Groups	.113	2	.057	.694	.536
	Within Groups	.489	6	.081		
	Total	.602	8			
b	Between Groups	.088	2	.044	1.128	.384
	Within Groups	.235	6	.039		
	Total	.323	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MC.hulled	Between Groups	.177	2	.088	1.701	.260
	Within Groups	.312	6	.052		
	Total	.489	8			
Aw.hulled	Between Groups	.000	2	.000	2.960	.128
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
Absorb.hulled	Between Groups	6.923	2	3.462	7.741	.022
	Within Groups	2.683	6	.447		
	Total	9.606	8			

2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีก 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	1.124E7	2	5619474.090	16.397	.001
	Within Groups	3084480.294	9	342720.033		
	Total	1.432E7	11			
stickiness	Between Groups	2275.943	2	1137.972	13.689	.002
	Within Groups	748.178	9	83.131		
	Total	3024.121	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คุณภาพของถั่วกวน

3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วกวน 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	55656.107	2	27828.054	116.265	.000
	Within Groups	3590.250	15	239.350		
	Total	59246.358	17			
stickiness	Between Groups	321.739	2	160.870	3.483	.057
	Within Groups	692.776	15	46.185		
	Total	1014.515	17			

3.3 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ของถั่วกวน 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MCpaste	Between Groups	.054	2	.027	.738	.517
	Within Groups	.220	6	.037		
	Total	.274	8			
Awpaste	Between Groups	.000	2	.000	7.444	.024
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน 3 พันธุ์

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
softness	Between Groups	5.600	2	2.800	2.392	.111
	Within Groups	31.600	27	1.170		
	Total	37.200	29			
smoothness	Between Groups	17.267	2	8.633	12.015	.000
	Within Groups	19.400	27	.719		
	Total	36.667	29			
stickiness	Between Groups	.600	2	.300	.325	.725
	Within Groups	24.900	27	.922		
	Total	25.500	29			
color	Between Groups	2.067	2	1.033	2.022	.152
	Within Groups	13.800	27	.511		
	Total	15.867	29			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งของเมล็ดถั่วเขียวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของถั่วกวน

1. คุณภาพของของถั่วเขียวผ่าซีก

1.1 ค่าสีของถั่วเขียวผ่าซีก 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	.180	2	.090	.241	.793
	Within Groups	2.246	6	.374		
	Total	2.426	8			
a	Between Groups	.159	2	.079	.366	.708
	Within Groups	1.303	6	.217		
	Total	1.461	8			
b	Between Groups	2.509	2	1.255	.474	.644
	Within Groups	15.886	6	2.648		
	Total	18.395	8			

1.2 ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) และค่าดัชนีการดูดซับน้ำของถั่วเขียวผ่าซีก 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
MC.hulled	Between Groups	.026	2	.013	13.845	.006
	Within Groups	.006	6	.001		
	Total	.032	8			
Aw.hulled	Between Groups	.001	2	.000	33.337	.001
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.001	8			
Absorb.hulled	Between Groups	8.554	2	4.277	65.206	.000
	Within Groups	.394	6	.066		
	Total	8.948	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วเขียวผ่าซีก 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	2.679E7	2	1.340E7	7.564	.012
	Within Groups	1.594E7	9	1770997.140		
	Total	4.273E7	11			
stickiness	Between Groups	2669.800	2	1334.900	5.925	.023
	Within Groups	2027.719	9	225.302		
	Total	4697.519	11			

2. คุณภาพของถั่วกวน

2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ของถั่วกวน 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	14659.104	2	7329.552	20.703	.000
	Within Groups	5310.474	15	354.032		
	Total	19969.578	17			
stickiness	Between Groups	32.286	2	16.143	2.321	.132
	Within Groups	104.315	15	6.954		
	Total	136.600	17			

2.2 ปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำ (water activity, a_w) ของถั่วกวน 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MC.paste	Between Groups	6.949	2	3.474	93.010	.000
	Within Groups	.224	6	.037		
	Total	7.173	8			
Aw.paste	Between Groups	.000	2	.000	4.111	.075
	Within Groups	.000	6	.000		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MC.paste	Between Groups	6.949	2	3.474	93.010	.000
	Within Groups	.224	6	.037		
	Total	7.173	8			
Aw.paste	Between Groups	.000	2	.000	4.111	.075
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			

2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วกวน 3 อุณหภูมิ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
softness	Between Groups	4.067	2	2.033	3.475	.045
	Within Groups	15.800	27	.585		
	Total	19.867	29			
smoothness	Between Groups	8.267	2	4.133	4.103	.028
	Within Groups	27.200	27	1.007		
	Total	35.467	29			
Stickiness	Between Groups	7.267	2	3.633	3.862	.033
	Within Groups	25.400	27	.941		
	Total	32.667	29			
color	Between Groups	12.200	2	6.100	13.071	.000
	Within Groups	12.600	27	.467		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	เพ็ญพิชชา ถาน้อย
วัน เดือน ปี เกิด	17 กุมภาพันธ์ 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จังหวัดลำปาง ปีการศึกษา 2554
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต จากสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2558

ชื่อ-นามสกุล	อังสุนา จันทร์ทะระ
วัน เดือน ปี เกิด	14 มกราคม 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนเมืองปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปีการศึกษา 2554
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต จากสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2558

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

10884

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้