ผลของสภาวะการงอกของถั่วเหลืองงอก ปริมาณสารอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

Effect of germination conditions to soybean germination, nutrients and bioactive compounds in germinated soybean

จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย
พรรณิภา อูลำเภา

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของสภาะวะการงอกของถั่วเหลืองงอก ปริมาณสารอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

Effect of germination conditions to soybean germination, nutrients and bioactive compounds in germinated soybean

T148881

จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย

พรรณิภา อู่สำเภา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สืบหมู่.....
เลขทะเบียน 148881
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560

b 12877050
l.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของสภาวะการงอกของถั่วเหลืองงอก ปริมาณสารอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

Effect of germination conditions to soybean germination, nutrients and bioactive compounds in germinated soybean

จัดทำโดย

จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย รหัสนักศึกษา 55080010

พรรณิภา อู่สำเภา รหัสนักศึกษา 55080037

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

จิราภรณ์ สิริสัณห์ ..... 7 / มิ.ย. / 59

(อาจารย์ จิราภรณ์ สิริสัณห์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ผลของสภาวะการงอกของถั่วเหลืองงอก ปริมาณสารอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก
ชื่อนักศึกษา	จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย รหัสนักศึกษา 55080010
	พรรณิภา อู่สำเภา รหัสนักศึกษา 55080037
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ จิราภรณ์ สิริสัณห์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาที่มีผลต่อการงอกของถั่วเหลือง โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณสารกาบา (Gamma-aminobutyric acid: GABA) ของถั่วเหลืองงอก เพาะถั่วเหลืองในสภาวะมืดและสว่าง เพื่อศึกษาผลของสภาวะแสง ในที่สภาวะมืดและสว่าง ทำการเพาะถั่วเหลืองเวลา 0, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพาะถั่วเหลืองเวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และเพาะถั่วเหลืองเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา ทั้งนี้ใช้ถั่วเหลืองเมล็ดแห้งเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับทุกการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อระยะเวลาการเพาะมากขึ้น ถั่วเหลืองจะมีร้อยละการงอกและความยาวมากขึ้น โดยในสภาวะมืด ถั่วเหลืองจะมีร้อยละการงอกและความยาวมากกว่าในที่สว่าง การศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาการเพาะงอกต่อองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองงอกพบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นการเพาะในสภาวะมืดทำให้ถั่วเหลืองงอกมีร้อยละความชื้น ไขมัน และเถ้า มากกว่าถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่าง แต่ถั่วเหลืองงอกที่เพาะในสภาวะสว่าง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีร้อยละโปรตีนและใยอาหารมากกว่าถั่วเหลืองงอกที่เพาะในสภาวะมืด สำหรับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารกาบาพบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดก็เพิ่มขึ้น และสารประกอบฟีนอลลิกในถั่วเหลืองงอกที่เพาะในสภาวะมืดมีปริมาณมากกว่าถั่วเหลืองงอกที่เพาะในสภาวะสว่าง สำหรับกาบาพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นพบปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้นจากตัวควบคุม และถั่วเหลืองงอกที่สภาวะสว่างจะมีปริมาณมากกว่าที่สภาวะมืด

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองงอก สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารกาบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Effect of germination conditions to soybean germination, nutrients and bioactive compounds in germinated soybean
Student name	Jureerat Boonchoay Student ID 55080010
	Pannipa Ausampao Student ID 55080037
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2016
Advisor	Jiraporn Sirison

ABSTRACT

The objective of this research was to study effects of light and time on soybean germination determining by analysis of chemical compositions, total polyphenol content and gamma-aminobutyric acid (GABA) content in germinated soybean. Soy seeds were germinated in light and dark conditions to study effects of light. In light and dark conditions, soy seeds were germinated for 24, 36 and 48 hours for chemical composition analysis, for 0, 12, and 24 hours for total polyphenol content and for 24 hours for gamma-aminobutyric acid (GABA) analysis. Dry soy seeds were used as a control in all experiments. The results showed that, percent of soybean germination and length of germinated soybean increase when germination times increase. Percent of soybean germination in dark condition was higher that in light condition. Moisture, fat and ash of germinated soybean in dark condition were higher those of that in light condition. In contrast, protein and crude fiber of germinated soybean in light condition were higher those of that in dark condition. Total polyphenol content and GABA were increased after germination. Total polyphenol content in soybean germinated in dark condition was higher than that in light condition. For GABA, it was higher in light condition comparing to dark condition.

Keywords: Soybean Germinated soybean Total polyphenol compounds GABA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องผลของสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก ปริมาณสารอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอกฉบับนี้ที่สำเร็จไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่คอยให้คำอธิบาย คำแนะนำ ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน และแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น จนกระทั่งทำให้รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร และ ดร.ปนัดดา นนทนำ คณาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการตัดสินปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังให้คำแนะนำทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ช่วยเป็นที่ปรึกษาด้านการใช้งานเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหาร วัสดุอุปกรณ์เครื่องแก้วชนิดต่างๆ ตลอดจนสถานที่ในการดำเนินงานปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณอาจารย์ พี่น้องและเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือแบ่งปันข้อมูล อุปกรณ์สิ่งของต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจในทุกๆด้าน จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ เข้าใจถึงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินปัญหาพิเศษ พร้อมทั้งให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ขอให้ผู้มีพระคุณทุกคนมีความสุขความเจริญ และความก้าวหน้าในชีวิตการงานที่ดี ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานปัญหาพิเศษนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาข้อมูลต่างๆเหล่านี้ไม่มากก็น้อย ถ้าหากรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เกิดข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำขอกราบอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย
พรรณิภา อู่สำเภา
7 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ลักษณะทางพืชศาสตร์ของถั่วเหลือง	3
2.2 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง	4
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	11
3.2 อุปกรณ์	12
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	17
4.1 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อการเพาะถั่วเหลืองอก	17
4.2 ผลของสภาวะการเพาะต่อปริมาณสารอาหารของต้นถั่วเหลืองงอก	19
4.3 ผลของสภาวะแสงต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	24
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	26
บรรณานุกรม	27
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก	29
ภาคผนวก ข	40
ประวัติผู้เขียน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความแตกต่างที่สำคัญที่พบระหว่างการงอกในกรดไขมันสำคัญห้าชนิด..... 8

2.2 ระดับของวิตามินมีผลมาจากการงอก..... 9

4.1 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละการงอกของถั่วเหลือง..... 17

4.2 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อความยาวเฉลี่ยของถั่วเหลืองงอก..... 19

4.3 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณความชื้นของถั่เหลืองงอก..... 20

4.4 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองงอก..... 21

4.5 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณไขมันของถั่วเหลืองงอก..... 22

4.6 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณเถ้าของถั่วเหลืองงอก..... 23

4.7 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณใยอาหารของถั่วเหลืองงอก..... 24

4.8 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอก..... 25

4.9 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณกาบาของถั่วเหลืองงอก..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 เครื่องเพาะถั่ว..... 13

3.2 การเตรียมถั่วเหลือง..... 14

3.3 สภาวะแสงของการเพาะถั่วเหลือง..... 14

3.4 วัดความยาวของต้นถั่วเหลืองงอกโดยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 15

4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบร้อยละการงอกในสภาวะมืดและสภาวะสว่างที่ระยะเวลาการเพาะ 24 36 และ 48 ชั่วโมง..... 18

4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความยาวถั่วเหลืองงอกในสภาวะมืดและสภาวะสว่างที่ระยะเวลาการเพาะ 24 36 และ 48 ชั่วโมง..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ถั่วเหลือง เป็นถั่วเมล็ดแห้ง ที่มีอุดมด้วยสารอาหารหลายชนิด โดยสะสมอยู่ในส่วนของใบเลี้ยง ซึ่งเป็นส่วนเนื้อในของถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนสูง และน้ำมันสูง เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเมล็ดแห้งชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีวิตามิน และแร่ธาตุในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีสารที่พบในปริมาณน้อย แต่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (functional food) บางชนิดนำมาใช้เพื่อเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) เช่น เลซิทิน (lecithin) ไฟโตเอสโทรเจน (phytoestrogen) ซึ่งไฟโตเอสโตรเจนที่พบมากใน ถั่วเหลืองมีไอโซฟลาโวน ที่สำคัญ คือ ไดซีน (daidzein) และ จีนิสทีน (genistein) ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันโรคกระดูกพรุน และทดแทนการขาดฮอร์โมนเอสโทรเจน ถั่วเหลืองประกอบไปด้วย โปรตีนร้อยละ 35-50 โปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ทั้งชนิดและปริมาณที่สมดุลมากกว่าถั่วชนิดอื่น แต่กรดอะมิโนที่มีในปริมาณจำกัด (limiting amino acid) ในถั่วเหลืองคือ เมทไทโอนีน (methionine) ถั่วเหลืองมีน้ำมันสูง มีน้ำมันร้อยละ 12-20 น้ำมันจากถั่วเหลือง มีส่วนประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ต่อร่างกาย ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-3 (omega-3 fatty acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-6 (omega-6 fatty acid) ในปริมาณสูง สร้างความสมบูรณ์ให้แก่ผิวหนัง และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารกและเด็ก จึงเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพ นอกจากนี้มีวิตามินอี (vitamin E) ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมัน

ซึ่งในกระบวนการงอกของถั่วเหลืองจะทำเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเคมีโดย โปรตีนจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระ ไขมันจะถูกย่อยเป็นกรดไขมัน แป้งถูกย่อยเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งการย่อยเป็นโมเลกุลที่เล็กลงจะทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ง่ายขึ้นซึ่งเป็นการลดการทำงานของระบบย่อยอาหารอีกด้วย ซึ่งกระบวนการงอกนั้นยังทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 39%, ไขมัน 10% และใยอาหาร 3.2% และยังมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นด้วยในระหว่างการงอก เช่น สารไอโซฟลาโวน (isoflavones) และกาบา (GABA) เป็นต้น ดังนั้นการนำถั่วเหลืองมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหาร ก่อให้เกิดประโยชน์มากมายทั้งด้านคุณค่าสารอาหารและประโยชน์ทางด้านสุขภาพ

เนื่องด้วยเหตุผลต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีความน่าสนใจที่จะนำถั่วเหลืองงอกมาเป็นทางเลือกในการนำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตและแปรรูปอาหาร ซึ่งในต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับถั่วเหลืองงอกที่หลากหลาย เช่น การเพาะถั่วเหลืองงอก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับถั่วเหลืองงอกในด้านกายภาพและเคมี (Kayembe และ Rensburg, 2013) และการนำถั่วเหลืองงอกไปใช้ประโยชน์ (Park และ Oh, 2006) อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวเป็นการใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ดีและเหมาะสมต่อการศึกษานั้น ซึ่งในประเทศไทย มีการเพาะปลูกและบริโภคถั่วเหลืองอย่างแพร่หลายเช่นกัน ถั่วเหลืองพันธุ์ดีที่เป็นที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาะปลูกและนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารคน เช่น ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จาก ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะถั่วเหลืองงอกและคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองงอกในประเทศไทยยังมีจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของสภาวะการเพาะต่อการงอก สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อการงอกของถั่วเหลืองงอก

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาที่เพาะถั่วเหลืองงอกต่อองค์ประกอบเคมีของถั่วเหลืองงอก

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาที่เพาะถั่วเหลืองงอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะถั่วเหลืองงอก

1.3.2 ได้ทราบถึงปริมาณสารอาหารที่มีในถั่วเหลืองงอก

1.3.3 ได้ทราบถึงปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีในถั่วเหลืองงอก

1.3.4 สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ต่อยอดในการผลิตอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพืชศาสตร์ของถั่วเหลือง

2.1.1 ถั่วเหลืองที่ปลูก หรือ *Glycine max (L) Merill* อยู่ในวงศ์ *Leguminosae* วงศ์ย่อย *Papilioniodeae* และสกุล *Glycine L.* เป็นไม้ตระกูลถั่ว (Clover, peas, alfalfa) มีนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ผู้ให้ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max.* ซึ่ง Glycine หมายถึงความหวาน และ max หมายถึงปมใหญ่ๆมี่ต้นถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ทนแล้ง เป็นไม้พุ่ม มีกิ่งก้านสีเขียว ลำต้นสูงกว่า 1 เมตร ขนาดของลำต้นขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น สถานที่ เวลาที่ปลูก รอยแยก (hilum) ของเมล็ดที่อยู่บนเปลือก เมล็ดที่มีสีแตกต่างกันนี้ยังเป็นตัวบ่งบอกสายพันธุ์ด้วย ถั่วเหลืองเป็นพืชในวงศ์ *Leguminosae* สามารถเก็บไนโตรเจนไว้ได้ถึง 14 วัน ในระยะเวลาการปลูก ลำต้นของถั่วเหลืองจะดูดซับไนโตรเจนในอากาศเพื่อเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมไนเตรต แล้วทำปฏิกิริยากับแบคทีเรีย *Rhizobium japonicum* ในปมราก

2.1.2 ถั่วเหลืองจะเริ่มงอกเมื่อเมล็ดดูดซับน้ำมากถึง 50% ของน้ำหนัก รากฝอย (radical) จะแทงเปลือกเมล็ดออกมาแล้วพัฒนาเป็นราก (root) และหยั่งลงดินภายใน 1-2 สัปดาห์ เมื่อได้รับแสงแดดใบชุดแรกจะโผล่ออกมาและปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่อมีการสร้างคลอโรฟิล หลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว ขั้นตอนการเติบโตใช้เวลา 6-8 สัปดาห์ ก่อนให้ผลผลิต ระหว่างนี้ต้นอ่อนจะแทงขึ้นมาจากผิวดิน และส่วนตาที่แตกออกจะโผล่ออกมาตามลำต้น ถั่วเหลืองใช้เวลา 7-12 สัปดาห์กว่าจะให้ผลผลิต ตั้งแต่เริ่มออกดอก ออกฝักและเมล็ด ช่วงเวลาการออกดอกประมาณ 3-5 สัปดาห์ ดอกของต้นถั่วเหลืองมีลักษณะเช่นเดียวกันกับดอกไม้ทั่วไป คือมีห้ากลีบและมีกระเปราะ ภายในสองสัปดาห์ครึ่งดอกจะพัฒนาไปเป็นฝัก เมื่อฝักแก่ การสะสมน้ำหนักจะน้อยลงจยเหลือน้ำหนักเบา ขณะที่สีเขียวของถั่วที่แก่จัดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อน เมล็ดควรจะมีความชื้นประมาณ 60% และมีส่วนที่สมบูรณ์มากพอสำหรับการงอกใหม่

2.1.3 สภาพที่จำเป็นในการเจริญเติบโต

2.1.3.1 ถั่วเหลืองงอกและเติบโตได้ดีในดินที่มีปริมาณความชื้นอย่างน้อย 50% ความชื้นในปริมาณนี้มีความสำคัญมากและจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะหากความชื้นไม่เพียงพออาจจะทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองขาดออกซิเจน และอุณหภูมิของดินก็มีผลต่ออัตราการงอกเช่นกัน

2.1.3.2 ต้นถั่วมีความไวต่อปริมาณแสง ระยะเวลาในตอนกลางวันมีผลต่อการออกดอก ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ ชอบฤดูที่มีเวลากลางวันสั้น (กลางคืนยาว) เพราะความมืดช่วยให้ดอกถั่วเหลืองบานภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.3.3 โรคพืชที่เกิดกับถั่วเหลืองมีอยู่ประมาณ 100 ชนิดรวม ทั้งโรคที่เกิดจากแมลง ซึ่งมีผลต่อผลผลิต และคุณภาพถั่วเหลืองระหว่างฤดูการเติบโต เนื่องจากหลายๆ ส่วนของต้นถั่วไม่มีความทนทานต่อ แบคทีเรีย รา ไวรัส หรือเชื้อโรคต่างๆ อย่างไรก็ตาม โรคต่างๆ สามารถจัดการได้ด้วยการหมุนเวียนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาะปลูก การใช้สารเคมี รวมทั้งการเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคแมลงด้วยการเพาะพันธุ์และใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

2.1.4 การเก็บเกี่ยว การทำให้แห้ง และการเก็บรักษา

2.1.4.1 ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต เวลาเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เกษตรกรมักจะเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน เมื่อเมล็ดถั่วอยู่ในระดับที่แห้งเต็มที่ (ปริมาณความชื้น 13-14%) สำหรับเมล็ดที่ยังไม่โตเต็มที่บางครั้งถูกเก็บไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่รู้จักกัน คือ edammame ส่วนกำหนดเวลาการเก็บเกี่ยวจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ภูมิภาคที่ปลูก และปัจจัยอื่นๆ

2.1.4.2 เมล็ดที่มีปริมาณความชื้น 13.5% หรือมากกว่านั้นจะต้องทำให้แห้งก่อนการเก็บ เพื่อควบคุมการเติบโตของจุลินทรีย์และเพื่อป้องกันการงอกของเมล็ด ถั่วเหลืองจะแห้งเองตามธรรมชาติหรือสามารถทำให้แห้งได้ ในการทำให้แห้งตามธรรมชาติ ขั้นตอนแรกต้องแผ่ถั่วเหลืองในลานทิ้งไว้ 2-3 วัน แล้วพลิกกลับบ่อยๆ โดยเฉพาะในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่วนใหญ่จะทำให้ถั่วเหลืองแห้งด้วยเครื่องจักร เช่น เครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ และการตากบนเครื่องทำแห้ง ซึ่งมีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการตากอย่างเข้มงวด เพราะการทำให้แห้งเร็วเกินไปจะทำให้เมล็ดแข็ง สีไม่สวย และสูญเสียโปรตีน

2.1.4.3 ปัจจัยที่สำคัญต่อการเก็บรักษาผลผลิต คือปริมาณความชื้นของเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณ พื้นที่เก็บและอุณหภูมิของโกดัง หากปริมาณของค่าใดๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้น รวมทั้งระยะเวลาในการเก็บรักษา ล้วนส่งผลให้คุณภาพของถั่วเหลืองลดลงทั้งสิ้น อุณหภูมิที่และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ การเก็บถั่วเหลืองคือ 5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 11%

2.1.4.4 ถั่วเหลืองมีอยู่มากมายและหลากหลายสายพันธุ์ อีกทั้งมีคุณภาพแตกต่างกัน การจัดเกรดของถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในทางธุรกิจ และมีผลต่อการนำเมล็ดเพื่อมาใช้ประโยชน์ ในหลายประเทศมีการจัดระบบต่างๆ ในการซื้อขายตามคุณภาพของถั่วเหลือง เพื่อให้เกิดความยุติธรรมต่อการขายส่งในตลาดท้องถิ่น ในสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานในการซื้อขายถั่วเหลือง เช่น การทดสอบน้ำหนักต่ำสุดต่อภาชนะบรรจุ การกำจัดเปอร์เซ็นต์สูงสุดของเมล็ดที่เสียหาย วัสดุแปลกปลอม การแตก สีอื่นๆ นอกจากสีเหลือง และข้อจำกัดสูงสุดของวัสดุปะปนอื่นๆ

2.2 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง

ในกลุ่มพืชจำพวกที่มีฝัก ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงสุดที่เกือบ 40% ของน้ำหนักฝักแห้ง ยิ่งกว่านั้นปริมาณของไขมัน (lipid) ยังสูงถึง 20% ซึ่งมีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากถั่วลิสง (48%) ถั่วเหลืองประกอบด้วยส่วนที่เป็นเปลือก 8% เนื้อเยื่อ 90% และแกนต้นอ่อน 2% ความแตกต่างในส่วนประกอบของโครงสร้างต่างๆ เหล่านี้ สังเกตว่า ส่วนประกอบของเมล็ดมีความคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ ทั้งนี้เพราะเนื้อเยื่อเป็นส่วนที่สำคัญของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ไขมันของถั่วเหลืองประกอบด้วยสารประกอบชนิดต่างๆ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันไม่อิ่มตัว ฟอสโฟลิพิด และส่วนประกอบที่ไม่จับตัวเป็นก้อนประมาณ 20% หน้าที่สำคัญของไตรกลีเซอไรด์ คือ เป็นแหล่งของพลังงานสำหรับป้อนเมล็ดถั่วเหลือง ระหว่างการเจริญเติบโต มักจะพบในน้ำมันที่อยู่ภายในเซลล์เนื้อเยื่อของถั่วเหลือง

2.2.2 โปรตีน เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ โปรตีนที่เรารับประทานจะแตกตัวเป็นองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนภายในระบบย่อยอาหารและในตับ และองค์ประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ภายในร่างกาย ซึ่งจะถูกใช้เป็นวัสดุโครงสร้างเพื่อสร้างโปรตีนแก่ร่างกายต่อไป โปรตีนที่ทำงานจำเพาะบางตัวที่เป็นที่รู้จักกันในชื่อเอนไซม์ เป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีส่วนใหญ่เหล่านี้ ถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนจำนวนนี้มักจะถูกใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนเป็นเปอร์เซ็นต์เพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ใช้ในการบริโภคเป็นอาหารหรือใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร

2.2.2.1 โปรตีนถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ต่ำ กรดอะมิโนที่หายากที่สุดตามลำดับคือ เมตไทโอนีน ซิสเทอีน และเทรโอนีน กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งไม่สามารถสร้างได้ภายในโครงร่างของคนเรา จึงจำเป็นที่ต้องได้รับจากอาหาร โปรตีนในถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดอะมิโนครบทุกตัวที่จำเป็นต่อโภชนาการของมนุษย์และสัตว์ โดยมีไลซีนจำนวนมากซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับโภชนาการของมนุษย์ ซึ่งพบยากในโปรตีนจากธัญพืชอื่นๆ

2.2.2.2 โปรตีนจากถั่วเหลืองแบ่งได้เป็นสองกลุ่มตามหน้าที่ทางชีววิทยา คือ โปรตีนเมทาบอลิก และ โปรตีนสะสม โปรตีนเมทาบอลิกนี้รวมถึงเอนไซม์และโปรตีนโครงสร้างซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์ตามปกติ สำหรับโปรตีนสะสมเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของโปรตีนในถั่วเหลือง ซึ่งจะถูกสังเคราะห์ในระหว่างการพัฒนาเมล็ด และจำเป็นต้องมีโปรตีนสะสมในฐานะเป็นแหล่งของไนโตรเจนและคาร์บอน

1 โปรตีนเมทาบอลิกเป็นเอมไซม์และเป็นโปรตีนโครงสร้างซึ่งเดี่ยวข้องกับการทำงานตามปกติของเซลล์ เอนไซม์เป็นโปรตีนซึ่งช่วยเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่สำคัญทั้งหมดภายในระบบสิ่งมีชีวิต

2 ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ที่พบในพืช สัตว์ และรา โดยจะอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชและจะพบมากที่สุดในเมล็ดของพืชที่มีฝัก ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอันอุดมของไลโพซีจีเนส ซึ่งเป็นตัวไดออกซิจิเนสประกอบด้วยธาตุเหล็กที่เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ไลพอกซีจีเนส สามารถสร้างอนุมูลอิสระ มาโจมตีสารประกอบอื่นให้เสียหายได้

3 สารยับยั้งทริปซิน คือสารที่ลดอัตราเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ และควบคุมการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ เมื่อเติมสารยับยั้งลงในเอมไซม์ย่อยโปรตีนพร้อมสารเริ่มต้น สารยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีนจะทำงานแข่งขันกับเอนไซม์ในเซลล์ ทำให้อัตราแตกตัวของสารเริ่มต้นลดลง ในตับอ่อนมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่สำคัญสองชนิด คือ ทริปซิน (trypsin) และไมโคทริปซิน (chymotrypsin) สารยับยั้งทริปซินจะถูกแยกออกจากถั่วเหลือง ได้แก่ Kunitz trypsin inhibitor (TI) และ Bowman-Birk (BB) inhibitor ซึ่งต้องใช้วิธีการที่แตกต่างกันในการแยก การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนจากถั่วเหลืองเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการทำลายสารยับยั้งทริปซิน รวมทั้งสารต่อต้านโภชนาการตัวอื่นๆ โดยมีอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน (Protein efficiency ratio - PER) เป็นตัวชี้วัด ดังนั้นจึงมีความพยายามทำให้สารยับยั้งทริปซินไม่ทำปฏิกิริยา การไม่ทำปฏิกิริยาของสารยับยั้งทริปซินจึงเป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญของโปรตีนถั่วเหลือง ถึงแม้ว่า TI จะทำให้เกิดผลในทางลบ แต่ก็มีรายงานล่าสุดว่ามีผลทางบวกด้วย เพราะ TI อาจจะช่วยป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็งในมนุษย์ได้ (Friedman and Brandon, 2011) เอนไซม์ทำงานโดยไม่มีสารยับยั้งตามกลไกการปิดเปิดกุญแจ เอนไซม์จะเกาะเกี่ยวกับตัวรับของเอนไซม์ (Substrate) เสมอ เพราะรูปร่างเหมือนกัน การเกาะเกี่ยวกันทำให้เอนไซม์สามารถทำหน้าที่ได้ ซึ่งในกรณีของทริปซินคือการแยกตัวออกของโปรตีน การทำงานของเอนไซม์จะถูกปิดกั้นเพราะมีสารยับยั้งซึ่งกั้นการเกาะเกี่ยวกับตัวรับเอนไซม์ (Substrate) สารยับยั้งมักจะมีรูปร่างเหมือนกับเอนไซม์

4 เลกตินเป็น glyco-protein มีคุณสมบัติเด่นชัดในการเกาะติดกันเป็นก้อน หรือการรวมเม็ดเลือดแดงกับเซลล์ชนิดอื่นๆ หรือเป็นที่รู้จักกันว่า ฮีแม็กกลูทินิน hemagglutinins มักพบเลกตินในเซลล์เมล็ดพืชเป็นส่วนใหญ่ ในส่วนเนื้อโปรตีนของเซลล์เนื้อเยื่อ ที่มีปริมาณ 4-hydroxyproline สูง เลกตินสามารถรวมเม็ดเลือดแดง และยังเป็นตัวยึดเกาะระหว่างแซ็กคาไรด์ของผิวเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการขยายของเซลล์ และยังสำคัญต่อไรโซเบียมในการสร้างปมเพื่อจับไนโตรเจนจากอากาศ เลกตินยังเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของหนู การขยายตัวของตับอ่อน ทำให้ระดับอินซูลินในเลือดลดลง ยับยั้งไดแซ็กคาไรด์และน้ำย่อยโปรตีนในลำไส้ ทำให้การทำงานของตับและไตเสื่อมลง และยังรบกวนการดูดซึมของธาตุเหล็กและลิพิดจากอาหาร อย่างไรก็ตามเลกตินอาจจะถูกทำลายได้ด้วยกรรมวิธีทางความร้อน

5 โปรตีนสะสมเป็นส่วนประกอบสำคัญของเนื้อโปรตีนทั้งหมด (65-80%) โปรตีนสะสมจัดแบ่งตามการสกัดโปรตีนด้วยการเหวี่ยงรอบสูง Ultra centrifugation โดยแยกได้เป็นโปรตีนชนิด 2S, 7S, 11S และ 15S สำหรับโปรตีนที่สำคัญสองชนิดคือ 7S และ 11S โปรตีนที่แตกต่างกันให้คุณค่าทางโภชนาการ และให้คุณสมบัติของหน้าที่แตกต่างกัน โปรตีน 11S มีเมตไทโอนีนและซิสเทอีน ต่อหน่วยโปรตีนมากกว่า 7S ทั้งเมตไทโอนีนและซิสเทอีน เป็นกรดอะมิโนที่ประกอบด้วยซัลเฟอร์ เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองโดยทั่วไปมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ไม่เพียงพอ ฉะนั้นโปรตีน 11S จึงมีคุณค่ามากกว่าเชิงโภชนาการ ทั้งโปรตีน 7S และ 11S จะสร้างเจลใสเมื่อถูกความร้อนหรือถูกทำให้เป็นก้อน เช่น ในการทำเต้าหู้ ความสามารถและคุณสมบัติของการสร้างเจลใสขึ้นอยู่กับจำนวนและกากของซัลเฟอร์

2.2.3 คาร์โบไฮเดรต เป็นสารประกอบที่มีสูตรทางเคมี $C_n(H_2O)_m$ รวมทั้งน้ำตาลที่มีองค์ประกอบขนาดเล็ก (โมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์) รวมถึงออลิโกแซ็กคาไรด์และโพลีแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงร่างซับซ้อนและมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น สตาร์ชเฮอมิเซลลูโลส เซลลูโลส และเพกติน ถั่วเหลืองประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 35% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นคาร์โบไฮเดรตจึงเป็นส่วนประกอบที่มีมากเป็นอันดับสอง อย่างไรก็ตาม คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญทางเศรษฐกิจน้อยกว่าน้ำมันจากถั่วเหลืองและโปรตีนจากถั่วเหลือง โดยมากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพวกสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะมันสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าสัตว์ที่มีกระเพาะเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ ประกอบด้วยไดแซ็กคาไดร์และออลิโกแซ็กคาไรด์ (ซูโครส ราฟฟิโนส สตาชิโยส) และมีโมโนแซ็กคาไรด์ (กลูโคสและอราบิโนส) เพียงเล็กน้อย ราฟฟิโนสและสตาชิโยส เกี่ยวข้องกับการทำให้ท้องอืดและไม่สบายท้อง เมื่อมีการบริโภคถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เพราะมนุษย์เราไม่มีเอนไซม์อัลฟา-กาแลคโตซิเดส ที่ใช้จัดการกับสารทั้งสองดังกล่าว แม้ว่าอาการท้องอืดจะเป็นปัจจัยด้านลบ แต่จากการศึกษาล่าสุดได้แสดงถึงผลดีบางประการของการบริโภคออลิโกแซ็กคาไรด์ ประโยชน์ของออลิโกแซ็กคาไรด์ ได้แก่ เพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยร่างกาย ลดเอนไซม์ที่เสื่อมและเป็นพิษ ป้องกันอาการท้องร่วง ป้องกันอาการท้องผูก ช่วยลดการทำงานของตับด้วยการลดลงของสารเกิดพิษ ลดความดันโลหิต มีผลในการต้านมะเร็ง และผลิตอาหาร เช่น วิตามิน

2.2.3.2 คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลาย ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮอมิเซลลูโลส เพกติน และสตาร์ช ซึ่งประกอบกันเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ถั่วเหลือง ทำให้ผนังเซลล์ของถั่วเหลืองประกอบด้วยเพกติน ประมาณ 30 % เฮมิเซลลูโลส 20% ในส่วนของเปลือกมีสัดส่วนคิดเป็น 8% จากทั้งเมล็ด ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตถึง 86%

2.2.4 วิตามิน ถั่วเหลืองมีทั้งวิตามินที่ละลายได้ทั้งในน้ำและในน้ำมัน วิตามินเอมีมากที่สุดในถั่วเหลืองซึ่งอยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีน ส่วนปริมาณของวิตามินอี จะแปรได้ตามสายพันธุ์ของถั่วเหลือง วิตามินที่พบได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี1 (ไทอะมีน) วิตามินบี2 (ไรโบฟลาวิน) ไนอาซีน วิตามินบี6 กรดโฟลิก วิตามินบี12 ไบโอติน กรดแพนโทเธอนิก โคไลน์ วิตามินซี วิตามินดี และวิตามินอี

2.2.5 แร่ธาตุและธาตุต่างๆ ปริมาณเถ้าของถั่วเหลืองแห้งอยู่ที่ประมาณ 5% ของน้ำหนักส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟต ฟอสเฟต คาร์บอเนต และออกซิเจน รวมทั้งปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของสายพันธุ์ พื้นที่และฤดูกาลที่เพาะปลูก ล้วนมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุต่างๆในถั่วเหลืองเช่นเดียวกัน แร่ธาตุของถั่วเหลือง ได้แก่ แทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ แคลเซียม คลอรีน โซเดียม ซิลิคอน เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โมลิบดีนัม โครเมียม ซิเลเนียม โคบอลท์ แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู ปรอท และไอโอดีน

2.2.6 ไอโซฟลาโวน เป็นของสารประกอบซึ่งรวมสารแอนโทไซยานินสีแดงและสีน้ำเงิน ได้แก่ ฟลาวอนส์ ฟลาโวนอยด์ ออโรนส์ ชาลโคนส์ และไอโซฟลาโวนอยด์ สารประกอบเหล่านี้ทำให้เกิดสีเหลือง สีแดง หรือสีน้ำเงินเข้มในผลไม้และดอกไม้ และรวมทั้งเป็นตัวช่วยวิตามินซีอีกด้วย ฟลาโวนอยด์มีจำนวนมากในสารอาหารประเภทถั่วเหลือง ซึ่งมีไอโซฟลาโวนสูงที่สุด ปริมาณของไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 1.261-3.886 มก./ก. ซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ฤดูกาลที่เพาะปลูก อุณหภูมิในการเจริญเติบโต และพื้นที่ปลูก อย่างไรก็ตาม ไม่พบไอโซฟลาโวนในน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากสูญหายไปในระหว่างการสกัดน้ำมัน การวัดระดับของไอโซฟลาโวน สามารถทำได้โดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟี chromatography ทั้งแบบใช้อาหารเหลว HPLC และใช้ก๊าซ GC งานวิจัยได้ระบุผลทางกายภายของไอโซฟลาโวนในมนุษย์และสัตว์ ซึ่งพบว่า ช่วยในการทำงานของเอสโตรเจน เข้าไปมีส่วนในการใช้แร่ธาตุของร่างกาย มีรสเปรี้ยว ขม และฝาด มีแอนติออกซิแดนซ์ มีฤทธิ์ต้านรา Anti-fungal และสร้างสารต้านมะเร็ง anti-carcinogenic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ไฟเทต คือ เกลือแคลเซียม เกลือแมกมีเซียม เกลือโพแทสเซียม ของกรด inositol hexaphosphoric ที่รู้จักกันทั่วไปว่า กรดไฟติก นับเป็นแหล่งหลักของฟอสฟอรัสในถั่วเหลือง (1.00-1.47% ตามเกณฑ์ของน้ำหนักแห้ง) และพบได้ในส่วนของโปรตีน ปริมาณของไฟเทตที่พบในถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ลักษณะและวิธีการปลูก ไฟเทตมีความสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญต่อการย่อย มีผลต่อจุดไอโซอิเลคตริกของโปรตีน ลดการละลายได้ของโปรตีน และลดหน้าที่การทำงานของโปรตีน

2.2.8 การเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการงอก การเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบทางเคมีที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการงอก การเจริญเติบโต และการ เก็บรักษาถั่วเหลือง การเปลี่ยนแปลงบางอย่างมีประโยชน์ทางโภชนาการ ในขณะที่บางอย่างไม่ก่อให้เกิดประโยชน์

2.2.8.1 การงอก ในระหว่างการงอก ปริมาณของลิพิดและคาร์โบไฮเดรตจะลดลง โดยที่คาร์โบไฮเดรตลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 3 วันของการงอก ลิพิดที่สะสมอยู่จะถูกนำมาใช้ทันที ในขณะที่โปรตีนที่สำรองไว้จะถูกใช้ในอัตราคงที่ (มก./โคทีลีดอน cotyledon) นอกจากนี้น้ำตาลที่ละลายได้ก็จะถูกเผาผลาญเช่นเดียวกัน เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนอาจเกิดจากการลดลงของปริมาณลิพิดและคาร์โบไฮเดรต

2.2.8.2 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ตารางที่ 2.1 แสดงความแตกต่างที่สำคัญที่พบระหว่างการงอกในกรดไขมันสำคัญห้าชนิด

กรดไขมัน	ภายหลังการงอก
ปาล์มิติก	เพิ่มขึ้น
ไลโนเลอิก	เพิ่มขึ้น
สเตียริก	เพิ่มขึ้น
โอเลอิก	ลดลง
ไลโนเลนิก	ลดลง

ที่มา: Takanori และคณะ, 1966

2.2.8.3 องค์ประกอบของกรดอะมิโน ในช่วงการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของกรดอะมิโนเกิดขึ้นในช่วงระหว่างการงอก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกรดเอสพาร์ติกระหว่างการงอกให้ผลที่แตกต่างกันออกไป ในการศึกษาระยะต้น (Takanori และคณะ, 1966) ระบุว่า เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองงอก กรดอะมิโนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นในขณะที่กรดเอสพาร์ติกลดลงเมื่อนับต่อต้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาภายหลังพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสำคัญในส่วนขององค์ประกอบของกรดอะมิโน ในขณะที่ต้นถั่วงอกขึ้นมากเท่าไหร่ กรดเอสพาร์ติกก็จะเพิ่มขึ้นทีละเล็กทีละน้อย พร้อมกับการลดลงของกรดกลูตามิก (Zhuang and Xu, 1989)

2.2.8.4 ออลิโกแซ็กคาไรด์ ออลิโกแซ็กคาไรด์ลดลงอย่างชัดเจนในระหว่างการงอก เพราะการทำงานที่เพิ่มขึ้นของอัลฟากาแลคโตซิเดสซึ่งช่วยย่อยโอลิโกซูการ์ oligosugars

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8.5 วิตามิน

ตารางที่ 2.2 ระดับของวิตามินมีผลมาจากการงอก

วิตามิน	การเปลี่ยนแปลง
เบต้าแคโรทีน	เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างแปดวันของการงอก
กรดเอสคอร์บิก	เพิ่มขึ้นระหว่างห้าวันของการงอก
โทโคฟิรอลในเนื้อเยื่อ	ลดลงระหว่างการงอก
โทโคฟิรอลในต้นอ่อน	ลดลงระหว่างการงอก
โทโคฟิรอลในเปลือก	เพิ่มขึ้นระหว่างการงอก

ที่มา: Zhuang and Xu, 1989

2.2.8.6 ในระหว่างการงอก ระดับสารยับยั้งทรปซิน เลกติน และไฟเทต มีปริมาณลดลง

2.2.8.7 เมล็ดถั่วเหลืองแต่ละเมล็ดจะเติบโตเป็นต้นอ่อนยาวมีสีขาว มีเนื้อเยื่อสีออกเหลืองประกบติดกัน เมื่องอกอยู่ในความมืดและสภาวะควบคุม ถั่วงอกเหล่านี้เป็นอาหารของชาวตะวันออกมาเป็นเวลายาวนาน ด้วยลักษณะพิเศษของเนื้อที่กรอบและรสชาติเฉพาะตัว

2.2.9 คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ต่อสุขภาพของถั่วเหลือง

2.2.9.1 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลือง จัดว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งย่อยง่ายและมีอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน (PER) เทียบได้กับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองยังปราศจากแลกโทสซึ่งทำให้เหมาะแก่ผู้บริโภคที่แพ้แลกโทส ถั่วเหลืองมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ สารประกอบในถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 15% ในขณะที่ปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 60% ประกอบด้วยกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ทั้งสองชนิดรู้จักกันว่าช่วยส่งเสริมสุขภาพหลอดเลือดหัวใจและลดการเกิดมะเร็ง ถั่วเหลืองอุดมด้วยวิตามินต่างๆ (วิตามินเอ อี เค และวิตามินบีบางชนิด) และแร่ธาตุ (โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี และฟอสฟอรัส) ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองบางชนิดทำจากถั่วเหลืองล้วนๆ ซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารอย่างดี

2.2.9.2 ถั่วเหลืองและน้ำสกัดจากถั่วเหลืองมีคุณประโยชน์เหนือโรคต่างๆ เช่น มะเร็งเบาหวาน หลอดเลือดหัวใจอุดตัน ภาวะกระดูกพรุน โรคข้ออักเสบ โรคไต และนิ่วในถุงน้ำดี เพราะอาหารที่ทำจากถั่วเหลืองได้มีการเพิ่มคุณค่ามากขึ้น อาทิ ไขมันอิ่มตัวต่ำ และไม่มีปริมาณคอเลสเตอรอล ในสหรัฐอเมริกาซึ่งมีการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากนมเป็นจำนวนมาก ถั่วเหลืองจึงเป็นอาหารคุณภาพที่มีคุณค่าและเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ung Kyu Choi และ Vivek K. Bajpai (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของเมจูและถั่วเหลืองเกาหลีหมัก ซึ่งผลิตจากถั่วเหลืองงอกภายใต้ปัจจัยแสงในสภาวะมืดและสภาวะสว่าง อัตราการงอกของถั่วเหลืองที่สภาวะมืดและสภาวะสว่างภายหลัง 24 ชั่วโมงคือ 25.6 ± 1.2% และ 20.5 ± 1.5% ตามลำดับ ส่วนที่ 60 ชั่วโมงอัตราการงอกที่สภาวะมืดและสว่างคือ 99.4 ± 0.4% และ 98.9 ± 0.5% ตามลำดับ ส่วนค่า pH, ปริมาณความชื้น และปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่สภาวะมืดและสภาวะสว่าง อย่างไรก็ตาม ปริมาณเหล่านี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ได้ผ่านการเพาะงอก

Kayembe และ Jansen van Rensburg (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทดลองปลูกถั่วเหลืองในฟาร์มขนาดเล็ก โดยการนำถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและสังเกตการงอก วิเคราะห์องค์ประกอบของถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 1-6 วันและกากของถั่วเหลืองที่ได้จากการทดลอง บันทึกค่า nutritional และ antinutritional ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการงอกของถั่วเหลือง พบว่าถั่วเหลืองที่มีระยะเวลาการงอก 1-6 วัน ปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการงอกนานขึ้น แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลง เช่นเดียวกันกับกากของถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณแทนนินจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณทริปซินจะมีค่าลดลงหลังจากการแช่ การงอก และการนำกากออก แต่เป็นการลดลงอย่างไม่เป็นนัยสำคัญ

Ki-Bum Park และ Suk-Heung Oh (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (กาบา) และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยใช้แบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแล็กทิกร่วมกับถั่วเหลืองงอกสกัดพบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณความเข้มข้นของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 424.67 μg/g DW. ซึ่งโยเกิร์ตธรรมดาทั่วไปจะพบปริมาณความเข้มข้นของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกน้อยกว่า 1.5 μg/g DW. ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนี้จะมีปริมาณของกรดอะมิโนอิสระและสารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตธรรมดาทั่วไป

Sun-Lim Kim และคณะ (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าสารอาหารของจมูกถั่วเหลืองงอก มุ่งเน้นไปที่ปริมาณไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองและศึกษาระยะเวลาการงอกที่ส่งผลต่อปริมาณไอโซฟลาโวน โดยทำการเพาะเมล็ดถั่วเหลืองงอกเป็นเวลา 168 ชั่วโมง และเลือกวิเคราะห์ทุกๆ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพและองค์ประกอบของความต่างระหว่าง ไอโซฟลาโวนในถั่วเมล็ดและถั่วเหลืองงอก จากผลวิเคราะห์พบว่า ถั่วเหลืองงอกมีปริมาณเบต้ากลูโคซิเดส 26.0% มอลโรนิลกลูโคซิเดส 72.9% และแอนไกโคล 1.2% ผลผลิตของต้นกล้าเป็น 632.4% ระยะเวลาการงอกของถั่วเหลืองส่งผลต่อความยาวและปริมาณความชื้น ในส่วนของปริมาณไดซีน เจนิสตินและจีนิสทีน จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ควบคู่ไปกับปริมาณมอลโรนิลกลูโคซิเดส ส่วนไกลซิตินและไกลซิเตน ไม่พบในถั่วเหลืองงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บรรจุในสภาวะสูญญากาศถุงละ 500 กรัม

3.1.2 สารเคมี

Acetic acid, RLC Labscan Limited, Thailand

Aceton, RLC Labscan Limited, Thailand

Boric acid, Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona

Catalyst ($CuSO_4/K_2SO_4$), Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona

Folin-Ciocalteu's RS Reagent, Sigma, Aldrich Chemie P.O., Germany

Gallic acid monohydrate 98% A.C.S reagent, Sigma-Aldrich Chemie P.O., Germany

Hydrochloric acid 37%, RLC Labscan Limited, Thailand

Methylenered, Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona

Methyleneblue, Qualigens Fine Chemicals Pvt.Ltd., India

n-Octanol, Ajax Finechem Pty Ltd

Petroleum ether, RLC Labscan Limited, Thailand

Sodium carbonate anhydrous, Ajax Finechem Pty Ltd

Sodiumhydroxide 15%, Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona

Sodiumhydroxide 40%, Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona

Sulfuric acid 98%, RLC Labscan Limited, Thailand

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

Aluminium can

Analytical balances

Beaker

Boiling chip

Crucible

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Erlenmeyer flask

Glass equipment

Desiccator

Hot plate

Hot plate stirrer

Hot pot

Kjeldahl flask

Micro pipette

Mortar and pestle

Pipette

Sinter glass crucible

Test tube

Tong

Thin white cloth

Vernier caliper

Volumetric flask

Vortex mixer

3.2 อุปกรณ์

Automatic machine soyseed: Rong Wei, China

Centifugation: Zentrifuge Universal320 Tuttlingen., Germany

Fiber extraction apparatus: *Fibertec 8000., Foss Alle 1Postbox 260DK-*3400Hillerod, Denmark

Hot air oven: Beschickung-Loadind Model 100-800, Memmert GmbH+CO.KG, Germany

Intensive weight machine: Sartorius BP2215, Scientific Industry.INC., USA

Kjeldahl apparatus: Scientific Promotion CO., LTD. Thailand

Muffle furnace: Carbolite control 3216ee, Memmert GmbH+CO., KG, Germany

Spectrophotometer: Becthai Bankok Equipment&Chemical CO., Ltd. USA

Soxhlet apparatus: Soxhlet Model KB8S, Scientific Promotion CO., LTD. Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเพาะถั่วเหลือง

3.3.1.1 เครื่องเพาะถั่ว

เครื่องเพาะถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องสำหรับเพาะถั่วแบบอัตโนมัติ โดยตัวเครื่องประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) ฐานด้านล่างเครื่อง 2) ท่อสำหรับจ่ายน้ำ 3) ฝาครอบด้านนอก 4) ฝาปิดด้านบน ภายในเครื่องมีถาดเพาะเมล็ด 2 ชั้น ภายนอกตัวเครื่องเป็นพลาสติกทึบแสง ฝาปิดด้านบนจะมีรูระบายอากาศที่แสงสามารถส่องผ่านได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

การเพาะถั่วเหลืองทำโดยเติมน้ำในส่วนของที่เก็บน้ำบริเวณฐานด้านล่างเครื่อง เมื่อเสียบปลั๊กและกดปุ่มเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน เครื่องจะทำงานโดยจ่ายน้ำไปยังระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติทุกๆ 15 นาที อย่างไรก็ตาม การเพาะถั่วเหลืองที่มีปริมาณมาก หรือใช้ระยะในการเพาะถั่วเหลืองมากกว่า 12 ชั่วโมง จำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำในส่วนของที่เก็บน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเพาะถั่วและอาจทำให้ถั่วเน่าเสียระหว่างการเพาะได้

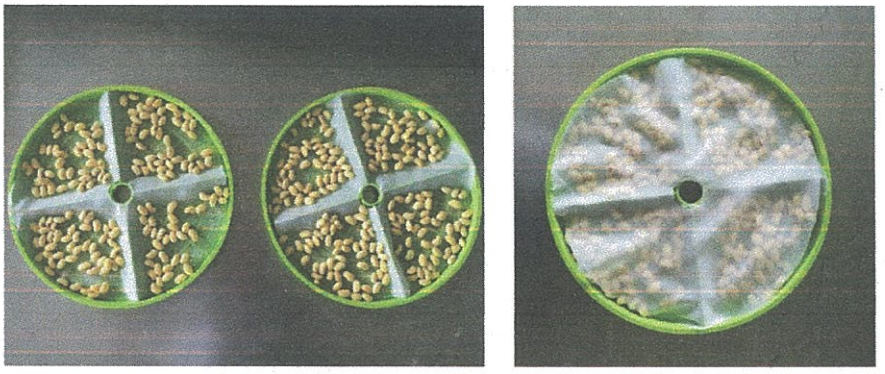
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.1 เครื่องเพาะถั่ว (ก) ฐานด้านล่างเครื่อง และท่อสำหรับจ่ายน้ำ
(ข) ฝาครอบด้านนอก ถาดเพาะเมล็ด 2 ชั้น และระบบปล่อยน้ำ
(ค) ฝาปิดด้านบน

3.3.1.2 การเตรียมถั่วเหลือง

ทำการเพาะถั่วเหลืองโดยนำถั่วเหลืองเมล็ดแห้งสมบูรณ์ ไม่มีรอยเน่าเสียหรือแมลงกัดเจาะจำนวน 50 กรัม ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำถั่วเหลืองแช่น้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง นำถั่วเหลืองที่แช่น้ำแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำมาวางบนผ้าขาวบางที่วางบนถาดเพาะเมล็ดของเครื่องเพาะถั่วเหลืองทั้ง 2 ชั้น โดยวางเมล็ดถั่วเหลืองให้กระจายกันอย่างเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 3.2 (ก) แล้วนำผ้าขาวบางวางปิดเมล็ดถั่วเหลืองที่อยู่บนตะแกรงชั้นบนอีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 3.2 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.2 การเตรียมถั่วเหลือง (ก) ถาดเพาะเมล็ดที่มีการกระจายถั่วเหลืองอย่างเหมาะสม (ข) ตะแกรงด้านบนปิดด้วยผ้าขาวบาง

3.1.1.3 สภาวะแสงของการเพาะถั่วเหลือง

ทำการเพาะถั่วเหลืองที่ 2 สภาวะ คือ สภาวะมืดและสภาวะสว่าง เตรียมถั่วเหลืองดังขั้นตอนที่ 3.3.1.2 โดยถั่วเหลืองที่ทำการเพาะในสภาวะมืดต้องนำผ้าปิดตัวเครื่องครอบไว้ตลอดระยะเวลาการเพาะ ดังแสดงในภาพที่ 3.3 (ก) ส่วนถั่วเหลืองในที่ทำการเพาะในสภาวะสว่างจะไม่มีผ้าปิดตัวเครื่อง แต่นำเครื่องวางใต้แสงไฟนีออนและให้แสงตลอดระยะเวลาการเพาะ ดังแสดงในภาพที่ 3.3 (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.3 สภาวะแสงของการเพาะถั่วเหลือง (ก) เพาะถั่วเหลืองในสภาวะมืด (ข) เพาะถั่วเหลืองในสภาวะสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การศึกษาผลของสภาวะการเพาะงอกต่อการงอกของถั่วเหลือง

3.3.3.1 สภาวะการเพาะงอกต่อร้อยละการงอกของถั่วเหลือง

ทำการเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะมืดและสว่าง ดังขั้นตอนที่ 3.3.1.3 เป็นเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนถั่วเหลืองที่งอก คำนวณร้อยละการงอกของถั่วเหลือง จากสูตร

$$\text{ร้อยละการงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดถั่วเหลืองที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ในการเพาะทั้งหมด}} \times 100$$

3.3.3.2 สภาวะการเพาะงอกต่อความยาวของต้นถั่วเหลือง

ทำการเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะมืดและสว่าง ดังขั้นตอนที่ 3.3.1.3 เป็นเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นวัดความยาวของต้นถั่วเหลืองที่งอก โดยสุ่มเลือกเมล็ดถั่วเหลืองงอกจำนวน 10 เมล็ด วัดความยาวของต้นถั่วเหลืองงอกโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 วัดความยาวของต้นถั่วเหลืองงอกโดยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.3.4 การศึกษาผลของการเพาะต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองงอก

3.3.4.1 ทำการเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะมืดและสว่าง ดังขั้นตอนที่ 3.3.1.3 ภายใต้การทดลองที่เวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง นำเมล็ดถั่วเหลืองงอกที่ได้จากการเพาะ บดด้วยโกร่งบดละเอียด (mortar and pestle) และวิเคราะห์สารอาหารในถั่วเหลืองงอก ดังนี้

1. ปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) (ยุพร, 2557) ดังแสดงในภาคผนวก ก

2. ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาห์ (kjeldahl apparatus) (ยุพร, 2557) ดังแสดงในภาคผนวก ก

3. ปริมาณไขมันด้วยชุดสกัดซอกซ์เล็ต (soxhlet apparatus) (ยุพร, 2557) ดังแสดงในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณเถ้าโดยใช้เตาเผา (muffle furnace) (ยุพร, 2557) ดังแสดงในภาคผนวก ก

5. ปริมาณใยอาหาร (crude fiber) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (fiber extraction apparatus) (ยุพร, 2557) ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3.5 การศึกษาผลของสภาวะแสงและระยะเวลาที่เพาะถั่วเหลืองงอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก

1. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent assay (Jiang et al., 2013) รายละเอียดการวิเคราะห์สารอาหาร ดังแสดงในภาคผนวก ข

2. วิเคราะห์หาปริมาณสารกาบา (GABA) ด้วยวิธี in-house method based on TAS 4003-1012 โดยส่งวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สำนักงานใหญ่ กรุงเทพฯ (ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน)

3.3.6 ตัวอย่างถั่วเหลืองงอกที่ใช้ในการวิเคราะห์ทุกๆ 3 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติแบบ Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อการเพาะถั่วเหลืองงอก

4.1.1 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละการอกของถั่วเหลือง

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีค่าเฉลี่ยร้อยละการงอกเท่ากับ 7.33, 27.33 และ 39.33 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีค่าเฉลี่ยร้อยละการงอกเท่ากับ 32.67, 86.00 และ 99.33 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดถั่วเหลืองจะมีร้อยละการงอกดีกว่าในที่สว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันการงอกของถั่วเหลืองที่เพาะในที่สว่างแตกต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงว่าสภาวะแสงมีผลต่อการงอกของถั่วเหลืองงอก ดังแสดงในตารางที่ 4.1

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเพาะถั่วเหลืองนานขึ้นมีผลทำให้การงอกของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ung Kyu Choi และ Vivek K. Bajpai (2009) ที่ได้กล่าวไว้ว่า อัตราการงอกของถั่วเหลืองที่สภาวะมืดจะมากกว่าการเพาะที่สภาวะสว่างและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ได้ผ่านการเพาะงอก

ตารางที่ 4.1 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละการงอกของถั่วเหลือง

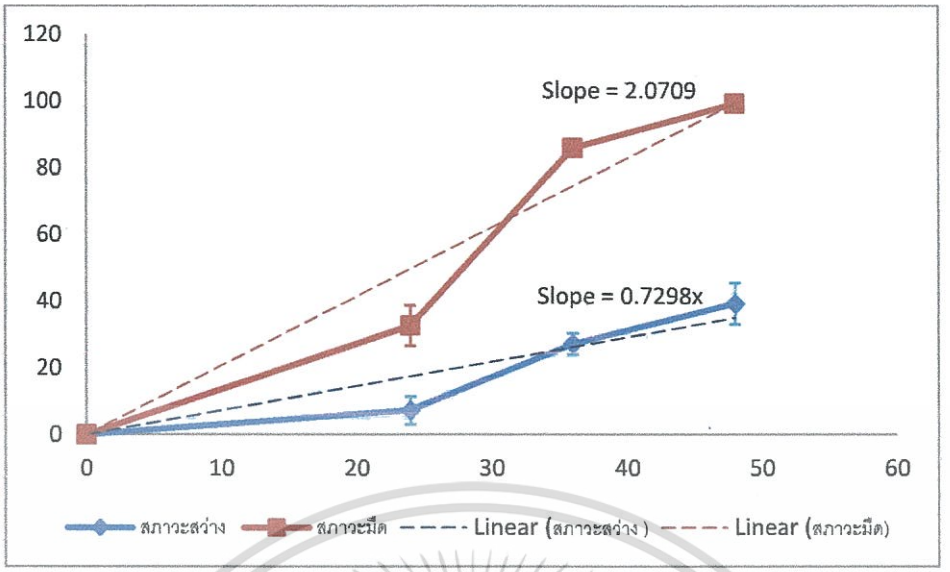
สภาวะแสง	ร้อยละการงอกของถั่วเหลือง ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	0.0000 ± 0.00^{Aa}	7.33 ± 4.16^{Ba}	27.33 ± 3.05^{Ca}	39.33 ± 6.11^{Da}
มืด	0.0000 ± 0.00^{Aa}	32.67 ± 6.11^{Bb}	86.00 ± 2.00^{Cb}	99.33 ± 1.15^{Db}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

A, B, C, D หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148881



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบร้อยละการงอกในสภาวะมืดและสภาวะสว่างที่ระยะเวลาการเพาะ 24 36 และ 48 ชั่วโมง

4.1.2 ผลของสภาวะแสงต่อความยาวของต้นถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีความยาวของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 7.50, 9.19 และ 15.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีความยาวของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 9.70, 16.50 และ 34.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดถั่วเหลืองจะมีความยาวมากกว่าในที่สว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันความยาวของต้นถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างแตกต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงว่าสภาวะแสงมีผลต่อการงอกของถั่วเหลืองงอก ดังแสดงในตารางที่ 4.2

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเพาะถั่วเหลืองนานขึ้นมีผลทำให้ความยาวของต้นถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.2

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ung Kyu Choi และ Vivek K. Bajpai (2009) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ในระหว่างการงอกของถั่วเหลืองจะเริ่มเกิดรากขึ้นหลังจากเพาะเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งในสภาวะที่มืดและสว่าง ในที่มืดจะมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าที่สว่าง จะสังเกตได้ชัดในระยะเวลาการเพาะที่ 48 ชั่วโมงขึ้นไป

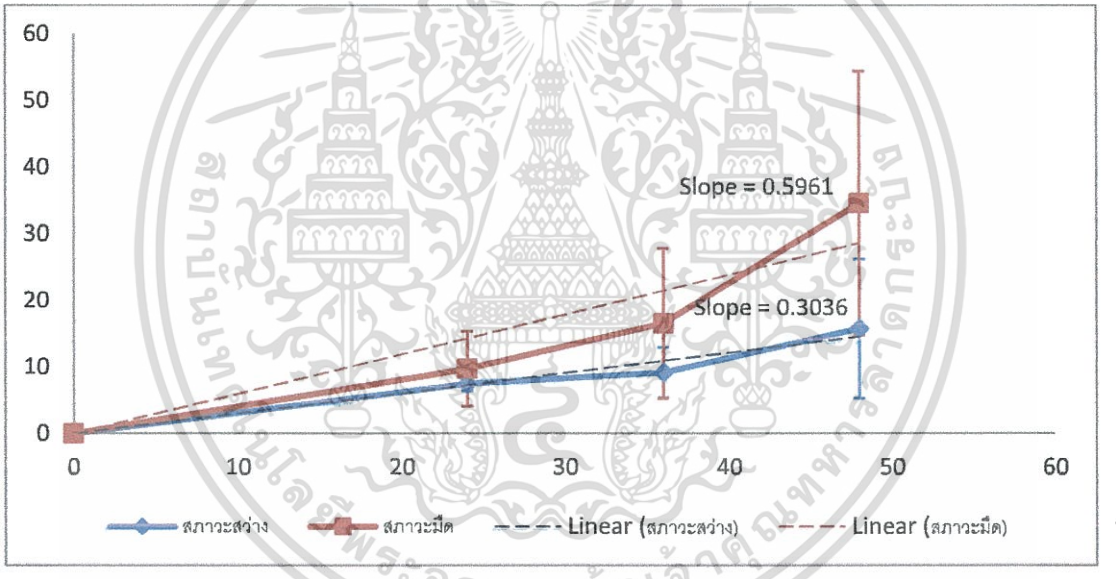
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อความยาวเฉลี่ยของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ความยาวของต้นถั่วเหลืองงอก (มิลลิเมตร)			
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	0.0000 ± 0.00^{Aa}	7.50 ± 0.81^{Ba}	9.19 ± 2.43^{Ba}	15.77 ± 2.50^{Bb}
มืด	0.0000 ± 0.00^{Aa}	9.70 ± 2.93^{Ba}	16.55 ± 1.41^{Ba}	34.60 ± 13.11^{Cb}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความยาวถั่วเหลืองงอกในสภาวะมืดและสภาวะสว่างที่ระยะเวลาการเพาะ 24 36 และ 48 ชั่วโมง

4.2 ผลของสภาวะการเพาะงอกต่อปริมาณสารอาหารของถั่วเหลืองงอก

4.2.1 ผลของสภาวะแสงและเวลาต่อความชื้นของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีร้อยละความชื้นของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 61.53, 66.54 และ 68.56 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละความชื้นเท่ากับ 61.44, 67.89 และ 69.02 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดร้อยละความชื้นมีมากกว่าในที่สว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณความชื้นของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่ต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของถั่วเหลืองงอก ดังแสดงในตารางที่ 4.3

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้นของถั่วเหลืองงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง ความชื้นที่เพิ่มมาก ซึ่งความชื้นที่เพิ่มมากขึ้นเกิดจากเมล็ดถั่วเหลืองมีการดูดน้ำเข้าไปภายในเมล็ด เพื่อละลายสารอาหารภายในเมล็ดและดูดซึมไปใช้ในกระบวนการงอก

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ung Kyu Choi และ Vivek K. Bajpai ที่ได้ศึกษาปริมาณความชื้นของการเพาะถั่วเหลืองงอกในที่มืดและสว่าง พบว่า ในระยะเวลาการเพาะนานเท่ากัน ถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.3 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละความชื้นของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละความชื้นของต้นถั่วเหลืองงอก			
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	10.80 ± 0.00^{Aa}	61.53 ± 1.31^{Bb}	66.54 ± 0.76^{Cc}	68.56 ± 0.53^{Dd}
มืด	10.80 ± 0.00^{Aa}	61.44 ± 0.64^{Bb}	67.89 ± 1.41^{Ccd}	69.02 ± 1.00^{Dd}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

4.2.2 ผลของสภาวะแสงและเวลาต่อโปรตีนของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีร้อยละโปรตีนของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 13.00, 9.67 และ 9.66 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละโปรตีนเท่ากับ 12.17, 9.16 และ 9.11 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่สว่างมีร้อยละโปรตีนมากกว่าในที่มืด ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่ต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Vensel และคณะ (2005) ที่ได้กล่าวไว้ว่า โปรตีนที่สะสมภายในเมล็ด จะถูกใช้เป็นพลังงานสำรองเพื่อสนับสนุนการงอกและการเจริญเติบโตไปเป็นต้นกล้าของเมล็ดถั่วเหลือง สนับสนุนกับการศึกษาของ Mostafa, Rahma และ Rady (1987) ที่ได้กล่าวไว้ว่า เวลาการเพาะถั่วเหลืองงอกที่แตกต่างกันทำให้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเพิ่มขึ้นและน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำตาลจะลดลง แต่ขัดแย้งกับการทดลองของ Kayembe & Jansen van Rensburg ซึ่งพบว่า ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนสามารถนำคาร์โบไฮเดรตมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการงอกของถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.4 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละโปรตีนของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละโปรตีนของต้นถั่วเหลืองงอก			
	ระยะเวลาการเพาะ(ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	32.60 ± 0.00^{Aa}	13.00 ± 0.44^{Bb}	9.67 ± 0.22^{Cc}	9.66 ± 0.27^{Cc}
มืด	32.60 ± 0.00^{Aa}	12.17 ± 0.40^{Bb}	9.16 ± 1.27^{Cc}	9.11 ± 0.55^{Cc}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

4.2.3 ผลของสภาวะแสงและเวลาต่อไขมันของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีร้อยละไขมันของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 12.74, 12.24 และ 11.38 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละไขมันเท่ากับ 12.85, 12.57 และ 11.47 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดมีร้อยละไขมันมากกว่าในที่สว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณไขมันของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่ต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อปริมาณไขมันของถั่วเหลืองงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณไขมันของถั่วเหลืองงอกลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sum-Lim Kim และคณะ (2012) ที่พบว่าปริมาณไขมันของจมูกถั่วเหลืองงอกจะมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจมูกถั่วเหลืองธรรมดา ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว เช่น myristic, palmitic และ stearic acid จะลดลง แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เช่น oleic, linoleic และ linolenic acid จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Liu and Brown (1996) ที่พบว่า ในระหว่างการงอก กรดไขมันจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญขึ้น ทำให้เกิดองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงไปของกรดไขมัน ได้แก่ palmitic, linolenic และ stearic acid จะเพิ่มขึ้น ส่วน oleic และ linoleic acids จะลดลง ซึ่งไขมันจะถูกนำไปใช้เป็นพลังงานในระหว่างการงอกของถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.5 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละไขมันของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละของไขมันของต้นถั่วเหลืองงอก			
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	13.00±0.00^{Aa}	12.74±4.92^{Aa}	12.24±0.52^{Aa}	11.38±0.77^{Aa}
มืด	13.00±0.00^{Aa}	12.85±2.65^{Aa}	12.57 ±0.34^{Aa}	11.47±0.76^{Aa}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

4.2.4 ผลของสภาวะแสงและเวลาต่อเถ้าของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีร้อยละเถ้าของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 1.70, 1.62 และ 1.37 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละเถ้าเท่ากับ 1.71, 1.64 และ 1.42 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดมีร้อยละเถ้ามากกว่าในที่สว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณเถ้าของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่ต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าของถั่วเหลืองงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณเถ้าของถั่วเหลืองงอกลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mostafa, Rahma และ Rady (1987) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณเถ้าจะเริ่มลดลงตั้งแต่กระบวนการแช่น้ำของถั่วเหลือง ดังนั้นกระบวนการงอกยิ่งทำให้ปริมาณเถ้าลดลงจากเดิม และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Warle และ คณะ (2015) ที่ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณเถ้าจะลดลงเนื่องจากการงอกของถั่วเหลือง อีกทั้งการสูญเสียแร่ธาตุเนื่องจากการดูดซับน้ำในระหว่างการงอก

ตารางที่ 4.6 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละเถ้าของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละของเถ้าของต้นถั่วเหลืองงอก			
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	4.70 ± 0.00^{Aa}	1.70 ± 0.20^{Bb}	1.62 ± 0.08^{Bb}	1.37 ± 0.02^{Cc}
มืด	4.70 ± 0.00^{Aa}	1.71 ± 0.15^{Bb}	1.64 ± 0.16^{Bb}	1.42 ± 0.05^{Cc}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

4.2.5 ผลของสภาวะแสงต่อใยอาหารของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีร้อยละใยอาหารของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 21.84, 20.05 และ 18.93 ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละใยอาหารเท่ากับ 21.38, 19.07 และ 18.14 ตามลำดับ โดยการเพาะในที่สว่างมีร้อยละใยอาหารมากกว่าในที่มืด ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณใยอาหารของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างไม่ต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงไม่มีผลต่อปริมาณใยอาหารของถั่วเหลืองงอก

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณใยอาหารของถั่วเหลืองงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง

ซึ่งผลการทดลองนี้มีความขัดแย้งกับการศึกษาของ Rumiyati, Anthony และ Vijay (2010) ที่ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณใยอาหารจะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารคาร์โบไฮเดรตจะเป็นตัวสนับสนุนให้เซลลูโลสมีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อร้อยละใยอาหารของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละของใยอาหารของต้นถั่วเหลืองงอก			
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)			
	0	24	36	48
สว่าง	22.00 ± 0.00^{Aa}	21.84 ± 0.76^{Aa}	20.05 ± 1.31^{Abc}	18.93 ± 1.07^{Bc}
มืด	22.00 ± 0.00^{Aa}	21.38 ± 1.01^{Bab}	19.07 ± 1.19^{Cbc}	18.14 ± 1.47^{Cc}

a, b, c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

4.3 ผลของสภาวะการเพาะงอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

4.3.1 ผลของสภาวะแสงต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอก

จากการทดลองเพาะถั่วเหลืองที่สภาวะต่างกัน ได้แก่ การเพาะในที่มืดและสว่าง ที่ระยะเวลา 0 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าในที่สว่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอกเท่ากับ 1.23, 0.85 และ 1.45 mg GAE/g ตามลำดับ ส่วนในที่มืดมีร้อยละใยอาหารเท่ากับ 1.23, 1.20 และ 1.67 mg GAE/g ตามลำดับ โดยการเพาะในที่มืดมีสารประกอบฟีนอลลิกมากกว่าในที่มืด ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะแสงพบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะนานเท่ากันปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอกที่เพาะในที่สว่างแตกต่างจากถั่วเหลืองที่เพาะในที่มืด แสดงว่าสภาวะแสงมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอก

สำหรับปัจจัยด้านเวลาของการเพาะถั่วเหลืองพบว่า การเพาะถั่วเหลืองนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งการเพาะในที่มืดและสว่าง

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sun-Lim Kim และคณะ (2012) ที่ได้ศึกษาปริมาณไอโซนฟลาโวนของจมูกถั่วเหลือง โดยทำการเพาะถั่วเหลืองงอกเป็นเวลา 168 ชั่วโมง และทำการวิเคราะห์ทุกๆ 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณไอโซฟลาโวนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของถั่วเหลืองงอง

สภาวะแสง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกของต้นถั่วเหลืองงอก (mg GAE/g)		
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)		
	0	12	24
สว่าง	1.23 ± 0.17^{Aa}	0.85 ± 0.22^{Aa}	1.45 ± 0.21^{Bbc}
มืด	1.23 ± 0.17^{Aa}	1.20 ± 0.12^{Ab}	1.67 ± 0.25^{Bc}

a ,b ,c หมายถึง ความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

A, B, C หมายถึง ความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

4.3.2 ผลของสภาวะแสงต่อปริมาณกาบา

จากการเพาะถั่วเหลืองในที่มืดและสว่างที่ระยะเวลาการเพาะ 24 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองแห้งที่ใช้เป็นตัวอย่างในการควบคุม มีปริมาณสารกาบา 60.28 และ 61.19 mg/kg และที่ระยะเวลาการเพาะ 24 ชั่วโมงพบว่า ปริมาณสารกาบาในถั่วเหลืองที่สภาวะสว่างเป็น 189.55 mg/kg และที่สภาวะมืดเป็น 161.14 mg/kg จึงสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณสารกาบาที่ระยะเวลาการเพาะ 24 ชั่วโมงมีค่ามากกว่าเมล็ดถั่วเหลืองแห้งอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ki-Bum Park และ Suk-Heung Oh (2006) ที่มีการนำถั่วเหลืองงอกมาเพิ่มปริมาณสารกาบาในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ตารางที่ 4.9 ผลของสภาวะแสงและระยะเวลาต่อปริมาณกาบาของถั่วเหลืองงอก

สภาวะแสง	ร้อยละของกาบาของถั่วเหลืองงอก (mg/kg)	
	ระยะเวลาการเพาะ (ชั่วโมง)	
	0	24
สว่าง	60.74	189.55
มืด	60.74	161.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 อัตราการงอกของถั่วเหลืองที่สภาวะมืดดีกว่าสภาวะสว่าง และอัตราการงอกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูก โดยระยะเวลาการปลูกที่ 48 ชั่วโมงมีค่าอัตราการงอกสูงสุด

5.1.2 ผลของสภาวะการเพาะงอกต่อความยาวของต้นถั่วเหลืองงอก ที่สภาวะมืดดีกว่าสภาวะสว่าง โดยในระยะเวลาช่วงแรกไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ และที่ 48 ชั่วโมงมีความยาวสูงสุด ความยาวต้นถั่วเหลืองงอกแปรผันกับระยะเวลาการเพาะ

5.1.3 สภาวะมืดและสว่างไม่มีผลต่อ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แต่ระยะเวลาในการเพาะมีผลกับทุกการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี มีความแตกต่างทางนัยสำคัญกันทางสถิติในระยะเวลาการเพาะต่างที่ต่างกัน

5.1.4 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ปริมาณสารฟีนอลลิกเป็นไปตามทฤษฎีคือเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น โดยที่สภาวะแสงและระยะเวลาการเพาะมีอิทธิพลต่อปริมาณฟีนอลลิก และที่สภาวะมืดมีปริมาณมากกว่าสภาวะสว่างและมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกาบ้า พบว่า เมื่อเวลาการงอกเพิ่มขึ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพก็เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีก่อนหน้าที่กล่าวไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาลักษณะปัจจัยด้านสีของฝาครอบด้านนอกตัวเครื่องว่าส่งผลกระทบในด้านใดต่อการเพาะถั่วเหลืองงอก

5.2.2 ศึกษาปริมาณไอโซฟลาโวนของต้นถั่วเหลืองงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

นวลจันทร์ รัตนสาร. บริษัท เต็ดตรา แพ้ค (ประเทศไทย) จำกัด. 2557. **การผลิตถั่วเหลือง (soybean production).** ในคู่มือการผลิตนมถั่วเหลือง (หน้า 5-24). กรุงเทพมหานคร: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. **Soybean/ถั่วเหลือง.** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/soybean-ถั่วเหลือง/. (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2558

Choi U.K., Vivek K.B. 2009. **Comparative study of quality characteristics of meju a Korean soybean fermentation starter, made by soybeans germinated under dark and light conditions.** Food and Chemical Toxicology 48: 356-362.

Kasai T., Ishikawa Y., Obata Y., 1966. **Changes in Amino Acid Composition during Germination of Soybean PartII.** Agricultual and Biological Chemistry: 973-981.

Kayembe N.C., Jansen V.R. 2013. **Germinated as a processing technique for soybeans in small-scale farming.** 1: 1-7.

Kim S.L., Lee J.E., Kwon Y.U., Kim W.H., Jung G.H., Kim D.W., Lee C.K., Lee Y.Y., Kim M.J., Kim Y.H., Hwang T.Y., Chung I.M. 2012. **Introduction and nutritional evaluation of germinated soy germ.** Food Chemistry 136: 491-500.

Mostafa M.M., Rahma E.H., Rady R.H. (1987). **Chemical and nutritional changes in soybean during germination.** Food chemistry: 257-275.

Park K.B., Oh S.H. 2006. **Production of yogurt with enchanced levels of gamma-aminobutyic acid and valuable nutrients using lactic acid bacteria and germinated soybean extract.** Bioresource Technology 98: 1675-1679.

Quinhone J.A., Ida E.I. 2014. **Profile of the contents of different forms of soybean isoflavones and the effect of germination time on these compounds and the physical parameters in soybean sprouts.** Food Chemistry 166: 173-178.

Rumiyati, Anthony P.J., Vijay J.S. 2012. **Effect of Germination on the Nutrional and Protein of Australin Sweet Lupin (Lupinus angustifolius L.).** Food and Nutrision Sciences. 3: 621-626.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Warle B.M., Rair C. S., Gaikwad S.S., Mane V.A. 2015. **Effect of Germination on Nutritional Quality of Soybean (Glycine Max).** IOSR Journal of Evironmental Science, Toxivology and Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: 2319-2402,p-ISSN: 2319-2399.Volume 9, Issue 4 Ver. II: 13-16.

Zhuang N.L., Xu M.L. 1989. Soyfood Laboratory, Hartz Seed, a Unit of Monosanto Company. **Changes during Soybean Germination.** Soybeans: Chemistry Techology, and Utilization (Page 130-131). International Thomson Publishing Asia. Singapore 0315.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์สารอาหารในถั่วเหลืองงอก

ก.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven)

1. นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบไล่ความชื้นที่ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้นรอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (W)

2. ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วลงในถ้วยอลูมิเนียม ใส่น้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 3 กรัม บันทึกน้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับตัวอย่าง (W_1)

3. นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130°C 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม

4. เมื่อครบเวลา นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมงจนน้ำหนักควที่หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม (W_2)

5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{[(W-W_1)-(W-W_2)]}{(W-W_1)} \times 100$$

W = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

W_1 = น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับตัวอย่าง

W_2 = น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

ภาพที่ ก.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

1. การย่อย

1.1 ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน พยายามอย่าให้ตัวอย่างเปื้อนข้างขวด เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 3 ลูก

1.2 นำหลอดย่อยโปรตีน วางลงบนแลคก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ปิดที่บังความร้อนและสวมที่ดูดควันที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรดก่อนเปิดสวิทช์

1.3 ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ย่อย 380-400 องศาเซลเซียส

1.4 ทำการย่อย จนได้สารละลายสีฟ้าใส

1.5 ปิดสวิทช์ พร้อมยกแลคที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายใสสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด (สังเกตจากควันสีขาว) ก่อนนำไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ชุดกรั่น

2. การกลั่น

2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2 นำขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสองอย่าง อย่างละ 1 หยด จนได้สารละลายสีม่วง วางขวดรูปชมพู่ลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเด็นเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้

2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

3.1 นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

3.1.1 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(A-B)\times N\times 14\times 100}{W\times 1000}$$

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

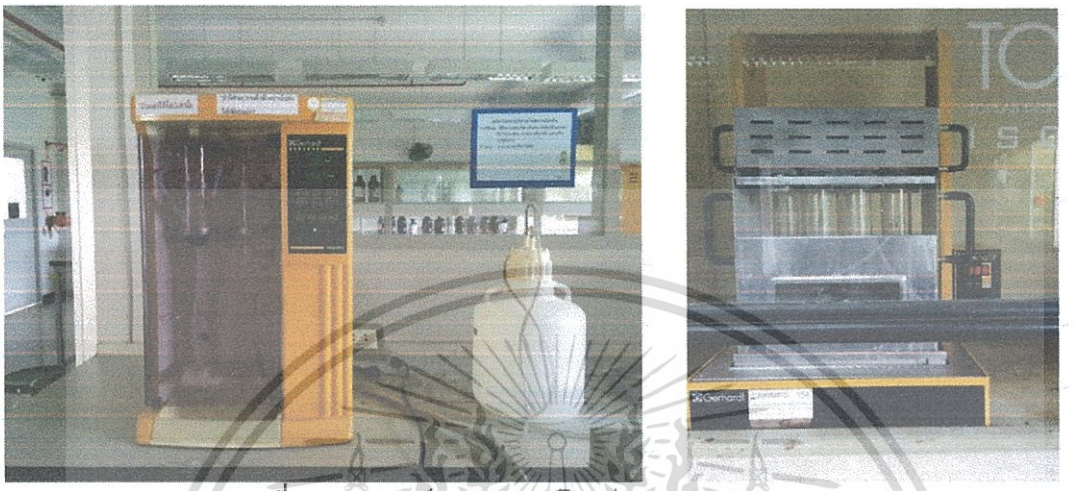
N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (normal)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน×6.25



ภาพที่ ก.2 อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chips 3 ลูก ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W)

2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดและอบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5.00 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1) ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล

3. ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140 – 180 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมันต่อทิมเบิลใส่ตัวอย่างและบีกกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง

4. เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105°C 30 นาที เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก

5. เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อรอให้เย็น ก่อนนำบีกเกอร์ไขมันไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)

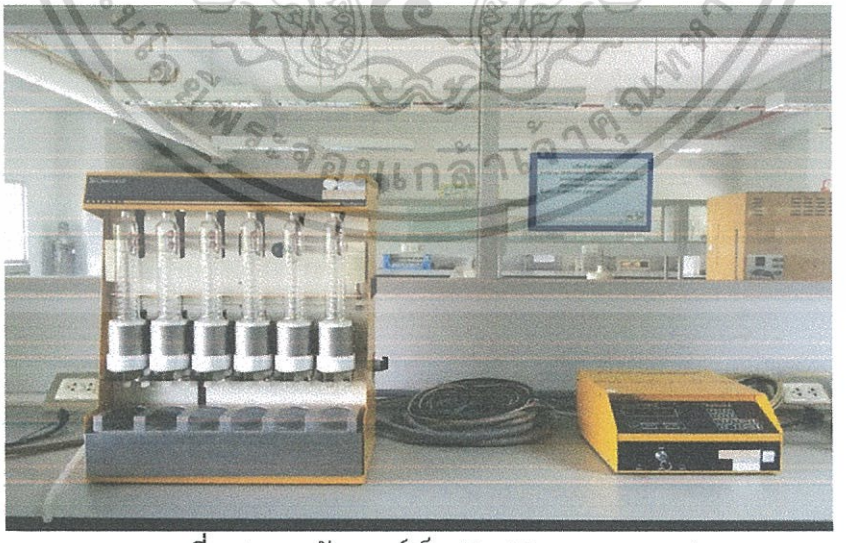
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W_2\text{-}W}{W1} \times 100$$

W = น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันก่อนสกัด

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างบดละเอียดและผ่านการไล่ความชื้นแล้ว

W_2 = น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันหลังสกัด



ภาพที่ ก.3 ชุดสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผา (muffle furnace) ที่ 600°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นปิดเครื่องทิ้งไว้รอให้เครื่องเย็นจนสามารถใช้ที่คีบ (tong) เข้าไปคีบได้ คีบถ้วยกระเบื้องใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W)

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง นำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W_1)

3. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace) ที่ 600°C เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาวหรือสีเทา

4. รอให้เตาเผาเย็นลง จึงคีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W_2)

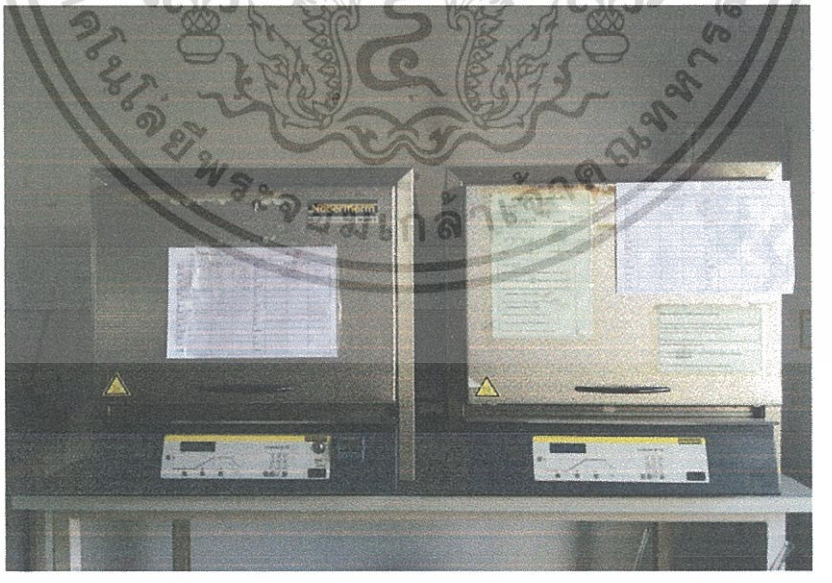
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{W_2\text{-}W}{W1\text{-}W} \times 100$$

W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา



ภาพที่ ก.4 อุปกรณ์เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งและสกัดไขมันออกแล้ว 1 กรัม ใส่ในถ้วยชนิดทนไฟ เติมสารช่วยการกรองซีไรท์ประมาณ 0.5 กรัมลงบนตัวอย่าง

2. นำถ้วยชนิดทนไฟต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร ในส่วนของ heat extraction unit ปิดล็อคให้แน่น

3. เปิดฝาด้านบนของเครื่อง เติมกรดซัลฟูริกที่อุ่นๆจำนวน 150 มิลลิลิตรลงในขวดย่อยของแต่ละตัวอย่าง

4. เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองล้น ให้ความร้อนจนเดือด

5. ลดความร้อนลงและต้มต่อเป็นเวลา 30 นาที

6. กรองเอากรดออก โดยเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง pressure ช่วย

7. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง

8. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุ่นๆลงไป 150 มิลลิลิตร เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด ให้ความร้อนจนเดือด

9. ทำซ้ำข้อ 5 ถึง 7

10. ล้างกากที่อยู่ในถ้วยชนิดทนไฟด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร กรองให้แห้ง

11. นำถ้วยชนิดทนไฟ ไปอบที่อุณหภูมิ 130°C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

12. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525°C นานประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)

13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ใยอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ใยอาหาร} = \frac{(W_1-W_2)}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและกากหลังการอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและเถ้าหลังจากการเผา (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.5 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (fiber extraction apparatus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

1.เตรียมสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก

1.1 ละลายกรดแกลลิก 0.0010 กรัม ด้วยสารละลายแอซิติกอะซิโตน (อะซิโตน: น้ำกลั่น: กรดแอซิติก = 70:29.5:0.5) ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยขวดวัดปริมาตร ความเข้มข้นที่ได้เท่ากับ 0.2 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ซึ่งจะใช้เป็น working standard

1.2 ปิเปต working standard ลงในหลอดทดลอง โดยให้มีปริมาณกรดแกลลิกตั้งแต่ 0 ถึง 60 ไมโครกรัม เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดทดลองเป็น 4 มิลลิลิตร ดังแสดงในตาราง ก1

ตารางที่ ก.1 ปริมาณ working standard ที่ปิเปตใส่ในแต่ละหลอดทดลอง

หลอดที่	ไมโครลิตรของ working solution	ไมโครกรัมของกรดแกลลิก	มิลลิลิตรน้ำกลั่น
1	0	0	4.000
2	25	10	3.975
3	50	20	3.950
4	75	30	3.925
5	100	40	3.900
6	125	50	3.875
7	150	60	3.850

1.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau หลอดละ 25 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที

1.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 7% หลอดละ 750 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

1.5 วัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายหลอดที่ 1 เป็น blank

1.6 นำผลที่ได้ไปพลอตกราฟเพื่อให้ได้เป็นกราฟมาตรฐาน (Standard curve)

2. การสกัดตัวอย่าง

2.1 ละลายตัวอย่างถั่วเหลืองงอกที่ปั่นแล้ว 0.5 กรัม ด้วยสารละลายแอซิติกอะซิโตน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

2.2 คนให้เข้ากันบนเครื่องกวนสาร hotplate stirrer โดยใช้ magnetic bar เป็นเวลา 20 นาที

2.3 นำส่วนผสมที่ได้ไปทำการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง centrifuge ด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แยกส่วนใสที่ได้ไปทำการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง centrifuge ด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที

2.5 ทำการสกัด 2 รอบ โดยนำกากที่เหลือในข้อที่ 2.4 มาสกัด ตามขั้นตอนในข้อที่ 2-4

2.6 นำส่วนใสที่ได้จากการสกัดรอบที่ 2 มาเทใส่หลอดทดลองรวมกับส่วนใสที่ได้จากการสกัดในรอยแรก จะได้ปริมาตรรวมของสารละลายตัวอย่างถั่วเหลืองงอกสกัดเท่ากับ 10 มิลลิลิตร

3. หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารตัวอย่าง

3.1 ปิเปตตัวอย่างถั่งเหลืองงอกสกัด 50 ไมโครมิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 4 มิลลิลิตร

3.2 ทำการทดลองตามขั้นตอนในการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ในข้อที่ 1.3-1.5

3.3 นำค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณปริมาณโพลีฟีนอล โดยใช้กราฟมาตรฐาน

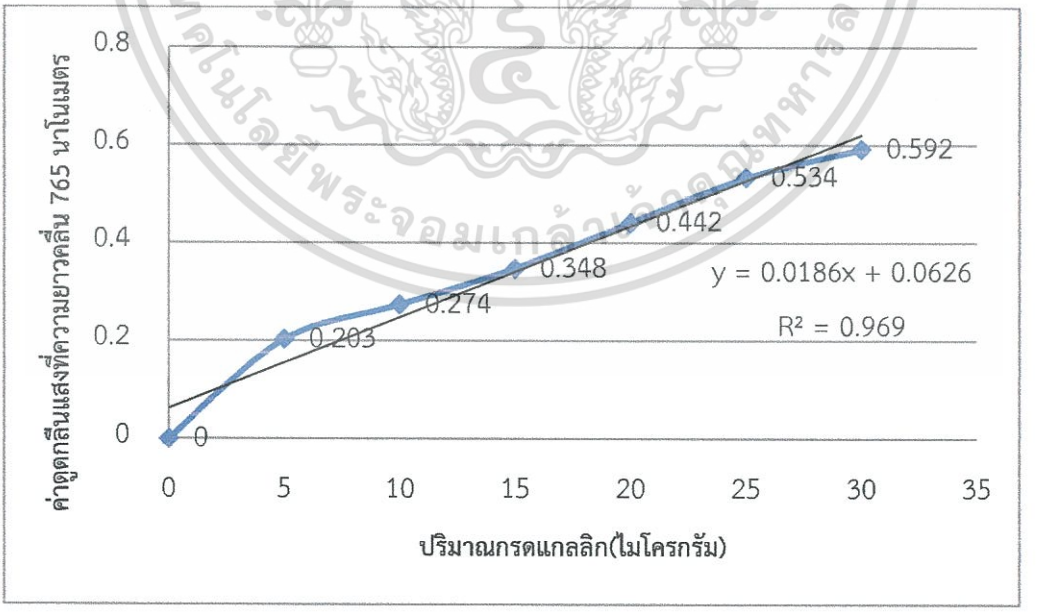
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ในตัวอย่างถั่วเหลืองงอกที่ระยะเวลา 24 36 และ 48 ชั่งโมง

ตารางที่ ข1 ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลืน 765 นาโนเมตร ของสารละลายแกลลิคมาตรฐาน

ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
0	0	0	0	0
5	0.25	0.252	0.253	0.2516667
10	0.326	0.29	0.395	0.337
15	0.404	0.368	0.407	0.393
20	0.446	0.433	0.447	0.442
25	0.547	0.53	0.526	0.5343333
30	0.601	0.593	0.583	0.5923333



ภาพที่ ข1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิคและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณหาปริมาณโฟลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Control ครั้งที่ 1

จากสมการเส้นตรง y = 0.018x+0.062

แทนค่าดูดกลืนแสงในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid = $\frac{0.063}{0.018}$ + 0.062 = 3.562 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 50 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล 3.562 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 10,000 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{10.000 \times 3.562}{50}$ = 712.4 µg

ดังนั้น ในตัวอย่าง 0.5 g มีปริมาณโพลีฟีนอล 0.7124 mg

ในตัวอย่าง 1 g มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{0.7124}{0.5}$ = 1.4848 mg GAE/g

ตัวอย่าง 12 ชั่วโมง ครั้งที่ 1(สว่าง)

จากสมการเส้นตรง y = 0.018x+0.062

แทนค่าดูดกลืนแสงในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid = $\frac{0.032}{0.018}$ + 0.062 = 1.8397 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 50 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล 1.8397 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 10,000 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{10.000 \times 1.8397}{50}$ = 367.95 µg

ดังนั้น ในตัวอย่าง 0.5 g มีปริมาณโพลีฟีนอล 0.3679 mg

ในตัวอย่าง 1 g มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{0.3679}{0.5}$ = 0.7359 mg GAE/g

ตัวอย่าง 12 ชั่วโมง ครั้งที่ 1(มืด)

จากสมการเส้นตรง y = 0.018x+0.062

แทนค่าดูดกลืนแสงในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid = $\frac{0.059}{0.018}$ + 0.062 = 3.3397 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 50 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล 3.3397 µg

สารละลายตัวอย่างสกัด 10,000 µl มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{10.000 \times 3.3397}{50}$ = 667.96 µg

ดังนั้น ในตัวอย่าง 0.5 g มีปริมาณโพลีฟีนอล 0.6679 mg

ในตัวอย่าง 1 g มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{0.6679}{0.5}$ = 1.3359 mg GAE/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจุรีรัตน์ บุญเฉื่อย
วัน เดือน ปี เกิด	31 สิงหาคม 2536
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนสุขเจริญผล สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท แมคคีย์ ฟู้ด เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด
และผลงานวิจัย	ผลงานการวิจัย จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย และ พรรณิภา อู่สำเภา. การศึกษาผลของสภาวะการเพาะต่อการงอก สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก
รางวัลที่เคยได้รับ	นักเรียนเกรดเฉลี่ยดีเด่นระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพรรณิภา อู่สำเภา
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม 2536
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนเฉลิมไฉไลวิทยา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท แมคคีย์ ฟู้ด เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด
และผลงานวิจัย	ผลงานการวิจัย จุรีรัตน์ บุญเฉื่อย และ พรรณิภา อู่สำเภา. การศึกษาผลของสภาวะการเพาะต่อการงอก สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองงอก
รางวัลที่เคยได้รับ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้