อิทธิพลของเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกายภาพและทางกล ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

EFFECTS OF BREWING TIME ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BANANA CLOVER AND ELEPHANT GRASS FIBERS

จิรายุ จารุกิจจรูญ

วาสนา ช่างเขียน

อัญชิษฐา วนาอุปถัมภ์กุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

EFFECTS OF BREWING TIME ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BANANA CLOVER AND ELEPHANT GRASS FIBERS

Jirayu Jarukitjaroon

Wassana Changkean

Anchittha Wanauppathamkul

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อิทธิพลของเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

EFFECTS OF BREWING TIME ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BANANA CLOVER AND ELEPHANT GRASS FIBERS

นักศึกษาผู้ทำโครงงาน

1. จิรายุ จารุกิจจรูญ
2. วาสนา ช่างเขียน
3. อัญชิษฐา วนาอุปถัมภ์กุล

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ ศรีธรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน อิทธิพลของเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

นักศึกษา จิรายุ จารุกิจจรูญ
วาสนา ช่างเขียน
อัญชิษฐา วนาอุปถัมภ์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ ศรีธรรม

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอาหาร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยกาบกล้วยและลำต้นธูปฤาษีที่ได้จากการแยกเส้นใยด้วยการต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 90 และ120 นาที พร้อมอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง รวมถึงศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกลของเส้นใยที่ได้ จากผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีค่าประมาณ 71% (ฐานแห้ง) และ 16% (ฐานแห้ง) ตามลำดับ โดยที่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีค่าประมาณ 0.43 และ 0.46 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ผลได้ (Yield) ของการแยกเส้นใยกาบกล้วยและธูปฤาษี มีค่าประมาณ 0.6% และ 9.1% ตามลำดับ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 27,700 และ 65,400 ตารางไมครอน ตามลำดับ ค่าความสว่าง (L*) ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีไม่แตกต่างกัน แต่เส้นใยธูปฤาษีมีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากกว่า ส่วนความเป็นสีเหลือง (b*) น้อยกว่า เมื่อเทียบกับเส้นใยกาบกล้วย ระยะเวลาในการต้มมีอิทธิพลผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงของทั้งเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อแยกเส้นใยกาบกล้วยด้วยการต้มนาน 90 และ 120 นาที ความต้านทานแรงดึงของเส้นใยที่ได้ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 46.5 เมกะปาสคาล แต่สูงกว่าความต้านทานแรงดึงของเส้นใยจากการต้มนาน 60 นาที ซึ่งมีค่าประมาณ 30.5 เมกะปาสคาล ส่วนเส้นใยธูปฤาษีเมื่อแยกด้วยการต้มนาน 90 และ 120 นาที ค่าความต้านทานแรงดึงไม่แตกต่างกัน โดยค่ามีเฉลี่ยเป็น 48.5 เมกะปาสคาล เส้นใยที่แยกด้วยการต้มนาน 60 นาที มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่า คือประมาณ 75.3 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการต้มเพื่อแยกเส้นใยไม่ได้มีอิทธิพลต่อพลังงานงานที่ใช้ดึงเส้นใยให้ขาด (Breaking energy) และการยืดตัวสูงสุด (Deformation-at-break) ของเส้นใยทั้งสองชนิด โดยพลังงานงานที่ใช้ดึงเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีให้ขาดมีค่าประมาณ 0.62 และ 0.40 จูล ตามลำดับ ส่วนค่าการยืดตัวสูงสุดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี มีค่าประมาณ 1.92% และ 2.07% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Title EFFECTS OF BREWING TIME ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BANANA CLOVER AND ELEPHANT GRASS FIBERS

Students Jirayu Jarukitjaroon

Wassana Changkean

Anchittha Wanauppathamkul

Project Adviser Asst. Prof. Dr.Eakasit Sritham

Degree Bachelor of Engineering

Program Food Engineering

Academic year 2020

ABSTRACT

This research project was aimed at studying some physical properties of banana clover and elephant grass fibers obtained by brewing with 5% sodium hydroxide solution at 80°C for 3 different brewing times including 60, 90 and 120 min and air-dried at 50°C for 4 hrs. The effects of brewing time on some mechanical properties of the obtained fibers were also investigated. It was found that the moisture content of banana clover and elephant grass fibers were 71% and 16%, on a dry basis, respectively while the water activity were about 0.43 and 0.46 respectively for banana clover and elephant grass fibers. The yield for banana clover and elephant grass fiber separation processes were 0.6% and 9.1%, respectively. Data of the cross-sectional area for both fibers exhibited right-skewed distribution with the medians of 27,700 and 65,400 μm^2, respectively, for those of banana clover and elephant grass fibers. Though the lightness value (L*) for both types of fibers were not significant different, elephant grass fiber showed the higher redness value (a*), but lower in yellowness value (b*) as compared to those for banana clover fiber. It was also found that brewing time significantly affected the strength of both fibers. The tensile strength of banana clover fibers obtained with 90 minute and 120 minute brewing times were not different, with the average of 46.5 MPa. However, this value was high than that for the banana clover fibers obtained with 60 minute brewing time which was around 30.5 MPa. For elephant grass fiber, longer brewing time resulted in the decreasing tensile strength from 75.3 MPa for the fiber obtained with 60 minute brewing time to the average value of 48.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MPa for the fibers obtained with 90 minute and 120 minute brewing times. It appeared that brewing time did not affect the breaking energy and the deformation-at-break for both fibers. The breaking energy for banana clover and elephant grass fibers were, respectively, 0.62 and 0.40 J. The deformation-at-break were 1.92% and 2.07% respectively for banana clover and elephant grass fibers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ ศรีธรรม ที่ได้กรุณาและให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา คำชี้แนะ และช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตั้งแต่กระบวนการสืบค้นข้อมูล กระบวนการทดลอง การเรียบเรียงเนื้อหาทำรูปเล่มรายงาน และการตรวจแก้รายงาน รวมทั้งสนับสนุนผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความเอื้อเฟื้อในการใช้สถานที่เพื่อทำการทดลองและทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยอบรบสั่งสอน มอบความรู้ ให้คำแนะนำและแนวทางมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงช่วยเหลือในเรื่องสถานที่ทำการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยมอบความรัก ความห่วงใย กำลังใจ และให้การสนับสนุนมาโดยตลอด จนสามารถก้าวผ่านปัญหาและอุปสรรคจนถึงทุกวันนี้ จนกระทั่งผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจกันตลอดมา รวมถึงทุก ๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี่ ที่เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารสาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อนุมัติโครงงาน และสนับสนุนการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วง และหากรายงานฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูปภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เส้นใยธรรมชาติ	3
2.2 กล้วยน้ำว้า	9
2.3 ธูปฤาษี	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง	16
3.1.1 วัตถุดิบ	16
3.1.2 อุปกรณ์	17
3.2 วิธีการทดลอง	18
3.2.1 การเตรียมเส้นใย	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเส้นใย 18
3.2.2.1 การหาขนาดของเส้นใย 18
3.2.2.2 การหาความชื้นของเส้นใย 19
3.2.2.3 การวัดค่าสีของเส้นใย 19
3.2.2.4 การวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 20
3.2.3 การทดลองดึงเส้นใย 20
3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 22
4.1 สมบัติทางกายภาพของเส้นใย 22
4.1.1 ความชื้น 22
4.1.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 24
4.1.3 การกระจายตัวของขนาดของเส้นใย 27
4.1.4 ค่าสีของเส้นใย 34
4.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยจากกระบวนการแยก (Yield) 42
4.3 สมบัติทางกลของเส้นใย 44
4.3.1 ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) 44
4.3.2 พลังงานในการดึงให้ขาด (Breaking energy) 46
4.3.3 การยืดตัวสูงสุด (Deformatoin-at-break) 48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 50
5.1 สรุปผลการทดลอง 50
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
บรรณานุกรม 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 57
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 58
ก.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 58
ก.2 มีดที่ใช้ตัดต้นกล้วย ค้อนที่ใช้ทุบกาบกล้วยให้แบนและเขียงรอง 59
ก.3 เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิชนิดแท่ง 60
ก.4 Plate heater 61
ภาคผนวก ข 62
ข.1 การเตรียมเส้นใย 62
ข.2 ศึกษาสมบัติทางเชิงกลของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี 65
ข.3 การศึกษาขนาดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี 68
ข.4 การศึกษาสีของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี 71
ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้ 73
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 74
ค.1 เส้นใยกล้วย 74
ค.2 เส้นใยธูปฤาษี 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมี	6
2.2 ข้อดีและข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติ	9
4.1 ความชื้นของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	22
4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	24
4.3 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	27
4.4 ค่าสีของของเส้นใยกาบกล้วย	35
4.5 ค่าสีของเส้นใยธูปฤาษี	35
4.6 เปอร์เซ็นต์ผลได้ (Yield) ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	42
4.7 ผลของเวลาในการต้มต่อความต้านทานแรงดึงในเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	44
4.8 ผลของเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อพลังงานในการดึงให้เส้นใยขาดสำหรับเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	46
4.9 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ก) ใยฝ้าย ข) ใยลินิน ค)ใยป่านศรนารายณ์ ง) เส้นใยมะพร้าว	4
2.5 การจัดเรียงตัวของเส้นใยขนาดไมครอน และเซลลูโลส ในผนังเซลล์ของเส้นใยจากพืช	19
3.1 ระบบสี CIELAB	16
4.1 ความชื้นของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	23
4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเส้นใยกาบกล้วย	25
4.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเส้นใยธูปฤาษี	26
4.4 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่แยกด้วยการต้มนาน 60 นาที	28
4.5 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่แยกด้วยการต้มนาน 90 นาที	29
4.6 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่แยกด้วยการต้มนาน 120 นาที	30
4.7 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่แยกด้วยการต้มนาน 60 นาที	31
4.8 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่แยกด้วยการต้มนาน 90 นาที	32
4.9 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่แยกด้วยการต้มนาน 120 นาที	33
4.10 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าความสว่างของเส้นใยกาบกล้วย	36
4.11 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีแดงของเส้นใยกาบกล้วย	37
4.12 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีเหลืองของเส้นใยกาบกล้วย	38
4.13 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าความสว่างของเส้นใยธูปฤาษี	39
4.14 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีแดงของเส้นใยธูปฤาษี	40
4.15 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีเหลืองของเส้นใยธูปฤาษี	41
4.16 เปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

4.17 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อความต้านทานแรงดึง ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี 45

4.18 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อพลังงานในการดึงให้เส้นใยกาบกล้วย และเส้นใยธูปฤาษีขาด 47

4.19 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุด ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประชาชนเริ่มให้ความสนใจเรื่องการรักษ์โลกเพิ่มสูงขึ้น ไม่เว้นแม้แต่ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการคิดค้นค้นคว้า วิจัยและพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อตอบรับความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสนใจในเรื่องของสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การพัฒนาอุตสาหกรรมให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั้นทำได้หลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น การนำเศษวัสดุที่ถูกทิ้งจากการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีการย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดการสะสมจนเป็นมลพิษ ต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด เป็นต้น (ชมพูนุท และ ปิยวรรณ, 2561) ทั้งนี้จึงเล็งเห็นถึงการใช้ประโยชน์จากต้นกล้วยและต้นธูปฤาษีที่ต่างก็เป็นพืชเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ได้รับความนิยมในการปลูก (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2561) และวัชพืชที่มีปริมาณมากในประเทศไทย รวมถึงเป็นพืชเหลือทิ้งทางการเกษตร และมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย (ธนภรณ์ และ กรกมล, 2561)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ (ยงยุทธ, 2553) ในเรื่องของการใช้ประโยชน์จากเส้นใยกล้วย โดยกล่าวว่าเส้นใยกล้วยน้ำว้าเป็นเส้นใยที่มีความเหนียวมากกว่าเส้นใยของกล้วยชนิดอื่น จึงเหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าหลังจากตัดต้นทิ้งและยังสามารถหาได้ง่าย รวมถึงมีสมบัติด้านความแข็งแรง ความเหนียวและความทนทาน สามารถต่อยอดและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีงานวิจัยของ (จักฤษณ์ และ สวัสดิ์, 2563) ในเรื่องของการนำต้นธูปฤาษีมาใช้ประโยชน์เป็นกระเป๋าสะพายสำหรับใส่ของพบว่าเส้นใยธูปฤาษีเป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่มีความเหนียว ผิวเรียบเนียน เส้นใยยาวและเรียงตัวอยู่ในทิศทางเดียวกันทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง สามารถทนความเป็นกรดด่างได้ดีจึงเหมาะสมที่จะทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นได้ว่าเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีเป็นเส้นใยที่พบได้ง่ายทั่วไปในทุกภูมิภาค มีคุณสมบัติของความแข็งแรง ความเหนียว และความทนทาน จึงเป็นที่มาของการเลือกเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาในการต้มต่อสมบัติเชิงกลและคุณลักษณะของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี โดยศึกษาเวลาในการต้มของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ช่วงระยะเวลาที่ 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที เพื่อทราบถึงอิทธิพลของเวลาในการต้มต่อต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมเส้นใยจากกาบกล้วยและธูปฤาษี
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเส้นใย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. การต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที 90 นาที 120 นาที
2. กาบกล้วยอายุประมาณ 10 ถึง 12 เดือน และ ธูปฤาษีสูงประมาณ 1.5 ถึง 2 เมตร

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมเส้นใยจากกาบกล้วยและธูปฤาษี
2. ทราบผลของเวลาในการต้มต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเส้นใยจากกาบกล้วยและจากธูปฤาษี

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการต้มต่อสมบัติเชิงกลและคุณลักษณะของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีจึงได้มีการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลผ่านเอกสารงานวิจัย แหล่งรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืช ผู้วิจัยจึงขอเสนอองค์ความรู้ประกอบกับข้อมูลจากเอกสารงานวิจัย และแหล่งรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในประเด็นดังต่อไปนี้

2.1 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักมาอย่างยาวนานเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ และในปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่พิเศษ คือ การมีน้ำหนักเบา สามารถเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี มีความปลอดภัยจากสารเคมี และมีความสวยงามเฉพาะตัว ซึ่งเส้นใยธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยธรรมชาติจากสัตว์ เส้นใยธรรมชาติจากสินแร่ และเส้นใยจากยางธรรมชาติ รวมถึงเส้นใยธรรมชาตินั้นยังมีองค์ประกอบทางเคมีอีกด้วย ซึ่งเป็นดังต่อไปนี้

2.1.1 เส้นใยธรรมชาติจากพืช

เส้นใยธรรมชาติจากพืช หรือที่เรียกกันอีกอย่างหนึ่งว่าเส้นใยจากเซลลูโลส (Cellulose fibers) เป็นเส้นใยที่มีองค์ประกอบโครงสร้างของโมเลกุลประกอบไปด้วยกลุ่มแอนไฮโดรกลูโคส ซึ่งมีลักษณะที่เกาะกันเป็นสายโซ่ยาว มีขนาดของโมเลกุลขนาดใหญ่และเมื่อสายโมเลกุลเหล่านี้มารวมกันเป็นจำนวนที่มากขึ้น ทำให้เกิดเป็นเส้นใยที่มีความยาวมาก ส่งผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น ความยาวโซ่ของโมเลกุลจะขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของกลูโคส ซึ่งกลูโคสในแต่ละหน่วยจะประกอบไปด้วยคาร์บอน (C) 44.4% ไฮโดรเจน (H) 1.2% และออกซิเจน (O) 49.4% ในส่วนของการยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะมีส่วนประกอบโมเลกุลของกลูโคสอยู่ในลักษณะไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) อยู่หลายตำแหน่ง และเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้ การดูดความชื้นโดยไฮดรอกไซด์ออน (OH^-) จะมีการยึดจับกับโมเลกุลของน้ำที่ผ่านเข้ามาในเส้นใยธรรมชาติได้ดี เนื่องจากประกอบไปด้วยอะตอมออกซิเจนและไฮโดรเจนยึดเข้ากับด้วยพันธะโควาเลนต์ และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบตามธรรมชาติของน้ำ โดยส่วนประกอบของเส้นใยธรรมชาติจากพืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) เส้นใยที่หุ้มเมล็ด เช่น ใยฝ้าย ใยนุ่น 2) เส้นใยจากลำต้น เช่น ใยลินิน ใยปอ 3) เส้นใยจากใบ เช่น ใยสับปะรด ใยป่านศรนารายณ 4) เส้นใยจากผล เช่น เส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ก) (ที่มา : https://www.ruedee.com/th/fabric/cotton/)

ข) (ที่มา : https://thai.alibaba.com/product-detail/linen-fiber-flax-fiber--155120117.html)

ค) (ที่มา : https://puechkaset.com/ป่านศรนารายณ์/)

ง) (ที่มา : https://snazzywear.com/)

รูปที่ 2.1 ก) ใยฝ้าย ข) ใยลินิน ค)ใยป่านศรนารายณ์ ง) เส้นใยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2 เส้นใยธรรมชาติจากสัตว์

เส้นใยธรรมชาติจากสัตว์หรือที่รู้จักกันว่าเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ (Natural protein fibers) เป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ เช่น ใยขนสัตว์และใยไหม ซึ่งเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้ดี ให้ความอบอุ่น มีความสามารถทนต่อความเป็นกรดได้ดี แต่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดีจนอาจเกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นได้ ไม่ทนต่อความเป็นด่าง และความเหนียวจะลดลงเมื่อเส้นใยเปียกชื้น

2.1.3 เส้นใยธรรมชาติจากสินแร่

เส้นใยธรรมชาติจากสินแร่ จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.3.1 เส้นใยจากหิน ใยหินนั้นเป็นใยธรรมชาติที่แยกจากหินชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวถูกเรียกว่า Serpentine หรือ amphibole rock มักถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากมีคุณสมบัติของความเหนียว ความแข็งแรง ทนความร้อนได้สูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆได้ถึง 6,000 ฟาเรนไฮต์ และทนต่อสารเคมีได้ดี

2.1.3.2 เส้นใยจากโลหะ ใยโลหะเป็นใยเดี่ยว อาจเรียกว่าด้ายโลหะ (Metallic Yarns) สามารถนำเส้นใยจากโลหะที่ทำจากโลหะแท้ หรือทำจากใยโลหะสังเคราะห์ที่มาจากการผสมโลหะอะลูมิเนียม หรือโลหะหุ้มพลาสติก ไปใช้ประโยชน์ได้ และเส้นใยจากโลหะมีคุณสมบัติที่ไม่ค่อยเหนียว มักทำขึ้นเพื่อใช้ในการตกแต่งเสื้อผ้ามากกว่าการทอเป็นผืนผ้า ใยโลหะถ้าหุ้มหรือชุบด้วยโพลีเอสเตอร์จะช่วยให้ใยมีความเหนียวและทนทานมากขึ้น

2.1.4 เส้นใยจากยางธรรมชาติ

เส้นใยจากยางธรรมชาตินั้นได้จากทั้งยางธรรมชาติและการสังเคราะห์ โดยมีคุณสมบัติที่สามารถยืดและหดได้ดี มีความโค้งงอที่ดี มีความสามารถในการคงรูปปานกลาง มีความเหนียวและแข็งแรง ทนต่อน้ำและอากาศได้ดี สามารถตัดหรือฉีกขาดได้ยาก และทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด

2.1.5 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์ โดยมีพอลิเมอร์หลัก ๆ มีอยู่ 4 ชนิด คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemi-celluloses) เพกทิน (Pectin) และลิกนิน (Lignin) สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลถึงสมบัติของเส้นใย ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี (พงศธร และ ธานินทร, 2558) มีดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกาบกล้วยและธูปฤาษี

เส้นใย	เซลลูโลส (%)	เฮมิเซลลูโลส (%)	ลิกนิน (%)
กล้วย	63-64	10	5
ธูปฤาษี	63	8.7	9.6

ที่มา (Mohanty et al., 2005)

โดยเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemi-celluloses) เพกทิน (Pectin) และลิกนิน (Lignin) นั้นมีคุณสมบัติและหน้าที่ที่แตกต่างกัน และมาประกอบรวมกันเป็นโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ ดังต่อไปนี้

2.1.5.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นเส้นใยชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber, IDF) รวมถึงไม่ละลายในสารละลายด่างและตัวทำละลายเป็นส่วนใหญ่ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ (Deveries and Reinhold, 1992) เซลลูโลสนั้นไม่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ แต่มีความสามารถในการดูดซับน้ำเอาไว้ที่บริเวณผิวทำให้เกิดการพองตัวขึ้น เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสจะมีส่วนที่จับตัวกันจนมีความหนาทึบมีลักษณะเป็นเส้นหยาบ อีกทั้งยังมีการเรียงตัวของโมเลกุลที่เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันและโมเลกุลที่เรียงตัวไปในทิศทางที่สวนทางกัน ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง ไม่เปราะง่าย แต่ก็ยังมีการเรียงตัวของโมเลกุลบางส่วนที่มีการเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ และยึดจับกันไม่แน่น ทำให้บริเวณในส่วนนี้มีช่องว่างและมีความสามารถในการดูดซับน้ำเข้าไปและเกิดการพองตัวขึ้น (ปาริชาติ, 2539) ซึ่งความสามารถในการพองตัวทั้งในน้ำและในสารละลายจะแตกต่างกันไป โดยเมื่อเรียงลำดับตามความสามารถในการพองตัวของเซลลูโลสในสารละลายโดยมีการเรียงลำดับการพองตัวจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ด่าง $>$ กรด $>$ เกลือ $>$ น้ำ $>$ ตัวทำละลายอินทรีย์ (Mark, 1985)

2.1.5.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemi-celluloses)

เฮมิเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ในโมเลกุลของ เฮมิเซลลูโลส เป็นกลุ่มของเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) ในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีตั้งแต่ 2 ถึง 4 ชนิดขึ้นไป มีทั้งน้ำตาลเฮกโซสและน้ำตาลเพนโทส น้ำตาลที่พบมาก คือ น้ำตาลไซโลส (xylose) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง β (1-4) เป็นโซ่หลักและอะราบิโนส (arabinose) นอกจากนี้ยังสามารถพบน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) และกรดกลูคูโรนิกอีกด้วย (Prosky and Devries, 1992) เฮมิเซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) มีสมบัติที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในสารละลายด่าง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) รวมถึงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์พืช โดยรวมอยู่กับลิกนินและเซลลูโลส (นิธิยา, 2545) มักพบมากในผักและผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.5.3 ลิกนิน (Lignin)

ลิกนิน เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ให้พลังงาน โครงสร้างโมเลกุลของลิกนินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิจิเนตเตดฟีนิลโพรเพน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000 ถึง 4,500 ดาลตัล ซึ่งประกอบ ด้วยสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ซึ่งในพืชนั้นจะผลิตลิกนินเมื่อมีอายุมาก (Southgate et al., 1990) ส่วนใหญ่พบในส่วนของผนังเซลล์ โดยจะเคลือบผนังเซลล์พืชให้ผนังเซลล์พืชมีความแข็งแรง ลิกนินจะอยู่ร่วมกับเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) จึงทำให้การย่อยสลายของเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลดลงด้วยซึ่งจะพบลิกนินเป็นส่วนประกอบของเปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้นไปสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ลิกนินสามารถทนต่อการทำลายจึงต้องการสภาวะที่เหมาะสมในการทำลายลิกนิน ทำให้เอนไซม์เข้าไปย่อยเซลลูโลสได้ยากมากขึ้น ประกอบกับลิกนินมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ ไม่ละลายในความเป็นกรดและด่าง จึงไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ในร่างกายมนุษย์ (Southgate and Englyst, 1976)

2.1.5.4 เพคติน (Pectin)

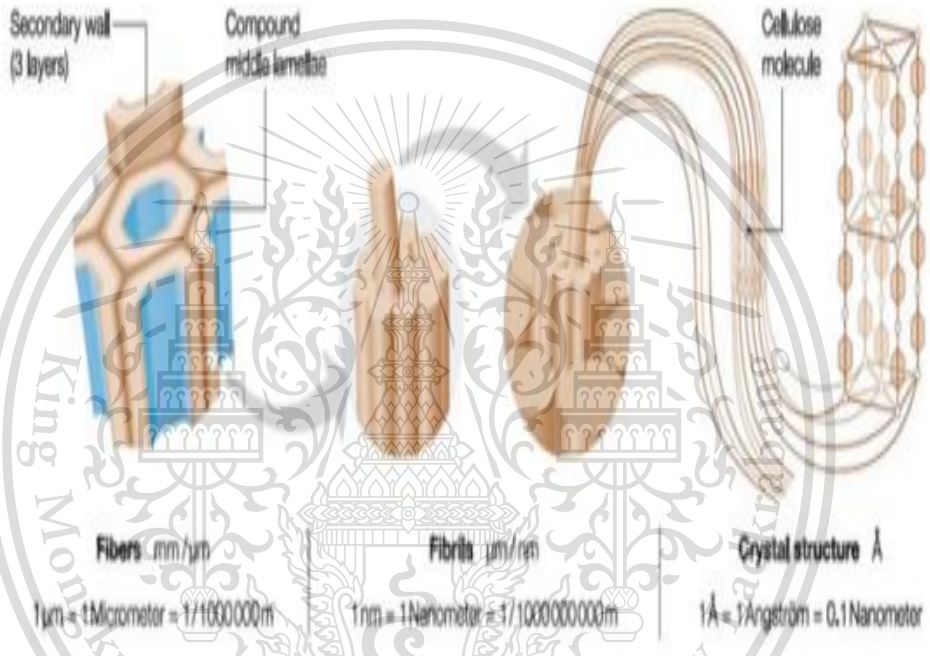
เพคติน พบใน middle lamellae ของผนังเซลล์พืชโดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดกาแล็กทูโลนิก (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง β (1-4) ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืช สารประกอบเพคตินที่สกัดได้จากธรรมชาติยังคงมีน้ำตาลชนิดอื่นปนอยู่ด้วย เช่น น้ำตาลไซโลส (xylose) กาแล็กโทส (galactose) อะราบิโนส (arabinose) และแรมโนส (Rhamnose) โดยโมเลกุลของน้ำตาลจะเกาะอยู่ในรูปของสายแขนง เพคตินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ โดยความสามารถในการละลายจะขึ้นอยู่กับ degree of esterification ของกรดกาแล็กทูโรนิก และยังมีความสามารถในการเกิดเจล รวมถึงมีความสามารถในการเพิ่มความหนืด ทำให้มีการนำเพคตินไปใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เพคตินพบมากในผลไม้ตระกูลส้มและแอปเปิ้ล (Prosky and Devries, 1992)

2.1.5.5 โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ

โดยทั่วไปเส้นใยเดี่ยวจากพืชมีความยาวอยู่ในช่วง 1 ถึง 50 ไมโครเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 ถึง 50 ไมโครเมตร มีโครงสร้างคล้ายกับหลอดขนาดเล็กมาก และมีท่อลำเลียงน้ำ (Lumen) อยู่ที่ตรงกลาง ถูกล้อมรอบไปด้วยผนังเซลล์ (Toumis, 1991) ซึ่งผนังเซลล์นี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของเซลลูโลสกึ่งผลึกในลักษณะของเส้นใยขนาดไมครอน (Microfibrils) ฝังอยู่ในเฮมิเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลิกนิน เมทริกซ์ (Hemicelluloses-lignin matrix) และโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสที่อยู่ในผนังเซลล์จะสร้างพันธะไฮโดรเจนมาเกาะกับเซลลูโลส คล้ายกับการเป็นวัสดุเชื่อมประสานระหว่างเส้นใยขนาดไมครอน ให้กลายเป็นร่างแหเซลลูโลสหรือเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ ส่วนลิกนินซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จึงคอยทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมประสานระหว่างเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลลูโลสหรือเฮมิเซลลูโลส (สุปราณ และ ศิริเดช, 2557)



รูปที่ 2.5 การจัดเรียงตัวของเส้นใยขนาดไมครอน และเซลลูโลสในผนังเซลของเส้นใยจากพืช (Zimmermann et al., 2004).

สมบัติทางกายภาพของเส้นใยธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี เช่น ปริมาณของเซลลูโลส (Cellulose) Degree of polymerization การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบทางเคมี สมบัติการเป็นผลึก เป็นต้น โดยสามารถปรับปรุงสมบัติของเส้นใยธรรมชาติได้ แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของพืช แหล่งที่มา ความแตกต่างของความยาว และขนาดของเส้นใย (หฤทัย, 2551) และเส้นใยธรรมชาตินั้นก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติ

ชนิดของเส้นใย	คุณสมบัติ	
	ข้อดี	ข้อเสีย
เส้นใยธรรมชาติ	1) สวมใส่สบาย 2) ย่อยสลายง่าย 3) ย้อมติดสีง่าย 4) ระบายอากาศได้ดี 5) เป็นทรัพยากรที่ไม่หมดสิ้น 6) ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมธรรมชาติ 7) มีสมบัติที่ดีบางประการ - น้ำหนักเบา - ไม่เป็นพิษ - เป็นฉนวนความร้อน / เสียงดี - มีศักยภาพในการเสริมแรงวัสดุอื่น - ย่อยสลายได้	1) อายุการใช้งานค่อนข้างสั้น 2) ไม่ทนต่อการซักล้าง 3) มีข้อจำกัดในการใช้งาน 4) ปรับปรุงสมบัติได้น้อย 5) คุณภาพไม่คงที่ 6) ราคาไม่คงที่ 7) ไม่ทนความร้อน 8) ดูดความชื้น 9) ติดไฟง่าย 10) เสียหายง่ายระหว่างการผลิต 11) มีข้อจำกัดในการนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

ที่มา http://www.monetatrading.com.

2.1.6 สมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

สมบัติของเส้นใยธรรมชาติไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยเพียงอย่างเดียวเท่านั้น สมบัติต่าง ๆ ของเส้นใยยังขึ้นกับปริมาณของเซลลูโลสและปัจจัยอื่น ๆ เช่น จำนวนเซลล์ ขนาดของเซลล์และขนาดของลูเมน ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของเส้นใยธรรมชาติคือ สมบัติพื้นผิวของเส้นใยซึ่งเส้นใยเซลลูโลสมีคุณสมบัติชอบน้ำและดูดความชื้น เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลน้ำในผนังเซลล์ ปริมาณความชื้นในเส้นใย ทำให้เกิดปัญหาการยึดติดของเส้นใยในระหว่างการผลิตได้ แต่อย่างไรก็ตามการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติด้วยวิธีการทางกายภาพและทางเคมีจะสามารถลดปัญหานี้ได้ (พงศธร และธานินทร, 2558)

2.2 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้ามีชื่ออื่น ๆ ให้เรียกอีกมากมาย อาทิ ภาคเหนือ เรียกว่า กล้วยใต้หรือกล้วยเหลือง ภาคอีสาน เรียกว่า **กล้วยตานีอ่องหรือกล้วยอ่อง** ภาคตะวันออก เรียกว่า กล้วยมะลิอ่อง ซึ่งมีชื่อเรียกสามัญว่า Banana หรือ Cultivated banana และมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* L. อยู่ในวงศ์ตระกูล MUSACEAE กล้วยน้ำว้าเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ของกล้วยป่า 2 ชนิด ได้แก่ *Musa acuminatec* และ *Musa balbisaina* ในประเทศไทยกล้วยน้ำว้าจัดเป็นกล้วยพื้นเมืองที่พบได้ทั่วไปในทุกภาค เป็นกล้วยที่นิยมปลูกไว้ในทุกครัวเรือนเพื่อการรับประทานผลสุก และแปรรูปผลดิบ รวมถึงการนำส่วนต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ พันธุ์ของกล้วยน้ำว้าที่พบในไทยนั้น ได้แก่ กล้วยน้ำว้าแดง กล้วยน้ำว้าค่อม กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้านวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากการสำรวจพื้นที่การเพาะปลูกกล้วยน้ำว้า ในปีพ.ศ. 2538 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่ปลูกกล้วยน้ำว้าอยู่ที่ประมาณ 731006 ไร่ (สุจยาและคณะ, 2554)

2.2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของกล้วยน้ำว้ามีส่วนประกอบต่าง ๆ อยู่ 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ ในส่วนแรก คือ รากและลำต้น กล้วยน้ำว้านั้นเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นสูง 3.0 ถึง 4.5 เมตร ลำต้นแท้จะเป็นส่วนหัวหรือเหง้าที่อยู่เหนือดินเล็กน้อย หรือ ฝังอยู่ใต้ดิน เหง้ากล้วยน้ำว้าสามารถแตกหน่อแยกเป็นต้นใหม่ได้ ส่วนลำต้นเหนือดินที่เป็นลำต้นเทียมประกอบด้วยกาบใบ และใบ โดยกาบใบจะแทงออกจากเหง้าเรียงซ้อนกันแน่นเป็นวงกลมจนกลายเป็นลำต้นที่มีการซ้อนกันของกาบใบตามที่มองเห็น แผ่นกาบด้านนอกที่มองเห็นจะมีสีเขียว และมีสีดำประเล็กน้อย กาบใบเป็นแผ่นโค้งรูปครึ่งวงกลม โดยแกนกลางเป็นกาบอ่อนเรียงซ้อนกัน แต่เมื่อกล้วยออกปลีหรือออกดอก แกนกลางจะกลายเป็นแก่นกล้วยแทน ขนาดของลำต้นเทียมประมาณ 15 ถึง 25 เซนติเมตร ส่วนรากกล้วยจะมีเพียงระบบรากแขนงที่แตกออกจากเหง้ากล้วย รากแขนงนี้มีลักษณะเป็นเปลือกหุ้มสีดำ แก่นรากมีสีขาว ขนาดของรากประมาณ 0.5 ถึง 1 เซนติเมตร หรือ ขนาดประมาณเท่านิ้วก้อย ต่อมาในส่วนที่สองเป็นส่วนของใบกล้วยหรือใบตอง ซึ่งใบกล้วยเป็นส่วนที่ถัดจากกาบกล้วย ประกอบด้วยส่วนก้านใบและใบ ก้านใบมีความยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 เมตร ถัดมาจะเป็นส่วนใบ หรือเรียกว่า ใบตอง ซึ่งเป็นแผ่นเดียวกันทั้งซ้ายและขวามีการทอดยาวไปจนถึงปลายใบมีความยาว 1.5 ถึง 2 เมตร แผ่นใบหรือใบตองที่เป็นยอดอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนและตั้งตรง เมื่อแก่จะมีสีเขียวสดและก้านใบจะโน้มลงด้านล่าง แผ่นใบมีลักษณะเรียบ แผ่นใบด้านบนมีสีเขียวสดและเป็นมัน ส่วนแผ่นใบด้านล่างมีสีเขียวอมสีเทา ความยาวของแผ่นใบแต่ละข้างจะยาวเท่ากันประมาณ 25 ถึง 30 เซนติเมตร และส่วนสุดท้ายคือ ดอกและผลกล้วยน้ำว้า ซึ่งดอกกล้วยจะแทงออกที่ปลายยอด มีลักษณะเป็นช่อห้อยลง เรียกว่า เครือกล้วย โดยเครือกล้วยประกอบด้วยใบประดับสีแดงหุ้มดอกไว้ เรียกว่า ปลีกล้วย มีลักษณะค่อนข้างป้อมเมื่อเทียบกับปลีกล้วยชนิดอื่น ใบประดับส่วนปลายม้วนงอ แผ่นใบประดับด้านนอกบริเวณส่วนบนมีสีแดงม่วง ส่วนล่างมีสีแดง แผ่นใบประดับด้านในมีสีครีม ส่วนดอกที่อยู่ด้านในจะมีหลายดอกย่อยเรียงซ้อนกันเป็นแผง เรียกว่า หวี โดยกล้วยน้ำว้า 1 เครือ จะมีหวีกล้วยประมาณ 7 ถึง 12 หวี แต่ละหวีจะมีผลกล้วยประมาณ 10 ถึง 16 ผล

2.2.2. สมบัติและลักษณะเฉพาะ

เส้นใยกล้วย เป็นเส้นใยที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเดี่ยว มีความยาวที่ไม่แน่นอน ถ้าทำการล้างสิ่งต่าง ๆ ออกด้วยน้ำจนสะอาดจะมีสีขาวสะอาด แต่ถ้าล้างด้วยน้ำไม่สะอาดจะมีสีน้ำตาลปนอยู่ เส้นใยกล้วยน้ำว้ามีความเหนียวมาก สามารถดึงยืดได้และยืดหยุ่นตัวได้เล็กน้อย เส้นใยตรงบริเวณโคนกาบกล้วยมีความเหนียวกว่าบริเวณปลายกาบกล้วย (พงศธรและธานินทร์, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 การนำมาใช้ประโยชน์

เนื่องจากกล้วยน้ำว้ามีลักษณะลำต้น และใบที่มีขนาดใหญ่กว่ากล้วยชนิดอื่น ๆ จึงนิยมนำส่วนต่างๆมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่

1) กล้วยน้ำว้าดิบและกล้วยน้ำว้าสุก กล้วยน้ำว้าดิบนั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นกล้วยฉาบได้ ส่วนกล้วยน้ำว้าสุกสามารถนำมารับประทานเป็นผลไม้ หรือใช้ทำเป็นขนมของหวาน และยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อีกด้วย

2) ลำต้นหรือหยวกกล้วยอ่อน และปลีกล้วย สามารถนำมาปรุงอาหารหรือนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ ที่ส่วนมากนิยมใช้เลี้ยงสุกร

3) ใบกล้วยหรือใบตอง สามารถนำมาห่ออาหารหรือห่อปรุงอาหาร และส่วนที่เหลือจากการตัดเครือหรือไม่ได้ใช้ประโยชน์ ก็สามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ ส่วนใบกล้วยที่แห้งคาต้น คนโบราณหรือคนในชนบทนิยมนำมาใช้มวนยาสูบ

4) กาบกล้วย กาบกล้วยสดสามารถนำมาฉีกแบ่งเป็นเส้นเล็ก ๆ สำหรับใช้แทนเชือกรัดของ หรือนำกาบกล้วยมาแยกเป็นเส้นใยธรรมชาติ เพื่อนำไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

5) ก้านกล้วย มักถูกใช้ทำเครื่องเล่นให้แก่เด็ก เช่น ม้าก้านกล้วย

2.3 ธูปฤาษี

ธูปฤาษีมีชื่อเรียกอื่น ๆ มากมาย อาทิ กกช้าง กกธูป เฟื้อ และปรือ ซึ่งมีชื่อเรียกสามัญว่า Cat-tail, Elephant grass, Lesser reedmace, Narrow-leaved Cat-tail และมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Typha angustifolia* L. อยู่ในวงศ์ตระกูล TYPHACEAE มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ทวีปยุโรปและอเมริกา สามารถขยายพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ลักษณะทั่วไปเป็นวัชพืชน้ำล้มลุก เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในพื้นที่ชุ่มน้ำ พบได้ทั้งในเขตร้อน และเขตอบอุ่น สามารถทนความเป็นกรดและด่าง รวมถึงความเค็มได้ดี มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และโลหะหนักได้ในปริมาณสูง ซึ่งจากการทดลองของกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2539 พบว่าธูปฤาษีมีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย 56.6 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี

2.3.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ธูปฤาษีมีอายุประมาณ 2 ปี สูงประมาณ 1.5 ถึง 2 เมตร ธูปฤาษีนั้นมีลักษณะคล้ายพืชพวกกก ลักษณะลำต้นเป็นลำต้นยาวคล้ายทางมะพร้าวมีเหง้าใต้ดิน และใบเดี่ยวออกสลับซ้อนชิดกัน แผ่นใบเรียวแคบมีความยาว 200 ถึง 400 เซนติเมตร มีความกว้าง 1 ถึง 2 เซนติเมตร ปลายใบมีลักษณะแหลม โคนใบแผ่กว้างเป็นกาบหุ้มลำต้น ช่อดอกออกที่ปลายลำยาว 200 ถึง 350 เซนติเมตร ดอกเล็กสีน้ำตาลแกมเหลืองออกดอกรวมชิดติดกันแน่นบนช่อรูปทรงกระบอกคล้ายธูปขนาดใหญ่ กลุ่มของดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนก้านช่อเดียวกัน กลุ่มของดอกตัวผู้อยู่ปลายก้าน มีความยาว 20 ถึง 40 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร กลุ่มดอกตัวเมียมีความยาว 20 ถึง 40 เซนติเมตร มีความกว้าง 1.5 ถึง 2 เซนติเมตร อยู่ต่ำกว่ากลุ่มดอกตัวผู้ 4 ถึง 5 เซนติเมตร ช่อผลมีขนสีขาวเป็นปุยมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ถึง 3 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ต้นธูปฤาษี จัดเป็นไม้ล้มลุกมีอายุหลายปี เหง้ากลม แทงหน่อขึ้นเป็นระยะสั้น ๆ ลำต้นตั้งตรง มีความสูงประมาณ 1.5 ถึง 3 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มน้ำ ขยายพันธุ์ด้วยผลหรือเมล็ด พบขึ้นตามหนองน้ำ ลุ่มน้ำทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ตามทะเลสาบหรือริมคลอง รวมไปถึงตามที่โล่งทั่ว ๆ ไป มีเขตการกระจายพันธุ์ทั่วโลกในเขตร้อนและในเขตอบอุ่น สำหรับในประเทศไทยสามารถพบได้ทั่วทุกภูมิภาค

ใบธูปฤาษี ใบเป็นใบเดี่ยว มีกาบใบเรียงตัวสลับในแนวระนาบเดียวกัน ลักษณะใบเป็นรูปแถบ มีความกว้างประมาณ 1.2 ถึง 1.8 เซนติเมตรและมีความยาวประมาณ 50 ถึง 120 เซนติเมตร แผ่นใบด้านบนมีลักษณะโค้งเล็กน้อยเพราะมีเซลล์หยุ่นตัวคล้ายฟองน้ำหมุนอยู่กลางใบ ส่วนด้านล่างของใบแบน

ดอกธูปฤาษี ออกดอกเป็นช่อแบบเชิงลด ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ช่วงดอกเพศผู้มีความยาวประมาณ 8 ถึง 40 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่อประมาณ 0.2 ถึง 0.7 เซนติเมตร และมีใบประดับประมาณ 1 ถึง 3 ใบ หลุดร่วงได้ ส่วนช่วงดอกเพศเมียจะมีความยาวประมาณ 5 ถึง 30 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อประมาณ 0.6 ถึง 2 เซนติเมตร มักแยกออกจากส่วนดอกเพศผู้ด้วยส่วนของก้านช่อดอกที่มีความยาวประมาณ 2.5 ถึง 7 เซนติเมตร ดอกมีขนาดเล็ก ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก เกสรเพศผู้ส่วนมากแล้วจะมี 3 อัน มีขนขึ้นล้อมรอบ ก้านเกสรเพศผู้จะมีลักษณะสั้น มีอับเรณูยาวประมาณ 1.5 ถึง 2 มิลลิเมตร ส่วนดอกเพศเมียจะมีใบประดับย่อยเป็นรูปเส้นด้าย มีรังไข่เป็นรูปกระสวย ก้านของรังไข่เรียวและยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร มีขนยาว ส่วนก้านเกสรเพศเมียจะยาวประมาณ 1 ถึง 1.5 มิลลิเมตร มีขนสั้นกว่าก้านของรังไข่ ยอดเกสรมีลักษณะเป็นรูปแถบหรือรูปใบหอก และยังสามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี

2.3.2 การนำมาใช้ประโยชน์

1) ยอดอ่อนใช้รับประทานได้ทั้งแบบสดและแบบปรุงสุก 2) แป้งที่ได้จากลำต้นใต้ดินและรากสามารถใช้บริโภคได้ 3) ต้นธูปฤาษีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติอาจนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ และยังสามารถช่วยบำบัดน้ำเสียตามแหล่งต่าง ๆ ทำให้น้ำเสียในบริเวณนั้นมีคุณภาพที่ดีขึ้น มีศักยภาพในการลดค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำ ช่วยปรับเปลี่ยนสีของน้ำที่ไม่พึงประสงค์ให้จางลง และช่วยลดความเป็นพิษในน้ำได้ เนื่องจากสามารถช่วยกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียในที่ลุ่มต่อไร่ได้สูงถึง 400 กิโลกรัมต่อปี และยังช่วยดูดซึมเก็บกักธาตุโพแทสเซียมต่อไร่ได้สูงถึง 690 กิโลกรัมต่อปี จึงจัดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่อาจมีบทบาทเป็นพืชเศรษฐกิจได้ในอนาคตและนอกจากนั้นยังมีระบบรากที่ดี จึงช่วยป้องกันการพังทลายของดินตามชายน้ำได้ รวมถึงอาจช่วยทำให้วัฏจักรของแร่ธาตุอาหารในดินสมบูรณ์ขึ้น เพราะมีแร่ธาตุอาหารหลายชนิด เมื่อต้นธูปฤาษีตายลงหรือถูกกำจัดก็จะเกิดการย่อยสลาย ทำให้แร่ธาตุอาหารกลับสู่ดิน ทำให้ดินมีความสมบูรณ์ สามารถทำการเพาะปลูกได้ หรือหากต้นธูปฤาษีตายลงกลายเป็นซาก สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินสำหรับไม้ยืนต้นตามสวนผลไม้ต่าง ๆ เพื่อช่วยลดการสูญเสียความชื้นออกจากผิวดิน และช่วยลดการชะล้างหน้าดินจากน้ำฝนได้ จึงมีการนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักบำรุงดินได้ 4) ใบธูปฤาษีมีความยาวและเหนียวจึงนิยมนำมาใช้มุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลังคา และสามารถนำมาใช้สานตะกร้า ทำเสื่อ ทำเชือกได้ 5) ช่อดอกแห้งสามารถนำมาใช้เป็นไม้ประดับ ส่วนในประเทศอินเดียจะใช้ก้านของช่อดอกมาทำปากกา 6) เส้นใยที่ได้จะมีสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน สามารถนำมาใช้ทอเป็นผ้าเพื่อใช้สำหรับแทนฝ้ายหรือขนสัตว์ได้ หรือนำไปประยุกต์ใช้เพื่อต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ 7) ดอกของต้นธูปฤาษีสามารถใช้กำจัดคราบน้ำมันได้เป็นอย่างดี โดยน้ำหนักของดอกต้นธูปฤาษี 100 กรัม สามารถช่วยกำจัดคราบน้ำมันได้มากกว่า 1 ลิตร 8) ใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิง โดยต้นธูปฤาษีมีปริมาณของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูง กากที่เหลือจากการสกัดเอาโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตออกแล้ว ใช้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนย่อย จะให้แก๊สมีเทน ซึ่งใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกวรรณ (2558) ศึกษาการดัดแปลงพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวด้วยไซเลน เพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในอีพอกซีเรซิน โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) มาทำปฏิกิริยากับเส้นใยไมโครเซลลูโลสจนแยกออกจากฟางข้าวแห้ง โครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีและสัณฐานของเส้นใยเซลลูโลสถูกศึกษาโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) และ Scanning Electron Microscope (SEM) ผลจากFTIR และ XRD แสดงให้เห็นว่าสามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลส และลิกนินออกได้โดยสภาวะที่เส้นใยแสดงการกระจายตัวดี คือ การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5% (w/w) เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงและตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 30% (w/w) เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผลจาก XRD หลังจากการปรับสภาพเส้นใย พบว่าเส้นใยที่ได้แสดงความเป็นผลึกสูงขึ้น ขั้นตอนต่อมานำเส้นใยมาทำการดัดแปลงพื้นผิวเพิ่มการยึดกันระหว่างเส้นใยและอีพอกซี โดยการนำเส้นใยที่ได้มาทำการดัดแปลงพื้นผิวด้วย 3-aminopropyl-triethoxy-silane (APS) และ 3-glycidoxypropyl-trimethoxy-silane (GPS) ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน ได้แก่ ที่ pH 3, pH 4.5 และ pH 6 ในระดับอุณหภูมิ 30, 50 และ 80 องศาเซลเซียส และตัวทำละลาย (น้ำ, เอทานอล) นำเส้นใยที่ถูกดัดแปลงพื้นผิวมาผสมกับอิพอกซีเรซินพอลิเมอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเสริมแรงสมบัติเชิงกล พบว่าเส้นใยที่ผ่านการดัดแปลงพื้นผิวสามารถเพิ่มค่าแรงต้านการดึงได้ 29.40 เปอร์เซ็นต์

กิตติพงศ์ และคณะ (2562) ศึกษาการปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเส้นใยจากเซลลูโลสที่ได้จากต้นปุด *Achasma macrocheilosGriff*. หรือ *Etlingera coccinea* โดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องบีบอัดเส้นใยและวิธีทางเคมี ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย ขนาดของเส้นใย และสมบัติเชิงกลของเส้นใย ศึกษาโครงสร้างจุลภาพของเส้นใยโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเครื่องวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการทดสอบพบว่าเส้นใยจากปุดที่ได้จากการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล มีลักษณะของการแยกออกเป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กลง การใช้วิธีเคมีจะใช้ระยะเวลานานและการใช้สารเคมีในกระบวนการปรับปรุงเส้นใยอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เส้นใยจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล ลักษณะค่าความละเอียดของเส้นใยเฉลี่ยจัดอยู่ในกลุ่มพวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เส้นใยหยาบ แต่ในทางกลับกันการใช้วิธีเชิงกลทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นในการปรับปรุงเส้นใย แต่ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยจะต่ำกว่าวิธีทางเคมี มีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยอยู่ที่ 102.45 cN และรับขนาดแรงกดมากที่สุดอยู่ 4 Bar เป็นเวลา 10 นาที

จินตนา และ พูลสุข (2560) ศึกษาเส้นใยกล้วยหอมทองย้อมสีธรรมชาติสำหรับใช้ในการทำเครื่องจักสาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยกล้วยหอมทอง รวมถึงการย้อมเส้นใยกล้วยหอมทองด้วยสีย้อมธรรมชาติ โดยใช้ตัวอย่างคือเส้นใยกล้วยหอมทองย้อมสีธรรมชาติ แล้วเปรียบเทียบวิธีการย้อม 2 วิธี คือ การย้อมเย็น และการย้อมร้อน ผ่านการเตรียมเส้นใย 2 แบบ คือ แบบถักเปีย และแบบเข้าเกลียว และมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างของสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของเส้นใยกล้วยหอมทอง จากการใช้ส่วนลำต้นเทียบโดยแกะกาบกล้วยมาขูดเส้นใยออกได้ 12 ชั้น แต่หยวกกล้วยไม่สามารถนำมาแยกเส้นใยได้ ความยาวของกาบกล้วย ชั้นที่ 1 ถึง 7 มีความยาวที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนชั้นที่ 8 ถึง 12 มีความยาวของกาบกล้วยที่แตกต่างกัน จากการทดสอบน้ำหนักของกาบกล้วยหอมทองพบว่ากาบกล้วยแต่ละชั้นมีน้ำหนักที่ไม่ต่างกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักอยู่ในช่วง 231.03 ถึง 239.01 กรัม ขนาดของเส้นใย ความคงทนต่อแรงดึง และค่ายังโมดูลัสของเส้นใยไม่มีความต่างกัน กาบที่ 1 มีค่าความคงทนต่อแรงดึงมากที่สุด และกาบกล้วยชั้นที่ 4 มีค่าแรงต้านทานภายในที่แตกต่างจากกาบกล้วยชั้นอื่นรวมถึงมีค่ายังโมดูลัสมากที่สุด การย้อมเส้นใยกล้วยหอมทอง พบว่าเส้นใยกล้วยสามารถติดสีย้อมได้ทุกชนิด ซึ่งวิธีการย้อมเย็นและย้อมร้อนให้เฉดสีเดียวกัน แต่มีความต่างของสีและความสดของสีที่ต่างกัน

ฐิติวรา (2556) ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคและเส้นใยของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด โดยทำการศึกษาทั้งหมด 14 ชนิด ได้แก่ คล้า ฝักหนาม กก ดาหลา บันไดสวรรค์ สับปะรด ธูปฤาษี กระทือ ข่า เบิร์ดออฟพาราไดร์ส อากาเว่อังกัสติฟอเลีย ป่านศรนารายณ์ ว่านงาช้าง และลิ้นมังกร พบว่าความยาวของเส้นใยเดี่ยวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.51 ถึง 2.11 มิลลิเมตร และมีความกว้างอยู่ระหว่าง 6.0 ถึง 21.88 ไมโครเมตร ลักษณะปลายเส้นใยที่พบมี 4 แบบ โดยมีปลายเส้นใยแบบ pointed, แบบ scimitar like, แบบ blunt และแบบ rounded เมื่อทำการแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี พบว่าเส้นใยที่ได้มีลักษณะของมัดเส้นใยที่เกิดจากท่อลำเลียงของพืช โดยได้ปริมาณของเส้นใยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วงระหว่าง 1.22 ถึง 10.86 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ฟอกด้วยน้ำได้ปริมาณเส้นใยในช่วงระหว่าง 1.15 ถึง 11.81 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเห็นว่าแนวโน้มการแช่ฟอกด้วยน้ำจะทำให้ผลผลิตเส้นใยสูงกว่าการแช่ฟอกด้วยเคมี

ปราณี (2545) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย เพื่อหาแนวทางในการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงให้กับพอลิโพรพิลีน โดยเลือกเส้นใยป่านศรนารายณ์และเส้นใยกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณตั้งแต่ 1 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีการดัดแปรทั้งเส้นใยและพอลิเมอร์ จากผลการทดลองพบว่าเส้นใยทั้งสองชนิดให้ค่าความแข็งแรง และค่ามอดูลัสในลักษณะการดึงของพอลิเมอร์มีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีน เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นค่ามอดูลัสจะสูงขึ้นตาม แต่หากมีปริมาณเส้นใยต่ำอยู่ที่ 1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งแรงในลักษณะการดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของปริมาณเส้นใยต่ำจะมากกว่าค่าความแข็งแรงในลักษณะการดึงและค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของปริมาณเส้นใยสูง และพบว่าที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยเท่ากันพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้ามีค่ามอดูลัส และค่าความแข็งแรงในลักษณะการดึงสูงกว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์เล็กน้อย และมีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกใกล้เคียงกัน

พงศธร และธานินทร์ (2558) การศึกษาสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของพลาสติกเสริมแรงด้วยใยใยมะพร้าวและกาบกล้วยน้ำว้า จากผลวิจัยพบว่าสมบัติเชิงกลวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยที่ผ่านการดัดแปรด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ผลดีมากกว่าวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปร ส่วนผลการทดสอบความทนแรงดึงของวัสดุผสมเส้นใยกาบกล้วยน้ำว้ามีค่ามากกว่าวัสดุผสมเส้นใยมะพร้าว แต่ความทนแรงกระแทกวัสดุผสมเส้นใยมะพร้าวสูงกว่าวัสดุผสมเส้นใยกาบกล้วยน้ำว้า โดยวัสดุผสมเส้นใยมะพร้าวมีค่าความทนแรงกระแทก 344.42 กิโลจูล/ตารางเมตร และค่าความทนแรงดึง 59.96 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยกาบกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณเส้นใย 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าความทนแรงดึงสูงที่สุดอยู่ที่ 73.23 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตามที่ปริมาณเส้นใยที่ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าความทนแรงกระแทกสูงอยู่ที่ 363.66 กิโลจูน/ตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของวัสดุผสม ซึ่งพบว่าวัสดุจะมีความเปราะและค่าความทนแรงดึงและความทนแรงกระแทกจะลดต่ำลง เมื่อวัสดุผสมมีปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลทำให้เกิดฟองอากาศขึ้นภายในชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง

3.1.1 วัตถุดิบ

1) กาบกล้วย

เลือกต้นกล้วยน้ำว้าอายุประมาณ 10 ถึง 12 เดือน นำมาจากตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ตัดลำต้นห่างจากส่วนโคนขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วลอกกาบกล้วยออกทีละชั้น

2) ต้นธูปฤาษี

เลือกต้นธูปฤาษีที่มีความสูงประมาณ 1.5 ถึง 2 เมตร ตัดลำต้นห่างจากส่วนโคนต้นประมาณ 5 เซนติเมตร

3) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ใช้โซดาไฟก้อนที่มีสถานะปกติอยู่ในรูปของแข็ง มีลักษณะเป็นผลึกหรือผงสีขาว มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำจะให้ฤทธิ์เป็นด่างแก่ ซึ่งใช้ในการปรับปรุงผิวของเส้นใยด้วยเบส (Alkali treatment) สำหรับเส้นใยธรรมชาติการปรับปรุงผิวด้วยเบสเป็นหนึ่งในการปรับปรุงที่ดีที่สุด เนื่องจากด่างได้ไปทำให้ปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น ด้วยวิธีนี้จึงมีการกำจัดพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น โดยจะแสดงในสมการ 3.1

$$\text{Fiber} - OH + NaOH \longrightarrow \text{Fiber} - ONa^{+} + H_2O \qquad (3.1)$$

ซึ่งทำให้มีผลต่อองค์ประกอบของเซลลูโลส และสารละลายเบสไม่เพียงแต่จะมีผลต่อองค์ประกอบของเซลลูโลสเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลต่อองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ลิกนิน แพกตินและเฮมิเซลลูโลส อีกด้วย (จิรัชญา, 2557)

ลักษณะเฉพาะของโซดาไฟ มีลักษณะเป็นก้อนผลึกหรือผงสีขาว เมื่อนำไปละลายน้ำจะได้ด่างแก่ มีมวลอะตอมเท่ากับ 39.9971 กรัม/โมล และมีความหนาแน่น 2.1 กรัม/ลบ.ซม. จุดหลอมเหลวของโซดาไฟอยู่ที่ 318 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดถึง 1390 องศาเซลเซียส รวมถึงความสามารถในการละลายน้ำ 111 กรัม/100 มล. ที่ 20 องศาเซลเซียส

ประโยชน์ของโซดาไฟ สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโซดาไฟเหลว รวมถึงใช้สำหรับอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ด้วยการทำปฏิกิริยากับไขมันเปลี่ยนเป็นสบู่ และใช้สำหรับขจัดคราบสกปรกและสิ่งอุดตันในท่อระบายน้ำด้วยก้อนหรือละลายน้ำเทราดลงบริเวณที่มีการอุดตันของท่อ และยังใช้สำหรับปรับสภาพความเป็นกรดของน้ำให้เป็นด่าง โดยเฉพาะในระบบบำบัดน้ำเสียที่ต้องปรับความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ ใช้สำหรับการตกตะกอนของแร่ธาตุหรือโลหะหนักในกระบวนการบำบัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เสีย และฟื้นสภาพของเรซินของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ รวมถึงใช้ในกระบวนการฟอกย้อมไหม โดยเฉพาะในขั้นตอนการลอกกาวไหมที่ต้องต้มเพื่อละลายกาวไหมด้วยการใช้โซดาไฟ สำหรับการฟอกไหมในระดับครัวเรือน ชาวบ้านเรียกโซดาไฟว่า ผงมัน ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านขายเคมีฟอกไหม

ตัวอย่างประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรม

1) อุตสาหกรรมสิ่งทอ มักใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นตอนการปรับสภาพเส้นใยที่อุณหภูมิ 15 ถึง 25 องศาเซลเซียส นาน 25 ถึง 40 นาที ซึ่งจะใช้ความเข้มข้นประมาณ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้เกิดการคลายตัวของเส้นใยเซลลูโลสทำให้เพิ่มความสามารถในการดูดซับสีย้อม เพิ่มความมันวาว และความอ่อนนุ่มขณะถักทอ

2) อุตสาหกรรมกระดาษ มักใช้สำหรับการฟอกขาวเยื่อกระดาษร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะไม่ทำลายสภาพเส้นใยเยื่อกระดาษ

3) อุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้ในหลายรูปแบบ ได้แก่

– การล้างทำความสะอาดขวดหรือภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ
– การแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้ง เพื่อย่อยสลายแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล
– ใช้ในกระบวนการผลิตผงชูรสหรือโมโนโซเดียมกลูตาเมต

4) อุตสาหกรรมสบู่ และผงซักฟอก โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับสภาพกรดไขมันให้เป็นกลาง

ข้อมูลความปลอดภัย

1) ละอองของโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดการอักเสบที่เยื่อบุระบบทางเดินหายใจ และอาจมีผลให้เกิดการระคายเคือง และอักเสบที่ปอด 2) การสัมผัสกับผิวหนังที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดเป็นแผลพุพอง และเป็นแผลเป็นได้ หรือการสัมผัสกับไอของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลานานจะทำให้ผิวหนังแห้ง แตกสะเก็ดเป็นแผลได้ 3) เมื่อสัมผัสกับตาจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง ทำลายเนื้อเยื่อ แผลพุพอง เป็นต้อหินหรือต้อกระจกและอาจตาบอดได้ 4) เมื่อเข้าสู่ปาก และทางเดินอาหารจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรงต่อเนื้อเยื่อทางเดิน อาหาร ทำให้เป็นแผลที่ช่องปาก และลำคอ ไหม้ ปวดท้อง ท้องเสีย อาเจียน วิงเวียน จนถึงตายได้ 5) ขณะใช้งาน ควรสวมผ้าปิดจมูก สวมถุงเท้า ถุงยางมือ แว่นตากันสารเคมี และสวมชุดป้องกันสารเคมีให้เรียบร้อย

3.1.2 อุปกรณ์

1) บีกเกอร์ 2) แท่งแก้วคนสารละลาย 3) ฟอร์เซ็ป 4) Plate heater 5) เครื่องอบแห้งลมร้อน 6) เครื่องทดสอบแรงดึง 7) กล้องจุลทรรศน์ 8) เครื่องวัดสี 9) เครื่องชั่งน้ำหนัก 10) กล่องใส่สารละลาย 11) ตะแกรงรอง 12) เทอร์โมมิเตอร์ 13) ถุงสุญญากาศ 14) เม็ดดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมเส้นใย

เลือกต้นกล้วยน้ำว้าอายุประมาณ 10 ถึง 12 เดือน ตัดลำต้นห่างจากส่วนโคนขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร ลอกกาบกล้วยน้ำว้าข้างนอกออกมาทีละชั้น ตัดส่วนกาบกล้วยน้ำว้าออกเป็นท่อน ๆ ขนาดท่อนละ 7 เซนติเมตรหรือพอให้สารละลายท่วมกาบกล้วย

เลือกต้นธูปฤาษีที่มีความสูง 1.5 ถึง 2 เมตร ตัดลำต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 5 เซนติเมตร เลือกส่วนของลำต้นออกมา ตัดออกเป็นท่อน ๆ ขนาดท่อนละ 7 เซนติเมตรหรือพอให้สารละลายท่วมลำต้นธูปฤาษี

เส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี เตรียมด้วยวิธีการนำกาบกล้วยและลำต้นธูปฤาษีที่ถูกตัดเป็นท่อน ๆ แล้วมาล้างด้วยน้ำสะอาด รีดให้กาบกล้วยน้ำว้าและลำต้นธูปฤาษีให้แบนเพื่อนำไปใส่ในบีกเกอร์ ทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) ที่ผสมกับน้ำ ด้วยอัตราส่วนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ทำการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (กนกวรรณ, 2558) ในเวลาที่แตกต่างกัน 3 เวลา ได้แก่ ที่เวลา 60 นาที, 90 นาที และ 120 นาที หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อแยกเส้นใยออกเป็นเส้นเดี่ยว ๆ

3.2.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเส้นใย

3.2.2.1 การหาขนาดของเส้นใย

นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวและผ่านการอบแห้งแล้ว มาติดเข้ากับกระดาษด้วยกาว แล้วนำเส้นใยที่ผ่านการติดเข้ากับกระดาษมาติดเข้ากับแผ่นฟิล์มวัดความหนาขนาด 515 ไมครอนและปักไว้บนโฟมรูปลูกบาศก์ แล้วจึงมานำมาส่องกล้องจุลทรรศน์ (Meiji, Japan) ทำการวัดค่าความละเอียด (fineness) ตามวิธี ISO 1973 (จิรชยา, 2559) จากนั้นถ่ายรูปจากกล้องจุลทรรศน์ มาเข้าโปรแกรม Image J เพื่อวิเคราะห์ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี ซึ่งใช้จำนวนของเส้นใยกาบกล้วยทั้งหมด 180 เส้นและเส้นใยธูปฤาษีทั้งหมด 180 เส้น เท่ากัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 60 นาที 90 นาที และ120 นาที โดยใช้ช่วงเวลาละ 60 เส้น มาวัดขนาดพื้นที่หน้าตัด แล้วบันทึกผลการทดลอง

3.2.2.2 การวัดความชื้นของเส้นใย

วัดความชื้นของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีก่อนและหลังการอบแห้ง เริ่มจากนำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่แยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยว มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง ก่อนการเข้าอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน หลังจากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชม. เพื่อให้ปริมาณน้ำในเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีเหลือน้อยที่สุด หลังจากนั้นนำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักหลังการอบ ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง เพื่อเอาค่าที่ได้มาคำนวณวิเคราะห์หาความชื้นฐานแห้ง ด้วยสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{Moisture content (\%d.b.)} = \frac{(M_i - M_d)}{M_d} \times 100 \quad (3.2)$$

โดยที่ M_i คือ มวลตัวอย่างก่อนอบ (g)

M_d คือ มวลตัวอย่างหลังอบ (g)

3.2.2.3 การวัดค่าสีของเส้นใย

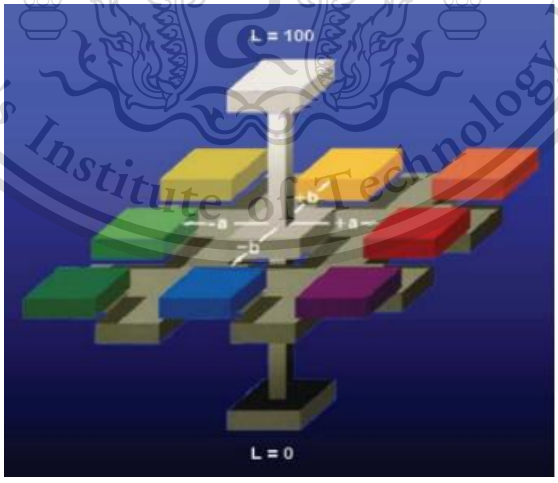
นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีในแต่ละเวลาในการต้มที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวและผ่านการอบแห้ง มาตัดลงถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง เริ่มต้นโดยการใช้แผ่นมาตรฐานสีดำและสีขาว เพื่อเป็นการปรับมาตรฐานของเครื่องสำหรับวัดค่าสี แล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบ โดยใช้เครื่อง Colorimetric Spectrophotometer ยี่ห้อ hunter lab ในระบบC.I.E Lab สามารถวัดค่าสีออกมาในลักษณะของพารามิเตอร์ L* a* b* ทำการบันทึกค่าและวิเคราะห์ข้อมูล

โดยหนึ่งในองค์กรสำคัญที่กำหนดหน่วยการวัดสีให้เป็นมาตรฐาน คือ International Commission on Illumination หรือ องค์กรวัดสีโลก CIE เพื่อช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดสี เนื่องจากสายตาและแหล่งกำเนิดแสง องค์กรวัดสีโลก CIE ได้กำหนดหน่วยวัดสีมีสัญลักษณ์ได้แก่ L* a* b* โดยทั้ง 3 ตัวแปรบ่งบอกถึงค่าสีที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แกน L* บ่งบอกถึง ความสว่าง (lightness) มี ค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว

- แกน a* ที่เป็นลบสีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว (-a*) จนถึงที่เป็นบวกสีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง (+a*)

- แกน b* ที่เป็นลบสีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงที่เป็นบวกสีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง (+b*)



รูปที่ 3.1 ระบบสี CIELAB

(ที่มา : HunterLab, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2.4 การวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกเส้นใยไปวัดค่า water activity ก่อนเข้าอบและหลังเข้าอบ เริ่มจากการนำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีก่อนเข้าอบมาทำการวัดค่า water activity โดยใช้เครื่อง AQUALAB, 3TE, USA ซึ่งต้องรีเซ็ตเครื่องทดสอบโดยการนำน้ำกลั่นเข้าเครื่องทดสอบก่อน ภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รอจนกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิต่างกันที่ 0.1 แล้วจึงตัดชิ้นตัวอย่างลงภาชนะสำหรับใส่วัตถุดิบตัวอย่าง นำเข้าเครื่องทดสอบและจดบันทึกค่า หลังจากนั้นนำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีหลังจากเข้าเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มาทำการวัดค่า water activity จนได้ค่า water activity ที่น้อยกว่า 0.6 และจดบันทึกผลการทดลอง

3.2.3 การทดลองดึงเส้นใย

นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวและการอบแห้ง คัดเส้นใยที่มีค่าความยาวมากกว่า 60 มิลลิเมตร โดยเตรียมตัวอย่างเส้นใยจำนวน 10 เส้น และยึดเส้นใยติดเข้ากับกระดาษ โดยเส้นใยอยู่ในลักษณะที่ตึงและเป็นเส้นตรงตั้งแต่หัวถึงท้าย และทากาวลาเท็กซ์ยึดหัวและท้ายของเส้นใย ให้ระยะยึดระหว่างหัวและปลายของเส้นใยเท่ากับ 40 มิลลิเมตร ปล่อยทิ้งไว้ให้กาวแห้งเป็นเวลา 2 วัน ทดสอบค่าด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Texture analyzer) มาตรฐาน ASTM D638 โดยตั้งค่าระยะที่ใช้ในการทดสอบ (gauge length) เท่ากับ 30 มิลลิเมตร และความเร็วที่ใช้ในการดึงเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีอยู่ที่ 2 มิลลิเมตรต่อนาที และทำการดึงจนเส้นใยขาดจากกัน แล้วบันทึกผลการทดลองออกมาในรูปของตัวเลขและกราฟของการทดลอง

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \tag{3.2}$$

โดยที่ σ คือ ความเค้น (N/mm^2)

F คือ แรงที่มากระทำต่อวัตถุ (N)

A_0 คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่แรงกระทำ (mm^2)

การหาพื้นที่ใต้กราฟโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัด

$$w = \int F dx \tag{3.3}$$

โดยที่ w คือ งานที่ทำได้ (J)

F คือ แรงที่มากระทำต่อวัตถุ (N)

dx คือ ระยะกระจัดจากจุดหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่ง (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การหาเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

$$\varepsilon = \left(\frac{\delta}{l}\right) \times 100 \qquad (3.4)$$

โดยที่ ε คือ การยืดตัว

δ คือ ความยาวที่เปลี่ยนไป (cm.)

l คือ ความยาวเดิม (cm.)

3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองในโครงงานนี้ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ด้วยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ โดยที่การทดลองส่วนใหญ่ทำ 3 ซ้ำ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติทางกายภาพของเส้นใย

4.1.1 ความชื้น

ผลการวิเคราะห์ความชื้นของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของเส้นใยกาบกล้วย ที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าสูงสุดคือ 69.52±5.58 และจะลดลงตามเวลาต้มด้วย Sodium hydroxide (NaOH) ที่ลดลง แต่ที่เวลาต้มที่ 90 นาที มีค่าความชื้นน้อยกว่าที่เวลาต้ม 60 นาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ

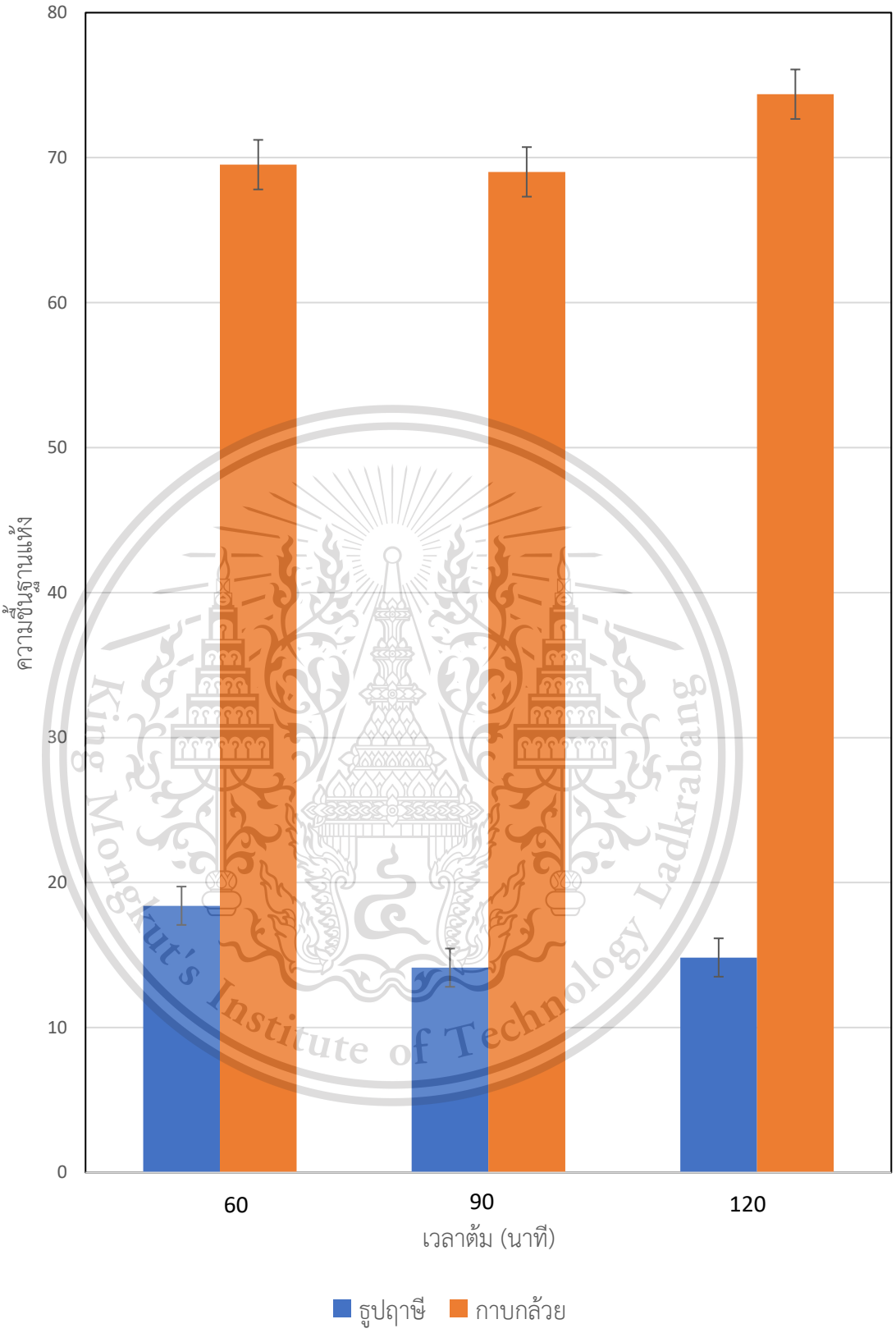
รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของเส้นใยธูปฤาษี ที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุดคือ 18.40±2.19 และจะลดลงตามเวลาต้มด้วย Sodium hydroxide (NaOH) ที่ลดลง แต่ที่เวลาต้มที่ 90 นาที มีค่าความชื้นน้อยกว่าที่เวลาต้ม 120 นาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.1 ความชื้นของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)	
	เส้นใยกาบกล้วย	เส้นใยธูปฤาษี
60	69.52 ± 5.58	18.40 ± 2.19
90	69.02 ± 4.77	14.13 ± 2.64
120	72.37 ± 0.81	14.83 ± 8.97

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 ความชื้นของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำเนื้อหาไปดัดแปลงเพิ่มเติม หรือสร้างงานใดๆขึ้นมาใหม่ที่มีเนื้อหาส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารนี้ไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีด้วยเครื่องทดสอบโดยใช้เครื่อง AQUALAB, (USA) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระก่อนอบของเส้นใยกาบกล้วย ที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุดคือ 0.70±0.04 และที่เวลา 90 นาที มีค่าน้อยลงมาที่ 0.65±0.01 เนื่องจากเวลาในการทดลองค่อนข้างจำกัด จึงไม่สามารถวัดค่าปริมาณน้ำอิสระที่เวลาต้ม 120 นาทีได้ ซึ่งเวลาต้มในแต่ละช่วงมีความแปรปรวน แต่ไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใยทำการแยกด้วยมือ บางช่วงอาจมีการวางเส้นใยทับกันแน่น ส่งผลให้เส้นใยมีความชื้นมากน้อยไม่เท่ากัน ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระหลังอบของเส้นใยกาบกล้วย ที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุดคือ 0.42±0.02 แล้วเพิ่มขึ้นตามเวลาต้ม 90 และ 120 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ

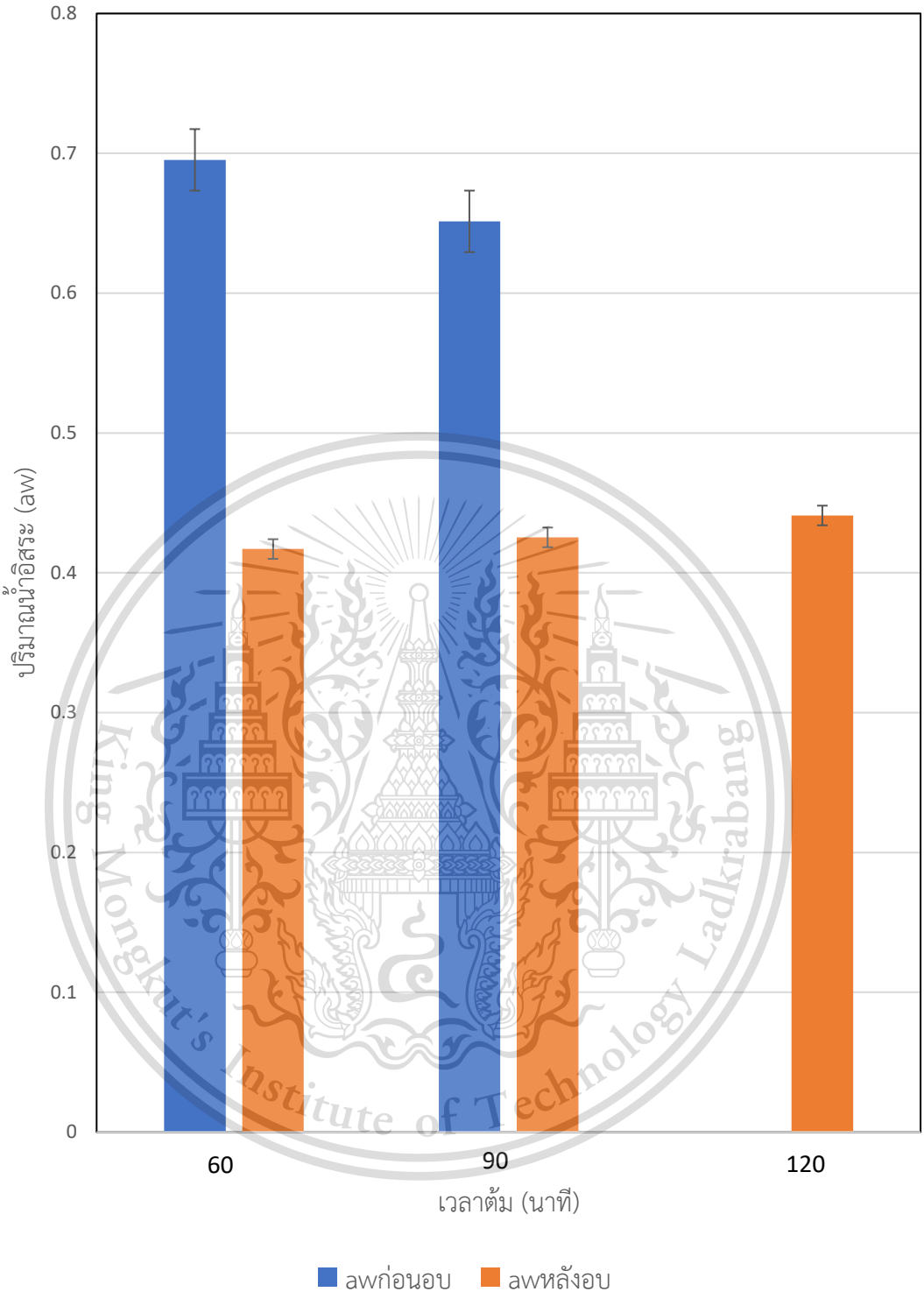
รูปที่ 4.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระก่อนอบของเส้นใยธูปฤาษี ที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าสูงสุดคือ 0.98±0.01 และลดลงตามเวลาต้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเวลาต้มในแต่ละช่วงมีความแปรปรวน แต่ไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใยทำการแยกด้วยมือ บางช่วงอาจมีการวางเส้นใยทับกันแน่น ส่งผลให้เส้นใยมีความชื้นมากน้อยไม่เท่ากัน ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระหลังอบของเส้นใยธูปฤาษี ที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าสูงสุดคือ 0.47±0.02 และที่เวลาต้ม 90 และ 120 นาที มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากัน พบว่าไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	เส้นใยกาบกล้วย		เส้นใยธูปฤาษี	
	a_w ก่อนอบ	a_w หลังอบ	a_w ก่อนอบ	a_w หลังอบ
60	0.07±0.04	0.42±0.02	0.65±0.02	0.45±0.04
90	0.65±0.01	0.43±0.03	0.92±0.02	0.47±0.02
120	-	0.44±0.01	0.98±0.01	0.45±0.02

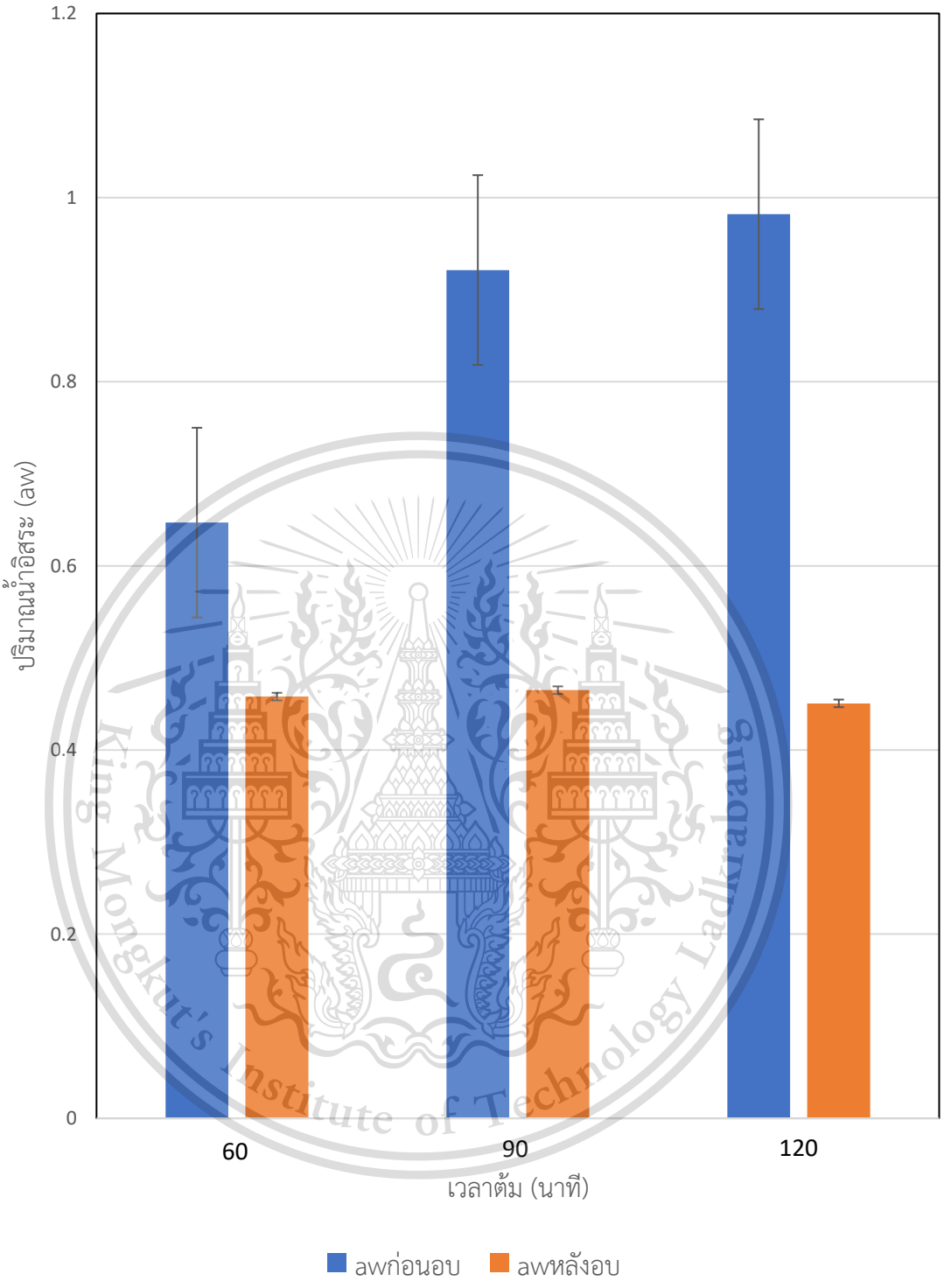
หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2, n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเส้นใยกาบกล้วย
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.3 การกระจายตัวของขนาดของเส้นใย

ผลการวิเคราะห์ขนาดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.4 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าต่ำสุด และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาต้มที่นานขึ้น ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย จึงใช้ค่ามัธยฐานแทนค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ 26,600 ตารางไมครอน

รูปที่ 4.5 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่ามากกว่าที่เวลาต้ม 60 นาที แต่น้อยกว่าที่เวลาต้ม 120 นาที ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย จึงใช้ค่ามัธยฐานแทนค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ 28,200 ตารางไมครอน

รูปที่ 4.6 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่ามากสุด และมีค่าลดลงตามระยะเวลาต้มที่น้อยลง ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย จึงใช้ค่ามัธยฐานแทนค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ 28,400 ตารางไมครอน

รูปที่ 4.7 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่ามากกว่าที่เวลาต้ม 120 นาที แต่น้อยกว่าที่เวลาต้ม 90 นาที ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย จึงใช้ค่ามัธยฐานแทนค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ 65,900 ตารางไมครอน

รูปที่ 4.8 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่ามากสุด และขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย จึงใช้ค่ามัธยฐานแทนค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ 66,200 ตารางไมครอน

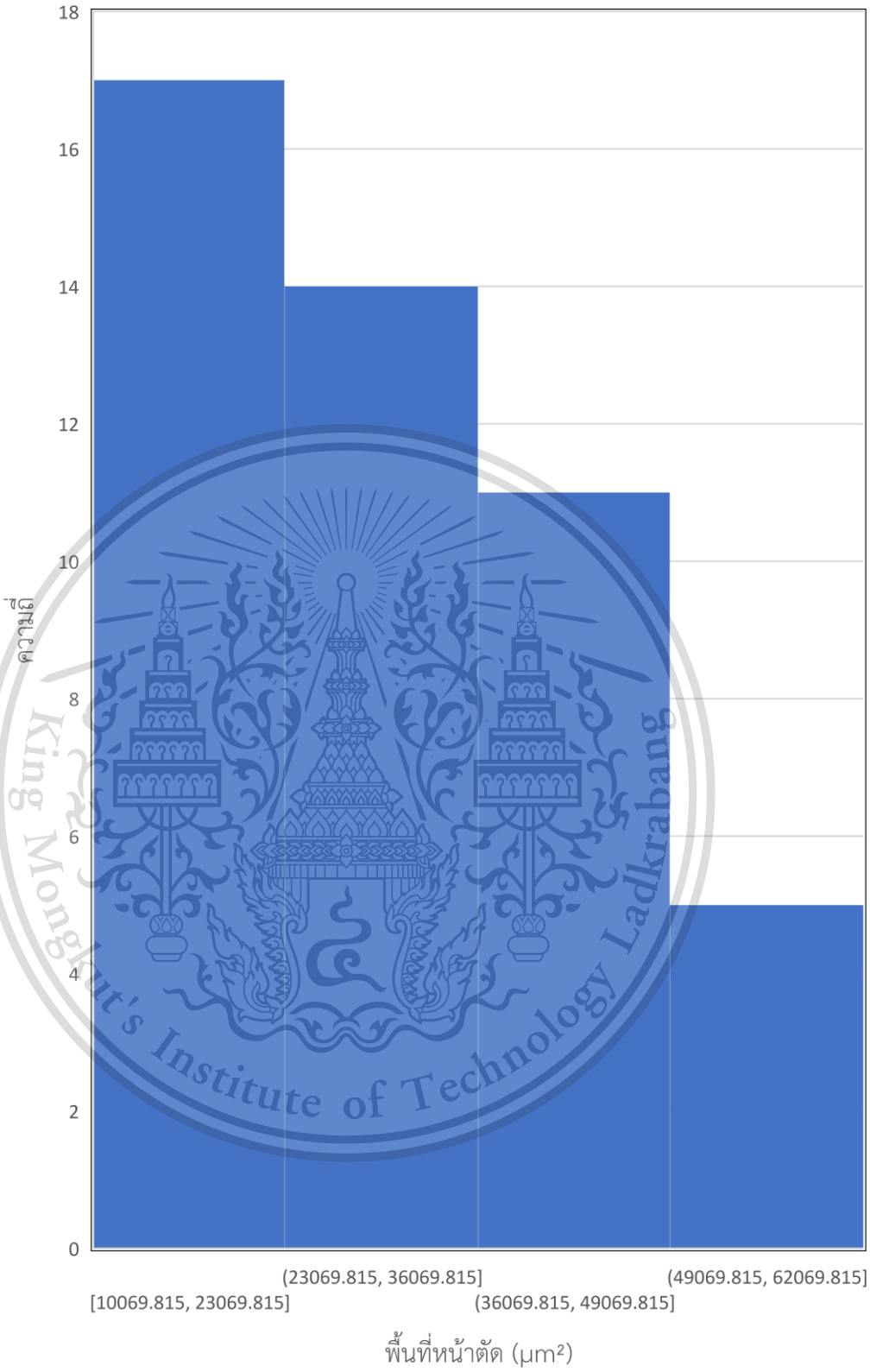
รูปที่ 4.9 พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าน้อยสุด และขนาดพื้นที่หน้าตัดมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย โดยมีค่าเท่ากับ 63,900 ตารางไมครอน

ตารางที่ 4.3 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (m^2)	
	เส้นใยกาบกล้วย	เส้นใยธูปฤาษี
60	$2.66x10^{-8}\pm0.40x10^{-8}$	$6.59x10^{-8}\pm0.58x10^{-8}$
90	$2.81x10^{-8}\pm0.37x10^{-8}$	$6.62x10^{-8}\pm1.83x10^{-8}$
120	$2.84x10^{-8}\pm0.17x10^{-8}$	$6.40x10^{-8}\pm1.25x10^{-8}$

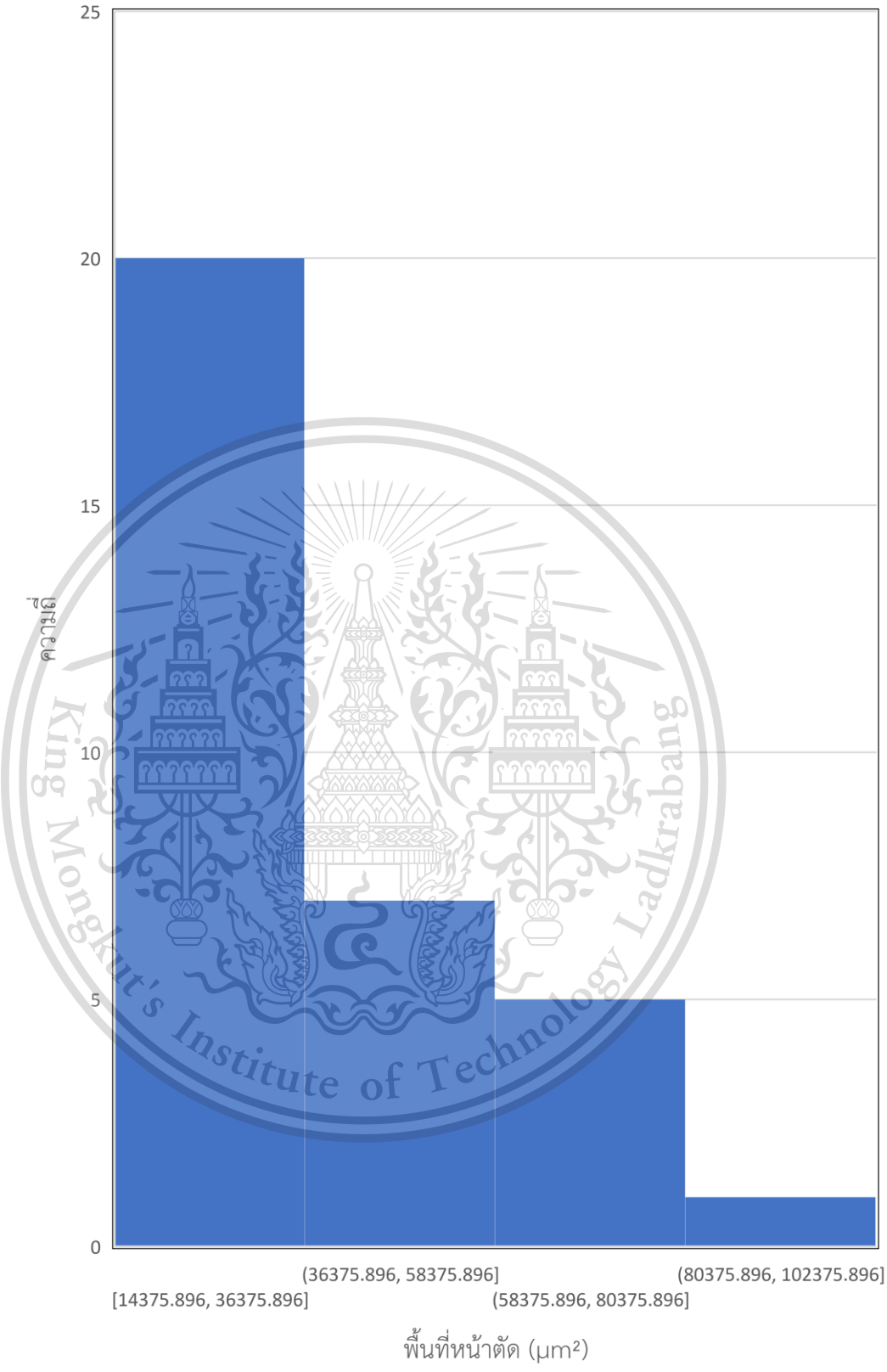
หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



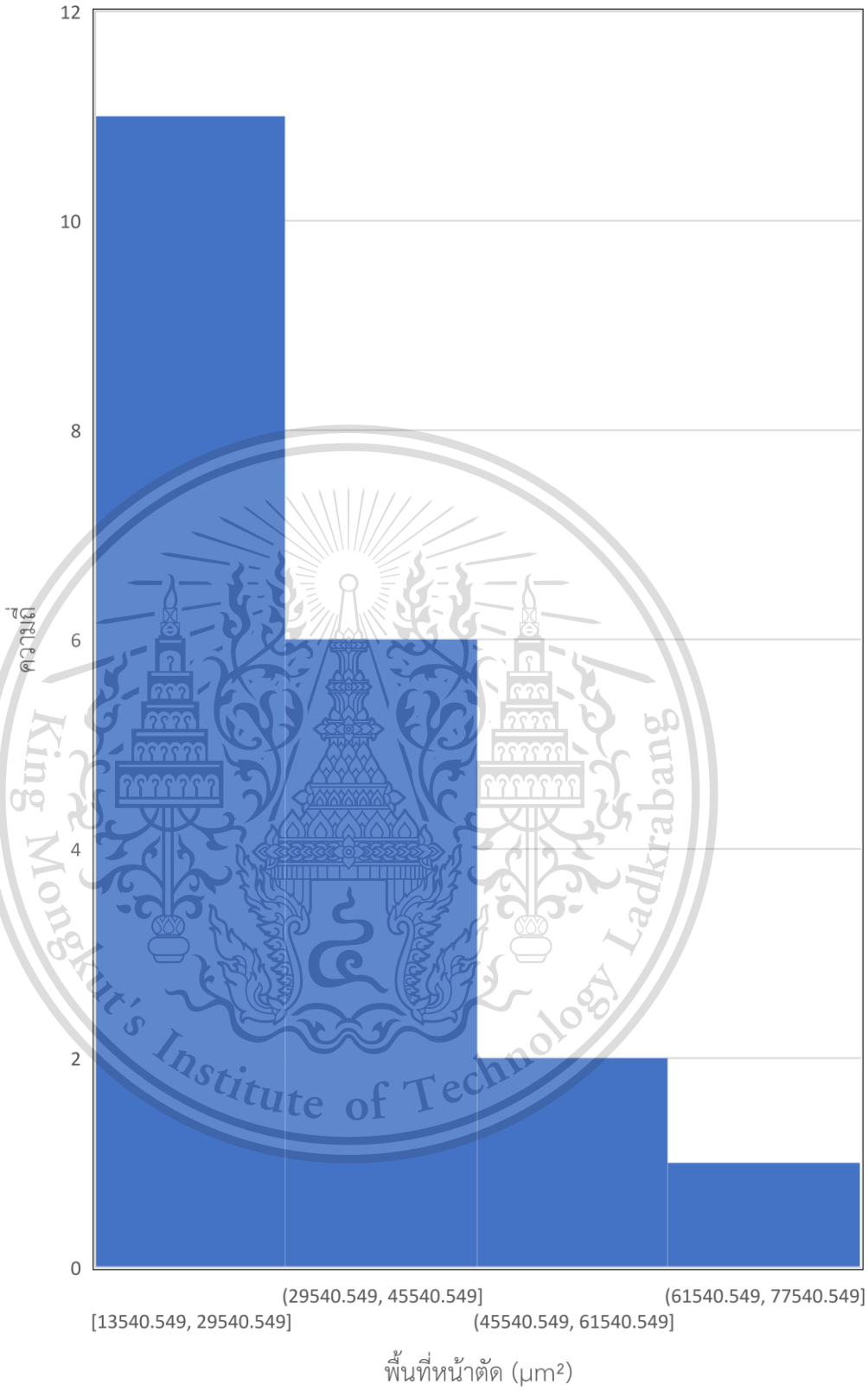
รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่แยกด้วยการต้มนาน 60 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



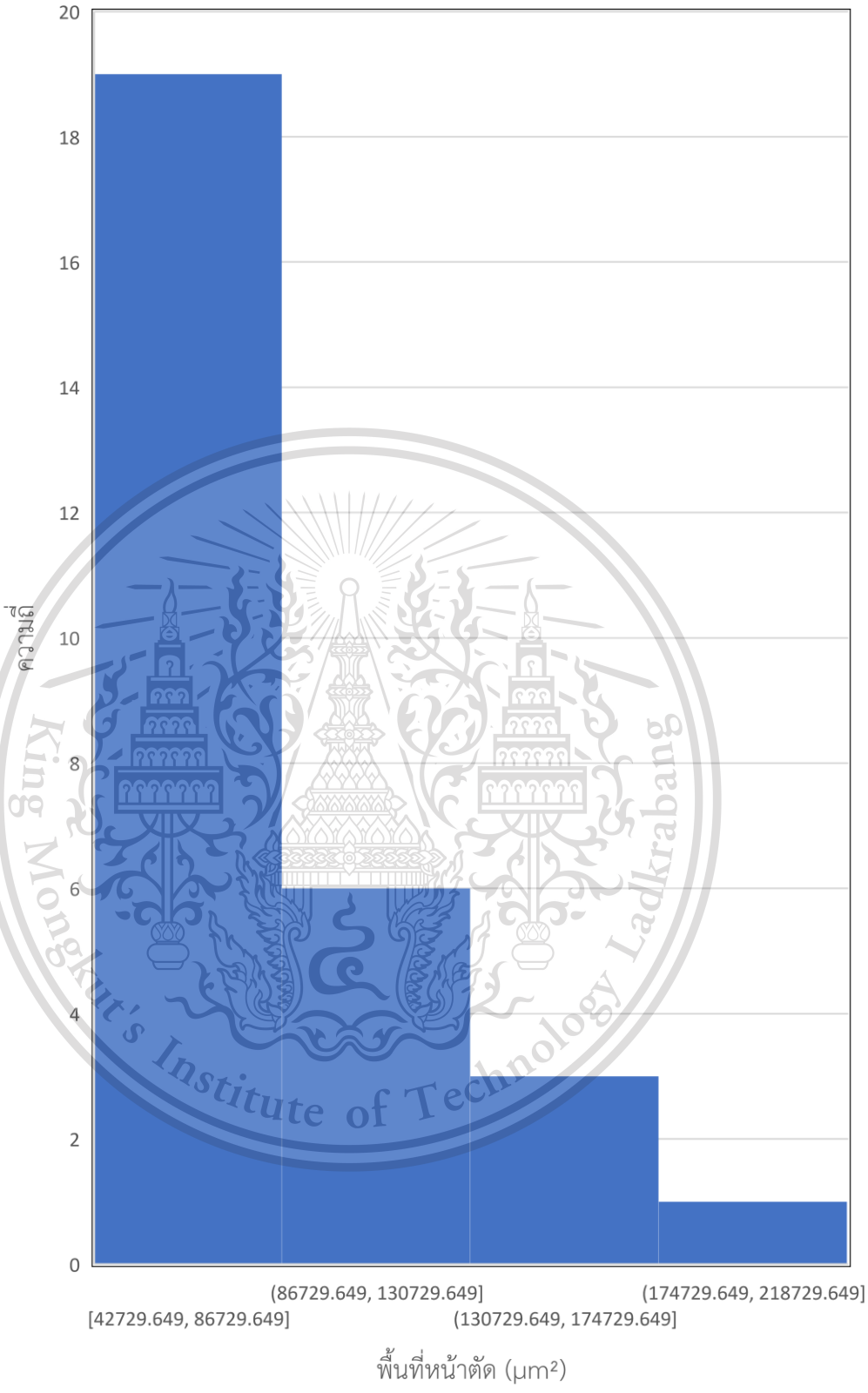
รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่แยกด้วยการต้มนาน 90 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



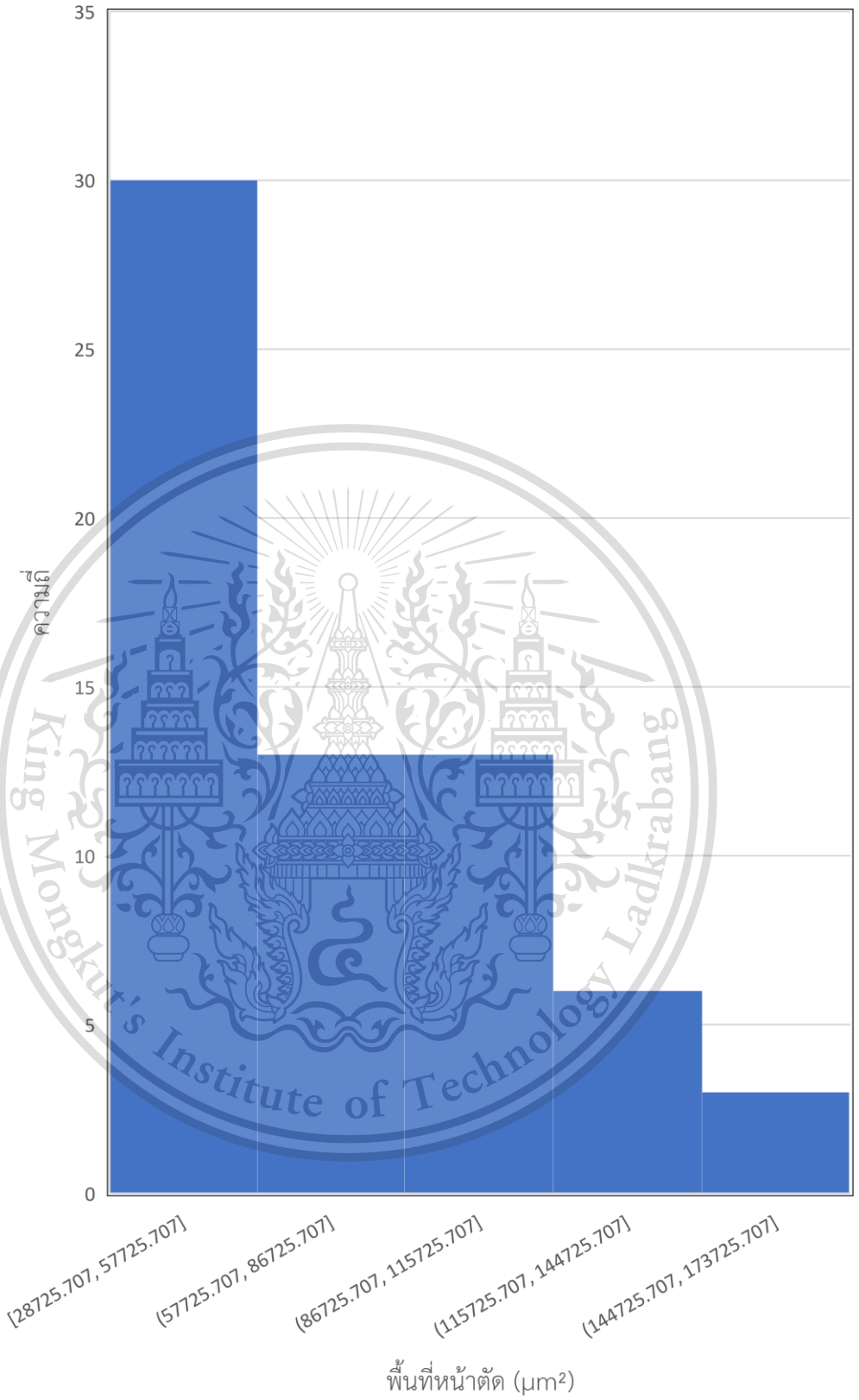
รูปที่ 4.6 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้มนาน 120 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



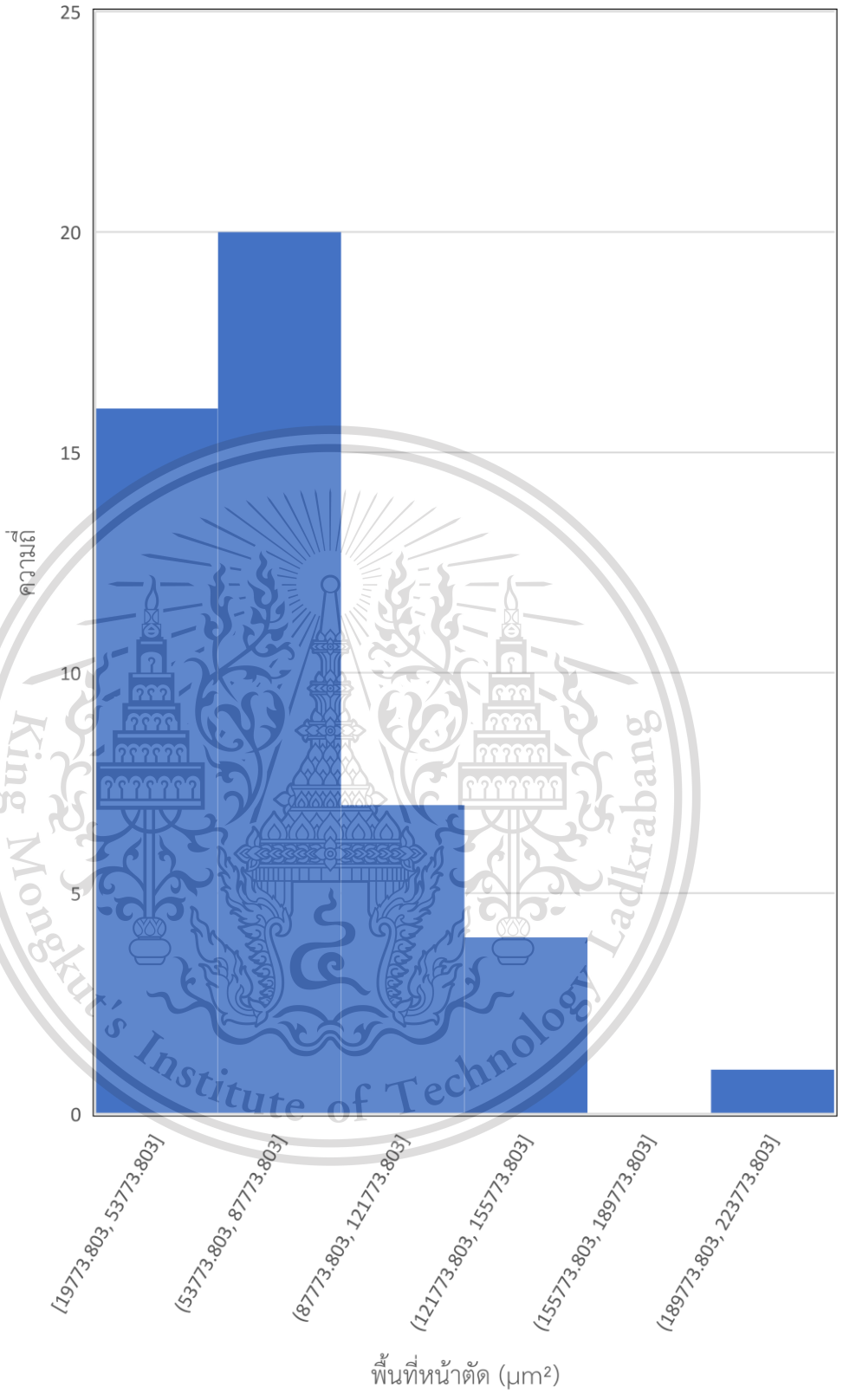
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 90 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของพื้นที่หน้าตัดเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 120 นาที (n=60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.4 ค่าสี

ผลการวิเคราะห์สีของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

รูปที่ 4.10 ความสว่าง (L*) ของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 60 และ90 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มมีผลต่อความสว่างอย่างมีนัยสำคัญ ความสว่างจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

รูปที่ 4.11 สีแดง (a*) ของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 120 และ90 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มมีผลต่อสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ สีแดงจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

รูปที่ 4.12 สีเหลือง (b*) ของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 120 และ90 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มมีผลต่อสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ สีเหลืองจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

รูปที่ 4.13 ความสว่าง (L*) ของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 60 และ120 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อความสว่างอย่างมีนัยสำคัญ ความสว่างจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งไม่มีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

รูปที่ 4.14 สีแดง (a*) ของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 90 และ 60 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มมีผลต่อสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ สีแดงจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

รูปที่ 4.15 สีเหลือง (b*) ของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด และที่เวลาต้ม 120 และ90 นาที มีค่ารองลงมาตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ สีเหลืองจากการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งไม่มีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของเส้นใยกล้วย

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ความสว่าง (L*)	สีแดง (a*)	สีเหลือง (b*)
60	46.11 ± 0.77^{a}	5.38 ± 0.20^{a}	23.44 ± 0.38^{a}
90	45.24 ± 0.57^{a}	3.86 ± 0.03^{b}	17.01 ± 0.09^{b}
120	48.89 ± 0.12^{b}	4.83 ± 0.01^{c}	21.35 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ

1) ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

2) อักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของเส้นใยธูปฤาษี

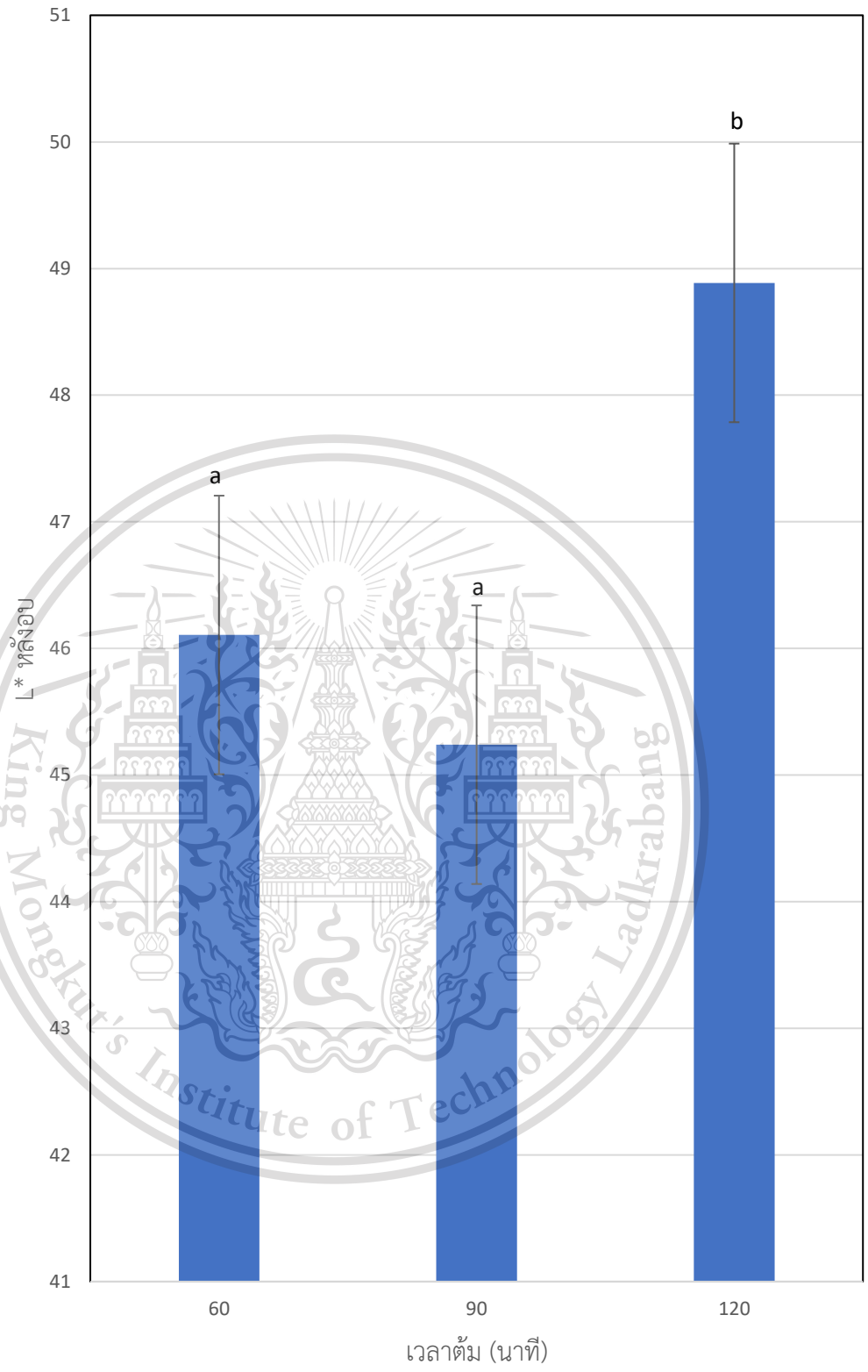
ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ความสว่าง (L*)	สีแดง (a*)	สีเหลือง (b*)
60	48.27 ± 0.64	5.83 ± 0.07^{a}	21.66 ± 0.05
90	50.85 ± 1.95	5.91 ± 0.11^{a}	21.20 ± 0.31
120	47.67 ± 1.37	6.44 ± 0.06^{b}	21.52 ± 0.16

หมายเหตุ

1) ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

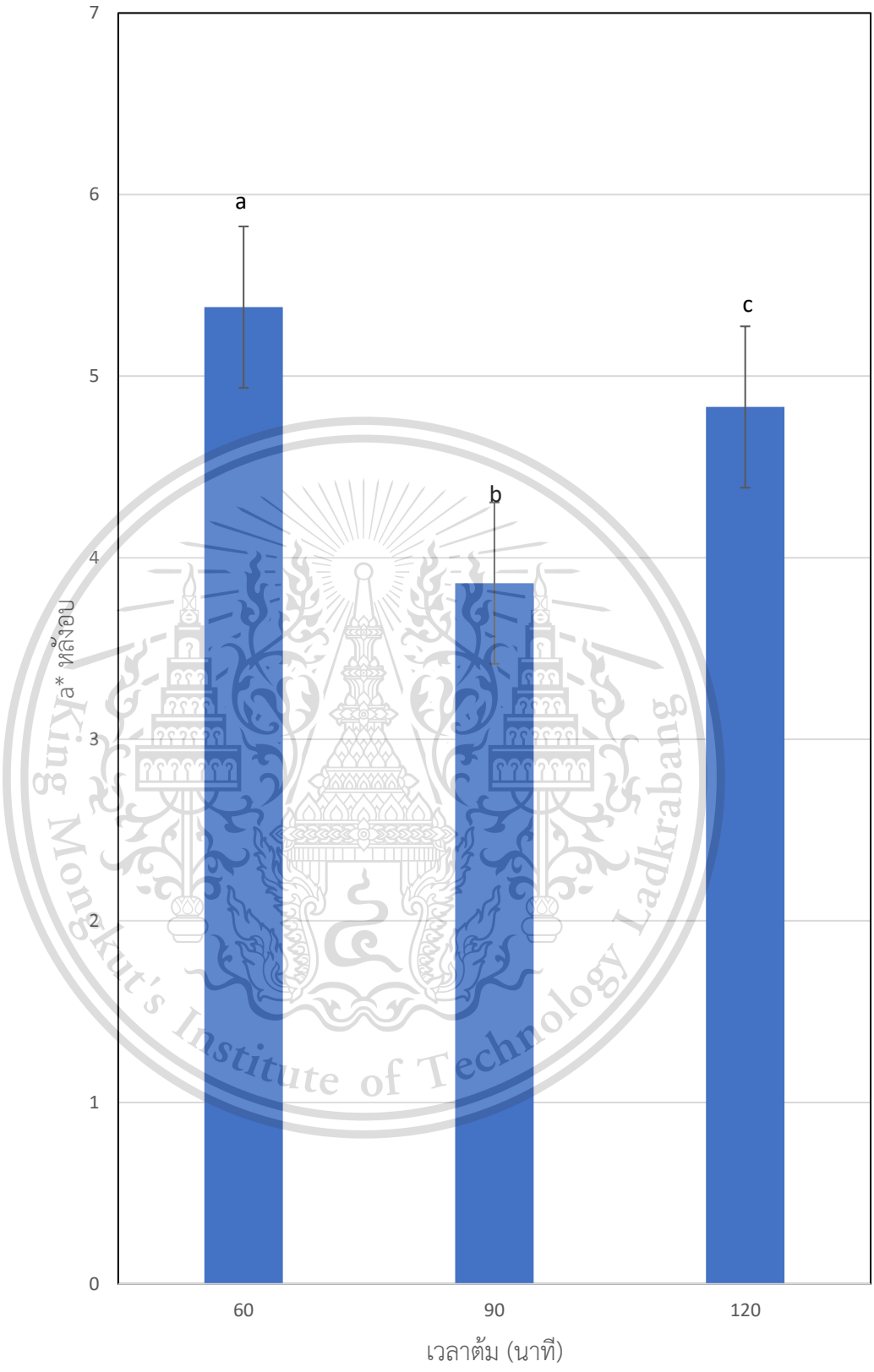
2) อักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



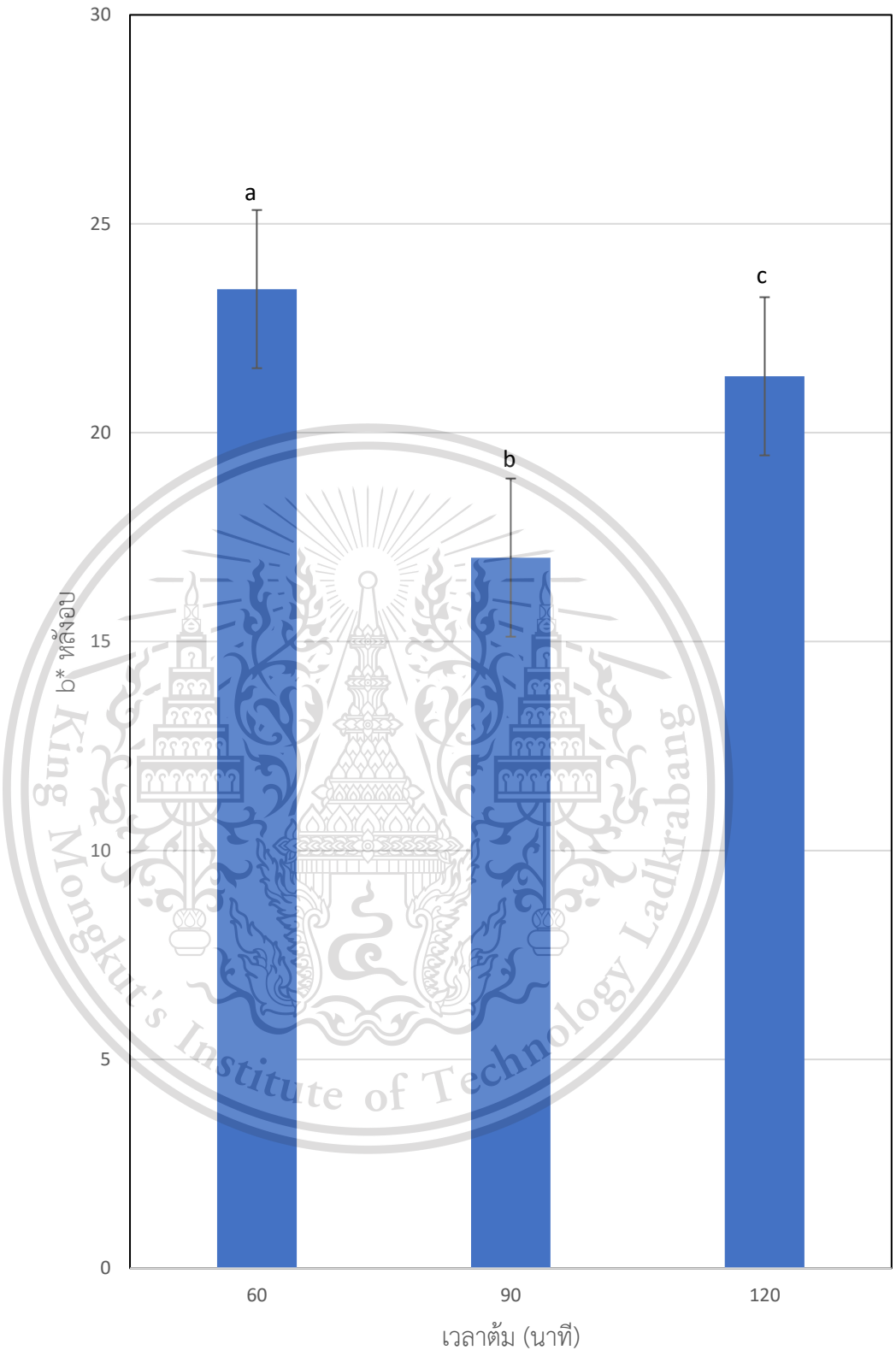
รูปที่ 4.10 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าความสว่างของเส้นใยกาบกล้วย
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



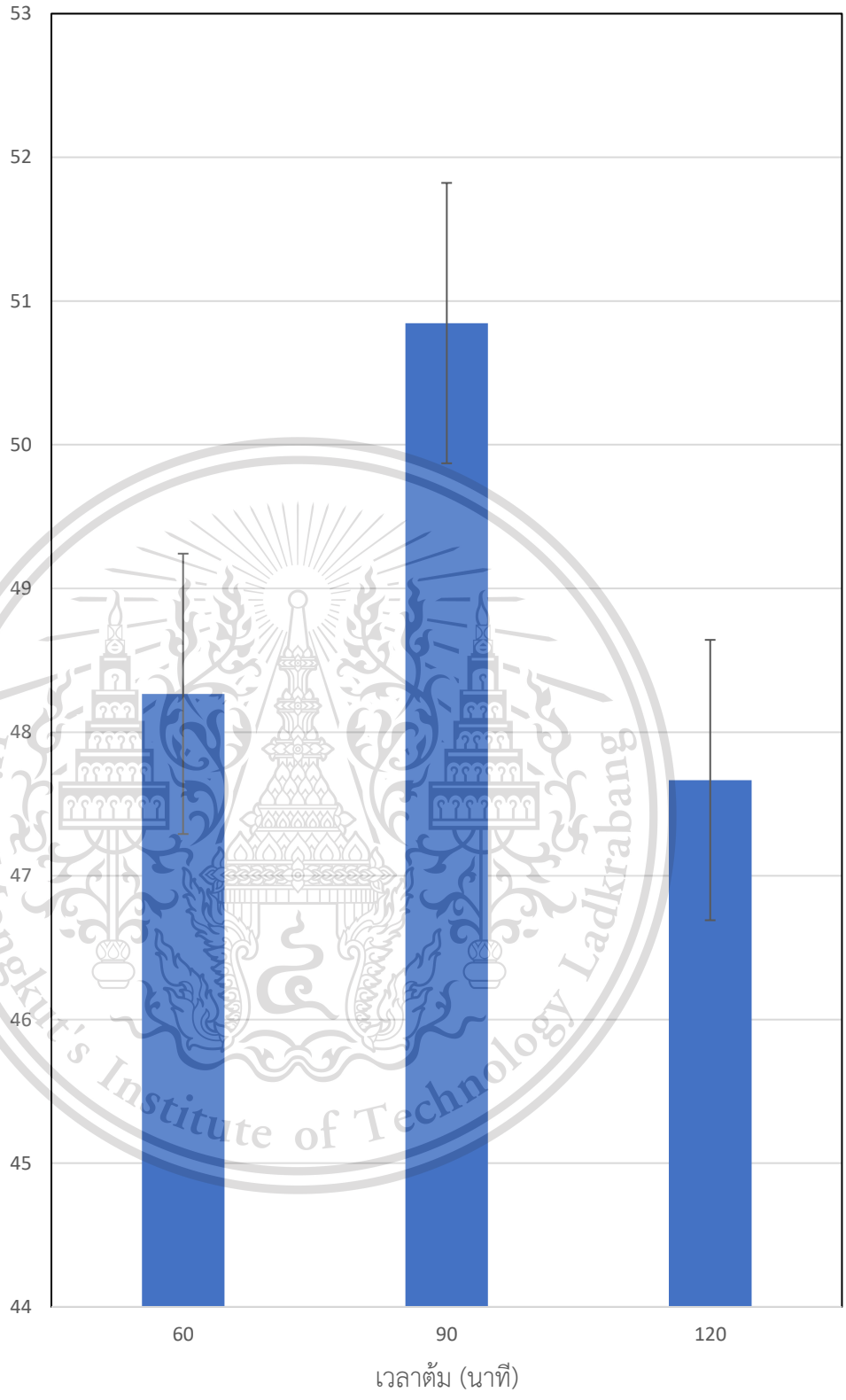
รูปที่ 4.11 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีแดงของเส้นใยกาบกล้วย
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



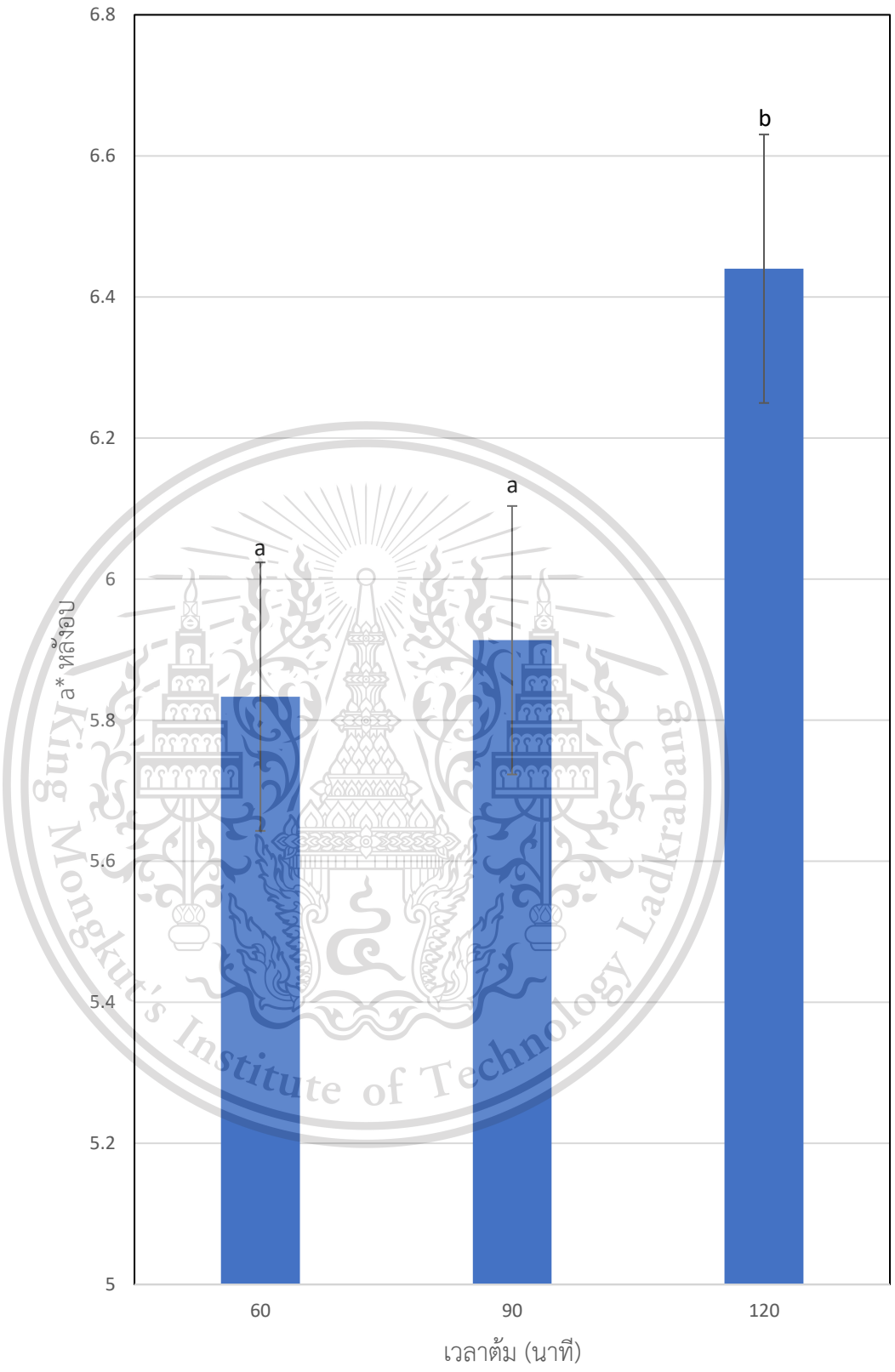
รูปที่ 4.12 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีเหลืองของเส้นใยกาบกล้วย
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



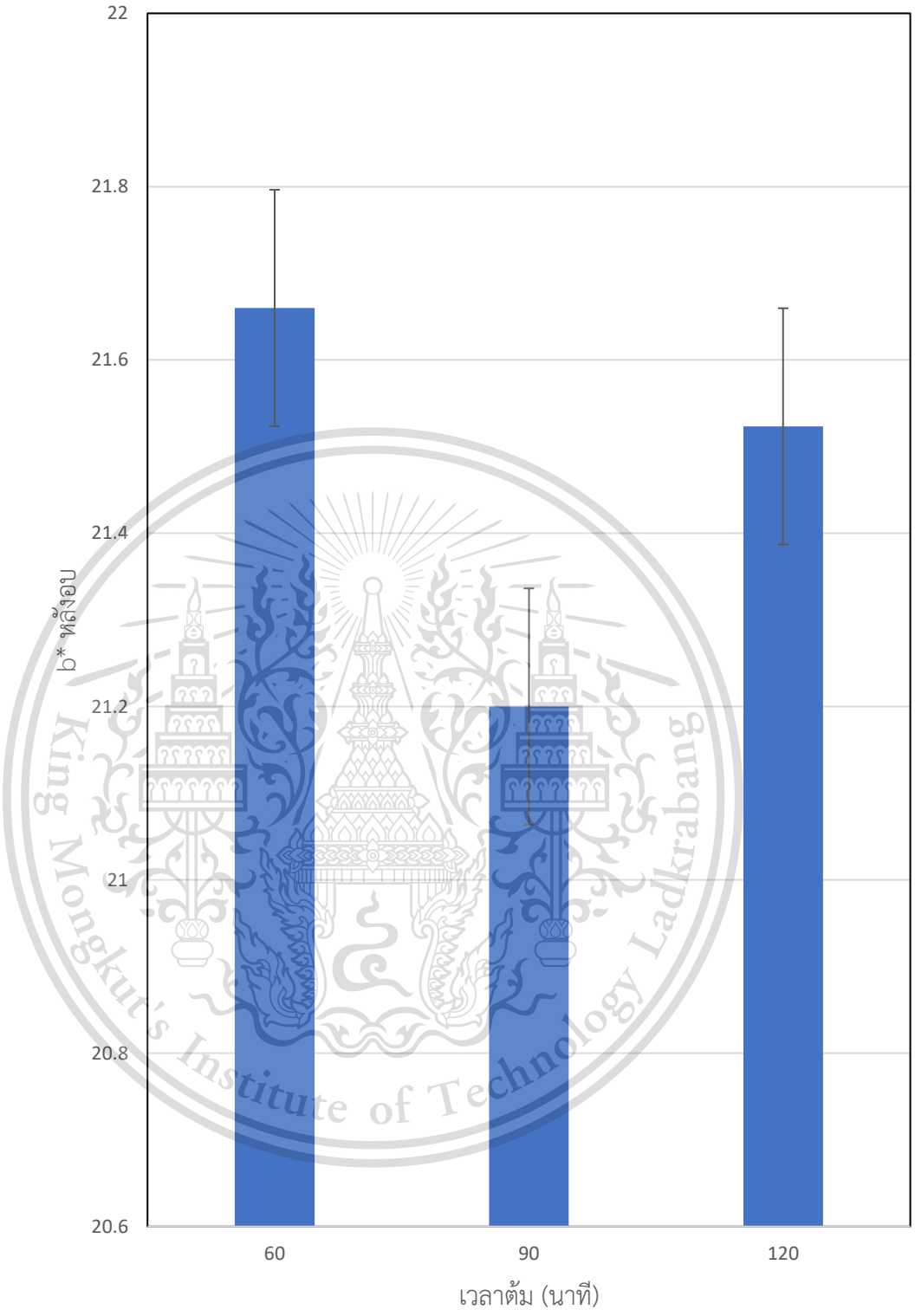
รูปที่ 4.13 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าความสว่างของเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.14 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีแดงของเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.15 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าสีเหลืองของเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยจากกระบวนการแยก (Yield)

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลได้หลังการอบแห้งของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

รูปที่ 4.16 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยกาบกล้วย ที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุดคือ 0.66±0.06 และลดลงที่เวลา 90 และ 120 นาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้จากทุก ๆ ระยะเวลาการต้มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใยทำการแยกด้วยมือ บางช่วงอาจมีการวางเส้นใยทับกันแน่นหรือเบาบางแตกต่างกัน เส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 120 นาที เริ่มมีการเปื่อยของเส้นใยมากกว่าที่ 60 และ 90 นาที ตามลำดับ ส่งผลให้เส้นใยมีเปอร์เซ็นต์ผลได้ไม่เท่ากัน

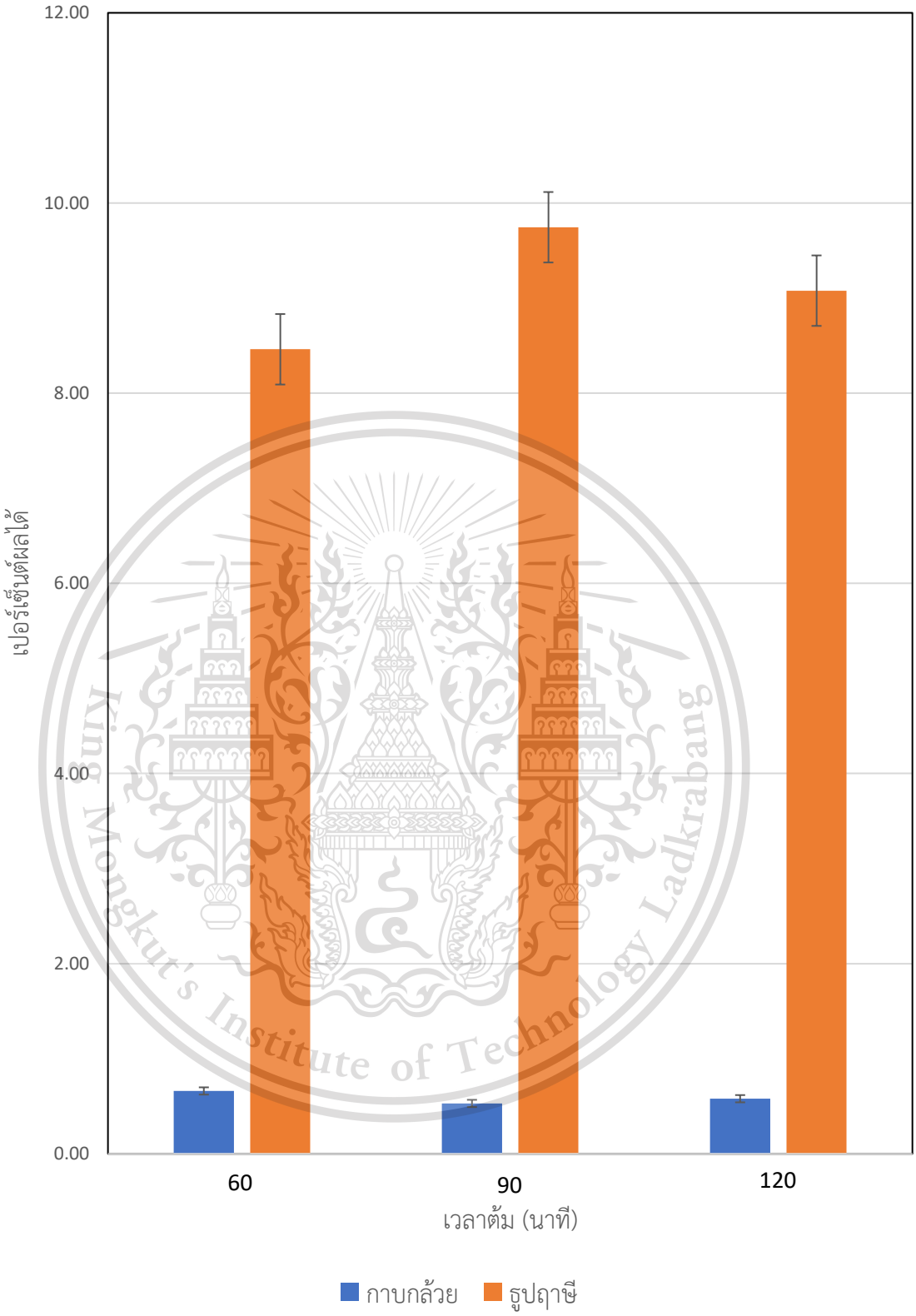
รูปที่ 4.16 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยธูปฤาษี ที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าสูงสุดคือ 9.75±0.14 และที่เวลา 120 และ 60 นาที มีค่าน้อยลงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใยทำการแยกด้วยมือ บางช่วงอาจมีการวางเส้นใยทับกันแน่นหรือเบาบางแตกต่างกัน เส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 120 นาที เริ่มมีการเปื่อยของเส้นใยมากกว่าที่ 60 และ 90 นาที ตามลำดับ ส่งผลให้เส้นใยมีเปอร์เซ็นต์ผลได้ไม่เท่ากัน เส้นใยที่เวลาต้ม 90 นาที สามารถแยกเส้นใยได้ง่ายและมีการเปื่อยของเส้นใยน้อยกว่าที่ 120 นาที ส่วนเส้นใยที่ต้ม 60 นาที เส้นใยยังแยกตัวไม่ค่อยดี มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสเหลืออยู่มาก ทำให้สามารถแยกเส้นใยธูปฤาษีได้น้อย

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ผลได้ (Yield) ของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	เปอร์เซ็นต์ผลได้	
	เส้นใยกาบกล้วย	เส้นใยธูปฤาษี
60	0.66 ± 0.06	8.46 ± 1.94
90	0.53 ± 0.15	9.75 ± 0.14
120	0.59 ± 0.11	9.08 ± 2.29

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์ผลได้ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 สมบัติทางกลของเส้นใย

4.3.1 ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

ข้อมูลค่าความต้านทานการดึงจากการทดสอบของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งได้จากการทดลองด้วยเส้นใยครั้งละ 10 เส้น

รูปที่ 4.17 ค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าต่ำสุด ค่าความต้านทานแรงดึงที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าสูงสุดที่ 49.35±4.16 เมกะปาสคาล และรองลงมาคือที่เวลาต้ม 120 นาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาในการต้มเพื่อแยกเส้นใยมีผลต่อความต้านทานแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความต้านทานแรงดึงที่เวลาต้ม 60 นาที แตกต่างจากเวลาต้มที่ 90 และ 120 นาที

รูปที่ 4.17 ค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด ที่ 75.27±2.57 เมกะปาสคาล และลดลงตามเวลาต้มที่เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มมีผลต่อความต้านทานแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับกรณีของเส้นใยจากกาบกล้วย โดยค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นในที่เวลาต้ม 60 นาที สูงกว่าค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นใยที่แยกด้วยการต้มที่ 90 และ 120 นาที

ตารางที่ 4.7 ผลของเวลาในการต้มต่อความต้านทานแรงดึงของเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

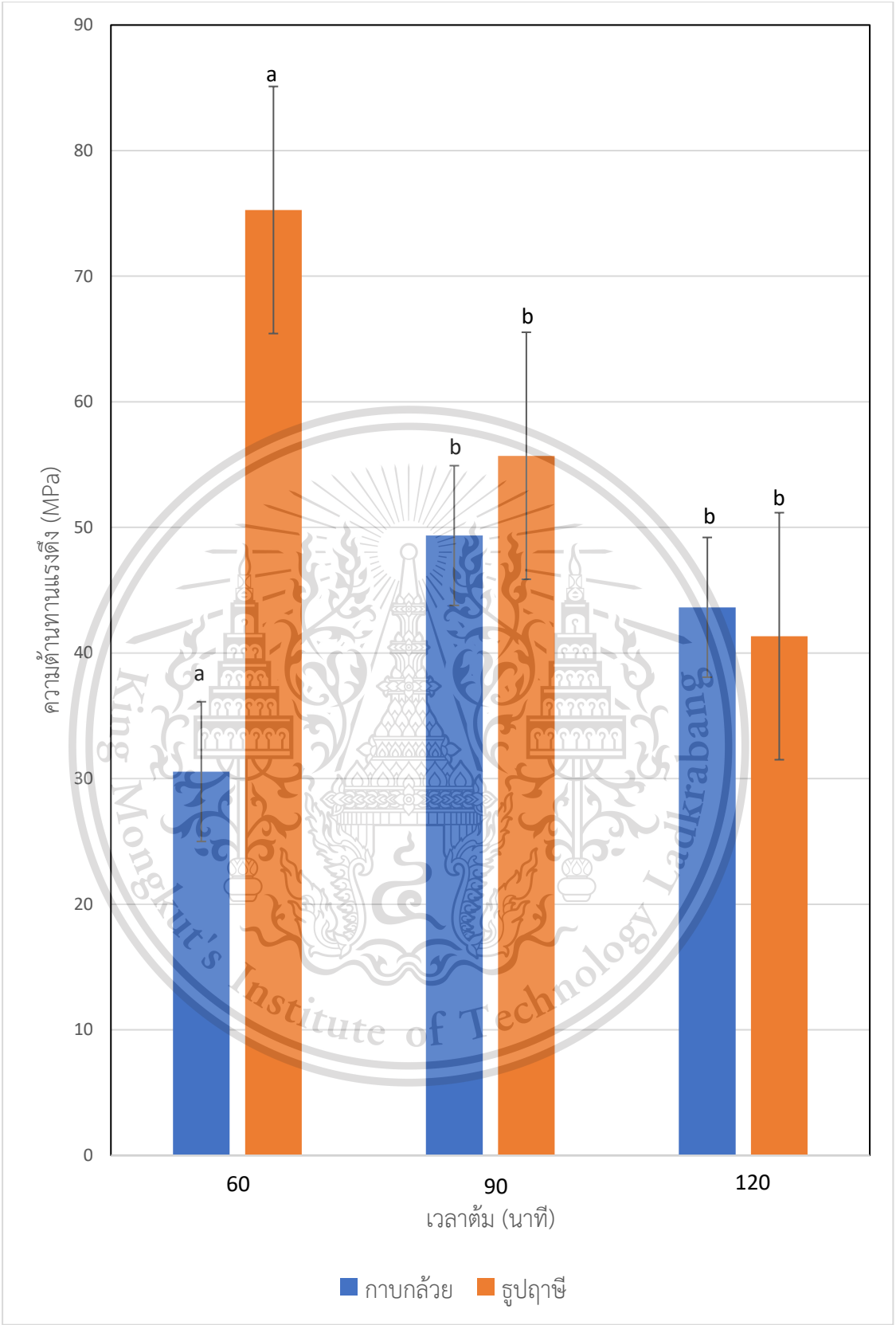
ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	
	เส้นใยกาบกล้วย	เส้นใยธูปฤาษี
60	30.55 ± 7.81^{a}	75.27 ± 2.57^{a}
90	49.35 ± 4.16^{b}	55.70 ± 11.25^{b}
120	43.64 ± 1.45^{b}	41.34 ± 3.09^{b}

หมายเหตุ

1) ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

2) อักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อความต้านทานแรงดึงของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.2 พลังงานที่ใช้ดึงให้ขาด (Breaking energy)

ข้อมูลค่าพลังงานในการดึงเส้นใยให้ขาดจากการทดสอบการดึงของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าพลังงานเฉลี่ยในการดึงให้เส้นใยหนึ่งเส้นขาด ซึ่งได้จากการทดลองด้วยเส้นใยครั้งละ 10 เส้น

รูปที่ 4.18 ค่าพลังงานในการดึงเส้นใยให้ขาดของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าต่ำสุด ค่าความต้านทานแรงดึงที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าสูงสุดที่ 0.97±0.06 จูล และรองลงมาคือที่เวลาต้ม 120 นาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อพลังงานในการดึงเส้นใยให้ขาด

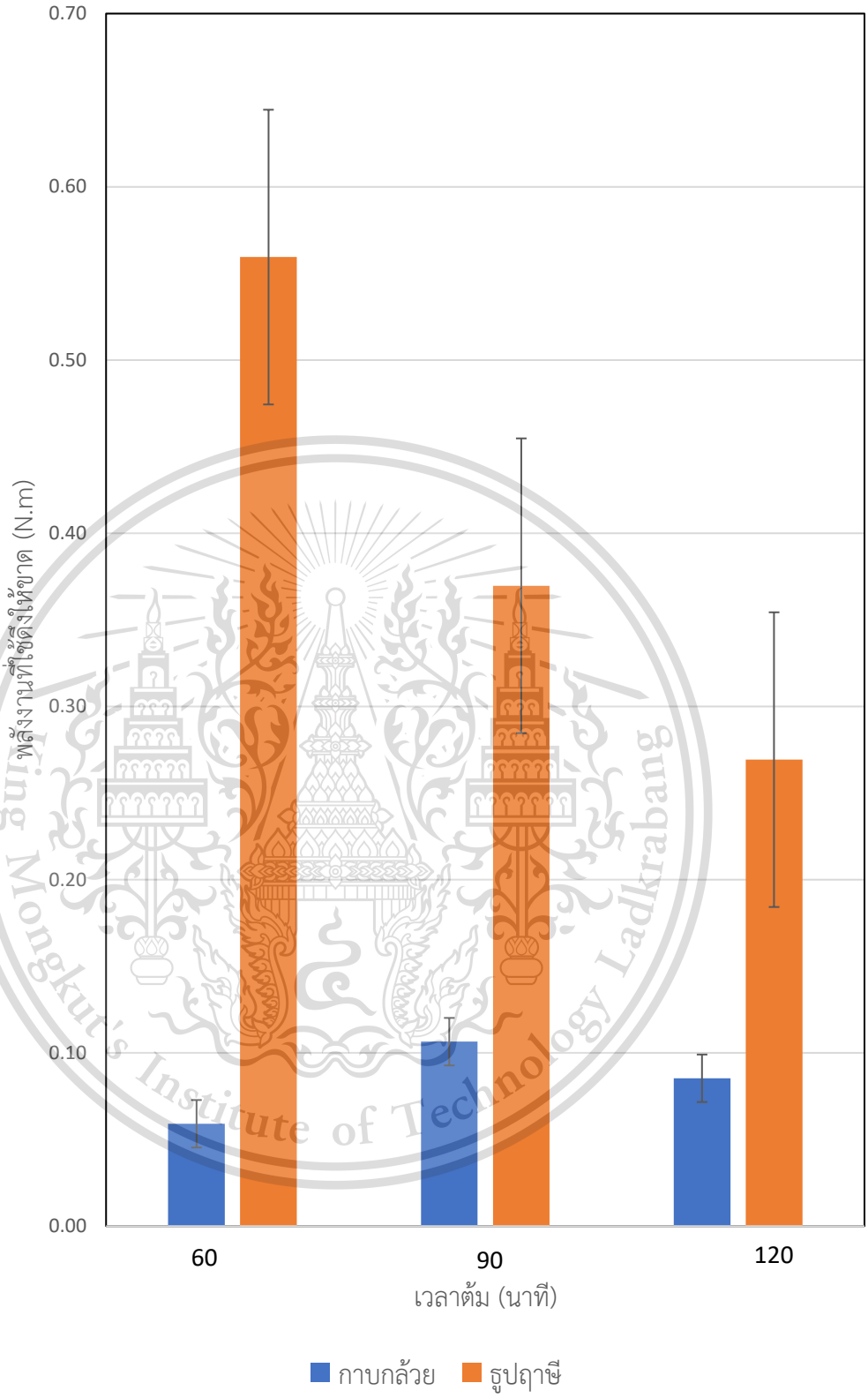
รูปที่ 4.18 ค่าพลังงานของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุดที่ 0.56±0.19 จูล และมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อพลังงานในการดึงเส้นใยให้ขาด

ตารางที่ 4.8 ผลของเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อพลังงานในการดึงให้เส้นใยขาดสำหรับเส้นใยกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	พลังงานที่ใช้ดึงให้ขาด (N.m)	
	เส้นใยกาบกล้วย	เส้นใยธูปฤาษี
60	0.06 ± 0.01	0.56 ± 0.19
90	0.97 ± 0.06	0.37 ± 0.20
120	0.83 ± 0.02	0.27 ± 0.01

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.18 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อพลังงานในการดึงให้เส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีขาด
ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.3 การยืดตัวสูงสุด (Deformation at break)

ข้อมูลค่าการยืดตัวสูงสุดก่อนขาด จากการทดสอบการดึง ของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีแสดงไว้ในตารางที่ 4.9

รูปที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุดของเส้นใยกาบกล้วยที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด คือ 2.27±1.21 และที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวน้อยรองลงมา และที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวน้อยที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุด

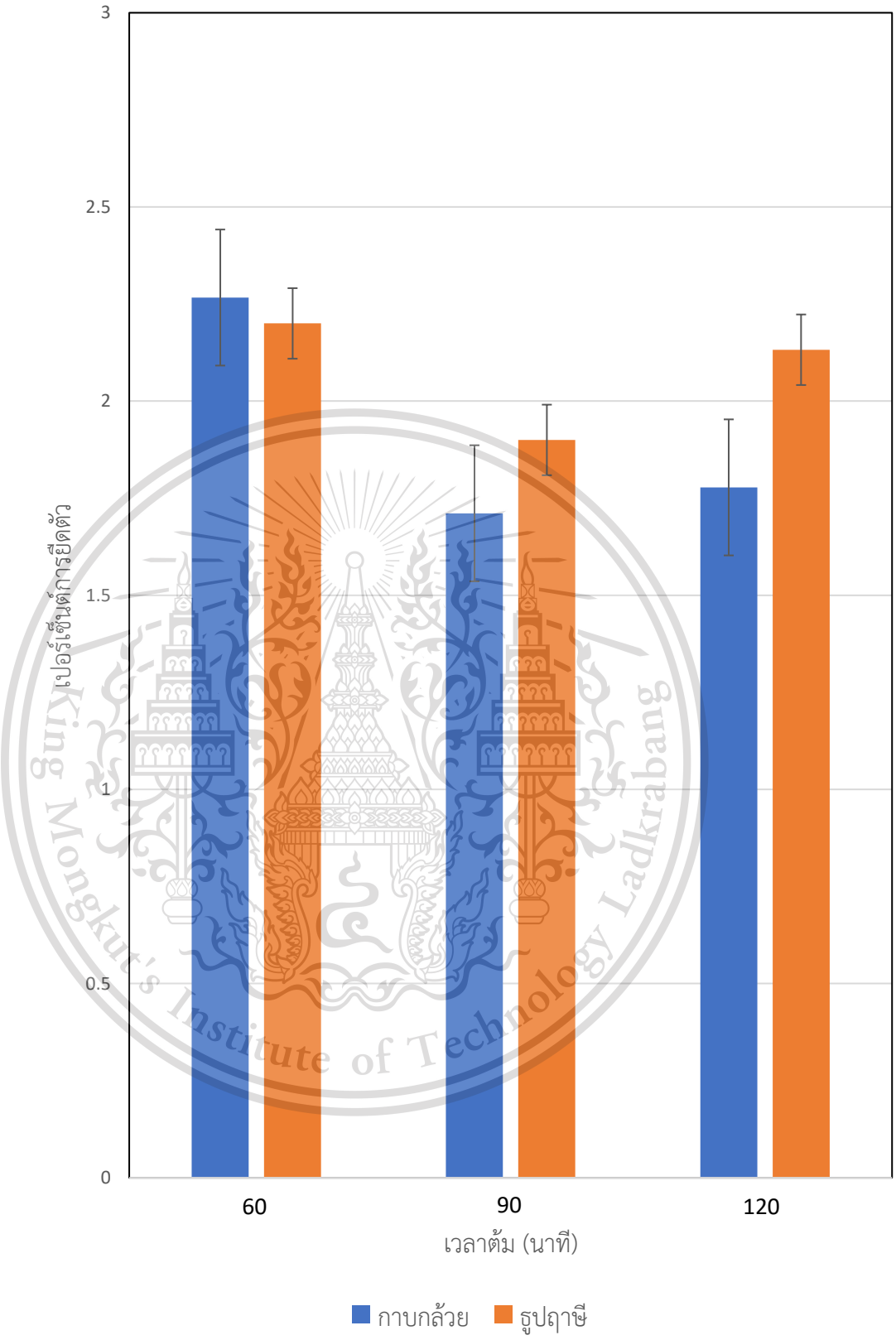
รูปที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเส้นใยธูปฤาษีที่เวลาต้ม 60 นาที มีค่าสูงสุด คือ 2.20±0.22 และที่เวลาต้ม 120 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวน้อยรองลงมา และที่เวลาต้ม 90 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวน้อยที่สุดเช่นเดียวกับเส้นใยกาบกล้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเวลาต้มไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุด

ตารางที่ 4.9 ผลของเวลาในการต้มต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ระยะเวลาการต้ม (นาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	
	กาบกล้วย (%)	ธูปฤาษี (%)
60	2.27 ± 1.21	2.20 ± 0.22
90	1.71 ± 0.11	1.90 ± 0.03
120	1.78 ± 0.15	2.13 ± 0.19

หมายเหตุ ค่าในตารางคือ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.19 ผลของระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยจากกาบกล้วยและต้นธูปฤาษี โดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความเข้มข้น 5% ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต้มต่าง ๆ กัน 3 ระดับได้แก่ 60 90 และ 120 นาที รวมถึงการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกลของเส้นใยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ค่าความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีค่าประมาณ 71% (ฐานแห้ง) และ 16% (ฐานแห้ง) ตามลำดับ โดยที่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีค่าประมาณ 0.43 และ 0.46 ตามลำดับ

2) ขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีมีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 27,700 และ 65,400 ตารางไมครอน ตามลำดับ

3) ค่าความสว่างของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีไม่แตกต่างกัน แต่เส้นใยธูปฤาษีมีค่าความเป็นสีแดงมากกว่า ส่วนความเป็นสีเหลืองน้อยกว่า เมื่อเทียบกับเส้นใยกาบกล้วย

4) เปอร์เซ็นต์ผลได้ (Yield) ของการแยกเส้นใยกาบกล้วยและธูปฤาษี มีค่าประมาณ 0.6% และ 9.1% ตามลำดับ

5) ระยะเวลาในการต้มเพื่อแยกเส้นใยมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงของทั้งเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยเมื่อแยกเส้นใยกาบกล้วยด้วยการต้มนาน 90 และ 120 นาที ค่าความต้านทานแรงดึง (เฉลี่ย 46.5 MPa) จะสูงกว่าเส้นใยจากการต้มนาน 60 นาที (30.5 MPa) ส่วนเส้นใยธูปฤาษีเมื่อแยกด้วยการต้มนาน 90 และ 120 นาที ค่าความต้านทานแรงดึง (เฉลี่ย 48.5 MPa) จะน้อยกว่าการแยกด้วยการต้มนาน 60 นาที (75.3 MPa)

6) ระยะเวลาในการต้มเพื่อแยกเส้นใยไม่มีผลต่อพลังงานงานที่ใช้ดึงให้ขาด (Breaking energy) และการยืดตัวสูงสุด (Deformation-at-break) ทั้งในกรณีของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี โดยพลังงานงานที่ใช้ดึงเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีให้ขาด มีค่าประมาณ 0.62 และ 0.40 J ตามลำดับ ส่วนค่าการยืดตัวสูงสุดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี มีค่าประมาณ 1.92% และ 2.07% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ข้อเสนอแนะ

คณะผู้จัดทำโครงงานวิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไปดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมกาบกล้วย เลือกกาบกล้วยที่มีอายุไกล้เคียงกันจากแหล่งเดียวกัน และกำหนดระยะห่างจากโคนต้นขึ้นมา 30 เซนติเมตร และช่วงที่ใช้ตั้งแต่ระยะ 30 ถึง 45 เซนติเมตร เท่านั้น เพื่อเป็นการควบคุมความแปรปรวนของการทดลอง

2. ขั้นตอนการเตรียมธูปฤาษี เลือกก้านดอกของธูปฤาษีเว้นระยะห่างจากโคนต้นขึ้นมา 30 เซนติเมตร และใช้ช่วงระยะ 30 ถึง 45 เซนติเมตร เท่านั้น เพื่อเป็นการควบคุมความแปรปรวนของการทดลอง

3. การวัดขนาดของพื้นที่หน้าตัด ถ่ายรูปขนาดของเส้นใยในแนวนอน และหาพื้นที่หน้าตัดจากสูตรการหาพื้นที่วงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

กนกวรรณ มหารัชมงคล (2558) “การดัดแปลงพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวด้วยไซเลน เพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในอีพอกซีเรซิน”, สาขาวิชาเคมีศึกษา ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กนกกานต์ วีระกุล, จิราภรณ์ สอดจิตร และ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ (2553) “การสกัดและการใช้ประโยชน์ทางอาหารของใยอาหารและเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย”, สาขาเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กิตติพงศ์ พัฒนไพศาลสิน, กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และ แววบุญ แย้มแสงสังข์ (2562) “การปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ”. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, หน้า 133 -143.

กรกมล หงษ์ทอง และ ธนภรณ์ วรวัฒนะ (2564) การพัฒนาเส้นด้ายจากเส้นใยของต้นธูปฤาษีเพื่อใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2564 [Online].https://www.nstda.or.th.

วรรณา กาญจนมยูร (2551) เคมีอุตสาหกรรม โซดาไฟ/โซเดียมไฮดรอกไซด์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2564 [Online]. https://www.siamchemi.com/

จักฤษณ์ พนาลี และ สวัสดิ์ ทองสิน (2563) “การออกแบบกระเป๋าสะพายจากต้นธูปฤาษีกรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤาษี”, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

จินตนา อินภักดี และ พูลสุข บุญยเนตร (2560) “เส้นใยกล้วยหอมทองย้อมสีธรรมชาติสำหรับใช้ในการทำเครื่องจักสาน”, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

จิรัชญา ปรีดาสกุล (2557) การศึกษาสมบัติเชิงความร้อน เชิงกลและทางกายภาพของวัสดุเสริมองค์ประกอบ พอลิแลกติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยธูปฤาษี, สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ฐิติวรา พูลสวัสดิ์ (2556) “ลักษณะทางกายวิภาคและเส้นใยของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด”, สาขาพฤกษศาสตร์ สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน.

ตรี อินดราริณี เวียร์ยันโตโร, อังคณา คงคชวรรณ และ อภิรักษ์ เพียรมงคล (2564) การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกและแกนสับปะรด. เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2564 [Online]. https:// gsbooks.gs.kku.ac.th /57/grc15 /files/bmp30.pdf.

ธวัชชัย ศรีภักดี (2564) กล้วยน้ำว้า สรรพคุณ และการปลูกกล้วยน้ำว้า. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2564 [Online]. https://puechkaset.com.

นาสุทธิสาร อนันตรัตนชัย และ รำพึง เจริญยศ (2556) การผลิตกระดาษจากต้นธูปฤาษีด้วยเครื่องอัตโนมัติ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

นิธิยา รัตนาปนนท์ (2551) เคมีอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 3) : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม (ต่อ)

นิอร ดาวเจริญพร, รุ่งฤทัย รำพึงจิต และ อภิรัติ โสฬศ (2558) การพัฒนาวัสดุตกแต่งงานหัตถกรรมประเภทเครื่องจักสานจากเส้นใยกล้วย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นพพล เกตุประสาท (2564) ธูปฤาษี. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2564 [Online]. http:// clgc. agri.kps.ku.ac.th.

บริษัท โมเนตตา เทรดดิ้ง จำกัด (2564) ข้อดีข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2564 [Online] http://www.monetatrading.com.

ปราณี ชุมสำโรง (2545) “การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย”, สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.

พงศธร กองแก้ว และ ธานินทร์ รัชโพธ (2558) “การศึกษาสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของพลาสติกเสริมแรงด้วยใยกาบกล้วยน้ำว้าและใยมะพร้าว”, สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มารีนา มะหนิ, อรรวี เกียรติไพศาลโสภณ และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์ (2558) “ความชื้นสมดุลไอโซเทอมของข่า”, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ประจำปี, หน้า 216-220.

ยงยุทธ จันทรอัมพร (2564) การใช้ประโยชน์จากใยกล้วย. เข้าถึงเมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2564 [Online] https://www.ku.ac.th/th/e-magazine/november45/agri/banana.html.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. เส้นใย (Fibers). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2564

สุจยา ฤทธิศร, สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ และ ศิริพร ลุนพรม (2554) การผลิตเยื่อกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้*Trichoderma viride* Biopulping from Banana Psendo–Stem of Num-Wa by *Trichoderma viride*, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุปราณี แก้วภิรมย์ และ ศิริเดช บุญแสง (2557) โครงการคอมโพสิตรักษ์สิ่งแวดล้อมจากพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยสับปะรด, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาลาดกระบัง.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน). พืชเศรษฐกิจ สินค้าสร้างรายได้ในครัวเรือนและประเทศ. เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2564 [Online]. https://www.arda.or.th.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) “เส้นใยธรรมชาติคืออะไร” เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2564 [Online]. http://otop.dss.go.th.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม (ต่อ)

หฤทัย ล่องกุลบุตร (2551) สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเส้นใยกัญชงที่เสริมแรงด้วยท่อนาโนคาร์บอน, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Deveries, L.J. and Reinhold, V.N. (1992) Controlling dietary fiber in fiber in food products. New York: Van Nostrand Reinhold.

Gonçalves, F. and Ferreira Guiné, R.P. (2021) Hunter Lab Color Space. Available online: https:// www.researchgate. net/figure/Hunter-Lab-Color-Space_fig2_296969755. [Accessed date: May, 21st, 2021].

Mark, H.F. (1985) Encyclopedia of polymer science and engineering (3). New York: John Wiley and sons.

Mohanty, A.K., Misra, M., and Drzal, L.T. (2005) Natural Fiber, Biopolymers, and Biocomposites. Taylor&Francis.

Ozcelik, B., Ozbay, A., and Demirbas, E. (2010) Influence of injection parameters and mold materials on mechanical properties of ABS in plastic injection molding. International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(9), 1359-1365.

Prosky, L., and Devries, J.W. (1992) Controlling Dietary Fiber in Food Products. Van Nostrand Reinhold. New York. p.161.

Toumis, G.T. (1991) Structure, properties and utilization. Science and technology of wood. Van Nostrand Reinhold: New York, p. 494.

Zimmermann T., Pohlerand E., and Geiger, T. (2004) Cellulose fibrils for polymer reinforcement. Advanced Engineering Materials, 6(9).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

รูปที่ ก.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ยี่ห้อ UNIVAR

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

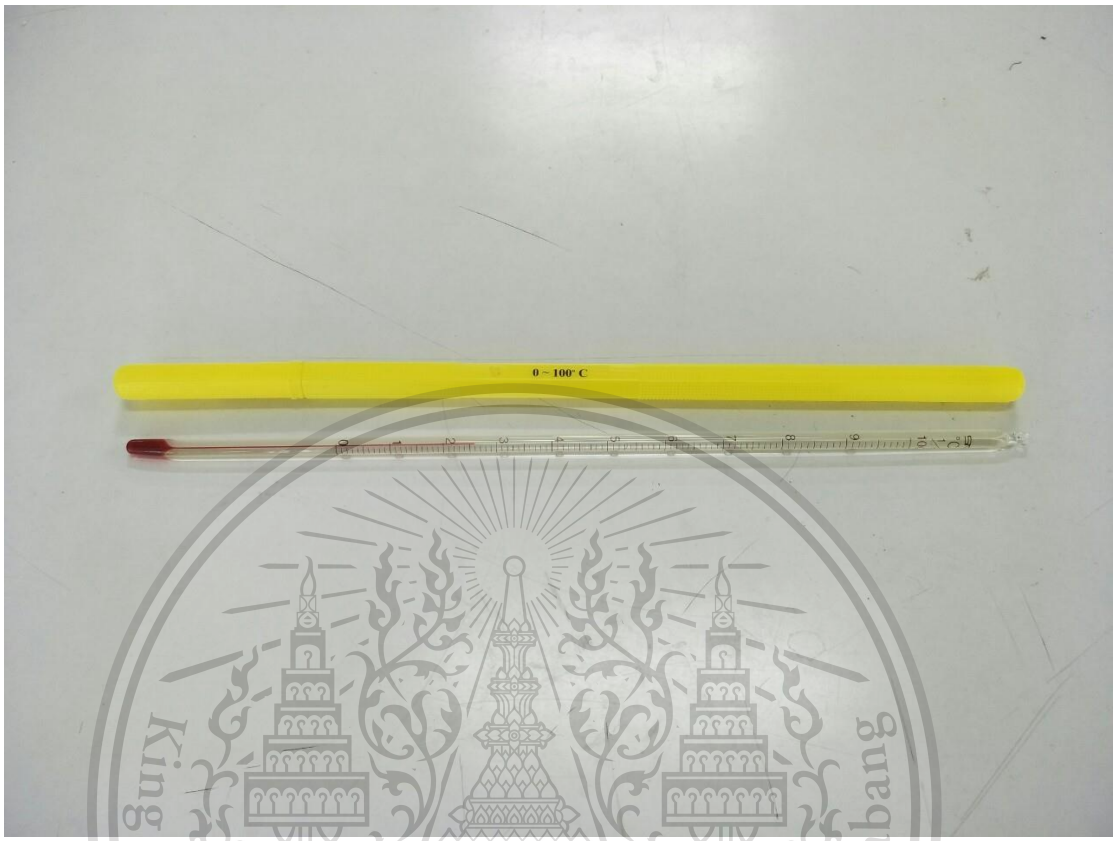
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ก.2 มีดที่ใช้ตัดต้นกล้วย ค้อนที่ใช้ทุบกาบกล้วยให้แบนและเขียงรอง

รูปที่ ก.2 มีด ค้อน และเขียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ก.3 เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิชนิดแท่ง



รูปที่ ก.3 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแก้วแบบแท่ง ช่วงอุณหภูมิ 0-100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ก.4 Plate heater

รูปที่ ก.4 Plate heaterยี่ห้อ LMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข.1 การเตรียมเส้นใย

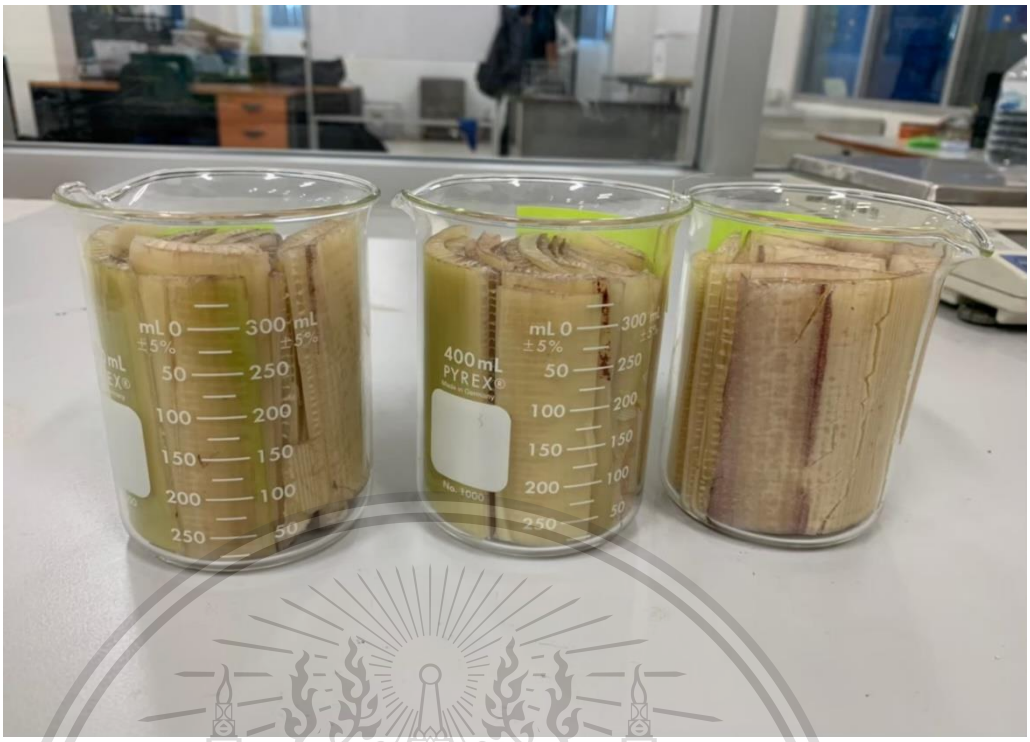
อุปกรณ์

1. กาบกล้วย
2. ต้นธูปฤาษี
3. บีกเกอร์
4. สารละแท่งแก้วคนสารละลาย
5. ฟอร์เซ็ป
6. Plate heater
7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)

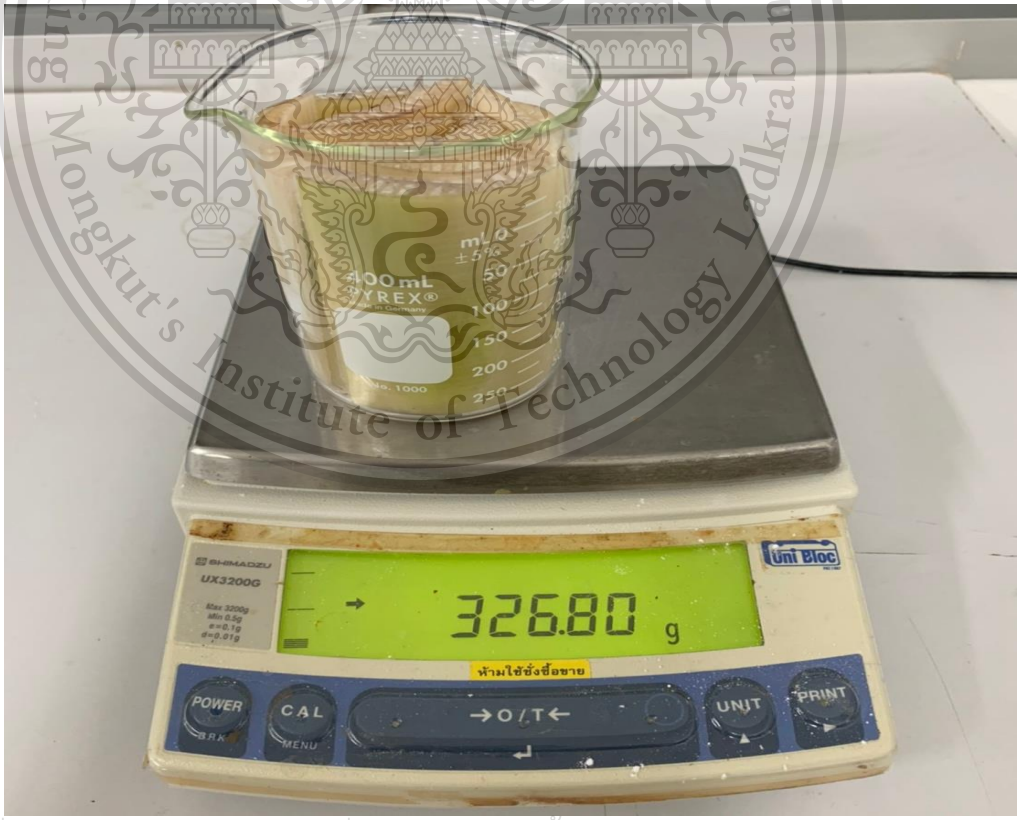
วิธีการทดลอง

1. เลือกกล้วยน้ำว้าอายุ 10 ถึง 12 เดือน นำมาจากตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ตัดลำต้นห่างจากส่วนโคนขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร ลอกกาบกล้วยน้ำว้าข้างนอกออกมา ตัดส่วนกาบกล้วยน้ำว้าออกเป็นท่อน ๆ ขนาดท่อนละ 7 เซนติเมตรหรือพอให้สารละลายท่วมกาบกล้วย
2. เลือกต้นธูปฤาษีที่มีความสูง 1.5 – 2 เมตร ตัดลำต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 5 เซนติเมตร เลือกส่วนของลำต้นออกมา ตัดออกเป็นท่อน ๆ ขนาดท่อนละ 7 เซนติเมตรหรือพอให้สารละลายท่วมลำต้นธูปฤาษี
3. นำกาบกล้วยและลำต้นธูปฤาษีมาตัดเป็นท่อนๆ และนำมาล้างน้ำสะอาด รีดกาบกล้วยและธูปฤาษีให้แบนและนำไปใส่ในบีกเกอร์และชั่งน้ำหนัก
4. นำกาบกล้วยและลำต้นธูปฤาษีที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาต้มใน Plate heater ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) ที่ผสมน้ำ ด้วยอัตราส่วนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ทำการต้มเป็นเวลา 60 นาที 90 นาทีและ 120 นาที หลังจากนั้นนำมาล้างเพื่อแยกเส้นใย
5. แยกเส้นใยกาบกล้วยน้ำว้าและธูปฤาษีออกเป็นเส้นเดี่ยว นำเข้าอบด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนจนกว่าค่า water activity น้อยกว่า 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.1 การเตรียมกาบกล้วย



รูปที่ ข.2 การชั่งน้ำหนักกาบกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ ข. 3 การต้มกาบกล้วยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข.2 ศึกษาสมบัติทางเชิงกลของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรงดึง

วิธีการทดลอง

1. นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวด้วยมือมาทำการอบแห้ง และเลือกเส้นใยที่มีความยาวมากกว่า 60 มิลลิเมตร โดยเตรียม 3 ตัวอย่างๆละ 10 เส้น
2. ยึดหัวและท้ายเส้นใยกับกระดาษด้วยกาว ให้ระยะยืดระหว่างปลายเส้นใยเท่ากับ 40 มิลลิเมตรให้ตึง แล้วปล่อยให้กาวแห้งเป็นเวลา 2 วัน
3. ทดสอบค่าด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง(Texture analyser) มาตรฐาน ASTM D638 โดยระยะที่ใช้ทดสอบ (gauge length) เท่ากับ 30 มิลลิเมตร ความเร็วที่ใช้ในการดึงเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีอยู่ที่ 2 มิลลิเมตรต่อนาที และทำการดึงจนชิ้นงานขาดจากกัน

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

โดยที่ σ คือ ความเค้น (N/mm^2)
F คือ แรงที่มากระทำต่อวัตถุ (N)
A_0 คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่แรงกระทำ (mm^2)

การหาพื้นที่ใต้กราฟโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัด

$$w = \int F dx$$

โดยที่ w คือ งานที่ทำได้ (J)
F คือ แรงที่มากระทำต่อวัตถุ (N)
dx คือ ระยะกระจัดจากจุดหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่ง (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การหาเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

$$\varepsilon = \left(\frac{\delta}{l}\right) \times 100$$

โดยที่ ε คือ การยืดตัว

δ คือ ความยาวที่เปลี่ยนไป (cm.)

l คือ ความยาวเดิม (cm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ ข. 4 การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Texture Analyzer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข.3 การศึกษาขนาดของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

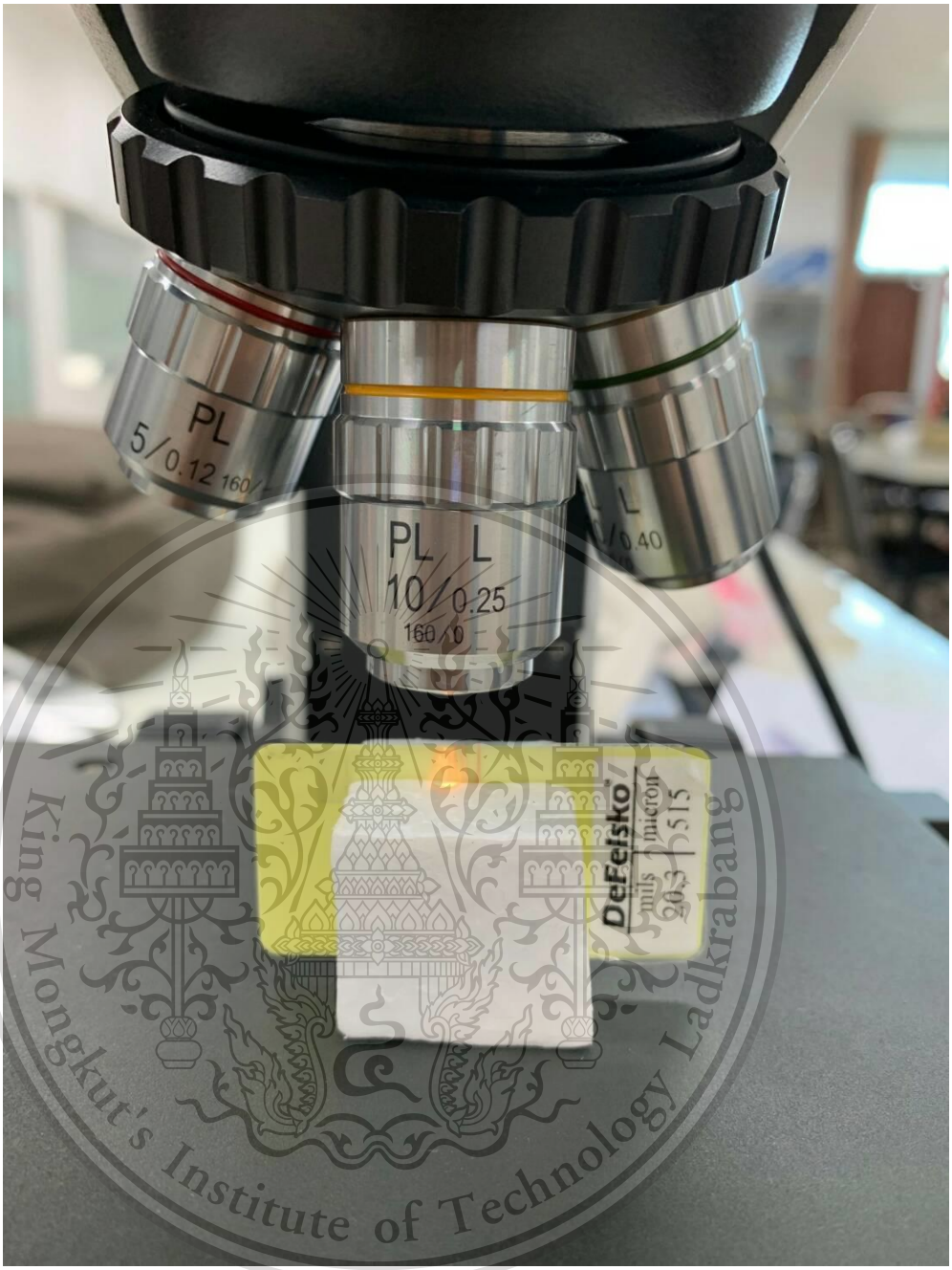
อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ (Meiji, Japan)

วิธีการทดลอง

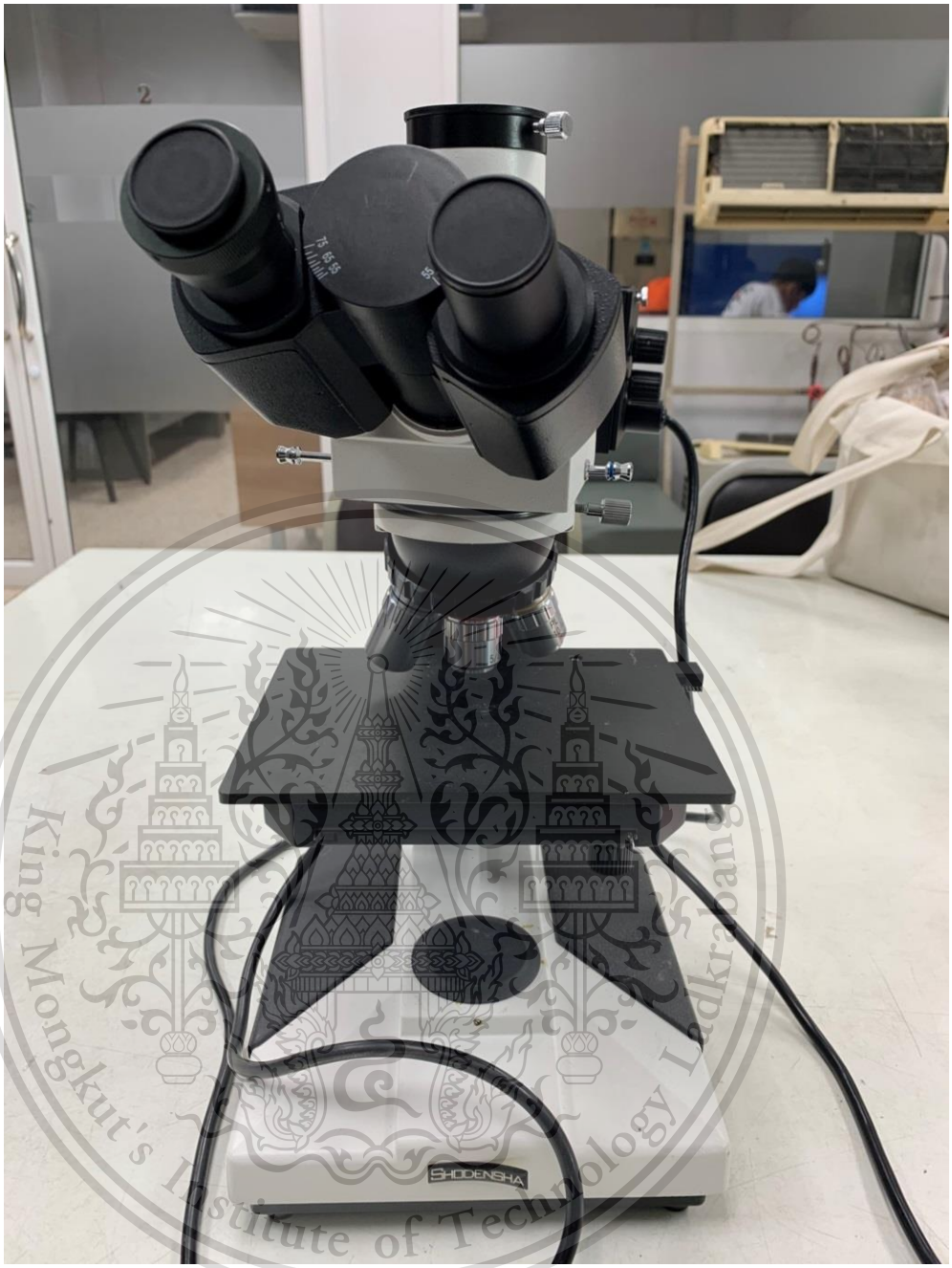
1. นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวด้วยมือมาทำการอบแห้ง และเลือกเส้นใยที่มีความยาวมากกว่า 60 มิลลิเมตร มาติดกับกระดาษด้วยกาว
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย จำนวนอย่างน้อย 300 เส้น ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Meiji, Japan) และทำการวัดค่าความละเอียด (fineness) ตามวิธี ISO 1973 (จิรชยา บุญญฤทธิ์, 2559)
3. โดยการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์เราจะเทียบกับแผ่นวัดความหนา ขนาด 515ไมครอน โดยแนบเส้นใยที่ติดกับกระดาษด้วยกาวให้ติดกับแผ่นฟิล์มและปักไว้บนโฟมรูปลูกบาศก์ แล้วจึงมาวัดโดยกล้องจุลทรรศน์
4. จากนั้นถ่ายรูปจากกล้องจุลทรรศน์ แล้วนำรูปที่ถ่ายได้มาเข้าโปรแกรม Image J เพื่อวิเคราะห์ขนาดของเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.5 แผ่นวัดความหนา ขนาด 515 ไมครอน ยี่ห้อ DeFelsko

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.6 กล้องจุลทรรศน์ (Meiji, Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข.4 การศึกษาสีของเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษี

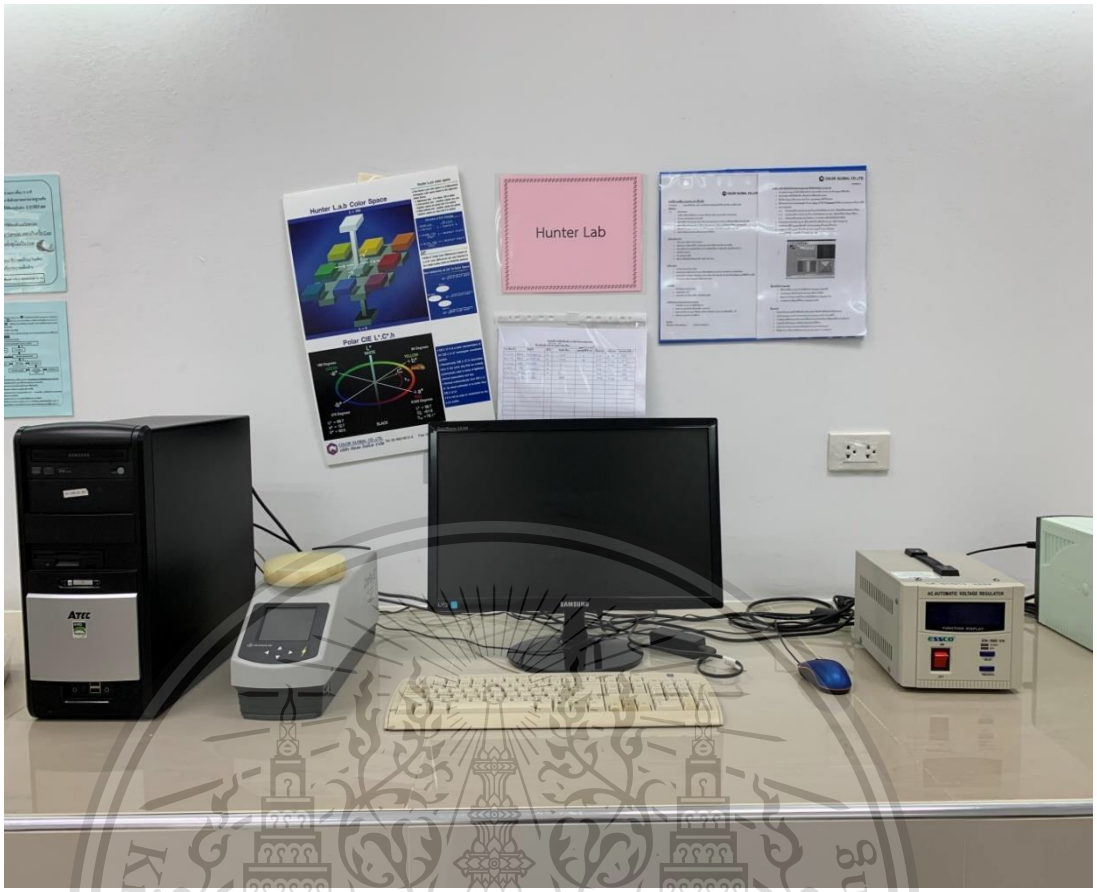
อุปกรณ์

1. เครื่อง Colorimetric Spectrophotometer ยี่ห้อ hunter lab

วิธีการทดลอง

1. นำเส้นใยกาบกล้วยและเส้นใยธูปฤาษีที่ผ่านการแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวด้วยมือมาทำการอบแห้ง มาตัดใส่ถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง
2. นำตัวอย่างเข้าเครื่องทดลอง โดยใช้เครื่อง Colorimetric Spectrophotometer ยี่ห้อ hunter lab ที่ผ่านการตั้งค่าแล้ว เริ่มต้นโดยการใช้แผ่นมาตรฐานสีดำและสีขาว เพื่อเป็นการปรับมาตรฐานของเครื่อง แล้วจะได้ค่า L* a* b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.7 เครื่อง Colorimetric Spectrophotometer ยี่ห้อ hunter lab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้

อุปกรณ์

1. นำกาบกล้วยและธูปฤาษีมาชั่งน้ำหนักก่อนเอาไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยอัตราส่วนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(กนกวรรณ มหารัชมงคล,2558)เป็นเวลา 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที
2. หลังจากนั้นนำมาล้างเพื่อแยกเส้นใยออก หลังจากแยกเส้นใยแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก และจดบันทึกค่าเพื่อนำไปวิเคราะห์

คำนวณค่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้(%yield)

$$\%\text{yield} = \left(\frac{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบหลังจากการต้ม}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบเริ่มต้น}}\right)\times 100$$

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองโครงงานนี้ มีการเลือกใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยเหลือในการทดลอง โดยเลือกใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized, CRD) โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ในการเปรียบเทียบตัวอย่างหลายตัวอย่าง หากพบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's test ซึ่งส่วนมากจะมีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ค.1 เส้นใยกล้วย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Tensile_Stanght

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	557.081[a]	2	278.541	10.392	.011
Intercept	15263.779	1	15263.779	569.470	.000
Time	557.081	2	278.541	10.392	.011
Error	160.821	6	26.804		
Total	15981.681	9			
Corrected Total	717.902	8			

a. R Squared = .776 (Adjusted R Squared = .701)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Breaking_energy

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.002[a]	2	.001	.869	.466
Intercept	.058	1	.058	48.449	.000
Time	.002	2	.001	.869	.466
Error	.007	6	.001		
Total	.067	9			
Corrected Total	.009	8			

a. R Squared = .225 (Adjusted R Squared = -.034)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Deformation-at-break

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.552[a]	2	.276	.550	.604
Intercept	33.124	1	33.124	65.999	.000
Time	.552	2	.276	.550	.604
Error	3.011	6	.502		
Total	36.687	9			
Corrected Total	3.563	8			

a. R Squared = .155 (Adjusted R Squared = -.127)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cross_Section

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6028888.889[a]	2	3014444.444	.278	.766
Intercept	6911151111.111	1	6911151111.111	638.149	.000
Time	6028888.889	2	3014444.444	.278	.766
Error	64980000.000	6	10830000.000		
Total	6982160000.000	9			
Corrected Total	71008888.889	8			

a. R Squared = .085 (Adjusted R Squared = -.220)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.026[a]	2	.013	1.060	.403
Intercept	3.133	1	3.133	257.499	.000
Time	.026	2	.013	1.060	.403
Error	.073	6	.012		
Total	3.232	9			
Corrected Total	.099	8			

a. R Squared = .261 (Adjusted R Squared = .015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Coloe_L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.778[a]	2	10.889	35.816	.000
Intercept	19665.388	1	19665.388	64684.047	.000
Time	21.778	2	10.889	35.816	.000
Error	1.824	6	.304		
Total	19688.990	9			
Corrected Total	23.602	8			

a. R Squared = .923 (Adjusted R Squared = .897)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color_a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.554[a]	2	1.777	130.975	.000
Intercept	197.965	1	197.965	14592.007	.000
Time	3.554	2	1.777	130.975	.000
Error	.081	6	.014		
Total	201.600	9			
Corrected Total	3.635	8			

a. R Squared = .978 (Adjusted R Squared = .970)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color_b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	64.492[a]	2	32.246	620.379	.000
Intercept	3818.828	1	3818.828	73470.398	.000
Time	64.492	2	32.246	620.379	.000
Error	.312	6	.052		
Total	3883.632	9			
Corrected Total	64.804	8			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค.2 เส้นใยธูปฤาษี

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Tensile_Stanght

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1741.118[a]	2	870.559	18.298	.003
Intercept	29690.736	1	29690.736	624.059	.000
Time	1741.118	2	870.559	18.298	.003
Error	285.461	6	47.577		
Total	31717.315	9			
Corrected Total	2026.579	8			

a. R Squared = .859 (Adjusted R Squared = .812)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Breaking_energy

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.128[a]	2	.064	2.523	.160
Intercept	1.424	1	1.424	56.311	.000
Time	.128	2	.064	2.523	.160
Error	.152	6	.025		
Total	1.703	9			
Corrected Total	.279	8			

a. R Squared = .457 (Adjusted R Squared = .276)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Deformation at break

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.149[a]	2	.074	2.652	.150
Intercept	38.841	1	38.841	1387.285	.000
Time	.149	2	.074	2.652	.150
Error	.168	6	.028		
Total	39.157	9			
Corrected Total	.317	8			

a. R Squared = .469 (Adjusted R Squared = .292)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cross_Section

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8926666.667[a]	2	4463333.333	.026	.975
Intercept	38455210000.000	1	38455210000.000	219.704	.000
Time	8926666.667	2	4463333.333	.026	.975
Error	1050193333.333	6	175032222.222		
Total	39514330000.000	9			
Corrected Total	1059120000.000	8			

a. R Squared = .008 (Adjusted R Squared = -.322)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color_L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.129[a]	2	8.564	4.218	.072
Intercept	21544.368	1	21544.368	10610.028	.000
Time	17.129	2	8.564	4.218	.072
Error	12.183	6	2.031		
Total	21573.681	9			
Corrected Total	29.312	8			

a. R Squared = .584 (Adjusted R Squared = .446)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color_a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.652[a]	2	.326	46.633	.000
Intercept	330.755	1	330.755	47325.812	.000
Time	.652	2	.326	46.633	.000
Error	.042	6	.007		
Total	331.449	9			
Corrected Total	.694	8			

a. R Squared = .940 (Adjusted R Squared = .919)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color_b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.335[a]	2	.167	3.982	.079
Intercept	4145.214	1	4145.214	98591.233	.000
Time	.335	2	.167	3.982	.079
Error	.252	6	.042		
Total	4145.801	9			
Corrected Total	.587	8			

a. R Squared = .570 (Adjusted R Squared = .427)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.