1882

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤตและความสัมพันธ์กับคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

(A critical bending radius device and relationship with quality of asparagus)

โดย

นางสาวณัฐสุดา สฤษฏ์มุทากุล

นางสาวศุภกาญจน์ อึ้งพงษ์พานิช

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

15763

๒๔ มี.ค.

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....1.....**เดือน**.....ตุลาคม.....**พ.ศ.** .....42.....

ทน 371ค
2541

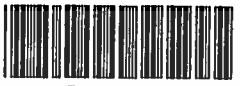
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15768

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤตและความสัมพันธ์กับคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

(A critical bending radius device and relationship with quality of asparagus)



T096778

นางสาวณัฐสุดา สฤษฏ์มุทากุล

นางสาวศุภกาญจน์ อึ้งพงษ์พานิช

วพ.
ณ371ค
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96778.....
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฐสุดา สฤษฎ์มุทากุล และ ศุภกาญจน์ อึ้งพงษ์พานิช . 2542 : เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤตและความสัมพันธ์กับคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง (A Critical bending radius device and relationship with quality of asparagus) . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง , 31 หน้า

บทคัดย่อ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตกับปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่าย ในการวัดคุณภาพหน่อไม้ฝรั่ง อย่างรวดเร็ว และง่ายต่อการทดสอบคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง จากการทดลองพบว่า เมื่อนำหน่อไม้ฝรั่งมาวัดรัศมีความโค้งวิกฤตด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นแล้วนำหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใยได้ค่าเท่ากับ –0.4959 ซึ่งเป็นแนวโน้มความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันคือ เมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณเส้นใยน้อยจะวัดค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมากแสดงถึงความกรอบและความเปราะเนื่องจากโครงสร้างภายในที่ไม่แข็งแรง นอกจากนี้ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับ Bending Elastic Parameter (F/Z) พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.4535 เป็นแนวโน้มความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือถ้ารัศมีความโค้งวิกฤตมากจะมีค่า F/Z มากด้วยแสดงว่าหน่อไม้ฝรั่งนั้นมีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจาก F/Z แปรตามค่า Modulus of Elasticity (E) ของวัสดุ แต่พบว่าระหว่างค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.1589 แสดงว่าแนวโน้มความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน แต่น้อยมาก เนื่องจากค่าแรงตัดเฉือนสูงสุดแสดงความแข็งของหน่อไม้ฝรั่งมากกว่าที่จะแสดงความยืดหยุ่น การกำหนดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งจากเครื่องมืออย่างง่าย พบว่าที่ตำแหน่งรัศมีความโค้งวิกฤตน้อยกว่า 3 เซนติเมตร หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณเส้นใยค่อนข้างมากไม่เหมาะสำหรับการบริโภคหรือมีลักษณะไม่สดที่รัศมีความโค้งวิกฤตมากกว่า 5 เซนติเมตร แสดงว่าหน่อไม้ฝรั่งอ่อนและสดมาก หน่อไม้ฝรั่งที่มีลักษณะเหมาะต่อการบริโภคจะมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตอยู่ระหว่าง 3 – 5 เซนติเมตร

ณัฐสุดา สฤษฎ์มุทากุล ..... ศุภกาญจน์ อึ้งพงษ์พานิช ....

ลายมือนักศึกษา ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอกราบขอบพระคุณคร. กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและคอยให้คำชี้แนะ ดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปัญหาพิเศษนี้ ขอขอบคุณ คุณนิพนธ์ เทียบเทียม ที่ให้ยืมเครื่องคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณคุณธงชัย พุฒทองศิริ,คุณเกรียงไกร พรมมา และคุณกฤษณะ นาคมี ที่ช่วยยกน้ำกลั่น รวมทั้งขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆที่น่ารักทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

15 มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญภาคผนวก	ฉ
สารบัญภาพภาคผนวก	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 หน่อไม้ฝรั่ง	2
2.2 สารเยื่อใย	7
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุ	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีทดลอง	9
3.1 วัตถุดิบ	9
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	9
3.3 เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต	9
3.4 วิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางอาหารของหน่อไม้ฝรั่ง	3
4.1 น้ำหนัก,ขนาดเส้นผ่านศูนย์ ณ จุดกึ่งกลางหน่อ,ความยาวหน่อไม้ฝรั่ง และเปอร์เซนต์ความชื้น	16
4.2 ค่ารัศมความโค้งวิกฤตแบบสุ่,รัศมีความโค้งวิกฤต,ปริมาณเส้นใย (%Crudr fiber),แรง Bending,F/Z และแรงตัดเฉือนสูงสุด	18
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงค่าต่างๆของสมการ Bending Elastic Parameter	8
2.2 แสดงลักษณะการหาค่ารัศมีความโค้งวิกฤต	8
3.1 แสดงเครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต	10
3.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องมือวัดรัศมีความโค้งวิกฤต	11
3.3 แสดงวิธีการใช้เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต	12
3.4 แสดงชนิดหัววัด HDP/3PB	13
3.5 แสดงการวัดแรง Bending	13
3.6 แสดงหัววัดชนิด HDP/VB	14
3.7 แสดงการวัดแรงตัดเฉือนสูงสุด	15
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าปริมาณเส้นใย	20
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับ ค่า Bending Elastic Parameter	20
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด	21
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับค่าปริมาณเส้นใย	21
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับ ค่า Bending Elastic Parameter	22
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับ ค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก. วิธีการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	26
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างกราฟจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพที่	หน้า
1. ตัวอย่างกราฟค่าแรง Bending จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	29
2. ตัวอย่างกราฟค่าแรงตัดเฉือนสูงสุดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่น่าสนใจ และสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ต่าง ๆ มีตลาดรับซื้อที่แน่นอน ราคารับซื้ออยู่ในเกณฑ์ดี เป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนสูงเกษตรกรและเป็นการสนับสนุนนโยบายการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรของรัฐบาล ทำให้มีรายได้เข้าประเทศและมีการจ้างงานเพิ่มขึ้น หน่อไม้ฝรั่งจึงได้รับการส่งเสริมให้เป็นพืชส่งออก เมื่อเป้าหมายหลักคือการส่งออก จึงต้องหันมาพิจารณาถึงคุณภาพต้องได้ตามมาตรฐานของตลาด

ปัจจุบันไทยได้ส่งออกหน่อไม้ฝรั่งไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น มาเลเซีย และอังกฤษ ในรูปหน่อเขียว โดยเฉพาะญี่ปุ่นที่มีความต้องการสูงมาก

คุณภาพที่ดีของหน่อไม้ฝรั่งควรมีลักษณะดังนี้คือ ลำต้นเป็นแนวตั้งตรง กาบที่หุ้มตาต้องเป็นสีชมพู เวลาจับโคนและปลายโค้งเข้าหากันถ้าสดดีจะต้องโค้งได้ไม่เกิน 90 องศา จะหักทันที ถ้าโค้งได้เป็นรูปตัว U แสดงว่าเก่าและเหนียวมีเส้นใยเกิดขึ้นมาก ถ้าตัดขวางลำต้นจะต้องกลมไม่เป็นรอยหยัก ถ้ามีรอยหยักแสดงว่าเก่า แต่ถ้าตัดมาจากต้นใหม่ ๆ แล้วเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือแบน แสดงว่าเหนียว ได้รับน้ำและอาหารไม่พอทำให้โตช้าเมื่อบริโภคมักจะเหนียว

คุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่ต้องระมัดระวังคือ ต้องมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากคุณภาพของหน่อไม้ที่สำคัญคือปริมาณเส้นใย แต่ในการหาปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งนั้นทำได้ค่อนข้างยากและใช้เวลานาน จึงไม่สามารถทราบคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งในขณะสดได้ ดังนั้นจึงได้คิดประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่ายในการวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง จากคำกล่าวข้างต้นที่ว่า เวลาจับโคนและปลายโค้งเข้าหากันถ้าสดดีจะต้องโค้งได้ไม่เกิน 90 องศา จะหักทันที ถ้าโค้งได้เป็นรูปตัว U แสดงว่าเก่าและเหนียวมีเส้นใยเกิดขึ้นมาก นั้นทำให้คิดประดิษฐ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการโค้งของหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อสามารถวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งขณะสดได้ทันที และใช้ได้กับบริเวณที่ไม่มีเครื่องมือวัดคุณภาพอยู่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้เสนอแนวทางการประยุกต์การวัดคุณภาพหน่อไม้ฝรั่ง โดยมีวัตถุประสงค์ของการทำปัญหาพิเศษ ดังนี้

1. เพื่อประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่ายในการวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตกับปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง ,ค่า Bending Elastic Parameter(F/Z) และค่าแรงตัดเฉือนสูงสุดของหน่อไม้ฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 หน่อไม้ฝรั่ง

หน่อไม้ฝรั่งอยู่ในตระกูล Liliaceae หรือ Lily ตระกูลนี้ประกอบด้วยพืชต่าง ๆ มากกว่า 150 ชนิด บางชนิดอาจจะเป็นไม้เนื้ออ่อน บางชนิดอาจเป็นไม้เนื้อแข็ง ไม้พุ่ม หรือไม้เลื้อย บางชนิดเป็นไม้ประดับ เช่น Smilex หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Asparagus ferm สำหรับหน่อไม้ฝรั่งที่ปลูกกันเป็นการค้าในปัจจุบันคือ Asparagus officinalis L.var altilis L. เป็นพืชที่มีอายุข้ามปี (perennial)

หน่อไม้ฝรั่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบชายฝั่งทะเลของยุโรป และเอเชีย เชื่อกันว่าชาวกรีกโบราณได้นำหน่อไม้ฝรั่งจากเอเชียเข้าไปปลูก ต่อมาชาวโรมันได้ทำการศึกษาและนำวิธีปลูกของชาวกรีกไปปฏิบัติ หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีรสชาติดี นิยมบริโภคในแถบอิมพิเรียลโรม เชื่อว่าทหารโรมันนำเข้าไปเผยแพร่ในยุโรป บันทึกเก่าแก่ของเมืองวอมส์ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้แม่น้ำไรน์กล่าวว่า ทหารที่ไปสงครามครูเซท ได้นำเอาเมล็ดหน่อไม้ฝรั่งมาจากแถบอาหรับในปี 1214 ต่อมาในปี ค.ศ. 1517 ได้มีผู้นำเข้าไปเผยแพร่ในเยอรมัน โดยเริ่มที่เมืองสตุสการ์ท การปลูกจะจำกัดอยู่เฉพาะในปราสาทหรือโบสถ์ จนกระทั่งศตวรรษที่ 17 จึงได้มีการเพาะปลูกทั่วไป ในศตวรรษที่ 19 ชาวดัตช์ได้ทำการเผยแพร่หน่อไม้ฝรั่งหน่อขาว และในขณะนั้นมีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรมากกว่าการนำมาใช้เป็นอาหาร ในระยะต่อมาจึงมีการปลูกหน่อไม้ฝรั่งเป็นการค้าโดยจัดเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

2.1.1 ส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของหน่อไม้ฝรั่งประกอบด้วย

2.1.1.1 ลำต้น (Stems) เจริญจากตาหน่อในเหง้า เมื่ออยู่ในระยะต้นอ่อนเรียกหน่อ (Spear) ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคเมื่อปล่อยให้เจริญต่อไปจะเจริญเป็นลำต้นทำหน้าที่หลักในการปรุงอาหาร เนื่องจากใบมีขนาดเล็กมากปรุงอาหารได้น้อย ลำต้นสูงประมาณ 1.3 – 3.0 เมตร ที่ข้อจะมีกาบใบ (Scales หรือ Euphylla)

2.1.1.2 ใบ (Cladophylls) มีลักษณะกลมเล็กคล้ายเข็มทำหน้าที่สังเคราะห์แสง

2.1.1.3 ราก (Root) ระบบรากของหน่อไม้ฝรั่งเป็นระบบรากแบบชั่วคราว เมื่อแก่จะตายและมีรากใหม่เจริญขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากหน่อไม้ฝรั่งมี 2 ชนิด

- รากสะสม มีขนาดเท่ากับแท่งดินสอ อาจจะยาว 120-300 เซนติเมตร รากนี้จะเจริญด้านข้าง 8-14 นิ้วต่อปี อาหารสะสมที่สำคัญคือซูโครสระยะที่รากนี้จะเจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลา 3-4 ปี

- รากดูดกลืน มีขนาดเล็ก จะเจริญจากรากสะสม ทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหาร เมื่อเจริญเต็มที่จะยาว 3-5 ฟุต

2.1.1.4 เหง้า (Bud Clusters) เหง้าจะอยู่กลางระหว่างรากและลำต้น เป็นส่วนที่ตาหน่อ (Root Cap) เจริญ ในเหง้าจะประกอบด้วยตาหน่อ จำนวนมาก และมีกาบใบปิดอยู่ จะขยายตัวออกทางด้านข้างเจริญเติบโตประมาณ 2 นิ้วต่อปี รากและหน่อจะเจริญจากเหง้า โดยหน่อแรกในเหง้าจะแก่ที่สุด ตาหน่ออื่น ๆจะมีอายุอ่อนตามลำดับ เมื่อหน่อแรกเจริญหน่ออื่น ๆ จะพักตัวจนกระทั่งหน่อแรกสามารถสร้างอาหารได้ หน่อที่สองจะเริ่มเจริญ ดังนั้นในเหง้าหนึ่ง ๆ ในแต่ละครั้งจะมีหน่อเจริญเพียงหนึ่งหน่อ การทีสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายหน่อต่อต้น เนื่องจากแต่ละต้นจะมีหลายเหง้า หลังจากที่เหง้าเจริญ และสร้างเหง้าใหม่ขึ้นมาเหง้าเก่าจะตายไป ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวน และความสมบูรณ์ของหน่อ

2.1.2 คุณค่าทางอาหาร

หน่อไม้ฝรั่งมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะ amino succinamic acid หรือ asparagine ส่วนยอดของหน่อเขียวประกอบด้วย วิตามินบี วิตามินซี และแคโรทีนสูง

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารหน่อไม้ฝรั่ง

	Dim	Protein	Fat	Carbo-hydrates	Organic acids	Ethanol	Total
Energy Value (Average)per	kJ	32.30	5.18	34.68	2.08	0.00	74.24
100 g edible portion	(kcal)	7.60	1.26	8.16	0.48	0.00	17.50

Waste Percentage	Average	26	Minimum	20	Maximum	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Constitutents	Dim	Av	Variation			Nutr. Density	Mol %
MAIN INGREDIENTS							
Water	gram	93.60	93.00	-	94.00	gram/MJ	1260.78
Protein	gram	1.90	1.50	-	2.20	gram/MJ	25.59
Fat	gram	0.14	0.10	-	0.20	gram/MJ	1.89
Available Carbohydr.	gram	2.04	-	-	-	gram/MJ	27.48
Constitutents	Dim	Av					
Total Dietary Fibre	gram	1.47	-	-	-	gram/MJ	19.80
Available Org. Acids	gram	0.16	-	-	-	gram/MJ	2.16
Minerals	gram	0.62	0.54	-	0.80	gram/MJ	8.35
Minerals and Trace Elements							
Sodium	milli	4.00	2.00	-	5.00	milli/MJ	53.88
Potassium	milli	203.00	145.00	-	280.00	milli/MJ	2734.38
Magnesium	milli	18.03	18.00	-	22.00	milli/MJ	242.86
Calcium	milli	25.84	20.00	-	26.00	milli/MJ	348.06
Maganese	micro	102.00	100.00	-	300.00	micro/MJ	1373.92
Iron	micro	651.00	640.00	-	1100.0	micro/MJ	8786.86
Copper	micro	156.00	70.00	-	160.00	micro/MJ	2101.29
Zinc	micro	401.00	200.00	-	800.00	micro/MJ	5401.40
Phosphorus	milli	46.00	35.00	-	62.00	milli/MJ	619.61
Chloride	milli	53.00	-	-	-	milli/MJ	713.90
Fluoride	micro	48.00	-	-	-	micro/MJ	646.55
Iodide	micro	7.00	4.00	-	10.00	micro/MJ	94.29
Boron	micro	170.00	90.00	-	260.00	micro/MJ	2289.87
Nitrate	milli	66.00	1.30	-	70.00	milli/MJ	889.01
Vitamins							
Retinolequivalent	micro	87.42	54.75	-	98.25	micro/MJ	1177.53
Total Carotenoids	micro	533.00	337.00	-	598.00	micro/MJ	7179.42
Alpha-Carotene	micro	17.00	-	-	-	micro/MJ	228.99
Beta-Carotene	milli	516.00	320.00	-	581.00	milli/MJ	6950.43
Vitamin E Activity	milli	2.03	-	-	-	milli/MJ	27.34
Total Tocopherols	milli	2.12	-	-	-	milli/MJ	28.56
Alpha-Tocopherol	micro	2.00	-	-	-	micro/MJ	26.94
Beta-Tocopherol	micro	50.00	-	-	-	micro/MJ	673.49
Gamma-Tocopherol	micro	70.00	-	-	-	micro/MJ	942.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Constitutents	Dim	Av	Variation			Nutr. Density	Mol %
Vitamin							
Vitamin K	Micro	39.50	20.00	-	60.00	micro/MJ	532.06
Vitamin B1	micro	111.00	25.00	-	200.00	micro/MJ	1495.15
Vitamin B2	milli	105.00	58.00	-	190.00	milli/MJ	1414.33
Nicotinamide	micro	1.00	0.60	-	1.40	micro/MJ	13.47
Pantothenic Acid	micro	620.00	600.00	-	640.00	micro/MJ	8351.29
Vitamin B6	micro	60.00	51.00	-	88.00	micro/MJ	808.19
Folic Acid	micro	108.00	-	-	-	micro/MJ	1454.74
Vitamin C	micro	19.89	5.00	-	33.00	micro/MJ	267.91
Amino Acids							
Arginine	milli	110.00	100.00	-	110.00	milli/MJ	1481.68
Histidine	milli	31.00	28.00	-	36.00	milli/MJ	417.56
Isoleucine	milli	69.00	68.00	-	70.00	milli/MJ	929.42
Leucine	milli	83.00	63.00	-	100.00	milli/MJ	1118.00
Lysine	milli	89.00	83.00	-	96.00	milli/MJ	1198.81
Methionine	milli	27.00	24.00	-	31.00	milli/MJ	363.69
Phenylalanine	milli	60.00	55.00	-	64.00	milli/MJ	808.19
Thoreonine	milli	57.00	56.00	-	58.00	milli/MJ	767.78
Tryptophan	milli	23.00	16.00	-	30.00	milli/MJ	309.81
Valine	milli	91.00	87.00	-	96.00	milli/MJ	1225.75
Fruit Acids							
Malic Acid	milli	95.00	70.00	-	120.00	milli/MJ	1279.63
Citric Acid	milli	60.00	30.00	-	90.00	milli/MJ	808.19
Quinic Acid	milli	39.00	-	-	-	milli/MJ	525.32
Succinic Acid	milli	9.00	4.00	-	13.00	milli/MJ	121.23
Salcytic Acid	micro	140.00	-	-	-	micro/MJ	1885.78
Special Carbohydrates							
Glucose	milli	807.00	290.00	-	1100.00	milli/MJ	10870.15
Fructose	milli	993.00	440.00	-	1400.00	milli/MJ	13375.54
Sucrose	milli	244.00	30.00	-	590.00	milli/MJ	3286.64
Pentosan	milli	230.00	-	-	-	milli/MJ	3098.06
Hexosan	milli	190.00	-	-	-	milli/MJ	2559.27
Cellulose	milli	750.00	-	-	-	milli/MJ	10102.37

ที่มา : Anonymous (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 พันธุ์หน่อไม้ฝรั่งที่ใช้ในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยแล้วส่วนใหญ่สายพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งที่มีการใช้กันเป็นการค้าเป็นสายพันธุ์ที่มาจาก แคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งสามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

การใช้พันธ์หน่อไม้ฝรั่งของประเทศไทย มี 2 ประเภท

1. พันธ์ผสมเปิด เป็นพันธุ์ที่มีการใช้มากในอดีต พันธุ์ที่ใช้ได้แก่ Matha washington Mary washington UC 309 และ UC 500

2. พันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ในปัจจุบันนิยมใช้กันมากเนื่องจาก ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง หน่อใหญ่สม่ำเสมอ การเจริญเติบโตเร็ว และความแข็งแรงของต้นแม่ดี กาบใบส่วนยอดของหน่อแน่น พันธุ์ที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น Brocked Improve , Brocked Imperial และ UC 157 เป็นต้น ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มาจากแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เช่นกัน

สำหรับราคาเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ในปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ผสมเปิดแล้วจะแพงกว่าถึง 30-80 เท่าตัว แต่เกษตรกรก็ยังนิยมปลูกด้วยมีลักษณะที่ดีเด่นดังกล่าวข้างต้น

เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่ใช้หน่อรับประทาน มีคุณค่าอาหารสูงมีรสชาติดี ส่วนใหญ่การผลิตหน่อไม้ฝรั่งของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อการส่งออก ทั้งในรูปหน่อสด แช่แข็ง และบรรจุกระป๋อง ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพและการรักษาคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก

2.1.4 คุณภาพหน่อไม้ฝรั่ง

2.1.4.1 หน่อไม้ฝรั่งคุณภาพดี

- ลักษณะโดยทั่วไป

ก. ลักษณะของยอดหน่อต้องแน่นไม่บาน (ต้องไม่มีแขนงโผล่พ้นกาบใบหุ้ม)

ข. ลักษณะของหน่อต้องตรงไม่คดงอหรือแคระแกรน

ค. ความยาวของหน่อที่รับซื้อตัดไม่เกิน 25 เซนติเมตร โดยส่วนที่เป็นสีเขียวจะต้องมีความยาวมากกว่า 19 เซนติเมตร ขึ้นไป ผู้ขายจะเป็นผู้ตัดให้ได้ขนาดความยาวดังกล่าวก่อนส่งมอบให้แก่ผู้ซื้อ

ง. มาตรฐานน้ำหนักต่อหน่อไม้ฝรั่งแต่ละเกรด ใช้พิจารณาเฉพาะหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่มีส่วนโคนเป็นสีขาวหรือสีอื่นใดที่ไม่ใช่สีเขียวทั้งนี้จะพิจารณาแยกเกรด โดยการเปรียบเทียบขนาดเฉพาะส่วนที่เป็นสีเขียวเท่านั้น

จ. หน่อไม้ฝรั่งที่นำมาส่งจะต้องสะอาดปราศจากโรคแมลง

- ขนาดหน่อไม้ฝรั่ง

ก. เกรดเอ ที่มีความยาว 25 เซนติเมตร จะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนหน่อตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ขึ้นไปและมีน้ำหนักตั้งแต่ 14 กรัมต่อหน่อขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เกรดบี ที่มีความยาว 25 เซนติเมตร จะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนหน่อตั้งแต่ 0.8 เซนติเมตร ขึ้นไปและมีน้ำหนักตั้งแต่ 8 กรัมต่อหน่อขึ้นไป

ค. เกรดซี ที่มีควายาว 25 เซนติเมตร จะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนหน่อตั้งแต่ 0.6 เซนติเมตร ขึ้นไป และมีน้ำหนักตั้งแต่ 6 กรัมต่อหน่อขึ้นไป

2.2 สารเยื่อใย (Crude Fiber)

ปริมาณเส้นใยหรือสารเยื่อใยประกอบด้วยเซลลูโลสในปริมาณมากและลิกนินในปริมาณเล็กน้อย การวิเคราะห์ปริมาณสารเยื่อใยซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ในผักผลไม้ที่มีปริมาณแป้งน้อยกว่า 2% ทำได้โดยนำตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วนำกากที่เหลือไปต้มกับสารละลายกรดซัลฟูริคและตามด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแอลกอฮอล์ (AOAC,1995)

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุ

คุณสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุจัดเป็นคุณสมบัติประเภทหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบเครื่องมือ ,กระบวนการการดำเนินการและปัจจัยที่ต้องควบคุมในการดำเนินงาน,รวมทั้งต้องนำมาใช้พิจารณาในการวิเคราะห์ และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร และกระบวนการ (Mohsenin, 1980) อีกทั้งยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคเห็นได้อย่างชัดเจน

ในยุคที่เทคโนโลยียังไม่ก้าวหน้า การที่จะทราบถึงคุณภาพภายในชีววัสดุได้นั้น จะต้องวิเคราะห์โดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่ต้องทำลายตัวอย่างที่ทดสอบ แต่เมื่อเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าขึ้นและมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของชีววัสดุ โดยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพในการคาดคะเนคุณภาพภายในของชีววัสดุ พบว่า วิธีนี้นอกจากจะให้ผลถูกต้องในระดับที่น่าพอใจแล้วยังเป็นวิธีที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่างอีกด้วย

2.3.1 Bending Elastic Parameter (F/Z)

จากสมการ $E = \frac{C\,F}{Z}$

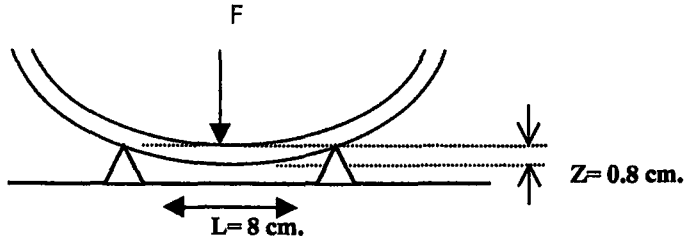
โดย E = Modulus of Elasticity

C = ค่าคงที่สำหรับชีววัสดุที่มีความยาว L และพื้นที่หน้าตัด A

F = แรง (กรัม)

Z = ระยะทางโค้ง (เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงค่าต่างๆ ของสมการ Bending Elastic Parameter

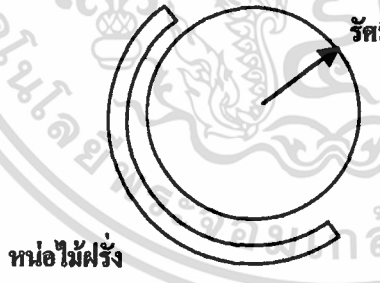
ในที่นี้จะศึกษาค่า F/Z ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใย คือค่า F/Z มากแสดงว่ามีปริมาณเส้นใยมาก

2.3.2 รัศมีความโค้งวิกฤต (Critical Bending Radius)

รัศมีความโค้งวิกฤตเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุอย่างหนึ่งอาจนิยามได้ว่ารัศมีความโค้งวิกฤต คือรัศมีความโค้งของวัสดุที่ทำให้วัสดุหัก เมื่อนำวัสดุมาดัดจนหัก

รัศมีความโค้งวิกฤตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ 1.รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม (Random Critical Bending Radius) คือรัศมีความโค้งของวัสดุที่ทำให้วัสดุหัก เมื่อปล่อยให้วัสดุหักที่ตำแหน่งใดๆ 2.รัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุม (Critical Bending Radius) คือรัศมีความโค้งของวัสดุที่ทำให้วัสดุหัก เมื่อกำหนดช่วงกึ่งกลางของหน่อไม้ฝรั่ง

เพื่อใช้ในการคัดเลือกคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง และกำหนดคุณภาพเป็นกลุ่มๆจากค่ารัศมีความโค้งที่ต่างกันได้โดยประดิษฐ์กรวยที่ทราบรัศมีต่างๆที่แน่นอน



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะการหาค่ารัศมีความโค้งวิกฤต

2.3.3 แรงตัดเฉือนสูงสุด (Shear Cutting Peak Force)

ค่าแรงตัดหรือแรงเฉือนสูงสุดที่ทำให้หน่อไม้ฝรั่งขาดจากกันเมื่อนำมาตัดด้วยใบมีด โดยค่าแรงตัดนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง โดยเมื่อค่าแรงตัดเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณเส้นใยมาก (Haard และคณะ,1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

หน่อไม้ฝรั่ง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-TX2i

3.2.2 ชุดย่อย Crude fiber

3.2.3 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.2.4 Blender

3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

3.2.6 ตู้อบ

3.3 เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต

3.3.1 แนวทางและหลักการทำงาน

จากรัศมีความโค้งวิกฤตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุอย่างหนึ่ง โดยเมื่อนำชีววัสดุมาโค้งถึงจุดที่ชีววัสดุทนไม่ได้ (หัก) ซึ่งรัศมีความโค้งวิกฤตจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของชีววัสดุ ชีววัสดุที่มีรัศมีความโค้งวิกฤตมาก แสดงว่าชีววัสดุนั้นมีความเปราะ ,ไม่แข็งแรง, มีความยืดหยุ่นน้อย ทำให้ชีววัสดุนั้นหักได้ง่าย ส่วนชีววัสดุที่มีรัศมีความโค้งน้อยนั้นแสดงว่าชีววัสดุนั้นมีความสามารถในการยืดหยุ่นสูงหรือเหนียว

สำหรับหน่อไม้ฝรั่งเมื่อนำโคนและปลายโค้งเข้าหากันถ้าสดดี จะต้องโค้งได้ไม่เกิน 90 องศา แต่ถ้าโค้งได้เป็นรูปตัว U แสดงว่าเก่าและเหนียวมีเส้นใยมาก ทำให้เกิดแนวทางในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับค่าปริมาณเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งเนื่องจากว่าในการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยนั้นมีวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน เครื่องมือวัดรัศมีความโค้งวิกฤตจึงได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นเพื่อวิเคราะห์ความแก่อ่อนหรือความเหนียวของหน่อไม้ฝรั่งซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1) รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม (Random Critical Bending Radius) คือรัศมีความโค้งวิกฤตของชีววัสดุที่เกิดจากการโค้งชีววัสดุจนหัก โดยไม่สนใจว่าจะหักส่วนไหนก็ตาม

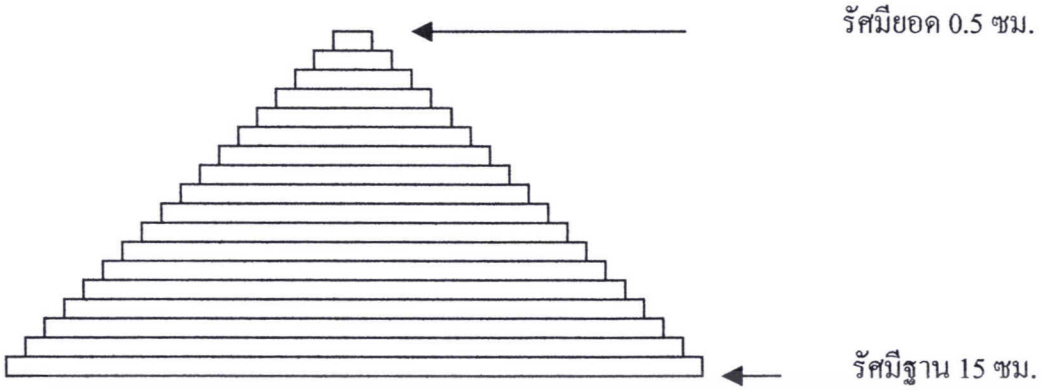
2) รัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุม (Control Critical Bending Radius) คือ รัศมีความโค้งวิกฤตของชีววัสดุที่เกิดจากการโค้งชีววัสดุจนหัก โดยจะควบคุมส่วนที่หักของชีววัสดุให้อยู่บริเวณกึ่งกลาง โดยในที่นี้กำหนดให้ ห่างจากจุดศูนย์กลางได้ $\pm$ 4 เซนติเมตร เนื่องจากในการวัดค่าแรงโค้งกำหนดให้ระยะห่างในการวัด 8 เซนติเมตร

3.3.2 ลักษณะของเครื่องมือ

ทำจากวัสดุไม้ตัดเป็นวงกลมที่รัศมีต่าง ๆ กัน มีค่าตั้งแต่ 0.5 เซนติเมตรแล้วเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 เซนติเมตรจนถึง 15 เซนติเมตร โดยความหนาของไม้แต่ละแผ่นเท่ากับ 0.5 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้เครื่องมือมีลักษณะใหญ่จนเกินไป แผ่นไม้ทุกแผ่นเจาะรูตรงกลางแล้วร้อยด้วยเอ็นหรืออาจจะติดกาวก็ได้ การออกแบบใช้แผ่นไม้ที่รัศมีต่าง ๆ กันมาต่อกันเนื่องจากหากทำเป็นกรวยนั้นในระหว่างการวัดอาจเกิดการผิดพลาดได้เนื่องจากการโค้งหน่อไม้ฝรั่งต้องจับให้หน่อไม้ฝรั่งให้ตรงกับระดับที่กำหนดจริง ๆ เพื่อให้ค่าที่ได้ถูกต้อง ส่วนการเลือกใช้วัสดุไม้ในการทำเนื่องจากมีความแข็งแรงและทนทานไม่เปลี่ยนรัศมีเมื่อโค้งหน่อไม้ฝรั่ง

ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องมือ

3.3.3 วิธีการใช้เครื่องมือ

3.3.3.1 รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม

1) ใช้มือทั้ง 2 ข้าง จับบริเวณยอดและโคนของหน่อไม้ฝรั่ง

2) นำมาดัดตามรัศมีความโค้งของเครื่องวัดการจับหน่อไม้ฝรั่งขณะดัดจะใช้นิ้วโป้งทั้ง 2 มือกดบริเวณกึ่งกลางหน่อไม้ฝรั่ง ส่วนบริเวณยอดและโคนจะใช้นิ้วกลางของทั้ง 2 มือในการกดทางกับเครื่องมือในการวัดควรให้หน่อไม้ฝรั่งทุกส่วนทาบกับเครื่องมือ การวัดจะเริ่มจากบริเวณฐานของเครื่องมือก่อนเนื่องจากมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมาก

3) หากหน่อไม้ฝรั่งจากข้อ 2 ไม่หักให้เลื่อนตำแหน่งดัดหน่อไม้ฝรั่งขึ้นมากทีละรัศมีความโค้ง จนหน่อไม้ฝรั่งหัก

4) บันทึกค่ารัศมีแผ่นไม้ ณ ตำแหน่งที่หน่อไม้ฝรั่งหักโดยไม่สนใจว่าหน่อไม้ฝรั่งจะหักในส่วนใดก็ตาม ณ ตำแหน่งรัศมีความโค้งที่หน่อไม้ฝรั่งหักคือ รัศมีความโค้งวิกฤตนั่นเอง

3.3.3.2 รัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุม

1) ใช้มือทั้ง 2 ข้าง จับบริเวณยอดและโคนของหน่อไม้ฝรั่ง

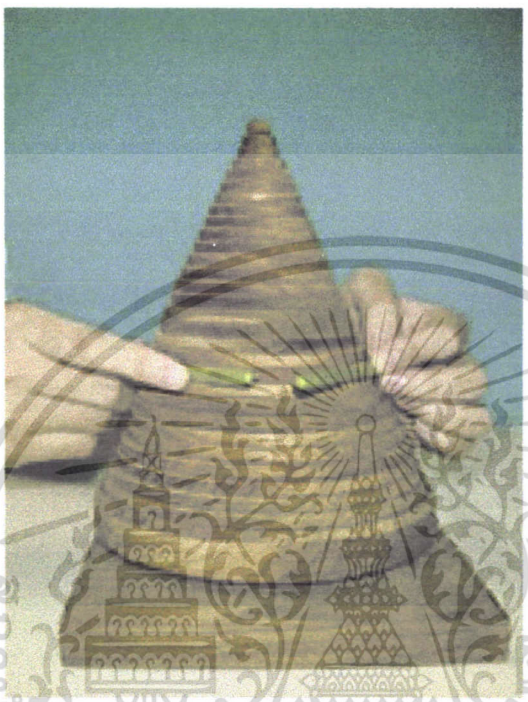
2) นำมาดัดตามรัศมีความโค้งของเครื่องวัดการจับหน่อไม้ฝรั่งขณะดัดจะใช้นิ้วโป้งทั้ง 2 มือกดบริเวณกึ่งกลางหน่อไม้ฝรั่ง ส่วนบริเวณยอดและโคนจะใช้นิ้วกลางของทั้ง 2 มือในการกดทางกับเครื่องมือในการวัดควรให้หน่อไม้ฝรั่งทุกส่วนทาบกับเครื่องมือ การวัดจะเริ่มจากบริเวณฐานของเครื่องมือก่อนเนื่องจากมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมาก

3) หากหน่อไม้ฝรั่งจากข้อ 2 ไม่หักให้เลื่อนตำแหน่งดัดหน่อไม้ฝรั่งขึ้นมากทีละรัศมีความโค้ง จนหน่อไม้ฝรั่งหักโดยหน่อไม้ฝรั่งจะต้องหักจากบริเวณกึ่งกลาง (จากจุดกึ่งกลาง $\pm$ 4 เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หากหน่อไม้ฝรั่งไม่หักบริเวณกึ่งกลางให้เริ่มทำข้อ 1) และ 2) ใหม่จนหน่อไม้ฝรั่งหักบริเวณกึ่งกลาง

5) บันทึกค่ารัศมีแผ่นไม้ ณ ตำแหน่งที่หน่อไม้ฝรั่งหักบริเวณกึ่งกลางเท่านั้น ณ ตำแหน่งรัศมีความโค้งที่หน่อไม้ฝรั่งหักคือ รัศมีความโค้งวิกฤตนั่นเอง



ภาพที่ 3.3 แสดงการใช้เครื่องวัดรัศมีความโค้งวิกฤต

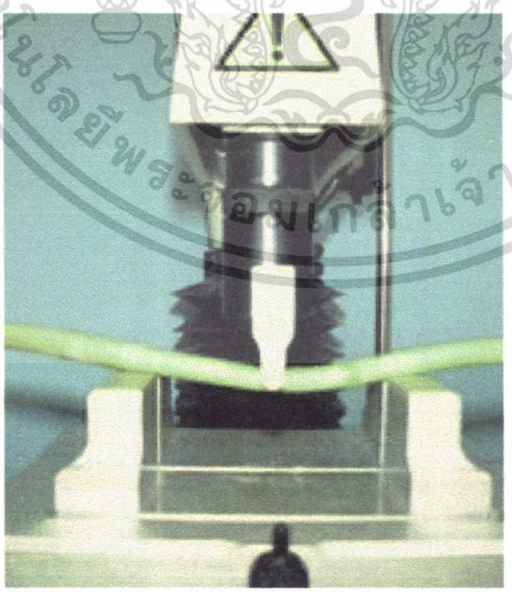
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ชั่งน้ำหนัก,วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ จุดกึ่งกลางหน่อ และวัดความยาวสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่ง บันทึกผล

3.4.2 วัดแรงโค้ง (Bending) ของหน่อไม้ฝรั่งโดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT2I ชนิดหัววัด HDP/3PB บันทึกผลแรงสูงสุดในการกดหน่อไม้ฝรั่งเป็นระยะทาง 8 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.4 แสดงชนิดหัววัด HDP/3PB



ภาพที่ 3.5 แสดงการวัดแรง Bemding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวัดแรงโค้ง ณ จุดกึ่งกลางหน่อไม้ฝรั่ง

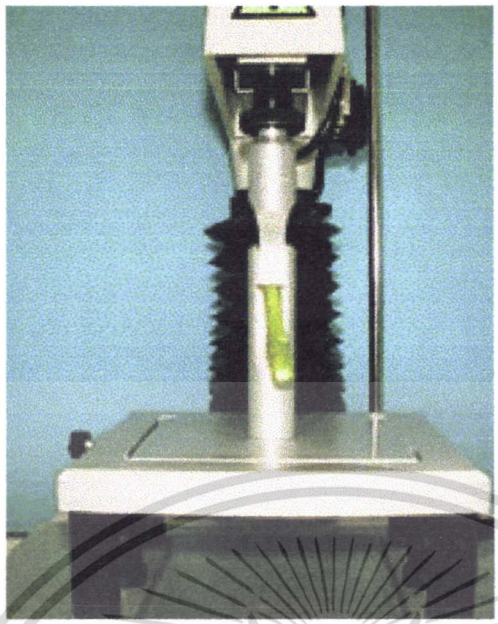
3.4.3 วัดค่ารัศมีความโค้งวิกฤต (Critical Bending Radius) โดยใช้กรวย บันทึกผล

นำหน่อไม้ฝรั่งโค้งกับกรวยจนหน่อไม้ฝรั่งหัก บันทึกค่ารัศมีที่หน่อไม้ฝรั่งหัก โดยหักแบบสุ่มและหักแบบควบคุม ตรงบริเวณกึ่งกลาง $\pm$ 4 เซนติเมตร

3.4.4 วัดค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด (Shear Cutting Peak Force) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT2i ชนิดหัววัด HDP/VB บันทึกผลค่าแรงสูงสุด ค่าวัดแรงตัดเฉือนสูงสุดวัดที่ตำแหน่ง 10 ซม จากยอด

ภาพที่ 3.6 แสดงหัววัดชนิด HDP/VB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 แสดงการวัดแรงตัดเฉือนสูงสุด

3.4.5 เตรียมตัวอย่าง

3.4.5.1 นำหน่อไม้ฝรั่งจากข้อ 3.4.4 ปั่นด้วยเครื่อง Blender (ปั่น) เวลาประมาณ 2 นาที เพื่อลดขนาดหน่อไม้ฝรั่ง

3.4.5.2 นำหน่อไม้ฝรั่งไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เวลาประมาณ 16-18 ชั่วโมง

3.4.5.3 ชั่งน้ำหนัก

3.4.6 นำไปหาปริมาณเส้นใยโดยวิธีวิเคราะห์ Crude fiber

นำตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการเตรียมแล้ววิเคราะห์เปอร์เซนต์ Crude fiber ตามวิธีของ AOAC

3.4.7 ทำการทดลองให้ครบอย่างน้อย 40 ตัวอย่างโดยสุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ผลโดยนำ Plot กราฟและหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R

3.4.8 กำหนดคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งจากรัศมีความโค้งวิกฤตจากเครื่องมือวัดอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองหน่อไม้ฝรั่ง จำนวน 39 ตัวอย่างมาทำการการวัดค่าต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ได้แก่ น้ำหนัก (กรัม) , เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) , ความยาวสีเขียว (เซนติเมตร) เป็นต้น

ตารางที่4.1 ค่าน้ำหนัก , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ จุดกึ่งกลางหน่อ , ความยาวหน่อไม้ฝรั่ง และเปอร์เซนต์ความชื้น

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ จุดกึ่งกลางหน่อ (ซม.)	ความยาว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)
1	7.6364	0.78	22.3	89.6325
2	13.1909	0.74	27.3	95.0087
3	10.0618	0.78	24.0	94.1949
4	11.6307	0.80	26.4	94.5781
5	10.9919	0.84	26.6	93.8782
6	8.9515	0.76	27	95.7415
7	6.7697	0.84	23.5	91.6821
8	7.9690	0.59	28	94.8990
9	10.8919	0.765	25.5	93.8707
10	9.6626	0.74	20.5	95.9948
11	6.7907	0.53	28	93.7532
12	11.3446	0.78	27	95.1774
13	12.9168	0.88	22	93.6130
14	13.9559	1.0	22	93.8485
15	11.2883	0.795	22.3	94.0655
16	12.1208	0.74	25.4	94.6538
17	11.2549	0.83	22	94.1519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ จุดกึ่งกลางหน่อ (ซม.)	ความยาว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)
18	13.3324	0.77	26.0	94.4196
19	13.6496	0.77	27.0	93.8958
20	13.1864	0.78	27.5	94.7772
21	10.5366	0.94	20.0	92.7149
22	10.4351	0.76	24.8	94.0326
23	8.1353	0.80	20.0	92.5670
24	12.8847	0.94	26.0	93.3146
25	14.9008	0.92	26.4	92.5764
26	10.5899	0.80	25.4	94.3050
27	10.8322	0.84	25.2	93.4990
28	13.5400	0.865	26.8	95.0118
29	7.9542	0.82	18.8	92.4543
30	8.6236	0.70	22	93.0203
31	11.9892	0.72	25.8	94.1264
32	11.4435	0.86	25	95.6141
33	11.6323	0.90	22.4	93.1183
34	13.2671	0.90	25.4	94.8014
35	11.2045	0.81	26	92.0907
36	9.9858	0.74	23	93.1933
37	11.2467	0.80	24.5	93.4816
38	12.1474	0.76	25.5	94.5914
39	10.5448	0.70	25.4	93.7287

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96778

ตารางที่4.2 ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม,รัศมีความโค้งวิกฤต , ปริมาณเส้นใย (% Crude Fiber), แรง Bending , F/Z และแรงตัดสูงสุด

ตัวอย่าง	รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม (ซม.)	รัศมีความโค้งวิกฤต (ซม.)	% Crude Fiber	แรง Bending (กรัม)	F/Z (กรัม/ซม.)	แรงตัดสูงสุด(กรัม)
1	4	4	9.5083	302.2	377.75	2159.1
2	4.5	4.5	5.9361	511.6	639.5	2164.4
3	4.5	4.5	15.8289	392.5	490.625	2949.7
4	5.5	5.5	7.7623	409.9	512.375	2241
5	3.5	3.5	10.5542	373.8	467.25	1563
6	2	2	16.3027	184.2	230.25	2197.6
7	2	2	12.2617	159.1	198.875	2179.9
8	4	4	8.4093	221.9	277.375	2357.1
9	1.5	1.5	19.8976	221.9	277.375	2609.6
10	3	3	18.7661	416.7	520.875	2777.1
11	3.5	3.5	15.3444	164.6	205.75	1622.5
12	3	3	15.5509	378	472.5	2172.1
13	4	4	16.2508	455.8	569.75	3090.1
14	3	3	16.7329	472.8	591	3210.1
15	4.5	3	13.4589	422.4	528	3041.9
16	5	2.5	11.5562	402.2	502.75	3013.7
17	3.5	3.5	19.0263	477.3	596.625	2295
18	4.5	3	10.4078	424	530	2720.4
19	4	4	14.9909	535.8	669.75	2696.8
22	4	4	14.4304	438.7	548.375	2068.4
23	3	3	13.2524	389.6	487	2266.6
24	2	2	13.5436	591.2	739	2331.6
25	5.5	3.5	13.1123	421.7	527.125	3228.7
26	4	4	11.6572	454.5	568.125	2191.3
27	3.5	3.5	14.1563	599.2	749	2231.7
28	3.5	2.5	18.7662	305.8	382.25	3893.1

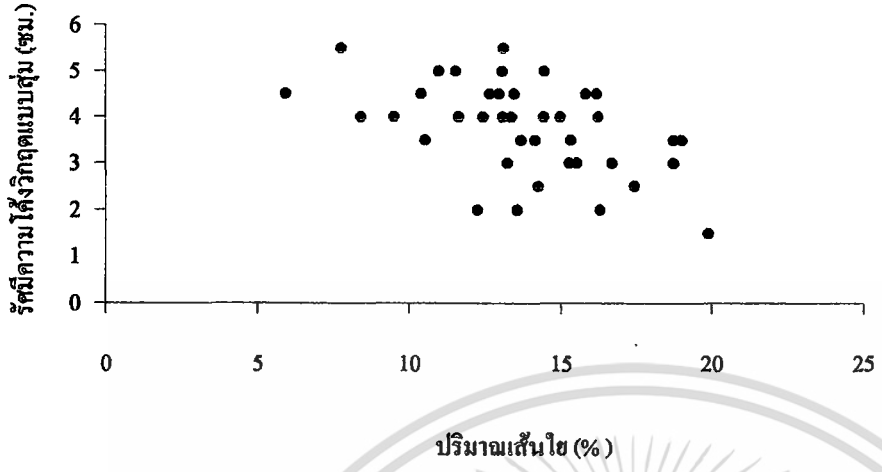
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตัวอย่าง	รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม (ซม.)	รัศมีความโค้งวิกฤต (ซม.)	% Crude Fiber	แรง Bending (กรัม)	F/Z (กรัม/ซม.)	แรงตัดสูงสุด(กรัม)
29	5	5	10.9840	426.2	532.75	2459.7
30	4	3	13.3703	385.5	481.875	2459.1
31	5	3	14.4570	437.4	546.75	3225.6
32	3.5	3.5	13.6970	431.2	539	2689.9
33	4	2.5	13.0913	448.2	560.25	2832.2
34	4.5	3	12.6612	476.5	595.625	3305.5
35	2.5	2.5	17.4487	446.9	558.625	2760.5
36	2.5	2	14.2337	238	297.5	2382.5
37	3	2.5	15.2801	427.5	534.375	3455.2
38	4.5	2.5	16.2100	416.8	521	2333.3
39	4.5	2	12.9720	441.2	551.5	3089.4
ค่าเฉลี่ย	**3.7692**	**3.0556**	**13.7797**	**398.7538**	**498.4423**	**2620.3256**
ค่าสูงสุด	**5.5**	**5.5**	**19.8976**	**599.2**	**749**	**3893.1**
ค่าต่ำสุด	**1.5**	**1.5**	**5.9361**	**159.1**	**198.875**	**1563**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	**0.9924**	**0.9056**	**3.0856**	**104.9089**	**131.1361**	**507.3073**

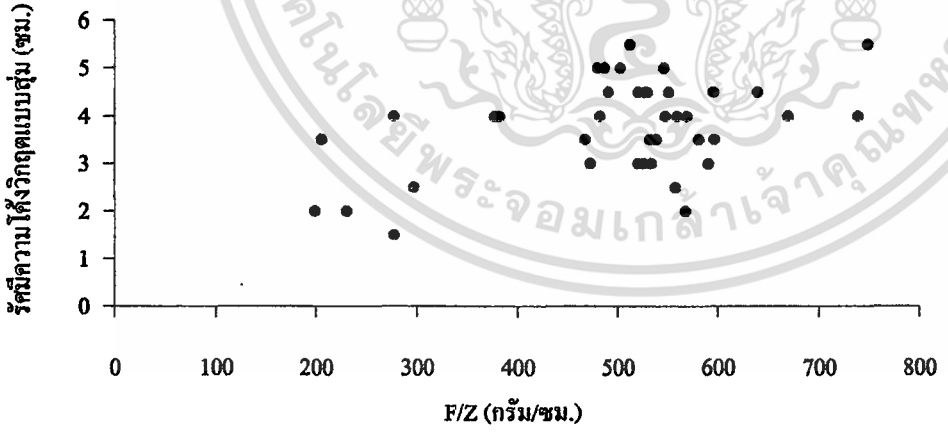
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าปริมาณเส้นใย



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าปริมาณเส้นใยพบว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงความชันลดลง แสดงว่าเมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มมากจะมีปริมาณเส้นใยน้อย

ภาพที่4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่า Bending Elastic Parameter (F/Z)

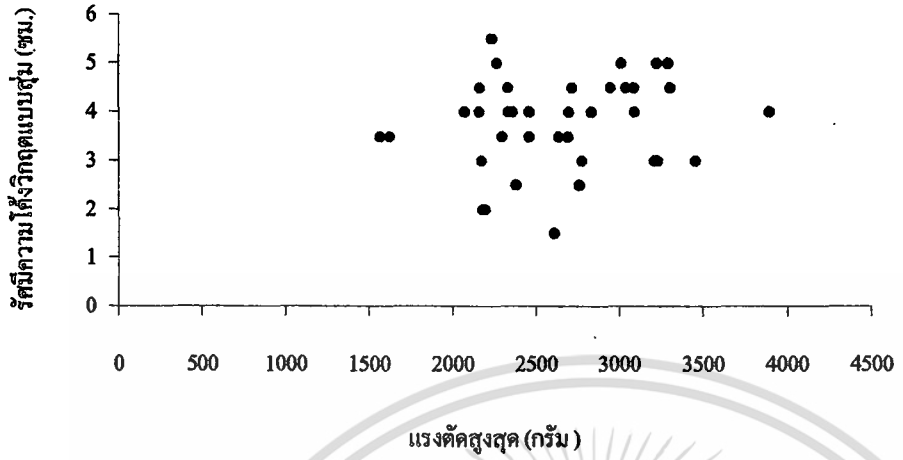


จากกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่า Bending Elastic Parameterrพบว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงความชันเพิ่มขึ้นแสดงว่าเมื่อหน่อไม้ฝรั่งรัศมีค่าความโค้งวิกฤตแบบสุ่มมาก ค่า Bending Elastic Parameter จะมีค่ามากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

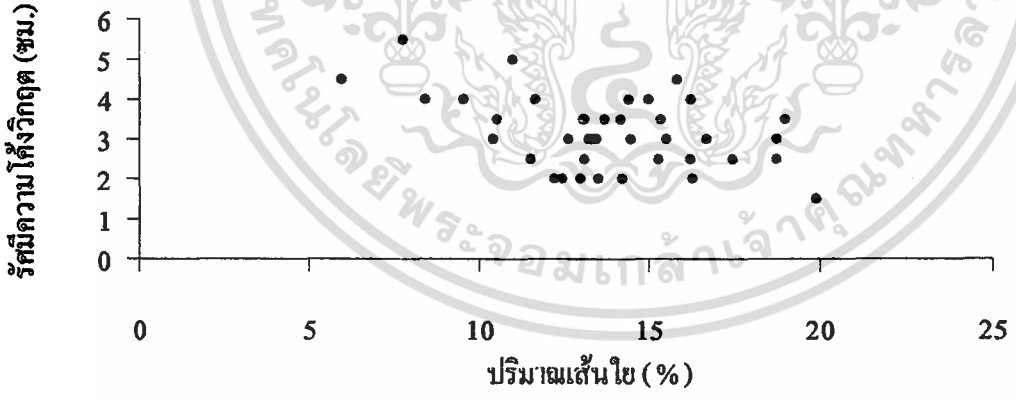
15763

ภาพที่4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าแรงตัดสูงสุด



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับแรงตัดสูงสุดพบว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมีความชันเพิ่มขึ้น คือเมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมากจะมีค่าแรงตัดสูงสุดจะมากด้วย

ภาพที่4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับปริมาณเส้นใย

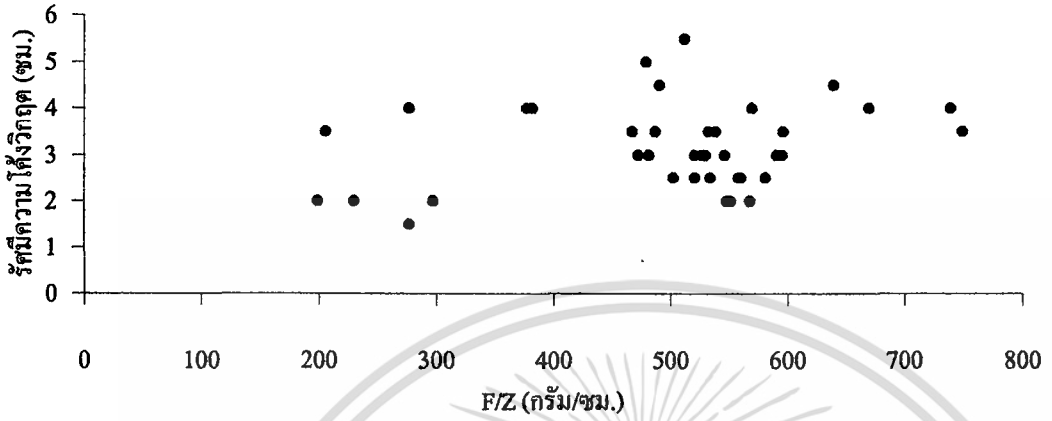


จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับค่าปริมาณเส้นใยกราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมีความชันลดลงคือเมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีรัศมีความโค้งมีค่ามากหน่อไม้ฝรั่งจะมีปริมาณเส้นใยมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

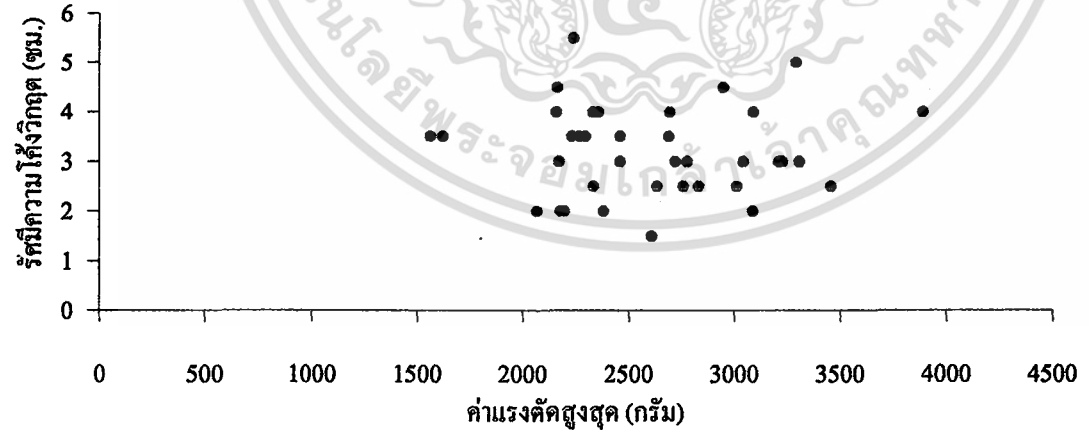
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ภาพที่4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับค่า Bending Elastic Parameter (F/Z)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งแบบควบคุมกับ Bending Elastic Parameter พบว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงความชันเพิ่มขึ้น คือ เมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมาก จะมีค่าBending Elastic Parameter มากด้วย

ภาพที่4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับค่าแรงตัดสูงสุด



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบควบคุมกับค่าแรงตัดสูงสุด พบว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมีความชันเพิ่มขึ้น คือ เมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมาก จะมีค่า แรงตัดสูงสุดมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

Correlation	รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม	รัศมีความโค้งวิกฤต	% Crude fiber	F/Z	แรงตัดสูงสุด
รัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่ม	1	0.5929	-0.4959	0.4535	0.1589
รัศมีความโค้งวิกฤต	0.5929	1	-0.4578	0.2348	0.0217
% Crude fiber	-0.4959	-0.4578	1	0.0250	0.1283
F/Z	0.4535	0.2348	0.0250	1	0.2244
แรงตัดสูงสุด	0.1589	0.0217	0.1283	0.2244	1

4.1.1 จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับปริมาณเส้นใย มีค่าเท่ากับ –0.4959 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตกับปริมาณเส้นใย มีค่าเท่ากับ –0.4578 แสดงว่ามีความสัมพันธ์แนวโน้มในทิศทางตรงกันข้าม คือถ้าค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมีค่ามาก ปริมาณเส้นใยน้อย ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตทั้ง 2 ค่านี้แสดงถึงความกรอบและความเปราะเนื่องจากโครงสร้างในที่ไม่แข็งแรงของหน่อไม้ฝรั่ง

4.1.2 จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่า F/Z มีค่าเท่ากับ 0.435 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตกับค่า F/Z มีค่าเท่ากับ 0.2348 แสดงว่ามีแนวโน้มความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือถ้าค่ารัศมีความโค้งวิกฤตทั้ง 2 ค่ามีค่ามากจะมีค่า F/Z มากด้วยแสดงว่าหน่อไม้ฝรั่งนั้นมีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากค่า F/Z แปรตามค่า Modulus of Elasticity (E) ของวัสดุ

4.1.3 จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตแบบสุ่มกับค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.1589 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรัศมีความโค้งวิกฤตกับค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.0217 แสดงว่าความสัมพันธ์มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน แต่น้อยทั้งนี้เนื่องจากแรงตัดเฉือนสูงสุดแสดงความแข็งของหน่อไม้ฝรั่งมากกว่าที่จะแสดงความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1) เครื่องมือวัดรัศมีความโค้งวิกฤตสามารถวัดค่ารัศมีความโค้งวิกฤตซึ่งมีความสัมพันธ์กับความแก่อ่อนและความยืดหยุ่นของหน่อไม้ฝรั่งได้ โดยหน่อไม้ฝรั่งที่มีรัศมีความโค้งวิกฤตน้อยจะมีความยืดหยุ่นมากหรือเหนียวนั่นเอง

2) ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับปริมาณเส้นใยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบ แสดงว่ามีแนวโน้มสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้ามกัน คือ ถ้าหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตค่ามากจะมีปริมาณเส้นใยน้อย

ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับ Bending Elastic Parameter มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก แสดงว่ามีแนวโน้มสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมากจะมีค่า Bending Elastic Parameter มากด้วย

ค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับแรงตัดเฉือนสูงสุดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก แต่มีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่ามีแนวโน้มสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าหน่อไม้ฝรั่งมีค่ารัศมีความโค้งวิกฤตมากจะมีค่าแรงตัดเฉือนสูงสุดมากด้วย แต่สัมพันธ์กันต่ำกว่าค่ารัศมีความโค้งวิกฤตกับค่าอื่น

5.2 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) ในการทดลองการสุ่มค่ารัศมีความโค้งของหน่อไม้ฝรั่งอยู่ในช่วงไม่กว้างนักคือมีรัศมีความโค้งระหว่าง 1-6 เซนติเมตร อาจสุ่มในช่วงกว้างขึ้นเพื่อผลที่ดีขึ้น

2) ในการทดลองอาจเพิ่มการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อให้สามารถกำหนดคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งจากความชอบของผู้บริโภคกับค่ารัศมีความโค้งวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิรา ณ หนองคาย. 2531. **เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยวผักผลไม้และดอกไม้.** กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์แมส พับลิชชิ่ง . หน้า 222-225

ยุพร พืชกมุทรและวราวุฒิ ครูส่ง.--.**เอกสารประกอบการปฏิบัติการเคมีอาหาร.**ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.หน้า 7-9.

อรสา ดิสถาพร.2540.**เอกสารวิชาการ เรื่องหน่อไม้ฝรั่ง.**พิมพ์ครั้งที่2.กรุงเทพมหานคร.กรมส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร.81 หน้า

Anonymous.1994. **Food Composition and Nurition Table.** Germany :Medpham Scientific Publishers. 702-703.

AOAC.1995. **Association of official Analytical Chemists .**Washington,D.C. :Association of Official Chemist,Inc.70-71.

Clore,W.,J.,Carter,G.,H., and Drake,S.R. 1976.Pre- and Postharvest Factors Affecting Textural Quality of Fresh Asparagus.**J.Amer.Soc.Hort.Sci.**101(5):576-578.

Haard,N.F.,S.C. Sharma, R.Wolfe, and C.Frenkel. 1974. Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus. **J. Food Sci.** 39 :452-456.

Rao , M.A. and Rizvi , S.S.H. , 1986 . **Engineering properties of foods.** New York : Marcel Dekker,Inc.218-219.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีการใช้เครื่องมือ

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

1.1 Calibration เครื่อง

1) ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2) เปิดโปรแกรม Texture in English เลือกเมนู Calibration แล้วเลือก Calibration Force นำน้ำหนัก 5 กิโลกรัม มาวางบนแท่นแล้วกด Enter รอจนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงว่า Calibration สมบูรณ์ก็กดปุ่ม OK แล้วนำน้ำหนัก 5 กิโลกรัมออก ซึ่งถือว่า Calibration Force เสร็จสมบูรณ์

3) ต่อหัววัดเนื้อสัมผัส ที่ต้องการ และฐานสำหรับวัด

1.2 การ Set โปรแกรมวัดลักษณะสัมผัสของตัวอย่าง

1) หลังจาก Calibration Force แล้วให้เลือก TA Setting ที่ปุ่มเมนูเพื่อทำการเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของการวัดให้เป็นการวัดของการวัดแรงของอาหารซึ่งมีค่าดังนี้

วัดแรง Bending ใช้หัววัดชนิด HDP/3PB

Mode	Measure Force in Compression
Option	Return to Start
Pre-Test Speed	1.0 mm/s
Test-Speed	1.0 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
Distance	8.0 mm
Trigger Type	Auto-5 g
Data Acquisition	500 pps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดแรง Shear Cutting Peak Force ใช้หัววัดชนิด HDP/VB

Mode	Measure Force in Compression
Option	Return to Start
Pre-Test Speed	2.0 mm/s
Test-Speed	1.0 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
% Stain	90 %
Trigger Type	Auto-5 g
Data Acquisition	400 pps

แล้วทำการกดปุ่ม Update เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงในโปรแกรมเพื่อทำพร้อมที่จะทำการวัดแรงที่ต้องการ โดยเลือก TA Run a test จากนั้นวางตัวอย่างแล้วเลือก OK หรือเมื่อต้องการทำการวัดอย่างเร็วอาจเลือก Quick a test หรือ Ctrl+Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

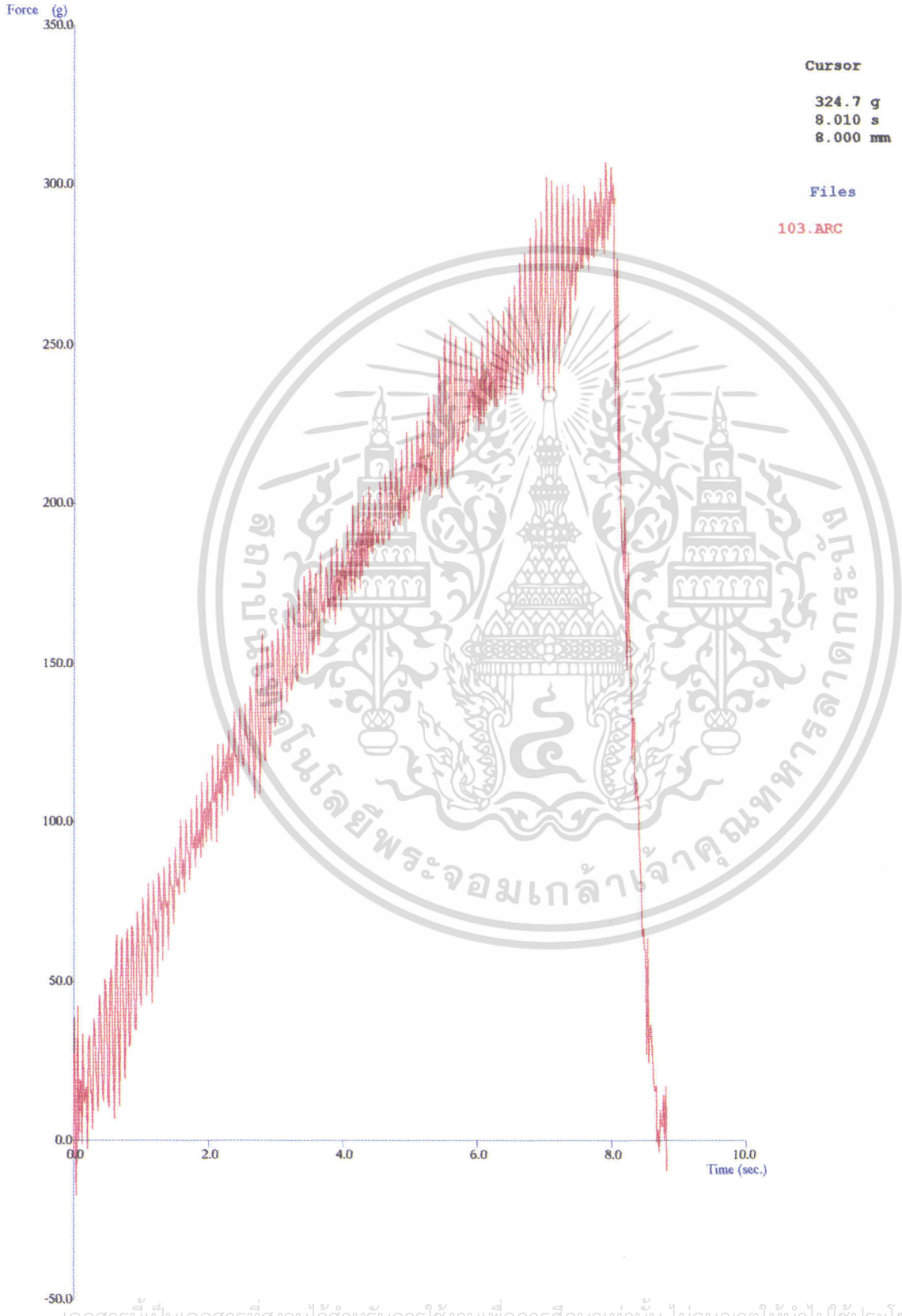
ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างกราฟจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert

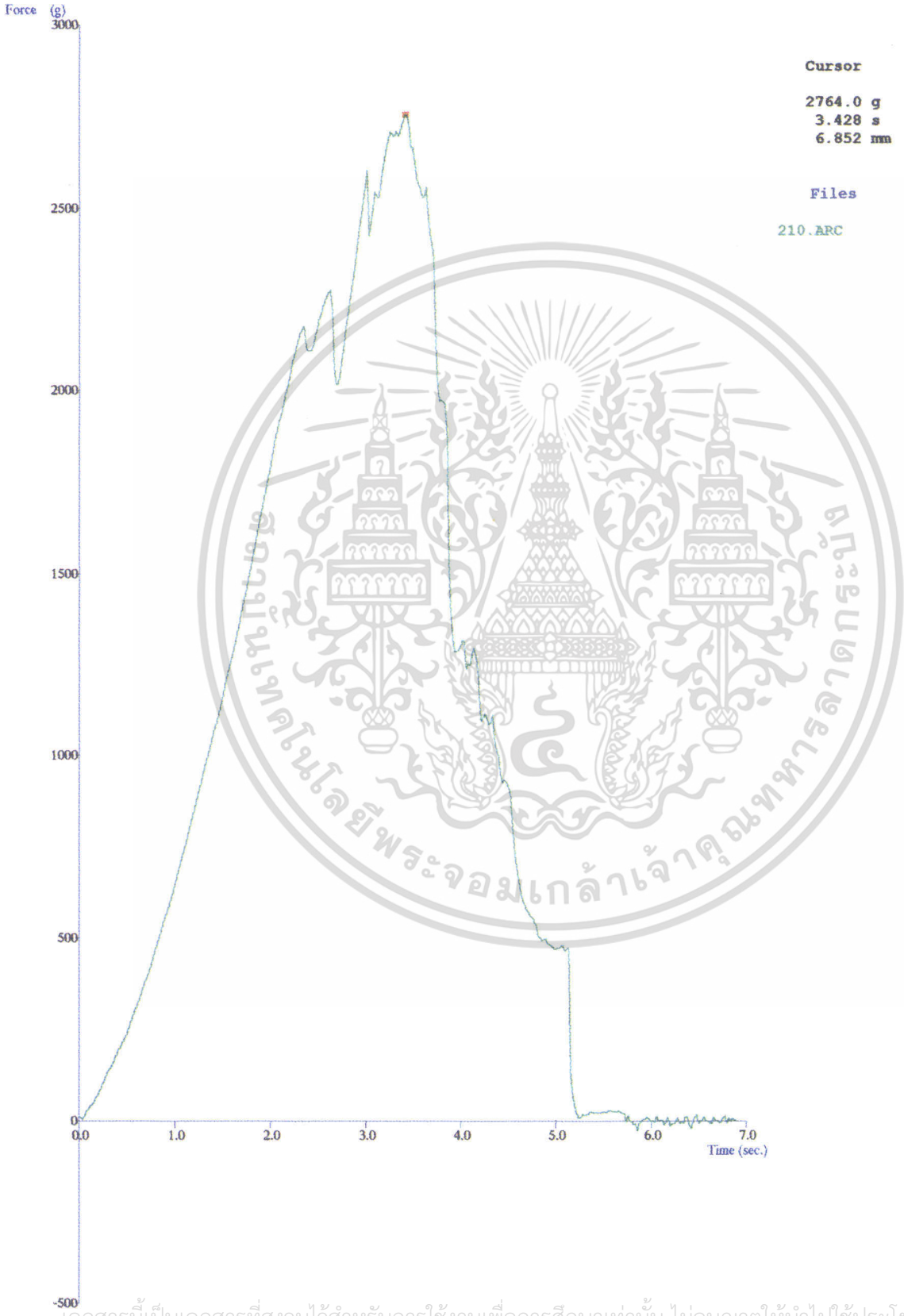
ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟค่าแรง Bending จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert

ภาพที่ 2 ตัวอย่างกราฟค่าแรงตัดเฉือนสูงสุดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวณัฐสุดา สฤษฏ์มุทากุล เกิดเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2520 ที่อำเภอ พญาไท กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนเขมะสิริอนุสสรณ์ กรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ.2538 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2542

นางสาวศุภกาญจน์ อึ้งพงษ์พานิช เกิดเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2520ที่อำเภอ เมือง จังหวัดน่าน สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จังหวัดน่าน ในปี พ.ศ.2538 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้