



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การทดสอบสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม

Coefficient elasticity Testing Of Flower Buds Protection Plastic Net

ไบริน นธิวัฒน์พงษ์¹⁾ จารุพล สุริยวานากุล^{2)*} เยาวพา ตreekamol³⁾ เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต⁴⁾ สุภชัย พลน้ำเที่ยง⁵⁾ภูเบศร์ ยอดรัก⁶⁾Bairin Nithiwatthanaphong¹⁾ Jarupol Suriyawanakul^{2)*} Yaowapa Treekamol³⁾ Kiatfa Tangchaichit⁴⁾Supachai Polnumtiang⁵⁾ Phubet Yodruk⁶⁾^{1) 2) 4) 5)} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น³⁾ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น⁶⁾ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

^{1) 2) 4) 5)} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University³⁾ Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University⁶⁾ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

123 Mitrapap Road, Mueng Khon Kaen Distric, Khon Kaen 40002

Received: 25 July 2024

Revised: 20 September 2024

Accepted: 20 September 2024

Available online: 26 December 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางกลของตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกไม้ตูม เพื่อหาขอบเขตเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการจำแนกชิ้นงานตาข่ายพลาสติกในกระบวนการผลิต การทดลองใช้เครื่องวัดค่าสมบัติทางเนื้อสัมผัส ดึงทดสอบตาข่ายพลาสติก 22 ชิ้นที่ผ่านการคัดเลือกโดยคนงาน โดยกำหนดขนาดของตาข่ายพลาสติกทรงกระบอกที่ใช้ในการทดสอบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางกว้าง 10 mm ยาว 60 mm ความลึกของชิ้นงานด้านกว้างอยู่ใน อุปกรณ์จับยึดด้านละ 2.5 mm ดึงทดสอบด้วยความเร็วคงที่ 50 mm/min ได้กราฟ

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา แรง และระยะดึง ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและระยะดึงพบว่า ความชันส่วนแรกของกราฟคือค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงาน และความชันส่วนที่สองคือสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของวัสดุซึ่งใช้ผลิตชิ้นงานซึ่งจะไม่พิจารณาส่วนนี้ จากผลทดลองทั้ง 22 การทดลองที่ $\pm 3\sigma$ มีค่าเฉลี่ยคือ 0.08725 N/mm และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.02164 N/mm โดยมีขอบเขตบน-ล่างที่ 0.1522 N/mm และ 0.0223 N/mm ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกล ตาข่ายพลาสติก การวัดค่าสมบัติทางเนื้อสัมผัส สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น ตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม

Abstract

This research aims to study about mechanical properties testing of flower buds protection plastic net. To establish standards for distinguishing plastic nets in the production process. By using a Texture Analysis machine to conduct tensile tests on 22 pieces of plastic net that have been sorted by workers. Specifying the size of the cylindrical shape plastic net used in the test to have a diameter width of 10 mm and a length of 60 mm. The depth of the wide workpiece is in the JIG on each side by 2.5 mm, doing tensile test at a constant speed of 50 mm/min. Provide a graph of the relationship between time, force, and stroke distance. The graph of force-stroke distance found that the first slope is the coefficient of elasticity of the workpiece, and the second slope is the coefficient of elasticity of the material used to produce the workpiece, which is not considered in this part. From a total of 22 experiments at $\pm 3\sigma$, with a mean value of 0.08725 N/mm and a standard deviation of 0.02164 N/mm, with upper-lower limits of 0.1522 N/mm and 0.0223 N/mm respectively.

Keywords: Mechanical-properties: Plastic net: Texture-Analysis: Coefficient of Elasticity Flower: Buds protection plastic net

*ติดต่อ: jarupol@kku.ac.th, 043-362144

1. บทนำ

ราคาของผลิตผลทางการเกษตรนั้นแปรผันตรงกับสภาพสมบูรณ์ของตัวผลิตผล ดังจะเห็นได้ชัดเจนในผลิตผลทางการเกษตรจำพวกที่มีราคาสูง อาทิ ดอกไม้และผลไม้ เนื่องจากกลีบของดอกไม้และผิวผลไม้หลาย

ชนิดเสียหายได้ง่าย จำพวกดอกไม้บางชนิดหากถูกขายในสภาพที่ดอกบานแล้วจะมีราคาต่ำกว่าดอกตูม การปลูกลูกไม้เพื่อจัดจำหน่ายในปัจจุบันจึงใช้ตาข่ายพลาสติกที่ยืดหดได้ สวมครอบดอกไม้ตั้งแต่กระบวนการแรกของการออกดอก จนกระทั่งดอกไม้

เติบโตและขยายตัวในตาข่ายพลาสติกโดยที่ก๊อบดอกไม่บานออก คงสภาพเป็นดอกไม้ตูม [1]

สำหรับตาข่ายพลาสติกป้องกันก๊อบดอกไม้กล่าวถึงในข้างต้น เป็นตาข่ายพลาสติกที่ผลิตจากวัสดุ Polyethylene (PE) โดยใช้การขึ้นรูปจากเม็ดพลาสติกด้วยกระบวนการอัดรีดพลาสติก (plastic extrusion) และบิดเกลียวจนเส้นพลาสติกประสานเป็นตาข่าย ก่อนตัดแบ่งเป็นชิ้นตามความยาวที่เหมาะสม [2] ซึ่งตาข่ายพลาสติกที่คล้ายกันนี้เริ่มถูกใช้งานในด้านการเกษตรอย่างแพร่หลาย ทั้งการปกป้องผลผลิตจากแมลง ลดการไหลผ่านของแสงอาทิตย์ในเรือนเพาะปลูก อาทิ ในประเทศอิตาลีที่ใช้ตาข่ายพลาสติกชนิด High density polyethylene (HDPE) มากกว่า 5,300 ตัน ในการเพาะปลูก [3] ดังนั้นจึงเริ่มมีการพยายามที่จะศึกษาหากระบวนการทดสอบตาข่ายพลาสติกเหล่านี้เพื่อหาพฤติกรรมและคุณสมบัติทางกล พบว่า มาตรฐานในการทดสอบ อาทิ ISO , DIN , และ ASTM ไม่ได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบไว้อย่างแน่นอนสำหรับกรทดสอบหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของตาข่ายพลาสติก [4-5] ทำให้การทดสอบตาข่ายพลาสติกเหล่านี้ จำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาจากรูปแบบการใช้งานของผลิตภัณฑ์ตาข่ายพลาสติกนั้นๆ ประกอบ

โดยลักษณะของตาข่ายที่ถูกใช้งานในด้านการเกษตร แบ่งออกเป็นตาข่ายแบบเชื่อม (knitted หรือ knotting) และตาข่ายแบบถัก (woven) สำหรับวิธีการทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกลของตาข่ายที่ถูกใช้งานในด้านการเกษตรซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับ คือ วิธีการทดสอบแรงดึง (tensile test) โดยต้องกำหนดตัวแปรควบคุมสำหรับการทดสอบแรง

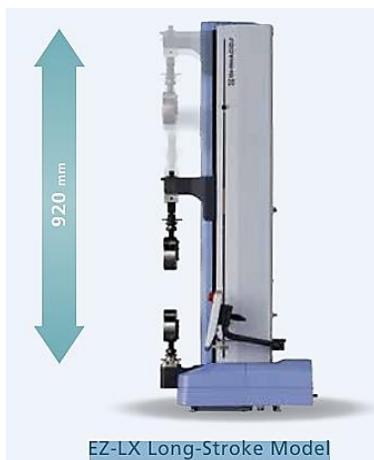
ดึง คือ ความกว้างเฉพาะส่วนของชิ้นทดสอบที่ถูกจับโดยอุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ (clamps หรือ JIG) [3,6] และความเร็วในการดึงทดสอบควรอยู่ในช่วง 50-500 mm/min หรือ 0.83-8.3 mm/s จึงจะไม่ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง [7]

การทดสอบแรงดึงในทิศทางต่างกันให้ผลลัพธ์ต่างกัน โดยจะขึ้นกับลักษณะการทอของตาข่ายว่าเป็นแนวด้ายยืน (warp) หรือด้ายพุ่ง (weft) สำหรับวัสดุที่ใช้ในการผลิตตาข่ายด้านการเกษตรจะพิจารณาจากการใช้งานเป็นหลัก อาทิ ตาข่ายดักปลาจะนิยมใช้วัสดุสังเคราะห์ จำพวก HDPE , PET และ PA เนื่องจากมีความทนทานและไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมต่ำ [8-9] และเนื่องจากวัสดุ Polyethylene (PE) มีค่า Tensile Strength น้อยที่สุด คือ 310-445 MPa จึงมักจะถูกใช้กับงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงของตาข่ายมากแต่ต้องการความยืดหยุ่นเป็นหลัก [9]

ในการทำวิจัยเรื่องนี้จะเป็นการนำชิ้นงานที่ทางโรงงานคัดเลือกมาแล้วว่าผ่านมาตรฐานพร้อมสำหรับการจัดจำหน่าย มาทำการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (coefficient of elasticity) ของผลิตภัณฑ์ตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม จากนั้นอาศัยวิธีการทางสถิติเพื่อหาช่วงขอบเขตบน-ล่างของการแจกแจงการกระจายของข้อมูล นำไปสู่แนวทางการทดสอบผลิตภัณฑ์ของโรงงานเพื่อนำไปทดสอบและทำการปรับใช้เพื่อหาเกณฑ์การทดสอบชิ้นงานที่เหมาะสมต่อไป โดยข้อมูลที่ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติชิ้นนั้นจะถือว่าเป็นค่าที่แท้จริง เมื่อมีการทดลองมากกว่า 20 ครั้ง [10]

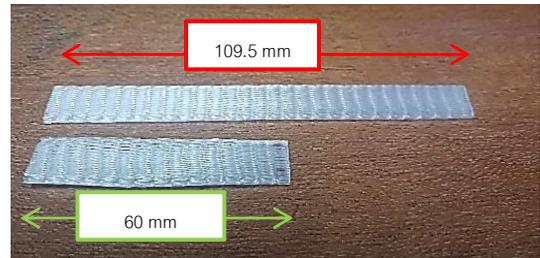
2. วิธีการวิจัย

ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ มาจากเครื่องฉีดพลาสติกชนิด Extruder ของบริษัทแห่งหนึ่งในประเทศเวียดนาม เครื่องทดสอบแรงดึง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น EZ-LX Test ดังรูปที่ 1 โดยเครื่องมี Max. Capacity 5 kN มี Max. Stroke 920 mm มีความเร็วการทดสอบอยู่ในช่วง 0.001-1,000 mm/min ความเร็วสูงสุดการกลับสู่จุดตั้งต้น 1,500 mm/min ค่าความแม่นยำ $\pm 0.5\%$ ที่โหลดเซลล์ขนาด 5 kN



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบแรงดึง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น EZ-LX Test [11]

2.1. เตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 22 ชิ้นที่ถูกคัดเลือกพร้อมจัดจำหน่าย มีเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเส้นพลาสติกเฉลี่ย 0.525 mm/เส้น เส้นผ่าศูนย์กลางโดยรวมของชิ้นงานเฉลี่ย 10 mm/เส้น โดยทำการตัดเพื่อลดความยาวของชิ้นงานจากเดิม มีความยาวเฉลี่ย 109.5 mm เหลือความยาวเฉลี่ย 60 mm ดังรูปที่ 2 เพื่อให้ความยาวของชิ้นงานพอดีกับขนาดของ Clamp/JIG ที่ใช้จับยึดชิ้นงานในการทดสอบ



รูปที่ 2 ลักษณะการเตรียมชิ้นงาน



รูปที่ 3 ลักษณะการจับชิ้นงานกับ Clamp/JIG

2.2. นำชิ้นงานใส่ใน Clamp/JIG สำหรับยึดชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบ จับที่ความลึกของชิ้นงานด้านละ 2.5 mm และทำการจับชิ้นงานในแนวนอน ดังรูปที่ 3

2.3. ตั้งค่าเครื่องทดสอบ Texture Analysis กำหนดความเร็วในการดึงที่ 50 mm/min, วัสดุที่ดึงเป็นพลาสติก และระยะ Stroke สูงสุดที่ 500 mm

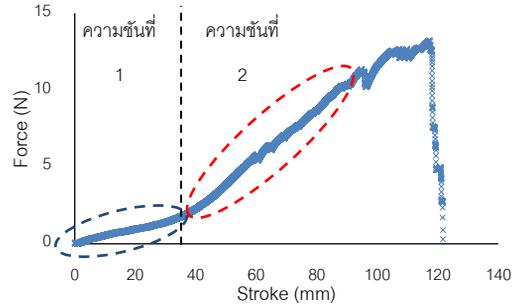
2.4. เริ่มทำการดึงชิ้นทดสอบ ทั้ง 22 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 4 ได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา แรง และระยะ Stroke



รูปที่ 4 ลักษณะการดึงชิ้นงาน

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1. นำข้อมูลทั้งจาก 22 การทดลองมาเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงและระยะ Stroke พบว่า กราฟมีลักษณะดังรูปที่ 5 คือ มีค่าความชันก่อนการขาดของชิ้นทดสอบสองช่วง ได้แก่ ค่าความชันที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยความชันที่ 1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นทางกายภาพของตัวผลิตภัณฑ์ตาข่ายพลาสติกป้องกันก๊ลิบดอกตูมโดยสังเกตจากระยะ Stroke ที่มีค่าอยู่ในช่วง 25-35 mm และค่าความชันที่ 2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของตัววัสดุซึ่งใช้ผลิตตาข่ายพลาสติกป้องกันก๊ลิบดอกตูม คือ Polyethylene [12] ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์เฉพาะค่าความชันในส่วนแรกเท่านั้น เนื่องจากมีวัตถุประสงค์คือการหาค่าคุณสมบัติทางกลของตัวผลิตภัณฑ์ตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม



รูปที่ 5 ลักษณะกราฟที่ได้จากการทดลองที่ 2

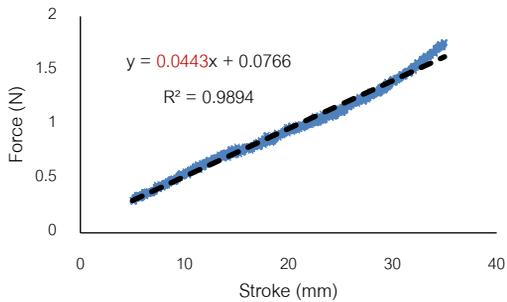
3.2. แยกความชันที่ 1 ออกจากความชันที่ 2 โดยการแบ่งข้อมูลเป็นช่วงย่อยๆ ตามระยะ stroke ได้แก่ 5 – 14 , 15 – 24 , 25 – 34 , 35 – 44 , 45 – 54 และ 55 – 64 mm Stroke ตามลำดับ เพื่อหาความชันในแต่ละช่วงเหล่านี้ โดยใช้วิธีการสร้างกราฟแสดง Trend line หรือใช้สมการที่ 1 ในการหาค่าความชันแต่ละช่วง

$$\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta \text{Force}}{\Delta \text{Stroke}} \quad (1)$$

เมื่อ Force คือ แรง หน่วย N
Stroke คือ ระยะ Stoke หน่วย mm

3.3. เปรียบเทียบค่าความชันกับช่วงย่อยอื่นในการทดลองของตัวอย่างเดียวกัน เมื่อพบว่าความชันมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเกิน 0.05 N/mm ถือเป็นการเข้าสู่ช่วงความชันที่ 2

3.4. หาค่าความชันที่ 1 ของแต่ละการทดลองโดยใช้วิธีการสร้างกราฟแสดง Trend line หรือใช้สมการที่ 1 โดยใช้ข้อมูลในช่วง 5 mm Stroke ถึง mm Stroke สุดท้ายก่อนการเปลี่ยนแปลงไปยังความชันที่ 2 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การหาค่าความชันที่ 1 ของการทดลองที่ 2 โดยใช้ Trend line

จากรูปที่ 6 เป็นการเขียนกราฟเฉพาะช่วงความชันที่ 1 ใช้ Trend line หรือเส้นประสีดำ ในการหาค่าความชัน โดยค่าความชันของการทดลอง คือสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร x

3.5. นำเข้าสู่กระบวนการทางสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

โดยจากการทดลองทั้ง 22 ตัวอย่าง ได้ผลเป็นค่าความชันที่ 1 หรือค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 1

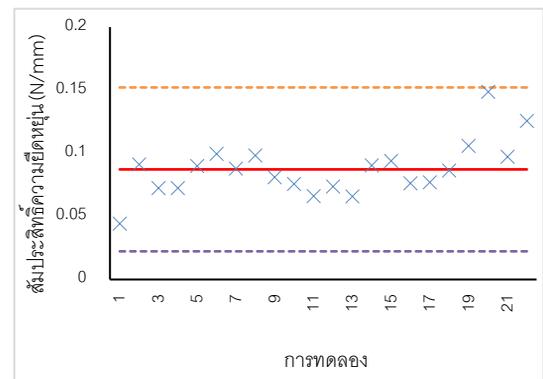
ตารางที่ 1

ค่าความชันที่ 1 ของการทดลองทั้งหมด

การทดลอง	ค่าความชันที่ 1 (N/mm)
1	0.0443
2	0.0911
3	0.0724
4	0.0724
5	0.09
6	0.0995
7	0.088
8	0.0983
9	0.081
10	0.0756
11	0.0661
12	0.0737
13	0.0657
14	0.0903
15	0.094
16	0.0761
17	0.0771
18	0.0863
19	0.1059
20	0.1487
21	0.0973
22	0.1257

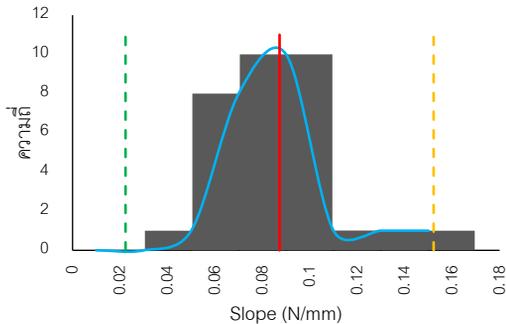
12	0.0737
13	0.0657
14	0.0903
15	0.094
16	0.0761
17	0.0771
18	0.0863
19	0.1059
20	0.1487
21	0.0973
22	0.1257

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 นำมาเขียน Control chart [13] ได้ออกมาดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ความชันที่ 1 ของทั้ง 22 การทดลอง

จากรูปที่ 7 คือ Control chart ของทั้ง 22 การทดลอง ที่ขอบเขต $\pm 3\sigma$ ได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงานตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม มีค่า Mean หรือเส้นสีแดง คือ 0.08725 N/mm , ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.02164 N/mm , ค่าขอบเขตบนที่ $+3\sigma$ หรือเส้นประสีเขียว คือ 0.1522 N/mm และค่าขอบเขตล่างที่ -3σ หรือเส้นประสีเหลืองคือ 0.0223 N/mm



รูปที่ 8 Histogram ของทั้ง 22 การทดลอง

จากรูปที่ 8 ซึ่งเป็น Histogram ของ 22 การทดลองพบว่า ค่าความชันหรือสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงานตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตุ้มที่ได้ มีการกระจายตัวของข้อมูลที่ไม่สมมาตร โดยข้อมูลมีการกระจายตัวชนิดเบ้ซ้าย เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการกระจายตัวของข้อมูลแบบสมมาตรได้ และจากการทดลองทั้ง 22 การทดลองพบว่า ค่า Max Stroke ของความชันส่วนที่ 1 มีค่าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ค่า Max Stroke ของการทดลองทั้งหมด

การทดลอง	Max Stroke (mm)
1	34.99263
2	34.99213
3	34.99263
4	34.993
5	24.99375
6	34.993
7	24.994
8	24.993
9	34.993
10	24.99188
11	34.99275
12	34.992

13	34.99288
14	34.99325
15	24.992
16	34.99263
17	24.99363
18	24.99288
19	24.99375
20	24.99313
21	24.9925
22	24.99213

จากตารางที่ 2 พบว่าค่า Max Stroke ของความชันส่วนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.99 ± 5.12 mm

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงานตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตุ้มจากตัวอย่าง 22 การทดลอง อยู่ในช่วง 0.06-0.1 N/mm เป็นส่วนมาก โดยอยู่ในช่วง 0.06-0.08 N/mm จำนวน 7 ตัวอย่าง และอยู่ในช่วง 0.08-0.1 N/mm จำนวน 10 ตัวอย่าง กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงานตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตุ้มที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมหรือถูกนำไปใช้เป็นข้อกำหนดคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ ควรที่จะอยู่ในช่วง 0.06 – 0.1 N/mm ทั้งนี้เนื่องจากขอบเขตที่เลือกอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เนื่องจากเป็นข้อกำหนดที่โรงงานส่วนมากเลือกใช้ ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดของเสียเพียง 0.3% เท่านั้น โดยสามารถที่จะลดขอบเขตลงมาแล้วใช้วิธีหาสาเหตุการเกิดของเสียโดยอาศัยหลัก 4M ได้แก่ Man , Material , Method และ Machine เข้าช่วยดัง [14,15] เพื่อหาสาเหตุหลักของการเกิดชิ้นงานเสียที่มีสัดส่วนมากที่สุด แล้วจึงทำการแก้ไขเพื่อลดจำนวนชิ้นงานเสียดังกล่าว

4. สรุป

จากผลการเก็บตัวอย่างทดสอบแรงดึงของตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม 22 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นจากส่วนที่ 1 ไปยังส่วนที่ 2 ที่ระยะ Stroke 25 mm 11 การทดลอง และ 35 mm 11 การทดลอง โดยค่าความชื้นที่ 1 ซึ่งคือค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงานตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.02164 N/mm , มีค่า Mean คือ 0.08725 N/mm ที่ขอบเขต [0.0223 , 0.1522] N/mm หรือ $\pm 3\sigma$ โดยข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวชนิดเบ้ซ้ายค่า Max Stroke ของความชื้นส่วนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.99 ± 5.12 mm และสำหรับการนำข้อมูลชุดนี้ไปอ้างอิงในการกำหนดคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ตาข่ายพลาสติกป้องกันดอกตูม ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของชิ้นงาน ควรที่จะอยู่ในช่วง [0.06 , 0.1] N/mm โดยสามารถระบุค่าให้แม่นยำมากขึ้นได้ด้วยการเพิ่มตัวอย่างในการทดลอง นำไปสู่การตั้งค่าเครื่องจักรให้สามารถฉีดชิ้นงานที่ได้ค่ามาตรฐานก่อนเริ่มเดินสายการผลิตต่อเนื่อง เพื่อนำไปสู่การตั้งค่าเครื่องจักรให้สามารถฉีดชิ้นงานที่ได้ค่ามาตรฐานก่อนเริ่มเดินสายการผลิตต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท Thien Phuoc Manufacturing and Trading ประเทศเวียดนาม ที่ช่วยสนับสนุนหัวข้อในการวิจัยและชิ้นงานทดสอบ ขอขอบคุณอุทยานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนเครื่องมือในการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครโฮจิมินห์. เวียดนาม - ผู้ส่งออกดอกไม้. ข่าวเด่นประจำสัปดาห์จากสคต ณ นครโฮจิมินห์. (สื่อออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2566]. เข้าถึงได้จาก : www.ditp.go.th/contents_attach/148900/148900.pdf
- [2] Castellano S, Scarascia Mugnozza G, Russo G, Briassoulis D, Mistriotis A, Hemming S, et al. Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications. *Appl Eng Agric.* 2008; 24(6): 799–808.
- [3] Briassoulis D, Mistriotis A, Eleftherakis D. Mechanical behaviour and properties of agricultural nets—Part I: Testing methods for agricultural nets. *Polym Test.* 2007 Sep 1; 26(6): 822–32.
- [4] Brussels. Personal communication with CEN/TC 248/WG 3 and ISO/ TC 38/-WG 21 dealing with the European and International Standardisation of twines, ropes and netting, Comite Europeen de Normalisation. 2005.

- [5] Personal communication with ASTM's Committee D35 on Geosynthetics and ASTM's Committee D13 on Textiles. 2005.
- [6] Briassoulis D, Mistriotis A, Eleftherakis D. Mechanical behaviour and properties of agricultural nets. Part II: Analysis of the performance of the main categories of agricultural nets. *Polym Test*. 2007;26(8): 970–84.
- [7] Moe H, Olsen A, Hopperstad OS, Jensen Ø, Fredheim A. Tensile properties for netting materials used in aquaculture net cages. *Aquac Eng*. 2007 Nov 1; 37(3): 252–65.
- [8] Sharif NFH, Mon SZK. A Review on the Strength of Fishing Net; The Effect of Material, Yarn Diameter and Mesh Size. *Prog Eng Appl Technol* [Internet]. 2021;2(1):1030–6.v [cited 2024 Jul 27]. Available from: <https://doi.org/10.30880/peat.2021.02.01.100>
- [9] Fibres. Chapter 3 Recent trends in fishing gear materials. In 2017. p. 39–56.
- [10] Woravith C. editor. Statical Evaluation of analytical data [Internet]. Thailand: Slideshare a scribd company. [cited 2024 Jun 5] Available from: <https://www.slideshare.net/slideshow/statistical-evaluation-of-analytical-data/250973515>
- [11] shimatzu corporation. EZ Test, Compact Tabletop Tester, Universal / Tensile Testing Machine [Internet]. [cited 2024 Jun 5]. Available from: <https://www.shimadzu.com/an/products/materials-testing/uni-ttm/ez-test/>
- [12] AWWA. Engineering Properties of Polyethylene. 2005.
- [13] ธนภฤช ชุ่นแข็ง. การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; กรุงเทพฯ; 2557.
- [14] สุภานันต์ เขียวสังข์, ศุภรัชชัย วรรัตน์. การลดของเสียในกระบวนการผลิตการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 17-19 ตุลาคม 2555, จังหวัดเพชรบุรี; 2555.
- [15] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการควบคุมคุณภาพ. 3rd ed. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2551.