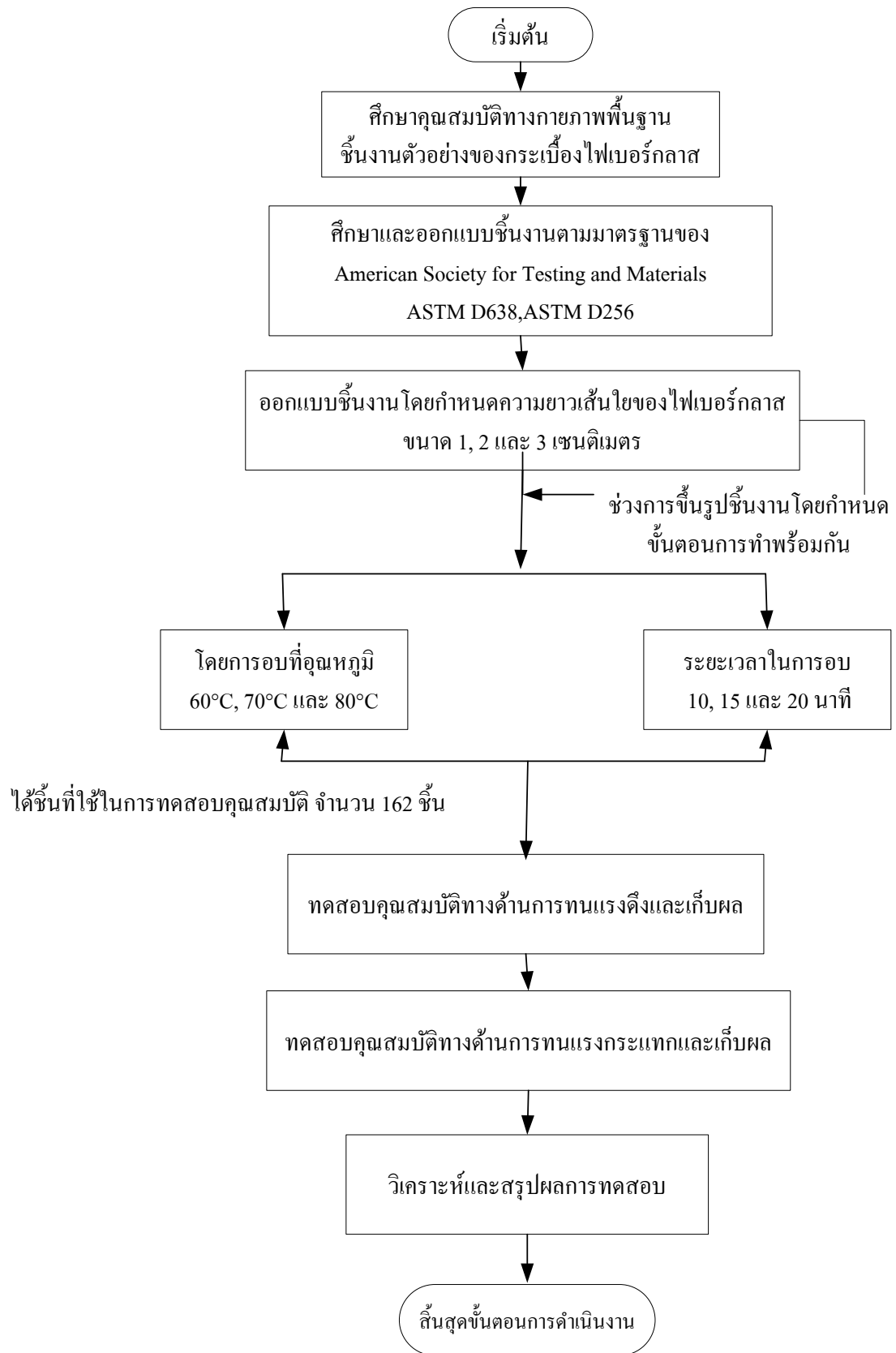


บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

มีตัวแปรหลักคือความยาวของเส้นใยแก้วชนิด E-glass ซึ่งอาจทำให้มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกล (การทนแรงดึง Tensile และ การทนแรงกระแทก Impact) ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อการทนแรงดึงจะทำการจำลองการทดลองในรูปแบบงานวิจัยเชิงทดลองแบบ Factorial Design ที่ทำการสุ่มลำดับขั้นตัวอย่างเพื่อนำมาทำการทดลอง โดยทำการศึกษาออกแบบการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

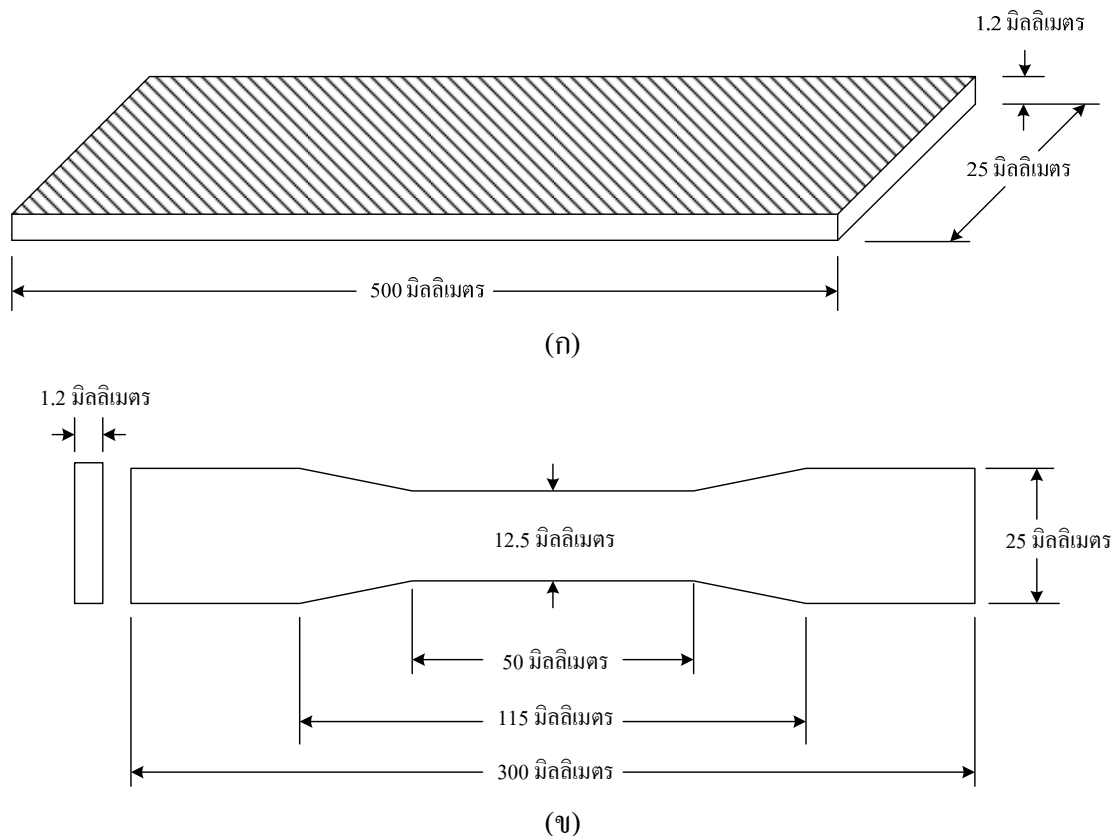
1. ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยไฟเบอร์ชนิด E-glass ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials ASTM D 638
2. ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยไฟเบอร์ชนิด E-glass ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials ASTM D 256
3. ขั้นตอนในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยแก้วชนิด E-glass โดยมีการวางแผนดำเนินงานดำเนินงานแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการดำเนินงาน

3.2 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยแก้วชนิด E-glass ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials ASTM D638

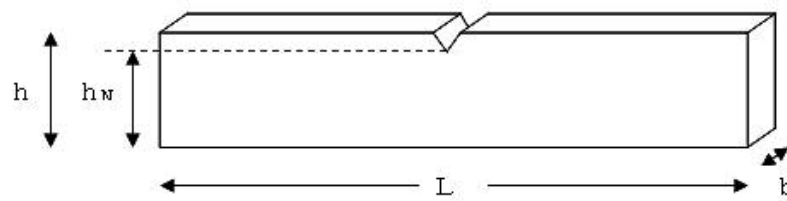
หลังจากได้ทำการศึกษาทฤษฎีและศึกษาทางกายภาพพื้นฐานของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จึงได้กำหนดให้ใช้เส้นใยแก้ว ชนิด E-glass เนื่องจากการทนต่อการรับแรงและเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้าได้ดี การศึกษาในครั้งนี้ได้นำเอาเส้นใยแก้วขนาดต่างๆ คือ 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ผสมลงในกระเบื้อง ซึ่งขึ้นตัวอย่างเป็นพอลิคาร์บอเนตผสม (PC) ที่ผ่านการขึ้นรูปแบบหล่อขึ้นงาน และอบด้วยความร้อน (Thermosetting Molding) โดยมีลักษณะรูปร่างดัมเบล หน้าตัดสี่เหลี่ยมตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials ASTM D638 [7] โดยทำการตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตรหนา 1.2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.2



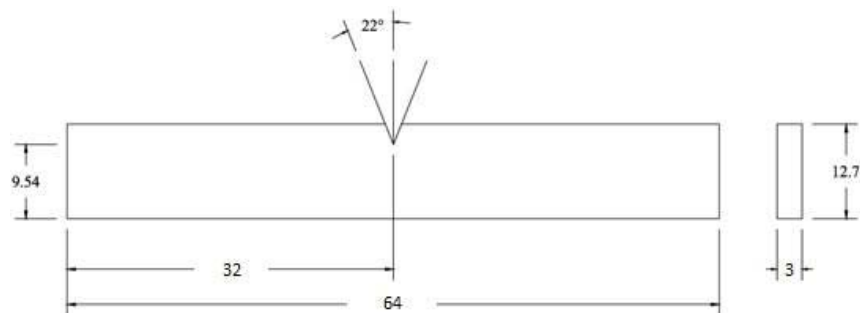
รูปที่ 3.2 โครงสร้างชิ้นงานในการทดสอบแรงดึงของไฟเบอร์กลาสตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials ASTM D638 ตัดขึ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ก) ตักรูปทรงดัมเบล ตามมาตรฐาน ASTM D638 (ข)

3.3 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยไฟเบอร์ชนิด E-glass ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials ASTM D256

การขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทดสอบการทนแรงกระแทกนั้นอ้างอิงตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials ASTM D256 [8] ตัดขึ้นทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความยาว 64 มิลลิเมตร กว้าง 12.7 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4



(ก)

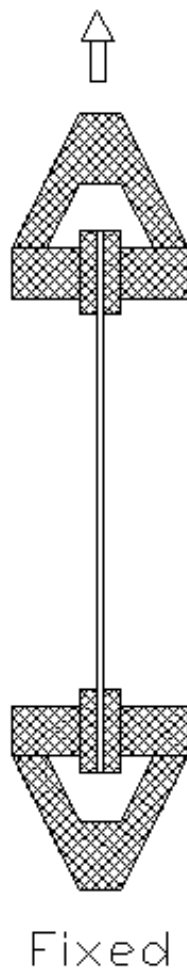


(ข)

รูปที่ 3.3 โครงสร้างชิ้นงานในการทดสอบแรงกระแทกของไฟเบอร์กลาสตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials ASTM D256 ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ข (ก) บากร่องกึ่งกลางตามมาตรฐาน ASTM D256 (ข)

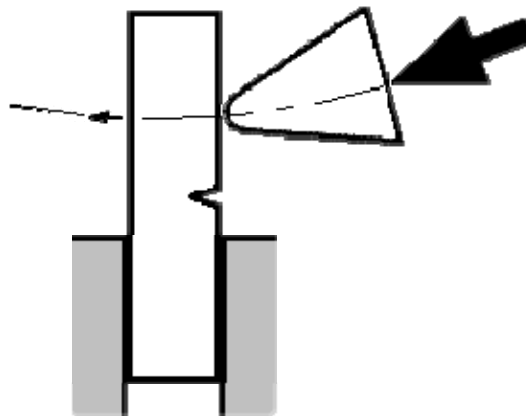
3.4 ขั้นตอนในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของกระเบื้องไฟเบอร์กลาส จากเส้นใยแก้วชนิด E-glass

ทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือทดสอบแรงดึง Load 20 KN โหลดเซลล์ขนาด 20 กิโลนิวตัน โดยใช้การทดสอบแรงดึงแบบอัตราการยืดตัวคงที่ (Constant rate of extension machines) ด้วยความเร็วในการทดสอบแรงดึง (Speed of Test) 50 มิลลิเมตร/นาที ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานสำหรับคุณสมบัติแรงดึงของพลาสติก Standard test Method for Tensile Properties of Plastics (ASTM D638-03) จำนวน 3 ชิ้นตัวอย่าง ของแต่ละชุดความยาวเส้นใย และในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง ต่อชิ้นตัวอย่างกระเบื้องไฟเบอร์กลาสเพื่อบันทึกผลค่าต่าง ๆ ที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกล เช่น ความเค้นสูงสุด ตามลำดับค่าคุณสมบัติทางกลคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชิ้นตัวอย่าง



รูปที่ 3.4 เครื่องมือในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นตัวอย่างกระเบื้องไฟเบอร์กลาส

ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องมือทดสอบแรงกระแทก Microcomputer Controlled Pandulum Impact Testing Machine รุ่น JBW-300 ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานสำหรับคุณสมบัติแรงกระแทกของพลาสติก Standard test Method for Tensile Properties of Plastics (ASTM D256) จำนวน 3 ชิ้นตัวอย่าง ของแต่ละชุดความยาวเส้นใย และในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง ต่อชิ้นตัวอย่างกระเบื้องไฟเบอร์กลาสเพื่อบันทึกผลค่าต่าง ๆ ที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกล เช่น ความเค้นสูงสุด ตามลำดับค่าคุณสมบัติทางกลคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชิ้นตัวอย่าง



รูปที่ 3.5 เครื่องมือในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นตัวอย่างกระเบื้องไฟเบอร์กลาส

ในขั้นตอนนี้ จะทำการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 และ รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามมาตรฐาน ASTM D256 จำนวน 81 ชิ้น โดยจะแบ่งการแยกการอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และระยะเวลาเวลาต่างๆ ในการอบความร้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำพร้อมกันกับการผสมความยาวเส้นใยในแต่ละชุดความยาวเส้นใย โดยจะแยกรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลองขนาดของความยาวของเส้นใย

	อุณหภูมิในการเซตตัว								
	60 °C			70 °C			80 °C		
	เวลาในการเซตตัว (นาที)								
ความยาวเส้นใยแก้ว	10	15	20	10	15	20	10	15	20
1 เซนติเมตร	1	2	3	31	32	6	61	8	36
	28	56	30	58	5	60	7	35	9
	55	29	57	4	59	33	34	62	63
2 เซนติเมตร	64	38	66	40	41	42	16	17	18
	10	65	39	67	68	15	70	44	72
	37	11	12	13	14	69	43	71	45
3 เซนติเมตร	19	20	48	22	23	51	79	53	54
	73	74	21	49	77	24	25	26	81
	46	47	75	76	50	78	52	80	27

ดังนั้น จำนวนชิ้นงานตัวอย่างในการทดสอบความทนแรงดึงและทดสอบความทนแรงกระแทกของกระเบื้องไฟเบอร์กลาสจากเส้นใยไฟเบอร์ ชนิด E-glass มีทั้งสิ้น 162 ชิ้นงาน

3.5 สมการปริมาณส่วนผสมของวัสดุเชิงประกอบ

ปริมาณของวัสดุเชิงประกอบ สามารถคำนวณ ดังสมการที่ 2.4

$$\sigma_c = \frac{3}{8} \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \quad (2.4)$$

เมื่อ	σ_f	คือ	ความเค้นแรงดึงของเส้นใยแก้ว
	σ_m	คือ	ความเค้นแรงดึงของเรซิน
	V_f	คือ	ปริมาณเส้นใยแก้ว
	V_m	คือ	ปริมาณเรซิน

3.6 การจำลองอิทธิพลทางความร้อนที่กระทำต่อชิ้นงานโดยการใช้โปรแกรม

วิเคราะห์ในการสุ่มตัวอย่าง

ในการจำลองอิทธิพลทางความร้อนที่กระทำต่อชิ้นตัวอย่างกระเบื้องไฟเบอร์กลาส โดยการอบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ณ เวลาในการแข็งตัว 10, 15 และ 20 นาที ตามมาตรฐานผู้ผลิต American Society for Testing and Materials ASTM D638 นั้น เพื่อทำให้เกิดความเที่ยงตรงและความแม่นยำมากที่สุด จึงใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 16 ในการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และช่วยในการออกแบบการทดลองแบบ Factorial Design จึงนำเอาชิ้นงานทั้ง 81 ชิ้นงาน มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ดังตารางที่ 3.2

Multilevel Factorial Design

Factors: 3 Replicates: 3

Base runs: 27 Total runs: 81

Base blocks: 1 Total blocks: 1

Number of levels: 3, 3, 3

ตารางที่ 3.2 ตารางการสุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์

Std. Order	Run Order	Pt. Type	Blocks	ความยาวของเส้นใย	อุณหภูมิ	เวลา
1	1	1	1	1 cm.	60°C	10 min
20	2	1	1	3 cm.	60°C	15 min
48	3	1	1	3 cm.	60°C	20 min
63	4	1	1	1 cm.	80°C	20 min
58	5	1	1	1 cm.	70°C	10 min
34	6	1	1	1 cm.	80°C	10 min
72	7	1	1	2 cm.	80°C	20 min
68	8	1	1	2 cm.	70°C	15 min
30	9	1	1	1 cm.	60°C	20 min
56	10	1	1	1 cm.	60°C	15 min
81	11	1	1	3 cm.	80°C	20 min
25	12	1	1	3 cm.	80°C	10 min
39	13	1	1	2 cm.	60°C	20 min
77	14	1	1	3 cm.	70°C	15 min
26	15	1	1	3 cm.	80°C	15 min
62	16	1	1	1 cm.	80°C	15 min

ตารางที่ 3.2 ตารางการสุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

Std. Order	Run Order	Pt Type	Blocks	ความยาวของเส้นใย	อุณหภูมิ	เวลา
66	17	1	1	2 cm.	60°C	20 min
8	18	1	1	1 cm.	80°C	15 min
61	19	1	1	1 cm.	80°C	10 min
64	20	1	1	2 cm.	60°C	10 min
41	21	1	1	2 cm.	70°C	15 min
6	22	1	1	1 cm.	70°C	20 min
31	23	1	1	1 cm.	70°C	10 min
35	24	1	1	1 cm.	80°C	15 min
51	25	1	1	3 cm.	70°C	20 min
60	26	1	1	1 cm.	70°C	20 min
19	27	1	1	3 cm.	60°C	10 min
79	28	1	1	3 cm.	80°C	10 min
32	29	1	1	1 cm.	70°C	15 min
16	30	1	1	2 cm.	80°C	10 min
70	31	1	1	2 cm.	80°C	10 min
12	32	1	1	2 cm.	60°C	20 min
67	33	1	1	2 cm.	70°C	10 min
44	35	1	1	2 cm.	80°C	15 min
15	36	1	1	2 cm.	70°C	20 min
46	37	1	1	3 cm.	60°C	10 min
14	38	1	1	2 cm.	70°C	15 min
10	39	1	1	2 cm.	60°C	10 min
52	40	1	1	3 cm.	80°C	10 min
7	41	1	1	1 cm.	80°C	10 min
59	42	1	1	1 cm.	70°C	15 min
74	43	1	1	3 cm.	60°C	15 min
45	44	1	1	2 cm.	80°C	20 min
38	45	1	1	2 cm.	60°C	15 min
65	46	1	1	2 cm.	60°C	15 min
29	47	1	1	1 cm.	60°C	15 min
28	48	1	1	1 cm.	60°C	10 min

ตารางที่ 3.2 ตารางการสุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

Std. Order	Run Order	Pt Type	Blocks	ความยาวของเส้นใย	อุณหภูมิ	เวลา
27	49	1	1	3 cm.	80 °C	20 min
55	50	1	1	1 cm.	60 °C	10 min
18	51	1	1	2 cm.	80 °C	20 min
28	48	1	1	1 cm.	60 °C	10 min
27	49	1	1	3 cm.	80 °C	20 min
55	50	1	1	1 cm.	60 °C	10 min
18	51	1	1	2 cm.	80 °C	20 min
69	52	1	1	2 cm.	70 °C	20 min
57	53	1	1	1 cm.	60 °C	20 min
54	54	1	1	3 cm.	80 °C	20 min
47	55	1	1	3 cm.	60 °C	15 min
75	56	1	1	3 cm.	60 °C	20 min
76	57	1	1	3 cm.	70 °C	10 min
36	58	1	1	1 cm.	80 °C	20 min
17	59	1	1	2 cm.	80 °C	15 min
21	60	1	1	3 cm.	60 °C	20 min
50	61	1	1	3 cm.	70 °C	15 min
40	62	1	1	2 cm.	70 °C	10 min
42	63	1	1	2 cm.	70 °C	20 min
37	64	1	1	2 cm.	60 °C	10 min
22	65	1	1	3 cm.	70 °C	10 min
49	66	1	1	3 cm.	70 °C	10 min
11	67	1	1	2 cm.	60 °C	15 min
71	68	1	1	2 cm.	80 °C	15 min
9	69	1	1	1 cm.	80 °C	20 min
43	70	1	1	2 cm.	80 °C	10 min
4	71	1	1	1 cm.	70 °C	10 min
2	72	1	1	1 cm.	60 °C	15 min
24	73	1	1	3 cm.	70 °C	20 min
13	74	1	1	2 cm.	70 °C	10 min
3	75	1	1	1 cm.	60 °C	20 min

ตารางที่ 3.2 ตารางการสุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

Std Order	Run Order	Pt Type	Blocks	ความยาวของเส้นใย	อุณหภูมิ	เวลา
23	76	1	1	3 cm.	70 °C	15 min
78	77	1	1	3 cm.	70 °C	20 min
80	78	1	1	3 cm.	80 °C	15 min
53	79	1	1	3 cm.	80 °C	15 min
33	80	1	1	1 cm.	70 °C	20 min
5	81	1	1	1 cm.	70 °C	15 min