

การนำเศษแผ่นพารทิเคิลจากการตัดริมนมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพารทิเคิล



นางสาว สรียา กสิกันท์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-464-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

USE OF PARTICLEBOARD SCRAPS FROM CUTTING FOR MIXING IN THE PARTICLEBOARD  
MANUFACTURING PROCESS



Miss. Sareeya Kasikpan

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-464-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล
โดย	นางสาว สรียา กสิกันธุ์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	อาจารย์ ดร.จิตรา ฐักิจการพานิช

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)  
(อาจารย์ ดร.จิตรา ฐักิจการพานิช)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)

สรียา กลิกพันธุ์ : การนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล.  
(USE OF PARTICLEBOARD SCRAPS FROM CUTTING FOR MIXING IN THE  
PARTICLEBOARD MANUFACTURING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย,  
อ. ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร.จิตรา ฐักิจการพานิช, 285 หน้า. ISBN 974-346-464-6

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความคง  
ขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิล และหาเงื่อนไขส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัด  
ริมมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล โดยอาศัยหลักการออกแบบการทดลอง เพื่อเพิ่มมูลค่า  
ของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตได้ต้องมีคุณภาพตรงตาม  
มาตรฐาน และเหมาะสมต่อการใช้งาน

การวิจัยเริ่มจากการทดลองศึกษาปัจจัย 4 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณ  
กาวผิว ปริมาณกาวไส้ และปริมาณสารเร่งแข็ง ปัจจัยเหล่านี้ถูกนำไปทดลองเบื้องต้น พบว่า  
ปริมาณสารเร่งแข็งก่อให้เกิดปัญหาในการผลิต จึงพิจารณาปัจจัยที่เหลือเพียง 3 ปัจจัย และนำปัจจัย  
เหล่านี้ไปทำการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและ  
ความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิลตามข้อกำหนดของ มอก.876-2532 และทำการศึกษาวิเคราะห์หา  
ปัจจัยและส่วนผสมที่เหมาะสมจากผลการทดลอง แล้วนำไปทดลองผลิตจริง

จากการศึกษาโดยอาศัยผลการทดสอบความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิลตาม  
มอก.876-2532 สรุปส่วนผสมที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  0.05 ได้ดังนี้ คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์  
ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้  
แห้ง ซึ่งเมื่อนำสภาวะการทดลองที่ได้ไปทดลองผลิตจริงพบว่าได้ผลของค่าความแข็งแรงและความคง  
ขนาดใกล้เคียงกับที่ได้ในการทดลอง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## 4170572321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: Particleboard/Material of Particleboard / Design of Experiment/Randomized Complete Block Design.

SAREEYA KASIKPAN : USE OF PARTICLEBOARD SCRAPS FOR MIXING IN THE PARTICLEBOARD MANUFACTURING PROCESS.

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.DAMRONG THAVEESAENGSAKULTHAI

THESIS COADVISOR : JITTRA RUKIJKANPANICH,Ph.D. 285 pp. ISBN 974-346-464-6.

The objectives of this research are to examine the factors that influence the strength and dimensional stability of particleboards and to use the design of experiment technique to determine the appropriate mixing ingredients in the use of recycled particleboard scraps in the particleboard manufacturing process with the aim of giving value-added to the otherwise useless scraps , on the condition that the finished particleboard must comply with the quality standard and suitable for the intended applications.

The four factors studied in the initial phase of the research were the amount of particleboard scraps in the particleboard , the amount of surface adhesive , the amount of core adhesive , and the amount of hardener in the manufacturing process . Initial runs of the experiment caused production problems in the variation of the amount of the hardener. Therefore, only the three remaining factors were used in the subsequent runs of the experiment . The three factors were studied using randomized complete block design. The finished particleboards were then tested for strength and the dimensional stability properties in accordance with the TIS 876-2532 specifications. The experimental results were then analyzed and the appropriate levels of the mixing ingredients were determined and used in the trial production runs.

Based on the test results on the strength and dimensional stability of the particleboard in accordance with TIS 876-2532 , the appropriate mixing ingredients , with 0.05  $\alpha$  significance level , were the amount of particleboard scraps at 5% of the total amount of particleboard , the amount of surface adhesive at 16% of dried wood flakes , the amount of core adhesive at 9% of dried wood flakes , weight to weight. When the recommended mixing ingredients were used in the trial production runs , the results on the strength and dimensional stability were found to be consistent with these obtained in the experimental runs.

Department Industrial Engineering

Field of study Industrial Engineering

Academic year 2000

Student's signature .....

Advisor's signature .....

Co-advisor's signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.จิตรา ฐักิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ชี้แนะแนวทางและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการ ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณผานิต ชวชัยชนานนท์ ผู้จัดการโรงงานที่ได้ให้การสนับสนุน และความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณสุคนธา นึกชอบ หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ ส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการทดลองเป็นอย่างดี ตลอดจนพนักงานในโรงงานทุกคนที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือ

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณวรรณม อุ่นจิตติชัย นักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ได้สละเวลาให้การช่วยเหลือ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ พี่น้อง เพื่อนนิสิต และท่านที่มีได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ หวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจที่จะนำไปเป็นแนวทางไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.4 ขั้นตอนของการวิจัย.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 หลักการที่เกี่ยวกับการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล.....	7
2.2 ทฤษฎีการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ.....	16
2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง.....	36
3.1 การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
3.2 การเลือกปัจจัยที่จะนำมาศึกษา และระดับของปัจจัย.....	37
3.3 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล.....	39
3.4 แผนการออกแบบการทดลอง.....	41
บทที่ 4 การดำเนินการทดลอง.....	50
4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง.....	50
4.2 วิธีการตรวจสอบ.....	51
4.3 การทดลอง.....	52

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การจัดแบ่งชั้นทดสอบ.....	52
4.5 การทดสอบคุณสมบัติ.....	53
บทที่ 5 การคำนวณและการวิเคราะห์ผล.....	61
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	61
5.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง.....	127
5.3 การทดลองผลิตจริง.....	131
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	133
6.1 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล.....	133
6.2 สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล.....	135
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	136
รายการอ้างอิง.....	138
ภาคผนวก.....	140
ประวัติผู้เขียน.....	285

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 จำนวนแผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาตัดริม ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2542.....	3
1.2 ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2542..	3
2.1 ชนิดของแผ่นพาร์ทิเคิล แบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น.....	7
2.2 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน.....	28
2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ One-way ANOVA.....	30
2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก.....	31
2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ Two – Factor Fixed Effect Model.....	33
3.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย.....	38
3.2 ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	43
3.3 แผนการออกแบบการทดลอง.....	45
3.4 เมตริกการออกแบบ.....	48
3.5 ลำดับการทดลองบล็อก 1.....	49
3.6 ลำดับการทดลองบล็อก 2.....	49
4.1 คุณลักษณะที่ต้องการของแผ่นพาร์ทิเคิล.....	60
5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด.....	62
5.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด.....	65
5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า....	67
5.4 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....	70
5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ.....	72
5.6 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ.....	75
5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว...	77
5.8 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวผิว.....	80
5.9 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว.....	81
5.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้...	83
5.11 ผลการทดสอบความความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ระหว่างปริมาณเศษแผ่น พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวได้.....	86

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.12 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้.....	87
5.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความหนาแน่น.....	89
5.14 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว.....	92
5.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้.....	93
5.16 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้.....	94
5.17 ผลการทดสอบความหนาแน่น.....	95
5.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง.....	97
5.19 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณ กาวผิว.....	100
5.20 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณ กาวใต้.....	101
5.21 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้.....	101
5.22 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง.....	102
5.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง.....	104
5.24 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณ กาวผิว.....	107
5.25 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณ กาวใต้.....	108
5.26 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้.....	109
5.27 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง.....	110
5.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า.....	112
5.29 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้าระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณ กาวผิว.....	115
5.30 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า.....	116
5.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น.....	118
5.32 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว....	121
5.33 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้.....	122

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.34 ผลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่น.....	123
5.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความชื้น.....	125
5.36 การกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนอง.....	128
5.37 การประเมินผลคะแนนรวมเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม.....	129



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	กระบวนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล..... 2
2.1	ตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลแบบอัดราบ “Flat-Platen Pressed”..... 9
2.2	ตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลแบบอัดกระทุ้ง “Extruded Pressed”..... 10
2.3	แสดงลักษณะโครงสร้างด้านหน้าตัดของแผ่นพาร์ทิเคิลแบบอัดราบ..... 10
2.4	แสดงลักษณะของชิ้นไม้..... 13
2.5	แสดงอิทธิพลที่ไม่มีผล และอิทธิพลที่มีผลของปัจจัยต่อผลิตภัณฑ์..... 16
2.6	แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ..... 18
2.7	แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผลและมีผล..... 24
4.1	ตำแหน่งและการตัดขึ้นทดสอบ..... 52
4.2	ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ..... 53
4.3	การทดสอบความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น..... 58
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว..... 58
5.1	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความต้านทานแรงดัด..... 61
5.2	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด..... 65
5.3	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า..... 66
5.4	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า..... 70
5.5	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ..... 71
5.6	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ..... 75
5.7	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว..... 76
5.8	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวระหว่าง ปริมาตรเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว..... 80
5.9	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว..... 81
5.10	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใต้..... 82
5.11	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใต้ระหว่าง ปริมาตรเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้..... 86
5.12	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใต้..... 87
5.13	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความหนาแน่น..... 88

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.14 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิ เคิลกับปริมาณกาวผิว.....	92
5.15 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิ เคิลกับปริมาณกาวใต้.....	93
5.16 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณกาวผิวกับ ปริมาณกาวใต้.....	94
5.17 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่น.....	95
5.18 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง.....	96
5.19 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่น พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว.....	100
5.20 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่น พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้.....	101
5.21 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิวกับ ปริมาณกาวใต้.....	101
5.22 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง.....	102
5.23 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง.....	103
5.24 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่น พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว.....	107
5.25 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่น พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้.....	108
5.26 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิว กับปริมาณกาวใต้.....	109
5.27 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง.....	110
5.28 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า.....	111
5.29 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้าระหว่างปริมาณเศษ แผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว.....	115
5.30 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า.....	116

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.31	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่น..... 117
5.32	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาง..... 121
5.33	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่นระหว่างปริมาณกาวยางกับปริมาณกาวยาง..... 122
5.34	กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่น..... 123
5.35	กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความชื้น..... 124

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 1

### บทนำ

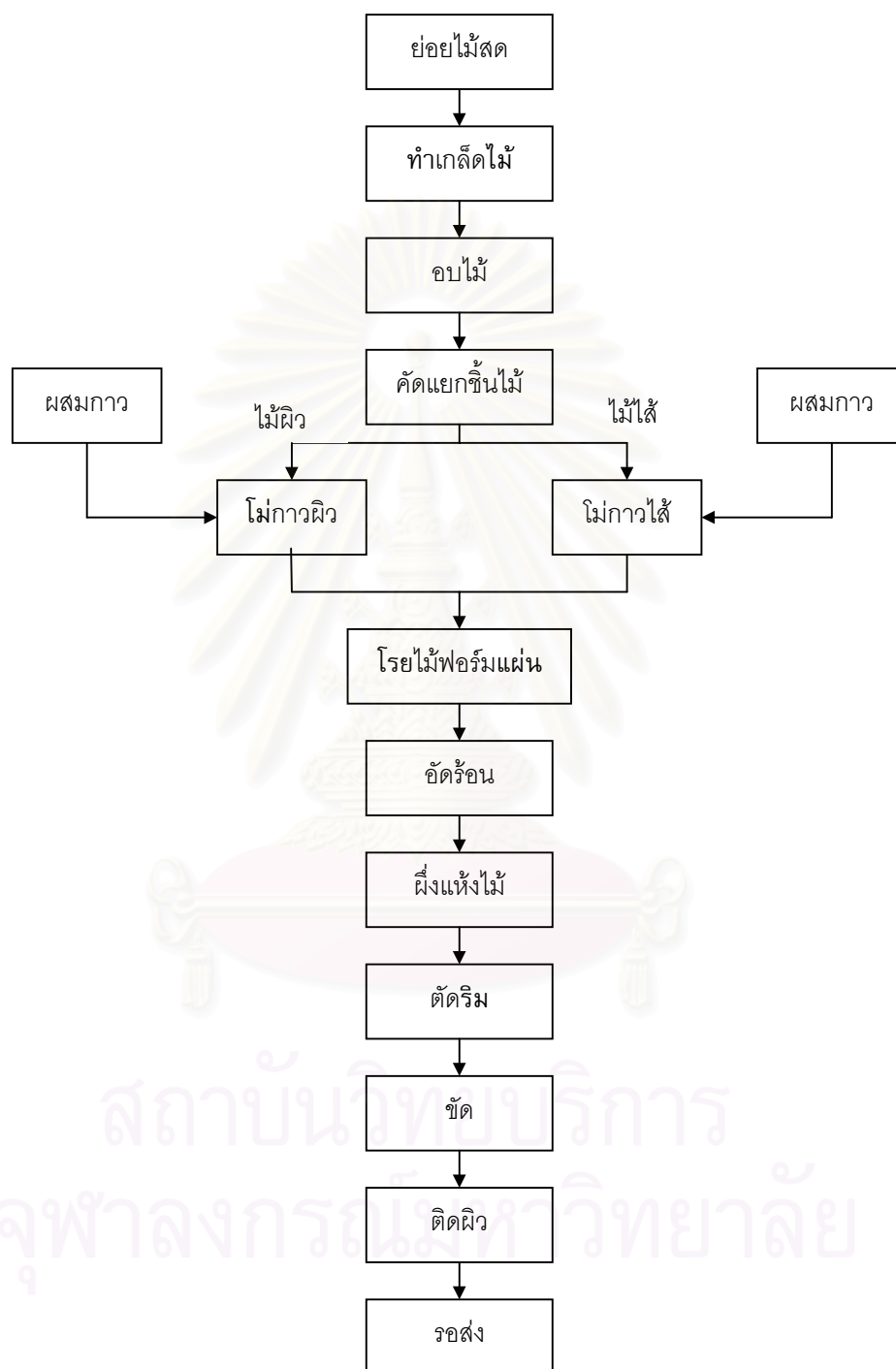
#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมแผ่นพาร์ทิเคิล เริ่มต้นขึ้นในประเทศเยอรมันราวปี ค.ศ. 1941 และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ส่วนในประเทศไทยเริ่มมีการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลเป็นอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2501 จนมาถึงปัจจุบันมีการใช้แผ่นพาร์ทิเคิลเป็นวัสดุในการก่อสร้าง และผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์กันอย่างมากมาย เนื่องจากขาดแคลนไม้ใหญ่เพื่อการแปรรูป และผลิตไม้อัด และจากการประกาศใช้นโยบายปิดป่า ในปี 2532 เป็นต้นมา ทำให้เกิดความนิยมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลมาใช้งานต่าง ๆ มากขึ้น

ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นพาร์ทิเคิลเพื่อใช้งานภายในอาคาร ซึ่งมีสภาวะอากาศไม่รุนแรง โดยเฉพาะการใช้งานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมก่อสร้างและการตกแต่งภายใน อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า (เช่น ตู้ลำโพง ตู้โทรทัศน์) และอุตสาหกรรมตกแต่งภายในรถยนต์ ซึ่งวัตถุดิบในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่

- 1) ไม้ ( Wood ) นิยมไม้ยางพาราเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส และ ชานอ้อย
- 2) กาว ( Binders ) กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวที่นิยมใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลมากที่สุด โดยเฉพาะใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลประเภทใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่ใสเมื่อแห้ง ไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและราคาถูก
- 3) สารเร่งแข็ง ( Catalysts or Hardeners ) สารเร่งแข็งเป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้น สารเร่งแข็งที่ในโรงงานใช้ผสมในกาวทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต และแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารเร่งแข็งสำหรับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์
- 4) สารผ่อนความเป็นกรดและด่าง ( Buffers ) หรือเรียกว่า สารปรับสภาพ เป็นสารที่ใช้ปรับสภาพกาวให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น สารผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างที่ใช้ ได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียม เฮกซามีน ยูเรีย และเมลามีน
- 5) สารเคลือบผิวกันชื้น ( Sizing Agent ) เป็นสารที่ช่วยลดการดูดซึมน้ำ โดยปกติใช้ขี้ผึ้ง ( Wax ) เป็นสารกันชื้น
- 6) สารเพิ่มอื่น ๆ

นอกจากส่วนผสมที่มีความสำคัญต่อการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลแล้ว กรรมวิธีการผลิตก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน กรรมวิธีการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล



จากการศึกษาจากโรงงานตัวอย่าง ซึ่งทำการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลชนิด 3 ชั้น พบว่าในขั้นตอนการผลิต เมื่อทำการอัดร้อนแล้วจะนำแผ่นพาร์ทิเคิลมาตัดริม ซึ่งปริมาณแผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาตัดริม ระหว่าง เดือนมีนาคม – มิถุนายน พ.ศ. 2542 แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 จำนวนแผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาตัดริม ระหว่างเดือน มีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2542

ความหนา (มม.)	จำนวน ( แผ่น )				รวม
	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	
12	0	2,088	3,310	3,717	9,115
16	7,522	7,785	12,767	22,517	50,591
19	0	0	3,117	1,408	4,525
28	0	656	1,064	560	2,280
รวม	7,522	10,529	20,258	28,202	66,511

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นว่า แผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาตัดริมนั้นมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อนำแผ่นพาร์ทิเคิลมาตัดริมเพื่อตกแต่ง จะเกิดเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมเป็นจำนวนมาก ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมที่เกิดขึ้นนั้น ส่วนหนึ่งทางโรงงานจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่เหลือจะให้รถเข้ามารับซื้อในราคาประมาณ 133 บาทต่อตัน หรือกองไว้ที่ด้านหลังของโรงงาน สามารถแสดงปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2542

เดือน	ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ( ตัน )
มีนาคม	23.7
เมษายน	33.6
พฤษภาคม	65.7
มิถุนายน	88.6

จากปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม จะเห็นว่ามีเศษแผ่นพาร์ทิเคิลในแต่ละเดือนเป็นจำนวนมาก และเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน หากมีการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลนั้นกลับมาใช้ประโยชน์ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ เพราะไม้สดนั้นทางโรงงานซื้อมาในราคา 500 บาทต่อตัน ถ้านำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมที่ส่วนใหญ่จะนำไป

ใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือส่งขายมาใช้ประโยชน์จะช่วยลดปริมาณไม้สดที่ต้องใช้ในการผลิตลง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมกลับมาใช้ประโยชน์ และได้แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีคุณภาพได้มาตรฐานเหมาะสมต่อการใช้งาน จึงต้องมีการศึกษาส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลเพื่อให้ทราบถึงส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิต

จากการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลคาดหมายปัจจัยด้านปริมาณส่วนผสมที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของแผ่นพาร์ทิเคิลดังนี้

1) ไม้สด ไม้สดที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดทางโรงงานใช้ไม้ยางพารา ซึ่งเป็นไม้ปีกที่เหลือจากอุตสาหกรรมอื่น

2) เศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม เป็นเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการตัดริมเพื่อตกแต่งแผ่นพาร์ทิเคิลภายหลังจากการอัดร้อน

3) กาว ใช้กาวยูเรีย - ฟอรัลดีไฮด์เพราะโรงงานผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลเพื่อนำไปผลิตเฟอร์นิเจอร์ใช้งานในอาคาร โดยจะใส่กาวลงในชั้นผิวและชั้นไส้ในปริมาณที่แตกต่างกัน

4) สารเร่งแข็ง สารเร่งแข็งที่ใช้ในโรงงานทั่วไปใช้ผสมสำหรับกาวยูเรีย - ฟอรัลดีไฮด์ ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ โดยจะนำสารเร่งแข็งใส่ลงผสมกับกาวไส้

โดยจะทำการทดลองผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร เนื่องจากมีปริมาณการผลิตมากที่สุด และไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณของเสีย ซึ่งคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ดีต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มอก.876 – 2532 ดังนี้

- 1) ความต้านแรงดัด ไม่น้อยกว่า 13.8 เมกะพาสคัล
- 2) ความต้านแรงดิ่งตั้งฉากกับผิวหน้า ไม่น้อยกว่า 0.34 เมกะพาสคัล
- 3) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ไม่เกิน 12 %
- 4) ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว ไม่น้อยกว่า 360 นิวตัน
- 5) ความหนาแน่น ต้องอยู่ในช่วง 500–800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- 6) การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ไม่เกิน 40 % , การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงไม่เกิน 80 %
- 7) ความชื้น ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 9 – 15 %
- 8) ความยืดหยุ่นของผิวหน้า ไม่น้อยกว่า 1100 เมกะพาสคัล
- 9) มอดุลัสยืดหยุ่น ไม่น้อยกว่า 2000 เมกะพาสคัล

ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบการทดลอง ( Design of Experiment ) เพื่อศึกษาหาส่วนผสมที่สามารถนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยให้คุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ตรงตามมาตรฐาน เหมาะสมต่อการใช้งาน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมกลับมาใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลโดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง ( Design of Experiment ) เพื่อเพิ่มมูลค่าเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ ทั้งนี้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้ต้องมีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน และเหมาะสมต่อการใช้งาน

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ศึกษาเฉพาะเศษแผ่นพาร์ทิเคิลชนิดแผ่น 3 ชั้น ขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร
- 2) ศึกษาปัจจัยด้านส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล ที่มีส่วนผสมของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมของโรงงานตัวอย่าง
- 3) ศึกษาปัจจัยด้านส่วนผสมที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มอก. 876 - 2532 ที่มีส่วนผสมของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมเป็นองค์ประกอบได้แก่
  - 3.1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม
  - 3.2) ปริมาณกาวผิว
  - 3.3) ปริมาณกาวไส้
  - 3.4) ปริมาณสารเร่งแข็ง
- 4) ทำการศึกษาเฉพาะคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มอก. 876 - 2532 ที่มีความสำคัญต่อการกำหนดส่วนผสมแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมเป็นองค์ประกอบ คือ
  - 4.1) ความต้านแรงดัด
  - 4.2) ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า
  - 4.3) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
  - 4.4) ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว
  - 4.5) ความหนาแน่น

- 4.6) การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง , 24 ชั่วโมง
- 4.7) ความชื้น
- 4.8) ความยืดหยุ่นของผิวหน้า
- 4.9) มอดุลัสยืดหยุ่น
- 5) การทดลองงานวิจัยโดยใช้หลักการของการออกแบบการทดลอง

#### 1.4 ขั้นตอนของการวิจัย

- 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของแผ่นพาร์ทิเคิล
- 3) พิจารณาส่วนผสมของแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมเป็นองค์ประกอบ และวิธีทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง
- 4) ศึกษาหลักการออกแบบการทดลอง
- 5) วางแผนการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม
- 6) ดำเนินการทดลองตามแผนการออกแบบการทดลอง
- 7) วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ
- 8) นำส่วนผสมที่ให้คุณสมบัติที่เหมาะสมไปทดลองผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลขนาดใช้งานจริงพร้อมทดสอบคุณสมบัติ
- 9) สรุปผลการทดลอง
- 10) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ทราบถึงส่วนผสมที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล
- 3) ทราบถึงแนวทางการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมกลับมาใช้ประโยชน์
- 4) เป็นข้อมูลอ้างอิงในการปฏิบัติงาน และเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเกี่ยวกับการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล [2,8,9]

2.1.1 ความหมายของแผ่นพาร์ทิเคิล

แผ่นพาร์ทิเคิล หรือ แผ่นชิ้นไม้อัด หมายถึง แผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites) ชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตจากการนำเอาวัสดุที่ทำจากไม้ หรือ วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก ( Lignocellulosic Materials ) มาตัดทอนเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์ เช่น กาวสังเคราะห์ ( Synthetic Resin ) เชื่อมให้ติดกันเกิดเป็นขบวนการเชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นวัสดุ ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงในการอัดร้อน และยังสามารถใส่สารเติมแต่งอื่น ๆ ( Additives ) ผสมลงในแผ่น เพื่อให้เกิดคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ ด้วย

2.1.2 ชนิดของแผ่นพาร์ทิเคิล

แผ่นพาร์ทิเคิลแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามลักษณะที่แบ่งนั้น ๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยทั่วไปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1) ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือ เพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นพาร์ทิเคิลในทางวิชาการ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแผ่นพาร์ทิเคิล แบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น

Type of Particleboard	Density (Kg./m <sup>3</sup> )		
	FAO	CS	มอก.
	1957	236-66	876-2532
Low-density (Insulating type)	250-400	<590	-
Medium-density	400-800	590-800	500-800
High-density (Hardboard type)	810-1200	>800	-

2) ลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ผลิต ชิ้นไม้ที่นำมาใช้ผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ด มีลักษณะต่าง ๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips) เกล็ด (Flake) เกล็ดใหญ่ (Wafer) แถบ (Strand) ชักป (Planer Shaving) แท่ง (Splinter or Sliver) ฝอยไม้

(Wood Wool or Excelsior) เป็นต้น แผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง มักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้น ๆ เช่น Chipboard Flakeboard Waferboard Standboard และ Shaving board เป็นต้น

3) กรรมวิธีการอัดแผ่น ชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่น ๆ แล้ว จะถูกนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (Form Mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อน มีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นพาร์ทิเคิลแบบนี้ว่า Flat-Platen Pressed Particleboard เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน (ดูรูปที่ 2.1) หากให้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extruded Particleboard (ดูรูปที่ 2.2)

4) ลักษณะโครงสร้างของแผ่น เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของชิ้นไม้ทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ (ดูรูปที่ 2.3)

4.1) แผ่นพาร์ทิเคิลชั้นเดียว (Single Layer or Homogeneous Particleboard) หมายถึง แผ่นพาร์ทิเคิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิล

4.2) แผ่นพาร์ทิเคิล 3 ชั้น (Three Layers Particleboard) หมายถึง แผ่นพาร์ทิเคิลที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็น 3 ชั้นตลอดความหนาของแผ่น ในแต่ละชั้นประกอบด้วย ชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

4.3) แผ่นพาร์ทิเคิลขนาดลดหลั่น (Graduated Particleboard) หมายถึง แผ่นพาร์ทิเคิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่น ประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนา จากแนวกลางแผ่นชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กลงไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

5) ลักษณะการใช้ประโยชน์ การเรียกชื่อจะถูกเรียกตามลักษณะการใช้ประโยชน์นั้น ได้แก่

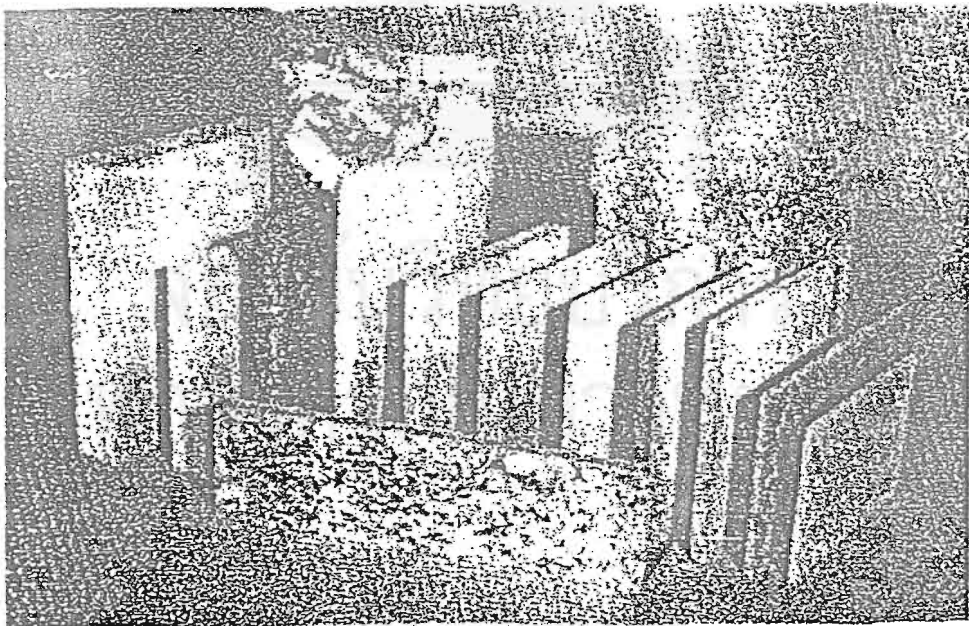
5.1) แผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดชนิดเพื่อการใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ใช้กาวยูเรีย และยูเรีย-เมลา มีนฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสานชิ้นไม้ ใช้งานในที่ที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้เป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือเฟอร์นิเจอร์

5.2) แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่ที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ทนแดด ฝนได้ดี ใช้กาวยูรีเทนฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ และกาว pMDI เป็นตัวประสานชั้นไม้

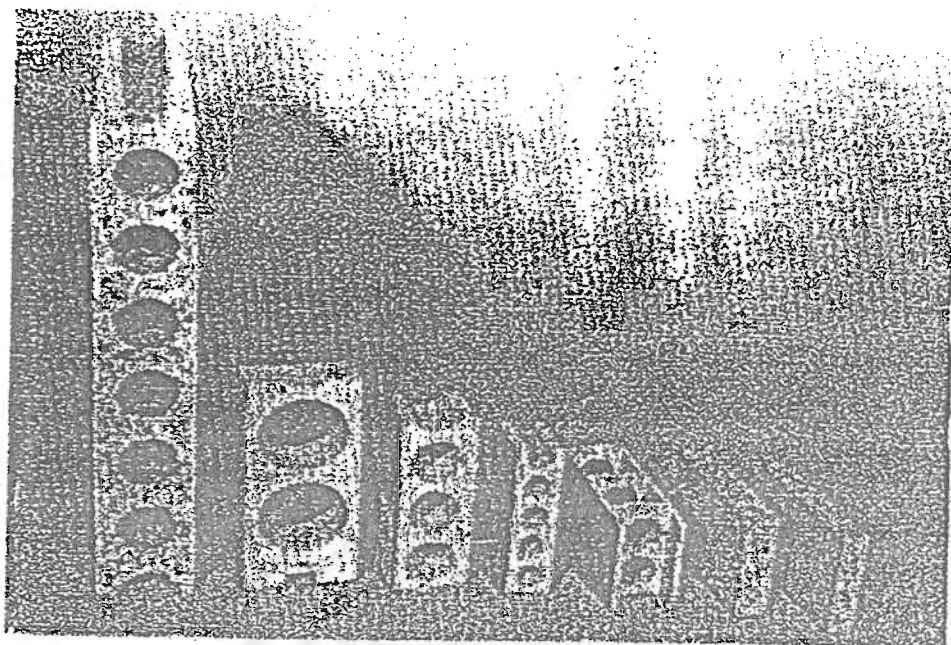
5.3) แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) หรือใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ (Mobile Home Decking) เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและตัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้วัตถุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอ

5.4) แผ่นปาร์ติเกิลสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กรรมวิธีหรือเทคนิค เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรูหรือเจาะรูเป็นแบบต่าง ๆ เช่น Acousticboard เป็นต้น

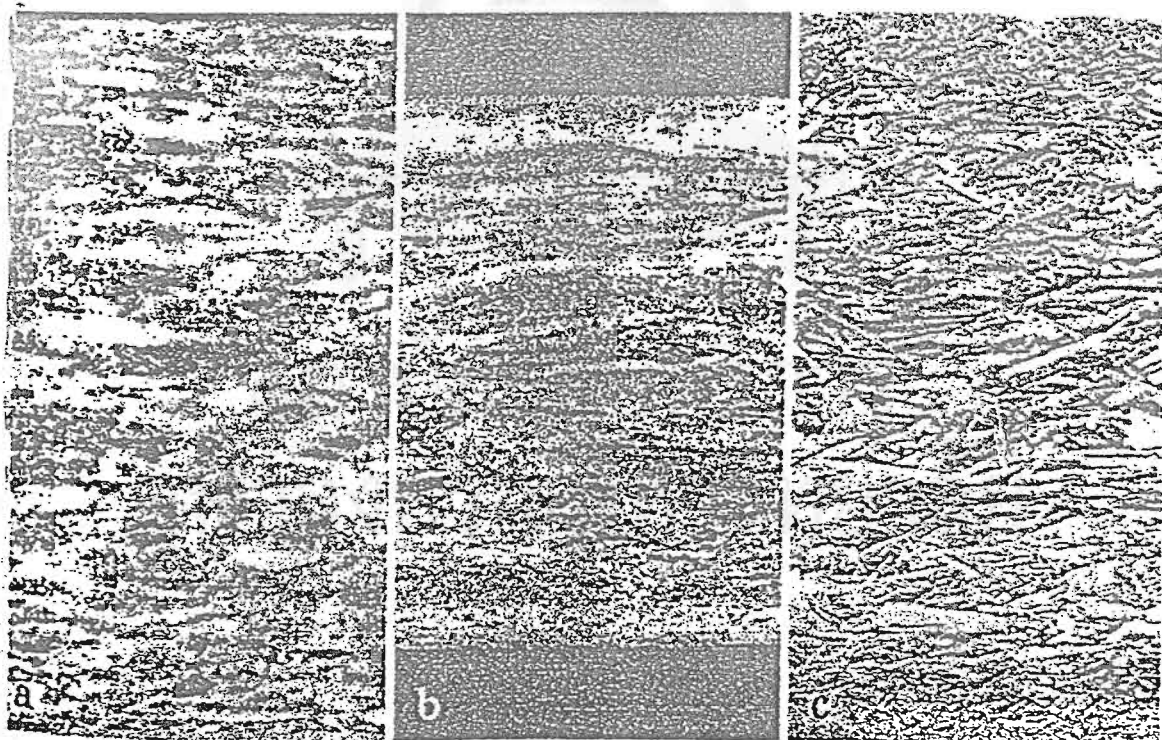
6) แบ่งตามลักษณะปรากฏ ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผู้ใช้งานนำไปบริโภคต่อ ซึ่งสะดวกเรียก ได้แก่ แผ่นปาร์ติเกิลเปลือยผิว แผ่นปาร์ติเกิลปิดผิว หรือแผ่นปาร์ติเกิลเคลือบผิว เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดราบ " Flat-Platen Pressed "



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผ่นพาร์ติเจลแบบอัดกระทุ้ง " Extruded Pressed "



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะโครงสร้างด้านหน้าตัดของแผ่นพาร์ติเจลแบบอัดรวม  
ซ้าย : แบบชั้นเดียว , กลาง : แบบ 3 ชั้น , ขวา : แบบลดหลั่น



### 2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล

วัตถุดิบของแผ่นพาร์ทิเคิล คือ ไม้ กาว และสารเติมแต่งอื่น ๆ แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเกี่ยวกับไม้ ที่ต้องปรับปรุงให้เหมาะสมในกระบวนการผลิตแล้ว ทั้งกาวและสารเติมแต่งอื่นก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากที่ไม่ควรละเลยในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล

#### 1) ไม้ (Wood)

วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1.1) ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสงขยาระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนาหรือใหญ่ (Thick Branches)

1.2) เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial Residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (Off-Cut from Sawmills) ไม้ที่เหลือจากการลอก (Peeler Cores) และส่วนเสียที่ถูกตัดทิ้งจากการผลิตไม้บาง (Rejects from Veneer Manufacture)

1.3) เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (Fine Industrial Residues) โดยเฉพาะขี้กบ (Planer Mill Shavings) และขี้เลื่อย (Sawdust)

1.4) ขี้ปไม้ หรือขี้ไม้สับ (Wood Chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดขี้ปไม้

1.5) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง และส่วนอื่น ๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

เห็นได้ว่าวัสดุไม้เกือบทุกชนิด ที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ตั้งแต่ ไม้ซุง จนถึงขี้เลื่อย สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำรั้ว รั้ว และการรั้วถอนจากบ้านเก่า ก็ยังมีความพยายามนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลใหม่ขึ้นได้อีก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น สาเหตุจากความหลากหลายในวัสดุไม้ ที่นำมาใช้ผลิตเป็นขี้ปไม้ นั้น ทำให้รูปร่างลักษณะของขี้ปไม้ที่ผลิตได้แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัสดุไม้เริ่มต้น แต่บางชนิด เช่น ขี้กบ และเศษไม้บางเล็ก ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลได้โดยตรง ชนิดของขี้ปไม้และค่าใช้จ่ายในการทำขี้ปไม้ให้ได้ลักษณะตามต้องการ นับเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญปัจจัยหนึ่งต่อต้นทุนการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ด นอกจากนี้ หากคำนึงถึงคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ การใช้ขี้ปไม้แต่ละชนิด รูปทรงของขี้ปไม้ และการผสมขี้ปไม้หลาย ๆ ชนิด หรือหลายชนิดเข้าด้วยกัน เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิล

ชิ้นไม้ (Particles) ที่นำมาใช้ผลิตนั้น มีลักษณะต่าง ๆ กัน (ดูรูปที่ 2.4) และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

**ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้สับ** หมายถึง ชิ้นไม้ขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งได้จากการตัดหรือผ่าด้วยอาการคล้ายสับด้วยขวาน ในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปปเปอร์ (Chipper) คล้ายกับของอุตสาหกรรมกระดาษ หรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหนาบที่เรียกว่า hog หรือผลิตโดยเครื่อง hammermills เป็นต้น

**เกล็ด (Flake)** หมายถึง ชิ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ มีลักษณะบาง เรียบ มีทิศทางของเส้นไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดในทิศทางขวางเส้น ซึ่งอาจเป็นด้านรัศมี ด้านสัมผัส หรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง (Radially, Tangentially) การตัดลักษณะนี้ทำให้ได้ชิ้นไม้ที่มีความหนาสม่ำเสมอ

**เกล็ดใหญ่ (Wafer)** หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้าง และความหนามากกว่า

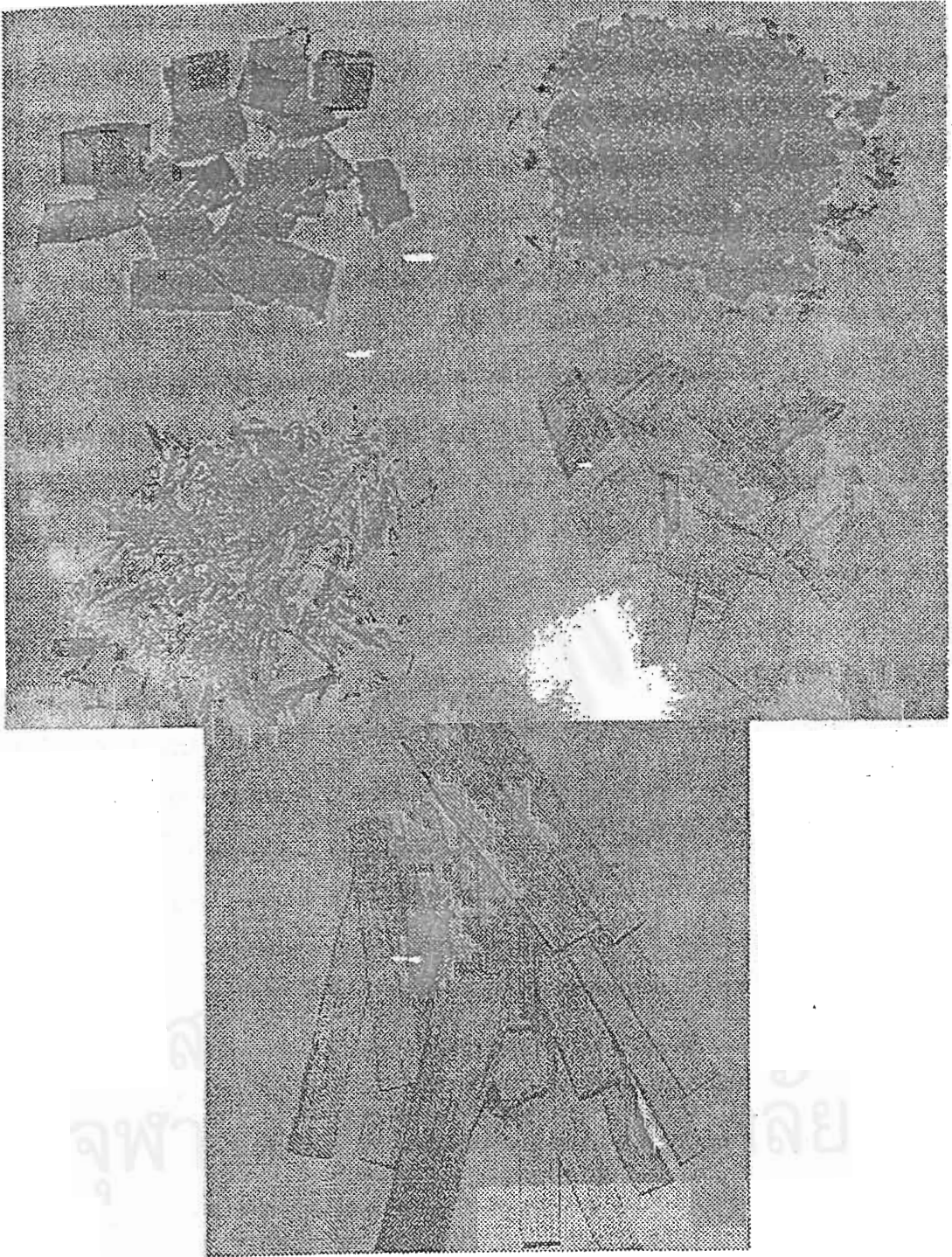
**แถบ (Strand)** หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

**ชิกกบ (Planer Shaving)** หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง และมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary Cutterhead)

**แท่ง (Splinter or Sliver)** หมายถึง ชิ้นไม้ ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นไม้ไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

**เม็ด (Granule)** หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

**ฝอยไม้ (Wood Wool or Excelsior)** หมายถึง ชิ้นไม้ลักษณะแถบ แต่มีความยาวกว่า และโค้งงอ ต้องใช้เครื่องชุดพิเศษ ใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดบางประเภท



รูปที่ 2.4 บนซ้าย : ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips) , บนขวา : เยื่อไม้ (Wood Pulp) ,  
กลางซ้าย : เก็ดไม้ (Flakes) , กลางขวา : เก็ดใหญ่ (Wafers) และล่าง : แถบไม้ (Strands)

แผ่นพาร์ทิเคิลส่วนใหญ่จะมีเนื้อไม้แห้งอยู่ประมาณ 90-95% ของไม้ทั้งหมด และโดยทฤษฎีแล้วรูปร่างของชิ้นไม้โดยทั่ว ๆ ไปสามารถนำมาใช้ผลิตได้ แต่ให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลให้ได้คุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติตามต้องการกระทำได้โดยการใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่าง ๆ กันในการผลิตขึ้นได้และชั้นผิวของแผ่นพาร์ทิเคิล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาว บนชั้นผิวของแผ่นพาร์ทิเคิล สามารถเพิ่มความแข็งแรงทางแรงคัตมากขึ้น แต่ผิวแผ่นพาร์ทิเคิลจะหยาบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว และในทำนองเดียวกัน หากต้องการคุณลักษณะในการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการคัตแล้ว ก็จำเป็นต้องใช้ชิ้นไม้ที่เล็กลงในชั้นผิวหน้า เพื่อให้ผิวเรียบขึ้น

ชิ้นไม้ที่ผลิตจากไม้หลาย ๆ ชนิด ทั้งไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบ สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลได้ แต่ความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้ควรสูงกว่าความหนาแน่นของไม้ที่นำมาผลิต เพราะจะทำให้การใช้กาวยมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากทำให้กาวยที่ใช้เชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ในแผ่นพาร์ทิเคิลมีแรงยึดดีขึ้น และช่วยลดช่องว่างภายในแผ่นพาร์ทิเคิลให้น้อยลง หากอัดชิ้นไม้เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลแล้วได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ การสัมผัสกันระหว่างชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วน้อยลง มีช่องว่างในแผ่นมาก จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล

ความเป็นกรดของไม้ควรจะได้รับการศึกษาปรับปรุงในระบบการใช้กาวด้วยเพื่อรักษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ของกาวในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล เนื่องจากกาวส่วนใหญ่ที่ใช้มักจะมีอัตราความเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน และหากความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ไม่แน่นอนขึ้น ๆ ลง ๆ มาก ก็จะมีผลในการหน่วง หรือเร่งให้เกิดขบวนการโพลีเมอร์ไรเซชันช้าลง หรือเร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้ต่ำลง

## 2) กาว (Binders)

กาวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญเพื่อใช้ยึดเหนี่ยวให้ชิ้นไม้ติดกันเป็นแผ่น นิยมใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเฉพาะใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลประเภทใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่ใสเมื่อแห้ง ไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและราคาถูก

ปริมาณของกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นที่ทำการผลิต และสภาวะการผลิตของแต่ละโรงงาน ปริมาณของกาวที่แตกต่างกันจะให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป ถ้าใส่กาวมากเกินไปจะเกิดความชื้นมากอาจทำให้แผ่นไม้บวม เนื่องจากกาวจะยึดติดกันเป็นก้อนได้ง่าย เมื่อทำการอัดทำให้ความร้อนกระจายได้ไม่เกิดการบวมขึ้น แต่ถ้าใส่กาวน้อยเกินไปจะทำให้ความหนาแน่นลดลง อาจส่งผลให้แผ่นไม่ยึดติดกันเกิดการแยกชั้น

### 3) สารเร่งแข็ง (Catalysts or Hardeners)

สารเร่งแข็งเป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวยให้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาในการอัดร้อนให้สั้นขึ้น สารเร่งแข็งที่ใช้ในงานใช้ผสมในกาวยทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium Sulfate) และแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride) ซึ่งเป็นสารเร่งแข็งสำหรับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เมื่อเติมสารเร่งเหล่านี้ในกาวยแล้ว จะทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีเหลือใช้ในกาวย เกิดเป็นเฮกซามีน และกรดแก่ ทำให้ส่วนผสมกาวยเป็นกรดมากขึ้น ปฏิกิริยาของกาวยก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวยสั้นลงด้วย (Short Pot Life) การผสมสารเร่งแข็ง มีการใช้อยู่ 2 วิธี คือ ผสมกับกาวยโดยตรงทันทีก่อนการพ่น และการใช้หัวผสมพิเศษทำการผสมสารเร่งแข็งกับกาวยที่หัวพ่นกาวย

ปริมาณของสารเร่งแข็งที่ใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดต่างของไม้ ปริมาณกาวย และสภาวะการอัดร้อน ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้กาวยแข็งตัวเร็วก่อนถึงขั้นตอนการอัดร้อน ทำให้กาวยไม่มีประสิทธิภาพไม่ยึดเกาะ ไม้ยังไม่ได้ขนาดหรือไม้ยังไม่แน่นดี ทำให้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงต่าง ๆ ต่ำลง

### 4) สารผ่อนความเป็นกรดและต่าง (Buffers)

สารผ่อนความเป็นกรดเป็นต่าง หรือเรียกว่า สารปรับสภาพ เป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้อยู่ในงาน เป็นสารที่ใช้ปรับสภาพกาวยให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังใช้เติมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในส่วนของกาวยที่ผสมกับชิ้นไม้ซึ่งใช้ทำผิวหน้า เพื่อปล่อยให้แผ่นเตรียมอัดมีความคงสภาพ (Consolidation) กันก่อนที่กาวยจะเกิดการแข็งตัว โดยเฉพาะที่ชั้นผิวหน้าซึ่งได้รับความร้อนจากแท่นอัดก่อนทันที สารผ่อนความเป็นกรดเป็นต่างที่ใช้ ได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนีย เฮกซามีน (Hexamethylenetetramine) ยูเรีย และเมลามีน โดยจะใช้ในปริมาณเล็กน้อย

การใช้สารปรับสภาพบางตัวที่มากเกินไป จะเป็นผลเสียต่อกาวย เนื่องจากกลับจะทำให้ให้อัตราการแข็งตัวของกาวยเร็วขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นที่ผลิตเดวลง

### 5) สารเคลือบผิวกันซีมี (Sizing Agent)

เป็นสารที่ช่วยลดการดูดซีมีน้ำ โดยปกติใช้ขี้ผึ้ง (Wax) เป็นสารกันซีมี ขี้ผึ้งที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวกันซีมีในเชิงพาณิชย์ จะใช้ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffinic Waxes) ที่มีจุดหลอมเหลวระหว่าง 48-56 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมผลิตไม้ประกอบ จึงมักนิยมใช้ในรูปแบบของอิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งสามารถทำอิมัลชันที่มีเนื้อพาราฟินได้ถึง 65% ของไม้ทั้งหมด โดยน้ำหนัก

พาราฟินแว็กซ์อิมัลชัน (Paraffin-Wax Emulsion) ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลโดยทั่วไป จะใช้เนื้อขี้ผึ้งแข็ง 50% โดยน้ำหนักในสารละลายแขวนลอย ปริมาณสารกันซีมีที่ใช้นิยมใช้ในปริมาณน้อยกว่า 1% ของเนื้อขี้ผึ้งเทียบกับน้ำหนักไม้อบแห้ง หากใช้ในปริมาณที่มากกว่า 1%

อาจไปขัดขวางการยึดติดกันระหว่างเนื้อไม้ได้ และหากใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า 0.75% ของไม้ทั้งหมด ก็อาจเป็นผลให้การต้านทานน้ำของแผ่นต่ำลง

#### 6) สารเพิ่มอื่น (Other Additives)

ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนับเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล แต่อาจมีการใช้สารเติมแต่งอื่น (Additives) เช่น สารหน่วงไฟ (Fire Retardants) และน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ (Preservatives) บางชนิดในปริมาณจำกัดอยู่บ้างเพื่อผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ต้องนำไปใช้งานในที่ ๆ มีความเสี่ยงต่อการถูกไหม้ และที่ ๆ อาจถูกโรครา แมลงเข้าทำลายได้ง่าย

## 2.2 ทฤษฎีการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ

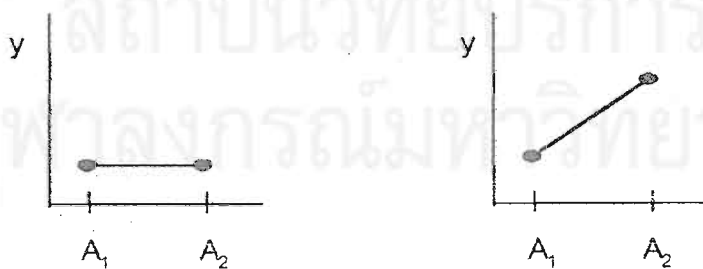
### 2.2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) [1]

หมายถึง การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบดูว่า ปัจจัย (Factor) ใด หรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

ก) เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

ข) เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง ตัวอย่างเช่น ให้  $y$  คือค่าความแข็งแรง และ  $A$  คือเวลาการบ่ม ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังกราฟตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.5



(1) ปัจจัย A ไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

(2) ปัจจัย A มีผลต่อผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2.5 แสดงอิทธิพลที่ไม่มีผล และอิทธิพลที่มีผลของปัจจัยต่อผลิตภัณฑ์

## 2.2.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของการทดลอง [1,4,7]

1) ทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งหรือวิธีที่เราปฏิบัติต่อสิ่งทดลอง เพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) หน่วยทดลอง (Experiment Unit) เป็นมาตราหรือหน่วยซึ่งใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งโดยคำจำกัดความแล้ว หมายถึง สิ่งหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งของสิ่งทดลองซึ่งได้รับทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่ง หน่วยทดลองมีขนาดไม่จำกัด อาจผันแปรไปได้จากการทดลองหนึ่งไปสู่อีกการทดลองหนึ่ง แม้ว่าจะใช้สิ่งทดลองเหมือนกันก็ตาม ในการทำการทดลองแต่ละครั้งจึงต้องให้คำจำกัดความของหน่วยทดลองให้ชัดเจน

3) ปัจจัย (Factor) ได้แก่ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related Treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระแทนก็ได้ ปัจจัยนั้นอาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

ปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น

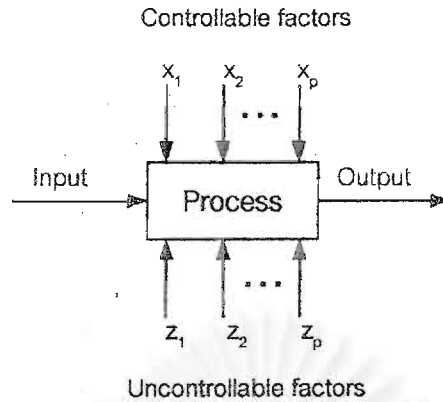
3.1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการดำเนินการทดลอง

3.2) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ อาจจะเป็นเนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ แบ่งออกเป็น

3.2.1) ตัวแปรรบกวน (Noise Variable) หรือ Background Variable ซึ่งหมายถึง ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการทดลองแต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เรากำลังทำการศึกษา ส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลา หรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

3.2.2) Nuisance Variable คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่เราไม่ทราบมาก่อน เราสามารถกำจัดอิทธิพลของ Nuisance Variable ได้โดยการสุ่ม

4) ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั่นเอง ในการทดลองหนึ่ง ๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจ่มแจ้งของตัวแปรนั้นและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาว่า ค่าสังเกตที่ได้จากทรีทเมนต์หนึ่ง ๆ ควรมีการแจ่มแจ้งแบบปกติโดยประมาณ ซึ่งข้อสมมุติในเรื่องความเป็นปกติ (Normality) นี้ เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล (Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจ่มแจ้งไม่ปกติเป็นแบบปกติได้



รูปที่ 2.6 แสดงปัจจัย และพารามิเตอร์ของกระบวนการ

### 2.2.3 ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การทดลองต่าง ๆ จะต้องมีขั้นตอนของการทดลองดังนี้ คือ

1) การนิยามปัญหา (Recognition of and statement of the problem) เป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ จะเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) การเลือกปัจจัย และระดับของปัจจัย (Choice of factors , levels , and ranges) เป็นการให้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์จากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้น ควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร สุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed Effect) แบบสุ่ม (Random Effect) หรือแบบผสม ซึ่งสามารถอธิบายได้พอเป็นดังต่อไปนี้

2.1) แบบกำหนด (Fixed Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2.2) แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

2.3) แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนด และแบบสุ่ม

3) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of the response variable) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้วิจัยจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่ามันจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย



4) การเลือกแบบการทดลอง (Choice of experimental design) เมื่อกำหนดทรีทเมนต์และตัวแปรตอบสนองแล้ว ต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลอง ซึ่งหมายถึงจำนวนซ้ำของการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม และการบล็อกที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยง และต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

5) ดำเนินการทดลอง (Performing the experiment) ในระหว่างการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยจะต้องศึกษาดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งจะมีเทคนิคแตกต่างกันไปในแต่ละสาขาวิจัย

6) การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical analysis of data) ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินใจถึงความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลและวิธีการทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นมันเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผล

7) สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendations) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ อาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

#### 2.2.4 หลักในการออกแบบการทดลอง [4,7]

1) การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ เทคนิคการจัดหน่วยทดลองให้แก่ทรีทเมนต์หรือจัดหน่วยทรีทเมนต์ให้แก่หน่วยทดลอง โดยให้แต่ละหน่วยทดลองมีโอกาสที่จะได้รับทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งเท่า ๆ กัน

วัตถุประสงค์ของการสุ่มมีดังนี้

ก) เพื่อขจัดอคติ หรือความเอนเอียงของผู้ทดลอง และเพื่อให้แน่ใจได้ว่าทรีทเมนต์ต่าง ๆ จะไม่ได้เปรียบและเสียเปรียบกันในเรื่องที่เกี่ยวกับการทดลอง การสุ่มจึงเป็นการประกันว่าจะไม่มีอคติใด ๆ เกิดขึ้นในการทดลอง

ข) การวิเคราะห์และทดสอบทางสถิตินั้นมีข้อกำหนดว่า ความคลาดเคลื่อน (Error) จะต้องเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน การสุ่มจึงเป็นการทำให้ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้ ทั้งนี้การสุ่มจะช่วยขจัด หรือเจลีความผันแปรภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ให้เกิดขึ้นกับหน่วยทดลองด้วยโอกาสเท่า ๆ กัน

การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

1.1) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)

1.2) การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)

1.3) การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)

2) การทำซ้ำ (Replication) คือ การที่ทรีทเมนต์หนึ่งกระทำต่อหน่วยทดลองมากกว่า 1 หน่วยทดลอง โดยมีจุดประสงค์ของการทำซ้ำคือ

2.1) การทำซ้ำทำให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ เพื่อนำค่าความผันแปรภายในกลุ่มนี้มาเป็นตัวทดสอบว่าทรีทเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติหรือไม่

2.2) เพิ่มความเที่ยง (Precision) ของการทดลองโดยการช่วยลดขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย ซึ่ง

$$\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\sigma^2/n}$$

จะเห็นว่า การเพิ่มจำนวนซ้ำ (n) จะช่วยลดค่า  $\sigma_{\bar{y}}$  ได้

3) การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่ต้องทำเสมอไป

## 2.2.5 การเลือกแบบการทดลอง [1,4,7]

1) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)

เป็นแผนการทดลองแบบที่ง่ายที่สุด เหมาะสมกับการทดลองที่ไม่สามารถแยกได้ว่า หน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุของความผันแปรของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่า ข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

ตามแผนการทดลองนี้แสดงว่า เมื่อหน่วยทดลองได้รับทรีทเมนต์ที่ต้องการทดสอบแล้ว ความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ต่างกันเท่านั้น ดังนั้น เพื่อให้แผนการทดลองนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้จึงควรมีลักษณะที่สม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogenous) หรือมีความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองน้อยที่สุด หลักสำคัญของแผนการทดลองนี้คือ การจัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลอง หรือจัดหน่วยทดลองให้แก่ทรีทเมนต์จะต้องเป็นไปโดยสุ่ม ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม

1.1) ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดี

ก) เป็นแผนการทดลองที่จัดง่าย

ข) ให้ค่าองศาแห่งความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Degree of Freedom for Error) สูงสุด

ค) วิธีการวิเคราะห์ที่ง่ายที่สุดในบรรดาแผนการทดลองทั้งหลาย

ง) ในแต่ละทรีทเมนต์ ถึงแม้ว่าจะมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน ก็ไม่ทำให้การวิเคราะห์มีความซับซ้อนแต่อย่างใด

ข้อเสีย

ก) มีข้อจำกัดว่าจะใช้ได้เหมาะสมเมื่อมีจำนวนทรีทเมนต์น้อย ๆ หากมีทรีทเมนต์จำนวนมากแล้ว จำเป็นต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้นอาจไม่สามารถกระทำได้

ข) ใช้กับหน่วยทดลองที่มีความสม่ำเสมอ

ค) ไม่สามารถตรวจสอบอิทธิพลของปฏิกริยาร่วมได้ (Interaction Effect)

1.2) โครงรูปข้อมูล

สมมุติให้ การทดลองมี a ทรีทเมนต์ (หรือ a ระดับ)

n คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์

$Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

	Treatment						
	1	2	...	i	...	a	
	$y_{11}$	$y_{21}$		$y_{i1}$		$y_{a1}$	
	$y_{12}$	$y_{22}$		$y_{i2}$		$y_{a2}$	
	$y_{13}$	$y_{23}$		$y_{i3}$		$y_{a3}$	
	$y_{1n}$	$y_{2n}$		$y_{in}$		$y_{an}$	
Totals	$y_{.1}$	$y_{.2}$	...	$y_{.i}$		$y_{.a}$	$y_{..} = \text{Grand Total}$
Sample means	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$	...	$\bar{y}_{.i}$		$\bar{y}_{.a}$	$\bar{y}_{..} = \text{Grand mean}$

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} ; \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

โดยที่  $Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่  $j$  เมื่อได้รับทรีทเมนต์  $i$   
 $\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร  
 $\tau_i$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์  $i$   
 $\epsilon_{ij}$  คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

## 2) แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCB)

ในบางการทดลองอาจประสบปัญหาเกี่ยวกับหน่วยทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วย ซึ่งความผันแปรส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ยอดรวมของผลบวกของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก เป็นวิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีของการจำแนกแบบ 2 ทาง (Two-Way Classification) จะใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ ทางแนวนอน (Row) และแนวตั้ง (Column) มีหลักการคือ พยายามจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในบล็อกเดียวกัน ซึ่งจะเรียกว่าบล็อก ดังนั้นความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันจึงมีค่าต่ำ และให้ความแตกต่างระหว่างบล็อกมีค่าสูง ในแต่ละบล็อกจะมีครบทุกทรีทเมนต์ การจะให้ทรีทเมนต์ใดแก่หน่วยทดลองใดภายในแต่ละบล็อกกระทำโดยสุ่มกรณีนี้จะทำให้เราแยกความแตกต่างระหว่างบล็อกออกมาจากยอดรวมของผลบวกของกำลังสองได้

### 2.1) ข้อดีและข้อเสีย

#### ข้อดี

- ก) มีความเที่ยงตรงสูงกว่า แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
- ข) ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนทรีทเมนต์หรือบล็อก

ค) ถ้าหากจำเป็นที่จะต้องมีซ้ำสำหรับทรีทเมนต์ใด ก็อาจเพิ่มหน่วยทดลองเป็นสองหรือมากกว่านั้นในแต่ละบล็อก

ง) กรณีที่ข้อมูลในบล็อกใดหรือทรีทเมนต์ใดใช้ไม่ได้หรือสูญหายไปสามารถละเว้นได้โดยไม่ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณวิเคราะห์สำหรับส่วนข้อมูลที่เหลือ

### ข้อเสีย

ถ้าหน่วยทดลองในแต่ละบล็อกมีความผันแปรมาก ความผันแปรที่เกิดขึ้นจากการทดลองย่อมมากตาม กรณีนี้มักเกิดขึ้นถ้าไม่สามารถควบคุมหน่วยทดลองภายในบล็อกให้สม่ำเสมอตลอดได้

### 2.2) โครงรูปข้อมูล

สมมติให้การทดลองมี  $a$  ทรีทเมนต์ และ  $b$  บล็อก ตามแผนภาพจะเห็นว่า มีค่าสังเกต 1 ค่าต่อ 1 ทรีทเมนต์ในแต่ละบล็อก

Block 1	Block 2	Block b
$y_{11}$	$y_{12}$	$y_{1b}$
$y_{21}$	$y_{22}$	$y_{2b}$
$y_{31}$	$y_{32}$	$y_{3b}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$y_{a1}$	$y_{a2}$	$y_{ab}$

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b$$

โดยที่  $Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่  $j$  เมื่อได้รับทรีทเมนต์  $i$

$\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

$\tau_i$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์  $i$

$\beta_j$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากบล็อกที่  $j$

$\varepsilon_{ij}$  คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

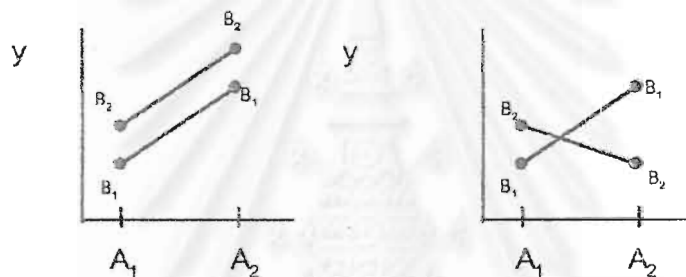
### 3) แผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล (Factorial Experiment)

เป็นการทดลองที่มุ่งศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัยพร้อม ๆ กัน โดยให้ความสนใจที่อิทธิพลร่วมของปัจจัยซึ่งเป็นอิทธิพลที่ส่งผลให้กับตัวแปรตอบสนอง

โดยทั่วไปแล้วอาจกล่าวได้ว่าการทดลองแบบแฟคตอเรียล เป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลาย ๆ แฟคเตอร์พร้อมกัน คำว่า แฟคตอเรียล หมายถึง การทดลองที่สมบูรณ์ในแต่ละครั้ง หรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้น กล่าวคือมีการใช้ระดับของแฟคเตอร์ต่าง ๆ ร่วมกัน จึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่าง ๆ ในการทดลองครั้งหนึ่ง ๆ ได้พร้อมกัน เช่น ถ้าแฟคเตอร์ A มี a ระดับ แฟคเตอร์ B มี b ระดับ แต่ละซ้ำจะมี  $ab$  treatment combination แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ก) อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น

ข) อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน



(1) อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล (2) อิทธิพลของปัจจัยร่วมมีผล

### รูปที่ 2.7 แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผล และมีผล

การทดลองแบบแฟคตอเรียลนั้น เป็นการประกอบกันของทรีทเมนต์ ไม่ใช่ชนิดของแผนการทดลอง การประกอบกันของทรีทเมนต์นี้อาจใช้ในแผนการทดลองแบบใด ๆ ก็ได้ เช่น การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบบสุ่มบล็อก หรือจัดสุ่มลาตินก็ได้

#### 3.1) ข้อดีและข้อเสีย

##### ข้อดี

ก) เป็นการใช้น้อยทดลองทั้งหมดเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์หลาย ๆ ทรีทเมนต์พร้อมกันได้ จึงเป็นการประหยัดและเสียเวลาน้อยลงกว่าการทดสอบครั้งละ 1 แฟคเตอร์

ข) ทำให้สามารถตรวจสอบอิทธิพลของกิริยาร่วมระหว่างแฟคเตอร์ได้ จึงช่วยในการสรุปผลได้กว้างขวางกว่าการทดลองครั้งละ 1 แฟคเตอร์

ข้อเสีย

ก) เนื่องจากมี treatment combination จึงต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้น จึงอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยทดลอง

ข) ในกรณีที่มิกิริยาร่วมเกิดขึ้น อาจทำให้การสรุปผลเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายได้ยาก

ค) ถ้าจำนวนปัจจัยมีมาก ขนาดของการทดลองก็จะใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายสูง และการหาวัตถุทดลองที่มีความสม่ำเสมอจำนวนมากก็เป็นไปได้ยาก

## 3.1) โครงรูปข้อมูล

สมมติการทดลองปัจจัย A มี  $i$  ระดับ ( $i = 1, 2, \dots, a$ ) และปัจจัย B มี  $j$  ระดับ ( $j = 1, 2, \dots, b$ ) ทำการทดลอง  $k$  ซ้ำ ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) การทดลองแปดตอเรียลของปัจจัย 2 ปัจจัยสามารถแสดงได้ดังนี้

		Factor B			
		1	2	...	b
Factor A	1	$y_{111}, y_{112}, \dots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \dots, y_{12n}$		$y_{1b1}, y_{1b2}, \dots, y_{1bn}$
	2	$y_{211}, y_{212}, \dots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \dots, y_{22n}$		$y_{2b1}, y_{2b2}, \dots, y_{2bn}$
	...				
	a	$y_{a11}, y_{a12}, \dots, y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22}, \dots, y_{a2n}$		$y_{ab1}, y_{ab2}, \dots, y_{abn}$

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} ; \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

โดยที่	$Y_{ij}$	คือ	ค่าสังเกตที่ $j$ เมื่อได้รับทรีทเมนต์ $i$
	$\mu$	คือ	ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร
	$\tau_i$	คือ	อิทธิพลของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ $i$
	$\beta_j$	คือ	อิทธิพลของปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ $j$
	$(\tau\beta)_{ij}$	คือ	อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ $i$ และปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ $j$
	$\epsilon_{ijk}$	คือ	ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

แผนการทดลองแบบแฟคตอเรียลทั่วไปมีรูปแบบ คือ  $A \times B \times C \dots$  แฟคตอเรียล เช่น แฟคตอเรียล  $3 \times 2 \times 3$  รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียลที่สำคัญได้แก่

ก)  $2^k$  แฟคตอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 2 ระดับ ในปัจจัยทั้งหมด  $k$  ปัจจัย

ข)  $3^k$  แฟคตอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับ ในปัจจัยทั้งหมด  $k$  ปัจจัย

$2^k$  แฟคตอเรียลเหมาะสมกับรูปแบบที่มีความเป็นเส้นตรง ซึ่งจะทำให้สามารถตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรงไม่ดีแล้ว ใช้แบบ  $3^k$  แฟคตอเรียล แทนจะเหมาะสมกว่า

## 2.2.6 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล [1,4]

### 1) การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในการทดลองทุกครั้งจะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained Variable) หรือ ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดี จะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ให้น้อยที่สุด

$$\text{สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square)} = \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \times 100\%$$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) ต่ำสามารถแก้ไขได้โดย

- 1.1) เพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง
- 1.2) ตรวจสอบหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องแล้วออกแบบการทดลองใหม่
- 1.3) ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) ยังต่ำอยู่ แสดงว่าผลจากปัจจัยรบกวน (Noise Factor) มีมาก ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน

### 2) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model Adequacy Checking)

$$\text{จากสมการ} \quad Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$



- ซึ่ง
- $\mu$  คือ ค่าเฉลี่ย
  - $\tau$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
  - $\epsilon$  คือ ความคลาดเคลื่อน

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่ มักจะตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่  $y$  (ตัวแปร) มีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น  $y$  จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้  $\epsilon$  มีการกระจายแบบปกติด้วย และต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระ  $\epsilon_j \sim \text{NID} (0, \sigma^2)$

การตรวจสอบ  $\epsilon_j$  มี 3 ขั้นตอน คือ

2.1) การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกแจงปกติ (Normal distribution) หรือไม่ โดยใช้

ก) การทดสอบแบบไคร้สแควร์ ( $\chi^2$  - Goodness of Fit Test)

ข) การทดสอบแบบโคโมโกรอฟ-สเมอ์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test)

ค) การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (NOPP)

2.2) การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

2.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

3) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ เป็นถ้อยแถลงที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็นของตัวแปรแบบสุ่มที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ที่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งค่าพารามิเตอร์ โดยสมมติฐานแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

3.2) สมมติฐานที่กำหนด (Null Hypothesis) เป็นข้อสงสัยหรือข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ในประชากรที่ต้องการจะพิสูจน์ว่าจริงหรือไม่ โดยใช้สัญลักษณ์  $H_0$

3.3) สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) เป็นข้อความหรือความคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่หวังว่าจะเป็น โดยจะต้องมีความหมายที่แย้งกับสมมติฐานที่กำหนดโดยชัดเจน โดยใช้สัญลักษณ์  $H_1$

โดยโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะทำการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด (Reject  $H_0$ ) จะถูกกำหนดโดยระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่น้อยมากที่ค่าพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานเป็นจริง โดยทั่วไปมักจะทำการเปลี่ยนช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานหรือระดับความมีนัยสำคัญเป็นค่าวิกฤติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหรือใช้ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด

การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด อาจเกิดความผิดพลาดได้ 2 กรณี คือ

ก) ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้องหรือมีความเป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) ซึ่งความผิดพลาดนี้คือ ระดับความมีนัยสำคัญในการตรวจสอบสมมติฐาน

ข) ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความไม่ถูกต้องหรือไม่มีความจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่กำหนด	สมมติฐานที่กำหนด มีความถูกต้อง	สมมติฐานที่กำหนด ไม่มีความถูกต้อง
ยอมรับ	การตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดแบบที่ 2
ปฏิเสธ	ความผิดพลาดแบบที่ 1	การตัดสินใจถูกต้อง

โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\alpha = P(\text{ความผิดพลาดแบบที่ 1})$$

$$= P(\text{การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด : สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง})$$

$$\beta = P(\text{ความผิดพลาดแบบที่ 2})$$

$$= P(\text{การยอมรับสมมติฐานที่กำหนด : สมมติฐานที่กำหนดไม่ถูกต้อง})$$

$$\text{โดย } 1 - \beta = \text{อำนาจของการทดสอบ}$$

$$= P(\text{การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด : สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง})$$

## 2.2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) [1,4]

ภายหลังจากที่ได้ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองแล้ว งานขั้นต่อไปก็คือ การนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติหรือหาแนวโน้มต่อไป โดยใช้หลักการของ ANOVA หรือการถดถอย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการคำนวณแบบเลขคณิต โดยการแยกผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Total Sum of Square ; SST) ออกเป็นส่วนต่าง ๆ ตามแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุ โดยจะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการทดลองโดยพิจารณาความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวนแล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อย ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยเหล่านั้น หากความแตกต่างใดมีค่ามากกว่า แสดงว่าปัจจัยนั้นทำให้เกิดความแตกต่าง โดยมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square ; MS) ซึ่งเป็นตัวที่ประมาณค่าความแปรปรวนที่ดีที่สุด ซึ่ง

$$MS = \frac{SS}{df}$$

เมื่อ SS คือ ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square)  
df คือ ชั้นของความอิสระ (Degree of Freedom)

สามารถอธิบายการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละแบบการทดลองได้ดังนี้

### 1) การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)

เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วน คือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกัน และความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่

(Fixed Effect Model)

$$\text{ตัวแบบ : } Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} ; \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

โดยที่  $Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่  $j$  เมื่อได้รับทรีทเมนต์  $i$

$\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

$\tau_i$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์  $i$

$\epsilon_{ij}$  คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็น ส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SST โดยที่

$$SST = \left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 \right) - (Y^2_{..} / N)$$

$$SSTr = \left( \sum_{i=1}^a Y_{i.}^2 / n \right) - (Y^2_{..} / N)$$

$$SSE = SST - SSTr$$

ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 โดยที่ถ้าหากค่า  $F_0 \leq F_{\alpha, v_1, v_2}$  แล้ว ถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ One-way ANOVA

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	$F_0$
Treatment	SSTr	a-1	MSTr	MSTr / MSE
Error	SSE	N-a	MSE	
Total	SST	N-1		

2) การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCB)

เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็น 3 ส่วน คือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกัน ความแปรปรวนเนื่องจากการบล็อก และความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model)

$$\text{ตัวแบบ : } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} ; i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

โดยที่  $Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่  $j$  เมื่อได้รับทรีทเมนต์  $i$   
 $\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร  
 $\tau_i$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์  $i$   
 $\beta_j$  คือ อิทธิพลอันเกิดจากบล็อกที่  $j$

$\epsilon_{ij}$  คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็น ส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SST โดยที่

$$SST = \left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 \right) - (Y^2_{..} / N)$$

$$SSTr = \left( \sum_{i=1}^a Y_i^2 / b \right) - (Y^2_{..} / N)$$

$$SSB = \left( \sum_{j=1}^b Y_j^2 / a \right) - (Y^2_{..} / N)$$

$$SSE = SST - SSTr - SSB$$

ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 โดยที่ถ้าหากค่า  $F_0 \leq F_{\alpha, v_1, v_2}$  แล้ว ถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	$F_0$
Treatment	SSTr	a-1	MSTr	MSTr / MSE
Blocks	SSB	b-1	MSB	MSB / MSE
Error	SSE	(a-1)(b-1)	MSE	
Total	SST	N-1		

### 3) การทดลองแบบแฟกตอเรียล (Factorial Experiment)

เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็นความแปรปรวนเนื่องจากการปัจจัยต่าง ๆ ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลร่วม และความแปรปรวนเนื่องจากการคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีที่มีตัวแปร 2 ตัวของตัวแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model)

$$\text{ตัวแบบ : } Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$\text{โดย } i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

- เมื่อ  $Y_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่  $j$  ในทรีทเมนต์ที่  $i$
- $\mu$  คือ พารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด
- $\tau_i$  คือ อิทธิพลของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่  $i$
- $\beta_j$  คือ อิทธิพลของปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่  $j$
- $(\tau\beta)_{ij}$  คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่  $i$  และปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่  $j$
- $\epsilon_{ijk}$  คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็น ส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares)  $SS_T$  โดยที่

$$SS_T = \left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 \right) - (Y^2 \dots / abn)$$

$$SS_A = \left( \sum_{i=1}^a Y_{i..}^2 / bn \right) - (Y^2 \dots / abn)$$

$$SS_B = \left( \sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2 / an \right) - (Y^2 \dots / abn)$$

ผลรวมกำลังสองของอิทธิพลร่วมกันของปัจจัย 2 ตัว (The two factors interaction sum of squares)

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= \left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2 / n \right) - (Y^2 \dots / abn) - SS_A - SS_B \\ &= SS_{\text{subtotals (AB)}} - SS_A - SS_B \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อเอาผลรวมกำลังสองของ Main Effect แต่ละตัวและของ Interaction ไปหักออกจากผลรวมกำลังสองของทั้งหมด ก็จะได้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (error) ดังสมการ

$$SS_E = SS_T - SS_{\text{subtotals (AB)}}$$

ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 โดยที่ถ้าหากค่า  $F_0 \leq F_{\alpha, v_1, v_2}$  แล้ว ถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ Two – Factor Fixed Effect Model

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	$F_0$
A	$SS_A$	a-1	$MS_A$	$MS_A / MSE$
B	$SS_B$	b-1	$MS_B$	$MS_B / MSE$
AB	$SS_{AB}$	(a-1)(b-1)	$MS_{AB}$	$MS_{AB} / MSE$
Error	SSE	ab(n-1)	MSE	
Total	SST	abn-1		

### 2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### คำณ พัทธ์ (10)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะและวิธีการที่เหมาะสมในการกระเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยเครื่องเหวี่ยง การวิจัยได้ทดลองหาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกระเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ คือ ขนาดของเมล็ด ความชื้นของเมล็ดก่อนกระเทาะ ความเร็วของเมล็ด และเวลาในการทอด โดยวัดจากเปอร์เซ็นต์การประกบคู่ จากนั้นวิเคราะห์ผลทางสถิติและกราฟเพื่อหาปัจจัยที่มีผล และสภาวะที่เหมาะสมในการกระเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องเหวี่ยง

### ทศพล เกียรติเจริญผล (11)

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลือบแล็กเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ทำให้การเคลือบแล็กเกอร์ที่ได้มีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการใช้งาน และเป็นมาตรฐานอ้างอิงในการทำงาน โดยอาศัยหลักการของการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มาทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัย 4 ปัจจัย คือ ชนิดของแล็กเกอร์ น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่ อุณหภูมิบ่มเวลาที่ใช้ในการบ่ม ที่มีผลต่อลักษณะของผิวเคลือบแล็กเกอร์ โดยทำการทดสอบลักษณะของผิวเคลือบแล็กเกอร์ 6 ลักษณะ คือ การทดสอบความยืดหยุ่น การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน การทดสอบการทนต่อการขีดถู การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแล็กเกอร์กับเนื้อเหล็ก และการทดสอบการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อ และทำการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

### ศิริรักษ์ เนตรรัตน์ (12)

ศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการใช้ก๊าซไอโซนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของห้องเจาะเก็บโลหิต ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลดังกล่าวนี้ได้แก่ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน โดยทำการทดลองตาม Screening Design แล้วแยกการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มตามหลักการของ Factorial design ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ อัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน และเวลาในการป้อนก๊าซออกซิเจนเข้าสู่เครื่องกำเนิดก๊าซไอโซน และได้ทำการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยหลักการของ Orthogonal Polynomial และหาค่าที่เหมาะสมในการทดลอง

### วิรัช รวิพันธ์ (13)

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงเทป และหาค่าของปัจจัยเหล่านั้นที่ทำให้ค่าแรงดึงเทปใกล้เคียง 70 gram ซึ่งเป็นความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยหลักการการออกแบบการทดลอง มาทำการทดลองแบบแฟคตอเรียลเพื่อศึกษาถึงปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ความหนาใบมีด ความดันหรือแรงกดใบมีด และอุณหภูมิ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ความหนาใบมีด ความดันหรือแรงกด และอุณหภูมิ และจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณได้สร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของแรงดึงเทป ในรูปฟังก์ชันของความหนาใบมีด ความดันหรือแรงกดใบมีด และอุณหภูมิ พร้อมทั้งสามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม



### ณัฐเศรษฐ์ สมแสน (14)

ศึกษาการประยุกต์ใช้ของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน โดยได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของหมอนคอนกรีตร่องกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ในการนำ Sludge Waste ไปใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตร่องกระเบื้อง โดยการใช้ Sludge Waste ทดแทนซีเมนต์ ทราย หินเกล็ด และเพิ่มในส่วนผสมคอนกรีตปกติ และทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ ได้แก่ กำลังอัด กำลังดัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ การคัดเลือกส่วนผสมและกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตที่สามารถใช้ Sludge Waste และลดต้นทุนวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียได้สูงสุด

### กฤษฎา อัครรุ่งแสงกุล (14)

กฤษฎา อัครรุ่งแสงกุล ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวในกระบวนการตัดชิ้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ และหาเงื่อนไขหรือวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม โดยพิจารณาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวของหัวอ่านเขียนข้อมูล สามารถเลือกปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบในการตัด ความลึกของใบมีดในการตัด อัตราการป้อนตัด จำนวนครั้งในการเดินลับมีด และทิศทางในการตัด เมื่อนำไปทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวคือ ความเร็วรอบในการตัด และทิศทางในการตัด แต่เมื่อทดลองยืนยันผลพบว่าสัดส่วนของเสียไม่ได้ลดลงตามต้องการ จึงเลือกปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อรอยบิ่นและรอยร้าวอีก คือ ความถี่ในการลับระหว่างใช้งาน และใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยเดียว พบว่าปัจจัยนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการทดลองยืนยันผลพบว่าจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

### วรรณรม อุ่นจิตติชัย (15)

วรรณรม อุ่นจิตติชัย นำเสนองานวิจัยกล่าวถึง การนำเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ต้นน้ำหลายแหล่ง นำมาทดลองศึกษาในการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการผลิตเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้กาวยูเรีย - ฟอรัลดีไฮด์ที่ใช้ผลิตกันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม และเสริมคุณภาพด้วยกาวฟีนอล - ฟอรัลดีไฮด์เป็นสารเชื่อมยึดชิ้นไม้ แผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากกาวยูเรีย - ฟอรัลดีไฮด์ในครั้งนี้ ให้คุณภาพเป็นที่น่าพอใจ โดยเฉพาะ สมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว นอกจากนี้การเสริมคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลให้มีความทนทานในการใช้งานได้ยาวนานและในสภาวะที่รุนแรงขึ้น สามารถพัฒนาได้โดยการเปลี่ยนสารเชื่อมยึดเป็นกาวฟีนอล - ฟอรัลดีไฮด์

### บทที่ 3

#### การออกแบบการทดลอง

##### 3.1 การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค่าปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลเกี่ยวข้องกับคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีส่วนผสมของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริม จะพิจารณาเฉพาะปัจจัยทางด้านส่วนผสม โดยคาดว่าส่วนผสมต่าง ๆ ในปริมาณที่ต่างกันจะให้ค่าความแข็งแรงและความคงขนาดมากน้อยต่างกัน เช่น ในการผสมกาว ถ้าใช้กาวน้อย การยึดติดของแผ่นอาจไม่ดีนัก แผ่นเกิดขุย ความแข็งแรงและความคงขนาดต่ำ แต่ถ้าใช้กาวมากการยึดแน่นของแผ่นจะดี ให้ค่าความแข็งแรงและความคงขนาดสูง แต่ถ้าใช้กาวมากเกินไป อาจทำให้แผ่นติดแท่นอัดหรือบวมไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงคาดหมายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลดังนี้

###### 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

เศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาใช้ทดลอง เป็นเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้มาจากเศษเหลือจากขั้นตอนการตัดริมจึงผ่านการอัดร้อนมาแล้ว ดังนั้นเมื่อนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่ จึงทำให้มีคุณสมบัติ ที่ด้อยกว่าไม้สด เช่น บีบอัดตัวได้น้อยกว่าไม้สด และนอกจากนี้เมื่อนำมาผ่านกระบวนการย่อย จะทำให้ได้เฟล็กที่มีรูปร่างเล็ก และสั้นกว่าปกติ ทำให้ค่าความแข็งแรงและความคงขนาดลดลง

###### 2) ปริมาณกาวผิว

กาวผิวที่ใช้จะเป็นกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยทำการผสมกับไม้ผิวในขั้นตอนการไม่กาว ปริมาณของกาวผิวที่แตกต่างกัน จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นไม้ต่างกัน ถ้าปริมาณกาวผิวน้อยเกินไปอาจทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นไม้ต่ำ แผ่นเป็นขุย หรือแผ่นไม่แน่น แต่ถ้ามากเกินไปจะให้ความชื้นมากเมื่ออัดร้อนอาจทำให้แผ่นบวม หรือติดแท่นได้

###### 3) ปริมาณกาวไส้

กาวไส้ที่ใช้จะเป็นกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยทำการผสมกับไม้ไส้ในขั้นตอนการไม่กาว ปริมาณของกาวไส้ที่แตกต่างกัน จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นไม้ต่างกัน ถ้าปริมาณกาวไส้เล็กน้อยเกินไปอาจทำให้แรงยึดเหนี่ยวในชิ้นไม้ต่ำ แผ่นเกิดการแยกตัวที่ชิ้นไม้ เกิดการหลุดล่อนของแผ่นได้ แต่ถ้ามากเกินไปจะให้ความชื้นมาก เมื่ออัดร้อนอาจทำให้แผ่นบวมในชิ้นไม้

### 1) ปริมาณสารเร่งแห้ง

สารเร่งแห้งที่ใช้ทดลองคือแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยจะผสมกับกาวได้ในขั้นตอนการเตรียมกาว ปริมาณของสารเร่งแห้งที่ต่างกัน จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่างกัน ถ้าปริมาณสารเร่งแห้งน้อยเกินไปจะทำให้กาวแข็งตัวช้าแผ่นยึดติดกันไม่ดี แต่ถ้าสารเร่งแห้งมากเกินไปจะทำให้กาวแข็งตัวเร็วก่อนทำการอัดร้อน ทำให้กาวมีประสิทธิภาพต่ำลงยึดติดกันไม่ได้ดี เป็นผลให้ค่าความแข็งแรงต่ำ

## 3.2 การเลือกปัจจัยที่จะนำมาศึกษา และระดับของปัจจัย

จากปัจจัยที่นำมาศึกษาทั้ง 4 ปัจจัย นำมาศึกษาที่ละปัจจัย ดังนี้

### 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

นำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมาทดลองในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% , 10% , 15% , 20% และ 25% ของไม้ทั้งหมด โดยวัดคุณสมบัติจากลักษณะภายนอกได้แก่ ลักษณะความเป็นขุย การพังของขอบ ผุจากการโรย และความแห้ง พบว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหมาะสมที่จะทำให้แผ่นเป็นขุย ขอบของแผ่นพัง และมีผุน้อย สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด

ระดับ 2 ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% ของไม้ทั้งหมด

ระดับ 3 ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 15% ของไม้ทั้งหมด

### 2) ปริมาณกาวผิว

ปริมาณกาวผิวที่ใช้ในปัจจุบันจะใช้ปริมาณ 60 ลิตร ต่อไม้ 300 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 15% ของเนื้อไม้แห้ง จึงทำการทดลองลดและเพิ่มกาวผิวในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ คือ ปริมาณกาวผิว 50 , 55 , 60 , 65 และ 70 ลิตรต่อไม้ 300 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 13% , 14% , 15% , 16% , และ 17% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ โดยวัดคุณสมบัติจากลักษณะภายนอกได้แก่ ลักษณะความเป็นขุย การพังของขอบ ผุจากการโรย ความแห้ง และการติดแทนอัด พบว่า ปริมาณกาวผิวที่เหมาะสมที่จะทำให้แผ่นที่อัดร้อนแล้วไม่ติดแทนอัด และไม่เกิดขุยมากเกินไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ปริมาณกาวผิว 14% ของเนื้อไม้แห้ง

ระดับ 2 ปริมาณกาวผิว 15% ของเนื้อไม้แห้ง

ระดับ 3 ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง

## 3) ปริมาณกาวยาี้

ปริมาณกาวยาี้ที่ใช้ในปัจจุบันจะใช้ปริมาณ 17 ลิตรต่อไม้ 200 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 7% ของเนื้อไม้แห้ง ของเนื้อไม้แห้ง จึงทำการทดลองลดและเพิ่มกาวยาี้ในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ คือ ปริมาณกาวยาี้ 13 , 15 , 17 , 19 และ 21 ลิตรต่อไม้ 200 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 5% , 6% , 7% , 8% และ 9% ของเนื้อไม้แห้งตามลำดับ โดยวัดลักษณะทางด้านหนาของแผ่น ได้แก่ ลักษณะของความพรุน และความแน่น พบว่า ปริมาณกาวยาี้ที่เหมาะสมที่จะทำให้แผ่นแน่น มีรูพรุนระหว่างชิ้นไม้น้อย สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ปริมาณกาวยาี้ 7% ของเนื้อไม้แห้ง

ระดับ 2 ปริมาณกาวยาี้ 8% ของเนื้อไม้แห้ง

ระดับ 3 ปริมาณกาวยาี้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

## 4) ปริมาณสารเร่งแข็ง

ปริมาณสารเร่งแข็งที่ใช้ในปัจจุบันจะใช้ปริมาณ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกาวยาี้ 50 ลิตร จึงทำการทดลองลดและเพิ่มสารเร่งแข็งในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ คือ ปริมาณสารเร่งแข็ง 600 , 800 , 1000 , 1200 และ 1400 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกาวยาี้ 50 ลิตร จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารเร่งแข็งมากเกินไป กาวจะแข็งตัวก่อนทำการอัดรีดเกิดการแยกตัวในชั้นได้ แต่ถ้าลดปริมาณสารเร่งแข็งน้อยเกินไป แผ่นพาร์ทิเคิลจะติดแผ่นอัด และเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการแข็งตัว (Gel Time) พบว่าปริมาณสารเร่งแข็ง 800 , 1000 และ 1200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกาวยาี้ 50 ลิตร จะมีค่าระยะเวลาการแข็งตัวที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงตัดปัจจัยปริมาณสารเร่งแข็งออกจากการพิจารณา

สามารถสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		ต่ำ (-)	กลาง (0)	สูง (+)
1. ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล	A	5%	10%	15%
2. ปริมาณกาวยาี้	B	14%	15%	16%
3. ปริมาณกาวยาี้	C	7%	8%	9%

### 3.3 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล

#### 3.3.1 ความหนาแน่น (Density)

คือ มวลของไม้และกาวต่อปริมาตร แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ควรมีค่าความหนาแน่นตาม มอก. 876 – 2532 อยู่ในช่วง 500 – 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความหนาแน่นสูง จะให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นสูง สามารถนำไปผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่มีคุณภาพดี แต่ในทางตรงข้ามแผ่นพาร์ทิเคิลจะแข็ง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเครื่องจักร และยังมีน้ำหนักมากทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตขนย้ายลำบาก ส่วนแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีช่องว่างระหว่างชิ้นไม้มาก แรงยึดเหนี่ยวที่ขอบน้อย จึงมีความแข็งแรงน้อย และแผ่นอาจเกิดการหลุดล่อนแยกชั้น เกิดปัญหาในการนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้

#### 3.3.2 ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity and Bending strength)

คือ ความต้านทานต่อการแอ่นตัว หรือการหักของการรับน้ำหนักในแนวนอน จึงมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์แผ่นพาร์ทิเคิลในการนำไปผลิตโต๊ะ หรือชั้นวางของ แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ควรมีค่าความต้านทานแรงดัดตาม มอก. 876 – 2532 ไม่น้อยกว่า 13.8 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 2000 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นสูง จะมีความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวนอนได้สูง

#### 3.3.3 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tensile strength perpendicular to the plane)

คือ ความต้านทานในการแยกเป็นชั้น หรือการหลุดล่อนของแผ่นพาร์ทิเคิล ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ควรมีค่าตาม มอก. 876 – 2532 ไม่น้อยกว่า 0.34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ เช่นการทากาว หรือการเชื่อมติดระหว่างแผ่นที่มีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำ อาจเกิดการแยกชั้น หรือหลุดล่อนระหว่างการประกอบ , การขนส่ง หรือระหว่างใช้งาน เนื่องจากความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวกันระหว่างกาวและชิ้นไม้ในแผ่นน้อย

#### 3.3.4 ความยึดแน่นของผิวหน้า (Surface soundness)

คือ ความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวกันของแผ่นปาติเกิลบริเวณพื้นผิวหน้าของแผ่น เป็นค่าที่ใช้ยืนยันสภาวะการอัด และการขัด ว่าสามารถขจัดความแข็งแรงที่ผิวหน้าของแผ่นที่มีค่าต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ควรมีค่าความความยึดแน่นของผิวหน้าตาม มอก. 876 – 2532

ไม่น้อยกว่า 1100 นิวตัน แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความยืดหยุ่นของผิวหน้าต่ำ อาจเกิดการหลุดล่อนระหว่างวัสดุติดผิวกับผิวหน้าของแผ่นในขณะทำการผลิตเฟอร์นิเจอร์ได้

### 3.3.5 ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว (Screwholding)

คือ ความแข็งแรง ทนทานต่อการยึดเหนี่ยว หรือการตอกของตะปูเกลียวบริเวณผิวหน้าและของของแผ่นพาร์ทิเคิล ดังนั้นจึงเกี่ยวข้องกับ การติดตั้งบานพับ , ข้อต่อ และการประกอบอื่น ๆ เข้ากับแผ่นพาร์ทิเคิล ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว ควรมีค่าตาม มอก. 876 – 2532 ไม่น้อยกว่า 360 นิวตัน แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวต่ำ เมื่อทำการเจาะจะทำให้ผิวปริ หรือได้แตก ทำให้เฟอร์นิเจอร์มีตำหนิได้

### 3.3.6 การดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Water absorption and swelling in water)

การดูดซึมน้ำ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของแผ่นพาร์ทิเคิลเมื่อได้รับความชื้น ว่าสามารถดูดซึมความชื้นได้มากน้อยเพียงใด ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ตาม มอก. 876 – 2532 ควรมีค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงไม่เกินร้อยละ 40 และค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงไม่เกินร้อยละ 8

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลเมื่อได้รับความชื้น ว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากความหนาเดิมเท่าใด ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ควรมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ตาม มอก. 876 – 2532 ไม่เกินร้อยละ 12

แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีอัตราการดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำสูง แสดงว่ามีความสามารถในการรับความชื้นได้สูง ความคงขนาดน้อย ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อาจเกิดปัญหาต่อเฟอร์นิเจอร์ เช่น มีการยึดตัว หดตัว ทำให้เฟอร์นิเจอร์มีขนาดเปลี่ยนไประหว่างการใช้งานได้ ดังนั้นในสภาวะความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอ แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีอัตราการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำจึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่า

### 3.3.7 ความชื้น (Moisture)

คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแผ่นพาร์ทิเคิล โดยจะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะของการผลิต และการเก็บรักษา แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ควรมีค่าความชื้นตาม มอก. 876 – 2532 อยู่ในช่วงร้อยละ 9- 15 ถ้าแผ่นพาร์ทิเคิลมีความชื้นต่ำกว่าความชื้นบรรยากาศ แผ่นจะดูดซึมความชื้นจากบรรยากาศ อาจทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลบวม เนื่องจากแผ่นพาร์ทิเคิลที่สัมผัสกับบรรยากาศจะดูดซึมหรือสูญเสียไอน้ำจนกระทั่งความชื้นของแผ่นเท่ากับความชื้นของบรรยากาศโดยรอบ ดังนั้นแผ่นพาร์ทิเคิลที่ดี ควรมีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นบรรยากาศ

### 3.4 แผนการออกแบบการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาหาปัจจัย และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องแล้ว จะทำการเลือกแผนการทดลองโดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

#### 3.4.1 ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวไส้

#### 3.4.2 การกำหนดระดับของปัจจัย ได้แก่

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 5% , 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด
- 2) ปริมาณกาวผิวแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 14% , 15% และ 16% ของเนื้อไม้แห้ง
- 3) ปริมาณกาวไส้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 7% , 8% และ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 3.4.3 รูปแบบการทดลอง

1) การทำแบบสุ่ม การทดลองนี้ใช้การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยแบ่งบล็อกออกเป็น 2 บล็อก เนื่องจากไม่สามารถทดลองให้เสร็จทั้งหมดภายในวันเดียวได้ แล้วทำการสุ่มภายในบล็อก เพื่อป้องกันเรื่องความไม่สม่ำเสมอของเครื่องมือและผู้ทดลอง

2) การทดลองซ้ำ เป็นการกำหนดจำนวนซ้ำในการทดลอง ซึ่งควรมีจำนวนซ้ำอย่างน้อยที่สุด 2 ซ้ำ ดังนั้นจึงทำการทดลอง 2 ซ้ำโดย 1 บล็อกก็คือ 1 ซ้ำเพราะเหตุผลทางด้านค่าใช้จ่าย

#### 3.4.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่

- 1) ความต้านทานแรงดัด
- 2) ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า
- 3) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- 4) ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว
- 5) ความหนาแน่น
- 6) การดูดซึมน้ำ
- 7) ความชื้น
- 8) ความยืดหยุ่นของผิวหน้า
- 9) มอดุลัสยืดหยุ่น

### 3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลกำหนดรูปแบบการทดลองเป็นแบบที่เกิดจากอิทธิพลคงที่ (Fixed Effect Model) มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบหรือตัวแปรตอบสนอง แสดงได้ดังสมการ

โดยที่  $Y_{ijkl}$  คือ ค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากระดับ  $i$  ของปัจจัยปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ระดับ  $j$  ของปัจจัยปริมาณกาวผิว ระดับ  $k$  ของปัจจัยปริมาณกาวไส้ และจำนวนซ้ำ  $l$

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \delta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

$\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

$\tau_i$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ  $i$  ของปัจจัยปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$\beta_j$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ  $j$  ของปัจจัยปริมาณกาวผิว

$\gamma_k$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ  $k$  ของปัจจัยปริมาณกาวไส้

$(\tau\beta)_{ij}$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ  $i$  ของปัจจัยเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับระดับ  $j$  ของปัจจัยปริมาณกาวผิว

$(\tau\gamma)_{ik}$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ  $i$  ของปัจจัยเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับระดับ  $k$  ของปัจจัยปริมาณกาวไส้

$(\beta\gamma)_{jk}$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ  $j$  ของปัจจัยปริมาณกาวผิว กับระดับ  $k$  ของปัจจัยปริมาณกาวไส้

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$  คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ  $i$  ของปัจจัยเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ระดับ  $j$  ของปัจจัยปริมาณกาวผิว และระดับ  $k$  ของปัจจัยปริมาณกาวไส้

$\delta_l$  คือ อิทธิพลของบล็อก

$\varepsilon_{ijkl}$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

เนื่องจากในการศึกษาหาส่วนผสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกลับมาใช้ใหม่นี้ มีข้อจำกัดจำนวนซ้ำในการทดลองสามารถทำได้เพียง 2 ซ้ำ ดังนั้นทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลในระดับสูงได้ ดังนั้นอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ของ 3 ปัจจัย จึงสามารถละเลยได้ ดังนั้นสมการตัวแบบของแหล่งความผันแปรต่อค่าตัวแปรตอบสนองจึงมีสมมติฐาน ดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \delta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

และสามารถตั้งสมมติฐานในการทดสอบได้ดังนี้

$$1. H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \tau_i \neq 0$$



2.  $H_0 : \beta_j = 0$   
 $H_1 : \beta_j \neq 0$
3.  $H_0 : \gamma_k = 0$   
 $H_1 : \gamma_k \neq 0$
4.  $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$   
 $H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$
5.  $H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$   
 $H_1 : (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$
6.  $H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$   
 $H_1 : (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$
7.  $H_0 : \delta_1 = 0$   
 $H_1 : \delta_1 \neq 0$

หลังจากตั้งสมมติฐานจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน และเพื่อทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Model Adequacy Checking) และทำการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ด้วยกราฟของตัวแปรตอบสนอง (Response Plot) สามารถแสดงตัวอย่างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ชั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ตัวทดสอบ F	ค่า F วิฤต
ทรีทเมนต์ บล็อก ความคลาดเคลื่อนทั้งหมด					

### 3.4.6 ข้อสรุปและเสนอแนะ

หลังจากที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องทำการสรุปผลและเสนอแนะเกี่ยวกับผล  
ที่ได้จากการทดลอง

สรุปแผนการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 3.3



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แผนการออกแบบการทดลอง

<b><u>แผนการออกแบบการทดลอง</u></b>				
1. วัตถุประสงค์				
เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิล และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการใช้งาน				
2. ข้อมูลพื้นฐาน				
ในขั้นตอนการตัดริมนั้นจะเหลือเศษแผ่นพาร์ทิเคิลเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งขายหรือกองทิ้งไว้หลังโรงงาน ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกลับมาใช้ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของแผ่นพาร์ทิเคิล ซึ่งคุณภาพของแผ่นพาร์ทิเคิลขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านส่วนผสมต่าง ๆ เช่น ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณกาว				
3. ตัวแปรการทดลอง				
3.1	ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable)	<u>วิธีการวัดผล</u>		
	1) ความต้านทานแรงดัด	ค่าความต้านทานแรงดัด		
	2) ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		
	3) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ		
	4) ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว	ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว		
	5) ความหนาแน่น	ค่าความหนาแน่น		
	6) การดูดซึมน้ำ	ค่าการดูดซึมน้ำ		
	7) ความชื้น	ค่าความชื้น		
	8) ความยืดหยุ่นของผิวหน้า	ค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า		
	9) มอดุลัสยืดหยุ่น	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น		
3.2	ปัจจัย	<u>ระดับ</u>		
	1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล	5%	10%	15%
	2) ปริมาณกาวผิว	14%	15%	16%
	3) ปริมาณกาวไส้	7%	8%	9%

### ตารางที่ 3.3 แผนการออกแบบการทดลอง(ต่อ)

3.3 ปัจจัยควบคุม	<u>การควบคุม</u>
1) อุณหภูมิแทนอัด	180 องศาเซลเซียส
2) ความดันแทนอัด	6500 Psi
3) เวลาอัด	6.5 นาที
4) ความชื้นไม้หลังอบ	3 - 4 %
5) ชนิดกาบ	กาบฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์
4. จำนวนซ้ำ	
ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ดังนั้นการทดลองจะมีทั้งหมด $3 \times 3 \times 3 \times 2 = 54$ การทดลอง	
5. วิธีการสุ่ม	
ใช้วิธีการบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Block Design) แสดงลำดับการทดลองดังตารางที่ 3.5 และ 3.6	
6. เมตริกการออกแบบ	
แสดงดังตารางที่ 3.4	
7. ตารางบันทึกผลการทดลอง	
7.1 ตารางแสดงผลการทดลอง แสดงในภาคผนวก ก	
7.2 ตารางบันทึกผลการทดลองเบื้องต้น ประกอบด้วย	
1) ตารางบันทึกผลความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น แสดงในภาคผนวก ข	
2) ตารางบันทึกผลความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แสดงในภาคผนวก ค	
3) ตารางบันทึกผลการพองตัวเมื่อแช่น้ำ แสดงในภาคผนวก ง	
4) ตารางบันทึกผลความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว แสดงในภาคผนวก จ	
5) ตารางบันทึกผลความหนาแน่น และความชื้น แสดงในภาคผนวก ฉ	
6) ตารางบันทึกผลการดูดซึมน้ำ แสดงในภาคผนวก ช	
7) ตารางบันทึกผลความยืดหยุ่นของผิวหน้า แสดงในภาคผนวก ซ	

ตารางที่ 3.3 แผนการออกแบบการทดลอง(ต่อ)

8. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

8.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

8.2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking)

8.3 กราฟตัวแปรตอบสนอง (Response Plot)

9. อื่นๆ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 เมตริกการออกแบบ

A	B								
	0			1			2		
	C			C			C		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0	1*	2	3	4	5	6	7	8	9
	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	37	38	39	40	41	42	43	44	45
2	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	46	47	48	49	50	51	52	53	54

\* หมายเลขสภาวะการทดลอง

0 หมายถึง ระดับของปัจจัยระดับต่ำ

1 หมายถึง ระดับของปัจจัยระดับกลาง

2 หมายถึง ระดับของปัจจัยระดับสูง

A หมายถึง ปริมาณเศษแผ่นปรกติเกิด

B หมายถึง ปริมาณกาวผิว

C หมายถึง ปริมาณกาวใต้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 ลำดับการทดลองบล็อก 1

ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง
1	14	10	27	19	16
2	23	11	8	20	22
3	4	12	15	21	3
4	20	13	18	22	12
5	26	14	1	23	6
6	13	15	24	24	9
7	7	16	21	25	2
8	10	17	5	26	19
9	17	18	11	27	25

ตารางที่ 3.6 ลำดับการทดลองบล็อก 2

ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลข สภาวะการทดลอง
1	14	10	18	19	10
2	8	11	12	20	1
3	20	12	6	21	16
4	11	13	24	22	22
5	2	14	15	23	25
6	26	15	9	24	4
7	5	16	21	25	13
8	17	17	3	26	19
9	23	18	27	27	7

## บทที่ 4

### การดำเนินการทดลอง

#### 4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

##### 4.1.1 ไม้สด

ไม้สดที่นำมาใช้ทดลองต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งาน คือ การตรวจสอบความชื้น ความชื้นของไม้สดที่จะนำมาทดลองต้องอยู่ในช่วง 45-55 %

##### 4.1.2 เศษแผ่นพาร์ทิเคิล

เศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนมาแล้ว ต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งาน คือ การตรวจสอบความชื้น ความชื้นของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่จะนำมาทดลองต้องอยู่ในช่วง 10-12 %

##### 4.1.3 กาวผิวและกาวไส้

กาวผิวและกาวไส้ที่นำมาใช้ในการทดลองต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งานคือ

- 1) ค่า PH
- 2) ค่าความถ่วงจำเพาะ
- 3) ค่า Solid Content
- 4) ระยะเวลาการแข็งตัวของกาว (Gel Time)

##### 4.1.4 สารเร่งแข็ง

สารเร่งแข็งที่นำมาใช้ในการทดลองต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งานคือ

- 1) ค่า PH
- 2) ค่าความถ่วงจำเพาะ
- 3) ค่า Solid Content

##### 4.1.5 แวกซ์

แวกซ์ที่นำมาใช้ในการทดลองต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งานคือ

- 1) ค่า PH
- 2) ค่าความถ่วงจำเพาะ



## 3) ค่า Solid Content

4.2 วิธีการตรวจสอบ

## 4.2.1 ความชื้น

- 1) นำกระดาษฟลอยด์พับเป็นจานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 8 ซม.
- 2) ชั่งน้ำหนักฟลอยด์
- 3) ชั่งขึ้นเกลือได้ไม้ 3 กรัม
- 4) นำไปวางไว้ใต้โคมไฟให้ระดับพอดีไม่แรงมากและไม่น้อยมาก
- 5) นำมาชั่งน้ำหนักเป็นระยะ ๆ จนน้ำหนักคงที่
- 6) นำมาคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}} \times 100$$

## 4.2.2 ค่า PH

- 1) เตรียมวัตถุบิที่ต้องการตรวจสอบบรรจุในบีกเกอร์ขนาด 50 ml.
- 2) ตัด PH Indicator ยาว 2 – 3 ซม. จำนวน 3 ชิ้น
- 3) จุ่ม PH Indicator ลงไป 3 ใน 4 ของความยาวลงในบีกเกอร์
- 4) นำสีมาเปรียบเทียบกับมีค่า PH อยู่ในช่วงใด

## 4.2.3 ค่าความถ่วงจำเพาะ

- 1) เตรียมวัตถุบิที่ต้องการตรวจสอบบรรจุในกระบอกตวง 60 – 70 ml.
- 2) นำไฮโดรมิเตอร์ที่มีช่วงค่าความถ่วงจำเพาะครอบคลุม ค่าของวัตถุบิที่ตรวจ

สอบจุ่มลงไปใ้ในกระบอกตวง

- 3) รอจนไฮโดรมิเตอร์หยุดนิ่ง ลอยตัวอยู่กับที่ อ่านค่าและจดบันทึกไว้

## 4.2.4 ค่า Solid Content

- 1) นำกระดาษฟลอยด์พับเป็นจานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 8 ซม.
- 2) ชั่งน้ำหนักฟลอยด์ กด TARE
- 3) นำวัตถุบิที่ต้องการตรวจสอบวางบนฟลอยด์ 2 กรัม เกลี่ยให้กระจายสม่ำเสมอทั่วฟลอยด์
- 4) ชั่งน้ำหนักเป็นระยะ ๆ จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปคำนวณจากสูตร

$$\text{Solid Content (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ})}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100$$

#### 4.2.5 ค่าระยะเวลาการแข็งตัว

- 1) ต้มน้ำในบีกเกอร์ให้เดือด
- 2) ตวงส่วนผสมมวลปริมาณ 1 cc. ลงในหลอดทดลองแล้วนำไปต้มน้ำเดือด แล้วเริ่มจับเวลา
- 3) ใช้แท่งคนตลอดเวลาจนกระทั่งการเริ่มเป็นฟองแล้วแข็งตัว
- 4) จดเวลาที่การแข็งตัวเป็นเวลา Gel Time

### 4.3 การทดลอง

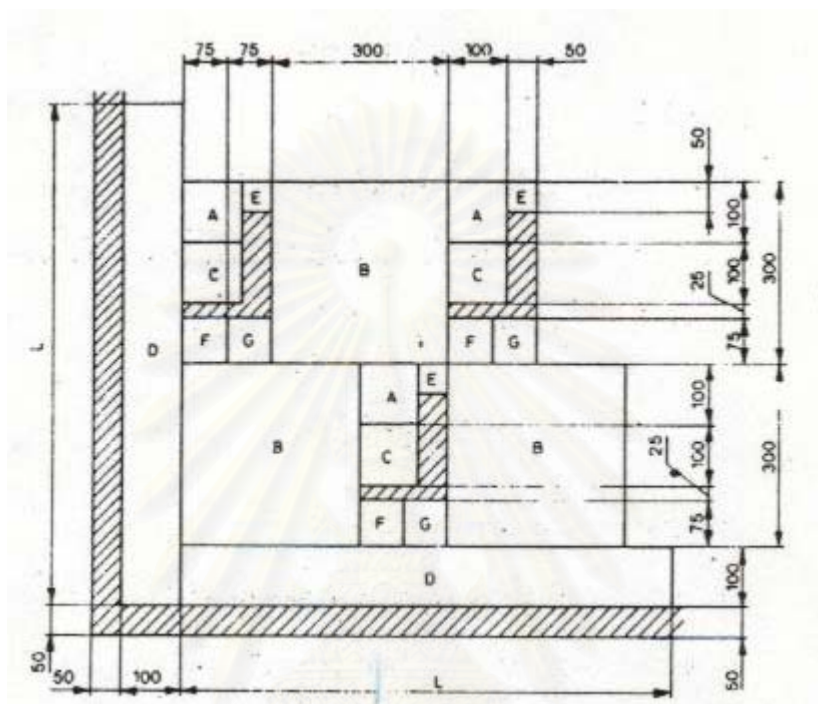
- 4.3.1 ย่อยไม้สดและเศษแผ่นพาร์ทิเคิลในปริมาณที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง
- 4.3.2 นำไม้ที่ย่อยแล้วไปอบแห้ง โดยควบคุมให้ไม้หลังอบมีความชื้นอยู่ในช่วง 3-4%
- 4.3.3 คัดขนาดไม้ด้วยตะแกรงคัดขนาดเพื่อแยกไม้ผิวและไม้ไส้
- 4.3.4 ส่งไม้ไปผสมกาวผิวและกาวไส้ในปริมาณที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง โดยใช้เวลาในการไม่กาวผิว 8 นาที และกาวไส้ 10 นาที
- 4.3.5 นำไม้ที่ผสมกาวแล้วมาโรยไม้ฟอรั่มแผ่น
- 4.3.6 นำไม้ที่ฟอรั่มแผ่นเข้าอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความดัน 6500 และเวลาในการอัดร้อน 6.5 นาที
- 4.3.7 ฝั่งไม้ที่อัดร้อนแล้วไว้ 7 วัน
- 4.3.8 ตัดริม
- 4.3.9 ขัดผิว
- 4.3.10 ตัดไม้ออกเป็นชิ้น เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

### 4.4 การจัดแบ่งชิ้นทดสอบ

ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบสามารถแบ่งได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 4.1)

- 4.4.1 ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
- 4.4.2 ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำ จำนวน 3 ชิ้น
- 4.4.3 ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จำนวน 3 ชิ้น

- 4.4.4 ชั้นทดสอบ D สำหรับทดสอบความต้านแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชั้น
- 4.4.5 ชั้นทดสอบ E สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชั้น
- 4.4.6 ชั้นทดสอบ F สำหรับทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า จำนวน 3 ชั้น
- 4.4.7 ชั้นทดสอบ G สำหรับทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว จำนวน 3 ชั้น



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งและการตัดชั้นทดสอบ

#### 4.5 การทดสอบคุณสมบัติ

##### 4.5.1 การทดสอบความหนาแน่น

###### 1) เครื่องมือ

- 1.1) เครื่องชั่ง
- 1.2) ไมโครมิเตอร์

###### 2) วิธีทดสอบ

- 2.1) ชั่งชั้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
- 2.2) วัดความกว้าง (W1,W2) และความยาว (L1,L2) ของชั้นทดสอบขนาดกั

ขอบ ตามรูปที่ 4.2 แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3) วัดความหนา 4 ตำแหน่ง(T1,T2,T3,T4) ตามรูปที่ 4.2 แล้วหาค่าเฉลี่ย

3) วิธีคำนวณ

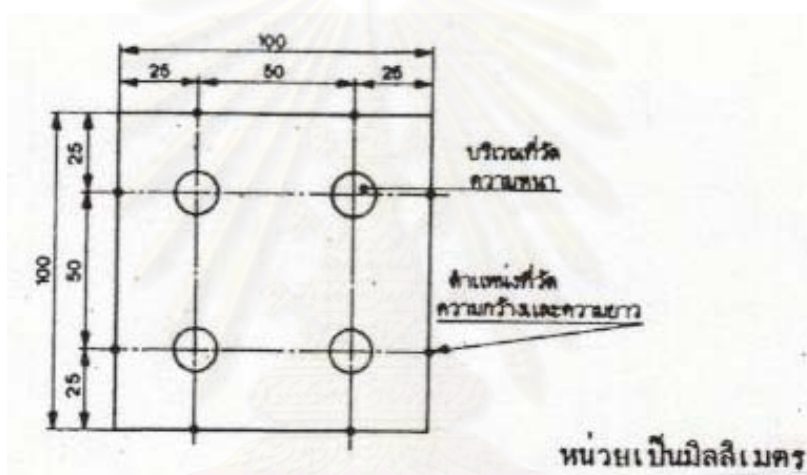
หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล (กรัม)} \times 10^6}{\text{ปริมาตร(ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}}$$

(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

4) การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบแต่ละชั้นและค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชั้นทดสอบ

4.5.2 การทดสอบความชื้น

1) เครื่องมือ

1.1) เครื่องชั่ง

1.2) เตาอบ

2) วิธีทดสอบ

2.1) ชั่งชั้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 4.4.1 แล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน เป็นน้ำหนักก่อนอบ

2.2) อบชั้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ  $103 \pm 2$  องศาเซลเซียสจนมีน้ำหนักคงที่

2.3) ชั่งชั้นทดสอบเป็นน้ำหนักอบแห้ง

3) วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}} \times 100$$

4) การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

4.5.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

1) เครื่องมือ

1.1) เครื่องชั่ง

1.2) อ่างน้ำ

2) วิธีทดสอบ

2.1) ชั่งชิ้นทดสอบ ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน เป็นน้ำหนักก่อนแช่น้ำ

2.2) แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร และแต่ละชิ้นไม่ติดกัน

2.3) เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมด แล้วชั่งทันทีเป็นน้ำหนักหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ต่อจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำอีก 22 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นมาชั่งตามวิธีเดิม น้ำหนักที่ชั่งได้ในครั้งนี้ เป็นน้ำหนักหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

3) วิธีคำนวณ

หาค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และที่ 24 ชั่วโมง จากสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}} \times 100$$

4) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ

4.5.4 การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

1) เครื่องมือ

1.1) ไมโครมิเตอร์

1.2) อ่างน้ำ

## 2) วิธีทดสอบ

2.1) ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 4.2 วัดความหนาของชั้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง(T1,T2,T3,T4) แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

2.2) แช่ชั้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งชั้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชั้นห่างออกจากกัน และห่างผนัง และกันภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

2.3) เมื่อแช่ชั้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชั้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ

2.4) เมื่อปล่อยให้ชั้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชั้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

## 3) วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)

$$= \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

## 4) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

## 4.5.5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

## 1) เครื่องมือ

1.1) เครื่องกด ซึ่งหัวกดมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 13 มิลลิเมตร

1.2) แท่นรองรับ มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 12 มิลลิเมตร

1.3) มาตรการแอ่นตัว

## 2) วิธีทดสอบ

2.1) วัดความกว้าง(W1,W2) และความหนา(T1,T2,T3,T4) ของชั้นทดสอบแล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2) วางชั้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 256 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 4.3 ให้ปลายชั้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละเท่า ๆ กัน

สม้าเสมอ

2.3) ให้แรงกดลงบนกึ่งกลางของชั้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่าง

2.4) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัวดังรูปที่ 4.4

3) วิธีคำนวณ

3.1) ความต้านแรงดัด

หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$f = \frac{3 F l}{2 W T^2}$$

เมื่อ  $f$  คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

$F$  คือ ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ชั้นทดสอบหัก เป็นนิวตัน  
คำนวณจาก  $F = 9.81 (3.58 P - 71.56)$

$l$  คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$W$  คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$T$  คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

3.1) มอดุลัสยืดหยุ่น

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{l^3 \Delta w}{4 b d^3 \Delta s}$$

เมื่อ  $E$  คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

$l$  คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$\Delta w$  คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 4.4 เป็นนิวตัน

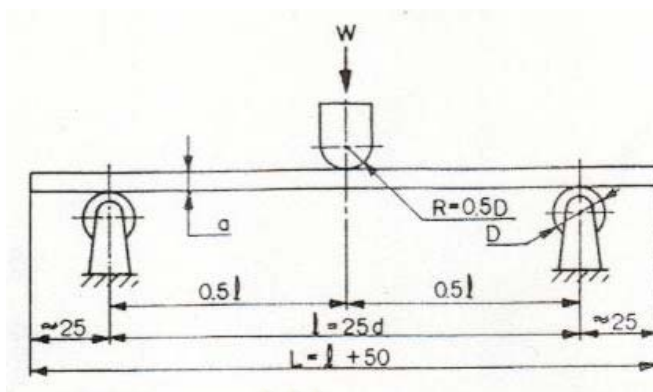
$b$  คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$d$  คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

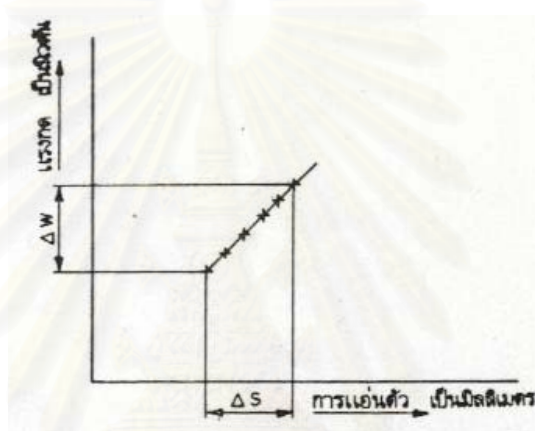
$\Delta s$  คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 4.4 เป็นมิลลิเมตร

4) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัด



รูปที่ 4.3 การทดสอบความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

#### 4.5.6 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

##### 1) เครื่องมือ

##### 1.1) เครื่องดึง

1.2) แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้ ขนาด 50 มิลลิเมตร x 120 มิลลิเมตร หนา 16

มิลลิเมตร

##### 2) วิธีทดสอบ

2.1) วัดความกว้าง ( $w_1, w_2$ ) และความยาว ( $L_1, L_2$ ) ของชิ้นทดสอบ แล้วหาค่า

เฉลี่ย

2.2) ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาว Hot Melt

2.3) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออก

จากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นได้

##### 3) วิธีคำนวณ



หาค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$IB = \frac{F}{WL}$$

- เมื่อ IB คือ ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นเมกะพาสคัล  
 F คือ ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน เป็นนิวตัน  
 คำนวณจาก  $F = 9.81 (3.58 P - 71.56)$   
 W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร  
 L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

#### 4) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

##### 4.5.7 การทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

###### 1) เครื่องมือ

###### 1.1) เครื่องดึง

1.2) แผ่นยึด ทำด้วยแผ่นไม้ขนาด 40 มิลลิเมตร x 40 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร

###### 1.3) ตะปูเกลียว

###### 2) วิธีทดสอบ

2.1) ขีดเส้นทแยงมุม 2 เส้นบนด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นทดสอบ เพื่อเป็นแนวให้ติดแผ่นยึดให้ได้กึ่งกลางมากที่สุดติดแผ่นยึดบนชิ้นทดสอบทั้ง 2 ด้าน ด้วยกาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ ชนิดเดียวกับที่ได้ผสมทำแผ่นขึ้นไม้อัด

2.2) ชั้นตะปูเกลียวที่จุดกึ่งกลางของแผ่นไม้ และตั้งฉากกับชิ้นทดสอบ ลงไปลึก 20 มิลลิเมตร

2.3) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

###### 3) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยืดหยุ่นของผิวหน้า

##### 4.5.8 การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

###### 1) เครื่องมือ

###### 1.1) เครื่องดึง

###### 1.2) ตะปูเกลียว

## 2) วิธีทดสอบ

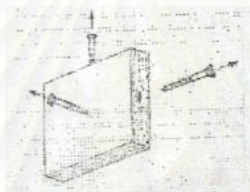
2.1) เจาะรูนำโดยดอกสว่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 6 มิลลิเมตร 3 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง และที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน ตามรูปที่ 4.4

2.2) ชั้นตะปูเกลียวตามรูนำจนกระทั่งจมลึกลงไป 13 มิลลิเมตร

2.3) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนจากชิ้นทดสอบ แรงที่ใช้ดึงอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียวและตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

## 3) การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว



รูปที่ 4.5 การเจาะรูการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

โดยค่าทั้งหมดที่ทำการวัดควรมีลักษณะที่ต้องการดังตารางที่ 4.1  
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติที่ต้องการของแผ่นพาร์ทิเคิลตาม มอก.876-2532

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ระหว่าง	500-800
2	ความชื้น (ร้อยละ) ระหว่าง	9-15
3	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) ไม่เกิน	
	- 2 ชั่วโมง	40
	- 24 ชั่วโมง	80
4	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ) ไม่เกิน	12
5	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล) ไม่น้อยกว่า	13.8
6	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) ไม่น้อยกว่า	2000
7	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล) ไม่น้อยกว่า	0.34
8	ความยืดหยุ่นของผิวหน้า (นิวตัน) ไม่น้อยกว่า	1100
9	ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว (นิวตัน) ไม่น้อยกว่า	360

## บทที่ 5

### การคำนวณและการวิเคราะห์ผล

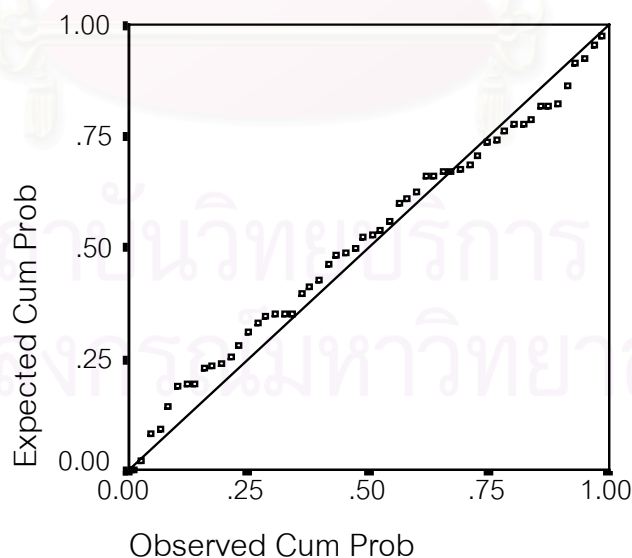
#### 5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดลองตามแผนการทดลองแล้ว จะนำผลที่ได้จากการทดลองมาตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมหรือไม่ แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนว่าปัจจัยหรือปัจจัยร่วมใดมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นพาร์ทิเคิล นอกจากนี้จะนำผลการทดลองมาสร้างกราฟตัวแปรตอบสนอง เพื่อแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล

##### 5.1.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

###### 5.1.1.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความต้านทานแรงดัดด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.1 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

## 5.1.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความต้านทานแรงดัดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตา

รางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

แหล่งของความ ผันแปร	ผลรวมกำลัง สอง	ชั้นของความ อิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลัง สอง	F	Fวิกฤต
A	56.798	2	28.399	30.230	3.37
B	52.296	2	26.148	27.833	
C	14.591	2	7.295	7.766	
AB	2.986	4	0.746	0.795	2.74
AC	7.911	4	1.978	2.105	
BC	3.798	4	0.949	1.011	
Block	0.420	1	0.420		
Error	24.425	26	0.939		
Total	180.117	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.1 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

## 1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬว มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬวได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬวได้ มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬวได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬวได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬวกับปริมาณกาฬวได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาบผิวกับปริมาณกาบไส้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดัด ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-1.237222	.182517	-.553124	-6.779	.0000
B	1.196667	.182517	.534992	6.556	.0000
C	.629722	.182517	.281529	3.450	.0012
BLOCK	.176296	.298048	.048265	.592	.5569
(Constant)	17.984259	.788561		22.806	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก ทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกาบผิว และปริมาณกาบไส้มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของค่าความต้านทานแรงดัดได้ดังนี้

$$\text{ความต้านทานแรงดัด} = 17.984 - 1.237 A + 1.197 B + 0.630 C$$

#### 5.1.1.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความต้านแรงดัดพบว่ามีค่าสูงคือ 86.21% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

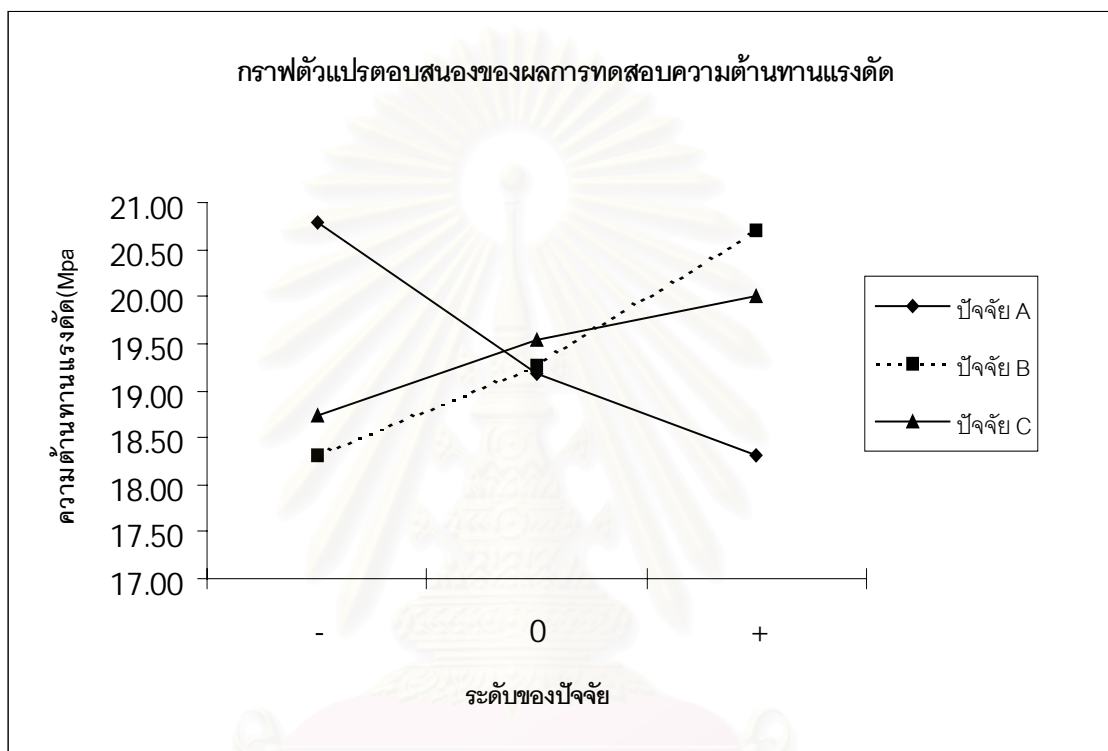
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 86.21\%$$

#### 5.1.1.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความต้านทานแรงดัด

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดได้ผลดังรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	20.79	18.31	18.74
0	19.18	19.26	19.54
+	18.32	20.71	20.00



รูปที่ 5.2 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

จากรูปที่ 5.2 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) ปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) และ ปริมาณกาวไส้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงดัด โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดลดลง และ จากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

2) ปริมาณกาวผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้นด้วย และจากกราฟ จะเห็นว่า ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

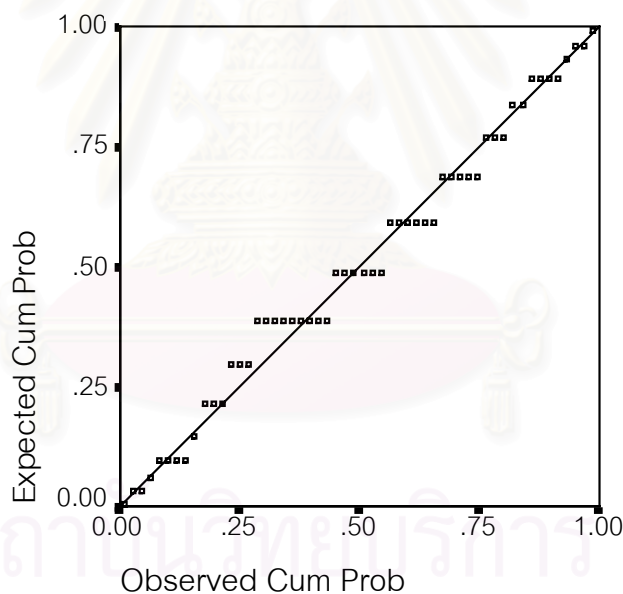
3) ปริมาณการใส่ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้นด้วย และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการใส่ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการใส่ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความต้านทานแรงดัดอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณการใส่ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 5.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

#### 5.1.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.3 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

#### 5.1.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.3



ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แหล่งของความแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	0.071	2	0.035	<b>13.31</b>	3.37
B	0.006	2	0.003	1.06	
C	0.048	2	0.024	<b>8.98</b>	2.74
AB	0.005	4	0.001	0.48	
AC	0.003	4	0.001	0.31	
BC	0.003	4	0.001	0.27	
Block	0.007	1	0.007		
Error	0.069	26	0.003		
Total	0.240	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.3 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณการผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณการผิว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬไต้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-.043611	.008062	-.534356	-5.410	.0000
C	.036389	.008062	.445864	4.514	.0000
BLOCK	.022222	.013165	.166739	1.688	.0976
(Constant)	.560741	.030874	18.162		.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณการไถมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากว่า ค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าได้ดังนี้

$$\text{ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า} = 0.561 - 0.044 A + 0.036 C$$

#### 5.1.2.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าพบว่ามีค่าสูงคือ 68.43% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination} \times 100}{\text{SS Total}}$$

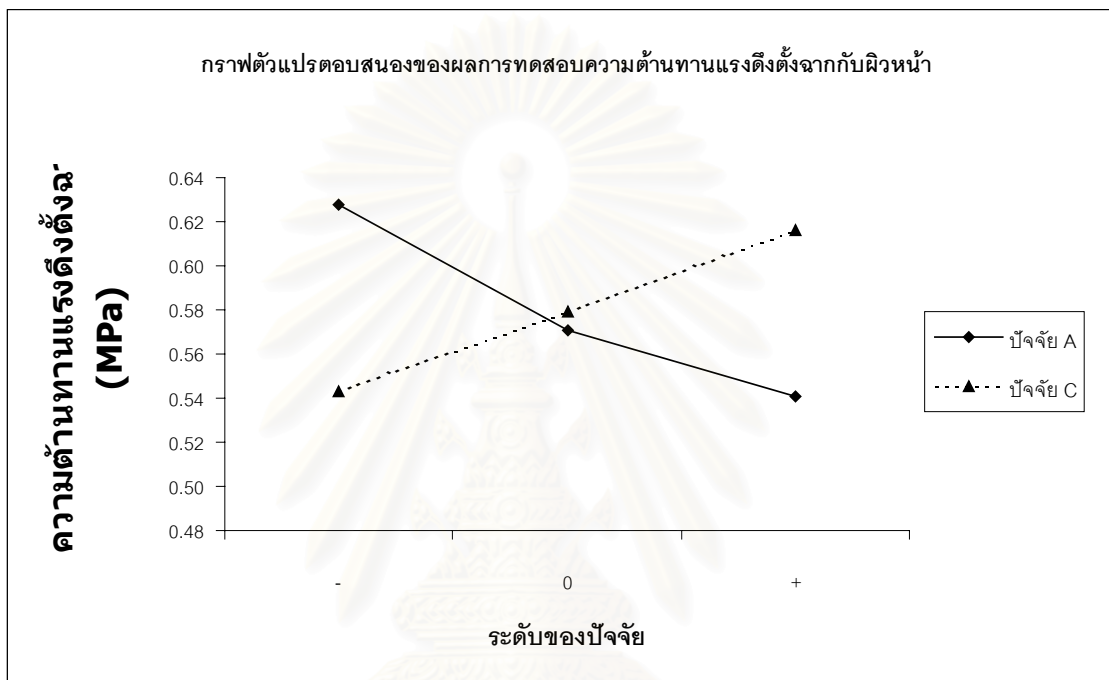
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 68.43\%$$

#### 5.1.2.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนอง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าดังรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย C
-	0.63	0.54
0	0.57	0.58
+	0.54	0.62



รูปที่ 5.4 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากรูปที่ 5.4 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) และปริมาณกาวได้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อความต้านแรงดึง โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดน้อยลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

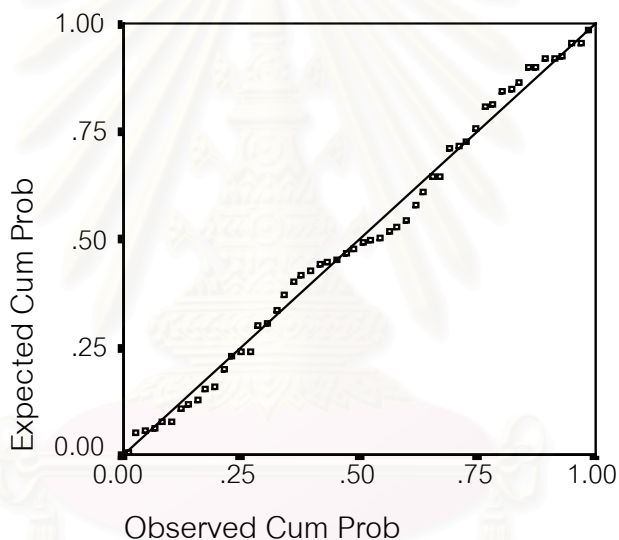
2) ปริมาณกาวได้ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเพิ่มขึ้นด้วย และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวได้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวได้ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 14% , 15% หรือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 5.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

#### 5.1.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.5 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

#### 5.1.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตา

รางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการฟองตัวเมื่อแช่น้ำ

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	42.345	2	21.173	9.44	3.37
B	126.279	2	63.139	28.16	
C	81.997	2	40.999	18.29	
AB	11.672	4	2.918	1.30	2.74
AC	12.535	4	3.134	1.40	
BC	23.267	4	5.817	2.59	
Block	0.568	1	0.568		
Error	58.289	26	2.242		
Total	430.408	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.5 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าการฟองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาวผิว มีอิทธิพลต่อค่าการฟองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวยาไล้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาวยาไล้ มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาไล้

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาไล้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาไล้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาไล้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวยาไล้กับปริมาณกาวยาไล้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวยาไล้กับปริมาณกาวยาไล้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	1.026111	.329212	.296760	3.117	.0031
B	-1.819722	.329212	-.526279	-5.528	.0000
C	-1.505000	.329212	-.435259	-4.572	.0000
BLOCK	-.205185	.537602	-.036339	-.382	.7044
(Constant)	15.785000	1.422360		11.098	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกาวยาง และปริมาณกาวยางสีมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากพบว่า ค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำได้ดังนี้

$$\text{การพองตัวเมื่อแช่น้ำ} = 15.785 + 1.026 - 1.820 A - 1.505 C$$

#### 5.1.3.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำพบว่ามีค่าสูงคือ 86.33% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

$$\text{ดังนั้น } R^2 = 86.33\%$$

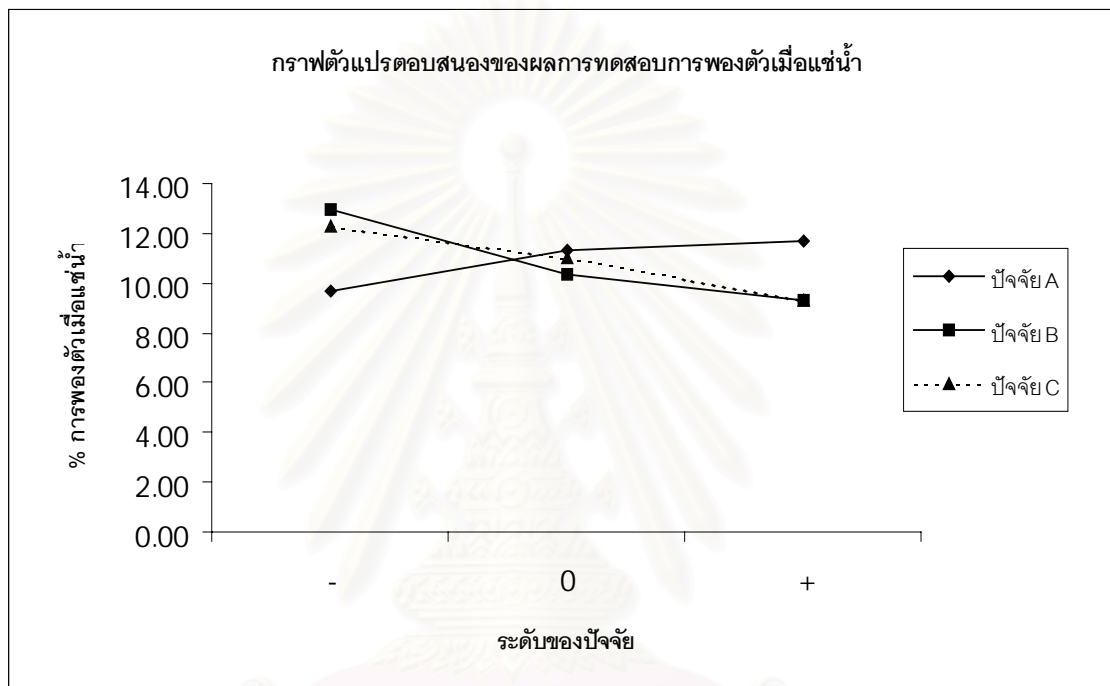
#### 5.1.3.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองในปีจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำดังรูปที่ 5.6



ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	9.65	12.96	12.32
0	11.29	10.37	11.01
+	11.70	9.32	9.31



รูปที่ 5.6 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

จากรูปที่ 5.6 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) ปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) และ ปริมาณกาวไส้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อการพองตัวเมื่อแช่น้ำ โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

2) ปริมาณกาวผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

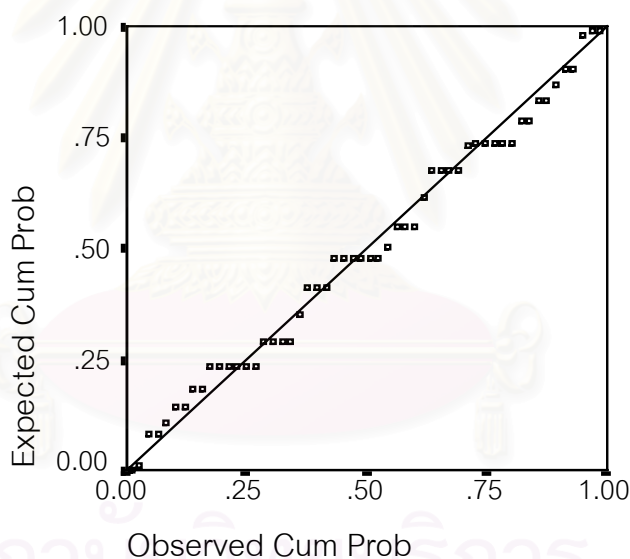
3) ปริมาณกาบไส้ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการพองตัวของเนื้อไม้แห้ง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาบไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าการพองตัวของเนื้อไม้แห้งที่สูงสุด รองลงมาคือ ปริมาณกาบไส้ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าการพองตัวของเนื้อไม้แห้งอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาบไส้ 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาบไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

##### 5.1.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.7 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

##### 5.1.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	462407.887	2	231203.943	111.03	3.37
B	148072.972	2	74036.486	35.55	
C	201.968	2	100.984	0.05	
AB	80173.119	4	20043.280	9.63	2.74
AC	8309.465	4	2077.366	1.00	
BC	12147.875	4	3036.969	1.46	
Block	8963.450	1	8963.450		
Error	54140.201	26	2082.315		
Total	819352.841	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.7 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณการผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณการผิว มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬไต้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

## 2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่น

พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬไต้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬไต้กับปริมาณกาฬไต้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5. จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬไต้กับปริมาณกาฬไต้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-57.137778	25.077073	-.380933	-2.278	.0271
B	119.713889	25.077073	.798122	4.774	.0000
AB	-29.545417	11.608429	-.579884	-2.545	.0141
BLOCK	29.669630	15.477905	.121130	1.917	.0611
(Constant)	1100.842037	58.938108		18.678	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณกาวผิว ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวผิว มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวได้ดังนี้

$$\text{ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว} = 1100.842 - 57.138 A + 119.714 B - 29.545 AB$$

#### 5.1.4.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวพบว่ามีความสูงคือ 86.87% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

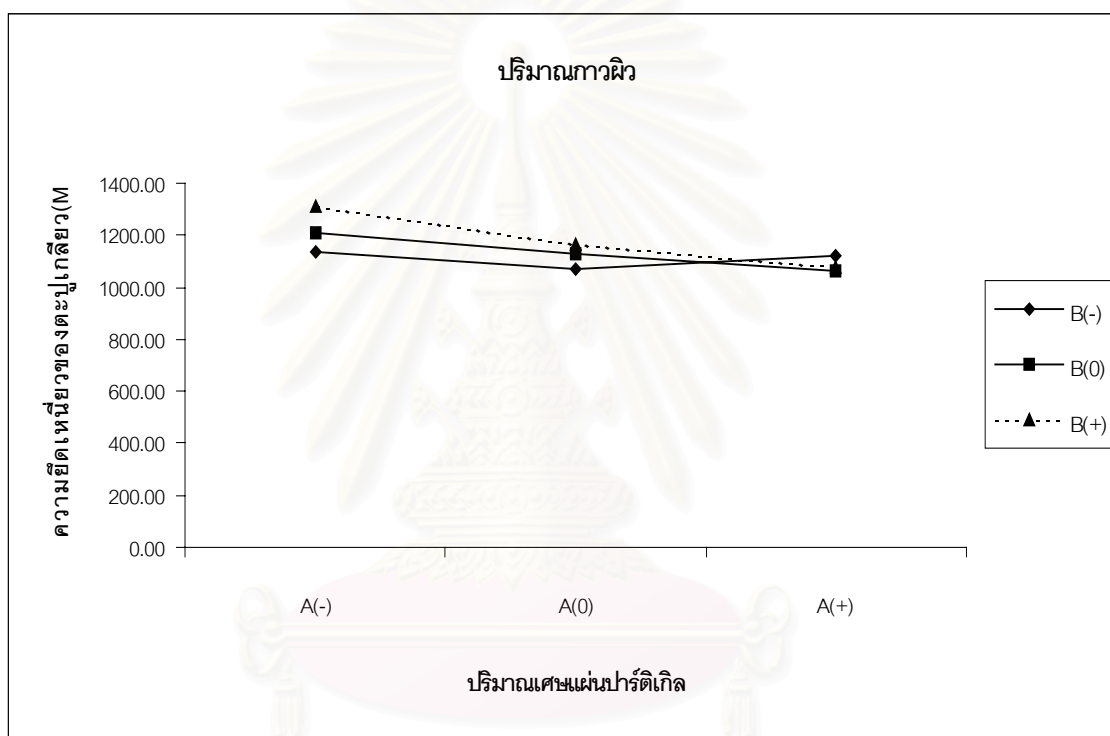
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 86.87\%$$

#### 5.1.4.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองในปัจจุบันที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ดังรูปที่ 5.8 และ 5.9

ตารางที่ 5.8 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิล (A)	ปริมาณกาวผิว (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	1135.94	1206.17	1313.48
A(0)	1069.60	1126.18	1165.20
A(+)	1122.28	1063.75	1075.45

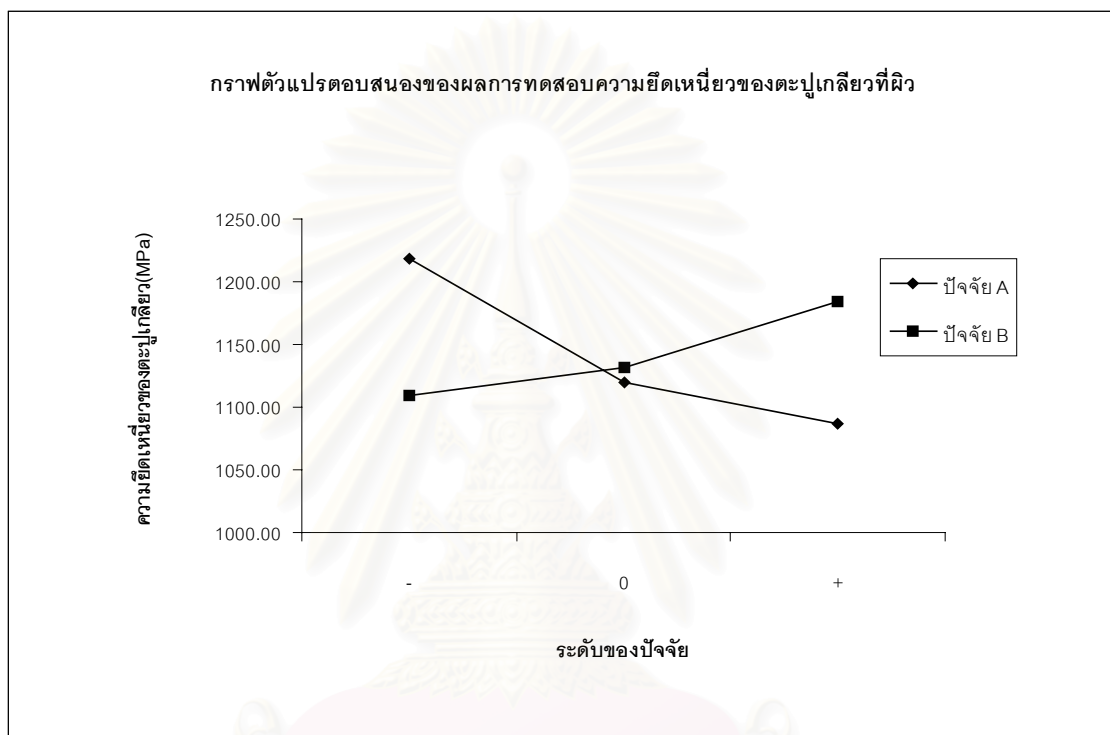


รูปที่ 5.8 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว

จากรูปที่ 5.8 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว จะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลที่ระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวผิวต่ำ และถ้าปริมาณกาวผิวมากจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวมีค่าสูง และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลมาก แม้ว่าจะมีปริมาณกาวผิวมากก็จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวมีค่าต่ำ

ตารางที่ 5.9 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B
-	1218.53	1109.27
0	1120.32	1132.03
+	1087.16	1184.71



รูปที่ 5.9 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

จากรูปที่ 5.9 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว พบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) และปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) มีอิทธิพลต่อความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวลดลง และจากกราฟจะได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

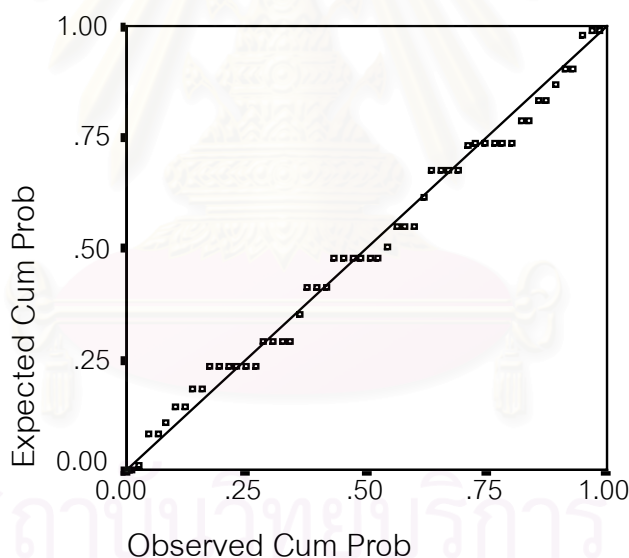
2) ปริมาณการผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวเพิ่มมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว สูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณการผิว 7% , 8% หรือ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 5.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้

#### 5.1.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.10 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้

#### 5.1.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.10



ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	129072.952	2	64536.476	13.47	3.37
B	1789.486	2	894.743	0.19	
C	221054.348	2	110527.174	23.07	2.74
AB	33996.467	4	8499.117	1.77	
AC	240884.052	4	60221.013	12.57	
BC	13637.023	4	3409.256	0.71	
Block	10395.289	1	10395.289		
Error	129353.825	26	4790.882		
Total	851384.437	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.10 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาวผิว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

## 2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่น

พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์

ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับ

ปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.10 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-214.942222	37.371015	-1.397096	-5.752	.0000
C	-77.553333	37.371015	-.504086	-2.075	.0432
AC	77.554583	17.299419	1.484014	4.483	.0000
BLOCK	27.749259	23.065891	.110451	1.203	.2347
(Constant)	1578.499074	87.832298		17.972	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณกาวได้ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวได้ มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่ได้ดังนี้

$$\text{ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่} = 1578.499 - 214.942 A - 77.553 C + 77.555 AC$$

#### 5.1.5.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่พบว่ามีค่าสูงคือ 84.87% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

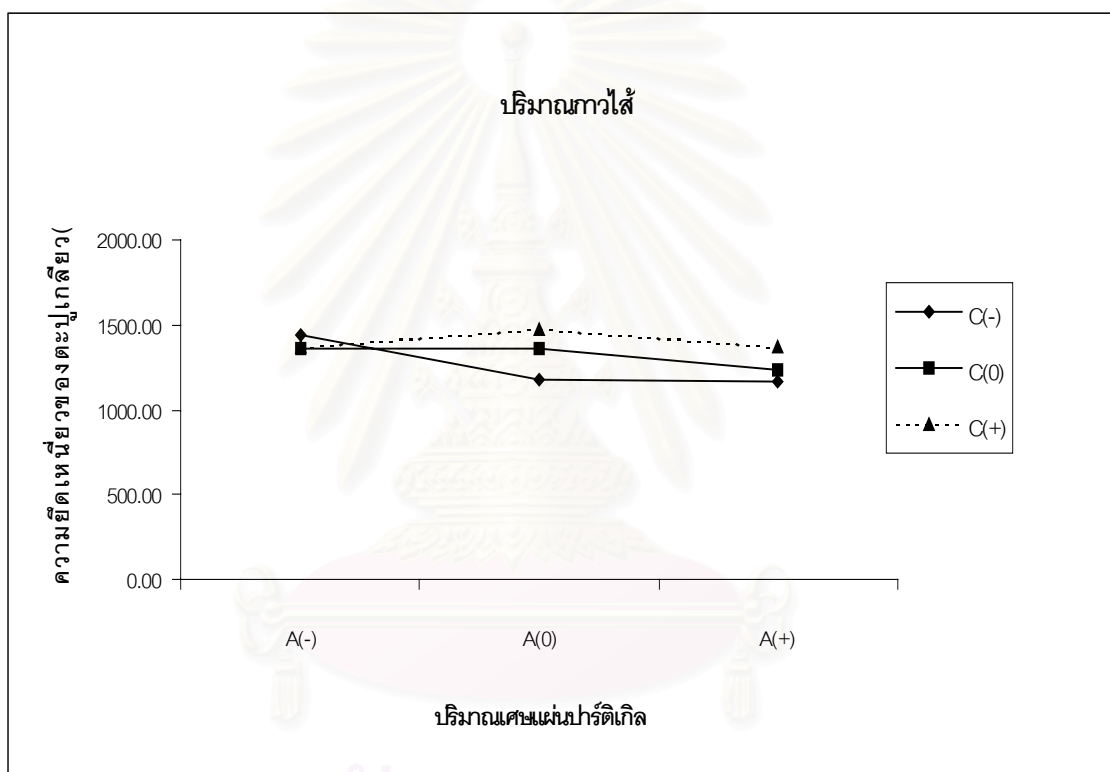
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 84.87\%$$

#### 5.1.5.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองในปัจจุบันที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่ ดังรูปที่ 5.11 และ 5.12

ตารางที่ 5.11 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลเคลือบปริมาณกาวยุติ

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวยุติ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
A(-)	1443.23	1354.46	1372.02
A(0)	1177.88	1358.36	1475.09
A(+)	1162.28	1230.56	1368.11

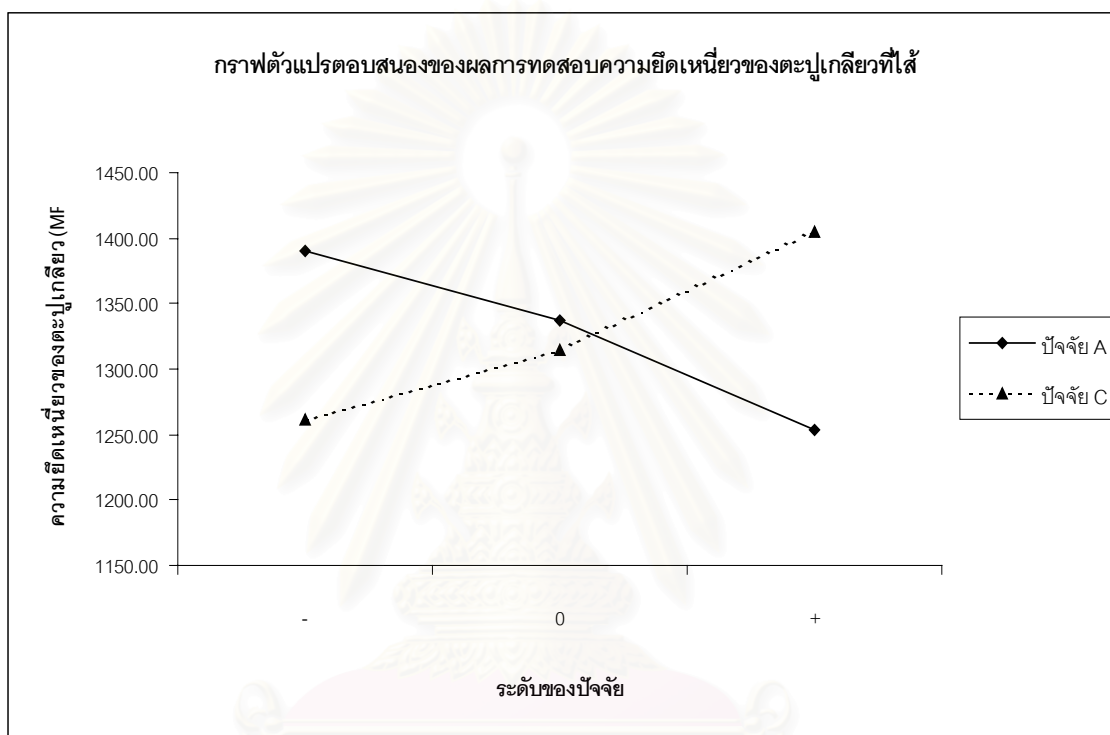


รูปที่ 5.11 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลเคลือบปริมาณกาวยุติ

จากรูปที่ 5.11 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลเคลือบปริมาณกาวยุติ จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับต่ำคือ 5% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวยุติต่ำ และถ้าปริมาณกาวยุติมากจะทำให้ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้มีค่าสูง

ตารางที่ 5.12 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย C
-	1389.90	1261.13
0	1337.11	1314.46
+	1253.65	1405.07



รูปที่ 5.12 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่

จากรูปที่ 5.12 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่ พบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณกาวไล่ มีอิทธิพลต่อความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่ โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่ลดลง และจากกราฟจะได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่สูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

2) ปริมาณกาวไล่ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไล่เพิ่มมากขึ้น และจากกราฟจะได้ว่า ปริมาณกาวไล่ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความยืดหยุ่นของตะปู

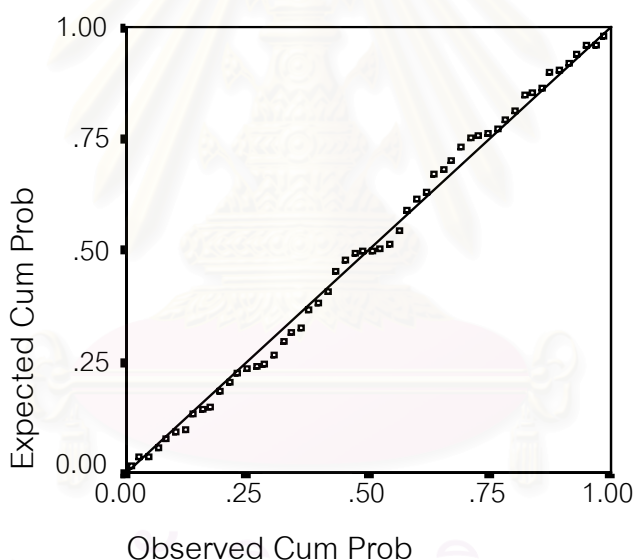
เกลียวที่ผิวสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาบไฉ้ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสถานะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่ที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาบไฉ้ 16% , 15% หรือ 14% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาบไฉ้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความหนาแน่น

##### 5.1.6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความหนาแน่นด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.13 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความหนาแน่น

##### 5.1.6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความหนาแน่นที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่

ตารางที่ 5.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความหนาแน่น

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	23214.873	2	11607.437	228.93	3.37
B	12914.975	2	6457.488	127.36	
C	10414.278	2	5207.139	102.70	
AB	10745.084	4	2686.271	52.98	2.74
AC	3653.545	4	913.386	18.01	
BC	3276.618	4	819.155	16.16	
Block	16.061	1	16.061		
Error	1318.268	26	50.703		
Total	68233.459	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.13 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณการผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณการผิว มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาว่าไต้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาว่าไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

## 2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่น

พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาว่าไต้

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาว่าไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาว่าไต้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาว่าไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาว่าไต้กับปริมาณกาว่าไต้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.13 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาว่าไต้กับปริมาณกาว่าไต้ มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$



หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	26.593889	10.593136	.615061	2.510	.0156
B	41.026389	10.593136	.948854	3.873	.0003
C	22.228056	10.593136	.514088	2.098	.0414
AB	-17.002083	3.598309	-1.157616	-4.725	.0000
AC	-8.365833	3.598309	-.569602	-2.325	.0245
BC	5.724583	3.598309	.389768	1.591	.1185
BLOCK	-.349630	4.797746	-.004952	-.073	.9422
(Constant)	637.167778	27.975424		22.776	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกาวยา และปริมาณกาวยาได้ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวยา และปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวยาได้ มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากพบว่า ค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการถดถอยของความหนาแน่นได้ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น} = 637.168 + 26.594 A + 41.026 B + 22.228 C - 17.002 AB - 8.366 AC$$

#### 5.1.6.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความหนาแน่นพบว่า มีค่าสูงคือ 96.93% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

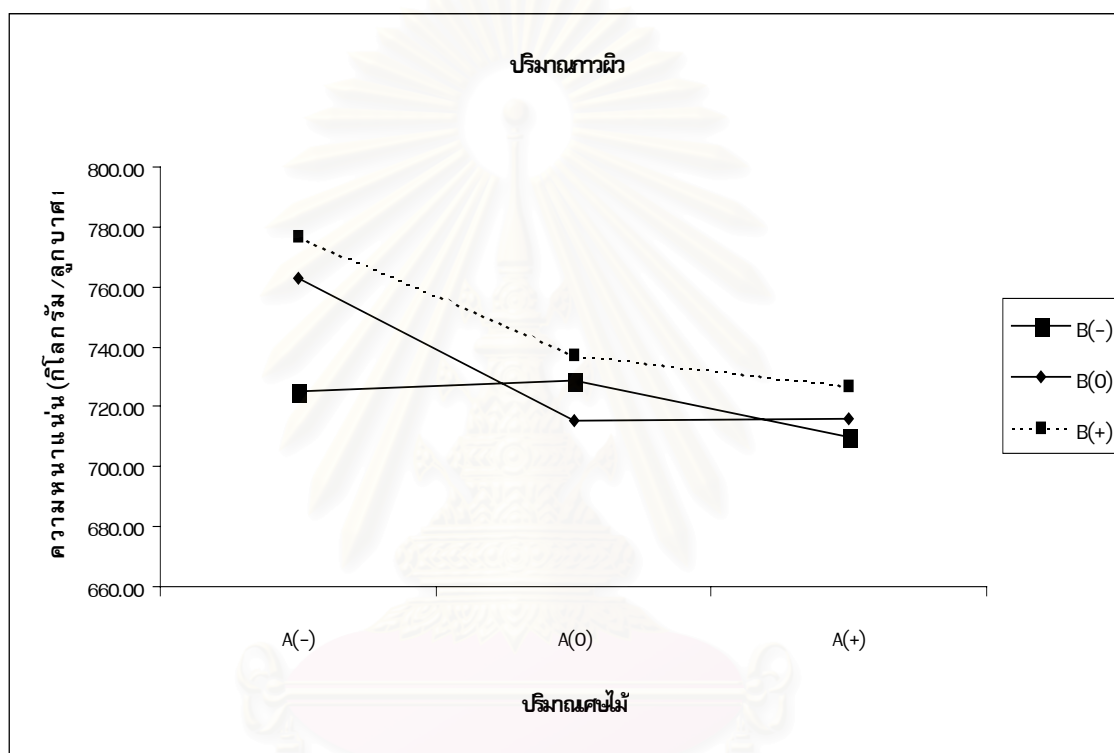
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 96.93\%$$

#### 5.1.6.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความหนาแน่น

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองในปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความหนาแน่น ดังรูปที่ 5.14 , 5.15 , 5.16 และ 5.17

ตารางที่ 5.14 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยิว

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวยิว (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	725.34	762.68	776.91
A(0)	728.52	715.51	737.55
A(+)	710.18	716.15	727.07

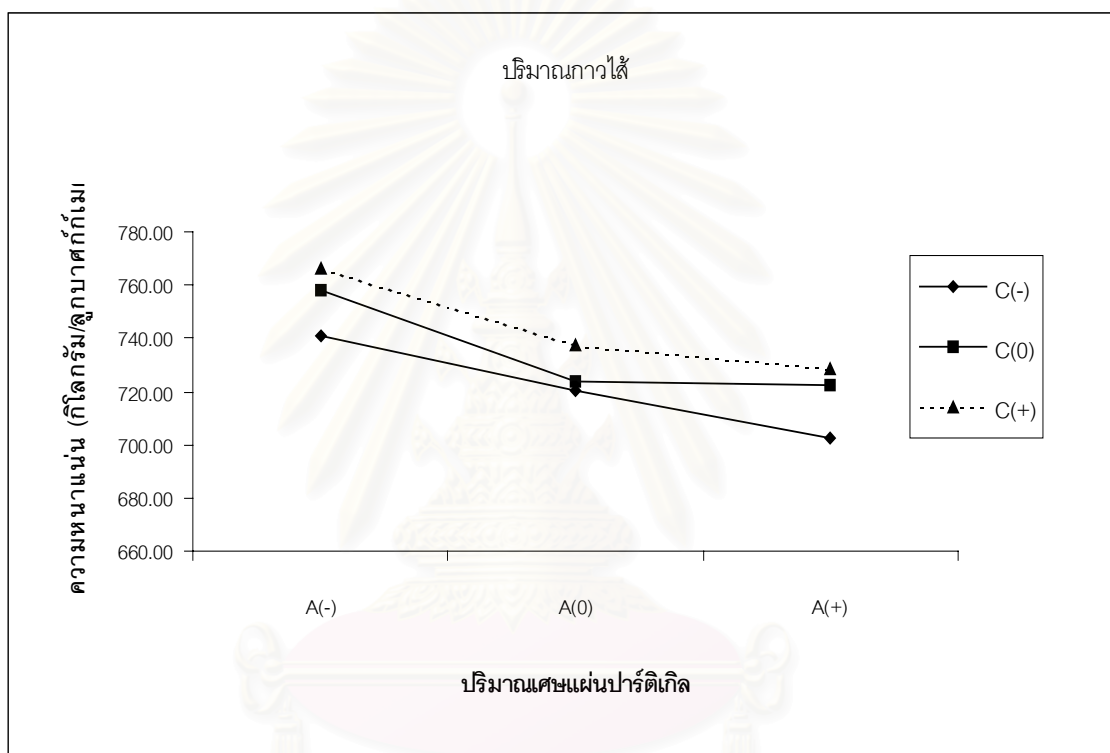


รูปที่ 5.14 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยิว

จากรูปที่ 5.14 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยิว จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวยิวต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมากถึงแม้จะเพิ่มกาวยิวในปริมาณมากก็ไม่สามารถทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นได้

ตารางที่ 5.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยุส

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวยุส (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
A(-)	740.58	758.05	766.29
A(0)	720.49	723.55	737.53
A(+)	702.81	722.19	728.40

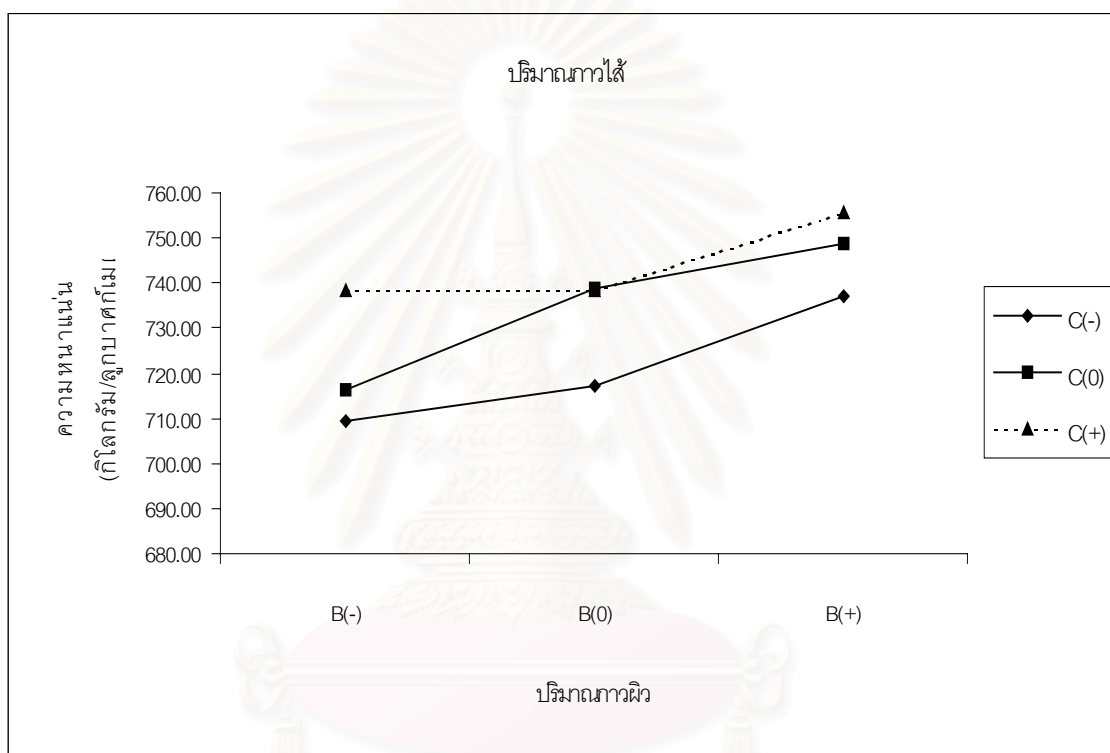


รูปที่ 5.15 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยุส

จากรูปที่ 5.15 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยุส จะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับกลางคือ 10% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวยุสต่ำ และจะเห็นว่าในทุก ๆ ระดับของเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกาวยุสที่มากกว่าจะค่าความหนาแน่นมากกว่า

ตารางที่ 5.16 ผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณกาบฝักกับปริมาณกาบไส้

ปริมาณกาบฝัก (B)	ปริมาณกาบไส้ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
B(-)	709.62	716.19	738.23
B(0)	716.98	738.83	738.54
B(+)	737.29	748.78	755.46

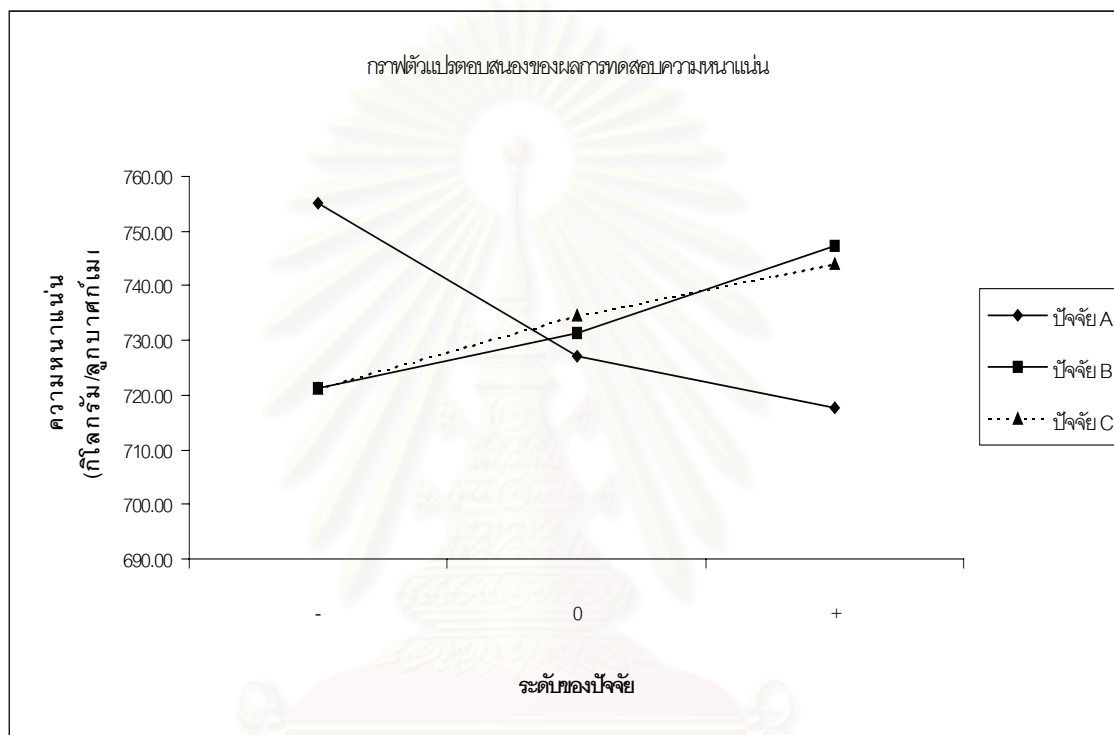


รูปที่ 5.16 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่นระหว่างปริมาณกาบฝักกับปริมาณกาบไส้

จากรูปที่ 5.16 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกาบฝักกับปริมาณกาบไส้ จะเห็นได้ว่า ปริมาณกาบฝักที่ระดับสูงคือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาบไส้ ต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณกาบฝักมาก กาบไส้จะต้องมากด้วยถึงจะให้ค่าความหนาแน่นที่มาก

ตารางที่ 5.17 ผลการทดสอบความหนาแน่น

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	754.97	721.34	721.29
0	727.19	731.45	734.60
+	717.80	747.18	744.07



รูปที่ 5.17 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่น

จากรูปที่ 5.17 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความหนาแน่น พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) ปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) และ ปริมาณกาวใต้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อความหนาแน่น โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมา คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของเนื้อไม้แห้ง ของไม้ทั้งหมด ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

2) ปริมาณการผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง

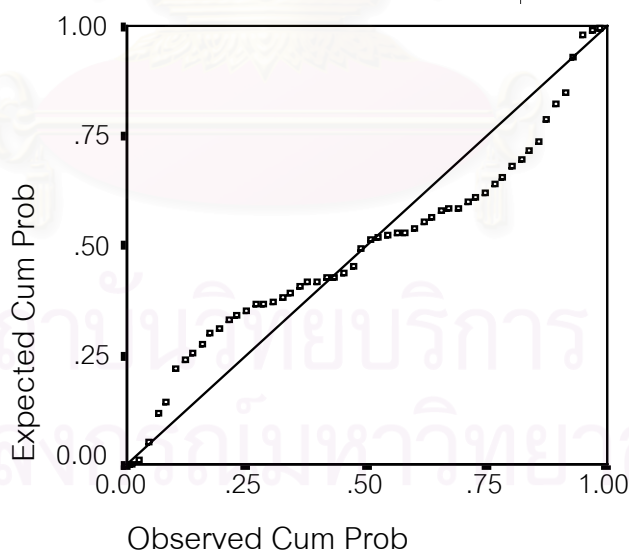
3) ปริมาณการใส่ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการใส่ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการใส่ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความหนาแน่นที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณการใส่ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

##### 5.1.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.18 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

## 5.1.7.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	712.123	2	356.061	80.34	3.37
B	569.383	2	284.691	64.24	
C	268.492	2	134.246	30.29	
AB	417.893	4	104.473	23.57	2.74
AC	44.952	4	11.238	2.54	
BC	52.018	4	13.005	2.93	
Block	3.300	1	3.300		
Error	115.229	26	4.432		
Total	2588.342	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.18 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

## 1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬมีวกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$



จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณการได้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-5.255000	2.557276	-.619745	-2.055	.0456
B	-12.243333	2.557276	-1.443910	-4.788	.0000
C	-6.508889	2.557276	-.767622	-2.545	.0143
AB	3.506667	.868664	1.217478	4.037	.0002
BC	.710417	.868664	.246649	.818	.4177
BLOCK	.778519	1.158218	.056224	.672	.5048
(Constant)	60.429630	6.753514		8.948	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณการผิว และปริมาณการได้ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณการผิว มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการการถดถอยของการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงได้ดังนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง} = 60.427 - 5.255 A - 12.243 B - 6.509 C + 3.507 AB$$

### 5.1.7.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงพบว่าค่าสูงคือ 95.71% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

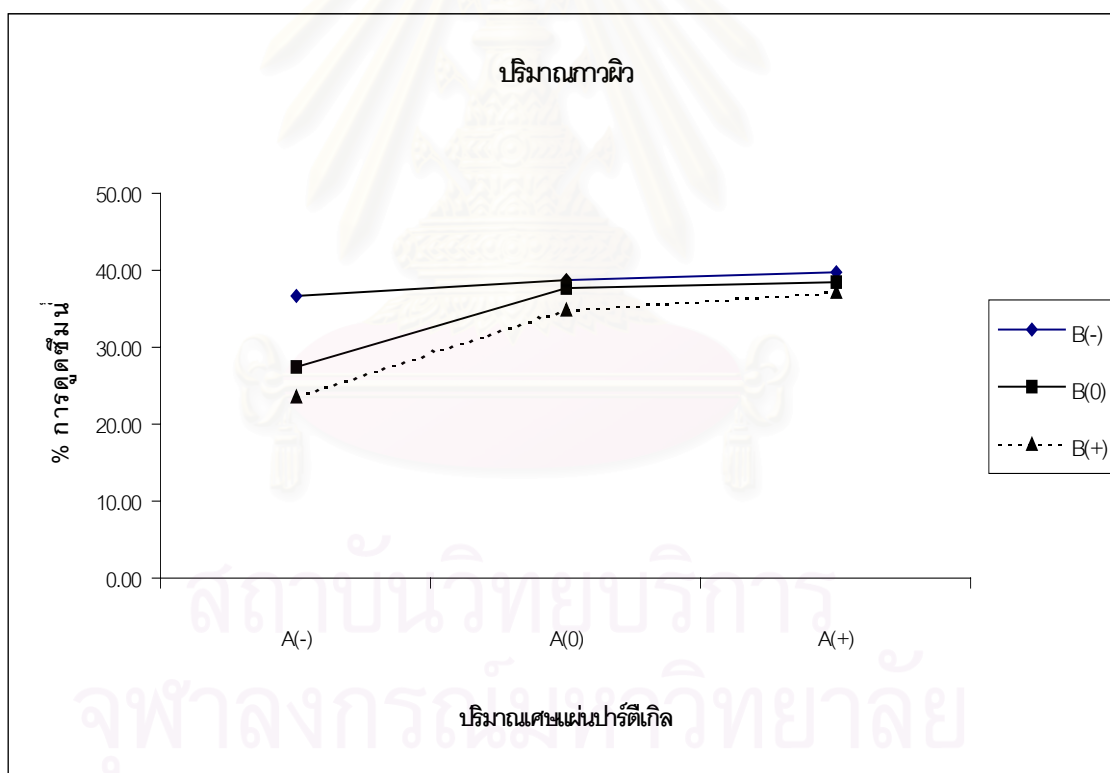
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 95.71\%$$

#### 5.1.7.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.19 , 5.20 , 5.21 และ 5.22

ตารางที่ 5.19 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกากผิว

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิล (A)	ปริมาณกากผิว (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	36.74	27.31	23.56
A(0)	38.74	37.62	34.86
A(+)	39.74	38.52	37.27

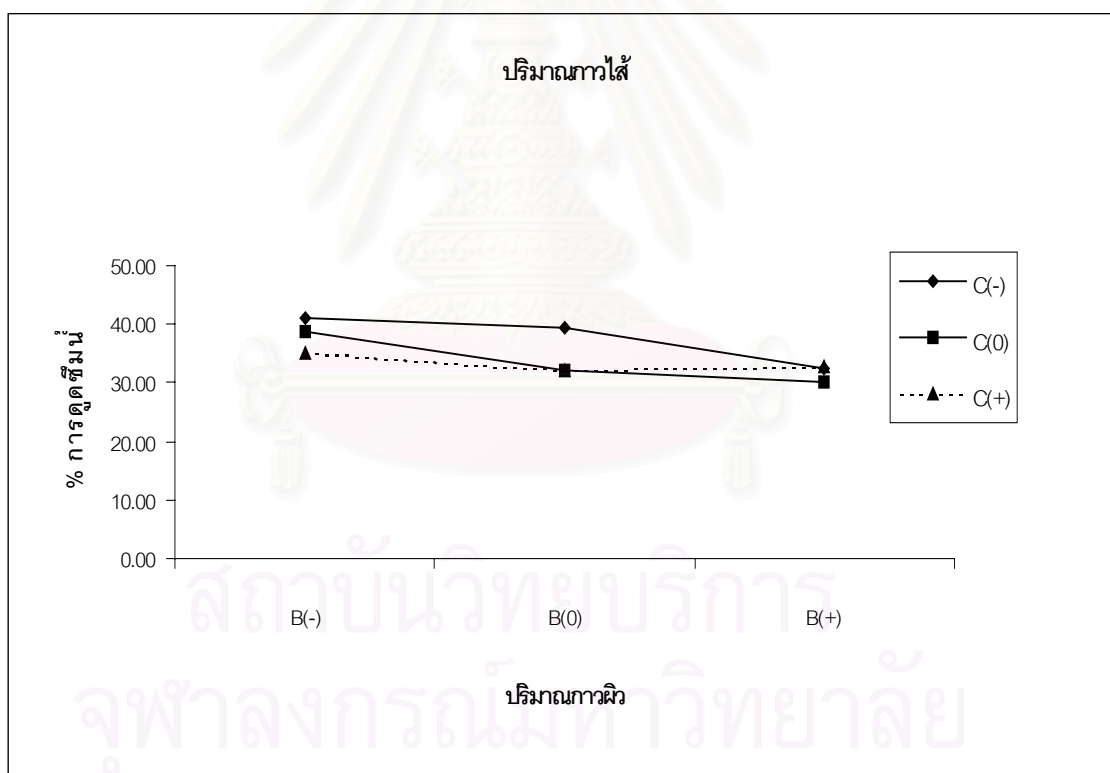


รูปที่ 5.19 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกากผิว

จากรูปที่ 5.19 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกากผิว จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกากผิวต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมาก ไม่ว่าปริมาณกากผิวจะมากเพียงใดก็จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำสูง

ตารางที่ 5.21 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกากผิวกับปริมาณกากไส้

ปริมาณกากผิว (B)	ปริมาณกากไส้ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
B(-)	41.14	38.82	35.26
B(0)	39.26	32.12	32.07
B(+)	32.57	30.27	32.85

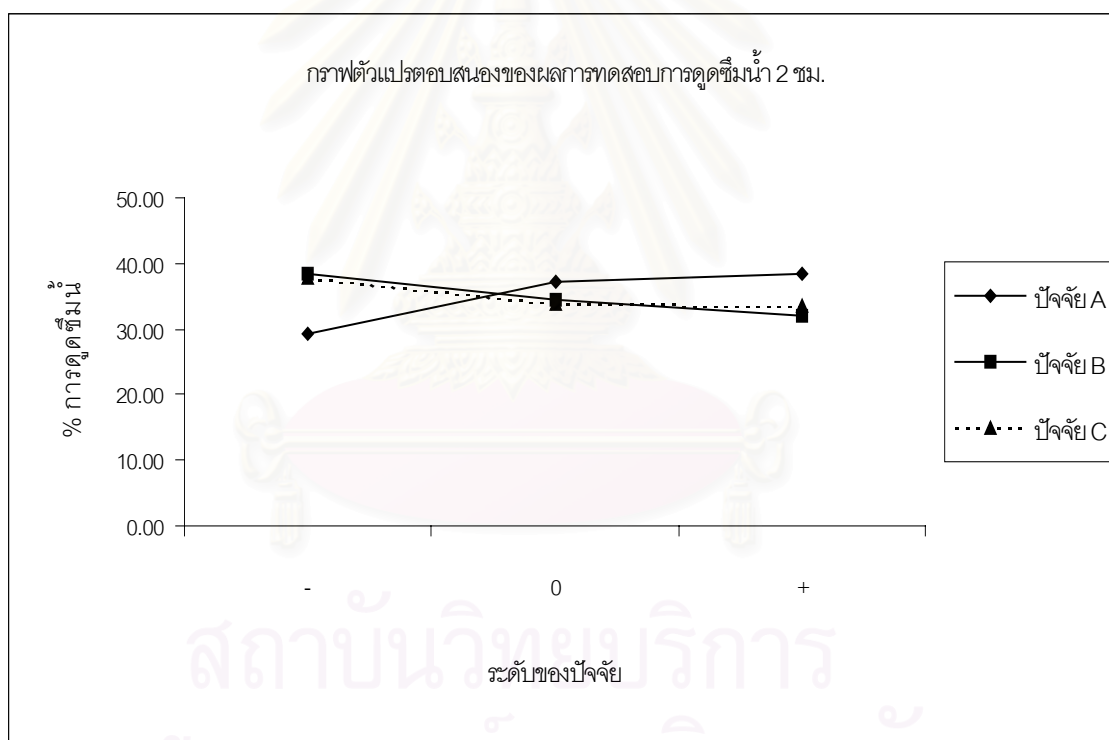


รูปที่ 5.21 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกากผิวกับปริมาณกากไส้

จากรูปที่ 5.21 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬไต้ จะเห็นได้ว่า ปริมาณกาฬผิวที่ระดับสูงคือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาฬไต้ ต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณกาฬไต้และกาฬผิวน้อยจะได้ค่าการดูดซึมน้ำสูง

ตารางที่ 5.22 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	29.20	38.41	37.66
0	37.07	34.48	33.74
+	38.51	31.89	33.39



รูปที่ 5.22 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.22 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกาฬผิว และปริมาณกาฬไต้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

2) ปริมาณกาวผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

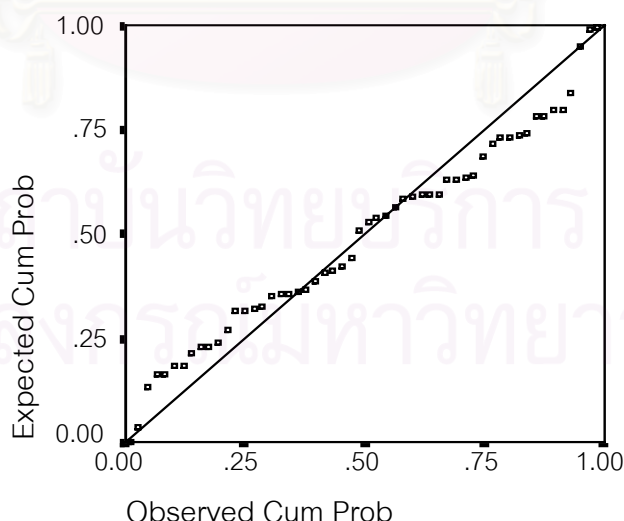
3) ปริมาณกาวไส้ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวไส้ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.8 การวิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

##### 5.1.8.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.23 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

## 5.1.8.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าการดูซึมน้ำ 24 ชั่วโมงที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการดูซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

แหล่งของความ ผันแปร	ผลรวมกำลัง สอง	ชั้นของความ อิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลัง สอง	F	Fวิกฤต
A	433.941	2	216.970	49.59	3.37
B	188.254	2	94.127	21.52	
C	233.889	2	116.945	26.73	
AB	467.368	4	116.842	26.71	2.74
AC	305.648	4	76.412	17.47	
BC	87.092	4	21.773	4.98	
Block	0.687	1	0.687		
Error	113.746	26	4.375		
Total	2055.582	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.23 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

## 1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าการดูซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬมีวกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.23 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณกาวยาได้ มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-6.898056	2.486640	-.927802	-2.774	.0080
B	-10.968889	2.486640	-1.475338	-4.411	.0001
C	-5.152500	2.486640	-.693022	-2.072	.0439
AB	4.152917	.844670	1.644402	4.917	.0000
AC	1.005417	.844670	.398108	1.190	.2400
BC	.371250	.844670	.147001	.440	.6623
BLOCK	.073704	1.126226	.006071	.065	.9481
(Constant)	91.242407	6.566971		13.894	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณการผิว และปริมาณกาวยาได้ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณการผิว มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากพบว่า ค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการการถดถอยของการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงได้ดังนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง} = 91.242 - 6.898 A - 10.969 B - 5.153 C + 4.153 AB$$

### 5.1.8.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงพบว่าค่าสูงคือ 94.43% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

$$\text{ดังนั้น } R^2 = 94.43\%$$

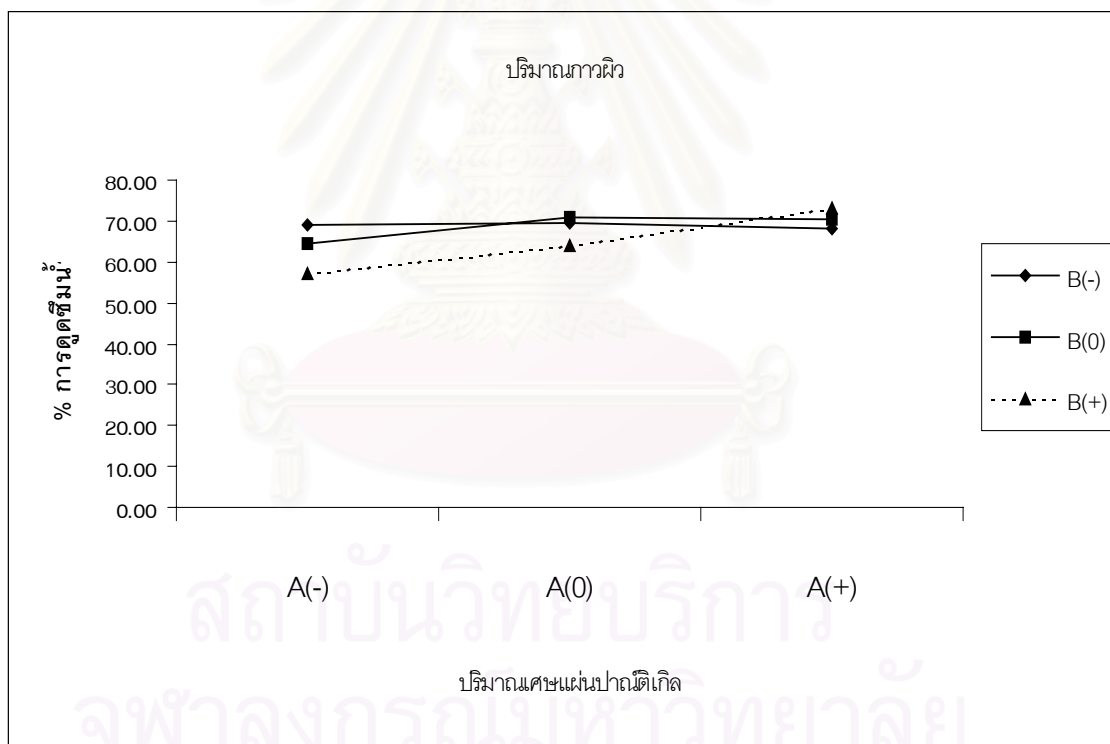


#### 5.1.8.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.24, 5.25 , 5.26 และ 5.27

ตารางที่ 5.24 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยูเรีย

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวยูเรีย (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	69.06	64.33	57.33
A(0)	69.36	70.91	63.83
A(+)	68.06	70.22	72.95

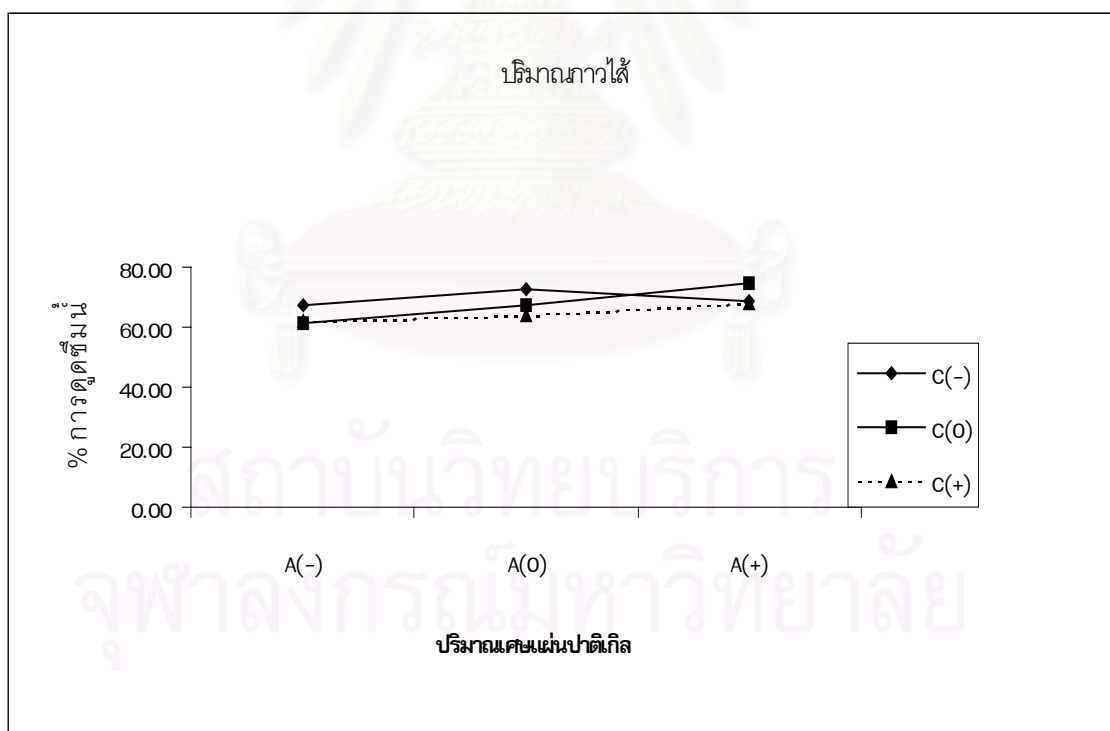


รูปที่ 5.24 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยูเรีย

จากรูปที่ 5.24 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว จะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวผิวต่ำ และจะเห็นว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลน้อยและปริมาณกาวผิวมากจะให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำ แต่ถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมาก ไม่ว่าจะกาวผิวจะมีปริมาณเท่าใด ก็จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำสูง

ตารางที่ 5.25 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวได้

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวได้ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
A(-)	67.39	61.08	62.25
A(0)	72.93	67.22	63.96
A(+)	68.91	74.54	67.79

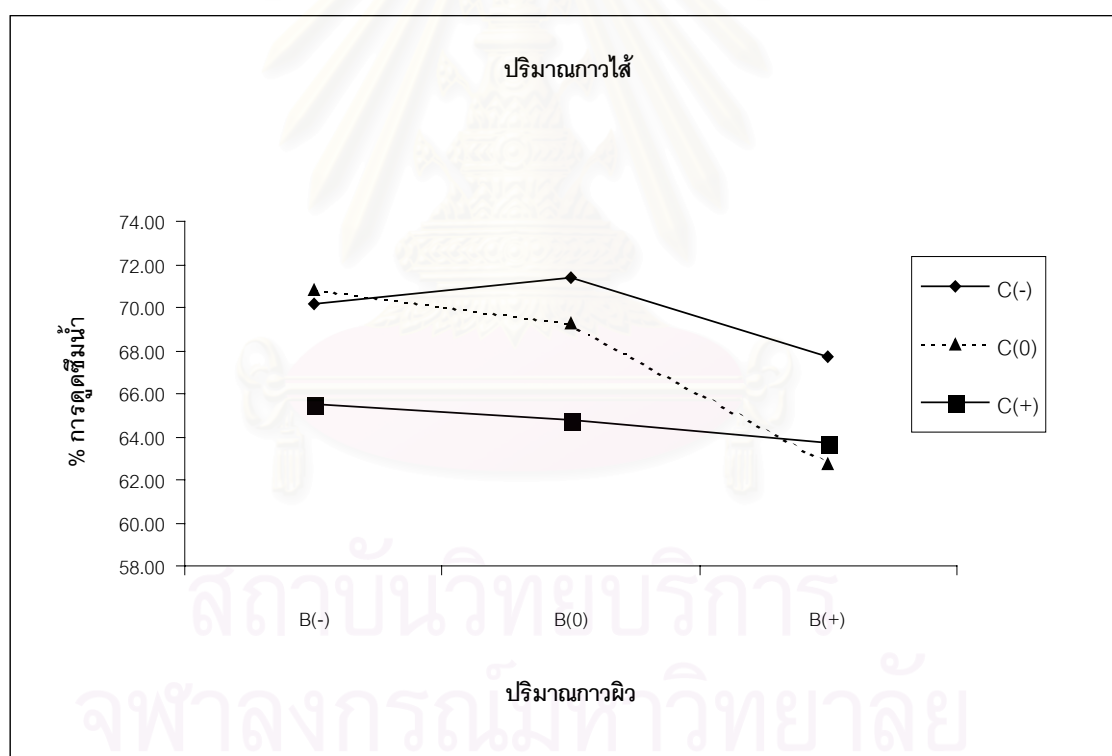


รูปที่ 5.25 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวได้

จากรูปที่ 5.25 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวได้ จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวได้ต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณกาวได้น้อยหรือมีปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมากจะมีค่าการดูดซึมน้ำมาก

ตารางที่ 5.26 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวได้

ปริมาณกาวผิว (B)	ปริมาณกาวได้ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
B(-)	70.15	70.83	65.50
B(0)	71.37	69.30	64.79
B(+)	67.71	62.70	63.71



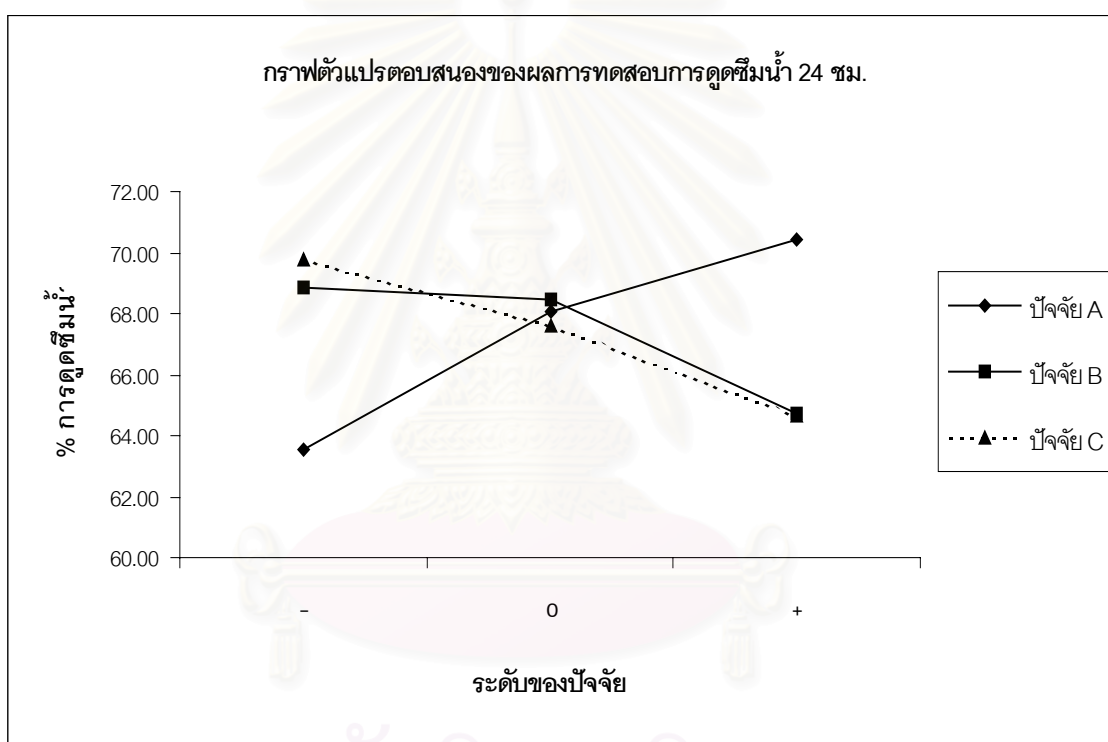
รูปที่ 5.26 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวได้

จากรูปที่ 5.26 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวได้ จะเห็นได้ว่า ปริมาณกาวผิวที่ระดับสูงคือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวได้

ต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณกาบไต้ต่ำจะได้ค่าการดูดซึมน้ำสูง แต่ถ้าปริมาณกาบไต้มาก ไม่ว่าจะ  
จะมีปริมาณกาบไต้เท่าใดก็จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำต่ำ

ตารางที่ 5.27 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	63.57	68.83	69.74
0	68.03	68.49	67.61
+	70.41	64.71	64.67



รูปที่ 5.27 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.27 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง พบว่า  
ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) ปริมาณกาบไต้ (ปัจจัย B) และ  
ปริมาณกาบไต้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง โดยที่

1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงมากขึ้น และ  
จากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ

2) ปริมาณการผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

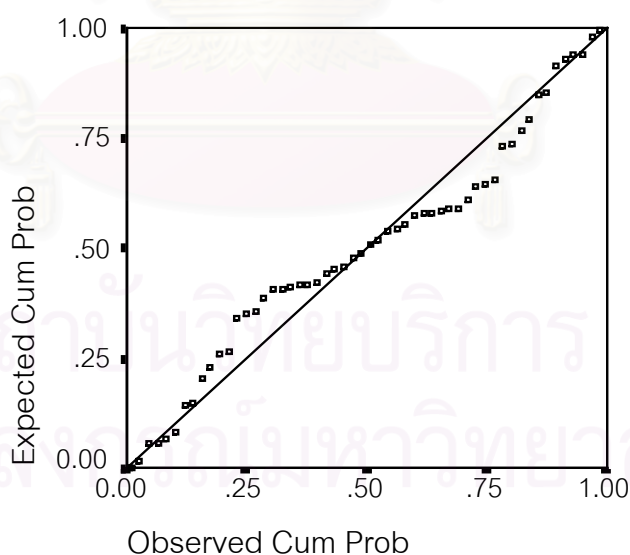
3) ปริมาณการผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการผิว 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณการผิว 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เคลือบให้ผลค่าให้ค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณการผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณการผิว 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.9 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า

##### 5.1.9.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้าด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.28 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า

## 5.1.9.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	89874.239	2	44937.119	58.05	3.37
B	56130.327	2	28065.164	36.26	
C	1218.576	2	609.288	0.79	
AB	26823.066	4	6705.766	8.66	2.74
AC	3130.473	4	782.618	1.01	
BC	2820.473	4	705.118	0.91	
Block	397.775	1	397.775		
Error	20125.899	26	774.073		
Total	210287.652	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.28 สามารถสรุปการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

## 1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬมีว มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬมีวกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.28 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณกาบได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-34.348333	16.421472	-.449418	-2.092	.0417
B	53.131944	16.421472	.695184	3.236	.0022
AB	-7.776250	7.601664	-.299530	-1.023	.3113
BLOCK	-5.428148	10.135553	-.043492	-.536	.5947
(Constant)	1225.761481	38.595034		31.760	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล และปริมาณการผิว ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณการผิว มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากพบว่า ค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียนสมการการถดถอยของความยืดหยุ่นของผิวหนังได้ดังนี้

$$\text{ความยืดหยุ่นของผิวหนัง} = 1225.761 - 34.358 A + 53.132 B - 7.786 AB$$

#### 5.1.9.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหนังพบว่า มีค่าสูงคือ 90.30% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

$$\text{ดังนั้น } R^2 = 90.30\%$$

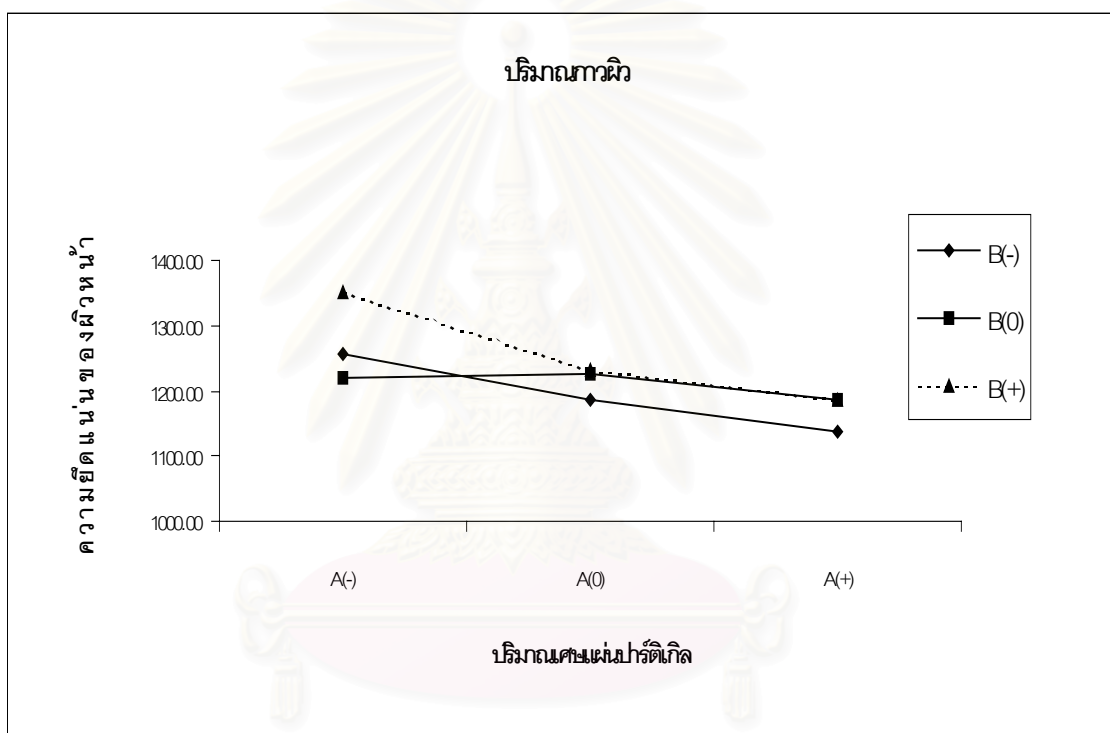
#### 5.1.9.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของความยืดหยุ่นของผิวหนัง

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหนัง ดังรูปที่ 5.29 และ 5.30



ตารางที่ 5.29 ผลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้าระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิล (A)	ปริมาณกาวผิว (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	1254.97	1218.87	1352.50
A(0)	1187.65	1226.65	1232.50
A(+)	1137.88	1184.73	1187.65

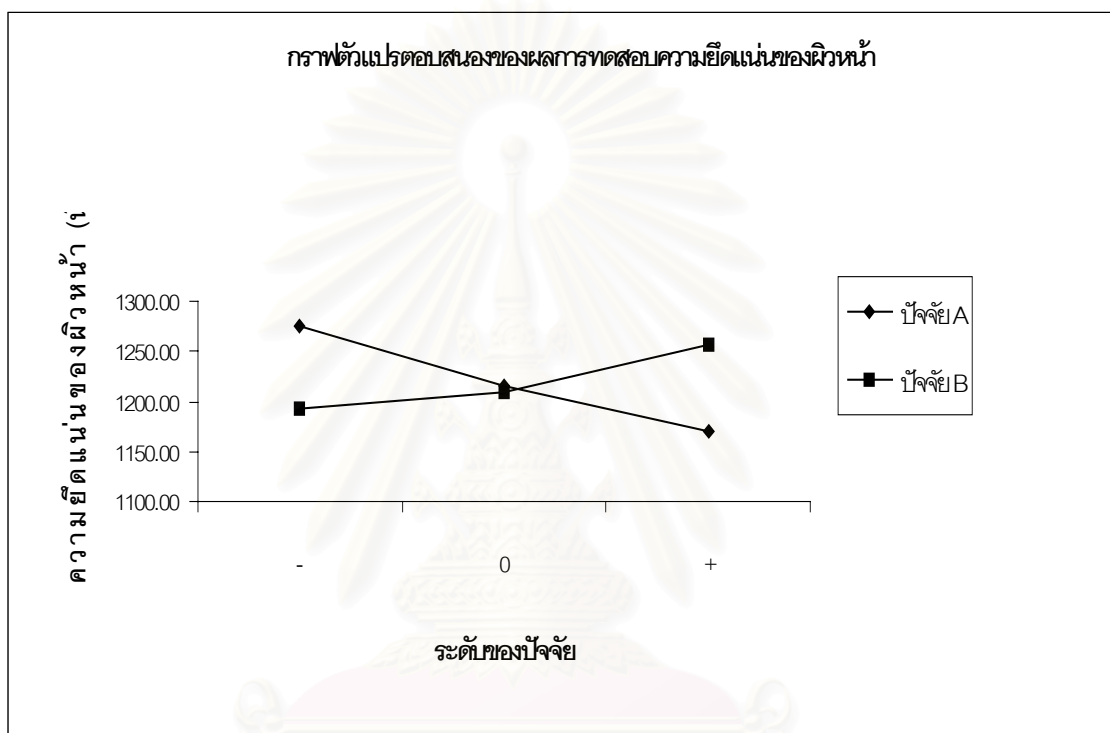


รูปที่ 5.29 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้าระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว

จากรูปที่ 5.29 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลกับปริมาณกาวผิว จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลที่ระดับกลางคือ 10% ของไม้ทั้งหมด และระดับสูงคือ 15% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวผิวต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ติเคิลมากไม่ว่าปริมาณกาวผิวจะเท่าใดจะให้ค่าความยึดแน่นของผิวหน้าต่ำ

ตารางที่ 5.30 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหนัง

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B
-	1275.44	1193.50
0	1215.60	1210.08
+	1170.09	1257.55



รูปที่ 5.30 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหนัง

จากรูปที่ 5.30 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหนัง พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) และปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) มีอิทธิพลต่อค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง โดยที่

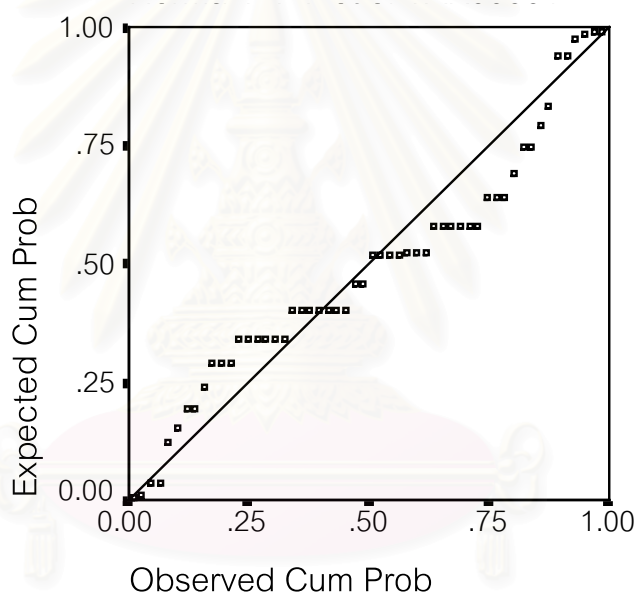
- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง ต่ำที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ
- 2) ปริมาณกาวผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังมากขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังสูงที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าให้ค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้า คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% , 8% หรือ 7% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.10 การวิเคราะห์ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

##### 5.1.10.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.31 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.31 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

##### 5.1.10.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบมอดูลส์ยึดหยุ่น

แหล่งของความแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	212961.59	2	106480.79	77.55	3.37
B	166496.68	2	83248.34	60.63	
C	36796.27	2	18398.14	13.40	
AB	44021.23	4	11005.31	8.02	2.74
AC	13695.62	4	3423.90	2.49	
BC	68070.81	4	17017.70	12.39	
Block	1682.37	1	1682.37		
Error	35698.77	26	1373.03		
Total	614462.62	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.31 สามารถสรุปการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล มีอิทธิพลต่อค่ามอดูลส์ยึดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวผิว

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาวผิว มีอิทธิพลต่อค่ามอดูลส์ยึดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาฬได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

## 2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่น

พาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬผิว มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์

ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาฬได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.31 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > Fวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานรอง  $H_1$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาฬผิวกับปริมาณกาฬได้ มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย ซึ่งได้ผลดังนี้

Variable	B	SE B	Beta	T - value	sig.level
A	-108.901389	27.832520	-.951259	-6.157	.0060
B	219.260000	103.342305	.944343	2.122	.0392
C	118.309444	75.832520	.509554	1.560	.0254
AB	-14.760833	35.103636	-.787158	-4.420	.0460
BC	-43.183750	35.103636	-.547541	-1.230	.2248
BLOCK	36.058519	46.804847	.095103	.770	.4449
(Constant)	1936.846667	234.024237		8.276	.0000

จากการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ปริมาณกา  
วไล และปริมาณกาวมวิว ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล กับปริมาณกาวมวิว มีผลต่อค่าความ  
ต้านทานแรงดัดที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  เนื่องจากค่า sig.level มีค่าต่ำกว่า 0.05 และสามารถเขียน  
สมการถดถอยของมอดูลัสยืดหยุ่นได้ดังนี้

$$\text{มอดูลัสยืดหยุ่น} = 1936.847 - 108.901 A + 219.260 B - 14.761 AB$$

#### 5.1.10.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการ  
ทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นพบว่ามีค่าสูงคือ 93.92% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการ  
การทดลองมีความเหมาะสม ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination}}{\text{SS Total}} \times 100$$

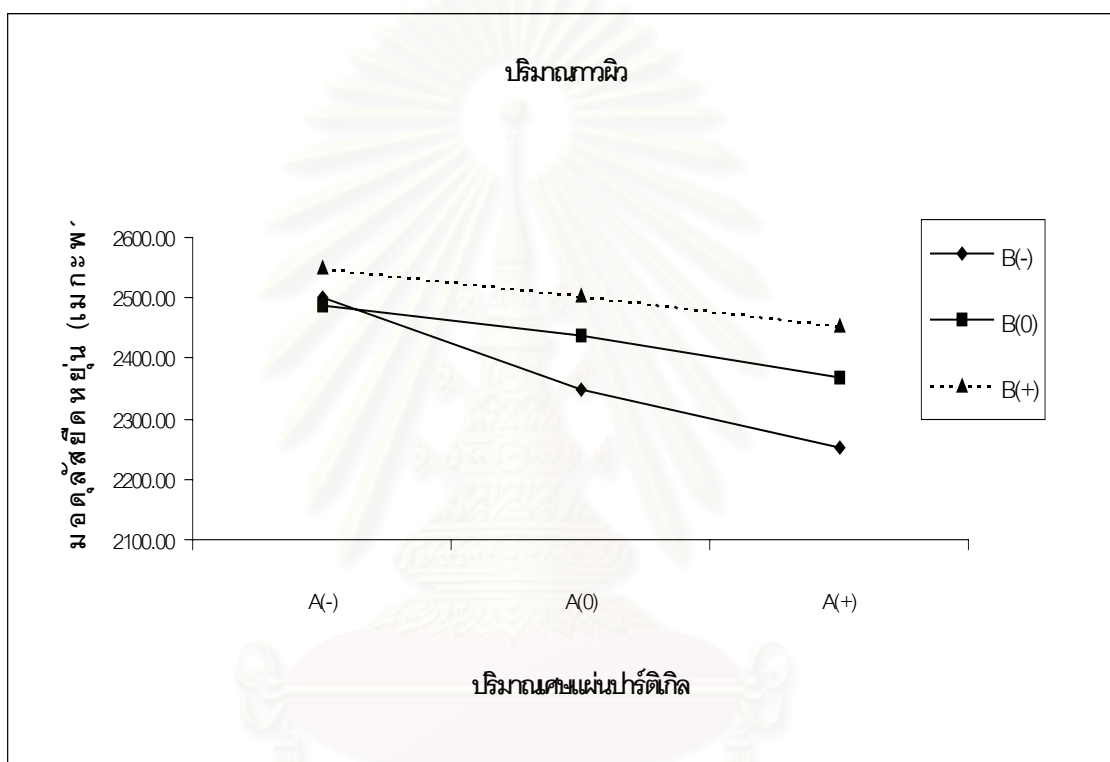
$$\text{ดังนั้น } R^2 = 93.92\%$$

#### 5.1.10.4 การวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของมอดูลัสยืดหยุ่น

ทำการเขียนกราฟของตัวแปรตอบสนองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการ  
ทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น ดังรูปที่ 5.32 , 5.33 และ 5.34

ตารางที่ 5.32 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาง

ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (A)	ปริมาณกาวยาง (B)		
	B(-)	B(0)	B(+)
A(-)	2501.04	2487.22	2550.39
A(0)	2349.34	2436.41	2504.91
A(+)	2252.68	2369.45	2455.49

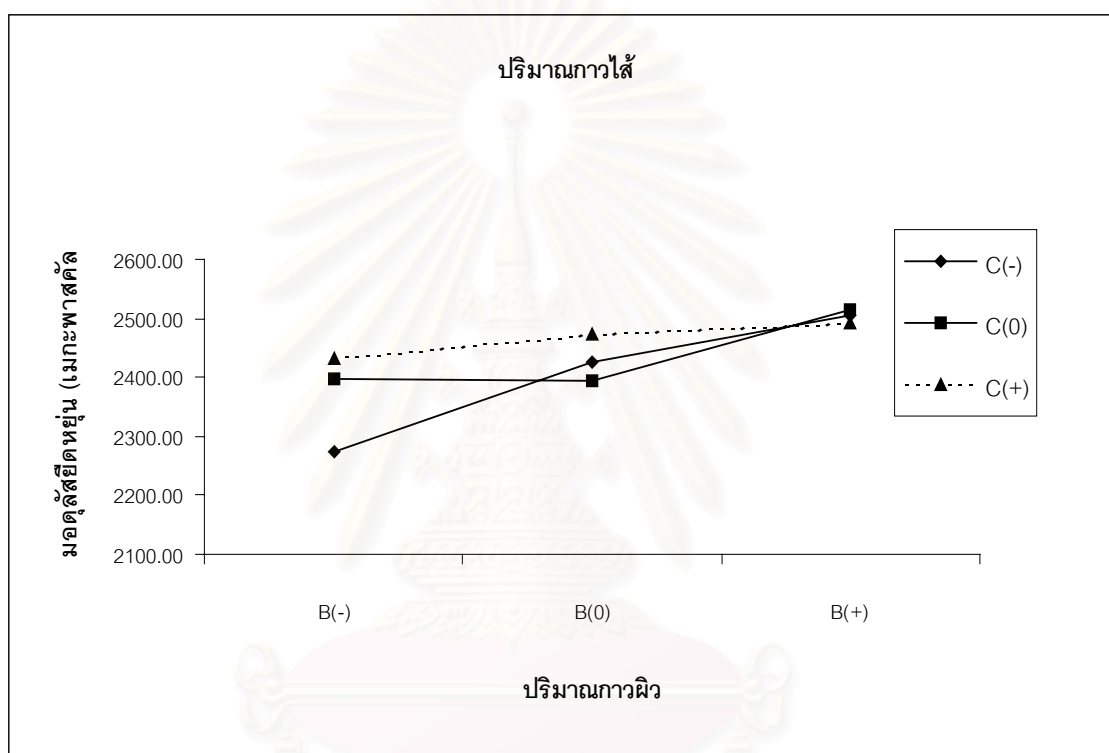


รูปที่ 5.32 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาง

จากรูปที่ 5.32 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยาง จะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่ระดับต่ำคือ 5% ของไม้ทั้งหมด จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาวยางต่ำ และจะเห็นว่าถ้าปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลมากและปริมาณกาวยางมากและปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลน้อยจะให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูง

ตารางที่ 5.33 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณการไล่

ปริมาณการผิว (B)	ปริมาณการไล่ (C)		
	C(-)	C(0)	C(+)
B(-)	2272.98	2398.34	2431.74
B(0)	2426.21	2393.79	2473.08
B(+)	2504.95	2514.86	2490.98



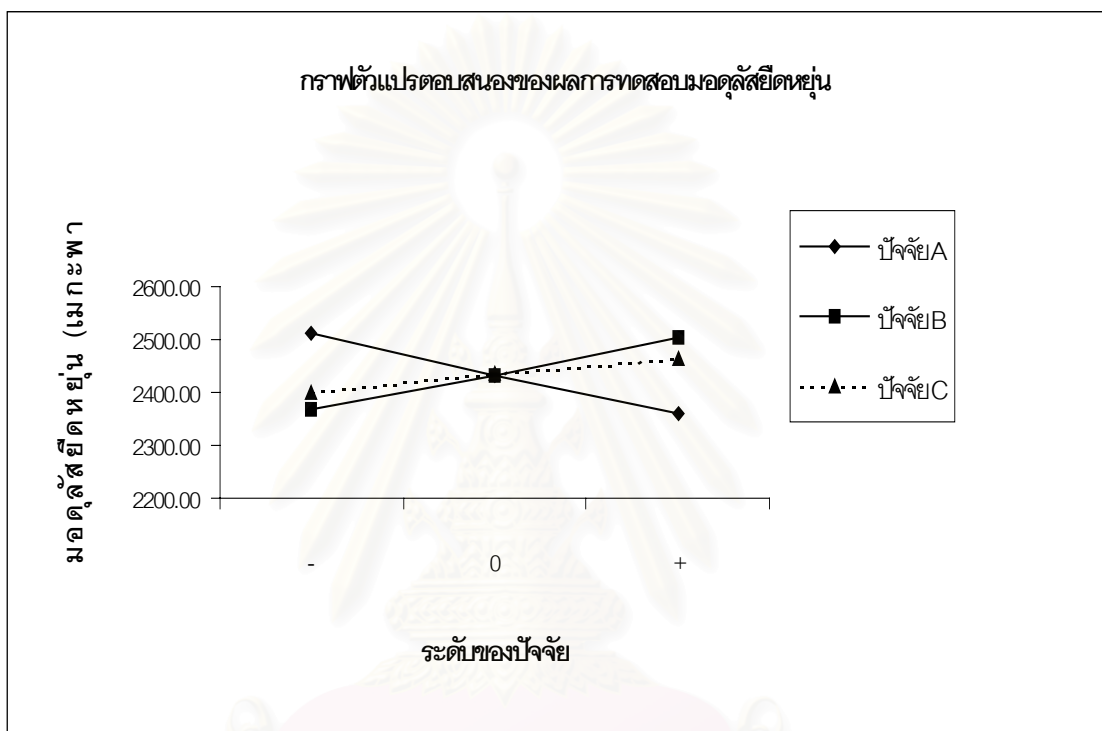
รูปที่ 5.33 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณการไล่

จากรูปที่ 5.33 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผิวกับปริมาณการไล่ จะเห็นได้ว่าปริมาณการผิวที่ระดับสูงคือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไล่ต่ำ และจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณการผิวต่ำจะได้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำ



ตารางที่ 5.34 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

ระดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
-	2512.88	2367.69	2401.38
0	2430.22	2431.03	2435.67
+	2359.20	2503.60	2465.26



รูปที่ 5.34 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

จากรูปที่ 5.34 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล (ปัจจัย A) ปริมาณกาวผิว (ปัจจัย B) และ ปริมาณกาวไส้ (ปัจจัย C) มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น โดยที่

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่มากขึ้นจะทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด จะทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงสุด รองลงมาคือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 10% และ 15% ของไม้ทั้งหมด ตามลำดับ
- 2) ปริมาณกาวผิวที่มากขึ้นจะทำให้ค่าให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงสุด รองลงมาคือ ปริมาณกาวผิว 15% และ 14% ของเนื้อไม้แห้ง ตามลำดับ

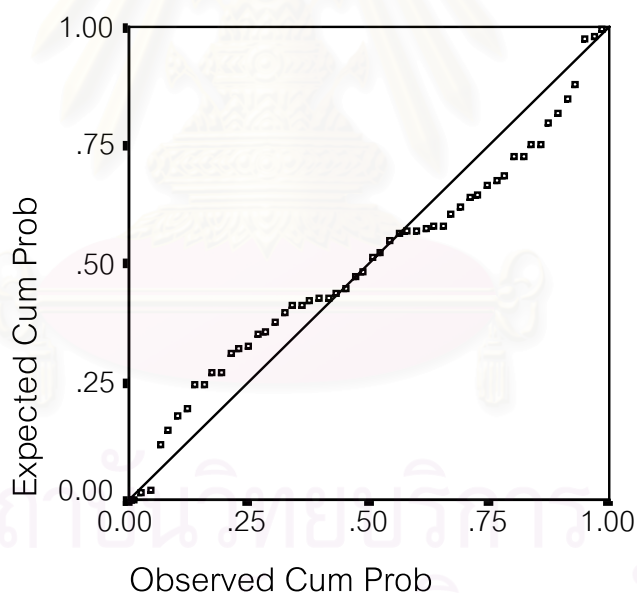
3) ปริมาณกาบไ้ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น และจากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณกาบไ้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง จะให้ค่าให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุด รองลงมาคือ ปริมาณกาบไ้ 8% และ 7% ของเนื้อไม้แห้ง

จากกราฟตัวแปรตอบสนอง สามารถเสนอแนะสภาวะที่เหมาะสมในผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาบไ้ 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาบไ้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 5.1.11 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความชื้น

##### 5.1.11.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

นำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องโดยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นด้วยกราฟความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ซึ่งได้ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังรูปที่ 5.35 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 5.35 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลการทดสอบความชื้น

##### 5.1.11.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

นำค่าความชื้นที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 5.35

ตารางที่ 5.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความชื้น

แหล่งของความแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	F	Fวิกฤต
A	8.849	2	4.424	1.41	3.37
B	7.719	2	3.860	1.23	
C	4.202	2	2.101	0.67	
AB	5.094	4	1.274	0.41	2.74
AC	14.555	4	3.639	1.16	
BC	9.288	4	2.322	0.74	
Block	0.022	1	0.022		
Error	84.745	26	3.139		
Total	156.419	53			

$$F_{0.05,2,26} = 3.37 \quad (k = 3, n = 54)$$

$$F_{0.05,4,26} = 2.74 \quad (k = 3, n = 54)$$

จากตารางที่ 5.35 สามารถสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ได้ดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยหลัก

1.1) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล

$$H_0 : \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \tau_i \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

1.2) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาวยืด

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \beta_j \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio  $>$  F วิกฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาวยืด ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 1.3) การทดสอบสมมติฐานของปริมาณกาาได้

$$H_0 : \gamma_k = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } \gamma_k \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปริมาณกาาได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

## 2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วม

2.1) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาาผิว

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาาผิว ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.2) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาาได้

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาาได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

2.3) การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาาผิวกับปริมาณกาาได้

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$$

$$H_1 : \text{อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ } (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$$

จากตารางที่ 5.35 จะเห็นว่า ค่า F-ratio > F วิฤต จึงยอมรับสมมติฐานหลัก  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาาผิวกับปริมาณกาาได้ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชื้น ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

### 5.1.11.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบนั้น จะต้องได้รับการตรวจสอบความเชื่อถือได้โดยการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ของผลการทดสอบความชื้นพบว่ามีความไม่สูงนักคือ 45.81% แสดงว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองค่อนข้างเหมาะสม แต่อาจเพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลองเพื่อให้  $R^2$  มีค่ามากขึ้น ดังแสดงได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\text{ผลรวม SS ของ Treatment Combination} \times 100}{\text{SS Total}}$$

$$\text{ดังนั้น } R^2 = 45.81\%$$

## 5.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

เนื่องจากการทดลองได้ผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลายคุณสมบัติ คือมีตัวแปรตอบสนองหลายตัว จึงมีค่าระดับของปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในแต่ละคุณสมบัติ ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวจึงต้องพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมของระดับของปัจจัยจากการประเมินผลของตัวแปรตอบสนองในแต่ละคุณสมบัติ จึงทำการกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนอง และพิจารณาผลคะแนนรวมของทุกตัวแปรตอบสนองเพื่อทำการตัดสินใจเลือกระดับของปัจจัย การกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนองจะกำหนดโดยอาศัยผลต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของผลของตัวแปรตอบสนอง แล้วแบ่งช่วงระดับคะแนนออกเป็น 3 ช่วงเท่าๆกัน คือ ระดับคะแนน 3, 2 และ 1 แต่ถ้าผลของตัวแปรตอบสนองมีค่าน้อยกว่า หรือ มากกว่าที่กำหนดจะให้คะแนนเป็น 0 การกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนองแสดงดังตารางที่ 5.36

เมื่อทราบช่วงระดับคะแนนของแต่ละตัวแปรตอบสนอง จะประเมินผลคะแนนรวมของแต่ละสภาวะที่ทำการทดสอบ โดยกำหนดให้ความสำคัญของแต่ละตัวแปรตอบสนองมีค่าเท่ากันหมด การทดสอบแสดงการประเมินผลคะแนนรวมเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมดังตารางที่ 5.37 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคิดคะแนนได้ เช่น ลำดับที่ 1 ที่ลำดับคะแนนการทดสอบคุณสมบัติที่ 1 คือความต้านทานแรงดัด มีค่าความต้านทานแรงดัดเฉลี่ย 19.91 เมกะพาสคัล (ตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก) ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามตารางที่ 5.36 จะได้ระดับคะแนนอยู่ในช่วงระดับ 2 คะแนน

ตารางที่ 5.36 การกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนอง

คุณสมบัติที่ทดสอบ	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)	มากกว่า 20.14	17.64-20.14	น้อยกว่า 17.64	น้อยกว่า 13.8
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)	มากกว่า 0.62	0.54-0.62	น้อยกว่า 0.54	น้อยกว่า 0.34
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)	น้อยกว่า 8.01	8.01-10.00	มากกว่า 10.00	มากกว่า 12.00
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว (นิวตัน)	มากกว่า 1239.34	1091.06-1239.34	น้อยกว่า 1091.06	น้อยกว่า 360
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไส้ (นิวตัน)	มากกว่า 1512.50	1297.88-1512.50	น้อยกว่า 1297.88	น้อยกว่า 360
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	มากกว่า 753.86	724.34-753.86	น้อยกว่า 724.34	น้อยกว่า 500 หรือ มากกว่า 800
การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง (ร้อยละ)	น้อยกว่า 22.49	22.49-31.18	มากกว่า 31.18	มากกว่า 40
การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง (ร้อยละ)	น้อยกว่า 59.64	59.64-67.83	มากกว่า 67.83	มากกว่า 80
ความยืดหยุ่นของผิวหน้า (นิวตัน)	มากกว่า 1286.19	1211.07-1286.19	น้อยกว่า 1211.07	น้อยกว่า 1100
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	มากกว่า 2434.92	2289.40-2434.92	มากกว่า 2289.40	น้อยกว่า 2000

ตารางที่ 5.37 การประเมินผลคะแนนรวมเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

ลำดับที่	สภาวะปัจจัย			ลำดับคะแนนการทดสอบคุณสมบัติ										คะแนนรวม
	A	B	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	-	-	-	2	2	0	2	3	1	1	1	2	2	16
2	-	-	0	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3	16
3	-	-	1	2	3	2	1	2	2	1	2	2	3	20
4	-	0	-	2	3	0	2	3	2	1	1	2	3	19
5	-	0	0	3	3	3	2	2	3	3	2	1	2	24
6	-	0	1	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	27
7	-	1	-	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	26
8	-	1	0	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	27
9	-	1	1	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	28
10	0	-	-	1	2	0	2	1	1	0	1	1	1	10
11	0	-	0	2	2	0	1	2	2	1	2	1	2	15
12	0	-	1	2	2	2	2	3	2	1	1	1	2	18
13	0	0	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	12
14	0	0	0	2	2	1	2	3	1	1	1	2	2	17
15	0	0	1	2	2	0	2	3	2	1	2	2	2	18
16	0	1	-	2	2	0	2	1	1	1	1	2	3	15
17	0	1	0	3	2	1	3	2	2	1	2	2	3	21
18	0	1	1	3	2	3	2	3	2	1	2	2	3	23
19	1	-	-	1	2	0	1	1	1	0	2	1	1	10
20	1	-	0	1	1	0	2	1	1	0	1	1	1	9
21	1	-	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1	2	18
22	1	0	-	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	13
23	1	0	0	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	13
24	1	0	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	15
25	1	1	-	2	1	0	1	1	1	1	1	1	3	12
26	1	1	0	2	2	1	2	2	2	1	1	1	3	17
27	1	1	1	2	2	3	1	2	2	1	1	1	2	17

- คะแนนที่ 1 คะแนนของผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด
- คะแนนที่ 2 คะแนนของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
- คะแนนที่ 3 คะแนนของผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- คะแนนที่ 4 คะแนนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว
- คะแนนที่ 5 คะแนนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้
- คะแนนที่ 6 คะแนนของผลการทดสอบความหนาแน่น
- คะแนนที่ 7 คะแนนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง
- คะแนนที่ 8 คะแนนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง
- คะแนนที่ 9 คะแนนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า
- คะแนนที่ 10 คะแนนของผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

จากตารางที่ 5.37 การประเมินคะแนนรวมของตัวแปรตอบสนองทั้ง 9 จะเห็นว่าผลคะแนนรวมลำดับที่ 9 ให้ผลคะแนนรวมสูงสุด ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกลับมาใช้ใหม่ คือ

- 1) ปัจจัย A คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลระดับต่ำ 5% ของไม้ทั้งหมด
  - 2) ปัจจัย B คือ ปริมาณกาวผิวระดับสูง 16% ของเนื้อไม้แห้ง
  - 3) ปัจจัย C คือ ปริมาณกาวไส้ระดับสูง 9% ของเนื้อไม้แห้ง
- โดยมีผลการทดสอบดังนี้
- 1) ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด 22.33 เมกะพาสคัล
  - 2) ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.70 เมกะพาสคัล
  - 3) ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ 9.49%
  - 4) ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว 1323.24 นิวตัน
  - 5) ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้ 1340.80 นิวตัน
  - 6) ผลการทดสอบความหนาแน่น 765.10 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
  - 7) ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง 30.71%
  - 8) ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง 59.91%
  - 9) ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า 1361.30 นิวตัน
  - 10) ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น 2580.44 เมกะพาสคัล



แต่เมื่อพิจารณาผลคะแนนรวมของลำดับอื่นๆ จะพบว่า ระดับที่ 6 , 7 และ 8 ให้ค่าคะแนนที่ใกล้เคียงกัน คือ 27 , 26 และ 27 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ลำดับนี้ เป็นผลจากการทดลองโดยมีสภาวะของปัจจัย เศษแผ่นพาร์ทิเคิล ระดับต่ำเช่นกัน แต่แตกต่างกันในปริมาณของกาวผิวและกาวไส้ ดังนั้น อาจเป็นไปได้ที่สามารถนำสภาวะการทดลองทั้ง 3 แบบนี้มาใช้ในกระบวนการผลิตจริง เนื่องจากให้ผลค่าคะแนนที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งจะให้ค่าทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ สามารถที่จะนำสภาวะการทดลองอื่นที่มีผลคะแนนรวมต่ำกว่าได้ แล้วแต่ความต้องการของผู้ผลิตว่าต้องการให้มีความแข็งแรงและความคงขนาดมากน้อยเพียงใด แต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงผลการทดลองคุณสมบัติ (ภาคผนวก ก) ของบางสภาวะที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 14% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 7% ของเนื้อไม้แห้ง ถึงแม้จะให้ค่าผลการทดสอบด้านความแข็งแรงดี แต่ให้ค่าผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ 14.25% ซึ่งมากเกินไปกว่าที่มาตรฐานกำหนด จึงไม่ควรนำมาใช้ในการผลิตจริง

### 5.3 การทดลองผลิตจริง

เมื่อทราบถึงสภาวะระดับของปัจจัยแล้ว นำสภาวะของปัจจัยนั้นมาผลิตจริง ซึ่งจากการผลิตจริงพบว่า การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ มีค่าของผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังภาคผนวก ฉ โดยมีค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติใกล้เคียงกับการทดลอง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติจากการผลิตจริงกับผลจากการทดลอง ได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติที่ทดสอบ	ผลการทดสอบคุณสมบัติ	
	การทดลอง	การผลิตจริง
ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)	22.33	22.11
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)	0.70	0.66
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)	9.49	7.59
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว (นิวตัน)	1323.24	1330.20
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไส้ (นิวตัน)	1340.80	1362.28
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	765.10	751.35
การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง (ร้อยละ)	30.71	32.24
การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง (ร้อยละ)	59.91	62.40
ความยืดหยุ่นของผิวหน้า (นิวตัน)	1361.30	1368.83
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	2580.44	2571.35

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล

เมื่อดำเนินการทดลองตามแผนการออกแบบการทดลอง และวิเคราะห์ผลตอบสนองจากปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

##### 6.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานแรงดัด

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวไส้

##### 6.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวไส้

##### 6.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวไส้

##### 6.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว

##### 6.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวไส้
- 3) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวไส้

##### 6.1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่น

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวไส้

- 4) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว
- 5) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้
- 6) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้

6.1.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ ๒ ชั่วโมง

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวใต้
- 4) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว
- 5) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้
- 6) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้

6.1.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวใต้
- 4) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว
- 5) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวใต้
- 6) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้

6.1.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความยืดหยุ่นของผิวหน้า

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว

6.1.10 ปัจจัยที่มีผลต่อมอดุลัสยืดหยุ่น

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล
- 2) ปริมาณกาวผิว
- 3) ปริมาณกาวใต้
- 4) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวผิว
- 5) ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณกาวผิวกับปริมาณกาวใต้

6.1.11 ปัจจัยที่มีผลต่อความชื้น

- ไม่มีปัจจัยใดมีผล

## 6.2 สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล

จากผลการทดลอง นำมาวิเคราะห์กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบคุณสมบัติ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

### 6.2.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความต้านทานแรงดัดอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.2.2 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 14% ,15% หรือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.2.3 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.2.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิวอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 7% , 8% หรือ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.2.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไส้

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไส้อยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 14% ,15% หรือ 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.2.6 ผลการทดสอบความหนาแน่น

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความหนาแน่นอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 6.2.7 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 6.2.8 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 6.2.9 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 7% , 8% หรือ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 6.2.10 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และ ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

#### 6.2.11 ผลการทดสอบความชื้น

- สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลที่ให้ผลค่าความชื้นอยู่ในระดับที่ดี คือ ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง และปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

จากการวิเคราะห์ผลตัวแปรตอบสนอง จะเห็นว่า ผลของปัจจัยต่าง ๆ มีผลกระทบต่อดัชนีแปรตอบสนองไม่เหมือนกัน จึงทำการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม โดยการประเมินผลคะแนนรวม ทำให้ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดดังนี้ คือ

- 1) ปริมาณเศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมด
- 2) ปริมาณกาวผิว 16% ของเนื้อไม้แห้ง
- 3) ปริมาณกาวไส้ 9% ของเนื้อไม้แห้ง

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

- 6.3.1 งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยกำหนดช่วงความชื้นของไม้สด เมื่อไม้สดที่นำมาผลิตมีความชื้นแตกต่างกัน เช่น ไม้เก็บไว้นานอาจทำให้แห้งความชื้นต่ำ หรือไม่ชื้นมาก

จากการขนส่ง ถึงแม้จะควบคุมให้ความชื้นหลังอบอยู่ในช่วงเดียวกันก็ตาม ก็อาจทำให้คุณสมบัติด้านต่างๆแตกต่างกันได้ ดังนั้นควรมีการทดลองเพิ่มเติม เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในช่วงความชื้นต่างๆกัน

- 6.3.2 งานวิจัยนี้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล โดยคำนึงถึงคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความคงขนาด ไม่ได้พิจารณาเปรียบเทียบถึงค่าใช้จ่ายของแต่ละเงื่อนไข ดังนั้นในการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอุตสาหกรรม จึงควรคำนึงถึงคุณสมบัติด้านค่าใช้จ่ายต้นทุนมาประกอบการตัดสินใจในการกำหนดสภาวะและการเลือกใช้ในการผลิต
- 6.3.3 งานวิจัยทำการทดลองวิเคราะห์ปัจจัยด้านส่วนผสมเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิต เช่น ระดับอุณหภูมิ ความดัน และระยะเวลาในการอัดร้อน ของแท่นอัด
- 6.3.4 งานวิจัยจะพิจารณาการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมกลับมาใช้ประโยชน์เพียงครั้งเดียว ดังนั้นควรมีการทดลองต่อเพื่อศึกษาว่าเศษแผ่นพาร์ทิเคิลสามารถที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้นานเพียงใด

## รายการอ้างอิง

1. Douglas C.Montgomery . Design and Analysis of Experiment . 4<sup>th</sup> ed. USA : John Wiley & Sons , 1997.
2. Mottet A.L . The Particle Geometry Factor in Particleboard Manufacturing . Washington : Washington State University , 1967.
3. Furniture Industry Research Association . Specification of Chipboard for Furniture . Hertfordshire : FIRA , 1981.
4. อเนก พัชรินทร์ศักดิ์ . แผนการทดลองและการวิเคราะห์ . พิมพ์ครั้งที่ 1 . ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2523.
5. คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้ัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง . มอก.876 – 2532 .พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , 2532.
6. สุรพล อุบัติสสกุล . สถิติ การวางแผนการทดลอง เล่ม 1 . พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สมมิตรออฟเซต , 2536.
7. เปรมใจ ตริสรานุกวัฒนา และ สมบูรณ์ สุขพงษ์ . หลักสถิติ 2 . กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2537.
8. วรธรรม คู่จิตติชัย . ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรง และความคงขนาดของแผ่นปาร์ติเกิล . เอกสารวิชาการเลขที่ 422 . กรุงเทพฯ : กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ , 2538.
9. วรธรรม คู่จิตติชัย . อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล และกรรมวิธีผลิต . เอกสารวิชาการเลขที่ 514 . กรุงเทพฯ : กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ , 2541.
10. คำรณ พิทักษ์ . การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกระแทกเมล์ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้เครื่องเหวี่ยง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2527.
11. ทศพล เกียรติเจริญผล . การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแล็กเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2538.



12. ศิริรักษ์ เนตรรัตน์ . การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการใช้ก๊าซไอโซนในการฆ่าเชื้อโรคที่ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539.
13. วิชัย รวิพันธ์ . การออกแบบแผนการทดลองและการควบคุมการผลิตในแผนกบรรจุภัณฑ์ : กรณีศึกษา บริษัท ฟิลิปส์ เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2540.
14. ณัฐเศรษฐ์ สมแสน . การประยุกต์ใช้ของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์โยหินในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2541.
15. กฤษดา อัครรุ่งแสงกุล . การปรับปรุงคุณภาพของหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.
16. วรธรรม อุณจิตติชัย . แผนปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม . กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ , 2542.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก  
ผลการทดสอบคุณสมบัติ

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณการผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	20.53	19.29	19.10	20.51	20.69	20.53	20.83	22.33	20.69
	19.28	20.05	20.33	17.75	20.81	21.53	23.04	22.96	23.96
10%	15.04	19.07	18.76	18.33	19.02	19.36	19.72	20.55	22.35
	15.23	20.30	19.78	18.27	18.67	19.84	20.39	20.46	20.04
15%	15.63	16.72	19.63	19.26	18.80	18.20	18.06	19.91	19.24
	17.11	15.61	18.18	18.56	17.95	18.62	19.84	18.44	19.91

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณการผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	0.59	0.63	0.67	0.59	0.61	0.54	0.58	0.63	0.66
	0.54	0.57	0.66	0.72	0.64	0.67	0.58	0.68	0.74
10%	0.54	0.69	0.66	0.43	0.57	0.55	0.54	0.54	0.60
	0.55	0.50	0.57	0.52	0.58	0.65	0.57	0.61	0.60
15%	0.50	0.50	0.56	0.48	0.52	0.52	0.51	0.55	0.59
	0.60	0.51	0.59	0.44	0.52	0.66	0.50	0.58	0.60

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการพองตัวของเม็ดน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาฬว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	14.94	11.95	11.45	11.84	6.25	6.19	6.45	9.97	9.51
	13.55	10.55	8.52	12.60	8.58	6.09	9.69	6.13	9.46
10%	14.34	13.31	8.60	12.00	9.98	12.72	12.60	10.87	7.67
	13.38	15.34	11.14	8.67	12.07	12.55	12.02	10.62	5.26
15%	15.44	17.57	12.62	11.51	8.88	10.91	12.08	10.88	6.00
	16.91	12.64	10.95	11.80	12.09	11.90	11.94	10.50	6.04

ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาวผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาวใต้ ( C )			ปริมาณกาวใต้ ( C )			ปริมาณกาวใต้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	1124.23	1182.76	1182.76	1241.29	1253.00	1206.17	1463.71	1323.24	1428.60
	1135.93	1229.59	1159.35	1229.59	1217.88	1288.12	1416.89	1311.53	1428.60
10%	1135.93	1112.52	1135.93	1135.93	1100.81	1100.81	1100.81	1217.88	1089.11
	1159.35	1171.05	1100.81	1182.76	1171.05	1264.71	1194.47	1264.71	1124.23
15%	983.75	972.04	943.63	1053.99	1030.58	1124.23	1030.57	1007.16	1030.58
	983.75	948.63	972.04	1007.16	1030.57	1135.94	1077.40	1182.76	1124.23

ตารางที่ ก.5 ตารางแสดงผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ใส่

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล (A)	ปริมาณการผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	1399.33	1387.62	1381.77	1440.30	1452.01	1393.48	1469.57	1452.01	1323.24
	1574.93	1334.94	1346.65	1370.06	1293.97	1428.60	1405.18	1504.69	1358.36
10%	1176.91	1387.62	1364.21	1293.97	1381.77	1381.77	1171.05	1334.94	1504.69
	1106.67	1352.50	1492.98	1124.23	1434.45	1557.37	1194.47	1358.36	1551.52
15%	1194.47	1305.68	1434.45	1276.41	1223.73	1200.32	1036.43	1253.00	1329.09
	1176.91	1346.65	1586.64	1159.35	1317.38	1370.06	1130.08	1334.94	1487.13

ตารางที่ ก.6 ตารางแสดงผลการทดสอบความหนาแน่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาฬผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาฬได้ ( C )			ปริมาณกาฬได้ ( C )			ปริมาณกาฬได้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	711.49	710.35	752.47	721.96	779.81	789.85	773.97	786.58	764.03
	711.33	718.03	748.36	734.14	773.42	776.88	790.56	780.13	766.17
10%	721.22	723.96	735.41	711.18	703.90	722.33	730.11	740.35	758.25
	724.01	734.17	732.32	720.74	704.31	730.60	715.70	734.63	746.25
15%	686.67	705.85	739.90	709.42	739.12	710.72	703.20	725.50	746.82
	702.97	704.79	720.89	704.44	732.39	700.83	710.18	725.48	751.25



ตารางที่ ก.7 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชม.

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาฬผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาฬได้ ( C )			ปริมาณกาฬได้ ( C )			ปริมาณกาฬได้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	37.09	37.98	34.71	39.39	36.63	20.02	24.55	14.26	20.89
	37.44	38.79	34.42	39.03	39.10	27.37	27.80	13.33	20.59
10%	45.42	34.54	36.50	39.79	39.17	34.44	32.76	38.98	31.16
	44.83	35.04	36.08	39.95	38.34	34.03	33.43	39.75	33.06
15%	41.65	42.75	29.98	37.65	37.79	37.78	37.58	39.11	38.84
	40.41	43.83	39.84	39.73	39.37	38.79	39.30	36.16	32.62

ตารางที่ ก.8 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชม.

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาฬว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	71.11	69.60	66.28	71.63	62.07	60.16	61.04	52.02	58.62
	69.06	70.07	68.22	71.25	61.83	59.03	60.25	50.88	61.19
10%	71.25	67.25	68.61	77.31	71.64	65.05	69.47	62.05	60.24
	76.21	65.42	67.44	74.74	72.50	64.19	68.58	64.44	63.21
15%	70.14	77.52	62.01	61.58	72.91	69.90	74.04	73.83	72.32
	63.12	75.12	60.45	71.72	74.84	70.38	72.85	73.00	71.68

ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงผลการทดสอบความชื้น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณกาฬว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )			ปริมาณกาฬวได้ ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	3.40	3.89	4.38	4.15	3.80	3.64	3.44	3.63	3.56
	5.81	6.42	4.83	5.59	4.54	4.08	4.72	4.46	4.09
10%	4.93	3.59	16.19	4.06	4.21	5.00	4.68	4.77	4.58
	5.14	3.66	4.07	4.29	4.81	4.74	5.24	4.52	4.80
15%	3.88	4.50	4.69	4.50	3.73	4.89	3.70	4.69	4.56
	4.71	4.54	3.96	4.31	4.76	3.77	3.55	4.31	4.23

ตารางที่ ก.10 ตารางแสดงผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณการผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	1282.30	1264.70	1264.70	1194.50	1206.20	1217.90	1334.90	1358.40	1358.40
	1270.60	1176.90	1270.60	1276.40	1212.00	1206.20	1334.90	1364.20	1364.20
10%	1194.50	1206.17	1194.50	1229.60	1247.10	1229.60	1182.80	1264.70	1276.41
	1182.80	1171.05	1176.90	1165.20	1235.40	1253.00	1247.10	1247.10	1176.90
15%	1141.80	1135.90	1124.20	1194.50	1176.90	1176.90	1217.90	1182.80	1165.20
	1130.10	1130.10	1165.20	1182.80	1194.50	1182.80	1188.60	1176.90	1194.47

ตารางที่ ก.11 ตารางแสดงผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล ( A )	ปริมาณการผิว ( B )								
	14%			15%			16%		
	ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )			ปริมาณการผิว ( C )		
	7%	8%	9%	7%	8%	9%	7%	8%	9%
5%	2437.78	2539.69	2492.59	2496.09	2424.67	2599.02	2554.91	2551.80	2576.20
	2426.35	2540.54	2569.28	2559.71	2378.50	2465.35	2545.46	2489.29	2584.67
10%	2242.03	2392.05	2413.58	2382.66	2461.67	2484.48	2471.33	2493.18	2522.58
	2243.97	2400.00	2404.42	2432.93	2377.79	2478.93	2516.60	2508.01	2517.78
15%	2185.72	2266.67	2395.53	2396.77	2355.64	2401.08	2472.84	2515.26	2345.67
	2102.03	2251.11	2315.03	2289.09	2364.48	2409.61	2468.57	2531.63	2398.95

## ภาคผนวก ข

### ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

L	คือ	ความยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
T	คือ	ความหนาของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
P	คือ	แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วยเป็น Psi
Kgf	คือ	แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วยเป็น นิวตัน
$\Delta W$	คือ	แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็น Psi
$\Delta S$	คือ	ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็นมิลลิเมตร
E	คือ	โมดูลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็น เมกะพาสคัล
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.15	99.90	100.03	16.24	16.23	16.24	16.23	16.24	61.00	1440.30	20.98	38.00	632.55	2.40	2582.72
2	100.10	99.20	99.65	16.23	16.24	16.21	16.18	16.22	59.00	1370.06	20.08	35.00	527.19	2.27	2292.83
AVG											20.53				2437.78

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.90	101.50	101.70	16.11	16.24	16.23	16.10	16.17	58.00	1334.94	19.28	36.00	562.31	2.20	2493.22
2	101.95	101.50	101.73	16.11	16.24	16.23	16.09	16.17	58.00	1334.94	19.28	35.00	527.19	2.18	2359.47
AVG											19.28				2426.35

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.05	100.00	100.03	16.10	16.08	16.08	16.07	16.08	59.00	1370.065	20.34	38.00	632.55	2.31	2760.40
2	99.60	99.75	99.68	15.90	15.91	15.82	15.88	15.88	54.00	1194.466	18.25	35.00	527.19	2.39	2318.97
AVG											19.29				2539.69

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.70	101.45	101.58	16.12	16.18	16.19	16.11	16.15	59.00	1370.065	19.86	39.00	667.67	2.57	2546.73
2	102.00	101.70	101.85	15.92	16.04	16.03	15.92	15.98	59.00	1370.065	20.23	38.00	632.55	2.52	2534.35
AVG											20.05				2540.54

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	99.75	99.95	99.85	16.05	16.04	16.03	16.06	16.05	56.00	1264.705	18.89	37.00	597.43	2.44	2489.94
2	100.40	99.95	100.18	16.08	16.04	16.07	16.07	16.07	57.00	1299.825	19.31	38.00	632.55	2.56	2495.24
AVG											19.10				2492.59

ตารางที่ ข.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.40	101.25	101.33	16.18	16.26	16.22	16.13	16.20	60.00	1405.184	20.30	40.00	702.79	2.87	2385.29
2	101.80	101.25	101.53	16.11	16.22	16.20	16.10	16.16	60.00	1405.184	20.36	40.00	702.79	2.50	2753.27
AVG											20.33				2569.28



ตารางที่ ๗.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.45	99.80	100.13	16.01	16.07	16.11	16.08	16.07	60.00	1405.184	20.87	41.00	737.91	3.20	2328.76
2	100.00	100.10	100.05	15.93	15.96	15.95	15.95	15.95	58.00	1334.945	20.15	42.00	773.03	3.00	2663.42
AVG											20.51				2496.09

ตารางที่ ๗.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.85	101.60	101.73	16.11	16.28	16.28	16.09	16.19	55.00	1229.585	17.71	41.00	737.91	3.00	2389.86
2	102.10	101.50	101.80	16.10	16.20	16.18	16.09	16.14	55.00	1229.585	17.80	43.00	808.15	2.90	2729.56
AVG											17.75				2559.71

ตารางที่ ๗.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.25	100.30	100.28	16.14	16.17	16.20	16.17	16.17	61.00	1440.304	21.09	41.00	737.91	3.10	2354.93
2	100.30	100.60	100.45	15.77	15.76	15.96	15.96	15.86	58.00	1334.945	20.28	41.00	737.91	3.00	2573.22
AVG											20.69				2464.07

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.60	101.20	101.40	16.27	16.28	16.24	16.22	16.25	59.00	1370.065	19.64	42.00	773.03	2.87	2595.22
2	101.45	101.15	101.30	16.12	16.20	16.17	16.08	16.14	63.00	1510.544	21.97	40.00	702.79	3.20	2161.79
AVG											20.81				2378.50

ตารางที่ ข.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.55	100.20	100.38	16.03	16.09	16.13	16.09	16.09	59.00	1370.065	20.26	42.00	773.03	3.10	2503.83
2	100.30	100.40	100.35	15.94	15.92	15.80	15.85	15.88	59.00	1370.065	20.80	41.00	737.91	2.86	2694.22
AVG											20.53				2599.02

ตารางที่ ข.12 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.80	101.40	101.60	16.29	16.30	16.25	16.23	16.27	64.00	1545.664	22.08	42.00	773.03	3.11	2383.63
2	102.00	101.35	101.68	16.07	16.12	16.13	16.08	16.10	61.00	1440.304	20.99	42.00	773.03	3.00	2547.08
AVG											21.53				2465.35

ตารางที่ ข.13 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	99.90	99.65	99.78	16.20	16.14	16.12	16.13	16.15	60.00	1405.184	20.74	40.00	702.79	3.10	2263.52
2	99.45	99.35	99.40	16.14	16.12	16.09	16.09	16.11	60.00	1405.184	20.92	44.00	843.27	3.01	2827.39
AVG											20.83				2545.46

ตารางที่ ข.14 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.95	101.60	101.78	16.14	16.29	16.23	16.13	16.20	65.00	1580.783	22.73	43.00	808.15	3.10	2528.16
2	101.90	101.50	101.70	16.11	16.23	16.21	16.11	16.17	66.00	1615.903	23.35	45.00	878.39	3.33	2575.45
AVG											23.04				2551.80

ตารางที่ ข.15 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.50	99.60	100.05	16.04	16.03	16.02	16.03	16.03	63.00	1510.544	22.56	40.00	702.79	3.10	2307.31
2	100.25	100.35	100.30	15.93	15.97	16.05	16.01	15.99	62.00	1475.424	22.09	42.00	773.03	2.96	2671.27
AVG											22.33				2489.29

ตารางที่ ข.16 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.60	101.50	101.55	16.32	16.38	16.34	16.28	16.33	66.00	1615.903	22.91	44.00	843.27	3.10	2580.03
2	102.00	101.50	101.75	16.27	16.34	16.29	16.23	16.28	66.00	1615.903	23.00	43.00	808.15	3.00	2572.36
AVG											22.96				2576.20

ตารางที่ ข.17 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	99.45	99.75	99.60	15.94	16.02	16.01	15.92	15.97	57.00	1299.825	19.64	43.00	808.15	3.10	2694.08
2	100.30	99.50	99.90	16.20	16.16	16.12	16.13	16.15	62.00	1475.424	21.74	41.00	737.91	2.97	2475.26
AVG											20.69				2584.67

ตารางที่ ข.18 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.95	101.60	101.78	16.24	16.32	16.29	16.21	16.27	67.00	1651.023	23.55	40.00	702.79	3.12	2157.38
2	101.90	101.65	101.78	16.11	16.20	16.19	16.12	16.16	68.00	1686.143	24.38	41.00	737.91	2.99	2412.29
AVG											23.96				2284.83

ตารางที่ ข.19 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยาง 14% , ปริมาณกาวยุ่ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.00	100.00	100.00	15.88	15.85	15.82	15.84	15.85	49.00	1018.867	15.58	40.00	702.79	3.10	2389.13
2	100.45	100.00	100.23	15.83	15.80	15.84	15.84	15.83	47.00	948.627	14.51	37.00	597.43	3.01	2094.92
AVG											15.04				2242.03

ตารางที่ ข.20 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยาง 14% , ปริมาณกาวยุ่ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.00	100.10	100.05	16.03	16.00	16.03	16.00	16.02	51.00	1089.106	16.30	37.00	597.43	3.07	1986.14
2	101.10	100.15	100.63	16.01	15.97	15.99	15.97	15.99	47.00	948.627	14.17	41.00	737.91	3.01	2501.80
AVG											15.23				2243.97

ตารางที่ ข.21 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยาง 14% , ปริมาณกาวยุ่ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.00	100.60	100.80	16.18	16.19	16.19	16.18	16.19	57.00	1299.825	18.90	41.00	737.91	3.06	2366.69
2	100.50	100.00	100.25	16.10	16.12	16.08	16.06	16.09	57.00	1299.825	19.23	40.00	702.79	2.92	2417.40
AVG											19.07				2392.05

ตารางที่ ข.22 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.55	101.45	101.50	16.29	16.28	16.30	16.32	16.30	61.00	1440.304	20.52	41.00	737.91	3.10	2272.33
2	101.70	101.75	101.73	16.21	16.31	16.30	16.17	16.25	60.00	1405.184	20.09	42.00	773.03	2.94	2527.67
AVG											20.30				2400.00

ตารางที่ ข.23 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.20	100.90	101.05	16.18	16.12	16.12	16.17	16.15	56.00	1264.705	18.43	39.00	667.67	3.06	2151.03
2	100.85	100.85	100.85	15.92	15.80	15.85	15.95	15.88	56.00	1264.705	19.10	42.00	773.03	3.00	2676.13
AVG											18.76				2413.58

ตารางที่ ข.24 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.90	101.35	101.63	16.12	16.15	16.10	16.09	16.12	58.00	1334.945	19.42	43.00	808.15	3.10	2570.97
2	101.60	101.80	101.70	16.02	16.06	16.03	15.99	16.03	59.00	1370.065	20.14	39.00	667.67	2.99	2237.87
AVG											19.78				2404.42

ตารางที่ ข.25 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.50	99.80	100.15	16.05	16.04	16.04	16.05	16.05	54.00	1194.466	17.79	40.00	702.79	3.12	2283.81
2	100.25	99.90	100.08	16.04	16.04	16.05	16.03	16.04	56.00	1264.705	18.86	41.00	737.91	3.02	2481.51
AVG											18.33				2382.66

ตารางที่ ข.26 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.30	99.80	100.05	16.05	16.10	16.09	16.05	16.07	59.00	1370.065	20.36	40.00	702.79	3.14	2259.89
2	100.45	100.45	100.45	16.01	16.07	16.07	16.02	16.04	51.00	1089.106	16.18	42.00	773.03	3.00	2605.96
AVG											18.27				2432.93

ตารางที่ ข.27 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.50	100.20	100.35	15.94	15.96	15.98	15.95	15.96	55.00	1229.585	18.48	41.00	737.91	3.10	2448.44
2	100.40	100.00	100.20	15.95	15.96	15.98	15.95	15.96	57.00	1299.825	19.56	41.00	737.91	3.07	2474.90
AVG											19.02				2461.67

ตารางที่ ข.28 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.80	100.65	100.73	15.96	16.01	16.01	15.98	15.99	58.00	1334.945	19.90	39.00	667.67	3.11	2186.64
2	100.40	100.65	100.53	15.94	15.92	15.98	15.92	15.94	53.00	1159.346	17.43	42.00	773.03	3.10	2568.94
AVG											18.67				2377.79

ตารางที่ ข.29 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.20	99.45	99.83	15.92	15.94	15.97	15.94	15.94	56.00	1264.71	19.14	41.00	737.91	3.07	2492.39
2	100.40	100.20	100.30	15.94	15.97	15.93	15.92	15.94	57.00	1299.83	19.59	40.00	702.79	2.93	2476.57
AVG											19.36				2484.48

ตารางที่ ข.30 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.60	101.00	100.80	15.81	15.95	15.97	15.78	15.88	58.00	1334.945	20.17	40.00	702.79	3.06	2387.57
2	100.00	101.00	100.50	15.94	15.99	15.97	15.92	15.96	57.00	1299.825	19.51	41.00	737.91	2.95	2570.30
AVG											19.84				2478.93



ตารางที่ ข.31 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.10	99.85	99.98	15.97	15.95	16.01	16.02	15.99	57.00	1299.825	19.53	43.00	808.15	3.12	2659.27
2	100.20	100.30	100.25	16.02	16.01	16.05	16.04	16.03	58.00	1334.945	19.90	39.00	667.67	2.97	2283.39
AVG											19.72				2471.33

ตารางที่ ข.32 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.70	100.50	100.60	16.01	15.98	16.01	16.04	16.01	59.00	1370.065	20.40	42.00	773.03	3.08	2549.95
2	100.40	100.65	100.53	16.04	16.02	16.01	16.05	16.03	59.00	1370.065	20.37	41.00	737.91	3.01	2483.25
AVG											20.39				2516.60

ตารางที่ ข.33 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.40	99.85	100.13	15.98	15.97	15.99	16.01	15.99	60.00	1405.184	21.08	42.00	773.03	3.20	2476.40
2	100.40	100.25	100.33	15.98	15.98	15.97	15.98	15.98	58.00	1334.945	20.02	40.00	702.79	2.87	2509.96
AVG											20.55				2493.18

ตารางที่ ข.34 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยืด 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.40	100.40	100.40	15.99	15.98	16.02	16.04	16.01	58.00	1334.945	19.93	42.00	773.03	3.12	2523.46
2	100.35	100.60	100.48	15.99	15.98	16.00	16.01	16.00	60.00	1405.184	20.99	41.00	737.91	3.02	2492.55
AVG											20.46				2508.01

ตารางที่ ข.35 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.20	100.50	100.85	15.96	15.95	15.95	15.98	15.96	61.00	1440.304	21.53	40.00	702.79	3.08	2334.31
2	100.90	100.60	100.75	15.95	15.94	15.94	15.96	15.95	64.00	1545.664	23.16	43.00	808.15	3.06	2710.86
AVG											22.35				2522.58

ตารางที่ ข.36 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.65	100.50	100.58	15.95	16.00	15.99	15.94	15.97	57.00	1299.825	19.46	42.00	773.03	3.11	2545.01
2	100.70	100.50	100.60	15.92	15.97	15.97	15.01	15.72	58.00	1334.945	20.63	40.00	702.79	3.03	2490.54
AVG											20.04				2517.78

ตารางที่ ข.37 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.75	101.40	101.58	16.12	16.16	16.14	16.10	16.13	51.00	1089.106	15.83	37.00	597.43	3.08	1908.56
2	101.45	101.40	101.43	16.05	16.10	16.10	16.07	16.08	50.00	1053.986	15.43	41.00	737.91	2.98	2462.88
AVG											15.63				2185.72

ตารางที่ ข.38 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.75	100.25	100.50	16.10	16.05	16.09	16.18	16.11	54.00	1194.466	17.60	39.00	667.67	3.15	2117.69
2	100.75	100.65	100.70	16.07	16.01	16.03	16.12	16.06	52.00	1124.226	16.63	38.00	632.55	3.05	2086.37
AVG											17.11				2102.03

ตารางที่ ข.39 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.10	100.55	100.83	15.91	15.93	15.95	15.93	15.93	52.00	1124.226	16.87	38.00	632.55	3.06	2127.24
2	100.50	100.40	100.45	15.84	15.89	15.84	15.85	15.86	51.00	1089.106	16.56	40.00	702.79	3.06	2406.10
AVG											16.72				2266.67

ตารางที่ ข.40 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.65	100.65	100.65	16.22	16.26	16.25	16.24	16.24	51.00	1089.106	15.75	39.00	667.67	3.12	2081.10
2	100.45	100.80	100.63	16.15	16.12	16.11	16.12	16.13	50.00	1053.986	15.47	41.00	737.91	3.03	2421.11
AVG											15.61				2251.11

ตารางที่ ข.41 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.70	100.05	100.38	16.02	15.99	16.01	16.05	16.02	57.00	1299.825	19.38	39.00	667.67	3.10	2190.03
2	100.90	100.55	100.73	16.00	16.00	16.00	16.01	16.00	58.00	1334.945	19.87	42.00	773.03	3.02	2601.04
AVG											19.63				2395.53

ตารางที่ ข.42 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.50	100.50	100.50	15.84	15.95	15.98	15.87	15.91	53.00	1159.346	17.50	39.00	667.67	3.07	2253.75
2	100.35	100.50	100.43	16.00	16.03	16.02	15.99	16.01	56.00	1264.705	18.87	40.00	702.79	3.01	2376.30
AVG											18.18				2315.03

ตารางที่ ข.43 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	99.50	100.50	100.00	15.96	15.95	16.00	15.99	15.98	58.00	1334.945	20.09	42.00	773.03	3.08	2582.15
2	100.35	100.60	100.48	16.10	16.25	16.23	16.18	16.19	56.00	1264.705	18.44	39.00	667.67	2.97	2211.39
AVG											19.26				2396.77

ตารางที่ ข.44 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.65	100.25	100.45	16.10	16.04	16.10	16.13	16.09	56.00	1264.705	18.67	40.00	702.79	3.10	2271.45
2	100.50	100.25	100.38	16.16	16.19	16.23	16.18	16.19	56.00	1264.705	18.46	40.00	702.79	3.00	2306.73
AVG											18.56				2289.09

ตารางที่ ข.45 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.80	100.65	100.73	16.14	16.13	16.14	16.14	16.14	57.00	1299.825	19.03	39.00	667.67	3.05	2169.08
2	100.80	100.35	100.58	15.92	15.89	15.88	15.92	15.90	55.00	1229.585	18.56	41.00	737.91	3.01	2542.20
AVG											18.80				2355.64

ตารางที่ ข.46 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.85	99.90	100.38	16.10	16.13	16.11	16.09	16.11	56.00	1264.705	18.65	42.00	773.03	3.14	2461.59
2	100.20	100.10	100.15	16.06	16.08	16.05	16.03	16.06	53.00	1159.346	17.25	39.00	667.67	2.98	2267.37
AVG											17.95				2364.48

ตารางที่ ข.47 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.95	100.70	100.83	16.18	16.17	16.14	16.15	16.16	56.00	1264.705	18.44	41.00	737.91	3.07	2369.36
2	100.60	100.30	100.45	16.15	16.22	16.19	16.16	16.18	55.00	1229.585	17.95	41.00	737.91	2.99	2432.80
AVG											18.20				2401.08

ตารางที่ ข.48 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.65	101.40	101.53	16.16	16.23	16.20	16.13	16.18	56.00	1264.705	18.27	44.00	843.27	3.13	2627.68
2	101.35	101.90	101.63	16.09	16.08	16.08	16.10	16.09	57.00	1299.825	18.98	39.00	667.67	3.02	2191.53
AVG											18.62				2409.61

ตารางที่ ข.49 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.60	100.05	100.33	16.03	15.99	16.04	16.06	16.03	55.00	1229.585	18.32	39.00	667.67	3.06	2214.57
2	100.75	100.30	100.53	16.03	15.98	15.99	16.03	16.01	54.00	1194.466	17.81	43.00	808.15	3.01	2731.11
AVG											18.06				2472.84

ตารางที่ ข.50 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.45	100.00	100.23	16.03	16.08	16.10	16.09	16.08	58.00	1334.94	19.79	42.00	773.03	3.11	2504.18
2	100.50	99.90	100.20	16.00	16.04	16.07	16.05	16.04	58.00	1334.94	19.88	40.00	702.79	2.93	2432.97
AVG											19.84				2468.57

ตารางที่ ข.51 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
3	100.75	100.75	100.75	15.99	15.99	16.01	16.00	16.00	57.00	1299.83	19.36	39.00	667.67	3.08	2204.29
4	100.55	99.80	100.18	16.03	16.00	16.00	16.04	16.02	59.00	1370.06	20.47	44.00	843.27	3.04	2826.23
AVG											19.91				2515.26

ตารางที่ ข.52 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.80	100.30	100.55	15.99	15.97	15.97	15.99	15.98	55.00	1229.59	18.39	42.00	773.03	3.14	2516.59
2	100.60	100.90	100.75	16.12	16.18	16.18	16.12	16.15	56.00	1264.71	18.48	42.00	773.03	3.00	2546.66
AVG											18.44				2531.63

ตารางที่ ข.53 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	101.00	100.60	100.80	16.18	16.19	16.20	16.20	16.19	60.00	1405.18	20.42	42.00	773.03	3.09	2451.85
6	101.00	100.40	100.70	16.12	16.11	16.10	16.11	16.11	55.00	1229.59	18.07	39.00	667.67	2.97	2239.49
AVG											19.24				2345.67

ตารางที่ ข.54 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด								P (Psi)	Kgf	แรงดัด (N/mm <sup>2</sup> )	ΔW (Psi)	ΔW (Kgf)	ΔS (mm.)	E (N/mm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T							
1	100.75	100.40	100.58	16.05	15.99	16.02	16.10	16.04	60.00	1405.18	20.85	40.00	702.79	3.09	2298.39
2	100.60	100.50	100.55	16.14	16.20	16.19	16.17	16.18	57.00	1299.83	18.97	41.00	737.91	2.91	2499.51
AVG											19.91				2398.95



## ภาคผนวก ค

### ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

W	คือ	ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
L	คือ	ความยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
P	คือ	แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็น Psi
Kgf	คือ	แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็น นิวตัน
IB	คือ	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า หน่วยเป็น เมกะพาสคัล
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.95	50.00	61.00	1440.30	0.58
2	49.80	49.50	60.00	1405.18	0.57
3	49.80	49.60	63.00	1510.54	0.61
AVG					0.59

ตารางที่ ค.2 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.75	51.20	50.00	1053.99	0.41
2	51.00	51.20	70.00	1756.38	0.67
3	51.10	50.95	60.00	1405.18	0.54
AVG					0.54

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.80	50.40	55.00	1229.59	0.49
2	49.90	49.80	69.00	1721.26	0.69
3	49.70	50.20	70.00	1756.38	0.70
AVG					0.63

ตารางที่ ค.4 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.10	51.15	63.00	1510.54	0.58
2	51.30	50.70	62.00	1475.42	0.57
3	51.30	51.00	61.00	1440.30	0.55
AVG					0.57

ตารางที่ ค.5 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.65	50.15	70.00	1756.38	0.71
2	49.85	50.15	66.00	1615.90	0.65
3	49.80	50.20	66.00	1615.90	0.65
AVG					0.67

ตารางที่ ค.6 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.00	50.80	67.00	1651.02	0.64
2	50.95	51.25	74.00	1896.86	0.73
3	51.00	51.10	65.00	1580.78	0.61
AVG					0.66

ตารางที่ ค.7 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.60	50.75	61.00	1440.30	0.56
2	50.35	50.70	63.00	1510.54	0.59
3	50.25	50.50	65.00	1580.78	0.62
AVG					0.59

ตารางที่ ค.8 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.05	51.20	68.00	1686.14	0.65
2	51.40	51.05	79.00	2072.46	0.79
3	51.30	51.10	74.00	1896.86	0.72
AVG					0.72

ตารางที่ ค.9 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.40	50.90	63.00	1510.54	0.59
2	50.15	50.95	59.00	1370.06	0.54
3	50.70	49.90	71.00	1791.50	0.71
AVG					0.61

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.60	51.30	68.00	1686.14	0.64
2	51.20	51.20	64.00	1545.66	0.59
3	51.30	51.20	72.00	1826.62	0.70
AVG					0.64

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.30	50.50	59.00	1370.06	0.54
2	50.00	50.30	50.00	1053.99	0.42
3	50.35	49.60	67.00	1651.02	0.66
AVG					0.54

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.25	51.50	68.00	1686.14	0.64
2	51.40	51.30	74.00	1896.86	0.72
3	51.20	50.90	68.00	1686.14	0.65
AVG					0.67

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.70	50.00	60.00	1405.18	0.57
2	50.00	49.95	64.00	1545.66	0.62
3	50.10	49.75	60.00	1405.18	0.56
AVG					0.58

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.20	51.20	61.00	1440.30	0.55
2	51.20	51.25	59.00	1370.06	0.52
3	50.95	51.25	69.00	1721.26	0.66
AVG					0.58

ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.40	50.35	65.00	1580.78	0.62
2	49.90	50.45	65.00	1580.78	0.63
3	50.50	50.80	66.00	1615.90	0.63
AVG					0.63

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.30	51.30	73.00	1861.74	0.71
2	51.00	51.40	69.00	1721.26	0.66
3	51.25	51.20	71.00	1791.50	0.68
AVG					0.68

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.10	50.55	67.00	1651.02	0.65
2	50.35	50.00	68.00	1686.14	0.67
3	50.15	49.95	68.00	1686.14	0.67
AVG					0.66

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.00	51.50	77.00	2002.22	0.76
2	51.20	51.25	77.00	2002.22	0.76
3	51.50	51.00	72.00	1826.62	0.70
AVG					0.74

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.15	65.00	1580.78	0.63
2	50.25	50.00	59.00	1370.06	0.55
3	50.10	49.85	52.00	1124.23	0.45
AVG					0.54

ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.25	50.10	52.00	1124.23	0.45
2	50.20	50.20	63.00	1510.54	0.60
3	50.10	50.25	64.00	1545.66	0.61
AVG					0.55

ตารางที่ ค.21 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.90	50.15	67.00	1651.02	0.66
2	49.95	50.35	70.00	1756.38	0.70
3	49.95	50.25	70.00	1756.38	0.70
AVG					0.69

ตารางที่ ค.22 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.35	50.90	52.00	1124.23	0.43
2	51.15	51.05	64.00	1545.66	0.59
3	51.10	51.25	55.00	1229.59	0.47
AVG					0.50

ตารางที่ ค.23 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.45	69.00	1721.26	0.68
2	50.15	50.20	68.00	1686.14	0.67
3	50.20	50.30	66.00	1615.90	0.64
AVG					0.66

ตารางที่ ค.24 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.15	51.10	64.00	1545.66	0.59
2	51.00	51.15	59.00	1370.06	0.53
3	51.25	51.25	65.00	1580.78	0.60
AVG					0.57

ตารางที่ ค.25 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.50	50.65	49.00	1018.87	0.40
2	50.70	50.65	51.00	1089.11	0.42
3	50.75	50.80	55.00	1229.59	0.48
AVG					0.43

ตารางที่ ค.26 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.80	50.30	57.00	1299.83	0.52
2	49.80	50.10	59.00	1370.06	0.55
3	49.80	50.00	54.00	1194.47	0.48
AVG					0.52

ตารางที่ ค.27 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.80	50.65	66.00	1615.90	0.63
2	50.75	50.60	59.00	1370.06	0.53
3	50.85	50.50	60.00	1405.18	0.55
AVG					0.57

ตารางที่ ค.28 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.20	65.00	1580.78	0.63
2	49.80	50.30	59.00	1370.06	0.55
3	50.00	50.00	60.00	1405.18	0.56
AVG					0.58



ตารางที่ ค.29 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.70	50.70	59.00	1370.06	0.53
2	50.70	50.40	59.00	1370.06	0.54
3	50.75	50.60	63.00	1510.54	0.59
AVG					0.55

ตารางที่ ค.30 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.00	50.25	69.00	1721.26	0.67
2	50.90	50.90	64.00	1545.66	0.60
3	50.55	50.95	70.00	1756.38	0.68
AVG					0.65

ตารางที่ ค.31 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.65	50.80	55.00	1229.59	0.48
2	50.70	50.60	62.00	1475.42	0.58
3	50.70	50.75	61.00	1440.30	0.56
AVG					0.54

ตารางที่ ค.32 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.25	65.00	1580.78	0.63
2	49.75	50.30	65.00	1580.78	0.63
3	50.10	50.20	53.00	1159.35	0.46
AVG					0.57

ตารางที่ ค.33 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.70	50.55	58.00	1334.94	0.52
2	50.65	50.55	58.00	1334.94	0.52
3	50.70	50.65	62.00	1475.42	0.57
AVG					0.54

ตารางที่ ค.34 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	49.60	61.00	1440.30	0.58
2	49.85	50.35	65.00	1580.78	0.63
3	49.90	50.05	64.00	1545.66	0.62
AVG					0.61

ตารางที่ ค.35 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.30	49.30	60.00	1405.18	0.56
2	51.30	50.55	65.00	1580.78	0.61
3	51.30	50.90	68.00	1686.14	0.65
AVG					0.60

ตารางที่ ค.36 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.15	60.00	1405.18	0.56
2	49.85	50.30	60.00	1405.18	0.56
3	49.70	50.20	69.00	1721.26	0.69
AVG					0.60

ตารางที่ ค.37 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.10	50.40	55.00	1229.59	0.49
2	50.35	50.05	55.00	1229.59	0.49
3	50.25	50.35	58.00	1334.94	0.53
AVG					0.50

ตารางที่ ค.38 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.20	50.80	60.00	1405.18	0.54
2	51.10	51.30	69.00	1721.26	0.66
3	51.20	51.10	64.00	1545.66	0.59
AVG					0.60

ตารางที่ ค.39 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.25	50.00	58.00	1334.94	0.53
2	50.15	50.00	52.00	1124.23	0.45
3	50.35	50.20	58.00	1334.94	0.53
AVG					0.50

ตารางที่ ค.40 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.15	56.00	1264.71	0.50
2	50.00	50.25	56.00	1264.71	0.50
3	50.20	50.25	57.00	1299.83	0.52
AVG					0.51

ตารางที่ ค.41 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.30	57.00	1299.83	0.52
2	50.25	50.05	65.00	1580.78	0.63
3	50.50	50.20	58.00	1334.94	0.53
AVG					0.56

ตารางที่ ค.42 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	49.95	50.15	65.00	1580.78	0.63
2	50.05	50.20	54.00	1194.47	0.48
3	50.30	50.00	67.00	1651.02	0.66
AVG					0.59

ตารางที่ ค.43 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.05	50.25	46.00	913.51	0.36
2	49.90	50.25	56.00	1264.71	0.50
3	50.00	50.25	60.00	1405.18	0.56
AVG					0.48

ตารางที่ ค.44 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.15	50.25	56.00	1264.71	0.50
2	50.40	50.25	54.00	1194.47	0.47
3	50.25	50.15	45.00	878.39	0.35
AVG					0.44

ตารางที่ ค.45 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไฉ้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.45	50.30	58.00	1334.94	0.53
2	50.00	50.10	65.00	1580.78	0.63
3	50.25	50.30	49.00	1018.87	0.40
AVG					0.52

ตารางที่ ค.46 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไฉ้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.30	50.25	60.00	1405.18	0.56
2	50.30	50.00	50.00	1053.99	0.42
3	50.00	49.90	62.00	1475.42	0.59
AVG					0.52

ตารางที่ ค.47 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไฉ้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.20	50.25	60.00	1405.18	0.56
2	50.45	50.35	60.00	1405.18	0.55
3	50.15	50.15	52.00	1124.23	0.45
AVG					0.52

ตารางที่ ค.48 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไฉ้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	51.05	51.40	70.00	1756.38	0.67
2	51.05	51.20	70.00	1756.38	0.67
3	51.10	51.30	68.00	1686.14	0.64
AVG					0.66

ตารางที่ ค.49 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากไฉ้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.00	50.50	62.00	1475.42	0.58
2	50.35	50.20	50.00	1053.99	0.42
3	50.05	50.45	59.00	1370.06	0.54
AVG					0.51

ตารางที่ ค.50 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไฉ้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.15	50.15	57.00	1299.83	0.52
2	50.15	50.05	62.00	1475.42	0.59
3	50.05	50.10	48.00	983.75	0.39
AVG					0.50

ตารางที่ ค.51 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไฉ้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.20	50.00	59.00	1370.06	0.55
2	50.15	50.25	70.00	1756.38	0.70
3	50.10	50.35	49.00	1018.87	0.40
AVG					0.55

ตารางที่ ค.52 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากไฉ้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.35	50.15	64.00	1545.66	0.61
2	49.85	50.40	58.00	1334.94	0.53
3	50.20	50.30	63.00	1510.54	0.60
AVG					0.58

ตารางที่ ค.53 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.20	50.25	64.00	1545.66	0.61
2	50.35	50.15	64.00	1545.66	0.61
3	50.15	50.20	58.00	1334.94	0.53
AVG					0.59

ตารางที่ ค.54 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	W (mm.)	L (mm.)	P (Psi)	Kgf	IB (N/mm <sup>2</sup> )
1	50.05	50.25	65.00	1580.78	0.63
2	50.25	50.45	70.00	1756.38	0.69
3	50.20	49.95	55.00	1229.59	0.49
AVG					0.60

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

### ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อเยื่อ

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

T	คือ	ความหนาของชั้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร
TS	คือ	การพองตัวของเนื้อเยื่อ หน่วยเป็น ร้อยละ
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ง.1 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.25	16.23	16.23	16.25	16.24	18.42	18.42	18.64	18.67	18.54	14.15
2	16.17	16.26	16.14	16.16	16.18	18.56	18.61	18.59	18.64	18.60	14.94
3	16.19	16.16	16.14	16.16	16.16	18.70	18.68	18.79	18.65	18.71	15.73
AVG											14.94

ตารางที่ ง.2 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.32	16.30	16.26	16.28	16.29	18.34	18.32	18.48	18.62	18.44	13.20
2	16.18	16.15	16.17	16.20	16.18	18.45	18.33	18.32	18.37	18.37	13.55
3	16.24	16.21	16.19	16.21	16.21	18.53	18.48	18.32	18.53	18.47	13.89
AVG											13.55

ตารางที่ ง.3 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.14	16.14	16.14	16.14	16.14	18.07	17.76	17.07	18.26	17.79	10.22
2	16.24	16.08	16.13	16.13	16.15	18.04	18.02	17.98	18.26	18.08	11.95
3	16.07	16.08	16.04	16.04	16.06	18.46	18.18	18.12	18.25	18.25	13.67
AVG											11.95

ตารางที่ ง.4 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.13	16.14	16.12	16.11	16.13	17.63	17.65	17.88	18.00	17.79	10.33
2	16.14	16.05	16.15	16.07	16.10	17.85	17.78	17.89	17.69	17.80	10.56
3	16.05	16.06	16.04	16.04	16.05	17.74	17.88	17.70	17.79	17.78	10.78
AVG											10.55

ตารางที่ ง.5 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.99	16.01	16.02	16.00	16.01	18.02	18.03	17.87	18.10	18.01	12.50
2	16.01	15.98	15.94	16.98	16.23	18.06	18.12	18.14	18.02	18.09	11.45
3	16.00	16.00	16.02	16.02	16.01	17.74	17.58	17.64	17.74	17.68	10.40
AVG											11.45

ตารางที่ ง.6 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.20	16.21	16.17	16.18	16.19	17.50	17.61	17.62	17.58	17.58	8.57
2	16.28	16.35	16.18	16.12	16.23	17.68	17.63	17.49	17.66	17.62	8.52
3	16.16	16.13	16.08	16.12	16.12	17.55	17.63	17.35	17.42	17.49	8.47
AVG											8.52

ตารางที่ ง.7 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.98	16.02	16.00	15.98	16.00	18.07	18.03	17.94	17.95	18.00	12.52
2	16.00	15.98	16.07	16.01	16.02	18.09	18.08	17.79	17.68	17.91	11.83
3	16.03	15.97	15.95	16.30	16.06	18.03	17.67	17.93	17.79	17.86	11.16
AVG											11.84

ตารางที่ ง.8 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.37	16.33	16.27	16.33	16.33	18.30	18.36	18.30	18.43	18.35	12.39
2	16.28	16.28	16.30	16.28	16.29	18.32	18.34	18.36	18.34	18.34	12.62
3	16.23	16.17	16.21	16.28	16.22	18.42	18.23	18.15	18.40	18.30	12.81
AVG											12.60

ตารางที่ ง.9 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.99	16.04	16.03	15.96	16.01	16.80	17.08	16.82	16.81	16.88	5.45
2	15.88	16.28	15.96	15.96	16.02	16.90	17.02	17.06	17.11	17.02	6.26
3	16.05	16.02	16.01	16.04	16.03	17.25	17.23	17.01	17.15	17.16	7.05
AVG											6.25

ตารางที่ ง.10 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.28	16.28	16.23	16.23	16.26	17.73	17.82	17.84	17.74	17.78	9.40
2	16.24	16.35	16.34	16.28	16.30	17.86	17.79	17.60	17.55	17.70	8.57
3	16.18	16.17	16.12	16.14	16.15	17.61	17.42	17.18	17.42	17.41	7.77
AVG											8.58

ตารางที่ ง.11 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.97	17.03	17.01	17.16	17.04	6.38
2	16.04	16.00	16.11	16.08	16.06	17.05	17.11	16.97	17.08	17.05	6.20
3	16.03	16.01	16.02	16.02	16.02	17.11	16.80	17.01	17.00	16.98	5.99
AVG											6.19

ตารางที่ ง.12 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 15% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.28	16.26	16.21	16.22	16.24	17.04	16.90	16.81	17.05	16.95	4.36
2	16.14	16.23	16.18	16.21	16.19	17.06	17.08	17.18	17.39	17.18	6.10
3	16.19	16.18	16.16	16.17	16.18	17.23	17.35	17.59	17.59	17.44	7.82
AVG											6.09

ตารางที่ ง.13 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.04	16.02	16.02	16.03	16.03	17.68	17.75	17.16	17.35	17.49	9.09
2	16.06	16.04	15.99	15.96	16.01	17.12	17.10	17.06	16.89	17.04	6.43
3	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99	16.65	16.60	16.55	16.60	16.60	3.81
AVG											6.45

ตารางที่ ง.14 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.31	16.30	16.25	16.26	16.28	17.48	17.58	17.37	17.62	17.51	7.57
2	16.28	16.34	16.28	16.27	16.29	17.72	17.87	18.03	17.87	17.87	9.70
3	16.39	16.24	16.28	16.42	16.33	18.16	18.24	18.35	18.29	18.26	11.80
AVG											9.69

ตารางที่ ง.15 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.11	16.12	16.11	16.10	16.11	18.29	18.24	17.84	18.02	18.10	12.34
2	16.21	16.28	16.24	16.28	16.25	17.80	17.86	17.96	17.87	17.87	9.97
3	16.12	16.09	16.11	16.13	16.11	17.23	17.18	17.56	17.38	17.34	7.60
AVG											9.97

ตารางที่ ง.16 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.35	16.31	16.27	16.31	16.31	17.10	16.88	17.31	17.37	17.17	5.24
2	16.27	16.31	16.25	16.27	16.28	17.16	17.29	17.38	17.27	17.28	6.14
3	16.29	16.28	16.23	16.26	16.27	17.54	17.37	17.31	17.40	17.41	7.01
AVG											6.13

ตารางที่ ง.17 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.28	16.16	16.27	16.17	16.22	17.78	17.73	17.86	17.70	17.77	9.54
2	16.24	16.21	16.55	16.18	16.30	17.86	17.84	17.86	17.69	17.81	9.31
3	16.20	16.24	16.25	16.20	16.22	17.72	17.95	17.72	17.78	17.79	9.68
AVG											9.51

ตารางที่ ง.18 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.33	16.31	16.28	16.29	16.30	17.84	17.71	17.93	17.90	17.85	9.46
2	16.24	16.28	16.21	16.24	16.24	17.95	17.72	17.73	17.61	17.75	9.30
3	16.26	16.24	16.18	16.19	16.22	17.69	17.80	17.98	17.65	17.78	9.63
AVG											9.46

ตารางที่ ง.37 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.82	15.84	15.84	15.82	15.83	18.20	18.24	18.37	18.15	18.24	15.22
2	15.91	15.75	15.69	15.84	15.80	18.24	18.26	18.18	18.27	18.24	15.45
3	15.87	15.85	15.88	15.89	15.87	18.35	18.34	18.34	18.40	18.36	15.66
AVG											15.44

ตารางที่ ง.38 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.09	16.08	16.06	16.06	16.07	18.55	18.63	18.78	18.70	18.67	16.13
2	16.08	16.07	16.03	16.05	16.06	18.85	18.67	18.78	18.80	18.78	16.92
3	16.02	16.02	16.04	16.05	16.03	19.00	18.94	18.75	18.78	18.87	17.68
AVG											16.91

ตารางที่ ง.39 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.10	16.13	16.13	16.10	16.12	18.72	18.88	18.97	19.02	18.90	17.27
2	16.18	16.07	16.04	16.02	16.08	18.76	18.81	19.03	19.01	18.90	17.57
3	16.08	16.11	16.07	16.04	16.08	19.09	19.03	18.77	18.90	18.95	17.87
AVG											17.57

ตารางที่ ง.40 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.29	16.26	16.29	16.30	16.29	18.42	18.44	17.94	17.98	18.20	11.73
2	16.23	16.22	16.28	16.27	16.25	18.28	18.32	18.31	18.31	18.31	12.65
3	16.22	16.22	16.19	16.20	16.21	18.44	18.39	18.41	18.38	18.41	13.56
AVG											12.64

ตารางที่ ง.41 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.08	16.10	16.10	16.10	16.10	17.95	17.92	17.96	18.17	18.00	11.84
2	16.09	16.09	16.07	16.08	16.08	18.12	18.14	18.10	18.08	18.11	12.61
3	16.08	16.08	16.06	16.05	16.07	18.26	18.25	18.30	18.08	18.22	13.41
AVG											12.62

ตารางที่ ง.42 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.14	16.12	16.03	16.08	16.09	17.84	17.80	17.83	18.07	17.89	11.14
2	16.12	16.08	16.06	16.17	16.11	17.85	17.85	17.90	17.89	17.87	10.96
3	16.07	16.02	15.97	16.04	16.03	17.82	17.77	17.66	17.75	17.75	10.76
AVG											10.95



ตารางที่ ง.43 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.92	16.03	16.03	15.94	15.98	17.72	17.94	17.91	17.59	17.79	11.33
2	15.88	16.01	16.02	15.89	15.95	17.76	17.84	17.86	17.69	17.79	11.52
3	15.98	16.03	16.03	16.00	16.01	17.91	17.94	17.74	17.94	17.88	11.70
AVG											11.51

ตารางที่ ง.44 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.12	16.12	16.09	16.09	16.11	18.02	18.04	17.98	17.97	18.00	11.78
2	16.07	16.05	16.08	16.08	16.07	18.02	17.94	17.88	18.03	17.97	11.81
3	16.09	16.12	16.10	16.09	16.10	17.98	17.95	18.02	18.06	18.00	11.82
AVG											11.80

ตารางที่ ง.45 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.96	15.97	15.98	15.97	15.97	17.28	17.26	17.31	17.30	17.29	8.25
2	15.97	15.97	15.87	15.96	15.94	17.31	17.37	17.39	17.36	17.36	8.88
3	15.95	15.98	15.98	15.95	15.97	17.48	17.38	17.48	17.59	17.48	9.51
AVG											8.88

ตารางที่ ง.46 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.06	16.06	16.05	16.07	16.06	18.02	18.03	17.99	17.96	18.00	12.08
2	16.06	16.04	16.08	16.08	16.07	18.03	18.01	18.02	17.97	18.01	12.09
3	16.03	16.07	16.10	16.03	16.06	17.96	18.01	18.04	17.99	18.00	12.10
AVG											12.09

ตารางที่ ง.47 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.95	15.97	16.02	16.01	15.99	17.57	17.53	17.74	17.60	17.61	10.15
2	16.02	15.96	15.99	16.01	16.00	17.86	17.75	17.68	17.67	17.74	10.91
3	15.88	15.95	15.93	15.94	15.93	17.73	17.79	17.84	17.78	17.79	11.68
AVG											10.91

ตารางที่ ง.48 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.03	16.00	15.98	16.01	16.01	18.06	17.89	17.56	18.03	17.89	11.75
2	16.01	16.04	16.00	16.03	16.02	18.01	17.86	17.79	18.05	17.93	11.91
3	16.00	15.97	16.07	16.03	16.02	17.79	17.95	18.04	18.01	17.95	12.05
AVG											11.90

ตารางที่ ง.49 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.04	16.08	16.08	16.02	16.06	18.03	18.09	18.12	17.96	18.05	12.43
2	16.05	16.01	16.01	16.07	16.04	17.97	17.95	17.95	18.02	17.97	12.08
3	16.08	16.11	16.10	16.07	16.09	17.99	17.97	17.94	18.01	17.98	11.73
AVG											12.08

ตารางที่ ง.50 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.11	16.10	16.09	16.05	16.09	18.03	18.09	18.12	17.96	18.05	12.20
2	16.07	16.10	16.07	16.04	16.07	18.03	17.91	17.98	18.04	17.99	11.95
3	16.07	16.11	16.10	16.11	16.10	17.99	17.97	17.94	18.01	17.98	11.68
AVG											11.94

ตารางที่ ง.51 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.92	15.99	16.01	15.94	15.97	17.88	17.89	17.85	17.80	17.86	11.84
2	16.02	15.83	15.91	16.04	15.95	17.60	17.57	17.73	17.84	17.69	10.88
3	15.99	16.05	16.04	15.98	16.02	17.56	17.67	17.70	17.48	17.60	9.91
AVG											10.88

ตารางที่ ง.52 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.06	16.07	16.09	16.04	16.07	17.56	17.89	17.85	17.88	17.80	10.77
2	16.04	16.06	16.04	16.01	16.04	17.74	17.68	17.78	17.69	17.72	10.51
3	15.97	16.06	16.06	15.98	16.02	17.57	17.68	17.90	17.48	17.66	10.24
AVG											10.50

ตารางที่ ง.53 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.95	15.97	15.94	15.92	15.95	17.00	16.90	16.74	17.03	16.92	6.10
2	15.94	15.98	15.97	15.91	15.95	17.03	16.89	16.69	17.01	16.91	5.99
3	15.89	15.91	15.93	15.91	15.91	16.75	16.80	16.82	17.03	16.85	5.91
AVG											6.00

ตารางที่ ง.54 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.00	15.98	15.99	15.89	15.97	17.01	16.80	16.84	17.09	16.94	6.08
2	16.02	16.00	15.99	16.04	16.01	16.89	17.05	17.05	16.94	16.98	6.06
3	15.85	15.96	15.94	15.92	15.92	16.90	16.70	16.90	16.99	16.87	6.00
AVG											6.04

ตารางที่ ง.19 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.07	16.10	16.08	16.04	16.07	18.45	18.43	18.37	18.45	18.43	14.64
2	16.05	16.06	16.01	16.04	16.04	18.34	18.32	18.36	18.35	18.34	14.35
3	16.02	16.06	16.03	16.00	16.03	18.30	18.38	18.20	18.23	18.28	14.04
AVG											14.34

ตารางที่ ง.20 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.19	16.20	16.16	16.16	16.18	18.33	18.31	18.40	18.31	18.34	13.35
2	16.12	16.18	16.21	16.17	16.17	18.34	18.36	18.32	18.31	18.33	13.37
3	16.15	16.16	16.11	16.12	16.14	18.37	18.32	18.27	18.23	18.30	13.40
AVG											13.38

ตารางที่ ง.21 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	15.88	15.87	15.86	15.86	15.87	18.08	17.93	17.97	18.03	18.00	13.46
2	15.97	15.79	15.84	15.82	15.86	17.96	18.04	18.02	17.85	17.97	13.32
3	15.84	15.83	15.80	15.82	15.82	17.94	17.88	17.89	17.91	17.91	13.16
AVG											13.31

ตารางที่ ง.22 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.18	16.19	16.15	16.14	16.17	18.73	18.65	18.65	18.75	18.70	15.65
2	16.14	16.12	16.18	16.19	16.16	18.65	18.64	18.61	18.64	18.64	15.33
3	16.15	16.16	16.12	16.11	16.14	18.59	18.52	18.53	18.60	18.56	15.03
AVG											15.34

ตารางที่ ง.23 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.15	16.19	16.15	16.11	16.15	17.18	17.18	17.48	17.30	17.29	7.03
2	16.07	16.14	16.12	16.09	16.11	17.21	17.36	17.64	17.75	17.49	8.60
3	16.08	16.11	16.10	16.08	16.09	17.62	17.75	17.67	17.88	17.73	10.18
AVG											8.60

ตารางที่ ง.24 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนม ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกากผิว 14% , ปริมาณกากไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.00	16.02	16.02	15.98	16.01	17.90	17.87	17.83	17.91	17.88	11.70
2	15.97	16.03	16.08	15.83	15.98	17.78	17.81	17.67	17.76	17.76	11.13
3	15.95	15.99	15.99	15.94	15.97	17.79	17.64	17.43	17.77	17.66	10.58
AVG											11.14

ตารางที่ ง.25 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็ดน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.14	16.23	16.20	16.14	16.18	18.16	18.28	18.16	18.05	18.16	12.27
2	16.11	16.08	16.16	16.12	16.12	18.10	18.06	18.02	18.04	18.06	12.02
3	16.09	16.15	16.16	16.09	16.12	17.89	18.02	18.16	17.98	18.01	11.72
AVG											12.00

ตารางที่ ง.26 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็ดน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.12	16.16	16.16	16.12	16.14	17.77	17.86	17.84	17.28	17.69	9.59
2	16.17	16.17	16.21	16.18	16.18	17.72	17.75	17.65	17.22	17.59	8.67
3	16.07	16.10	16.10	16.05	16.08	17.37	17.44	17.30	17.20	17.33	7.76
AVG											8.67

ตารางที่ ง.27 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็ดน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.13	16.13	16.11	16.12	16.12	17.32	17.35	17.51	17.59	17.44	8.19
2	16.14	16.06	16.03	16.17	16.10	17.68	17.69	17.76	17.69	17.71	9.97
3	16.08	16.08	16.06	16.05	16.07	18.00	18.00	17.83	18.01	17.96	11.78
AVG											9.98

ตารางที่ ง.28 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.11	16.11	16.10	16.09	16.10	18.02	17.84	17.93	18.16	17.99	11.71
2	16.07	16.14	16.13	15.96	16.08	18.01	18.03	17.98	18.04	18.02	12.07
3	16.09	16.08	16.10	16.10	16.09	17.99	18.05	18.17	18.16	18.09	12.43
AVG											12.07

ตารางที่ ง.29 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.21	16.17	16.18	16.21	16.19	18.23	18.25	18.25	18.20	18.23	12.60
2	16.17	16.17	16.24	16.21	16.20	18.26	18.23	18.24	18.30	18.26	12.72
3	16.14	16.17	16.18	16.17	16.17	18.10	18.28	18.38	18.20	18.24	12.84
AVG											12.72

ตารางที่ ง.30 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.25	16.26	16.20	16.19	16.23	18.27	18.32	18.38	18.24	18.30	12.80
2	16.19	16.21	16.15	16.17	16.18	18.21	18.22	18.21	18.20	18.21	12.55
3	16.17	16.19	16.16	16.15	16.17	18.16	18.19	18.11	18.16	18.16	12.29
AVG											12.55



ตารางที่ ง.31 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.15	16.18	16.18	16.16	16.17	18.15	18.20	18.30	18.29	18.24	12.79
2	16.16	16.14	16.09	16.36	16.19	18.23	18.22	18.26	18.20	18.23	12.60
3	16.12	16.13	16.13	16.11	16.12	18.22	18.11	18.08	18.08	18.12	12.41
AVG											12.60

ตารางที่ ง.32 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.13	16.12	16.12	16.13	16.13	17.98	17.89	18.08	18.12	18.02	11.74
2	16.14	16.03	16.02	16.08	16.07	18.02	17.92	18.04	18.02	18.00	12.03
3	16.09	16.09	16.07	16.09	16.09	18.06	18.03	18.10	18.06	18.06	12.29
AVG											12.02

ตารางที่ ง.33 ผลการทดสอบการพองตัวของเนื้อขนาน ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.14	16.16	16.12	16.11	16.13	17.64	17.60	17.90	17.80	17.74	9.93
2	16.12	16.16	16.08	16.18	16.14	17.92	17.82	17.90	17.91	17.89	10.86
3	16.09	16.09	16.08	16.07	16.08	17.96	18.05	18.02	17.90	17.98	11.81
AVG											10.87

ตารางที่ ง.34 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.14	16.14	16.14	16.14	16.14	17.21	17.26	17.76	17.78	17.50	8.44
2	16.16	16.08	16.09	16.17	16.13	17.87	17.68	17.75	18.06	17.84	10.64
3	16.10	16.09	16.08	16.08	16.09	18.15	18.15	18.11	18.17	18.15	12.79
AVG											10.62

ตารางที่ ง.35 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.13	16.14	16.15	16.15	16.14	17.28	17.06	17.46	17.47	17.32	7.28
2	16.11	16.17	16.15	16.18	16.15	17.31	17.35	17.32	17.59	17.39	7.68
3	16.10	16.10	16.11	16.09	16.10	17.33	17.44	17.43	17.39	17.40	8.06
AVG											7.67

ตารางที่ ง.36 ผลการทดสอบการพองตัวของเม็มน้ำ ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	Before Immerse					After Immerse					TS (%)
	T1	T2	T3	T4	T	T1	T2	T3	T4	T	
1	16.12	16.15	16.14	16.11	16.13	16.69	16.75	16.85	16.93	16.81	4.18
2	16.07	16.11	16.18	16.08	16.11	16.85	17.12	17.06	16.79	16.96	5.25
3	16.03	16.06	16.07	16.04	16.05	17.07	17.15	17.11	16.94	17.07	6.34
AVG											5.26

## ภาคผนวก จ

### ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

P	คือ	ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว หน่วยเป็น Psi
F(N)	คือ	ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว หน่วยเป็น นิวตัน
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.1 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	61	1440.3042	61	1440.3042
2	51	1089.11	60	1405.1844	58	1334.9448
3	52	1124.23	59	1370.0646	60	1405.1844
AVG		1124.23		1405.1844		1393.4778
			1399.3311			

ตารางที่ ๑.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	63	1510.5438	69	1721.2626
2	55	1229.59	69	1721.2626	63	1510.5438
3	49	1018.87	64	1545.6636	61	1440.3042
AVG		1135.93		1592.49		1557.3702
			1574.9301			

ตารางที่ ๑.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.59	59	1370.0646	62	1475.424
2	52	1124.23	59	1370.0646	59	1370.0646
3	54	1194.47	58	1334.9448	60	1405.1844
AVG		1182.76		1358.358		1416.891
			1387.6245			

ตารางที่ ๑.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	57	1299.83	63	1510.5438	58	1334.9448
2	55	1229.59	59	1370.0646	60	1405.1844
3	53	1159.35	52	1124.226	56	1264.7052
AVG		1229.59		1334.9448		1334.9448
			1334.9448			

ตารางที่ ๑.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	65	1580.7834	59	1370.0646
2	54	1194.47	55	1229.5854	59	1370.0646
3	53	1159.35	60	1405.1844	58	1334.9448
AVG		1182.76		1405.1844		1358.358
			1381.7712			

ตารางที่ ๑.6 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	51	1089.11	59	1370.0646	57	1299.825
2	55	1229.59	58	1334.9448	60	1405.1844
3	53	1159.35	58	1334.9448	58	1334.9448
AVG		1159.35		1346.6514		1346.6514
			1346.6514			

ตารางที่ ๑.7 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.5854	55	1229.5854	56	1264.7052
2	56	1264.7052	65	1580.7834	63	1510.5438
3	55	1229.5854	67	1651.023	60	1405.1844
AVG		1241.292		1487.1306		1393.4778
			1440.3042			

ตารางที่ ๑.8 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	56	1264.7052	53	1159.3458	57	1299.825
2	54	1194.4656	60	1405.1844	63	1510.5438
3	55	1229.5854	65	1580.7834	56	1264.7052
AVG		1229.5854		1381.7712		1358.358
			1370.0646			

ตารางที่ ๑.9 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.59	64	1545.6636	58	1334.9448
2	57	1299.83	69	1721.2626	55	1229.5854
3	55	1229.59	62	1475.424	60	1405.1844
AVG		1253.00		1580.7834		1323.2382
				1452.0108		

ตารางที่ ๑.10 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	60	1405.1844	58	1334.9448
2	54	1194.47	56	1264.7052	58	1334.9448
3	56	1264.71	50	1053.9864	59	1370.0646
AVG		1217.88		1241.292		1346.6514
				1293.9717		

ตารางที่ ๑.11 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.59	58	1334.9448	60	1405.1844
2	59	1370.06	61	1440.3042	60	1405.1844
3	49	1018.87	60	1405.1844	59	1370.0646
AVG		1206.17		1393.4778		1393.4778
				1393.4778		

ตารางที่ ๑.12 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.59	61	1440.3042	62	1475.424
2	60	1405.18	61	1440.3042	61	1440.3042
3	55	1229.59	59	1370.0646	60	1405.1844
AVG		1288.12		1416.891		1440.3042
				1428.5976		

ตารางที่ จ.13 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	58	1334.9448	59	1370.0646	62	1475.42
2	62	1475.424	63	1510.5438	65	1580.78
3	65	1580.7834	59	1370.0646	63	1510.54
AVG		1463.7174		1416.891		1522.25
1469.5707						

ตารางที่ จ.14 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	60	1405.1844	59	1370.0646	60	1405.18
2	63	1510.5438	60	1405.1844	61	1440.30
3	58	1334.9448	60	1405.1844	60	1405.18
AVG		1416.891		1393.4778		1416.89
1405.1844						

ตารางที่ จ.15 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	56	1264.7052	63	1510.5438	60	1405.1844
2	59	1370.0646	65	1580.7834	62	1475.424
3	58	1334.9448	59	1370.0646	59	1370.0646
AVG		1323.24		1487.1306		1416.891
1452.0108						

ตารางที่ จ.16 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	56	1264.7052	64	1545.6636	63	1510.5438
2	59	1370.0646	62	1475.424	62	1475.424
3	57	1299.825	63	1510.5438	63	1510.5438
AVG		1311.5316		1510.5438		1498.8372
1504.6905						

ตารางที่ จ.17 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	61	1440.30	59	1370.0646	62	1475.424
2	59	1370.06	54	1194.4656	60	1405.1844
3	62	1475.42	58	1334.9448	53	1159.3458
AVG		1428.60		1299.825		1346.6514
1323.2382						

ตารางที่ จ.18 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	60	1405.18	59	1370.0646	56	1264.7052
2	61	1440.30	61	1440.3042	60	1405.1844
3	61	1440.30	59	1370.0646	57	1299.825
AVG		1428.60		1393.4778		1323.2382
1358.358						

ตารางที่ จ.19 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	51	1089.1062	55	1229.5854
2	52	1124.23	53	1159.3458	56	1264.7052
3	53	1159.35	52	1124.226	54	1194.4656
AVG		1135.93		1124.226		1229.5854
1176.9057						

ตารางที่ จ.20 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	51	1089.1062	51	1089.1062
2	52	1124.23	52	1124.226	50	1053.9864
3	53	1159.35	53	1159.3458	52	1124.226
AVG		1159.35		1124.226		1089.1062
1106.6661						



ตารางที่ จ.21 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	53	1159.3458	68	1686.1428
2	50	1053.99	52	1124.226	64	1545.6636
3	53	1159.35	62	1475.424	58	1334.9448
AVG		1112.52		1252.9986		1522.2504
1387.62						

ตารางที่ จ.22 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	64	1545.6636	68	1686.1428
2	52	1124.23	57	1299.825	52	1124.226
3	55	1229.59	55	1229.5854	55	1229.5854
AVG		1171.05		1358.358		1346.6514
1352.50						

ตารางที่ จ.23 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	61	1440.3042	61	1440.3042
2	52	1124.23	56	1264.7052	58	1334.9448
3	53	1159.35	58	1334.9448	59	1370.0646
AVG		1135.93		1346.6514		1381.7712
1364.2113						

ตารางที่ จ.24 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	51	1089.11	67	1651.023	65	1580.7834
2	52	1124.23	67	1651.023	65	1580.7834
3	51	1089.11	54	1194.4656	57	1299.825
AVG		1100.81		1498.8372		1487.1306
1492.9839						

ตารางที่ จ.25 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	54	1194.4656	59	1370.0646
2	53	1159.35	60	1405.1844	55	1229.5854
3	52	1124.23	58	1334.9448	55	1229.5854
AVG		1135.93		1311.5316		1276.4118
1293.9717						

ตารางที่ จ.26 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	49	1018.8666	53	1159.3458
2	53	1159.35	51	1089.1062	56	1264.7052
3	54	1194.47	52	1124.226	51	1089.1062
AVG		1182.76		1077.3996		1171.0524
1124.226						

ตารางที่ จ.27 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	70	1756.3824	57	1299.825
2	50	1053.99	58	1334.9448	55	1229.5854
3	52	1124.23	61	1440.3042	55	1229.5854
AVG		1100.81		1510.5438		1252.9986
1381.7712						

ตารางที่ จ.28 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	59	1370.0646	64	1545.6636
2	55	1229.59	57	1299.825	66	1615.9032
3	53	1159.35	56	1264.7052	63	1510.5438
AVG		1171.05		1311.5316		1557.3702
1434.4509						

ตารางที่ จ.29 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	60	1405.1844	62	1475.424
2	49	1018.87	57	1299.825	62	1475.424
3	52	1124.23	58	1334.9448	57	1299.825
AVG		1100.81		1346.6514		1416.891
1381.7712						

ตารางที่ จ.30 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	56	1264.71	62	1475.424	64	1545.6636
2	54	1194.47	65	1580.7834	64	1545.6636
3	58	1334.94	64	1545.6636	67	1651.023
AVG		1264.71		1533.957		1580.7834
1557.3702						

ตารางที่ จ.31 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	51	1089.11	55	1229.5854	51	1089.1062
2	53	1159.35	56	1264.7052	52	1124.226
3	50	1053.99	56	1264.7052	50	1053.9864
AVG		1100.81		1252.9986		1089.1062
1171.0524						

ตารางที่ จ.32 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	53	1159.3458	59	1370.0646
2	53	1159.35	52	1124.226	56	1264.7052
3	55	1229.59	51	1089.1062	53	1159.3458
AVG		1194.47		1124.226		1264.7052
1194.4656						

ตารางที่ จ.33 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	54	1194.47	61	1440.3042	58	1334.9448
2	56	1264.71	62	1475.424	54	1194.4656
3	54	1194.47	61	1440.3042	52	1124.226
AVG		1217.88		1452.0108		1217.8788
1334.9448						

ตารางที่ จ.34 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	55	1229.59	60	1405.1844	56	1264.7052
2	56	1264.71	61	1440.3042	58	1334.9448
3	57	1299.83	60	1405.1844	57	1299.825
AVG		1264.71		1416.891		1299.825
1358.358						

ตารางที่ จ.35 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	67	1651.023	60	1405.1844
2	52	1124.23	62	1475.424	64	1545.6636
3	48	983.75	61	1440.3042	63	1510.5438
AVG		1089.11		1522.2504		1487.1306
1504.69						

ตารางที่ จ.36 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	65	1580.7834	61	1440.3042
2	50	1053.99	65	1580.7834	65	1580.7834
3	54	1194.47	64	1545.6636	65	1580.7834
AVG		1124.23		1569.0768		1533.957
1551.5169						

ตารางที่ ๑.37 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	48	983.75	53	1159.3458	53	1159.3458
2	50	1053.99	55	1229.5854	55	1229.5854
3	46	913.51	57	1299.825	51	1089.1062
AVG		983.75		1229.5854		1159.3458
			1194.4656			

ตารางที่ ๑.38 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	49	1018.87	53	1159.3458	56	1264.7052
2	46	913.51	52	1124.226	55	1229.5854
3	49	1018.87	51	1089.1062	54	1194.4656
AVG		983.75		1124.226		1229.5854
			1176.9057			

ตารางที่ ๑.39 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	47	948.63	58	1334.9448	57	1299.825
2	50	1053.99	56	1264.7052	60	1405.1844
3	46	913.51	54	1194.4656	58	1334.9448
AVG		972.04		1264.7052		1346.6514
			1305.6783			

ตารางที่ ๑.40 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	46	913.51	57	1299.825	57	1299.825
2	46	913.51	60	1405.1844	60	1405.1844
3	49	1018.87	57	1299.825	59	1370.0646
AVG		948.63		1334.9448		1358.358
			1346.6514			

ตารางที่ ๑.41 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	48	983.75	64	1545.6636	63	1510.5438
2	46	913.51	63	1510.5438	60	1405.1844
3	47	948.63	58	1334.9448	57	1299.825
AVG		948.63		1463.7174		1405.1844
1434.4509						

ตารางที่ ๑.42 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	48	983.75	54	1194.4656	71	1791.5022
2	46	913.51	63	1510.5438	70	1756.3824
3	49	1018.87	64	1545.6636	69	1721.2626
AVG		972.04		1416.891		1756.3824
1586.6367						

ตารางที่ ๑.43 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	57	1299.825	56	1264.7052
2	50	1053.99	57	1299.825	55	1229.5854
3	48	983.75	59	1370.0646	54	1194.4656
AVG		1053.99		1323.2382		1229.5854
1276.4118						

ตารางที่ ๑.44 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	46	913.51	54	1194.4656	52	1124.226
2	50	1053.99	52	1124.226	53	1159.3458
3	50	1053.99	52	1124.226	55	1229.5854
AVG		1007.16		1147.6392		1171.0524
1159.3458						

ตารางที่ ๑.45 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	50	1053.99	56	1264.7052	55	1229.5854
2	50	1053.99	53	1159.3458	52	1124.226
3	48	983.75	57	1299.825	56	1264.7052
AVG		1030.57		1241.292		1206.1722
1223.7321						

ตารางที่ ๑.46 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	49	1018.87	59	1370.0646	58	1334.9448
2	49	1018.87	57	1299.825	57	1299.825
3	50	1053.99	58	1334.9448	56	1264.7052
AVG		1030.57		1334.9448		1299.825
1317.3849						

ตารางที่ ๑.47 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	57	1299.825	53	1159.3458
2	50	1053.99	53	1159.3458	55	1229.5854
3	53	1159.35	51	1089.1062	56	1264.7052
AVG		1124.23		1182.759		1217.8788
1200.3189						

ตารางที่ ๑.48 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	61	1440.3042	59	1370.0646
2	55	1229.59	56	1264.7052	59	1370.0646
3	49	1018.87	60	1405.1844	59	1370.0646
AVG		1135.93		1370.0646		1370.0646
1370.0646						

ตารางที่ ข.49 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	49	1018.87	50	1053.9864	51	1089.1062
2	49	1018.87	48	983.7468	49	1018.8666
3	50	1053.99	50	1053.9864	49	1018.8666
AVG		1030.57		1030.5732		1042.2798
1036.4265						

ตารางที่ จ.50 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	51	1089.11	51	1089.1062	54	1194.4656
2	49	1018.87	53	1159.3458	51	1089.1062
3	52	1124.23	51	1089.1062	53	1159.3458
AVG		1077.40		1112.5194		1147.6392
1130.0793						

ตารางที่ จ.51 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	50	1053.99	58	1334.9448	52	1124.226
2	48	983.75	58	1334.9448	57	1299.825
3	48	983.75	55	1229.5854	54	1194.4656
AVG		1007.16		1299.825		1206.1722
1252.9986						

ตารางที่ จ.52 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	53	1159.35	57	1299.825	60	1405.1844
2	54	1194.47	56	1264.7052	60	1405.1844
3	54	1194.47	57	1299.825	58	1334.9448
AVG		1182.76		1288.1184		1381.7712
1334.9448						



ตารางที่ ข.53 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	50	1053.99	60	1405.1844	57	1299.825
2	49	1018.87	57	1299.825	60	1405.1844
3	49	1018.87	55	1229.5854	58	1334.9448
AVG		1030.57		1311.5316		1346.6514
			1329.0915			

ตารางที่ จ.54 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว		ไส้ 1		ไส้ 2	
	P	F(N)	P	F(N)	P	F(N)
1	52	1124.23	62	1475.424	62	1475.424
2	51	1089.11	63	1510.5438	61	1440.3042
3	53	1159.35	63	1510.5438	63	1510.5438
AVG		1124.23		1498.8372		1475.424
			1487.13			

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

### ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

W	คือ	ความกว้างของชั้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
L	คือ	ความยาวของชั้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
T	คือ	ความหนาของชั้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร
Wet W.	คือ	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็น กรัม
Dry W.	คือ	น้ำหนักหลังแช่น้ำ หน่วยเป็น กรัม
Density	คือ	ความหนาแน่น หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
MC	คือ	ความชื้น หน่วยเป็น ร้อยละ
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.1 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.10	100.00	100.05	100.10	99.90	100.00	16.10	16.15	16.14	16.10	16.12	113.38	109.56	702.89	3.49
2	99.70	100.00	99.85	100.05	100.20	100.13	16.13	16.13	16.13	16.14	16.13	116.14	112.42	720.09	3.31
AVG														711.49	3.40

ตารางที่ ๑.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.80	101.70	101.75	101.70	101.90	101.80	16.19	16.17	16.14	16.16	16.17	120.09	113.48	717.21	5.82
2	101.80	101.70	101.75	101.80	102.00	101.90	16.14	16.13	16.11	16.13	16.13	117.96	111.50	705.44	5.79
AVG														711.33	5.81

ตารางที่ ๑.3 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.00	99.90	99.95	100.15	100.10	100.13	16.00	16.20	15.98	15.99	16.04	113.48	109.30	706.84	3.82
2	100.25	99.90	100.08	99.90	100.00	99.95	16.20	16.40	15.99	16.00	16.15	115.30	110.91	713.86	3.96
AVG														710.35	3.89

ตารางที่ ๑.4 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.80	101.80	101.80	101.75	101.90	101.83	16.02	16.02	15.99	16.00	16.01	120.97	113.98	729.04	6.13
2	101.80	101.75	101.78	101.75	102.00	101.88	15.99	15.99	15.97	15.98	15.98	117.16	109.79	707.01	6.71
AVG														718.03	6.42

ตารางที่ ๑.5 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	99.90	99.85	99.88	100.05	100.00	100.03	16.30	16.20	16.30	16.30	16.28	124.47	119.35	765.56	4.29
2	100.10	100.00	100.05	100.10	99.90	100.00	16.00	15.99	16.40	16.20	16.15	119.45	114.33	739.37	4.48
AVG														752.47	4.38

ตารางที่ ๑.6 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.75	101.70	101.73	102.00	101.85	101.93	16.09	16.08	16.06	16.07	16.08	125.45	119.88	752.68	4.65
2	101.70	101.40	101.55	101.90	101.80	101.85	16.01	16.05	16.01	16.03	16.03	123.32	117.44	744.04	5.01
AVG														748.36	4.83

ตารางที่ ๑.7 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.20	100.30	100.25	100.00	100.55	100.28	16.03	16.11	16.12	16.05	16.08	117.81	113.02	728.93	4.24
2	100.40	100.50	100.45	100.15	100.15	100.15	16.01	16.05	16.02	15.99	16.02	115.21	110.72	714.98	4.06
AVG														721.96	4.15

ตารางที่ ๑.8 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.80	101.60	101.70	102.00	101.90	101.95	16.18	16.13	16.11	16.18	16.15	124.75	118.35	745.01	5.41
2	101.70	101.60	101.65	101.90	101.90	101.90	16.17	16.12	16.10	16.16	16.14	120.90	114.31	723.28	5.77
AVG														734.14	5.59

ตารางที่ ๑.9 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.15	100.40	100.28	100.25	100.20	100.23	16.14	16.21	16.18	16.13	16.17	128.80	124.26	792.81	3.65
2	100.15	100.45	100.30	100.35	100.50	100.43	16.08	16.13	16.08	16.01	16.08	124.16	119.45	766.81	3.94
AVG														779.81	3.80

ตารางที่ ๑.10 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.80	101.60	101.70	102.10	101.70	101.90	16.12	16.10	16.09	16.09	16.10	125.88	120.39	754.46	4.56
2	101.80	101.60	101.70	101.85	101.80	101.83	16.17	16.04	16.04	16.14	16.10	132.09	126.38	792.38	4.52
AVG														773.42	4.54

ตารางที่ ๑.11 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.20	100.25	100.23	100.10	100.15	100.13	16.16	16.14	16.14	16.13	16.14	130.64	126.71	806.47	3.10
2	100.45	100.40	100.43	100.00	100.50	100.25	16.10	16.07	16.03	16.03	16.06	125.00	119.98	773.22	4.18
AVG														789.85	3.64

ตารางที่ ๑.12 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.70	101.70	101.70	102.15	102.30	102.23	16.16	16.14	16.12	16.14	16.14	130.22	125.15	776.06	4.05
2	101.70	101.70	101.70	101.80	101.80	101.80	16.19	16.18	16.03	16.07	16.12	129.77	124.65	777.69	4.11
AVG														776.88	4.08

ตารางที่ ๑.13 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	99.95	99.80	99.88	100.15	100.20	100.18	16.03	16.02	16.03	16.03	16.03	125.49	121.30	782.58	3.45
2	99.95	99.90	99.93	100.10	99.85	99.98	16.02	16.01	16.03	16.02	16.02	122.49	118.43	765.37	3.43
AVG														773.97	3.44

ตารางที่ ๑.14 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.70	101.50	101.60	101.70	101.70	101.70	16.34	16.19	16.22	16.37	16.28	134.63	124.42	800.34	8.21
2	101.75	101.65	101.70	101.80	101.95	101.88	16.13	16.11	16.09	16.11	16.11	130.32	128.73	780.78	1.24
AVG														790.56	4.72

ตารางที่ ๑.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.20	100.40	100.30	99.60	100.25	99.93	16.21	16.25	16.24	16.21	16.23	132.26	127.63	813.21	3.63
2	100.00	100.20	100.10	99.90	100.45	100.18	16.15	16.18	16.15	16.13	16.15	123.09	118.78	759.96	3.63
AVG														786.58	3.63

ตารางที่ ๑.16 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.80	101.40	101.60	101.95	101.90	101.93	16.27	16.23	16.19	16.22	16.23	130.60	125.12	777.17	4.38
2	101.70	101.65	101.68	102.15	101.90	102.03	16.27	16.23	16.17	16.24	16.23	131.82	126.10	783.08	4.54
AVG														780.13	4.46

ตารางที่ ๑.17 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.40	99.90	100.15	100.45	99.90	100.18	16.06	16.10	16.07	16.06	16.07	121.51	117.34	753.56	3.55
2	100.10	99.90	100.00	100.20	99.80	100.00	16.13	16.05	16.03	16.12	16.08	124.56	120.25	774.51	3.58
AVG														764.03	3.57

ตารางที่ ๑.18 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.70	101.70	101.70	102.00	101.90	101.95	16.18	16.16	16.14	16.15	16.16	128.51	123.71	767.10	3.88
2	101.80	101.80	101.80	102.05	102.05	102.05	16.11	16.11	16.10	16.12	16.11	128.07	122.79	765.23	4.30
AVG														766.17	4.09



ตารางที่ ๑.19 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.30	100.00	100.15	100.15	100.25	100.20	15.89	15.89	15.88	15.87	15.88	117.88	112.40	739.61	4.88
2	100.00	99.55	99.78	100.15	99.90	100.03	15.88	15.86	15.86	15.87	15.87	111.30	106.02	702.84	4.98
AVG														721.22	4.93

ตารางที่ ๑.20 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.25	100.20	100.23	100.00	99.85	99.93	15.98	15.98	15.95	15.96	15.97	117.34	111.24	733.77	5.48
2	100.00	100.10	100.05	100.50	100.10	100.30	16.08	16.06	16.05	16.05	16.06	115.11	109.84	714.25	4.80
AVG														724.01	5.14

ตารางที่ ๑.21 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.80	100.50	100.65	100.90	100.85	100.88	16.02	16.05	16.02	16.01	16.03	117.24	113.23	720.58	3.54
2	100.65	100.30	100.48	100.90	100.55	100.73	15.95	15.98	15.97	15.94	15.96	117.48	113.36	727.34	3.63
AVG														723.96	3.59

ตารางที่ ๑.22 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.50	101.60	101.55	101.55	101.65	101.60	16.16	16.17	16.14	16.15	16.16	122.45	117.92	734.65	3.84
2	101.50	101.55	101.53	101.60	101.80	101.70	16.11	16.12	16.11	16.10	16.11	122.04	117.94	733.69	3.48
AVG														734.17	3.66

ตารางที่ ๑.23 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.80	100.80	100.80	100.60	100.60	100.60	16.06	16.07	16.05	16.05	16.06	121.68	103.08	747.28	18.04
2	100.70	100.35	100.53	100.80	100.65	100.73	15.98	15.99	15.99	15.96	15.98	117.07	102.40	723.53	14.33
AVG														735.41	16.19

ตารางที่ ๑.24 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.60	101.60	101.60	101.95	101.95	101.95	15.98	15.94	15.93	15.97	15.96	122.32	117.24	740.15	4.33
2	101.90	101.70	101.80	101.90	102.00	101.95	15.94	15.90	15.88	15.92	15.91	119.63	115.24	724.49	3.81
AVG														732.32	4.07

ตารางที่ ๑.25 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.00	100.50	100.25	100.80	100.85	100.83	16.05	16.07	16.11	16.07	16.08	118.81	114.15	731.22	4.08
2	100.50	100.50	100.50	99.90	100.30	100.10	16.02	16.09	16.10	16.04	16.06	111.68	107.34	691.13	4.04
AVG														711.18	4.06

ตารางที่ ๑.26 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.35	100.00	100.18	100.65	100.75	100.70	16.12	16.10	16.09	16.05	16.09	117.74	113.26	725.40	3.96
2	100.15	100.60	100.38	100.40	100.30	100.35	16.06	16.04	16.10	16.12	16.08	115.98	110.86	716.07	4.62
AVG														720.74	4.29

ตารางที่ ๑.27 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.30	100.40	100.35	100.50	100.60	100.55	15.97	16.00	16.04	16.02	16.01	114.29	109.82	707.60	4.07
2	100.45	100.35	100.40	100.45	100.45	100.45	16.00	16.00	16.01	16.02	16.01	113.04	108.34	700.20	4.34
AVG														703.90	4.21

ตารางที่ ๑.๒๘ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.65	100.40	100.53	100.45	100.20	100.33	16.06	16.06	16.05	16.07	16.06	113.74	108.53	702.24	4.80
2	100.70	100.80	100.75	100.35	100.35	100.35	16.07	16.07	16.07	16.05	16.07	114.73	109.46	706.37	4.81
AVG														704.31	4.81

ตารางที่ ๑.๒๙ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.60	100.70	100.65	100.70	100.90	100.80	16.01	16.04	16.05	16.00	16.03	116.76	111.18	718.16	5.02
2	100.90	100.80	100.85	100.70	100.70	100.70	16.01	16.02	16.02	16.00	16.01	118.14	112.54	726.49	4.98
AVG														722.33	5.00

ตารางที่ ๑.๓๐ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.80	100.70	100.75	100.40	100.00	100.20	16.03	16.00	15.98	16.01	16.01	118.65	113.32	734.34	4.70
2	100.50	100.65	100.58	100.20	100.30	100.25	16.02	16.05	16.03	16.01	16.03	117.46	112.10	726.86	4.78
AVG														730.60	4.74

ตารางที่ ๑.31 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.10	100.70	100.40	100.50	100.40	100.45	16.11	16.14	16.17	16.13	16.14	121.50	115.94	746.55	4.80
2	100.25	100.70	100.48	100.40	100.50	100.45	16.02	16.00	16.07	16.09	16.05	115.57	110.53	713.67	4.56
AVG														730.11	4.68

ตารางที่ ๑.32 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.65	100.65	100.65	100.05	100.25	100.15	16.11	16.12	16.09	16.05	16.09	116.74	110.90	719.67	5.27
2	100.90	100.85	100.88	100.20	100.15	100.18	16.06	16.04	16.10	16.12	16.08	115.65	109.92	711.73	5.21
AVG														715.70	5.24

ตารางที่ ๑.33 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.30	100.50	100.40	100.40	100.45	100.43	15.96	16.03	16.06	15.99	16.01	117.28	111.77	726.54	4.93
2	100.40	100.40	100.40	100.70	100.75	100.73	16.07	16.07	16.07	16.08	16.07	122.58	117.18	754.16	4.61
AVG														740.35	4.77

ตารางที่ ๑.34 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.90	100.85	100.88	100.40	99.90	100.15	16.06	16.07	16.09	16.04	16.07	116.44	111.46	717.44	4.47
2	100.40	100.40	100.40	100.45	100.70	100.58	16.10	16.10	16.08	16.07	16.09	122.13	116.79	751.81	4.57
AVG														734.63	4.52

ตารางที่ ๑.35 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.20	100.35	100.28	100.60	100.70	100.65	15.98	15.98	16.02	16.01	16.00	125.25	119.85	775.75	4.50
2	100.30	100.45	100.38	100.05	100.75	100.40	15.93	15.95	15.96	15.94	15.95	119.03	113.74	740.75	4.65
AVG														758.25	4.58

ตารางที่ ๑.36 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.30	100.25	100.28	100.40	100.60	100.50	15.68	15.96	16.04	16.00	15.92	118.45	112.87	738.30	4.94
2	100.50	100.40	100.45	100.15	100.55	100.35	15.97	15.89	16.01	16.12	16.00	121.62	116.20	754.20	4.66
AVG														746.25	4.80

ตารางที่ ๑.37 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.25	100.30	100.28	100.50	100.65	100.58	15.98	16.06	16.05	15.97	16.02	107.61	103.37	666.26	4.10
2	100.45	100.30	100.38	100.10	100.40	100.25	15.97	15.99	15.98	15.97	15.98	113.68	109.66	707.07	3.67
AVG														686.67	3.88

ตารางที่ ๑.38 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.70	101.60	101.65	101.90	101.90	101.90	16.11	16.13	16.11	16.09	16.11	117.73	112.24	705.52	4.89
2	101.80	101.50	101.65	101.80	101.60	101.70	16.05	16.06	16.06	16.06	16.06	116.27	111.23	700.42	4.53
AVG														702.97	4.71

ตารางที่ ๑.39 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.40	100.05	100.23	100.50	100.65	100.58	15.80	15.80	15.80	15.78	15.80	110.86	106.22	696.29	4.37
2	100.45	100.25	100.35	100.30	100.60	100.45	15.65	15.65	15.65	15.65	15.65	112.86	107.87	715.42	4.63
AVG														705.85	4.50

ตารางที่ ๑.40 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.60	100.50	100.55	100.85	100.60	100.73	16.22	16.23	16.22	16.20	16.22	112.81	108.02	686.82	4.43
2	100.50	100.40	100.45	100.20	100.50	100.35	16.01	16.03	16.07	16.04	16.04	116.84	111.65	722.75	4.65
AVG														704.79	4.54

ตารางที่ ๑.41 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.40	100.20	100.30	100.90	100.70	100.80	16.08	16.09	16.09	16.07	16.08	112.30	107.09	690.66	4.87
2	100.60	100.30	100.45	100.45	100.80	100.63	16.08	16.08	16.09	16.09	16.09	128.30	122.75	789.13	4.52
AVG														739.90	4.69

ตารางที่ ๑.42 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.50	100.30	100.40	100.50	100.45	100.48	15.91	15.98	15.97	15.87	15.93	113.78	109.65	707.93	3.77
2	100.45	100.30	100.38	100.20	100.50	100.35	15.84	15.85	15.85	15.86	15.85	117.16	112.48	733.85	4.16
AVG														720.89	3.96



ตารางที่ ๑.43 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.40	100.20	100.30	100.80	100.40	100.60	16.05	16.13	16.12	16.05	16.09	113.62	109.26	699.95	3.99
2	100.55	100.20	100.38	100.40	100.55	100.48	15.96	15.96	15.96	15.97	15.96	115.73	110.22	718.89	5.00
AVG														709.42	4.50

ตารางที่ ๑.44 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.70	100.45	100.58	100.60	100.35	100.48	16.14	16.16	16.19	16.17	16.17	115.23	110.64	705.41	4.15
2	100.50	100.40	100.45	100.55	100.80	100.68	15.93	15.93	15.92	15.93	15.93	113.31	108.47	703.48	4.46
AVG														704.44	4.31

ตารางที่ ๑.45 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.45	100.40	100.43	100.30	100.60	100.45	15.85	15.87	15.88	15.86	15.87	117.80	113.56	736.06	3.73
2	100.40	100.30	100.35	100.50	100.45	100.48	15.84	15.88	15.93	15.90	15.89	118.89	114.61	742.19	3.73
AVG														739.12	3.73

ตารางที่ ๑.46 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.50	100.45	100.48	100.50	100.80	100.65	16.07	16.08	16.13	16.11	16.10	111.81	106.63	686.83	4.86
2	100.35	100.25	100.30	100.40	100.70	100.55	15.87	15.87	15.89	15.88	15.88	124.57	119.01	777.94	4.67
AVG														732.39	4.76

ตารางที่ ๑.47 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.70	100.60	100.65	100.55	100.55	100.55	15.97	16.11	16.11	16.05	16.06	110.38	105.29	679.12	4.83
2	100.70	100.60	100.65	100.35	100.70	100.53	15.95	15.95	15.97	15.97	15.96	119.87	114.22	742.32	4.95
AVG														710.72	4.89

ตารางที่ ๑.48 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	101.70	101.60	101.65	102.00	101.80	101.90	16.14	16.13	16.11	16.11	16.12	118.73	115.04	710.96	3.21
2	101.70	101.60	101.65	101.70	101.70	101.70	16.06	16.07	16.06	16.07	16.07	114.71	109.94	690.70	4.34
AVG														700.83	3.77

ตารางที่ ๑.๔๙ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.60	100.40	100.50	100.50	100.50	100.50	16.09	16.13	16.11	16.09	16.11	113.01	108.89	694.74	3.78
2	100.45	100.30	100.38	100.45	100.60	100.53	15.90	15.93	15.96	15.92	15.93	114.37	110.38	711.65	3.61
AVG														703.20	3.70

ตารางที่ ๑.๕๐ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.25	100.50	100.38	100.40	100.30	100.35	16.06	16.07	16.05	16.03	16.05	105.26	101.43	651.00	3.78
2	100.40	100.50	100.45	100.20	100.60	100.40	15.94	15.93	15.93	15.96	15.94	123.68	119.71	769.36	3.32
AVG														710.18	3.55

ตารางที่ ๑.๕๑ ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.40	100.45	100.43	100.70	100.65	100.68	16.06	16.09	16.09	16.05	16.07	115.87	110.52	713.06	4.84
2	100.60	100.45	100.53	100.30	100.75	100.53	15.97	15.96	15.97	15.98	15.97	119.09	113.92	737.94	4.54
AVG														725.50	4.69

ตารางที่ ๑.52 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.50	100.20	100.35	100.45	100.50	100.48	16.07	16.07	16.06	16.05	16.06	111.55	106.91	688.78	4.34
2	100.45	100.25	100.35	100.45	100.75	100.60	15.93	15.94	15.94	15.93	15.94	122.61	117.58	762.18	4.28
AVG														725.48	4.31

ตารางที่ ๑.53 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.60	100.35	100.48	100.80	100.70	100.75	16.08	16.09	16.08	16.06	16.08	118.12	112.98	725.77	4.55
2	100.55	100.50	100.53	100.60	100.65	100.63	16.02	16.01	16.02	16.03	16.02	124.43	118.99	767.86	4.57
AVG														746.82	4.56

ตารางที่ ๑.54 ผลการทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	การวัด (mm.)											Wet W.	Dry W.	Density	MC(%)
	W1	W2	W	L1	L2	L	T1	T2	T3	T4	T				
1	100.50	100.30	100.40	100.60	100.50	100.55	16.07	16.10	16.12	16.07	16.09	121.81	116.78	749.91	4.31
2	100.60	100.50	100.55	100.60	100.70	100.65	16.00	16.01	16.05	16.06	16.03	122.09	117.22	752.58	4.15
AVG														751.25	4.23



ภาคผนวก ช

ผลการทดสอบการดูดีซีมน้ำ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1031.70	1438.31	1764.48	39.41	71.03
2	1035.21	1420.28	1773.28	37.20	71.30
3	1037.66	1397.47	1774.36	34.68	71.00
เฉลี่ย				37.09	71.11

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1054.50	1446.22	1782.14	37.15	69.00
2	1048.29	1441.18	1773.48	37.48	69.18
3	1051.37	1447.72	1776.74	37.70	68.99
เฉลี่ย				37.44	69.06

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1029.83	1420.48	1743.68	37.93	69.32
2	1034.25	1418.64	1750.06	37.17	69.21
3	1026.17	1424.76	1747.35	38.84	70.28
เฉลี่ย				37.98	69.60

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1037.51	1441.28	1761.24	38.92	69.76
2	1036.62	1435.76	1764.28	38.50	70.20
3	1042.47	1448.37	1774.75	38.94	70.24
เฉลี่ย				38.79	70.07

ตารางที่ ๕.5 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1061.71	1427.68	1767.21	34.47	66.45
2	1055.68	1426.41	1766.32	35.12	67.32
3	1064.62	1432.37	1757.28	34.54	65.06
เฉลี่ย				34.71	66.28

ตารางที่ ๕.6 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1053.74	1419.45	1770.43	34.71	68.01
2	1054.75	1424.38	1784.51	35.04	69.19
3	1063.63	1420.11	1781.15	33.52	67.46
เฉลี่ย				34.42	68.22

ตารางที่ ๕.7 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1028.50	1430.25	1768.61	39.06	71.96
2	1034.29	1432.36	1763.42	38.49	70.50
3	1027.16	1444.25	1771.17	40.61	72.43
เฉลี่ย				39.39	71.63

ตารางที่ ๕.8 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1034.17	1448.13	1772.21	40.03	71.37
2	1037.05	1435.29	1785.19	38.40	72.14
3	1042.34	1445.25	1774.47	38.65	70.24
เฉลี่ย				39.03	71.25

ตารางที่ ข.9 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1094.61	1496.17	1772.25	36.69	61.91
2	1087.67	1487.36	1774.29	36.75	63.13
3	1097.15	1497.27	1768.45	36.47	61.19
เฉลี่ย				36.63	62.07

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1082.36	1518.44	1762.36	40.29	62.83
2	1088.18	1511.21	1759.63	38.88	61.70
3	1096.25	1514.41	1764.44	38.14	60.95
เฉลี่ย				39.10	61.83

ตารางที่ ข.11 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1010.67	1213.14	1625.72	20.03	60.86
2	1024.81	1221.25	1632.84	19.17	59.33
3	1015.17	1227.05	1627.15	20.87	60.28
เฉลี่ย				20.02	60.16

ตารางที่ ข.12 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 15% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1024.57	1302.06	1631.06	27.08	59.19
2	1024.76	1308.35	1634.28	27.67	59.48
3	1031.91	1314.11	1634.82	27.35	58.43
เฉลี่ย				27.37	59.03



ตารางที่ ข.13 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1052.50	1307.83	1695.20	24.26	61.06
2	1049.97	1317.28	1688.87	25.46	60.85
3	1052.36	1304.08	1696.36	23.92	61.20
เฉลี่ย				24.55	61.04

ตารางที่ ข.14 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1049.92	1340.15	1684.34	27.64	60.43
2	1051.28	1346.75	1686.17	28.11	60.39
3	1053.36	1344.48	1684.64	27.64	59.93
เฉลี่ย				27.80	60.25

ตารางที่ ข.15 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1121.74	1279.08	1709.64	14.03	52.41
2	1122.06	1275.96	1717.28	13.72	53.05
3	1134.28	1304.77	1708.14	15.03	50.59
เฉลี่ย				14.26	52.02

ตารางที่ ข.16 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกากผิว 16% , ปริมาณกากใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1134.13	1284.07	1714.54	13.22	51.18
2	1139.28	1291.33	1721.07	13.35	51.07
3	1142.74	1296.26	1718.74	13.43	50.41
เฉลี่ย				13.33	50.88

ตารางที่ ข.17 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1094.87	1325.95	1734.31	21.11	58.40
2	1087.36	1326.35	1737.26	21.98	59.77
3	1099.82	1315.10	1734.15	19.57	57.68
เฉลี่ย				20.89	58.62

ตารางที่ ข.18 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5 % , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1087.47	1307.48	1741.05	20.23	60.10
2	1077.44	1308.78	1745.47	21.47	62.00
3	1085.19	1302.91	1752.38	20.06	61.48
เฉลี่ย				20.59	61.19

ตารางที่ ข.19 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1056.34	1526.92	1808.8	44.55	71.23
2	1054.25	1548.33	1802.17	46.87	70.94
3	1055.74	1529.15	1811.36	44.84	71.57
เฉลี่ย				45.42	71.25

ตารางที่ ข.20 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1037.79	1503.16	1829.18	44.84	76.26
2	1040.16	1505.44	1827.36	44.73	75.68
3	1035.29	1500.43	1829.41	44.93	76.71
เฉลี่ย				44.83	76.21

ตารางที่ ข.21 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1048.91	1401.70	1746.60	33.63	66.52
2	1038.52	1411.24	1748.26	35.89	68.34
3	1049.34	1407.06	1751.42	34.09	66.91
เฉลี่ย				34.54	67.25

ตารางที่ ข.22 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1042.79	1411.04	1731.38	35.31	66.03
2	1056.28	1418.05	1735.84	34.25	64.34
3	1045.36	1417.15	1734.16	35.57	65.89
เฉลี่ย				35.04	65.42

ตารางที่ ข.23 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1031.91	1412.20	1746.35	36.85	69.23
2	1037.27	1418.16	1748.00	36.72	68.52
3	1042.58	1417.26	1752.37	35.94	68.08
เฉลี่ย				36.50	68.61

ตารางที่ ข.24 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1047.28	1421.23	1750.18	35.71	67.12
2	1044.78	1422.16	1753.74	36.12	67.86
3	1046.96	1428.26	1752.18	36.42	67.36
เฉลี่ย				36.08	67.44

ตารางที่ ข.25 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางใส 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1009.63	1447.17	1791.64	43.34	77.46
2	1008.37	1406.12	1784.85	39.44	77.00
3	1011.17	1381.26	1794.54	36.60	77.47
เฉลี่ย				39.79	77.31

ตารางที่ ข.26 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางใส 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1017.24	1451.02	1787.24	42.64	75.70
2	1023.84	1424.15	1784.26	39.10	74.27
3	1019.67	1408.18	1776.87	38.10	74.26
เฉลี่ย				39.95	74.74

ตารางที่ ข.27 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางใส 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1023.56	1458.23	1764.67	42.47	72.41
2	1037.41	1427.18	1765.36	37.57	70.17
3	1028.39	1413.87	1772.48	37.48	72.35
เฉลี่ย				39.17	71.64

ตารางที่ ข.28 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางใส 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1034.16	1462.51	1791.06	41.42	73.19
2	1036.48	1441.28	1795.27	39.06	73.21
3	1049.85	1412.36	1796.38	34.53	71.11
เฉลี่ย				38.34	72.50

ตารางที่ ข.29 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาฬผิว 15% , ปริมาณกาฬไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1086.77	1455.20	1783.62	33.90	64.12
2	1072.49	1454.26	1776.41	35.60	65.63
3	1081.37	1447.23	1788.67	33.83	65.41
เฉลี่ย				34.44	65.05

ตารางที่ ข.30 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาฬผิว 15% , ปริมาณกาฬไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1091.08	1462.18	1794.06	34.01	64.43
2	1096.47	1469.07	1784.29	33.98	62.73
3	1087.64	1458.36	1799.14	34.08	65.42
เฉลี่ย				34.03	64.19

ตารางที่ ข.31 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1047.72	1397.77	1773.19	33.41	69.24
2	1051.66	1390.65	1774.05	32.23	68.69
3	1045.37	1386.42	1782.16	32.62	70.48
เฉลี่ย				32.76	69.47

ตารางที่ ข.32 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1052.57	1411.07	1782.17	34.06	69.32
2	1055.26	1412.18	1787.46	33.82	69.39
3	1063.48	1408.15	1776.49	32.41	67.04
เฉลี่ย				33.43	68.58

ตารางที่ ข.33 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 16% , ปริมาณกาวยางใส 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1080.58	1501.16	1755.25	38.92	62.44
2	1087.48	1513.26	1756.42	39.15	61.51
3	1085.16	1507.07	1760.21	38.88	62.21
เฉลี่ย				38.98	62.05

ตารางที่ ข.34 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 16% , ปริมาณกาวยางใส 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1043.47	1456.10	1716.19	39.54	64.47
2	1047.49	1454.16	1718.72	38.82	64.08
3	1038.57	1463.25	1711.26	40.89	64.77
เฉลี่ย				39.75	64.44

ตารางที่ ข.35 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 16% , ปริมาณกาวยางใส 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1059.17	1387.88	1698.28	31.03	60.34
2	1052.26	1384.36	1688.75	31.56	60.49
3	1061.14	1388.79	1696.66	30.88	59.89
เฉลี่ย				31.16	60.24

ตารางที่ ข.36 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10 % , ปริมาณกาวยาง 16% , ปริมาณกาวยางใส 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1051.86	1402.26	1724.24	33.31	63.92
2	1055.31	1408.43	1723.16	33.46	63.28
3	1064.15	1408.91	1728.43	32.40	62.42
เฉลี่ย				33.06	63.21

ตารางที่ ข.37 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1046.93	1484.40	1786.60	41.79	70.65
2	1048.26	1483.71	1781.46	41.54	69.94
3	1050.82	1488.29	1784.63	41.63	69.83
เฉลี่ย				41.65	70.14

ตารางที่ ข.38 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1064.49	1495.70	1731.04	40.51	62.62
2	1068.67	1494.18	1742.09	39.82	63.01
3	1061.39	1495.67	1737.84	40.92	63.73
เฉลี่ย				40.41	63.12

ตารางที่ ข.39 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	938.69	1347.25	1674.61	43.52	78.40
2	942.00	1341.16	1672.18	42.37	77.51
3	947.22	1348.29	1673.16	42.34	76.64
เฉลี่ย				42.75	77.52

ตารางที่ ข.40 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 14% , ปริมาณกาวยึด 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1025.54	1477.25	1801.84	44.05	75.70
2	1031.81	1474.92	1806.23	42.94	75.05
3	1026.73	1483.47	1792.67	44.48	74.60
เฉลี่ย				43.83	75.12

ตารางที่ ข.41 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 14% , ปริมาณกาฬไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1085.10	1410.31	1755.34	29.97	61.77
2	1087.93	1416.82	1761.08	30.23	61.87
3	1088.24	1411.97	1767.29	29.75	62.40
เฉลี่ย				29.98	62.01

ตารางที่ ข.42 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 14% , ปริมาณกาฬไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1073.84	1508.65	1729.40	40.49	61.05
2	1076.59	1509.36	1731.08	40.20	60.79
3	1081.27	1501.24	1724.67	38.84	59.50
เฉลี่ย				39.84	60.45

ตารางที่ ข.43 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 15% , ปริมาณกาฬไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1099.88	1504.06	1765.9	36.75	60.55
2	1092.84	1508.29	1764.23	38.02	61.44
3	1088.98	1504.75	1772.19	38.18	62.74
เฉลี่ย				37.65	61.58

ตารางที่ ข.44 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 15% , ปริมาณกาฬไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1042.50	1471.13	1786.63	41.12	71.38
2	1051.92	1468.54	1795.27	39.61	70.67
3	1048.53	1451.74	1783.71	38.45	70.12
เฉลี่ย				39.73	70.72



ตารางที่ ข.45 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางได้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	976.43	1343.78	1689.46	37.62	73.02
2	982.46	1346.29	1697.36	37.03	72.77
3	973.92	1351.07	1684.29	38.72	72.94
เฉลี่ย				37.79	72.91

ตารางที่ ข.46 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางได้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	955.39	1335.74	1678.43	39.81	75.68
2	960.42	1339.67	1675.49	39.49	74.45
3	958.34	1330.27	1671.23	38.81	74.39
เฉลี่ย				39.37	74.84

ตารางที่ ข.47 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางได้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1026.87	1419.80	1746.13	38.26	70.04
2	1028.61	1414.73	1745.65	37.54	69.71
3	1031.09	1418.21	1752.42	37.54	69.96
เฉลี่ย				37.78	69.90

ตารางที่ ข.48 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยาง 15% , ปริมาณกาวยางได้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1027.34	1424.17	1752.08	38.63	70.55
2	1021.46	1434.70	1753.61	40.46	71.68
3	1035.91	1422.08	1749.82	37.28	68.92
เฉลี่ย				38.79	70.38

ตารางที่ ข.49 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬใต้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	999.15	1392.23	1748.51	39.34	75.00
2	1002.32	1376.8	1749.67	37.36	74.56
3	1009.84	1373.81	1742.55	36.04	72.56
เฉลี่ย				37.58	74.04

ตารางที่ ข.50 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬใต้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1014.13	1418.01	1758.61	39.83	73.41
2	1012.16	1419.26	1754.75	40.22	73.37
3	1024.71	1412.72	1760.09	37.87	71.76
เฉลี่ย				39.30	72.85

ตารางที่ ข.51 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬใต้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	983.72	1376.33	1713.06	39.91	74.14
2	993.41	1372.04	1716.94	38.11	72.83
3	986.17	1373.67	1721.06	39.29	74.52
เฉลี่ย				39.11	73.83

ตารางที่ ข.52 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาฬผิว 16% , ปริมาณกาฬใต้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	1001.35	1368.10	1735.12	36.63	73.28
2	1008.46	1363.82	1736.91	35.24	72.23
3	1004.97	1371.16	1743.50	36.44	73.49
เฉลี่ย				36.10	73.00

ตารางที่ ข.53 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 1)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	976.66	1353.38	1680.79	38.57	72.10
2	973.52	1354.97	1687.64	39.18	73.35
3	981.08	1361.4	1682.69	38.77	71.51
เฉลี่ย				38.84	72.32

ตารางที่ ข.54 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15 % , ปริมาณกาวยึด 16% , ปริมาณกาวยืด 9% (ซ้ำ 2)

No.	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)		% การดูดซึมน้ำ	
		2 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	2 ชม.	24 ชม.
1	982.60	1304.38	1692.82	32.75	72.28
2	981.94	1306.34	1694.62	33.04	72.58
3	997.62	1317.68	1697.75	32.08	70.18
เฉลี่ย				32.62	71.68

## ภาคผนวก ซ

### ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

#### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

P	คือ	ความยืดหยุ่นของผิวหน้า หน่วยเป็น Psi
F(N)	คือ	ความยืดหยุ่นของผิวหน้า หน่วยเป็น นิวตัน
AVG	คือ	ค่าเฉลี่ย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๓.1 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	58.00	1334.94	56.00	1264.71
2	59.00	1370.06	54.00	1194.47
3	52.00	1124.23	56.00	1264.71
AVG		1276.41		1241.29
		1258.85		

ตารางที่ ๓.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	63.00	1510.54	69.00	1721.26
2	69.00	1721.26	63.00	1510.54
3	64.00	1545.66	61.00	1440.30
AVG		1592.49		1557.37
		1574.93		

ตารางที่ ๓.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	57.00	1299.83	54.00	1194.47
2	54.00	1194.47	51.00	1089.11
3	52.00	1124.23	55.00	1229.59
AVG		1206.17		1171.05
		1188.61		

ตารางที่ ๓.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	63.00	1510.54	58.00	1334.94
2	48.00	983.75	55.00	1229.59
3	51.00	1089.11	56.00	1264.71
AVG		1194.47		1276.41
		1235.44		

ตารางที่ ๕.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	65.00	1580.78	59.00	1370.06
2	55.00	1229.59	59.00	1370.06
3	60.00	1405.18	58.00	1334.94
AVG		1405.18		1358.36
		1381.77		

ตารางที่ ๕.6 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	66.00	1615.90	66.00	1615.90
2	69.00	1721.26	61.00	1440.30
3	58.00	1334.94	64.00	1545.66
AVG		1557.37		1533.96
		1545.66		

ตารางที่ ๕.7 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	55.00	1229.59	56.00	1264.71
2	65.00	1580.78	63.00	1510.54
3	67.00	1651.02	60.00	1405.18
AVG		1487.13		1393.48
		1440.30		

ตารางที่ ๕.8 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	53.00	1159.35	57.00	1299.83
2	60.00	1405.18	63.00	1510.54
3	65.00	1580.78	56.00	1264.71
AVG		1381.77		1358.36
		1370.06		

ตารางที่ ๗.9 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	64.00	1545.66	58.00	1334.94
2	69.00	1721.26	55.00	1229.59
3	62.00	1475.42	60.00	1405.18
AVG		1580.78		1323.24
		1452.01		

ตารางที่ ๗.10 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	60.00	1405.18	58.00	1334.94
2	56.00	1264.71	58.00	1334.94
3	50.00	1053.99	59.00	1370.06
AVG		1241.29		1346.65
		1293.97		

ตารางที่ ๗.11 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	57.00	1299.83	51.00	1089.11
2	57.00	1299.83	55.00	1229.59
3	50.00	1053.99	54.00	1194.47
AVG		1217.88		1171.05
		1194.47		

ตารางที่ ๗.12 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	67.00	1651.02	66.00	1615.90
2	67.00	1651.02	67.00	1651.02
3	64.00	1545.66	66.00	1615.90
AVG		1615.90		1627.61
		1621.76		

ตารางที่ ช.13 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	59.00	1370.06	62.00	1475.42
2	63.00	1510.54	65.00	1580.78
3	59.00	1370.06	63.00	1510.54
AVG		1416.89		1522.25
		1469.57		

ตารางที่ ช.14 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	67.00	1651.02	69.00	1721.26
2	70.00	1756.38	73.00	1861.74
3	71.00	1791.50	61.00	1440.30
AVG		1732.97		1674.44
		1703.70		

ตารางที่ ช.15 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	63.00	1510.54	57.00	1299.83
2	65.00	1580.78	54.00	1194.47
3	59.00	1370.06	54.00	1194.47
AVG		1487.13		1229.59
		1358.36		

ตารางที่ ช.16 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	64.00	1545.66	65.00	1580.78
2	66.00	1615.90	67.00	1651.02
3	67.00	1651.02	65.00	1580.78
AVG		1604.20		1604.20
		1604.20		



ตารางที่ ข.17 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	59.00	1370.06	62.00	1475.42
2	54.00	1194.47	60.00	1405.18
3	58.00	1334.94	53.00	1159.35
AVG		1299.83		1346.65
1323.24				

ตารางที่ ข.18 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 5% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	72.00	1826.62	70.00	1756.38
2	68.00	1686.14	66.00	1615.90
3	72.00	1826.62	72.00	1826.62
AVG		1779.80		1732.97
1756.38				

ตารางที่ ข.19 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	51.00	1089.11	55.00	1229.59
2	53.00	1159.35	56.00	1264.71
3	52.00	1124.23	54.00	1194.47
AVG		1124.23		1229.59
1176.91				

ตารางที่ ข.20 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	51.00	1089.11	51.00	1089.11
2	52.00	1124.23	50.00	1053.99
3	53.00	1159.35	52.00	1124.23
AVG		1124.23		1089.11
1106.67				

ตารางที่ ๒.21 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	53.00	1159.35	68.00	1686.14
2	52.00	1124.23	64.00	1545.66
3	62.00	1475.42	58.00	1334.94
AVG		1253.00		1522.25
		1387.62		

ตารางที่ ๒.22 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	64.00	1545.66	68.00	1686.14
2	57.00	1299.83	52.00	1124.23
3	55.00	1229.59	55.00	1229.59
AVG		1358.36		1346.65
		1352.50		

ตารางที่ ๒.23 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	61.00	1440.30	59.00	1370.06
2	53.00	1159.35	54.00	1194.47
3	57.00	1299.83	52.00	1124.23
AVG		1299.83		1229.59
		1264.71		

ตารางที่ ๒.24 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	67.00	1651.02	65.00	1580.78
2	67.00	1651.02	65.00	1580.78
3	71.00	1791.50	57.00	1299.83
AVG		1697.85		1487.13
		1592.49		

ตารางที่ ๒๕ ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	54.00	1194.47	59.00	1370.06
2	60.00	1405.18	55.00	1229.59
3	58.00	1334.94	55.00	1229.59
AVG		1311.53		1276.41
		1293.97		

ตารางที่ ๒๖ ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	49.00	1018.87	53.00	1159.35
2	51.00	1089.11	56.00	1264.71
3	52.00	1124.23	51.00	1089.11
AVG		1077.40		1171.05
		1124.23		

ตารางที่ ๒๗ ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	70.00	1756.38	57.00	1299.83
2	58.00	1334.94	55.00	1229.59
3	61.00	1440.30	55.00	1229.59
AVG		1510.54		1253.00
		1381.77		

ตารางที่ ๒๘ ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	59.00	1370.06	64.00	1545.66
2	57.00	1299.83	66.00	1615.90
3	56.00	1264.71	63.00	1510.54
AVG		1311.53		1557.37
		1434.45		

ตารางที่ ๒๒.29 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	60.00	1405.18	62.00	1475.42
2	57.00	1299.83	62.00	1475.42
3	58.00	1334.94	57.00	1299.83
AVG		1346.65		1416.89
		1381.77		

ตารางที่ ๒๒.30 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	62.00	1475.42	64.00	1545.66
2	65.00	1580.78	64.00	1545.66
3	64.00	1545.66	67.00	1651.02
AVG		1533.96		1580.78
		1557.37		

ตารางที่ ๒๒.31 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	55.00	1229.59	51.00	1089.11
2	56.00	1264.71	52.00	1124.23
3	56.00	1264.71	50.00	1053.99
AVG		1253.00		1089.11
		1171.05		

ตารางที่ ๒๒.32 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	59.00	1370.06	63.00	1510.54
2	58.00	1334.94	61.00	1440.30
3	56.00	1264.71	62.00	1475.42
AVG		1323.24		1475.42
		1399.33		

ตารางที่ ๓.33 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	61.00	1440.30	58.00	1334.94
2	49.00	1018.87	54.00	1194.47
3	61.00	1440.30	48.00	983.75
AVG		1299.83		1171.05
		1235.44		

ตารางที่ ๓.34 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	69.00	1721.26	56.00	1264.71
2	61.00	1440.30	60.00	1405.18
3	65.00	1580.78	57.00	1299.83
AVG		1580.78		1323.24
		1452.01		

ตารางที่ ๓.35 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	67.00	1651.02	60.00	1405.18
2	72.00	1826.62	69.00	1721.26
3	70.00	1756.38	73.00	1861.74
AVG		1744.68		1662.73
		1703.70		

ตารางที่ ๓.36 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 10% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	65.00	1580.78	73.00	1861.74
2	65.00	1580.78	66.00	1615.90
3	74.00	1896.86	76.00	1967.10
AVG		1686.14		1814.92
		1750.53		

ตารางที่ ๓.37 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	53.00	1159.35	53.00	1159.35
2	55.00	1229.59	55.00	1229.59
3	57.00	1299.83	51.00	1089.11
AVG		1229.59		1159.35
1194.47				

ตารางที่ ๓.38 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	53.00	1159.35	56.00	1264.71
2	52.00	1124.23	55.00	1229.59
3	51.00	1089.11	54.00	1194.47
AVG		1124.23		1229.59
1176.91				

ตารางที่ ๓.39 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	50.00	1053.99	61.00	1440.30
2	53.00	1159.35	54.00	1194.47
3	53.00	1159.35	55.00	1229.59
AVG		1124.23		1288.12
1206.17				

ตารางที่ ๓.40 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	55.00	1229.59	49.00	1018.87
2	56.00	1264.71	50.00	1053.99
3	56.00	1264.71	50.00	1053.99
AVG		1253.00		1042.28
1147.64				

ตารางที่ ๓.41 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	64.00	1545.66	63.00	1510.54
2	63.00	1510.54	60.00	1405.18
3	58.00	1334.94	57.00	1299.83
AVG		1463.72		1405.18
1434.45				

ตารางที่ ๓.42 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 14% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	54.00	1194.47	71.00	1791.50
2	63.00	1510.54	70.00	1756.38
3	64.00	1545.66	69.00	1721.26
AVG		1416.89		1756.38
1586.64				

ตารางที่ ๓.43 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	61.00	1440.30	59.00	1370.06
2	65.00	1580.78	56.00	1264.71
3	59.00	1370.06	54.00	1194.47
AVG		1463.72		1276.41
1370.06				

ตารางที่ ๓.44 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	54.00	1194.47	52.00	1124.23
2	52.00	1124.23	53.00	1159.35
3	52.00	1124.23	55.00	1229.59
AVG		1147.64		1171.05
1159.35				

ตารางที่ ๗.45 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	56.00	1264.71	55.00	1229.59
2	53.00	1159.35	52.00	1124.23
3	57.00	1299.83	56.00	1264.71
AVG		1241.29		1206.17
		1223.73		

ตารางที่ ๗.46 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	51.00	1089.11	56.00	1264.71
2	57.00	1299.83	58.00	1334.94
3	56.00	1264.71	50.00	1053.99
AVG		1217.88		1217.88
		1217.88		

ตารางที่ ๗.47 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	57.00	1299.83	53.00	1159.35
2	53.00	1159.35	55.00	1229.59
3	51.00	1089.11	56.00	1264.71
AVG		1182.76		1217.88
		1200.32		

ตารางที่ ๗.48 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 15% , ปริมาณกาวไส้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	61.00	1440.30	59.00	1370.06
2	56.00	1264.71	59.00	1370.06
3	60.00	1405.18	59.00	1370.06
AVG		1370.06		1370.06
		1370.06		



ตารางที่ ๔.49 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	50.00	1053.99	51.00	1089.11
2	48.00	983.75	49.00	1018.87
3	50.00	1053.99	49.00	1018.87
AVG		1030.57		1042.28
		1036.43		

ตารางที่ ๔.50 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 7% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	62.00	1475.42	56.00	1264.71
2	60.00	1405.18	55.00	1229.59
3	60.00	1405.18	54.00	1194.47
AVG		1428.60		1229.59
		1329.09		

ตารางที่ ๔.51 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	58.00	1334.94	52.00	1124.23
2	58.00	1334.94	57.00	1299.83
3	55.00	1229.59	54.00	1194.47
AVG		1299.83		1206.17
		1253.00		

ตารางที่ ๔.52 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวไส้ 8% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	57.00	1299.83	60.00	1405.18
2	56.00	1264.71	60.00	1405.18
3	57.00	1299.83	58.00	1334.94
AVG		1288.12		1381.77
		1334.94		

ตารางที่ ๕.53 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 1)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	55.00	1229.59	57.00	1299.83
2	56.00	1264.71	53.00	1159.35
3	53.00	1159.35	56.00	1264.71
AVG		1217.88		1241.29
		1229.59		

ตารางที่ ๕.54 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวหน้า

ปริมาณเศษแผ่นปาร์ติเกิล 15% , ปริมาณกาวผิว 16% , ปริมาณกาวใต้ 9% (ซ้ำ 2)

No.	ผิว 1		ผิว 2	
	P	F(N)	P	F(N)
1	57.00	1299.83	62.00	1475.42
2	59.00	1370.06	57.00	1299.83
3	59.00	1370.06	63.00	1510.54
AVG		1346.65		1428.60
		1387.62		

**ภาคผนวก ฅ**  
ผลการทดสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่เหมาะสม

**ตารางที่ ฅ.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่เหมาะสม**

ตัวแปรตอบสนอง	แผ่นที่	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
ความต้านทานแรงดัด เมกะพาสคัล	1	21.99	21.04	22.09	21.57	22.01	22.20	23.10
	2	22.37	21.40	21.50	22.80	21.37	23.80	22.24
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล	1	0.62	0.65	0.69	0.67	0.59	0.64	0.76
	2	0.63	0.69	0.67	0.56	0.65	0.70	0.69
	3	0.63	0.66	0.66	0.65	0.61	0.67	0.71
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ %	1	7.40	8.73	9.65	7.61	5.29	6.76	8.76
	2	7.42	7.73	8.35	7.80	5.36	6.62	8.64
	3	7.53	7.84	9.16	7.60	5.47	6.81	8.92
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว นิวตัน	1	1328.00	1348.00	1276.00	1132.00	1252.00	1353.00	1352.00
	2	1385.00	1515.00	1359.00	1382.00	1145.00	1202.00	1417.00
	3	1377.64	1524.26	1347.81	1269.48	1264.08	1340.57	1364.28
ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ไส้ นิวตัน	1	1336.00	1354.00	1459.00	1265.00	1368.00	1402.00	1336.00
	2	1354.00	1363.00	1407.00	1328.00	1365.00	1394.00	1209.00
	3	1338.47	1394.26	1457.08	1377.21	1384.12	1432.66	1286.19

ตารางที่ ฅ.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่เหมาะสม (ต่อ)

ตัวแปรตอบสนอง	แผ่นที่	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	1	728.00	761.00	745.00	785.00	730.00	784.00	797.00
	2	725.00	799.00	688.00	696.00	723.00	765.00	728.00
	3	731.11	784.54	742.68	761.82	742.38	774.18	787.66
การดูดซึมน้ำ 2 ชม. %	1	32.65	30.46	30.05	32.36	34.59	33.46	30.13
	2	34.13	31.63	28.62	32.18	33.67	35.31	30.64
	3	33.34	32.65	31.45	31.26	32.75	34.15	31.62
การดูดซึมน้ำ 24 ชม. %	1	58.00	68.45	67.00	58.40	64.31	63.40	54.30
	2	62.80	62.74	67.50	59.30	68.00	58.70	58.10
	3	61.57	62.58	67.63	60.42	65.13	62.84	59.13
ความยัดแน่นของผิวหน้า นิวตัน	1	1342.00	1316.51	1374.82	1352.07	1398.37	1411.65	1368.29
	2	1268.00	1362.30	1346.62	1343.63	1401.35	1387.64	1373.20
	3	1357.61	1358.74	1366.81	1408.06	1434.05	1422.87	1350.83
มอดุลัสยืดหยุ่น เมกะพาสคัล	1	2543.69	2584.19	2571.38	2608.67	2584.31	2543.82	2548.16
	2	2576.13	2624.60	2541.36	2579.87	2566.45	2574.36	2551.94



ภาคผนวก ญ

ค่าความคลาดเคลื่อน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ญ.1 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความต้านทานแรงดัด

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	20.53	19.91	0.63	19	15.04	15.14	-0.10	37	15.63	16.37	-0.74
2	19.28	19.91	-0.63	20	15.23	15.14	0.10	38	17.11	16.37	0.74
3	19.29	19.67	-0.38	21	19.07	19.69	-0.62	39	16.72	16.17	0.56
4	20.05	19.67	0.38	22	20.30	19.69	0.61	40	15.61	16.17	-0.56
5	19.10	19.72	-0.61	23	18.76	19.27	-0.51	41	19.63	18.91	0.72
6	20.33	19.72	0.61	24	19.78	19.27	0.51	42	18.18	18.91	-0.73
7	20.51	19.13	1.38	25	18.33	18.30	0.03	43	19.26	18.91	0.35
8	17.75	19.13	-1.38	26	18.27	18.30	-0.03	44	18.56	18.91	-0.35
9	20.69	20.75	-0.06	27	19.02	19.02	0.00	45	18.80	18.38	0.43
10	20.81	20.75	0.06	28	18.67	19.02	-0.35	46	17.95	18.38	-0.43
11	20.53	21.03	-0.50	29	19.36	19.60	-0.24	47	18.20	18.41	-0.21
12	21.53	21.03	0.50	30	19.84	19.60	0.24	48	18.62	18.41	0.21
13	20.83	21.94	-1.11	31	19.72	20.06	-0.34	49	18.06	18.95	-0.89
14	23.04	21.94	1.11	32	20.39	20.06	0.34	50	19.84	18.95	0.89
15	22.33	22.65	-0.32	33	20.55	20.51	0.04	51	19.91	19.18	0.73
16	22.96	22.65	0.32	34	20.46	20.51	-0.05	52	18.44	19.18	-0.73
17	20.69	22.33	-1.64	35	22.35	21.20	1.16	53	19.24	19.58	-0.34
18	23.96	22.33	1.64	36	20.04	21.20	-1.16	54	19.91	19.58	0.34

ตารางที่ ๒.2 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	0.59	0.57	0.03	19	0.54	0.55	-0.01	37	0.50	0.55	-0.05
2	0.54	0.57	-0.02	20	0.55	0.55	0.01	38	0.60	0.55	0.05
3	0.63	0.60	0.03	21	0.69	0.60	0.10	39	0.50	0.51	-0.01
4	0.57	0.60	-0.03	22	0.50	0.60	-0.10	40	0.51	0.51	0.01
5	0.67	0.67	0.01	23	0.66	0.62	0.05	41	0.56	0.58	-0.01
6	0.66	0.67	-0.01	24	0.57	0.62	-0.05	42	0.59	0.58	0.02
7	0.59	0.66	-0.07	25	0.43	0.48	-0.05	43	0.48	0.46	0.02
8	0.72	0.66	0.06	26	0.52	0.48	0.05	44	0.44	0.46	-0.02
9	0.61	0.63	-0.02	27	0.57	0.57	0.00	45	0.52	0.52	0.00
10	0.64	0.63	0.02	28	0.58	0.57	0.01	46	0.52	0.52	0.00
11	0.54	0.61	-0.06	29	0.55	0.60	-0.05	47	0.52	0.59	-0.07
12	0.67	0.61	0.07	30	0.65	0.60	0.05	48	0.66	0.59	0.07
13	0.58	0.58	0.00	31	0.54	0.56	-0.01	49	0.51	0.51	0.01
14	0.58	0.58	0.00	32	0.57	0.56	0.02	50	0.50	0.51	-0.01
15	0.63	0.66	-0.03	33	0.54	0.58	-0.03	51	0.55	0.57	-0.01
16	0.68	0.66	0.03	34	0.61	0.58	0.04	52	0.58	0.57	0.02
17	0.66	0.70	-0.04	35	0.60	0.60	0.00	53	0.59	0.60	-0.01
18	0.74	0.70	0.04	36	0.60	0.60	0.00	54	0.60	0.60	0.01

ตารางที่ ๓.3 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	14.94	14.25	0.69	19	14.34	13.86	0.48	37	15.44	16.18	-0.74
2	13.55	14.25	-0.70	20	13.38	13.86	-0.48	38	16.91	16.18	0.73
3	11.95	11.25	0.70	21	13.31	14.33	-1.02	39	17.57	15.11	2.47
4	10.55	11.25	-0.70	22	15.34	14.33	1.02	40	12.64	15.11	-2.47
5	11.45	9.99	1.47	23	8.60	9.87	-1.27	41	12.62	11.79	0.83
6	8.52	9.99	-1.47	24	11.14	9.87	1.27	42	10.95	11.79	-0.84
7	11.84	12.22	-0.38	25	12.00	10.34	1.67	43	11.51	11.66	-0.15
8	12.60	12.22	0.38	26	8.67	10.34	-1.67	44	11.80	11.66	0.15
9	6.25	7.42	-1.17	27	9.98	9.98	0.00	45	8.88	10.49	-1.61
10	8.58	7.42	1.17	28	12.07	9.98	2.09	46	12.09	10.49	1.61
11	6.19	6.14	0.05	29	12.72	12.64	0.08	47	10.91	11.41	-0.50
12	6.09	6.14	-0.05	30	12.55	12.64	-0.09	48	11.90	11.41	0.49
13	6.45	8.07	-1.62	31	12.60	12.31	0.29	49	12.08	12.01	0.07
14	9.69	8.07	1.62	32	12.02	12.31	-0.29	50	11.94	12.01	-0.07
15	9.97	8.05	1.92	33	10.87	10.75	0.13	51	10.88	10.69	0.19
16	6.13	8.05	-1.92	34	10.62	10.75	-0.13	52	10.50	10.69	-0.19
17	10.51	11.99	-1.48	35	7.67	6.47	1.21	53	6.00	6.02	-0.02
18	13.46	11.99	1.48	36	5.26	6.47	-1.21	54	6.04	6.02	0.02



ตารางที่ ๓.๔ ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ผิว

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	1124.23	1130.08	-5.85	19	1135.93	1147.64	-11.71	37	1089.11	1089.11	0.00
2	1135.93	1130.08	5.85	20	1159.35	1147.64	11.71	38	1089.11	1089.11	0.00
3	1182.76	1206.18	-23.42	21	913.51	942.78	-29.27	39	1182.76	1165.20	17.56
4	1229.59	1206.18	23.42	22	972.04	942.78	29.27	40	1147.64	1165.20	-17.56
5	1089.11	1071.55	17.56	23	1135.93	1118.37	17.56	41	1147.64	1112.52	35.12
6	1053.99	1071.55	-17.56	24	1100.81	1118.37	-17.56	42	1077.40	1112.52	-35.12
7	1241.29	1235.44	5.85	25	1030.57	1059.84	-29.27	43	1053.99	1030.58	23.42
8	1229.59	1235.44	-5.85	26	1089.11	1059.84	29.27	44	1007.16	1030.58	-23.42
9	1159.35	1135.94	23.42	27	1100.81	1100.81	0.00	45	1030.58	1030.58	0.01
10	1112.52	1135.94	-23.42	28	1171.05	1100.81	70.24	46	1030.57	1030.58	0.00
11	1206.17	1247.15	-40.97	29	1100.81	1182.76	-81.95	47	1124.23	1130.09	-5.86
12	1288.12	1247.15	40.97	30	1264.71	1182.76	81.95	48	1135.94	1130.09	5.86
13	1463.71	1387.62	76.09	31	1100.81	1147.64	-46.83	49	1030.57	1053.99	-23.42
14	1311.53	1387.62	-76.09	32	1194.47	1147.64	46.83	50	1077.40	1053.99	23.42
15	1253.00	1229.59	23.41	33	1217.88	1241.30	-23.42	51	1007.16	1094.96	-87.80
16	1206.18	1229.59	-23.41	34	1264.71	1241.30	23.42	52	1182.76	1094.96	87.80
17	1323.24	1323.24	0.00	35	1089.11	1106.67	-17.56	53	1030.58	1077.41	-46.83
18	1323.24	1323.24	0.00	36	1124.23	1106.67	17.56	54	1124.23	1077.41	46.83

ตารางที่ ๕.5 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่ได้

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	1399.33	1487.13	-87.80	19	1176.91	1141.79	35.12	37	1194.47	1185.69	8.78
2	1574.93	1487.13	87.80	20	1106.67	1141.79	-35.12	38	1176.91	1185.69	-8.78
3	1188.61	1212.03	-23.42	21	1387.62	1370.06	17.56	39	1206.17	1176.91	29.26
4	1235.44	1212.03	23.42	22	1352.50	1370.06	-17.56	40	1147.64	1176.91	-29.27
5	1381.77	1364.21	17.56	23	1364.21	1428.60	-64.39	41	1434.45	1510.55	-76.10
6	1346.65	1364.21	-17.56	24	1492.98	1428.60	64.39	42	1586.64	1510.55	76.10
7	1440.30	1405.18	35.12	25	1293.97	1209.10	84.87	43	1276.41	1217.88	58.53
8	1370.06	1405.18	-35.12	26	1124.23	1209.10	-84.87	44	1159.35	1217.88	-58.53
9	1452.01	1372.99	79.02	27	1381.77	1381.77	0.00	45	1223.73	1220.81	2.92
10	1293.97	1372.99	-79.02	28	1434.45	1381.77	52.68	46	1217.88	1220.81	-2.92
11	1393.48	1411.04	-17.56	29	1381.77	1469.57	-87.80	47	1200.32	1285.19	-84.87
12	1428.60	1411.04	17.56	30	1557.37	1469.57	87.80	48	1370.06	1285.19	84.87
13	1469.57	1437.38	32.19	31	1171.05	1182.76	-11.71	49	1036.43	1083.26	-46.83
14	1405.18	1437.38	-32.19	32	1194.47	1182.76	11.71	50	1130.08	1083.26	46.82
15	1452.01	1478.35	-26.34	33	1235.44	1296.90	-61.46	51	1253.00	1293.97	-40.97
16	1504.69	1478.35	26.34	34	1358.36	1296.90	61.46	52	1334.94	1293.97	40.97
17	1323.24	1340.80	-17.56	35	1703.70	1727.12	-23.42	53	1229.59	1308.61	-79.02
18	1358.36	1340.80	17.56	36	1750.53	1727.12	23.42	54	1387.62	1308.61	79.01

ตารางที่ ๖.6 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความหนาแน่น

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	711.49	711.41	0.08	19	721.22	722.62	-1.39	37	686.67	694.82	-8.15
2	711.33	711.41	-0.08	20	724.01	722.62	1.39	38	702.97	694.82	8.15
3	710.35	714.19	-3.84	21	723.96	729.07	-5.11	39	705.85	705.32	0.53
4	718.03	714.19	3.84	22	734.17	729.07	5.10	40	704.79	705.32	-0.53
5	752.47	750.42	2.06	23	735.41	733.87	1.54	41	739.90	730.40	9.51
6	748.36	750.42	-2.05	24	732.32	733.87	-1.54	42	720.89	730.40	-9.51
7	721.96	728.05	-6.09	25	711.18	715.96	-4.78	43	709.42	706.93	2.49
8	734.14	728.05	6.09	26	720.74	715.96	4.78	44	704.44	706.93	-2.49
9	779.81	776.62	3.19	27	703.90	703.90	0.00	45	739.12	735.76	3.37
10	773.42	776.62	-3.20	28	704.31	703.90	0.41	46	732.39	735.76	-3.37
11	789.85	783.37	6.49	29	722.33	726.47	-4.13	47	710.72	705.78	4.94
12	776.88	783.37	-6.49	30	730.60	726.47	4.13	48	700.83	705.78	-4.95
13	773.97	782.27	-8.29	31	730.11	722.91	7.21	49	703.20	706.69	-3.49
14	790.56	782.27	8.29	32	715.70	722.91	-7.20	50	710.18	706.69	3.49
15	786.58	783.36	3.23	33	740.35	737.49	2.86	51	725.50	725.49	0.01
16	780.13	783.36	-3.23	34	734.63	737.49	-2.86	52	725.48	725.49	-0.01
17	764.03	765.10	-1.07	35	758.25	752.25	6.00	53	746.82	749.04	-2.22
18	766.17	765.10	1.07	36	746.25	752.25	-6.00	54	751.25	749.04	2.21

ตารางที่ ๗.7 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	37.09	37.27	-0.17	19	45.42	45.13	0.30	37	41.65	41.03	0.62
2	37.44	37.27	0.17	20	44.83	45.13	-0.30	38	40.41	41.03	-0.62
3	37.98	38.39	-0.41	21	34.54	34.79	-0.25	39	42.75	43.29	-0.54
4	38.79	38.39	0.41	22	35.04	34.79	0.25	40	43.83	43.29	0.54
5	34.71	34.57	0.15	23	36.50	36.29	0.21	41	29.98	34.91	-4.93
6	34.42	34.57	-0.14	24	36.08	36.29	-0.21	42	39.84	34.91	4.93
7	39.39	39.21	0.18	25	39.79	39.87	-0.08	43	37.65	38.69	-1.04
8	39.03	39.21	-0.18	26	39.95	39.87	0.08	44	39.73	38.69	1.04
9	18.34	19.02	-0.68	27	39.17	39.17	0.00	45	37.79	38.58	-0.79
10	19.70	19.02	0.68	28	38.34	39.17	-0.83	46	39.37	38.58	0.79
11	20.02	23.70	-3.68	29	34.44	34.24	0.20	47	37.78	38.29	-0.50
12	27.37	23.70	3.68	30	34.03	34.24	-0.20	48	38.79	38.29	0.51
13	24.55	26.18	-1.63	31	32.76	33.10	-0.34	49	37.58	38.44	-0.86
14	27.80	26.18	1.63	32	33.43	33.10	0.34	50	39.30	38.44	0.86
15	14.26	13.80	0.47	33	38.98	39.37	-0.38	51	39.11	37.64	1.48
16	13.33	13.80	-0.47	34	39.75	39.37	0.39	52	36.16	37.64	-1.48
17	30.42	32.71	-2.29	35	31.16	32.11	-0.95	53	38.84	35.73	3.11
18	34.99	32.71	2.29	36	33.06	32.11	0.95	54	32.62	35.73	-3.11

ตารางที่ ๘.8 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	71.11	70.09	1.02	19	71.25	73.73	-2.48	37	70.14	66.63	3.51
2	69.06	70.09	-1.03	20	76.21	73.73	2.48	38	63.12	66.63	-3.51
3	69.60	69.84	-0.23	21	67.25	66.34	0.91	39	77.52	76.32	1.20
4	70.07	69.84	0.23	22	65.42	66.34	-0.92	40	75.12	76.32	-1.20
5	66.28	67.25	-0.97	23	68.61	68.03	0.58	41	62.01	61.23	0.78
6	68.22	67.25	0.97	24	67.44	68.03	-0.59	42	60.45	61.23	-0.78
7	71.63	71.44	0.19	25	77.31	76.03	1.29	43	61.58	66.65	-5.07
8	71.25	71.44	-0.19	26	74.74	76.03	-1.29	44	71.72	66.65	5.07
9	62.07	61.95	0.12	27	71.64	71.64	0.00	45	72.91	73.88	-0.97
10	61.83	61.95	-0.12	28	72.50	71.64	0.86	46	74.84	73.88	0.97
11	60.16	59.60	0.56	29	65.05	64.62	0.43	47	69.90	70.14	-0.24
12	59.03	59.60	-0.56	30	64.19	64.62	-0.43	48	70.38	70.14	0.24
13	61.04	60.65	0.40	31	69.47	69.03	0.44	49	74.04	73.45	0.60
14	60.25	60.65	-0.39	32	68.58	69.03	-0.45	50	72.85	73.45	-0.59
15	52.02	51.45	0.57	33	62.05	63.25	-1.20	51	73.83	73.42	0.42
16	50.88	51.45	-0.57	34	64.44	63.25	1.20	52	73.00	73.42	-0.41
17	58.62	59.91	-1.29	35	60.24	61.73	-1.49	53	72.32	72.00	0.32
18	61.19	59.91	1.29	36	63.21	61.73	1.49	54	71.68	72.00	-0.32

ตารางที่ ๙.๑ ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบความชัน

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	3.40	4.61	-1.21	19	4.93	5.04	-0.11	37	3.88	4.30	-0.42
2	5.81	4.61	1.21	20	5.14	5.04	0.11	38	4.71	4.30	0.42
3	3.89	5.16	-1.27	21	3.59	3.63	-0.04	39	4.50	4.52	-0.02
4	6.42	5.16	1.27	22	3.66	3.63	0.04	40	4.54	4.52	0.02
5	4.38	4.61	-0.23	23	16.19	10.13	6.06	41	4.69	4.33	0.37
6	4.83	4.61	0.23	24	4.07	10.13	-6.06	42	3.96	4.33	-0.37
7	4.15	4.87	-0.72	25	4.06	4.18	-0.12	43	4.50	4.41	0.10
8	5.59	4.87	0.72	26	4.29	4.18	0.12	44	4.31	4.41	-0.09
9	3.80	4.17	-0.37	27	4.21	4.21	0.00	45	3.73	4.25	-0.52
10	4.54	4.17	0.37	28	4.81	4.21	0.60	46	4.76	4.25	0.52
11	3.64	3.86	-0.22	29	5.00	4.87	0.13	47	4.89	4.33	0.56
12	4.08	3.86	0.22	30	4.74	4.87	-0.13	48	3.77	4.33	-0.56
13	3.44	4.08	-0.64	31	4.68	4.96	-0.28	49	3.70	3.63	0.08
14	4.72	4.08	0.64	32	5.24	4.96	0.28	50	3.55	3.63	-0.08
15	3.63	4.05	-0.42	33	4.77	4.65	0.13	51	4.69	4.50	0.19
16	4.46	4.05	0.42	34	4.52	4.65	-0.13	52	4.31	4.50	-0.19
17	3.56	3.83	-0.27	35	4.58	4.69	-0.11	53	4.56	4.40	0.17
18	4.09	3.83	0.27	36	4.80	4.69	0.11	54	4.23	4.40	-0.16

ตารางที่ ญ.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ของการทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	1282.30	1276.45	5.85	19	1194.50	1188.65	5.85	37	1141.80	1135.95	5.85
2	1270.60	1276.45	-5.85	20	1182.80	1188.65	-5.85	38	1130.10	1135.95	-5.85
3	1264.70	1220.80	43.90	21	1206.17	1188.61	17.56	39	1135.90	1133.00	2.90
4	1176.90	1220.80	-43.90	22	1171.05	1188.61	-17.56	40	1130.10	1133.00	-2.90
5	1264.70	1267.65	-2.95	23	1194.50	1185.70	8.80	41	1124.20	1144.70	-20.50
6	1270.60	1267.65	2.95	24	1176.90	1185.70	-8.80	42	1165.20	1144.70	20.50
7	1194.50	1235.45	-40.95	25	1229.60	1197.40	32.20	43	1194.50	1188.65	5.85
8	1276.40	1235.45	40.95	26	1165.20	1197.40	-32.20	44	1182.80	1188.65	-5.85
9	1206.20	1209.10	-2.90	27	1247.10	1247.10	0.00	45	1176.90	1185.70	-8.80
10	1212.00	1209.10	2.90	28	1235.40	1247.10	-11.70	46	1194.50	1185.70	8.80
11	1217.90	1212.05	5.85	29	1229.60	1241.30	-11.70	47	1176.90	1179.85	-2.95
12	1206.20	1212.05	-5.85	30	1253.00	1241.30	11.70	48	1182.80	1179.85	2.95
13	1334.90	1334.90	0.00	31	1182.80	1214.95	-32.15	49	1217.90	1203.25	14.65
14	1334.90	1334.90	0.00	32	1247.10	1214.95	32.15	50	1188.60	1203.25	-14.65
15	1358.40	1361.30	-2.90	33	1264.70	1255.90	8.80	51	1182.80	1179.85	2.95
16	1364.20	1361.30	2.90	34	1247.10	1255.90	-8.80	52	1176.90	1179.85	-2.95
17	1358.40	1361.30	-2.90	35	1276.41	1226.66	49.75	53	1165.20	1179.84	-14.64
18	1364.20	1361.30	2.90	36	1176.90	1226.66	-49.76	54	1194.47	1179.84	14.64

ตารางที่ ญ.11 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) การทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual	Observation	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	2437.78	2432.07	5.72	19	2242.03	2243.00	-0.97	37	2185.72	2143.88	41.84
2	2426.35	2432.07	-5.72	20	2243.97	2243.00	0.97	38	2102.03	2143.88	-41.84
3	2539.69	2540.12	-0.42	21	2392.05	2396.03	-3.97	39	2266.67	2258.89	7.78
4	2540.54	2540.12	0.43	22	2400.00	2396.03	3.97	40	2251.11	2258.89	-7.78
5	2492.59	2530.94	-38.35	23	2413.58	2409.00	4.58	41	2395.53	2355.28	40.25
6	2569.28	2530.94	38.34	24	2404.42	2409.00	-4.58	42	2315.03	2355.28	-40.25
7	2496.09	2527.90	-31.81	25	2382.66	2407.80	-25.14	43	2396.77	2342.93	53.84
8	2559.71	2527.90	31.81	26	2432.93	2407.80	25.13	44	2289.09	2342.93	-53.84
9	2424.67	2401.59	23.09	27	2461.67	2461.67	0.00	45	2355.64	2360.06	-4.42
10	2378.50	2401.59	-23.09	28	2377.79	2461.67	-83.88	46	2364.48	2360.06	4.42
11	2599.02	2532.19	66.84	29	2484.48	2481.71	2.78	47	2401.08	2405.35	-4.27
12	2465.35	2532.19	-66.84	30	2478.93	2481.71	-2.78	48	2409.61	2405.35	4.26
13	2554.91	2550.19	4.72	31	2471.33	2493.97	-22.64	49	2472.84	2470.71	2.14
14	2545.46	2550.19	-4.72	32	2516.60	2493.97	22.63	50	2468.57	2470.71	-2.13
15	2551.80	2520.55	31.26	33	2493.18	2500.60	-7.42	51	2515.26	2523.45	-8.18
16	2489.29	2520.55	-31.26	34	2508.01	2500.60	7.41	52	2531.63	2523.45	8.18
17	2576.20	2580.44	-4.24	35	2522.58	2520.18	2.40	53	2345.67	2372.31	-26.64
18	2584.67	2580.44	4.24	36	2517.78	2520.18	-2.40	54	2398.95	2372.31	26.64



## ภาคผนวก ก

## ข้อมูลการตรวจสอบวัตถุดิบ

## ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจสอบไม้สด

DATE : 14 – 12 - 99

DESCRIPTION : ไม้ยางพารา

Item	Typical
Appearance	Particle
Moisture(%)	45-55%

## ตารางที่ ก.2 ข้อมูลการตรวจสอบเศษแผ่นปาร์ติเกิล

DATE : 14 – 12 - 99

DESCRIPTION : เศษแผ่นปาร์ติเกิลจากการตัดริม

Item	Typical
Appearance	Scrap
Moisture (%)	10-12%

## ตารางที่ ก.3 ข้อมูลการตรวจสอบกาว

DATE : 14 – 12 - 99

DESCRIPTION : Urea Formaldehyde Resin

Item	Typical
Appearance	Milky white liquid
Solid content (%)	69.16
Specific gravity	1.281
p <sup>H</sup>	8.92
Geltime (sec.)	54

## ตารางที่ ก.4 ข้อมูลการตรวจสอบสารเร่งแข็ง

DATE : 14 – 12 - 99

DESCRIPTION : Ammonium Chloride

Item	Typical
Appearance	White Powder
Solid content (%)	25
Specific gravity	1.068
p <sup>H</sup>	8.5

ตารางที่ ๕.5 ข้อมูลการตรวจสอบสารเคลือบผิว

DATE : 14 – 12 - 99

DESCRIPTION : WAX

Item	Typical
Appearance	White Emulsion
Solid content (%)	64
Specific gravity	1.055
p <sup>H</sup>	9.5



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียน

นางสาว สรียา กสิกันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2519 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย