

ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตแผ่นผ้าเพดานจากโคลนปูนที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ
ผู้วิจัย นางสาวศรีสุนีย์ ชิวเมธี **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม
 อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ
 (2) รองศาสตราจารย์สราวุธ สุธรรมมาสา **ปีการศึกษา** 2547

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาวิธีการนำโคลนปูนเป็นวัสดุในการผลิตแผ่นผ้าเพดาน (2) เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูนกับแผ่น ผ้าเพดานที่กำหนดตามท้องตลาด (3) เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นผ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูนกับการฝังกลบโคลนปูน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นโคลนปูน ซึ่งเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษแบบคราฟท์ โดยทำการทดสอบเบื้องต้นและกำหนดอัตราส่วนผสม ปูนยิปซัมต่อโคลนปูนได้ 8 สูตร คือ 1:1 1.5:1 2:1 3:1 4:1 1:1.5 1:2 1:3 ผลิตเป็นแผ่นผ้าเพดานตามที่กำหนดในท้องตลาด ทั้ง 2 แบบ คือ แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน และ แบบอุตสาหกรรมใหญ่ แล้ววัดความแข็งแรงของแผ่นผ้าเพดานที่ผลิตได้

ผลการวิจัยพบว่า (1)วิธีการนำโคลนปูนเป็นวัสดุร่วมกับปูนยิปซัม ในการผลิตแผ่น ผ้าเพดานอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ ปูนยิปซัม 1.5 ส่วนต่อโคลนปูน 1 ส่วน (2) เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเพดาน ที่มีส่วนผสมของโคลนปูนกับแผ่นผ้าเพดานที่กำหนดตามท้องตลาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 (อุตสาหกรรมแบบครัวเรือน) (3) เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นผ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูน มีค่าใช้จ่ายมากกว่าการฝังกลบ

การผลิตแผ่นผ้าเพดานจากโคลนปูนสามารถผลิตและจำหน่ายได้ ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มในตัวโคลนปูน รวมทั้งไม่ต้องหาพื้นที่ในการฝังกลบ และค่าใช้จ่ายในการติดตามผลการฝังกลบ

คำสำคัญ โคลนปูน อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ แผ่นผ้าเพดาน กากของเสียอุตสาหกรรม

Thesis title : Recycle Lime Mud from Pulp Industry for ceiling Broad Product

Researcher : Miss Srisunee Cheevameatee **Degree** Master's Public health (Industrial environment management) **Thesis advisors** (1) Dr. Jackkit Siwadejathap, Associate Professor (2) Sarawuth Suthummasa, Associate Professor **Academic year :** 2004

ABSTRACT

The objectives of this research are as following: (1) to study how to transform the Lime mud to be a raw material in producing ceiling plate. (2) to compare the strength of a normal ceiling plate with a Lime mud ceiling plate. (3) to compare the expense of producing the Lime mud ceiling plate with the expense of burying the industrial waste.

This research is conducting as a case study by using sampling of the wasting Lime mud from the Craft Tissue and Paper industry. This mud is used as a co-raw material of gypsum in order to produce the ceiling plate in a household industry and a large industry. The ratio of gypsum per lime mud can produce 8 formulas as follows 1:1, 1.5:1, 2:1, 3:1, 4:1, 1:1.5, 1:2, and 1:3.

The research discovered that (1) The appropriate proportion of using Lime mud as a co-raw-material is 1.5 Gypsum : 1 Lime mud. (2) It seems that normal ceiling plate in the market and Lime mud ceiling plate have less different in strength at level 0.05 (household industry). (3) Lime mud ceiling plate may generate the higher expense than burial. However, the lime mud ceiling plate could be sold and generated an interest, in addition, it could have more value added, may have no need to search for a place to bury and should reduce the expense that is occurred from burying.

Keywords : Lime mud, Pulp and Paper industry, ceiling plate, industrial waste

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ รองศาสตราจารย์สรารุณ สุธรรมมาสา สาขา
วิทยาศาสตร์ สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราชา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ในการ
จัดทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร
พงษ์สถิตย์กุล คณะกรรมการการสอบภาควิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่าน
เป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราชา เพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ในการสนับสนุน ช่วยเหลือ
และให้กำลังใจตลอดมา

ศรีสุนีย์ ชิวเมธี

พฤศจิกายน 2547

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
- ลักษณะการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม	5
- กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรม	7
- การผลิตเชื้อกระดาษ	8
- คุณสมบัติโคลนปูน.....	18
- กระบวนการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน	21
- มาตรฐานแผ่นฝ้าเพดาน.....	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	28
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	28
สารเคมี	29

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	การทดลอง.....	29
	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	35
	ตัวแปรของการวิจัย.....	35
	เครื่องมือการรวบรวมข้อมูล	35
	สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
	การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำแผ่นผ้าเพดาน	37
	การเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเพดานในแต่ละสูตรกับแผ่น ผ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน.....	37
	ประเมินผลการทดสอบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อุตสาหกรรมใหญ่	38
	การเปรียบเทียบของสูตรที่ 5 แบบอุตสาหกรรมใหญ่กับอุณหภูมิต่าง ๆ	39
	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย.....	40
	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยหรือกากของเสีย	41
	เปรียบเทียบราคาโคลนปูน.....	42
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	43
	สรุปผลการวิจัย	43
	อภิปรายผล	44
	ข้อเสนอแนะ.....	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	50
	ก. ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตแผ่นผ้าเพดาน.....	51
	ข. การทดลองเบื้องต้น.....	58
	ค. ผลการทดลองแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ง. ผลการทดสอบแบบอุตสาหกรรมใหญ่	67
จ. การทดสอบสมมติฐาน	71
ประวัติผู้วิจัย	75

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบคุณภาพตะกอน	19
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของโคลนปูน	20
ตารางที่ 2.3 แสดงจุดหลอมเหลวและความหนาแน่น CaCO_3 และ CaSO_4	21
ตารางที่ 2.4 แรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว	23
ตารางที่ 2.5 แสดงชนิดของแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายในท้องตลาด	25
ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนการเตรียมปูนยิปซัมและโคลนปูน	30
ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนการเตรียมปูนยิปซัมและโคลนปูน	31
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรม คริวเรื่อน	37
ตารางที่ 4.2 การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดาน ในส่วนต่าง ๆ กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาดแบบ อุตสาหกรรมคริวเรื่อน	38
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแข็งแรงของ แผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่	39
ตารางที่ 4.4 การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงสูตรที่ 5 แบบ อุตสาหกรรมใหญ่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่าย ตามท้องตลาด	39
ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบราคาของยิปซัมแบบคริวเรื่อน	40
ตารางที่ 4.6 แสดงราคาจำหน่ายของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่กับ แผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมคริวเรื่อน	41
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายในการกำจัดและราคาจำหน่ายโคลนปูน	41

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1	กรอบแนวคิด..... 3
ภาพที่ 2.1	แสดงกระบวนการผลิตในโรงงานที่ทำให้เกิดขยะมูลฝอย 6
ภาพที่ 2.2	แสดงการบดเยื่อเชิงกล..... 9
ภาพที่ 2.3	แสดงโรงงานผลิตเยื่อเชิงกล..... 10
ภาพที่ 2.4	แสดงกระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบกรด..... 12
ภาพที่ 2.5	แสดงกระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบต่าง 15
ภาพที่ 2.6	แสดงแผนผังการนำสารกลับคืน 16
ภาพที่ 2.7	แสดงวัฏจักรการนำสารกลับคืน 17
ภาพที่ 2.8	แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นผ้าเปดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน..... 21
ภาพที่ 2.9	แสดงการผลิตแผ่นธรรมดาแบบอุตสาหกรรมใหญ่ 22
ภาพที่ 3.1	แสดงขั้นตอนการหาอัตราส่วนปูนยิปซัมต่อโคลนปูนแผ่นผ้าเปดาน แบบครัวเรือน..... 32
ภาพที่ 3.2	แสดงการผลิตแผ่นผ้าเปดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่..... 34

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการส่งสินค้าออกจำหน่ายต่างประเทศมีการแข่งขันในระดับที่สูงและมีการตั้งกำแพงภาษี ราคาสินค้า การกีดกันทางการค้าของภาคพื้นยุโรป และอเมริกา ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานตามที่กำหนดสูงมาก เช่น Good Manufacturing Practice (GMP) Internation Standard Organization (ISO) ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้เทคโนโลยีสะอาด มาตรฐานอื่น ๆ ซึ่งอาจรวมถึงการไม่ทำลายหรือรบกวนธรรมชาติ จึงทำให้ภาค อุตสาหกรรมใหญ่ที่มุ่งเพื่อการส่งออก ต้องปรับตัวและนำเทคโนโลยีที่สะอาดมาใช้ เช่น สารเคมีที่ผ่านการใช้งานแล้ว แปรสภาพนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดต้นทุนการผลิต สำหรับการจัดการทางด้าน สิ่งแวดล้อม อากาศ น้ำ และกากของเสีย ต้องมีค่ามาตรฐานตามกฎหมายกำหนด เช่นกันในภาคอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษนำมาตรฐาน ISO 9000 : 2000 ISO 14000 มาใช้ในการจัดการ เทคโนโลยี เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ของอุตสาหกรรมประเภทนี้คือ วัตถุดิบ คือต้นไม้ มาจากการปลูกป่าและส่งเสริมเกษตรกร ที่ไม่รบกวนหรือ นำมาจากธรรมชาติ เปลือกไม้และเศษไม้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มไอน้ำแบบชีวมวล (โรงไฟฟ้า) น้ำที่ใช้จากกระบวนการล้างเยื่อที่สะอาด แล้วนำน้ำที่เหลือมาใช้ล้างต่อใน กระบวนการที่สกปรกกว่า หลังจากนั้นจึงส่งต่อไปบำบัดจนได้ค่ามาตรฐาน และเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำ (Polishing Pond) ใช้ในการชลประทานเพื่อการเกษตรเท่านั้น กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิต นำไปเผาในเตาเผาของกระบวนการนำสารกลับคืนมาโดยติดตั้งปล่องสูงจากพื้นดิน 100 เมตร ในการเจือจาง กากของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ 2 กระบวนการคือ 1) จากการต้มเยื่อที่ไม่สุกและตาไม้ นำไปล้างและบดแล้วทำเป็น fiber board 2) จากกระบวนการนำสารกลับคืน มี 2 ส่วน ในส่วนที่ 1 ซึ่ได้จากหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน โดยนำกลับมาใช้ในระบบ ทำให้ความหนืดของน้ำยางดำเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และในส่วนที่ 2 โคลนปูนที่ไม่ทำปฏิกิริยา (deadload) ของกระบวนการทำน้ำยาต้มเยื่อกลับคืน โดยจะนำไปฝังกลบ

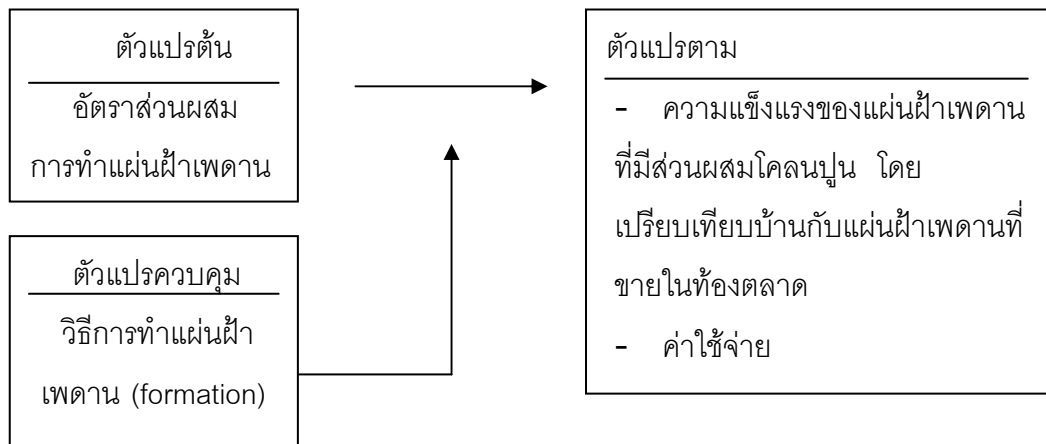
จากการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ จะพบว่ามีการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ และทำให้เกิดผลิตภัณฑ์นำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) ในประเด็นที่กล่าวในข้างต้นค่อนข้างครบถ้วน ยกเว้นการใช้ประโยชน์จากโคลนปูนซึ่งในปัจจุบันนำไปฝังกลบจึงทำให้ไม่เกิดมูลค่าเพิ่มในตัวกากของเสียประเภทนี้ในประเทศไทย มีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษขนาดใหญ่ที่มีการนำสารกลับคืน ประมาณ 6 โรงงาน ซึ่งใช้กระบวนการในการผลิตเยื่อใกล้เคียงกัน ซึ่งมีกำลังการผลิตทั้งสิ้นประมาณ 1.2 – 1.3 ล้านตันต่อปี (<http://www.manager.co.th>) โดยเฉลี่ย การผลิตเยื่อ 630 ตันต่อวัน หรือ 18,900 ตันต่อเดือน จะมีปริมาณโคลนปูน จากกระบวนการนำน้ำยาต้มเยื่อกลับคืน เฉลี่ย 300 – 400 ตันต่อเดือน (ข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี) ถ้ากำลังการผลิตในประเทศไทย 73,000 ตันต่อเดือน จะมีโคลนปูนที่ต้องรอการฝังกลบถึง 3,650 ตันต่อเดือน และค่าใช้จ่ายในการฝังกลบและการดูแลหลุมฝังกลบอย่างต่อเนื่อง เมื่อเวลาผ่านไปนานอาจเกิดปัญหาการรั่วซึม ทำให้เสี่ยงต่อการผิตกกฎหมายด้านการกำจัดกากของเสียได้

เพื่อเป็นการลดปัญหาระยะยาวและปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม ลดพื้นที่ในการฝังกลบและต้นทุนการผลิต จึงควรมีการศึกษาในการนำโคลนปูนกลับมาใช้ใหม่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากโคลนปูนมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งคล้ายกับวัสดุก่อสร้างหลายชนิด และมีสูตรเคมีใกล้เคียงกับแคลเซียมซัลเฟต ดังนั้นในการศึกษานี้ได้นำโคลนปูนมาผลิตเป็นแผ่น ฝ้า เพดาน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 ศึกษาวิธีการนำโคลนปูนเป็นวัสดุในการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน
- 2.2 เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูนกับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด
- 2.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูน กับการฝังกลบโคลนปูน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิด

3.1 **ตัวแปรต้น** คืออัตราส่วนผสมระหว่างโคลนปูนและปูนยิปซัมในการทำแผ่นฝ้าเพดาน

3.2 **ตัวแปรควบคุม** คือ วิธีการทำแผ่นฝ้าเพดาน

3.3 **ตัวแปรตาม** คือ

3.3.1 ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

3.3.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานกับการฝังกลบ

4. สมมติฐานของการวิจัย

4.1 ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากโคลนปูนไม่แตกต่างกับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายท้องตลาด

4.2 ค่าใช้จ่ายในการทำแผ่นฝ้าเพดานที่มีส่วนผสมโคลนปูนต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการกำจัดโคลนปูนโดยการฝังกลบ

5. ขอบเขตการวิจัย

ใช้โคลนปูนที่มาจากโรงงานเยื่อและกระดาษชนิดคราฟท์เป็นส่วนผสมในการทำแผ่นฝ้าเพดาน

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 โคลนปูน (LIME MUD) คือ มีส่วนประกอบหลักในแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นสารตั้งต้นในการแคลเซชัน (Calcination) และเป็นส่วนที่ได้หลังจากการนำสารเคมีกลับคืน

6.2 แผ่นฝ้าเพดาน คือ แผ่นวัสดุที่ทำจากโคลนปูนและใช้ร่วมกับปูนยิปซัม

6.3 แผ่นยิปซัม หมายถึง แผ่นซึ่งประกอบด้วยสารผสม มีปูนยิปซัม (gypsum plaster) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง มีมาตรฐานเลขที่ มอก. 188 - 2519 ปูนยิปซัมส่วนใหญ่ใช้เป็นไส้กลางระหว่างกระดาษเหนียวผิวเรียบทั้งสองด้าน ไส้กลางนี้อาจจะตันหรือพรุน และอาจจะผสมด้วยเส้นใยก็ได้ มีจำหน่ายตามท้องตลาด

6.4 ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดาน คือ การทนแรง (N) ที่กระทำต่อแผ่นฝ้าเพดาน จนถึงจุดหักของแผ่นฝ้าเพดาน

6.5 ค่าใช้จ่าย คือ ต้นทุนของปูนยิปซัมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานรวมค่าขนส่งและค่าประกอบการของผู้ประกอบการในจังหวัดปราจีนบุรี

6.6 ต้นทุนการกำจัด คือ ค่าประกอบการในการฝังกลบ ซึ่งเป็นข้อมูลจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี

6.7 เครื่องมือวัดความแข็งแรง ใช้เครื่องมือวัดความแข็งแรง Imal รุ่น IB 400

7. ข้อจำกัดในการวิจัย

ผู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิได้ในระดับที่หยาบ และปรับได้ 200 องศาเซลเซียส

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ลักษณะของการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม

พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2541 ได้ให้ความหมายของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตราย (Industrial non – hazardous waste) มีลักษณะและคุณสมบัติที่เป็น “เศษชิ้นส่วนของพีช หรือของสัต์ว์ เศษชิ้นส่วนเศษกระดาษ เศษพลาสติก หรือใยสังเคราะห์ที่เป็นโพลีเมอร์ เศษผ้า ด้าย หรือสิ่งทอ เศษไซสัต์ว์ น้ำมันสัต์ว์ น้ำมันพีช เศษยางธรรมชาติ เศษโลหะและโลหะผสม เศษแก้ว กระฉก กระเบื้องเคลือบ หรือเซรามิก เศษหิน ปูน ทราาย หรือวัสดุที่มีองค์ประกอบของดิน ทราาย หรือ หิน”

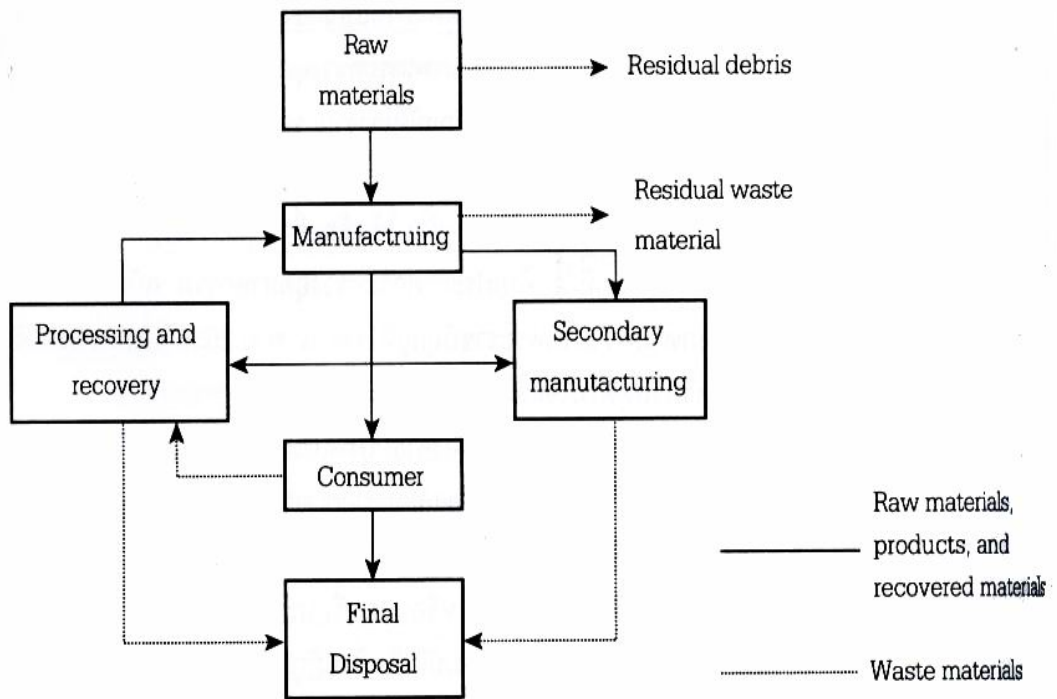
การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้มีประกาศที่ 47/2541 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้วในนิคมอุตสาหกรรม ได้ให้คำจำกัดความขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรม คือ

ขยะอันตราย	หมายความว่า สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งมีลักษณะคุณสมบัติตามที่กำหนดในภาคผนวก ก. ทำัยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว
ขยะทั่วไป	หมายความว่า สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งมีลักษณะคุณสมบัติตามที่กำหนดในภาคผนวก ก. ทำัยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

ขยะมูลฝอย

หมายความว่า เศษกระดาษ เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร มูลสัตว์ หรือผสม หรือปะปนอยู่กับขยะอันตราย หรือเป็นขยะอันตรายที่มีลักษณะคุณสมบัติเป็นสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ตามที่กำหนดในภาคผนวก ก. ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

โดยสรุปแล้วขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรมเป็นเศษวัสดุสิ่งของต่าง ๆ ที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตหรือที่เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตในโรงงานที่ทำให้เกิดขยะมูลฝอย

จากภาพที่ 2.1 สามารถอธิบายลักษณะของขยะมูลฝอยได้ดังนี้

ลักษณะของขยะมูลฝอย (properties of Solid waste) จำแนกตามลักษณะด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้

1. ลักษณะทางด้านกายภาพของขยะมูลฝอย (physical properties) แสดงส่วนจำเพาะของขยะ ได้แก่ น้ำหนักของขยะมูลฝอยต่อหน่วยปริมาตร (specific weight) ความชื้นของขยะมูลฝอย (Moisture content) ขนาดของขยะมูลฝอย (particle size and size distribution) การอัดแน่นของขยะมูลฝอย (Compacted waste)
2. ลักษณะทางด้านเคมีของขยะมูลฝอย (Chemical waste) เป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ ส่วนประกอบที่เผาไหม้ได้ (proximate analysis) อุณหภูมิที่ทำให้เถ้าหลอมตัวและรวมตัวอัดแน่น (fusion point of ash) การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Ultimate analysis (major elements) และปริมาณพลังงานจากขยะมูลฝอย(Energy content)
3. ลักษณะทางด้านชีววิทยาของขยะมูลฝอย (Biological Properties) คือ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ พวกไขมัน น้ำมัน พวกที่มีน้ำตาลที่มีโปรตีน คาร์บอน 5 – 6

1.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องมีหลายฉบับดังต่อไปนี้

1.2.1 กระทรวงอุตสาหกรรม ได้มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้ส่วนที่เกี่ยวข้อง มี 2 ข้อคือ

- 1) ระบุโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งในจังหวัดต่าง ๆ ต้องปฏิบัติตามประกาศ ฯ (ภาคผนวก ก.) ที่มีขยะมูลฝอย จะต้องดำเนินการกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ตามข้อกำหนดข้อ 2
- 2) ห้ามนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วในข้อ 1 ออกนอกบริเวณ โรงงาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมมอบหมายให้นำออกไปเพื่อทำลายฤทธิ์ กำจัดทิ้ง หรือฝังด้วยวิธีการ และสถานที่ตามหลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดใน ภาคผนวก ข.

1.2.2 กระทรวงสาธารณสุข กฎหมายที่สำคัญคือ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ในมาตรา 4 ของขยะมูลฝอยคือ อาหาร ภาชนะใส่อาหาร มูลสัตว์ และสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด หรือที่อื่น ๆ

1.2.3 หน่วยงานท้องถิ่น ที่สำคัญได้แก่ เทศบาลต่าง ๆ หรือองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ที่ได้กำหนดข้อบังคับตำบล ในเรื่องของการจัดการขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรม

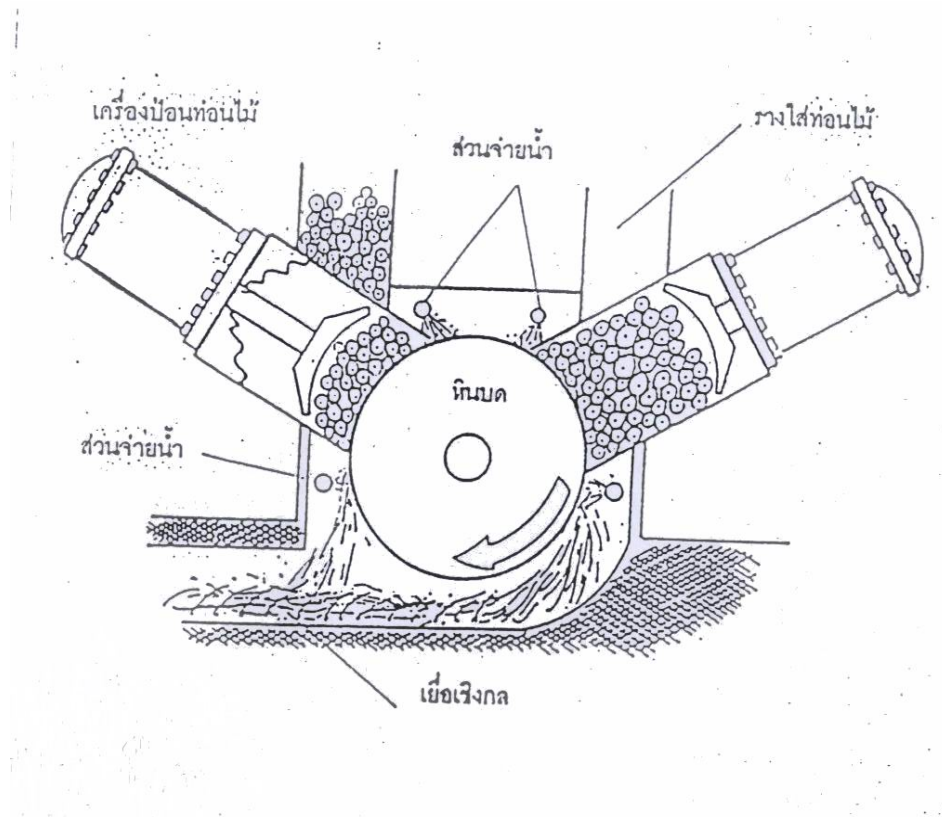
1.2.4 การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ได้กำหนดพระราชบัญญัติการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522 เกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ภาคผนวก ค.

1.3 การผลิตเยื่อกระดาษ

แบ่งกลุ่มการผลิตเยื่อกระดาษเป็น 3 แบบ คือ

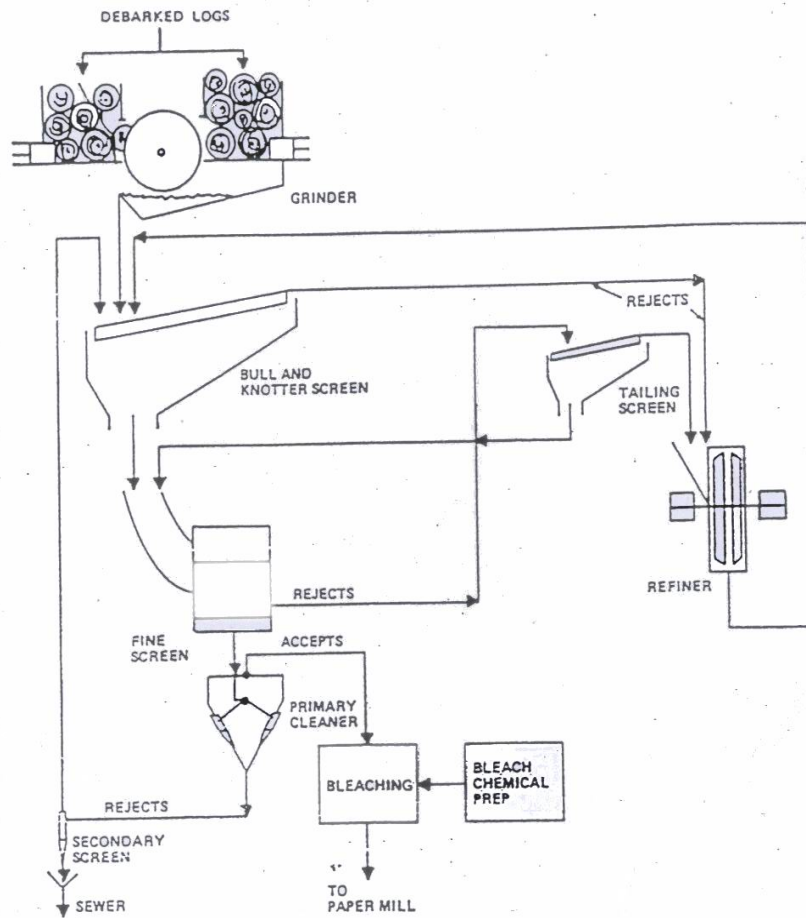
1.3.1 การผลิตเยื่อแบบเชิงกล (Mechanical pulp)

ใช้ไม้ท่อนที่ปอกเปลือกแล้ว ป้อนเข้าไปในกระบวนการบดเยื่อ โดยแรงดันของเครื่องป้อนท่อนไม้ เข้าไปยังหินบดเยื่อท่อนไม้ที่มีส่วนจ่ายน้ำในการหล่อลื่นและลดความร้อนจากการเสียดสีของท่อนไม้กับหินบด จุดจ่ายน้ำมีทั้งสิ้น 4 จุด แสดงตามภาพที่ 2.2 ซึ่งเป็นการบดท่อนไม้เป็นเยื่อกระดาษ กระบวนการนี้เป็นหัวใจของการผลิตเยื่อแบบเชิงกล



ภาพที่ 2.2 แสดงการบดเยื่อเชิงกล

จากการบดท่อนไม้ให้เป็นเยื่อแล้วนำไปล้างและคัดเลือกเยื่อ ชิ้นส่วนของไม้ที่ไม่สามารถผ่านตะแกรงได้จะนำกลับมาบดใหม่โดยใช้ Refiner นำกลับมาล้างผ่านตะแกรงอีกครั้ง เมื่อเยื่อที่ผ่านตะแกรงแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการฟอกเยื่อและส่งโรงผลิตกระดาษ ตามที่แสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งการผลิตเยื่อแบบเชิงกล นิยมนำไปทำกระดาษอนามัย การผลิตเยื่อเชิงกลจะได้ผลผลิตร้อยละ 95



ภาพที่ 2.3 แสดงโรงงานผลิตเยื่อเชิงกล

ในการผลิตเยื่อเชิงกลได้มีการพัฒนาเพื่อลดพลังงานในการบดเยื่อ เพราะต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตเยื่อเชิงกลขึ้นอยู่กับกระบวนการบดเยื่อ เช่น การใช้ความร้อนจากไอน้ำมาทำให้ส่วนประกอบของไม้ให้อ่อนตัวลง และการนำท่อนไม้สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะทำให้ง่ายต่อการบดเยื่อเป็นต้น

1.3.2 การผลิตเยื่อกึ่งเคมีหรือกึ่งเชิงกล (Semichemical or Semimechanical pulp)

กระบวนการผลิตเยื่อกึ่งเคมีหรือกึ่งเชิงกล มีลักษณะคล้ายกับการผลิตเยื่อแบบเชิงกล แต่เพิ่มกระบวนการโดยเติมสารเคมีในขั้นตอนการย่อยท่อนไม้ที่สับแล้ว สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ซัลเฟตหรือซัลไฟต์ การใช้สารเคมีจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเพิ่มความ

ขาวสว่างให้กับเยื่อ เมื่อสารเคมีซึมซับเข้าไปในท่อนไม้สับแล้ว จึงนำไปบดตามขั้นตอนการผลิตเยื่อแบบเชิงกล กากของเสียที่เกิดขึ้น มีสารเคมี ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยการนำไปผสมกับสารเคมีที่เตรียมใหม่ ส่วนเยื่อไม้ที่ผ่านการบดจะเข้ากระบวนการล้างและคัดเลือกเยื่อ ถ้าไม่ผ่านตะแกรงต้องนำกลับมาบดใหม่อีกครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะมีตาไม้เหลือประมาณร้อยละ 5 - 15 เยื่อที่ผ่านตะแกรงแล้วจะเข้าสู่กระบวนการฟอกเยื่อ และผลิตกระดาษต่อไป

การผลิตเยื่อกึ่งเคมีหรือกึ่งเชิงกลได้ผลผลิตร้อยละ 65 - 80 เนื่องจากเส้นใยจะถูกทำลายโดยสารเคมี และผลผลิตจะได้น้อยกว่าการผลิตเยื่อแบบเชิงกล เยื่อกระดาษที่ได้นิยมทำหนังสือพิมพ์ ซึ่งมีความทึบแสงสูง (หมึกพิมพ์ไม่ซึมถึงกระดาษด้านหลัง)

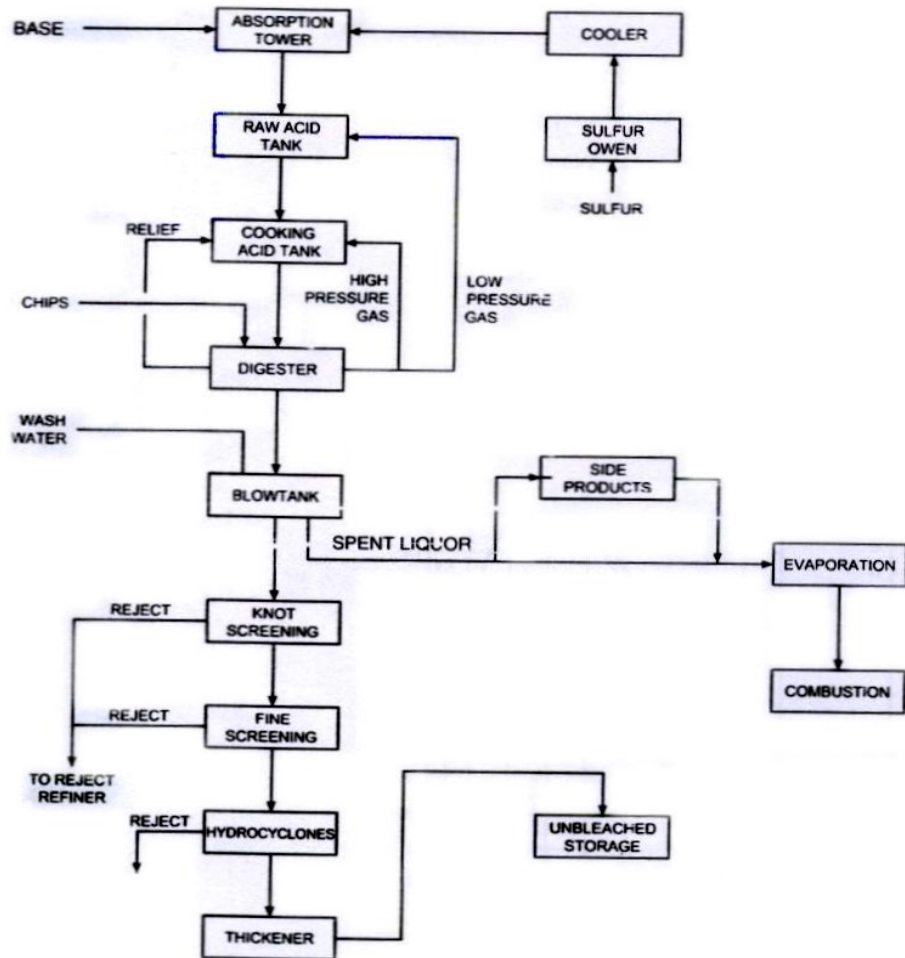
1.3.3 การผลิตเยื่อเคมี

เป็นกระบวนการผลิตเยื่อสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีลักษณะของกระบวนการผลิตคล้ายกับการผลิตกึ่งเคมี แต่ไม่มีขั้นตอนการบดท่อนไม้เป็นเยื่อ จะใช้กระบวนการทางสารเคมีเพียงอย่างเดียวในการย่อยท่อนไม้ที่สับแล้วเป็นเยื่อ มีการผลิตแบ่งเป็น 2 แบบ ซึ่งลักษณะการผลิตเหมือนกัน แตกต่างกันในส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อคือ

1) แบบกรด (Sulfite) ใช้สารเคมีกรดซัลเฟอร์รัส (H_2SO_3) หรือโลหะของไบซัลไฟต์ ได้แก่ แคลเซียมไบซัลไฟต์ แมกนีเซียมไบซัลไฟต์ และแอมโมเนียมไบซัลไฟต์ โลหะแต่ละชนิดรวมตัวกับซัลไฟต์จะมีความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารเคมีที่แตกต่างกัน ความเป็นกรดต่างจะแปรผันตามชนิดของโลหะ การผลิตโดยใช้สารเคมีจำพวกซัลไฟต์เป็นที่นิยม เนื่องจากแคลเซียมไบซัลไฟต์ มีการเตรียมค่อนข้างง่าย คือ เผากำมะถันเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) นำก๊าซนี้ผ่านเข้าหอทำปฏิกิริยาทางด้านล่างซึ่งบรรจุหินปูน (Limestone) และฉีดน้ำจากบนลงข้างล่าง ช่วยให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สัมผัสกับหินปูนเป็นสารละลายแคลเซียมไบซัลไฟต์ ซึ่งจะเป็นสารเคมีในการต้มเยื่อแบบกรด

2) กระบวนการต้มเยื่อแบบกรด เริ่มจากการเติมท่อนไม้สับลงในหม้อต้มเยื่อ (Digester) แล้วเติมสารเคมีแคลเซียมไบซัลไฟต์ ประมาณ 30 - 70 กิโลกรัมต่อไม้ 1 ตัน ที่อุณหภูมิประมาณ 125 องศาเซลเซียส ถึง 140 องศาเซลเซียส ในขณะที่ต้มเยื่อต้องมีระบบดึงก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออก เพื่อลดความดันแล้วนำกลับไปใช้เป็นสารเคมีในการต้มเยื่อใหม่ เมื่อครบเวลา นำสารเคมีออก (นำกลับไปใช้ใหม่)แล้ว ทำการถ่ายเยื่อออกจากหม้อต้ม เข้าถังเก็บ (Blow tank) ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันมากจากความดันสูง สู่วัสดุความดันบรรยากาศ จะช่วยให้ท่อนไม้สับแตกตัวเป็นเยื่อเข้าหน่วยล้างและคัดแยกเยื่อ 3 ขั้นตอน เยื่อที่ไม่ผ่านตะแกรง

ซึ่งมีขนาดใหญ่ (ตาไม้และเยื่อต้มไม่สุก) จะนำกลับไปบดใหม่อีกครั้ง เยื่อที่ได้จะเก็บในถังเพื่อรอการพอกเยื่อต่อไป ตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบกรด

ผลผลิตเยื่อที่ได้จากกระบวนการผลิตเยื่อแบบกรด ร้อยละ 50 – 65 วิธีการผลิตนี้จะมีข้อจำกัดค่อนข้างมากต้มได้กับไม้บางชนิด มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สูบบรรยากาศ และสารเคมีที่ใช้แล้วจากการล้างนำไปสกัดเป็นเอทานอล วานิลลิน และเข้าสู่ระบบระเหยเยื่อนำไปเผาที่เตาเผา นำ SO_2 กลับมาใช้ส่วน แคลเซียมซัลเฟตและแคลเซียมซัลไฟด์นำไปฝังกลบ

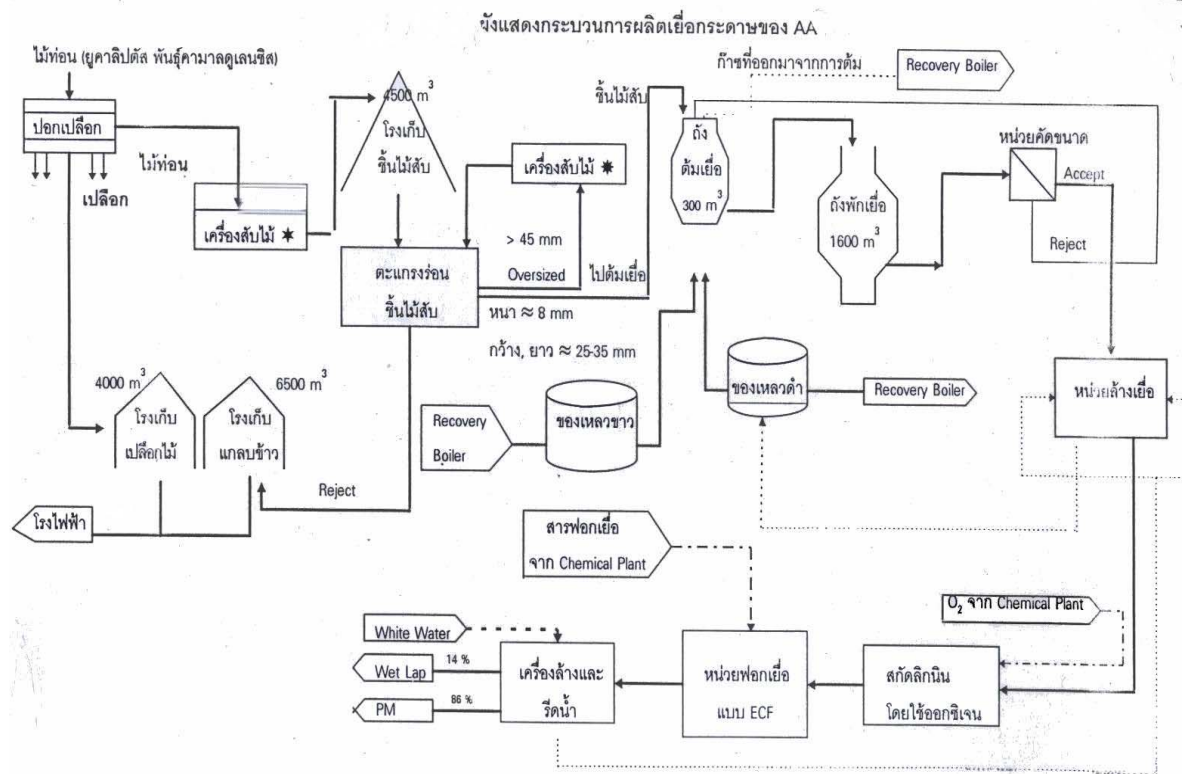
3) แบบต่าง สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อแบบต่างคือ สารเคมีที่มีความเป็นกรดต่างมากกว่า 14 มีการเตรียมสารเคมีจำพวกนี้ 2 แบบคือ

(1) แบบโซดา สารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพียงอย่างเดียว เยื่อมีความขาวมากกว่าและง่ายต่อการต้ม เป็นการพัฒนาซึ่งสามารถย่น้ำล้างเยื่อไประเหยและเผาเพื่อนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ แต่มีปัญหาที่สำคัญคือ สารเคมีที่ใช้มีราคาแพง จึงมีการพัฒนาและนำกระบวนการผลิตแบบซัลเฟตมาใช้แทน

(2) แบบซัลเฟตหรือคราฟท์ (Sulfate or kraft) สารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์ มีการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ได้หมด และได้พลังงานไฟฟ้าเป็นผลผลิตร่วมจึงเป็นวิธีที่นิยมกัน ซึ่งเยื่อที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่าแบบโซดา วิธีการต้มเยื่อแบบซัลเฟตและโซดาใช้ได้กับไม้ทุกชนิด ไม่มีปัญหาเรื่องเปลือกไม้เข้าไปในระบบ แต่มีปัญหาหางไม้ที่กำจัดออกไม่หมด และใช้เวลาในการต้มเยื่อน้อยกว่า 2 วิธีแรก

การผลิตเยื่อแบบซัลเฟตหรือคราฟท์ โดยเริ่มจากท่อนไม้เข้าโรงงาน ปอกเปลือกโดยกระบวนการกระแทกของท่อนไม้ เปลือกจะหลุดออกจากลำต้น ล้างทำความสะอาด เข้าเครื่องสับไม้ แล้วนำไปกองเก็บที่โรงเก็บท่อนไม้สับแล้วประมาณ 2 - 3 วัน เพื่อให้น้ำมันหรือไขมันของไม้ระเหยออก จากนั้นนำท่อนไม้สับผ่านตะแกรงร่อนเพื่อคัดขนาด ส่วนที่ไม่ผ่านจะนำไปสับใหม่ และส่วนที่เป็นฝุ่นหรือชิ้นขนาดเล็กมาก นำไปเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล ท่อนไม้สับที่ได้ขนาดจะนำเข้าหม้อต้มเยื่อ เติมสารเคมีของเหลวค่าน้ำยาที่ผ่านการต้มเยื่อแล้ว) หรือไอน้ำที่มีอุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส ก่อนเพื่อไล่ฟองอากาศในท่อนไม้สับ เติมสารเคมีต้มเยื่อให้สารเคมีซึมซับเข้าไปในท่อนไม้สับเพื่อละลายลิกนิน และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 155 - 160 องศาเซลเซียส โดยใช้ไอน้ำที่ผ่านการหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วซึ่งมีแรงดันปานกลาง (Medium pressure) ก๊าซที่ออกมาระหว่างการต้มเยื่อนำไปเผาที่หม้อไอน้ำ นำสารกลับคืน ใช้เวลาในการต้มประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสารเคมีที่ผ่านการต้มเยื่อออกและถ่ายเยื่อในหม้อต้มเยื่อออกไปที่ถังพักเยื่อ ช่วงนี้จะมี ความดันเปลี่ยนแปลงมากจาก 15 บาร์สู่ความดันบรรยากาศ ท่อนไม้สับที่ต้มแล้วจะแตกออกเป็นเยื่อ นำเข้าระบบล้างและคัดเลือกเยื่อโดยผ่านตะแกรงคัด 3 ชั้นตอนเยื่อที่ไม่ผ่านตะแกรงจำพวกตาไม้และท่อนไม้สับที่ต้มไม่สุก จะนำกลับไปต้มใหม่ หรือนำไปแปรรูปเป็นไฟเบอร์บอร์ด (fiberboard) เยื่อที่ได้เข้าเครื่องรีดน้ำออกและเจือจางด้วยน้ำ จากขั้นตอนที่สะอาดกว่า ซึ่งเป็นการล้างเยื่อ จากนั้นนำเยื่อไปสกัดลิกนินที่เหลือจากการต้มเยื่อ โดยใช้ออกซิเจนในสถานะต่างในหอทำปฏิกิริยานาน 1 - 2 ชั่วโมง ล้างเยื่อและเข้าสู่ระบบการฟอกเยื่อ ซึ่งมีความขาว

สว่างประมาณ ร้อยละ 40 ระบบฟอกเยื่อที่นิยมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมคือ Elementary Chlorine Free (ECF) ใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารเคมีฟอกเยื่อ ซึ่งไม่เกิดไดออกซินจากการฟอกเยื่อ เหมือนกับการใช้ก๊าซคลอรีนฟอกเยื่อ จนได้เยื่อมีความขาวสว่างประมาณ ร้อยละ 87 – 89 ล้างเยื่อและเลือกสิ่งสกปรกออกแล้วรีดน้ำ เพื่อส่งไปทำเยื่อแผ่นจากนั้นส่งเข้าโรงผลิตกระดาษ ดังแสดงในภาพที่ 2.5 แสดงเส้นทางการหมุนเวียนของการใช้น้ำ ซึ่งจะประหยัดกว่าระบบเดิมค่อนข้างมาก อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อจะใช้น้ำ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตันของเยื่อ (ปิตี พูนไชยศรี, 2544) วิธีการนำน้ำมาใช้หมุนเวียนใหม่จะใช้น้ำประมาณ 7 – 8 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตันของเยื่อ (การผลิตเยื่อที่จังหวัดปราจีนบุรี) ผลผลิตเยื่อได้ประมาณ ร้อยละ 40 – 50



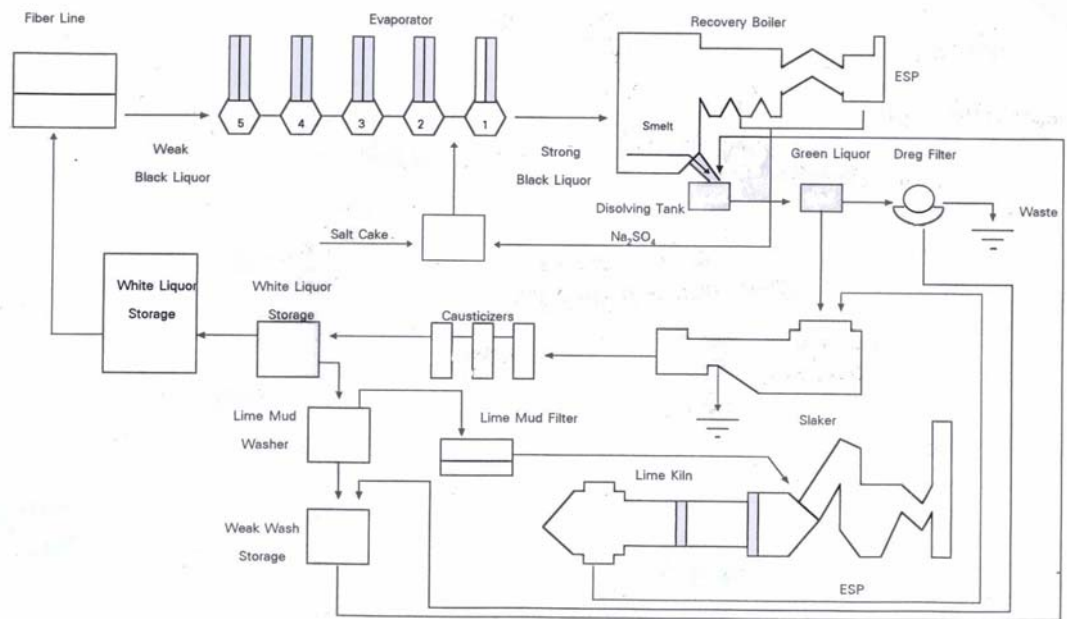
- ***
1. น้ำยาต้มเยื่อหรือน้ำยาขาว (White liquor) ประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมซัลไฟด์ (Na₂S)
 2. การฟอกเยื่อแบบ ECF สารฟอกที่ใช้คือ คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂)
 3. Wet Lap คือการทำเยื่อแผ่นให้มีความชื้น ≈ 50 %



ภาพที่ 2.5 แสดงกระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบต่าง

จากภาพที่ 2.5 ของเหลวดำ (น้ำยาที่ผ่านการต้มเยื่อแล้ว) ส่งไปที่หม้อไอน้ำนำสารกลับคืน โดยการผลิตเยื่อแบบซัลเฟตหรือคราฟท์ มีระบบนำสารกลับคืน (Chemical Recovery) แสดงในภาพที่ 2.6 มีหน่วยงานหลักของระบบนำสารกลับคืน 3 ส่วน

1. หน่วยทำระเหย (Evaporating plant)
2. หม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler)
3. หน่วยทำด่าง (Recausticizing plant)



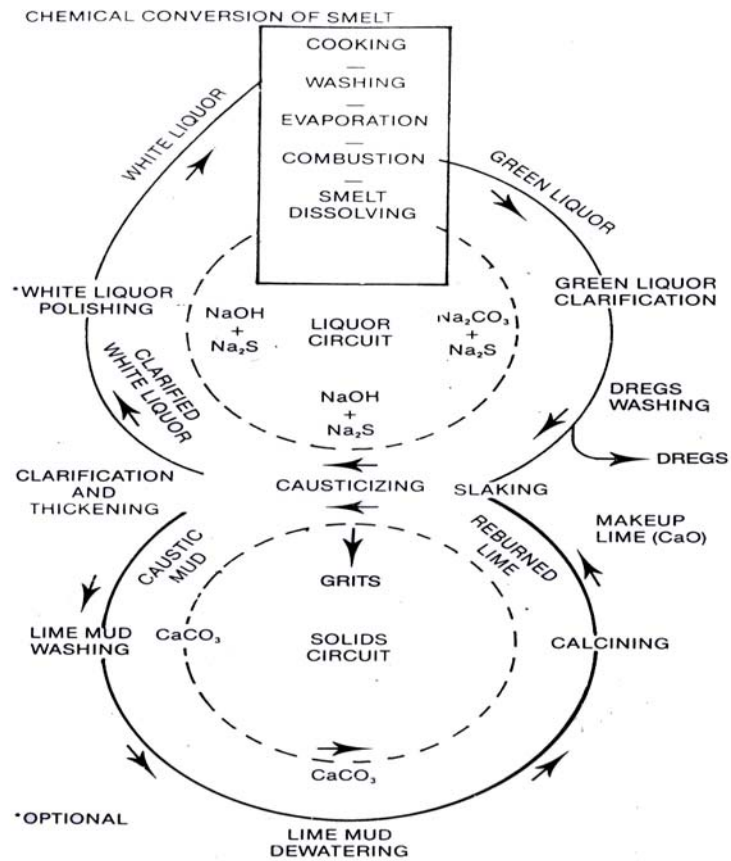
ภาพที่ 2.6 แสดงแผนผังการนำสารกลับคืน

1. หน่วยทำระเหย (Evaporating Plant) รับของเหลวดำจากหน่วยต้มเยื่อ ซึ่งมีสารเคมี (สารอินทรีย์) และลิกนิน (สารอินทรีย์) ซึ่งมีประมาณเนื้อสาร(Dry matter content) ร้อยละ 16 – 18 ทำการระเหยน้ำออกให้ของเหลวดำมีความเข้มข้นสูงขึ้นคือ สารเคมีและลิกนินอยู่ประมาณร้อยละ 74 – 76 เพื่อส่งให้หน่วยต่อไปทำการเผา

2. หน่วยหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler) รับของเหลวดำที่มีสารเคมีและลิกนินอยู่ประมาณร้อยละ 74 – 76 จากหน่วยทำระเหย เพื่อนำเข้าไปเผาเป็นเชื้อเพลิง ผลิตพลังงานไอน้ำเพื่อขับเคลื่อนของเครื่องผลิตกระดาษไฟฟ้า ลิกนินจะถูกเผาไหม้หมดส่วนสารเคมีจะเปลี่ยนเป็นของแข็งหลอมเหลว (smelt) ละลายด้วยน้ำได้เป็นของเหลวสีเขียว (green liquor) นำส่วนที่ใสส่งให้หน่วยต่อไป และนำ ขี้เถ้าของหม้อไอน้ำนำสารกลับคืนจะผสมเข้าไปในหน่วยทำระเหยใหม่เพื่อเพิ่มความเข้มข้นให้กับของเหลวดำ

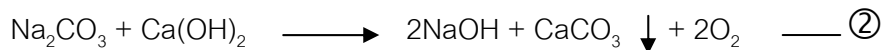
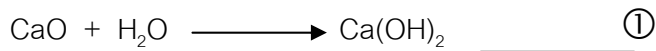
3. หน่วยทำด่าง (Recausticizing plant) รับของเหลวสีเขียว (green liquor) ซึ่งมีส่วนประกอบโซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{S}$) ทำปฏิกิริยากับปูนขาว (Burnt lime) ที่ Slaker แสดงตามภาพที่ 2.7 ผ่านเยื่อไปที่ถังเพื่อแยกของเหลวขาว (สารเคมีต้มเยื่อ)

นอกจากโคลนปูน ของเหลวขาวจะส่งไปหน่วยต้มเยื่อ ส่วนโคลนปูนนำไปล้างและบีบน้ำออกให้มีความชื้นร้อยละ 25 เพื่อนำเข้าเตาเผา (Lime kiln) เป็นปูนขาว แล้วนำกลับมาใช้ที่ Slaker ใหม่



ภาพที่ 2.7 แสดงวัฏจักรการนำสารกลับคืน

จากหน่วยทำต่างนำมาสรุปเป็นสมการการนำสารกลับคืนได้ดังนี้



สมการที่ 1 ปลุกฤทธิ์(กระตุ้น) ปูนขาวโดยรวมตัวกับน้ำ เพื่อให้เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเมื่อเติมของเหลวเขียวลงในปูนขาวที่ปลุกฤทธิ์แล้ว เป็นดังสมการที่ 2 ซึ่งได้ไฮเดียมไฮดรอกไซด์กลับคืนมา (สารเคมีต้มเยื่อ) ส่วนปูนขาวที่ทำปฏิกิริยาแล้วจะเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แล้วนำกลับมาใช้ใหม่โดยนำไปล้างและบีบน้ำออกให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 25 นำเข้าเผาในเตาดังสมการที่ 3 ปฏิกิริยาจะเกิดการหมุนเวียนเป็นวัฏจักร และการเกิดกากของเสียจากหน่วยทำต่าง คือ ส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้จากน้ำยาสีเขียว (Dreg) และโคลนปูนที่จะเกิดดังนี้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไฮเดียมไฮดรอกไซด์กลับคืนมา โดยการเติมปูนขาว (Fresh Burnt Lime) เข้าไปในระบบใหม่ เมื่อปูนขาวที่เติมเข้าไปในระบบเพิ่มขึ้น ต้องนำโคลนปูนเก่าออกจากระบบเท่ากับปริมาณที่เติมปูนขาวเข้าไปใหม่

2. การป้องกันการเกิด ring formation ในเตาเผาปูน โดยการเติมหินปูน (limestone) เข้าไปในเตา จะได้ปูนขาวเพิ่มขึ้นในระบบ ต้องนำโคลนปูนเก่าออกจากระบบครึ่งหนึ่งของหินปูนที่เติมเข้าไปใหม่

3. การหยุดของเตาเผาปูน จากปัญหาการเดินเครื่อง เช่น อีจิวในเตาเผาปูนหลุดการเผาปูน ดังนั้นต้องให้โคลนปูนที่เกิดขึ้นจะนำออกจากระบบ

จะพบว่า การเดินระบบในการนำต่างกลับคืนจะมีโคลนปูนเป็นของเสียจาก 3 สาเหตุหลัก ซึ่งมีปริมาณมากพอสมควร โดยนำไปฝังกลบ

1.4 คุณสมบัติโคลนปูน

โคลนปูนที่เป็นกากของเสียที่เรียกว่าตะกอนโคลนปูนต้องนำไปทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบตะกอนโคลนปูน สารที่ถูกชะล้างได้มีปริมาณโลหะหนัก หรือวัตถุมีพิษในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบคุณภาพตะกอน

Parameter	Unit	Lime Mud	Standard
Arsenic	Mg/l as As	<0.20	≥5.0
Barium	Mg/l as Ba	0.17	≥100
Cadmium	Mg/l as Cd	<0.02	≥1.0
Chromium	Mg/l as Cr	<0.02	≥5.0
Lead	Mg/l as Pb	<0.05	≥5.0
Mercury	Mg/l as Hg	<0.0010	≥0.2
Silver	Mg/l as Ag	<0.10	≥5.0
Selenium	Mg/l as Se	<0.20	≥1.0

ที่มา : เทสต์เทค (2547) “ผลการทดสอบตะกอนโคลนปูน” กรุงเทพมหานคร บริษัทเทสต์เทค

โคลนปูนเป็นกากของเสียที่ได้จากการผลิตที่ไม่เป็นอันตราย (non – hazardous waste) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น การนำไปปรับความเป็นกรดต่างของดินให้เป็นกลาง เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (Julia Gaskin, Miller Lawrence Morris, 2004) และการนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างภายในเดิม อธิบายทางเดิน ที่กั้นขอบทางเดิน (Maine University, 2004) มากกว่าการนำไปฝังกลบ (land fill) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการฝังกลบและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโคลนปูนมีสารประกอบต่าง ๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง x – ray fluorescence ดังแสดงในตารางที่ 2.2 มีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของโคลนปูน

สารประกอบในโคลนปูน	จำนวนสารที่มีอยู่คิดเป็นร้อยละ
CaCO ₃	87.6
Mg	0.606
Al	0.031
Fe	0.046
Mn	0.044
Si	1.234
SO ₄ ²⁻	0.302
Cl ⁻	0.009

ที่มา : เทสต์เทค (2547) “ผลการทดสอบโคลนปูน” กรุงเทพมหานคร บริษัทเทสต์เทค

รัฐบาลสนับสนุนและเร่งฟื้นฟูเศรษฐกิจโดยเริ่มที่ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และการก่อสร้าง ลดภาษี ลดค่าธรรมเนียมในการโอนสำหรับประชาชนที่ซื้อบ้านหลังแรก ทำให้ตลาดอสังหาริมทรัพย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำโคลนปูนกลับมาใช้เป็นวัสดุทดแทนหรือวัสดุร่วมของวัสดุการก่อสร้าง เช่น อิฐบล็อก แผ่นฝ้าเพดาน เป็นต้น

โคลนปูนมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมีคือ CaCO₃ และวัสดุก่อสร้างที่มีลักษณะการใช้ปูนเป็นส่วนประกอบมากคือแผ่นฝ้าเพดาน ซึ่งใช้ปูนยิปซัมเป็นส่วนประกอบหลักและมีสูตรทางเคมี คือ แคลเซียมซัลเฟต (CaSO₄) มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ใกล้เคียงกันดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นของ CaCO_3 และ CaSO_4

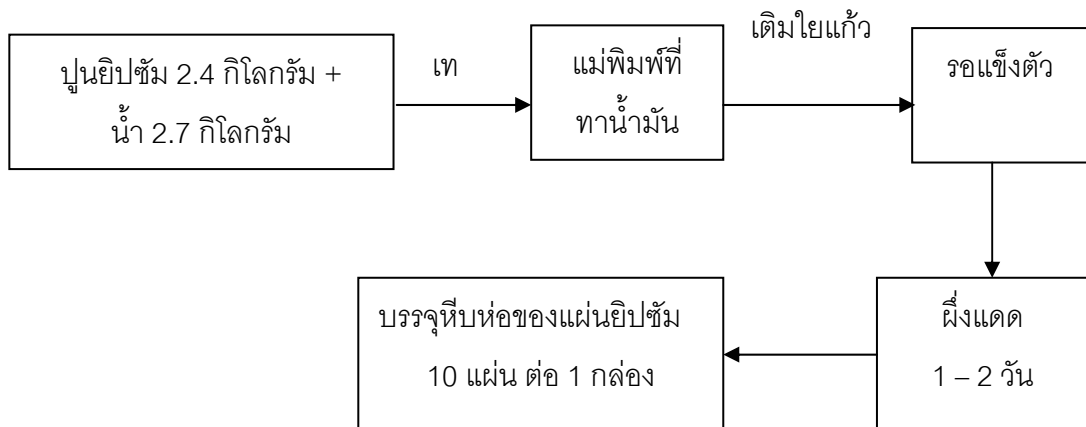
	Mp °C	heat of fusion (cal/mole)	Apparent density P,lb/cu.Ft ที่อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ °C	K
CaCO_3	1282	(12,700)	96	-	0.40
CaSO_4	1297	6,700	132	15	0.43

ที่มา : Thomas M Grace, Earl W Malcahm and Bengt tepoid (1995). *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. Edition 6th England : Donygreen.

1.5 กระบวนการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน

จากตารางที่ 2.3 ในเรื่องของการสื่อความร้อนปูนยิปซัม เป็นฉนวนกันความร้อน เหมือนโคลนปูนและการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) จะมีในท้องตลาดแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

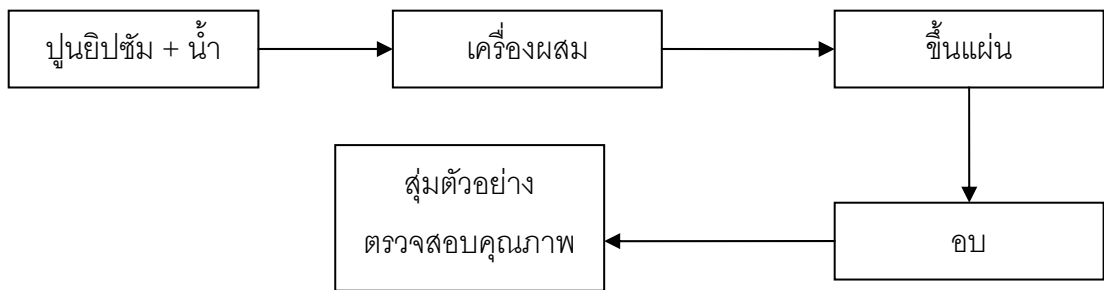
1.5.1 แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน ผลิตโดยใช้แม่พิมพ์และแรงงานคนไม่มีการใช้เครื่องจักร แม่พิมพ์มีขนาด 60 x 60 x 0.9 เซนติเมตร มีการผลิตที่ง่ายคือใช้ปูนยิปซัมที่มาจากจังหวัดพิจิตร พิษณุโลก ในขณะที่เผาเต็มสารเร่งในการแข็งตัวผสมกับน้ำ คนให้เข้ากัน เกลบในแม่พิมพ์ที่ทำน้ำมันมะพร้าว และเติมใยแก้วเสริมความแข็งแรงกดไล่ออกอากาศ และให้ใยแก้วจมในเนื้อปูน รอจนแข็งตัว นำออกผึ่งแดด และบรรจุหีบห่อ แสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

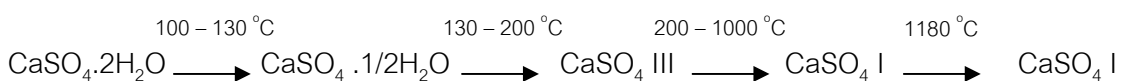
แผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน มีจำหน่ายตามต่างจังหวัดใหญ่ ๆ เช่น นครราชสีมา ชลบุรี นครสวรรค์ จำหน่ายในราคา 10 – 12 บาทต่อแผ่น ขึ้นกับจำนวนแผ่นที่ซื้อขาย (ราคา ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2547) ซึ่งกระบวนการผลิตยังไม่มีมาตรฐานในการรองรับจากกระบวนการผลิตนั้นจะพบว่า ต้นทุนหลักของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนคือปูนยิปซัม

1.5.2 แบบอุตสาหกรรมใหญ่ ผลิตโดยอ้างอิงตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นยิปซัมเลขที่ มอก. 188 – 2519 โดยใช้เครื่องจักร และเตาอบที่อุณหภูมิสูง โดยใช้ปูนยิปซัม 80 ส่วน น้ำ 100 ส่วน ใช้เครื่องผสม เติมแป้งเล็กน้อยเพื่อไปเชื่อมติดกับกระดาษ และเศษส่วนผสมที่เข้ากันดีลงบนกระดาษคราฟท์ 180 แกรม ขณะที่จะต้องสิ้นสະเทือนเพื่อลดฟองอากาศ ปิดด้วยกระดาษคราฟท์ 175 แกรม อบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพ แสดงดังภาพที่ 2.9 และในการผลิตแต่ละโรงงานจะมีการเติมตัวเร่งในการแข็งตัว เช่น แคลเซียมซัลเฟตขนาด 352 เมช โพแทสเซียมซัลเฟต กรดซัลฟูริก และตัวหน่วงในการแข็งตัว เช่น กรดซिटริก กรดอะซิทิก โพแทสเซียม อลูมิเนียมซัลเฟต การเพิ่มความแข็งแรงของแผ่น เช่น เมธิลเซลลูโลส โซเดียมลิกโนซัลโฟเนต ไวนิลอะซิเตด ขนาดต่ำกว่า 20 ไมโครเมตร ซึ่งจะมีสูตรเฉพาะของแต่ละโรงงาน



ภาพที่ 2.9 แสดงการผลิตแผ่นธรรมดาแบบอุตสาหกรรมใหญ่

ช่วงที่มีการอบ ยิปซัมจะมีการเปลี่ยนแปลง phase ของยิปซัม ซึ่งประกอบด้วย Calcium sulphate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) calcium sulphate hemihydrate ($\alpha - \text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ และ $\beta - \text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) anhydrite III (CaSO_4 III) anhydrite II (CaSO_4 II) และ anhydrite I (CaSO_4 I) โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับดังต่อไปนี้



calcium sulphate hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) เป็น phase ที่เกิดขึ้นเมื่อ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 100 – 130 °C ซึ่ง form ของ hemihydrate มีด้วยกัน 2 รูป คือ $\alpha - \text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ และ $\beta - \text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีของการเผา (calcination) และส่วนที่นิยมใช้ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน (gypsum board) คือ anhydrite III (CaSO_4 III)

ต้นทุนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานอุตสาหกรรมใหญ่ขึ้นอยู่กับปูนยิปซัม เครื่องจักร และค่าประกอบการ เช่น มีการสูมตัวอย่างจากการผลิตเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นฝ้าเพดาน

1.6 มาตรฐานแผ่นฝ้าเพดาน

แผ่นฝ้าเพดาน ประกอบด้วยปูนยิปซัม (gypsum plaster) ใช้เป็นไส้กลางระหว่างกระดาษเหนียวผิวเรียบทั้ง 2 ด้าน โดยไส้กลางอาจผสมเส้นใยหรือเยื่อกระดาษ (cellulose) ค่าแรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้า ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางการทดสอบ (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 แรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้า

ความหนา (มิลลิเมตร)	แรงกดประลัย (นิวตัน)		โมดูลัสแตกร้า (เมกาปาสกาล)	
	ตามยาว	ตามขวาง	ตามขวาง	ตามยาว
	9	353	182	8.0
12	549	196	7.0	2.5

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2520 “สำนังานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2539) กรุงเทพมหานคร

แผ่นยิปซัมมีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อนำไปเผาไฟที่อุณหภูมิสูง ๆ ไม่มีก๊าซพิษออกมา และถ้าอยู่ในที่มีความชื้นแผ่นยิปซัมจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ จึงไม่ถูกกัดกร่อน มาตรฐานในการตรวจสอบแผ่นยิปซัม ประกอบด้วย ความหนา ความกว้าง ความยาว แรงกดประลัย (N) โมดูลัส

แตกร้าว (Mpa)จาก ตารางที่ 2.4 และต้องทำเครื่องหมายระบุชนิดสินค้า ความกว้าง ความยาว ความหนา เป็นหน่วยมิลลิเมตร วันเดือนปีที่ผลิต และถ้าแสดงเครื่องหมาย มอก. ต้องได้รับการอนุญาตจากกระทรวงอุตสาหกรรม

แผ่นยิปซัมที่วางจำหน่ายในตลาดของประเทศไทย มีมาตรฐานเฉพาะวัสดุตกแต่งภายในอาคารเท่านั้น และเป็นแผ่นยิปซัมแบบธรรมดาในการจำหน่ายตามท้องตลาด ดังแสดงใน ตารางที่ 2.5 ซึ่งส่วนใหญ่แผ่นยิปซัมจะมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.4 เมตร หนา 9 และ 12 มิลลิเมตร ยกเว้นแผ่นยิปซัมทนไฟ จะมีความหนา 12 และ 15 มิลลิเมตร และแผ่นยิปซัมแบบ PVC – laminate จะมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ความหนา 9 และ 12 มิลลิเมตร เพื่อทำการตกแต่งได้ง่าย

ตารางที่ 2.5 แสดงชนิดแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายในท้องตลาด

ชนิดของแผ่นฝ้าเพดาน	คุณสมบัติ
แผ่นยิปซัมชนิดธรรมดา (Regular board)	ไม่ติดไฟ กันความร้อน และเสียง ใช้สำหรับติดตั้งแผ่นฝ้าเพดานหรือผนังภายในทั่วไป
แผ่นยิปซัมทนความชื้น (Moisture Resistant Board)	เนื้อกระดาษของแผ่น ผลิตจากกระดาษเหนียวพิเศษ ผสมแวกซ์ และภายในเนื้อปูนมีสารกันชื้น ซิลิโคน ใช้ติดตั้งภายนอกและภายในห้องน้ำ
แผ่นยิปซัมบุอลูมิเนียมฟอยล์ (Foil Backed board)	ปิดทับด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ สำหรับสะท้อนรังสีความร้อน สะท้อนได้ถึง 95 % ทำให้ความร้อนไม่ผ่านเข้าไป
แผ่นยิปซัมทนไฟ (Fire Stop Board)	ภายในเนื้อปูนผสมใยแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุทนไฟ กระดาษที่ใช้หุ้มเนื้อปูนเป็นกระดาษอัดแน่น ทนไฟนานตั้งแต่ 1 – 3 ชั่วโมง ใช้ติดตั้งบริเวณทางหนีไฟ ห้องครัวควรใช้โครงสร้างเป็นเหล็ก
แผ่นยิปซัมกันความร้อนพิเศษ	ประกอบด้วยแผ่นโพลีโพลีสไตรีน (Polystyrene) ชนิดไม่ลามไฟ F – grade ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ทำให้ประสิทธิภาพสะท้อนความร้อนได้ดีเป็นพิเศษ ตัวโพลีนี้ เป็นฉนวนกันความร้อนอีกชั้น สำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิ หรือเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ
PVC – laminate	ใช้งานกับเพดาน T – bar หรืองานดีไซน์ และต้องการรูปแบบหรูหรา

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นารถพล บัวอำไพ (2544) การนำยิปซัมฟลูแก๊สจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ผลิตตัวเติมแอนไฮไดรต์ โดยทำให้บริสุทธิ์ โดยการล้างด้วยไฮโดรไซโคลน ล้างด้วยกรดและตกตะกอนนำไปสังเคราะห์ Semidry acid – anhydrite สภาวะที่เหมาะสม 100 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง กำจัดสารประกอบเหล็กออกทำให้มีความขาวสว่างมากขึ้น นำไปเป็นสารปรุงแต่งเพิ่มความทึบแสงของอุตสาหกรรมกระดาษ และวัสดุทดแทนในอุตสาหกรรมพลาสติก

ชาติรี ฐิตอนันต์ (2543) การนำยิปซัมฟลูแก๊สที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงไฟฟ้า แม่เมาะที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลาสติกโดยการล้างด้วยไฮโดรไซโคลน การล้างด้วยกรดและตกตะกอน หรือแยกแฉะลอยออกไปและนำไปสังเคราะห์เม็ดพลาสติก และแอนไฮไดรต์ โดยใช้กระบวนการ Semidry acid – anhydrite เมื่อลดอุณหภูมิใช้การเผาได้พลาสติกที่เหมาะสมในการฉาบผนังมีความหนืดประมาณ 600 – 800 เซนติพอยส์ เวลาในการเซตตัวเริ่มต้นนาน 60 – 70 นาที เติมสารปรุงแต่งโซเดียมลิกโนซัลโฟเนต และเมลามีนในอัตราส่วน 1.2 : 0.08 กรัมต่อ เม็ดพลาสติก (แห้ง) 100 กรัม ลดระยะเวลาในการแข็งตัว

วิจิต ประกายพรรณ (2540) ได้ศึกษาการนำยิปซัมฟลูแก๊สจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นของเหลือใช้ โดยการนำไปล้างทำความสะอาด คัดแยกสิ่งสกปรก และนำไปเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ และเติมสารปรุงแต่ง และนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง ความหนืด การแข็งตัว เปรียบเทียบกับยิปซัมที่มาจากธรรมชาติ ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับธรรมชาติ

ณัฐพงษ์ พินิจคำ และโกวิท ทวีคุณ (2538) ศึกษาคุณสมบัติของปูนยิปซัมที่วางจำหน่ายในท้องตลาด นำปูนยิปซัมปรับปรุงคุณภาพโดยการบดให้มีอนุภาคเล็กลง โดยการบดที่เวลาต่าง ๆ นำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น เวลาในการแข็งตัว ความแข็งแรงของแท่งปูนหล่อ ความต้านทานแรงอัด ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง อนุภาคที่เล็กลงทำให้มีความแข็งแรงของแท่งเพิ่มขึ้น และสมบัติอื่น ๆ ดีขึ้น

สุธีรา ฤทธิราวี (2536) ศึกษาเรื่องการเสริมความแข็งแรงโดยใยแก้ว ให้ผลิตภัณฑ์ยิปซัม โดยผลิตใยแก้วผสมในปูนยิปซัม เผาปูนยิปซัมที่อุณหภูมิต่าง ๆ หล่อเป็นแท่ง เติมเส้นใยแก้วปริมาณแตกต่างกัน นำมาวัดความแข็งแรงของแท่งปูนที่หล่อ ในการเสริมความแข็งแรงของ

ผลิตภัณฑ์ยิปซัม ผลิตเส้นใยแก้วขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มความแข็งแรง เมื่อใส่ในแผ่นยิปซัม สามารถ
เพิ่มคุณสมบัติการรับแรงได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำของเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษมาใช้ในการผลิตใหม่ เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทของเสียไม่เป็นอันตราย (non – hazardous waste)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ จะใช้โคลนปูน ที่นำออกจากระบบการนำสารเคมีกลับคืนของโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งเป็นกากของเสียประเภทของแข็ง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

- 2.1.1 แผ่นขึ้นรูป แผ่นฝ้าเพดาน ขนาด 60 x 60 เซนติเมตร (แม่พิมพ์)
- 2.1.2 ถังพลาสติกขนาด 2 ลิตร จำนวน 2 ใบ
- 2.1.3 เครื่องชั่ง
- 2.1.4 VERNIER (เวอร์เนีย)
- 2.1.5 เครื่องวัดความแข็งแรง Imal รุ่น IB 400 (ภาคผนวก ง)
- 2.1.6 อุปกรณ์การไล่ฟองอากาศ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

- 2.2.1 แผ่นขึ้นรูป แผ่นฝ้าเพดาน ขนาด 10 x 14 นิ้ว
- 2.2.2 ถังพลาสติกขนาด 2 ลิตร จำนวน 2 ใบ
- 2.2.3 SPATULA

- 2.2.4 กระบอกตวงขนาด 1 ลิตร
- 2.2.5 เครื่องชั่ง
- 2.2.6 ปีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิเมตร
- 2.2.7 VERNIER (เวอร์เนีย)
- 2.2.8 เครื่องวัดความแข็งแรง Imal รุ่น IB 400
- 2.2.9 ตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิได้ memmert (ภาคผนวก ก)

3. สารเคมี

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

- 3.1.1 ปูนยิปซัม
- 3.1.2 เส้นใยแก้ว
- 3.1.3 น้ำมันมะพร้าว

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

- 3.2.1 ปูนยิปซัม
- 3.2.2 กระจกฉนวนที่ด้านล่าง 180 แกรม
- 3.2.3 กระจกฉนวนที่ด้านบน 175 แกรม
- 3.2.4 แลบกาว
- 3.2.5 แป้ง

4. การทดลอง

4.1 การเตรียมการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน

เนื่องจากการใช้โคลนปูนแต่เพียงอย่างเดียวผลิตแผ่นฝ้าเพดาน แผ่นฝ้าเพดานจะแข็งแรงไม่เพียงพอ จึงต้องใช้สารปรุงแต่งช่วยในการเสริมความแข็งแรงให้กับวัสดุ ดังนั้นจึงใช้โคลนปูนเป็นวัสดุร่วมกับปูนยิปซัมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน โดยต้องการใช้โคลนปูนเป็นวัสดุร่วมมากที่สุดและมีความแข็งแรงเท่ากับหรือมากกว่า แผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยทำการทดลองให้มีอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

4.2 การเตรียมหาอัตราส่วนของปูนยิปซัมต่อโคลนปูน

4.2.1 กำหนดอัตราส่วนปูนยิปซัมต่อโคลนปูนได้ 8 สูตร จากการทดลองเบื้องต้น (ภาคผนวก ข) ในการทำแผ่นฝ้าเพดาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนของปูนยิปซัมต่อโคลนปูน

สูตรที่	อัตราส่วนปูนยิปซัม (ส่วน)	อัตราส่วนโคลนปูน (ส่วน)
1	1	1
2	1	1.5
3	1	2
4	1	3
5	1.5	1
6	2	1
7	3	1
8	4	1

4.2.2 เตรียมส่วนผสมตามสูตรต่าง ๆ โดยชั่งปูนยิปซัมต่อโคลนปูนให้มีน้ำหนักรวมเป็น 2.4 กิโลกรัม (ผลิตแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน) ต่อ 1 แผ่น ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนการเตรียมปูนยิปซัมและโคลนปูน

สูตรที่	ปูนยิปซัม (กิโลกรัม)	โคลนปูน (กิโลกรัม)
1	1.2	1.2
2	0.96	1.44
3	0.80	1.60
4	0.60	1.80
5	1.44	0.96
6	1.60	0.80
7	1.80	0.60
8	1.92	0.48

4.3 การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมคร่าวเร็ว

4.3.1 เตรียมพิมพ์ ขนาด 60 x 60 เซนติเมตร หนา 0.9 เซนติเมตร ใช้น้ำมันทาให้ทั่วพิมพ์

4.3.2 นำส่วนผสมที่ซึ่งในอัตราส่วนต่าง ๆ ผสมกับน้ำ 2.7 กิโลกรัม คนส่วนผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวอย่างรวดเร็ว

4.3.3 เทส่วนผสมลงในพิมพ์ที่ทาน้ำมันมะพร้าวเตรียมไว้และเติมเส้นใยแก้วหนัก 35 กรัม วางกระจายให้ทั่วแผ่น และกดให้เส้นใยแก้วจมลงเนื้อปูน พยายามไล่อากาศให้หมด

4.3.4 รอเวลาให้ปูนแข็งตัว โดยจะวางไว้ 2 ชั่วโมง

4.3.5 แกะออกจากพิมพ์ บันทึกสูตรต่าง ๆ ลงบนแผ่นฝ้าเพดานอัตราส่วน และนำผึ่งแดด 1 – 2 วันจนแห้งสนิท

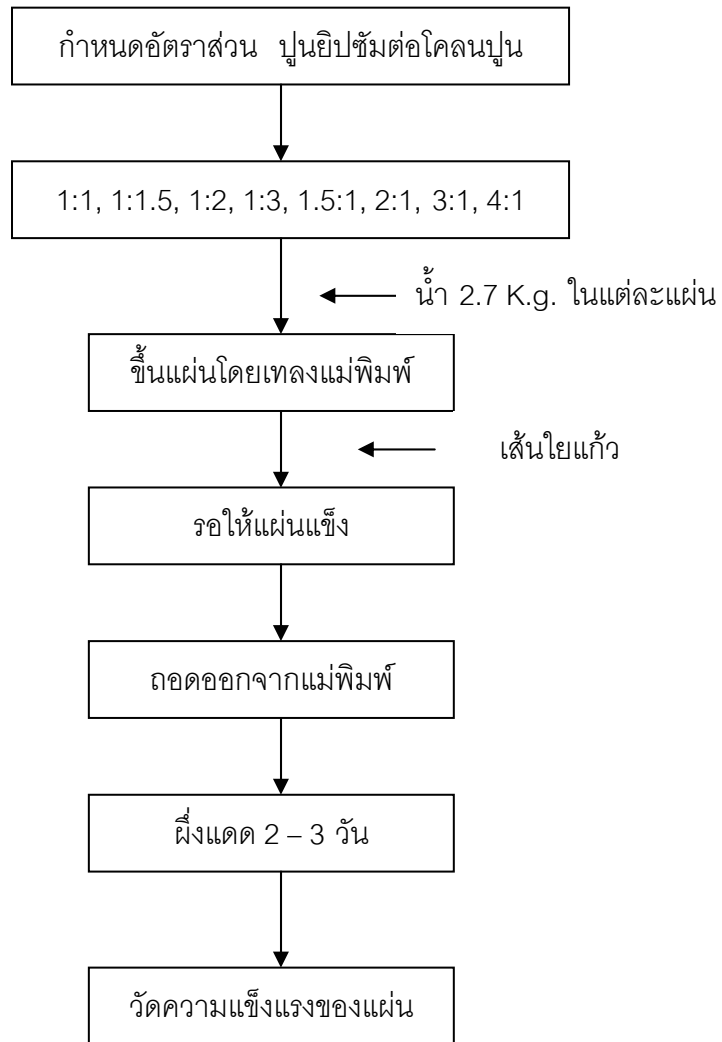
4.3.6 ตัดแผ่นฝ้าเพดาน กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ทั้ง 5 แผ่นในแต่ละอัตราส่วน

4.3.7 วัดความแข็งแรงของแผ่นด้วยเครื่อง Imal รุ่น IB400 บันทึกผล

4.3.8 เปรียบเทียบความแข็งแรงกับแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนที่
จำหน่ายตามท้องตลาด

แสดงวิธีการผลิตของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนดังแสดงจากภาพที่

3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการหาอัตราส่วนปูนยิปซัมต่อโคลนปูนหาแผ่นฝ้าเพดานแบบครัวเรือน

4.4 การผลิตและทดสอบแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

4.4.1 นำอัตราส่วนที่มีความแข็งแรง ไม่แตกต่างกับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายในท้องตลาดแบบครัวเรือนใช้ปูนยิปซัมอย่างเดียว โดยมีอัตราส่วนที่ใช้โคลนปูนมากที่สุด

4.4.2* โดยซึ่งปูนยิปซัมและโคลนปูน ในอัตราส่วนที่ได้และให้มีน้ำหนักรวม 1.5 กิโลกรัม โดยใช้พิมพ์ขนาด 10 x 14 นิ้ว หน้า 0.9 เซนติเมตร ปูนยิปซัม 900 กรัม และโคลนปูน 600 กรัม ตวงน้ำปริมาตร 800 มิลลิลิตร คนส่วนผสมให้เข้ากัน (* เนื่องจากทำในห้องทดลอง จำเป็นต้องเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำให้ลดลง เพราะต้องถอดออกจากพิมพ์แต่ในกระบวนการผลิตในโรงงานไม่ต้องถอดออกจากพิมพ์)

4.4.3 เติมแป้งความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 40 มิลลิลิตร และคนให้เข้ากัน

4.4.4 วางกระดาษคราฟท์ 180 แกรม บนแม่พิมพ์ ขนาด 10 x 14 นิ้ว หน้า 0.9 เซนติเมตร และใช้ผ้าชุบน้ำหมาด ๆ เช็ดกระดาษให้ขึ้น

4.4.5 เทส่วนผสมลงบนกระดาษ ปาดส่วนผสมให้เรียบและเติมแม่พิมพ์ และพยายามไล่ฟองอากาศในส่วนผสมที่เท

4.4.6 ปิดด้วยกระดาษคราฟท์ ขนาด 175 แกรม ขนาด 10 x 14 นิ้ว วางสี่ขวาด้านบนโดยใช้ผ้าชุบน้ำหมาด ๆ ให้กระดาษมีความชื้นและปิดบนส่วนผสม

4.4.7 หาววัสดุ มีน้ำหนักทับกระดาษเพื่อให้กระดาษด้านบนติดส่วนผสมวางไว้นาน 5 นาที

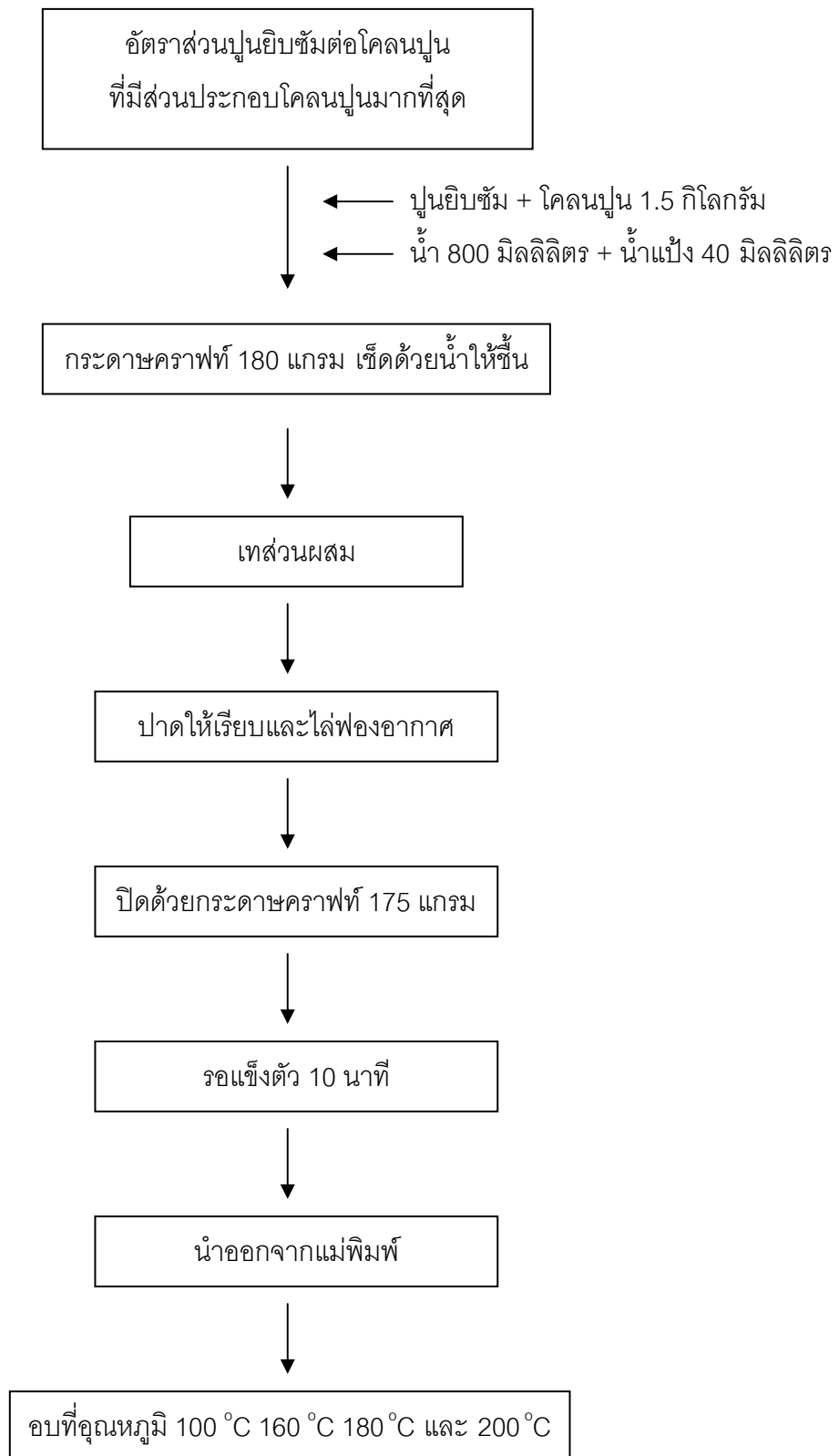
4.4.8 แกะส่วนผสมออกจากแม่พิมพ์ทั้งกระดาษด้านล่าง ติดด้วยกระดาษกาวทั้ง 4 ด้าน เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษหลุดออกจากเนื้อปูน

4.4.9 นำแผ่นฝ้าเพดาน เข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 160 องศาเซลเซียส 180 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส โดยทำอย่างละ 3 แผ่น

4.4.10 นำแผ่นฝ้าเพดาน ตัดกว้าง 50 เซนติเมตร ความยาวตามแผ่นฝ้าเพดาน ทั้ง 3 แผ่นในแต่ละอุณหภูมิ

4.4.11 วัดความแข็งแรงของแผ่นด้วยเครื่อง Imal รุ่น IB 400

วิธีการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ แสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงการผลิตแผ่นผ้าเปตานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.5.1 นำผลการทดสอบในแต่ละสูตร และที่อุณหภูมิต่าง ๆ หาค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.5.2 เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดานในแต่ละสูตรกับแผ่นผ้า เปดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยใช้สถิติการทดสอบที่ (t – test)

4.5.3 เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดานในสูตรของข้อ 4.4.2 ที่ใช้ โคลนปูนมากที่สุดในการอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ กับแผ่นผ้าเปดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ที่จำหน่าย ตามท้องตลาดของแผ่นผ้าเปดาน และในการทำแผ่นผ้าเปดานแบบอุตสาหกรรมใหม่ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ วัดความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดาน

4.5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นผ้าเปดานกับการฝังกลบ

4.6 ตัวแปรของการวิจัย

4.6.1 **ตัวแปรต้น** คือ อัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นผ้าเปดาน โดยใช้โคลนปูน เป็นตัวร่วมในส่วนผสมของการทำแผ่นผ้าเปดาน

4.6.2 **ตัวแปรตาม**

- 1) ความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดาน
- 2) ค่าใช้จ่าย ต้นทุนในการกำจัด

4.6.3 **ตัวแปรควบคุม** คือ วิธีการทำแผ่นผ้าเปดาน

4.7 เครื่องมือการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการทดลอง

4.7.1 เครื่องวัดความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดาน

4.7.2 เวอร์เนียร์

4.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.8.1 สถิติเชิงพรรณนา ใช้ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.8.2 สถิติเชิงวิเคราะห์ เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดาน และค่าใช้จ่ายโดยใช้ t - test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำแผ่นผ้าเปดาน

กำหนดอัตราส่วนของปูนยิปซัมต่อโคลนปูน ในอัตราส่วนต่างได้ 8 สูตร นำวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดาน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

สูตรที่	จำนวนครั้ง	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	5	2.48	0.28
2	5	2.28	0.19
3	5	2.30	0.16
4	5	1.96	0.11
5	5	3.86	0.11
6	5	3.98	0.14
7	5	3.98	0.13
8	5	4.12	0.16
แผ่นผ้าเปดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด	5	4.00	0.07

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของการวัดความแข็งแรงของแผ่นผ้าเปดานในการวัดค่าแต่ละครั้ง พบว่าค่าที่ได้ในสูตรที่ 8 มีค่าสูงกว่าแผ่นผ้าเปดานที่จำหน่ายตามท้องตลาดในการทำแผ่นผ้าเปดานนั้น มีการใส่เส้นใยแก้วลงไปด้วยเพื่อเสริมความแข็งแรง

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานในแต่ละสูตรกับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

ตารางที่ 4.2 การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานในส่วนต่าง ๆ กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาดแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

สูตร	Sig (2 – tailed) P – value (p)	สรุป
1	0.000	ปฏิเสธสมมติฐานว่าง
2	0.000	ปฏิเสธสมมติฐานว่าง
3	0.000	ปฏิเสธสมมติฐานว่าง
4	0.000	ปฏิเสธสมมติฐานว่าง
5	0.591	ยอมรับสมมติฐานว่าง
6	0.815	ยอมรับสมมติฐานว่าง
7	0.778	ยอมรับสมมติฐานว่าง
8	0.070	ยอมรับสมมติฐานว่าง

หมายเหตุ ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.2 ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานเป็นสูตรต่าง ๆ กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาดอุตสาหกรรมครัวเรือน (ภาคผนวก ๑) เมื่อทดสอบสมมติฐานแล้วพบว่าในสูตรที่ 1 – 4 มีความแข็งแรงน้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน และสูตรที่ 5 – 8 มีค่าความแข็งแรงมากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนที่จำหน่ายตามท้องตลาด พบสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่มีการใช้อัตราส่วนของโคลนปูนเป็นวัสดุร่วมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานมากที่สุด โดยมีอัตราส่วน ปูนยิปซัม 1.5 ส่วน และโคลนปูน 1 ส่วน

ตอนที่ 3 ประเมินผลการทดสอบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

เมื่อได้สูตรที่มีการใช้โคลนปูนมากที่สุด คือ สูตรที่ 5 นำไปทำแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ตามแบบมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 188- 2519) และนำไปอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 100 องศาเซลเซียส 160 องศาเซลเซียส 180 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานแบบ
อุตสาหกรรมใหญ่

สูตร	อุณหภูมิ (°C)	ความแข็งแรง แผ่นฝ้าเพดาน (N/mm ²)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
5	100	4.34*	0.26
5	160	3.94	0.15
5	180	4.12	.0.13
5	200	4.78	0.23
แผ่นฝ้าที่จำหน่ายในท้องตลาด	250	8.92	0.31

จากตารางที่ 4.3 แสดงความแข็งแรงแบบอุตสาหกรรมใหญ่อบที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะ ทำให้ phase ของยิปซัมเปลี่ยนไป และฟองอากาศทำให้ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานเปลี่ยนแปลงได้ *จากความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิตั้ง 1000 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงสูงกว่า 160 องศาเซลเซียส เนื่องจากขณะทำได้เกิดอุบัติเหตุในการทำ จึงไม่สามารถนำเข้าอบได้ทันที ทำให้แผ่นฝ้าเพดานเกิดการบวมตัวประมาณ 10 ชั่วโมงก่อนทำการอบ

**ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบของสูตรที่ 5 แบบอุตสาหกรรมใหญ่ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กับ
แผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด**

ตารางที่ 4.4 การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงสูตรที่ 5 แบบอุตสาหกรรมใหญ่ ที่
อุณหภูมิต่าง ๆ กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สูตร	อุณหภูมิ (°C)	P – value (p)	สรุป
5	100	0.000	ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง
5	160	0.000	ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง
5	180	0.000	ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง
5	200	0.000	ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง

หมายเหตุ ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.4 ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ (ภาคผนวก ค) พบว่าสูตรที่ 5 มีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด หรือความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นอบที่อุณหภูมิ 200 °C จะมีความแตกต่างจากแผ่นฝ้าเพดานที่อบอุณหภูมิต่าง ๆ (ภาคผนวก ช) แต่ถ้าอุณหภูมิที่สูง ๆ ก็มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของอัตราส่วนปูนยิปซัมต่อโคลนปูนที่ได้คือสูตรที่ 5 ปูนยิปซัม 1.5 ส่วนและโคลนปูน 1 ส่วน ทำให้มีความแข็งแรงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมครัวเรือน (ภาคผนวก ข) ดังนั้นจึงเปรียบเทียบราคาในการผลิตได้ในอุตสาหกรรมแบบครัวเรือน เมื่อใช้โคลนปูนที่เป็นของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เพื่อเป็นการลดต้นทุน ถ้านำโคลนปูนมาใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตยิปซัมแบบครัวเรือน

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

ต้นทุนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน ต้นทุนส่วนใหญ่ คือ ปูนยิปซัม ค่าแรงและค่าประกอบการ ค่าใช้จ่ายประมาณแผ่นละ 60 สตางค์ ดังแสดงและเปรียบเทียบกับสูตรที่ 5 โดยมีส่วนผสมปูนยิปซัม 1.5 ส่วนและโคลนปูน 1 ส่วน แผ่นฝ้าเพดาน 1 แผ่นใช้ปูนยิปซัม 2.4 กิโลกรัม จึงเหลือการใช้ปูนยิปซัม 1.44 กิโลกรัม เมื่อใช้โคลนปูน 0.96 กิโลกรัม ราคาปูนยิปซั่มกิโลกรัมละ 3.00 บาท ฉะนั้น จึงช่วยลดต้นทุนปูนยิปซั่ม 2.88 บาทต่อ 1 แผ่น (ในกรณีที่ไม่คิดราคาของโคลนปูน) ต้นทุนของอัตราส่วนปูนยิปซัม 1.5 ส่วน ต่อโคลนปูน 1 ส่วน ราคา 6.12 บาท ต่อแผ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบราคาของยิปซัมแบบครัวเรือน

ต้นทุนของแผ่นฝ้าเพดานอุตสาหกรรมครัวเรือน	ต้นทุนของแผ่นฝ้าเพดานสูตร 5
9.0 บาท ต่อ 1 แผ่น	6.12 บาท ต่อ 1 แผ่น

ราคาจำหน่ายของแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ ราคาจำหน่ายปลีกเฉลี่ยแผ่นละ 180 บาท ซึ่งแผ่นฝ้าเพดานมีขนาด 1.2 x 2.4 เมตร หรือ 2.88 ตารางเมตร คิดเป็นราคาจำหน่ายแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ 62 บาท 50 สตางค์ต่อตารางเมตร (ราคาจำหน่าย ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2547 ที่กรุงเทพมหานคร) แสดงในตารางที่ 4.6

ราคาจำหน่ายของแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน ราคาจำหน่ายปลีกเฉลี่ย แผ่นละ 11 บาท ซึ่งแผ่นผ้าเพดานมีขนาด 60 x 60 เซนติเมตร หรือ 0.36 ตารางเมตร คิดเป็นราคาจำหน่ายแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน 30 บาท 56 สตางค์ ต่อตารางเมตร (ราคาจำหน่ายปลีก ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2547 ที่จังหวัดปราชินบุรี) ดังแสดงตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงราคาจำหน่ายของแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ กับแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

ราคาแผ่นยิปซัมแบบอุตสาหกรรมใหญ่ (บาท/ตารางเมตร)	ราคาแผ่นยิปซัมแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน (บาท/ตารางเมตร)
62.50	30.56

พบว่าราคาของแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ (ตาม มอก.) มีราคาขายเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นยิปซัมเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน 2 เท่า

ฉะนั้นถ้านำโคลนปูนเป็นวัสดุร่วมในการผลิตแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน สามารถลดต้นทุนได้และทำให้มีโอกาสแข่งขันกับแผ่นผ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ได้ โดยห้องชุด 1 ห้อง จะมีพื้นที่ประมาณ 24 ตารางเมตร จะใช้แผ่นผ้าเพดานอุตสาหกรรมครัวเรือนประมาณ 70 แผ่น ต้นทุนการผลิต 630 บาท ถ้าใช้แผ่นผ้าเพดานสูตร 5 มีต้นทุนการผลิต 428.40 บาท (จากตารางที่ 4.5) ดังนั้นถ้าใช้แผ่นผ้าเพดานสูตร 5 จะได้กำไรเพิ่มขึ้น เป็นเงิน 201.60 บาท

ตอนที่ 6 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสีย (โคลนปูน)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายในการกำจัดและราคาจำหน่ายโคลนปูน

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดโคลนปูน		ราคาจำหน่ายโคลนปูน
ฝังกลบ (บาท/ตัน)	เผาในเตาโรงปูน (บาท/ตัน)	เพื่อการเกษตร (บาท/ตัน)
680 – 810	400	72 (รวมค่าขนส่งแล้ว)

ที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ในจังหวัดปราชินบุรี

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดโคลนปูนมีราคาค่อนข้างสูง ต้องงดใช้การฝังกลบในช่วงฤดูฝน และการเผาในเตาโรงปูน ยังไม่ชัดเจน ส่วนการจำหน่ายเพื่อการเกษตร รวมค่าขนส่งมีราคา 72 บาทต่อตันโคลนปูน (ปราจีนบุรี – สระบุรี) แต่ถ้าระยะในการขนส่งไปทำการผลิตแผ่นยิปซัมต่าง จากโรงงานประมาณ 20 กิโลกรัม ราคาขายให้อุตสาหกรรมครัวเรือนเพิ่มขึ้น และสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อ ชุมชน

ตอนที่ 7 เปรียบเทียบราคาโคลนปูน

จากตารางที่ 4.5 ต้นทุนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนลดลงเมื่อใช้โคลนปูนเป็นวัสดุร่วมกับปูนยิปซัมได้ 2.88 บาทต่อแผ่น ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษจำหน่ายให้ผู้ผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนในราคา 0.88 บาทต่อ 0.96 กิโลกรัม (ผู้ผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีต้นทุนลดลง 2 บาท ต่อแผ่น) คิดเป็นราคาโคลนปูนกิโลกรัมละ 0.916 บาท ดังนั้นโคลนปูน 1 ตันมีมูลค่า 916.67 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่จำหน่ายเพื่อการเกษตรได้ราคา 72 บาท ต่อ ตัน จึงเห็นได้ว่าโคลนปูนที่จำหน่ายให้กับการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน จะได้มูลค่าของสินค้าเพิ่มขึ้น 844.61 บาท และระยะทางในการส่งโคลนปูนจะใกล้กว่าการส่งโคลนปูนเพื่อการเกษตร และถ้าเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ โคลนปูนกับการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนที่ใช้โคลนปูนเป็นวัสดุรวมในสูตรที่ 5 จะมีมูลค่าเพิ่มเป็น 1596.67 – 1726.67 บาท ต่อตัน (คิดจากราคาในการฝังกลบ รวมกับราคาจำหน่ายโคลนปูนราคา กิโลกรัมละ 0.916 บาท) เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝังกลบโคลนปูน จำหน่ายได้อีกในราคาตันละ 916.67 บาท

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาวิธีการนำโคลนปูนใช้เป็นวัสดุที่ฝ้าเพดาน เป็นการมุ่งเน้นที่จะนำกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (waste) โคลนปูนจากเตาเผาปูนมาทำแผ่นฝ้าเพดาน เนื่องจากส่วนประกอบของโคลนปูนส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต มีคุณสมบัติคล้ายกับปูนยิปซัม แต่แคลเซียมคาร์บอเนตไม่จับตัวกัน จึงต้องใช้เป็นวัสดุร่วมในการทำแผ่นฝ้าเพดาน

1.1.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดาน ที่ทำจากโคลนปูน กับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

เปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากโคลนปูนในอัตราส่วนต่าง ๆ และได้อัตราส่วนที่มีความแข็งแรงเทียบเท่ากับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) โดยมีการใช้โคลนปูนเป็นส่วนผสมมากที่สุด คือ ปูนยิปซัม 1.5 ส่วน ต่อโคลนปูน 1 ส่วน ในแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

1.1.3 เปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่ใช้โคลนปูนกับการฝังกลบโคลนปูน

1.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

มีการหาอัตราส่วนของการใช้โคลนปูน เป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน และเปรียบเทียบกับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ใช้โคลนปูน เป็นส่วนผสมมากที่สุดในการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน ผลที่ได้จากการทดสอบนี้ทำให้ทราบส่วนผสมที่ดีที่สุดนำมาผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมใหญ่ ซึ่งเป็นการจำลองแบบในห้องทดลอง

1.3 ผลการวิจัย

ผลการทดลองเป็นตามวัตถุประสงค์ คือสามารถนำโคลนปูนเป็นส่วนร่วมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานได้ ในอัตราส่วนปูนยิปซัม 1.5 ส่วนต่อโคลนปูน 1 ส่วน

ในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน โคลนปูนที่ใช้เป็นส่วนร่วมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานในอัตราส่วนปูนยิปซัม 1.5 ส่วนต่อโคลนปูน 1 ส่วน พบว่าผลการทดลองนั้นมีความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานกับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในระดับอุตสาหกรรมใหญ่ ตามแบบ มอก. โคลนปูนที่ใช้เป็นวัสดุร่วมในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานในอัตราส่วนปูนยิปซัม 1.5 ส่วนต่อโคลนปูน 1 ส่วน พบว่าผลการทดลองนั้นมีความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานกับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แผ่น – ฝ้าเพดาน (ยิปซัม)

ค่าใช้จ่ายในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนที่ใช้โคลนปูนเป็นวัสดุร่วมเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการฝังกลบนั้น ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานนี้มีค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่สามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่เกิดผลกำไร เป็นมูลค่าเพิ่มในตัวของโคลนปูน

2. อภิปรายผล

2.1 แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน การใช้โคลนปูนมาเป็นส่วนร่วมในการทำแผ่นฝ้าเพดาน ในอัตราส่วนปูนยิปซัม 1.5 ส่วนต่อโคลนปูน 1 ส่วน หรือสูตรที่ 5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมและความแข็งแรงไม่แตกต่างกับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) ที่จำหน่ายตามท้องตลาด สามารถใช้ได้จริงและถ้าผู้ทำอุตสาหกรรมครัวเรือนจะนำไปใช้เป็นส่วนผสม ในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานจะเสียค่าใช้จ่ายของโคลนปูนในราคาตันละ 916.67 บาท แทนปูนยิปซัมในราคาตันละ 3,000 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตประมาณ 2,000 บาท (คิดจากแผ่นฝ้าเพดาน 1 แผ่น ใช้ปูนยิปซัมอย่างเดียว 2.4 กิโลกรัม = แผ่น ฝ้าเพดาน 1 แผ่นตามสูตรที่ 5 คือใช้ปูนยิปซัม 1.44 กิโลกรัม + โคลนปูน 0.96 กิโลกรัม ดังนั้นในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่ใช้ปูนยิปซัมเพียงอย่างเดียว 3,000 บาท เปรียบเทียบกับสูตรที่ 5 ซึ่งใช้ปูนยิปซัมในราคา 600.05 บาท และโคลนปูน 400.03 บาท)

2.2 แบบอุตสาหกรรมใหญ่ ตามแบบ มอก. โดยอัตราส่วนผสมปูนยิปซัม 1.5 ส่วน ต่อโคลนปูน 1 ส่วน หรือสูตรที่ 5 นั้นอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้นที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งแรงมากที่สุดในกลุ่มที่อบอุณหภูมิต่าง ๆ (ภาคผนวก ข.) แต่ความแข็งแรงมีความแตกต่างกันไม่สามารถเทียบเท่ากับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) ที่จำหน่ายตามท้องตลาดแบบอุตสาหกรรมใหญ่ อาจเนื่องมาจากการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่มีส่วนผสมโคลนปูน ทำในห้องทดลองอาจทำให้การได้ฟองอากาศไม่ดีพอและการติดกระดาษ ถ้ามีการเติมสารเร่งหรือสารหน่วง และสารปรุงแต่งเพิ่มความแข็งแรงตามสูตรต่าง ๆ ของทางบริษัทผู้ผลิตแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม) ความแข็งแรงอาจจะไม่แตกต่างกันได้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ในการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือนได้ และลดต้นทุนเห็นได้ชัดเจน และมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกับแผ่นฝ้าเพดาน (ยิปซัม)

3.1.1 อาจจะใช้ไขมันทาด้านหลังของแผ่นบาง ๆ เพื่อป้องกันฝุ่นที่อาจออกมาด้านหลังแผ่นได้ เพราะเป็นแผ่นเปลือย ไม่มีกระดาษหุ้ม

3.1.2 ความชื้นที่มีอยู่ในโคลนปูนอาจซึ่งน้ำหนักมากขึ้น หรือลดลง ปริมาณน้ำเพื่อให้เนื้อส่วนผสม มีความแข็งแรงเท่ากันในแต่ละแผ่น และไม่ต้องเพิ่มเครื่องอบแห้ง

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ในแบบอุตสาหกรรมใหญ่ การผลิตแผ่นฝ้าเพดาน นั้นศึกษาวิธีการได้ฟองอากาศตรงเนื้อปูน ส่วนนี้ถ้าฟองอากาศมากความแข็งแรงของแผ่นน้อยลงได้

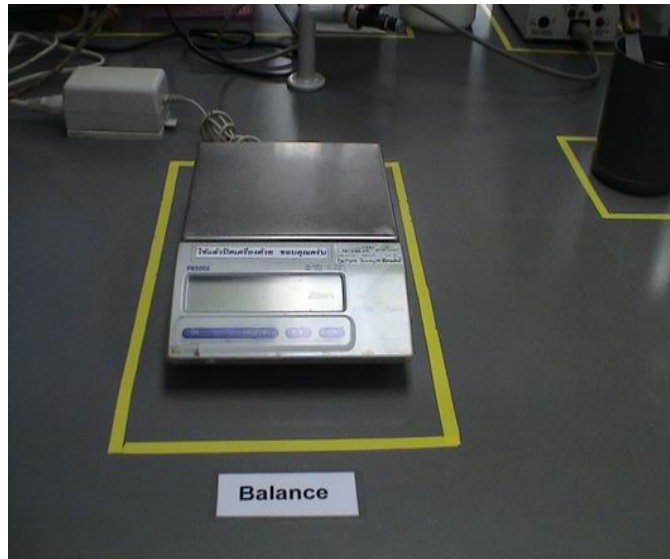
3.2.2 ในอุตสาหกรรมใหญ่ การผลิตแผ่นฝ้าเพดาน จะมีปัญหากระดาษติดกับเนื้อปูนไม่แน่นเท่ากันทั่วแผ่น บางส่วนจะหลุดลอกออก ซึ่งได้ใช้แถบกาวยึดทั้ง 4 ด้าน พบว่ามีรอยเหนียว เมื่อนำเข้าอบในตู้อบร้อน

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตแผ่นผ้าพาดาน

ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตแผ่นผ้าพาดาน



ภาพที่ ก. 1 เครื่องชั่ง



ภาพที่ ก. 2 เครื่องวัดความแข็งแรง



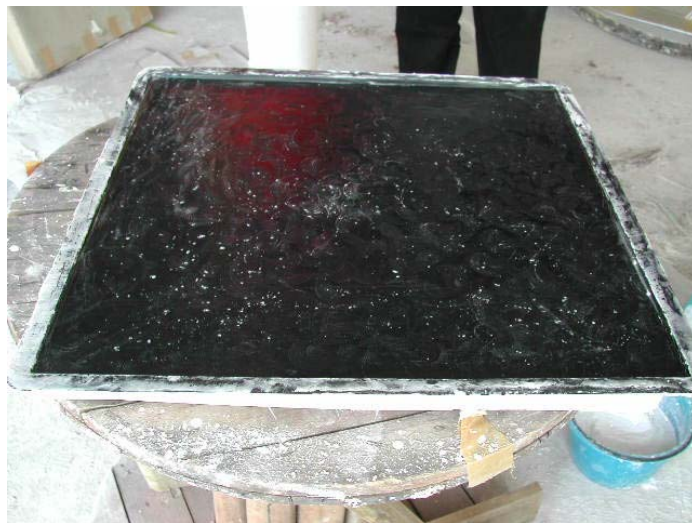
ภาพที่ ก. 3 เครื่องวัดความหนาแน่น



ภาพที่ ก. 4 เครื่องอบ



ภาพที่ ก. 5 แม่พิมพ์แผ่นผ้าเตทานในอุตสาหกรรมใหญ่



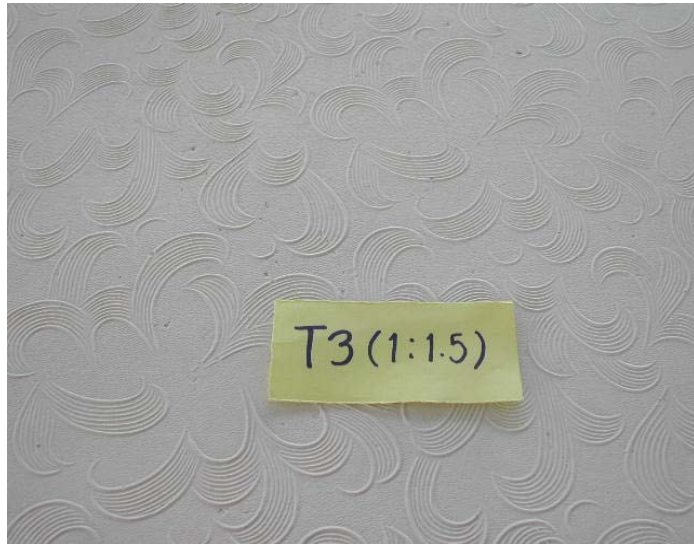
ภาพที่ ก. 6 แม่พิมพ์แผ่นผ้าเตทานในอุตสาหกรรมครัวเรือน



ภาพที่ ก.7 อุปกรณ์ไล่ฟองอากาศของอุตสาหกรรมครัวเรือน



ภาพที่ ก.8 การบุฝ้าเพดานด้วยแผ่นฝ้าเพดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน



ภาพที่ ก.9 ตัวอย่างแผ่นฝ้าเพดานในอุตสาหกรรมครัวเรือน



ภาพที่ ก.10 ตัวอย่างแผ่นฝ้าเพดานในอุตสาหกรรมครัวเรือน



ภาพที่ ก. 11 ตัวอย่างแผ่นฝ้าเพดานในอุตสาหกรรมใหญ่

ภาคผนวก ข.

การทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องต้น

จากวัตถุประสงค์การวิจัยนี้ ศึกษาวิธีการนำโคลนปูนใช้เป็นวัสดุผลิตแผ่นฝ้าเพดาน และเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานที่มีส่วนผสมของโคลนปูนกับแผ่นฝ้าเพดานที่ผลิตตามท้องตลาด ดังนั้นจึงทดลองความแข็งแรงของตัวโคลนปูนเบื้องต้น โดยสร้างแม่พิมพ์นำโคลนปูนมาเทลงในแม่พิมพ์ แสดงในภาคผนวก เมื่อถอดออกจากพิมพ์ พบว่ามีรอยแตกร้าวมาก



ภาพที่ ข.1 แสดงชนิดปูนที่ใช้ในการทดลอง

จึงทดลองนำโคลนปูนผสมกับปูนยิปซั่มในอัตราส่วนต่าง ๆ และหาอัตราส่วนที่มีโคลนปูนผสมมากที่สุด ซึ่งเมื่อทดลองแล้วถอดพิมพ์ออกไม่มีรอยแตกร้าว อัตราส่วนผสมโคลนปูนต่อปูนยิปซั่มที่มีส่วนผสมของโคลนปูนมากที่สุดคือ 1 ต่อ 3 แสดงดังภาพที่ และจากการทดลองหักชิ้นงานที่ถอดจากแม่พิมพ์ พบว่าอัตราส่วนปูนยิปซั่ม 1 ส่วน ต่อโคลนปูน 1 ส่วน กับปูนยิปซั่ม 1 ส่วน ต่อโคลนปูน 2 ส่วน ความยากง่ายในการหักแตกต่างกันมาก และเมื่อนำส่วนผสมปูนยิปซั่มต่อโคลนปูนมาเทลงแม่พิมพ์ พบว่าอัตราส่วนที่น่าจะนำมาทดสอบคือ 1:1 1.5:1 2:1 3:1 4:1 1:1.5 1:2 และ 1:3



ภาพที่ ข.2 แม่พิมพ์ในการหล่อปูน



ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างขั้นตอนทดสอบอัตราส่วนปูนยิปซัม 1 ส่วน ต่อโคลนปูน 3 ส่วน

ภาคผนวก ค.

ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำแผ่นผ้าพาดาน

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นผ้าพาดานแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน

สูตรที่	ความแข็งแรง Modulus force (N/mm ²)	จำนวนครั้ง	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2.6,2.9,2.3,2.4,2.2	5	2.48	0.28
2	2.3,2.4,2.5,2.0,2.2	5	2.28	0.19
3	2.4,2.5,2.2,2.3,2.1	5	2.30	0.16
4	1.8,2.1,2,1.9,2.0	5	1.96	0.11
5	3.7,3.8,3.9,4,3.9	5	3.86	0.11
6	4.0,3.9,4.0,3.8,4.2	5	3.98	0.14
7	4.0,4.1,4.1,3.8,3.9	5	3.98	0.13
8	4.0,4.4,4.0,4.1,4.1	5	4.12	0.16
แผ่นผ้าพาดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด	4.0,4.1,3.9,4.0,4.0	5	4.00	0.07

2. การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแข็งแรงของแผ่นผ้าพาดานเป็นสูตรต่าง ๆ กับแผ่นผ้าพาดานที่จำหน่ายตามท้องตลาดได้ดังนี้

Paired Samples Test

		Paired Differences		T	Df	Sig (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	100 – 2	1.4508	1.9892	17.740	4	.000
Pair 2	100 – 1	1.2369	1.8031	14.905	4	.000
Pair 3	100 – 3	1.5479	1.8521	31.038	4	.000
Pair 4	100 – 4	1.8984	2.1816	40.008	4	.000
Pair 5	100 – 5	-.0483	.3283	2.064	4	.591
Pair 6	100 – 6	-.2021	.2421	.250	4	.815
Pair 7	100 – 7	-.1642	.2042	.302	4	.778
Pair 8	100 – 8	-.2560	.0160	-2.449	4	.070

1. สมมติฐานของสูตรที่ 1

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 1 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 1 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 1 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

2. สมมติฐานของสูตรที่ 2

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 2 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 2 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 2 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

3. สมมติฐานของสูตรที่ 3

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 3 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 3 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 3 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

4. สมมติฐานของสูตรที่ 4

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 4 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 4 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 4 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

5. สมมติฐานของสูตรที่ 5

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 5 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 5 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 5 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.591)

6. สมมติฐานของสูตรที่ 6

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 6 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 6 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 6 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.815)

7. สมมติฐานของสูตรที่ 7

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 7 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 7 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 7 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.778)

8. สมมติฐานของสูตรที่ 8

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 8 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 8 น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานสูตรที่ 8 มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.070)

ภาคผนวก ง.

ผลการทดสอบแบบอุตสาหกรรมใหญ่

ผลการทดสอบแบบอุตสาหกรรมใหญ่

1. ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบอุตสาหกรรมใหญ่

สูตร	อุณหภูมิ (°C)	ความแข็งแรงของแผ่น	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
5	100	3.9,4.4,4.6,4.0,4.4	4.34	0.26
5	160	4.2,3.9,3.9,3.9,3.8	3.94	0.15
5	180	4.0,4.2,4.3,4.0,4.1	4.12	.0.13
5	200	4.5,4.6,5.0,5.0,4.8	4.78	0.23
แผ่นฝ้าเพดานอุตสาหกรรมใหญ่	250	9.0,8.7,9.4,8.9,8.6	8.92	0.31

2. การทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Paired Samples Test

		Paired Differences		T	df	Sig (2-tailed)
		95% Confidence interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	100 - market	-5.1169	-4.0431	-23.683	4	.000
Pair 2	160 - market	-5.3566	-4.3034	-36.713	4	.000
Pair 3	180 - market	-5.1512	-4.4488	-37.947	4	.000
Pair 4	200 - market	-4.5187	-3.7613	-30.356	4	.000

2.1 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

2.2 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

2.3 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่จำหน่ายตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

2.4 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่กำหนดตามท้องตลาด

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่กำหนดตามท้องตลาด

ได้ทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่กำหนดตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tail = 0.000)

ภาคผนวก จ.
การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐาน

1. การทดสอบสมมติฐานการอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกันภายในกลุ่ม

Paired Samples Test

		Paired Difference							
				95% Confidence					
		Std.	Std.	Interval of the				Sig.	
		Deviation	Error	Difference	Lower	Upper	t	(2-	
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	df	tailed)	
Pair 1	100 – 160	.4000	.40000	.17889	-.0967	.8967	2.236	4	.089
Pair 2	100 – 180	.2200	.25884	.11576	-.1014	.5414	1.901	4	.130
Pair 3	100 – 200	-.4400	.16733	.07483	-.6478	-.2322	-5.880	4	.004
Pair 4	160 – 180	-.1800	.23875	.10677	-.4764	.1164	-1.686	4	.167
Pair 5	180 – 200	-.6600	.23022	.10296	-.9459	-.3741	-6.410	4	.003
Pair 6	160 – 200	-.8400	.34351	.15362	-1.2665	-.4135	-5.468	4	.005

1.1 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสกับ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นผ้าพีดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นผ้าพีดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นผ้าพีดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นผ้าพีดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นผ้าพีดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้อยกว่า แผ่นผ้าพีดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.004)

1.2 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส กับ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส น้อยกว่า แผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.005)

1.3 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส กับ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสน้อยกว่า แผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.003)

1.4 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสกับ 160 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับ แผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.089)

1.5 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กับ 180 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.130)

1.6 ทดสอบสมมติฐานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสกับ 180 องศาเซลเซียส

สมมติฐานว่าง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

สมมติฐานแย้ง : ความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

น้อยกว่าแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

ได้ทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent Sample t – test พบว่าความแข็งแรงของแผ่นฝ้าเพดานอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นฝ้าเพดานที่อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (Sig – 2 tailed = 0.167)

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรและธรณี (2547) เหมืองแร่และสัมปทาน. ค้นคืนวันที่ 1 เมษายน 2547

จาก <http://www.dpim.go.th/pp/title.php>

กัลยา วาณิชย์ปัญญา (2544) *การใช้ spss for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูลเวอร์ชัน*

7 – 10 กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ

ชาตรี ลีตือนันต์ (2543) “การผลิตพลาสติกโพรเจกชันจากยิปซัมฟลูแก๊ส” วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิก บัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัฐพงษ์ พิณใจคำและโกวิท ทวีคุณ (2538) “การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของปูนพลาสติก

ที่ผลิตในประเทศไทย” *โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์*

กรุงเทพมหานคร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นารถพล บัวอำไพ (2544) “การผลิตตัวเติมแอนไฮไดรท์จากยิปซัมฟลูแก๊ส” วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิก บัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิติ พูนไชยศรี (2544) “มาตรฐานของน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม” ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการ*

จัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 2 หน้าที่ 56 นนทบุรี. มหาวิทยาลัย

สุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

_____ . (2544) “การจัดการขยะมูลฝอยจากอุตสาหกรรม” ใน *ประมวลสาระชุดวิชา*

อาชีพอนามัยและความปลอดภัย และการจัดการกากของเสียในโรงงาน อุตสาหกรรม

หน่วยที่ 14 หน้าที่ 293 – 298 นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขา

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

ผู้จัดการวิเคราะห์ (2547) เยื่อกระดาษ ค้นคืนวันที่ 29 กันยายน 2547 จาก

<http://manager.co.th/Business/viewNews.aspx>

- ยงยุทธ โอสกสภา (2542) *คัพพ์ในวงการปู้ย* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์
- วิจิต ประกายพรรณ (2540) “การผลิตยิปซัมพลาสติกจากยิปซัมฟลูแก๊สแหล่งแม่เมาะ”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิก บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วิทยา เพียรวิจิตร และคณะ (2524) *วัสดุการก่อสร้าง* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
- สุธีรา ฤทธิวารี (2537) “Reinforcement of Gypsum Product by Glass Fiber” *โครงการการ
เรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์* กรุงเทพมหานคร
- โสภิตา คำหาญ (2546) “แหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วลิสงในภาคตะวันออก
เฉียงเหนือ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- เทสท์เทค (2547) *ผลการทดสอบโคลนปูน* กรุงเทพมหานคร เทสท์เทค
- Johan Gullichsen, Pairi Uusitalo and Mikael Sredman (2000). *Chemical Pulping book*
6 A Finland : Gummerus printing.
- Julia Gaskin, William Miller and Lawrence Morris (2004) *Land Application of Pulp
Mill Lime Mud Bulletin* : Department of Agriculture Cooperating
University of Georgia.
- The University of Maine (2004) *Beneficial Use of Solid waste in Maine Retrieved*
August 5, 2004, from [http://useit.umecir.maine.edu/materials/lime
mud/feneficial_uses.htm](http://useit.umecir.maine.edu/materials/lime
mud/feneficial_uses.htm)
- Thomas M Grace, Earl W. Malcahm and Bengt Iecpoid (1994) *Pulp and Paper
Manufacture* 3rd Finland : Grace.

_____. (1995) *Perry's Chemical Engineers' handbook*. Edition 6th England :
Donygreen.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวศรีสุนีย์ ชิวเมธิ
วัน เดือน ปี เกิด	22 สิงหาคม 2516
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลหัวเฉียว กรุงเทพฯ ฯ
ประวัติการศึกษา	วทบ. (เคมี) วิทยาลัยครูสวนดุสิต พ.ศ. 2537
สถานที่ทำงาน	บริษัท แอ็ดวานซ์อะโกร (มหาชน) จำกัด อำเภอศรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี
ตำแหน่ง	หัวหน้างาน