การผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

Paper production from *Penicum repens*

วรินธร บุญยะโรจน์

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด
ผู้วิจัย วรินธร บุญยะโรจน์
ปีที่ทำวิจัย พ.ศ. 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากหญ้าชันกาดในการผลิตกระดาษทำมือ โดยหญ้าชันกาดจัดเป็นวัชพืชชนิดหนึ่งซึ่งพบมากในประเทศไทย จากศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดและศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดนั้น ในการศึกษาจะตัดหญ้าชันกาดให้มีความยาวของเส้นใยประมาณ 0.5-2.5 เซนติเมตร และแช่ล้างเส้นใยหญ้าชันกาดด้วยสารละลายด่างที่มีความเข้มข้น 0 % , 5%, 10% , 15% และ 20 % ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด และวัดค่าความเป็นกรดด่าง ให้อยู่ในช่วง 7-8 หลังจากนั้นเยื่อหญ้าชันกาดจะถูกขึ้นรูปให้เป็นแผ่นบนตะแกรงและปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง ซึ่งกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดที่ผลิตได้จะมีสีน้ำตาลปนเขียวและเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้ในการแช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดต่อคุณสมบัติของกระดาษทำมือที่ผลิตได้นั้น พบว่าความเข้มข้นของสารละลายด่างมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและความหนาแน่นจริงของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้ ตลอดจนมีผลต่อลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของเยื่อกระดาษที่ถูกวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

คำสำคัญ : เยื่อกระดาษจากหญ้า, พืชที่ไม่ใช่ไม้, หญ้าชันกาด

Title Paper production from *Penicum Repens*.
Researcher Varinthorn Boonyaroj
Year 2016

Abstract

Panicum repens is a species of grass. The paper has been made from non-wood materials for long times. This research was used *Panicum repens* for made grass pulp as non-wood fiber. The influence of alkaline concentrations on properties of pulp from *Panicum repens* was investigated under room temperature. Alkaline concentration levels were varied at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively. Moreover, Paper pulp from *Panicum repens* was observed by scanning electron microscope (SEM). This research has controlled the length of fiber approximately 0.5-2.5 cm before soaked with alkaline concentration at 1 hour and soak with water for controlled pH value at 7-8. Paper pulp was formed on a sieve. The result showed that color of paper pulp made from *Panicum repens* was light brown and green. SEM showed that alkaline concentration affects the physical properties of paper pulp. Moreover, true density of paper pulp was also investigated in this research.

Keywords: grass paper pulp, non-wood fiber, *Panicum repens*.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2559 ขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมฯ ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณฝ่ายวิชาการและวิจัยของคณะวิทยาศษสตร์ฯ ที่ให้คำแนะนำตลอดการวิจัย ขอขอบคุณหัวหน้างานการเงินสำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการรายงานความก้าวหน้าในการทำวิจัยและการเบิกจ่ายงบประมาณการวิจัย และขอขอบคุณ ดร.สมัญญา สงวนพรรค จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวของตัวอย่างกระดาษทำมือที่ผลิตจากหญ้าชันกาด

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวบุญยะโรจน์ ที่เป็นกำลังใจสำคัญในการดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วง พร้อมทั้งให้คำปรึกษา พร้อมทั้งคอยสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

วรินธร บุญยะโรจน์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(ข)
กิตติกรรมประกาศ		(ค)
สารบัญ		(ง)
สารบัญตาราง		(จ)
สารบัญภาพ		(ฉ)
1. บทนำ		**1**
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		**2**
2.1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหญ้าชันกาด	2
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย	3
2.3	การผลิตเยื่อกระดาษ	3
2.4	สมบัติเชิงโครงสร้างของกระดาษ	5
3. วิธีดำเนินการวิจัย		**6**
3.1	การเตรียมหญ้าชันกาดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ	6
3.2	การเตรียมเยื่อกระดาษจากหญ้าชันกาดด้วยสารละลายด่าง	6
3.3	การศึกษาคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด	10
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		**12**
5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ		**17**
บรรณานุกรม		**18**
ภาคผนวก		**20**
ภาคผนวก ก การนำเสนอบทความวิจัยในการประชุมวิชาการนานาชาติ		21
ประวัติผู้วิจัย		**27**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ลักษณะของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดและค่าความหนาแน่นจริงของตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องวัดความหนาแน่นแก๊สพิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer)	13

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	หญ้าชันกาด (*Panicum repens*)	6
3.2	การเตรียมหญ้าชันกาดแห้งขนาด 0.5-2.5 ซม.	7
3.3	หญ้าชันกาดที่ถูกแช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบกำหนดเวลา 1 ชั่วโมง	7
3.4	เยื่อหญ้าชันกาดที่ผ่านการแช่ล้างด้วยสารละลายด่างและล้างด้วยสะอาด (pH = 7-8)	8
3.5	ลักษณะของเยื่อหญ้าชันกาดก่อนขึ้นรูปเป็นแผ่น	8
3.6	ลักษณะเยื่อกระดาษที่กระจายตัวบนเฟรมแสตนเลส	9
3.7	กระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด	9
3.8	ภาพรวมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	11
4.1	แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5	15
4.2	แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10	15
4.3	แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15	16
4.4	แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20	16
ผ$_{ก}$	การนำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “EFFECT OF ALKALINE CONCENTRATIONS ON PROPERTIES OF PANICUM REPENS FOR PULP AND PAPER” ในการประชุมวิชาการนานาชาติในรูปแบบโปสเตอร์	22

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

วัชพืชเป็นพืชที่สามารถพบเห็นอยู่ทั่วไปทั้งในบริเวณบ้านเรือน ชุมชน สถานที่ราชการ สนามกอล์ฟ แม่น้ำลำคลอง สถานที่พักตากอากาศ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้าง หรือริมถนนโดยทั่วไป จะพบเห็นวัชพืชหลายชนิดเจริญเติบโตอยู่และไม่ได้ให้ความสำคัญ โดยวัชพืชอาจทำความเสียหายให้แก่ภาคเกษตรกรรม อีกทั้งยังเป็นอุปสรรคต่อการคมนาคมทั้งทางบกและทางน้ำ ทำให้สถานที่ขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อย แต่ความจริงแล้ววัชพืชนั้นประโยชน์มากมาย เนื่องจากวัชพืชหลายๆ ชนิดเป็นพืชสมุนไพรและสามารถใช้รักษาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้ วัชพืชหลายชนิดสามารถเป็นอาหารสำหรับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงได้ อีกทั้งสามารถใช้เป็นวัสดุในการศิลปหัตถกรรม อุตสาหกรรม หรือใช้ในครัวเรือน บางชนิดมีความสวยงามและสามารถใช้ประดับตกแต่งสวนให้สวยงามได้ นอกจากนี้วัชพืชยังสามารถช่วยยึดหน้าดินไม่ให้พังทลาย ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากนำวัชพืชมาช่วยในการบำบัดมลพิษสิ่งแวดล้อม ทั้งมลพิษทางน้ำ มลพิษอากาศ เป็นต้น ทั้งนี้การนำหญ้าชันกาดวัชพืชท้องถิ่นที่ถูกตัดทิ้งเป็นจำนวนมากมาศึกษาวิจัยและพัฒนาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเยื่อกระดาษเชิงหัตถกรรม ซึ่งเป็นการนำเศษวัชพืชซึ่งไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพื่อลดผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้และลดมลพิษสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ รวมทั้งส่งผลให้เกิดการสร้างงานสร้างอาชีพให้กับประชาชนทั่วไปที่สนใจ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

1.2.2 เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 วัชพืชที่ใช้ในการศึกษา คือ หญ้าชันกาด

1.3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยหญ้าชันกาด

1.3.3 ทดสอบกระดาษทำมือจากชันกาดทางด้านกายภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทางเลือกใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์กระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

1.4.2 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการแนะนำอาชีพเสริมสร้างรายได้ให้กับประชาชนทั่วไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหญ้าชัดกาด

วัชพืชเป็นพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในพื้นที่ต่างๆ และแพร่กระจายทั่วประเทศไทย ซึ่งโดยใหญ่นั้นไม่เป็นที่ต้องการและไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ อีกทั้งอาจแย่งสารอาหารไปจากพืชหลักที่ปลูก และสามารถสร้างความเสียหายให้กับพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรได้ ทั้งนี้หญ้าจัดเป็นวัชพืชชนิดหนึ่งซึ่งชอบดินแห้ง เมล็ดส่วนใหญ่ไม่งอกและขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า (อารันต์, 2532)

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าชันกาด (*Panicum repens*)

หญ้าชันกาดเป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน มีขน ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปแถบกว้าง 2-8 มิลลิเมตร ยาว 4-15 เซนติเมตร ขอบใบสากเล็กน้อย อาจมีขนที่โคนใบ ดอกช่อแยกแขนงยาว 3-19 เซนติเมตร ช่อดอกย่อย กว้าง 1.0-1.3 มิลลิเมตร ยาว 2.6-3.0 มิลลิเมตร รูปขอบขนานแกมวงรีถึงรูปใบหอกแกมวงรี บางครั้งอาจมีสีม่วง ปลายแหลมกาบช่อย่อยแผ่นล่าง รูปไข่ยาว 0.6-0.8 มิลลิเมตร ปลายตัดถึงกลม กว้าง กาบช่อย่อยแผ่นบนยาวเท่าๆกับช่อดอกย่อย ดอกย่อยล่างๆเป็นดอกตัวผู้ กาบล่างและกาบบนยาวเท่าๆกัน ดอกย่อยบนๆรูปวงรี กว้าง 0.8-1.1 มิลลิเมตร ยาว1.7-2.2 มิลลิเมตร สีขาวผิวเกลี้ยงเป็นมัน ปลายแหลมอับเรณูสีส้ม ยาว 1.4-1.7 มิลลิเมตร ลำต้นตั้งตรงหรือเป็นข้องอที่โคน ไม่แตกแขนง ปล้องรูป ทรงกระบอกกลวง ข้อเกลี้ยง ลิ้นใบเป็นเยื่อ มีความยาว 0.4 -1.0 มิลลิเมตร

ดอกของหญ้าชันกาดนั้นจะออกเป็นช่อ (panicle) ซึ่งมีขนาดความยาวตั้งแต่ 7-18 เซนติเมตร ประกอบด้วย ช่อดอกย่อย(spikelet) เป็นจำนวนมาก ช่อดอกย่อย ประกอบด้วยกาบ 2 อัน กาบล่าง (lower lemma) ยาว 2.5-3 มิลลิเมตร บาง และมีสีม่วงอยู่ด้านบน มีลายเส้น 6-9 เส้น ปลายแหลม ช่อดอกย่อยจะมีดอกย่อย 2 ดอก ดอกแรกจะเป็นดอกตัวผู้ ประกอบด้วยกาบนอก (lemma) ซึ่งคล้ายกับกาบบน แต่สั้นกว่าเล็กน้อยมีลายเส้น 7-9 เส้น กาบใน (palea) บางใส มีลายเส้น 2 เส้น ส่วนของกลีบดอกที่ลดรูปไป 2 อัน มีขนาดเล็ก เกสรตัวผู้ 3 อัน อับละอองเรณูสีเหลืองส้ม เกสรตัวเมียมีท่อรังไข่ 2 อันที่ปลายมีขนสีม่วงปกคลุม

2.2.2 ประโยชน์ของหญ้าชันกาด

หญ้าชันกาดนั้นมีคุณประโยชน์สามารถเป็นสมุนไพรรักษาโรค โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.2.1 ราก : ทำให้ประจำเดือนมาปกติ ละลายก้อนนิ่ว ขับปัสสาวะ

2.2.2.2 หัว : ตัดฝ้า รักษาโรคตา แก้โร

แก้ธาตุพิการ บำรุงธาตุ บำรุงกำลัง แก้หนองใน รักษาไตพิการ แก้อาการบวมน้ำ โรคไตและโรคหัวใจ รักษากระเพาะปัสสาวะพิการ แก้ทางเดินปัสสาวะพิการ ขับปัสสาวะพิการ แก้นิ่ว

2.2.2.3 เหง้า : รักษาประจำเดือนมาไม่ปกติ ขับปัสสาวะ แก้พิษร้อน แก้ตาฟาง แก้ไข้พิษ แก้ไข้กาฬ

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ (กรกนกและคณะ, 2554) ได้แก่

2.2.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารคาร์โบไฮเดรตประเภท Polysaccharide น้ำโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กันของ β–D-Glucopyanose ต่อกันเป็นพอลิเมอร์ มีสมบัติไม่ละลายน้ำ ตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไปและสารละลายด่าง สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กับกรดได้ และที่สำคัญคือโครงสร้างเป็นไปได้ทั้งเรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และแบบไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) รวมกันในสัดส่วนต่างๆ กัน ซึ่งมีผลทำให้เซลลูโลสมีสมบัติในด้านการดูดซึม (Absorption) ยืดหยุ่น (Stress-strain) และการพองตัว (Swelling) เป็นต้น

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นสารคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับเซลลูลสแต่มีโครงสร้างส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นจึงดูดซึมน้ำได้ดี ซึ่งมีผลช่วยให้เส้นใยพองตัวได้รวดเร็ว ง่ายต่อการตีเยื่อและยังช่วยให้เส้นใยมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวเพิ่มขึ้นอีกด้วย นอกจากนั้นยังสามารถทำปฏิกิริยาได้ในสารละลายด่าง

2.2.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมลกุลสูง มักอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีคุณสมบัติยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (lignase) หรือลิกนินเนส (ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรากไม้แต่ละชนิด

2.3 การผลิตเยื่อกระดาษ

กระบวนการผลิตกระดาษในปัจจุบันเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทำเยื่อกระดาษ ขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อ ขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นแผ่น ขั้นตอนการตกแต่งผิว สำหรับขั้นตอนการทำเยื่อกระดาษ (Pulping) การนำเยื่อกระดาษนั้นจะเริ่มจากการนำไม้มาตัดเป็นท่อนๆ ลอกเปลือกไม้ออกทำความสะอาดและบดย่อยให้มีขนาดเล็ก ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมเยื่อกระดาษนั้นสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น เยื่อกระดาษโซดา (soda pulp) โดยการใช้สารละลายด่างแก่ เยื่อกระดาษซัลไฟด์ (sulfide pulp) โดยการใช้แคลเซียมไบซัลเฟต (calcium bisulfate) และเยื่อกระดาษซัลเฟต (sulfate pulp) เป็นต้น ซึ่งลักษณะสีของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จะมีสีน้ำตาลเข้มหรืออ่อนจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการ

ผลิต โดยหากต้องการกระดาษหรือเยื่อสีขาวจะต้องฟอกสีเยื่อด้วยสารเคมี สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้ฟอกสีกระดาษ ได้แก่ ก๊าซคลอรีน ผงฟอกสี คลอรีนไดออกไซด์ เป็นต้น

ตัวอย่างไม้ที่นิยมนำมาผลิตกระดาษ ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้สน ไม้ยูคาลิปตัส และวัสดุวัสดุประเภทอื่นๆ เช่น ชานอ้อย หญ้าแฝก และเปลือกสับปะรด เป็นต้น เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษซึ่งจะมีขั้นตอนหลักดังนี้

- การผลิตชิ้นวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบมาลอกเปลือก ผ่าหรือเลื่อยให้มีขนาดเล็ก นำเข้าเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็กตามขนาดที่ต้องการ

- การต้มและการแยกเส้นใยโดยใช้สารละลายด่าง เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบชิ้นเล็กไปยังถังต้มเยื่อเพื่อแยกลิกนินออกจากเส้นใย โดยใช้สารเคมีไปทำปฏิกิริยากับลิกนิน ภายใต้การควบคุมสภาวะของอุณหภูมิ ความดันและเวลา สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อจะนำมาใช้ใหม่ หลังจากได้รับการฟื้นฟูสภาพแล้ว

- การแยกเยื่อ วัตถุดิบที่ผ่านการต้มแล้ว ในรูปของเยื่อกระดาษ และของเหลว จะส่งเข้าถังเป่าลม เพื่อแยกเยื่อออก

- การล้างเยื่อ นำเยื่อที่แยกได้ผ่านตะแกรงหยาบ ผ่านเครื่องกรองระบบสูญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำร้อนเพื่อดึงส่วนที่เป็นน้ำดำออก

- การแยกสิ่งสกปรก แยกโดยวิธีร่อนเยื่อผ่านตะแกรง ขนาดต่างๆ กัน แล้วแยกให้สะอาดอีกครั้งโดยผ่านเครื่องเหวี่ยง

- การทำความสะอาดเยื่อ ภายหลังการฟอกสีเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษที่มีคุณภาพดี มีเนื้อละเอียดขึ้น โดยใช้เครื่องเหวี่ยงทำความสะอาด

- การทำให้แห้ง เยื่อที่สะอาดแล้วจะถูกส่งไปบีบน้ำออกในชุดลูกกดแล้วนำเข้าสู่ชุดลูกอบ ซึ่งมีไอน้ำไหลผ่านอยู่ภายในลูกกด ไล่น้ำให้ระเหยออกจนได้ความชื้น 10% ตามที่ต้องการ

- ระบบนำสารเคมีกลับคืน เป็นระบบที่นำสารเคมีที่เหลืออยู่หลังจากต้มเยื่อแล้วกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและลดปัญหามลพิษ

จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการกระดาษในอดีตที่ผ่านมา พบว่า ประเทศไทยมีความต้องการกระดาษและเยื่อกระดาษเพิ่มมากขึ้นในทุกปี อีกทั้งปัจจุบันมีอุตสาหกรรมการแปรรูปกระดาษเพื่อเศรษฐกิจเป็นจำนวนมากและใช้พันธุ์ไม้หลายชนิดในการผลิตกระดาษ เช่น ไม้สน ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้จำนวนทรัพยากรป่าไม้ลดลงและเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้และวัชพืชต่างๆ ในการผลิตกระดาษ โดยยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง เช่น หญ้าแฝก ใบและเปลือกสับปะรด ต้นปอสา เป็นต้น แต่ในปัจจุบันก็ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับคุณภาพของกระดาษที่ผลิตได้

2.4 สมบัติเชิงโครงสร้างของกระดาษ (กานต์พิชชา, 2552)

2.5.1 ความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษ (Formation) หมายถึง การเปรียบเทียบปริมาณของเส้นใยในบริเวณต่างๆ ของกระดาษ โดยกระดาษที่มีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของเส้นใยที่ดีจะทำให้กระดาษเรียบและหนาสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่นและเมื่อนำไปพิมพ์จะได้ภาพพิมพ์ที่ดี

2.5.2 แนวเส้นใย (Grain direction) หมายถึง แนวการเรียงตัวของเส้นใยกระดาษ ถึงแม้ว่าเส้นใยส่วนใหญ่จะมีทิศทางไปในแนวเดียวกันและเป็นแนวเดียวกับการไหลของน้ำเยื่อและการเคลื่อนของตะแกรง หากมีความชื้นสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการขยายตัวด้านกว้างของเส้นใยจะสูงกว่าทางด้านยาว

2.5.3 ความพรุน (Porosity) หมายถึง การเปรียบเทียบปริมาณและขนาดความลึกของหลุมบนกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความพรุนมากจะส่งผลให้อากาศและของเหลวซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้นเมื่อกระดาษที่มีความพรุนสูงหากได้รับหมึกพิมพ์จะทำให้หมึกแห้งเร็วและยังส่งผลให้เนื้อสีที่คงเหลืออยู่บนผิวน้อย ภาพพิมพ์ที่ได้จะมีสีซีดจางและไม่คมชัด

2.5.4 ความเรียบ (Smoothness) หมายถึง ระดับความเรียบของผิวกระดาษเทียบกับความเรียบของผิวแก้ว ความเรียบของผิวกระดาษที่ดีทำให้การรับหมึกได้ดีและไม่กระจายตัวออก ทำให้ภาพพิมพ์คมชัดมีแสงเงาที่ดี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมหญ้าชันกาดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ

หญ้าชันกาดที่ใช่ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวัชพืชท้องถิ่นที่หาได้ง่ายในประเทศไทยและมีความสามารถในการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยตัวอย่างหญ้าชันกาดที่ใช้ในการศึกษานั้นนำมาจากพื้นที่จังหวัดนนทบุรี สำหรับในการเตรียมหญ้าชันกาดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษจะตัดหญ้าชันกาดให้มีขนาดความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.5 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.1 หญ้าชันกาด (*Panicum repens*)

3.2 การเตรียมเยื่อกระดาษจากหญ้าชันกาดด้วยสารละลายด่าง

นำหญ้าชันกาดที่ได้จากการเตรียม มาตีกระจายเยื่อให้แตกเป็นเส้นใย และนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ ต่อน้ำหนักเยื่อแห้งของหญ้าชันกาด 100 กรัม ในอัตราส่วน หญ้าชันกาดต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 1 ต่อ 10 โดยใช้อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 3.2 การเตรียมหญ้าชันกาดแห้งขนาด 0.5-2.5 ซม.

3.1.1 ชั่งน้ำหนักหญ้าชันกาดจำนวน 50 กรัม และตัดให้มีความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วงความยาว 0.5 ถึง 2.5 เซนติเมตร จากนั้นแช่ตัวอย่างหญ้าชันกาดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5% 10% 15% และ 20 % ตามลำดับ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยศึกษาเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ได้แช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว ล้างเส้นใยด้วยน้ำให้สะอาด จนกระทั่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 7 ถึง 8

ภาพที่ 3.3 หญ้าชันกาดที่ถูกแช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบกำหนดเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 3.4 เยื่อหญ้าชันกาดที่ผ่านการแช่ล้างด้วยสารละลายด่างและล้างให้สะอาดด้วยน้ำ (pH = 7-8)

3.1.2 เยื่อของหญ้าชันกาดที่ได้จากขั้นตอน 3.1.1 จะนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นบนเฟรมตาข่ายแสตนเลส และวางเอียงทำมุม 45 องศา จากนั้นผึ่งลมให้แห้งเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาลอกแผ่นกระดาษออกจากเฟรมแสตนเลส ซึ่งกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดที่ขึ้นรูปได้นั้นจะมีสีของเยื่อกระดาษที่ได้แตกต่างกัน

ภาพที่ 3.5 ลักษณะของเยื่อหญ้าชันกาดก่อนขึ้นรูปเป็นแผ่น

ภาพที่ 3.6 ลักษณะเยื่อกระดาษที่กระจายตัวบนเฟรมแสตนเลส

ภาพที่ 3.7 กระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าซันกาด

3.3 การศึกษาคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด

3.3.1 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น

ตัวอย่างเยื่อกระดาษที่ได้จากหญ้าชันกาดจะถูกวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นด้วยเครื่อง **Quantachrome Ultrapycnometer (1200e)** โดยจะทำการวิเคราะห์ในแต่ละตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ (n=5) เพื่อหาความหนาแน่นที่แท้จริงของตัวอย่างกระดาษที่ผลิตได้

3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของเยื่อกระดาษ

ตัวอย่างเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จากการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด **(Scanning electron microscope; SEM)** ยี่ห้อ **JEOL**รุ่น **JSM-**5410 การเตรียมตัวอย่างสำหรับ **SEM** นั้นไม่ซับซ้อน แต่จะต้องผ่านการทำให้ตัวอย่างแห้ง โดยตัวอย่างจะถูกอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที และนำตัวอย่างไปติดลงบนเทปนำไฟฟ้าสองหน้าซึ่งอยู่บนสตับ จากนั้นจึงทำการโค้ทด้วยทองคำ ระยะเวลา 150 วินาที ก่อนการวิเคราะห์ เพื่อช่วยให้เกิดการสะท้อนของอิเล็กตรอน จากนั้นดูลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง และเลือกจุดบันทึกภาพ โดยการศึกษานี้จะเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างเมื่อมีการแช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ อยู่ในช่วงร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 20

ทั้งนี้ภาพรวมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยเรื่องการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด สามารถสรุปได้ดังแผนภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 ภาพรวมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดและศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด ตลอดจนผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้ในการแช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ความหนาแน่นจริงและโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดที่ผลิตได้ จากการทดลอง พบว่า หญ้าชันกาดที่ผลิตได้นั้นจะมีสีเขียวอมน้ำตาล และจากการศึกษาผลของสารละลายด่าง (ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 – 20) ที่ใช้ในการแช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของหญ้าชันกาด พบว่า เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายด่างที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันจะส่งผลให้คุณสมบัติของหญ้าชันกาดที่ผลิตได้มีลักษณะทางกายภาพ ความหนาแน่นจริงและโครงสร้างพื้นผิวที่แตกต่างกันด้วย หากพิจารณาเกี่ยวกับสีของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้ ความละเอียด ความเรียบ และความน่าใช้ของกระดาษทำมือที่ผลิตได้นั้น จะพบว่า เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 20 จะมีสีที่อ่อนที่สุดและเนื้อสัมผัสของเยื่อกระดาษจะมีความละเอียดมากที่สุด รองลงมาคือกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากเยื่อหญ้าชันกาดที่แช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 15 ส่วนกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากการแช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 5 นั้นมีความละเอียดน้อยที่สุดและสีของกระดาษทำมือที่ผลิตได้นั้นจะมีสีค่อนข้างคล้ำและเข้มที่สุด จึงไม่เหมาะนำมาใช้เป็นกระดาษห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

ตารางที่ 4.1 แสดงเกี่ยวกับลักษณะสีและความละเอียดของกระดาษทำมือที่ผลิตจากหญ้าชันกาดที่ถูกแช่ล้างด้วยสารละลายด่างระดับความข้มข้นต่างๆ โดยจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นจริงของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นแก๊สพิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer) พบว่า ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างที่วิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าชันกาดที่แช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.4313 g cm^{-1} รองลงมาคือตัวอย่างหญ้าชันกาดที่แช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีค่าเท่ากับ 2.2302 **g cm^{-1}** และพบว่าเมื่อแช่ล้างหญ้าชันกาดที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 20 จะส่งผลให้เยื่อกระดาษมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย เท่ากับ 2.1722 g cm^{-1} และ 2.1539 g cm^{-1} ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดและค่าความหนาแน่นจริงของตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องวัดความหนาแน่นแก๊สพิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	ลักษณะและสีของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นจริง (g cm^{-1})
5		2.4313±0.0209
10		2.2302±0.0416
15		2.1722±0.0208
20		2.1539±0.0220

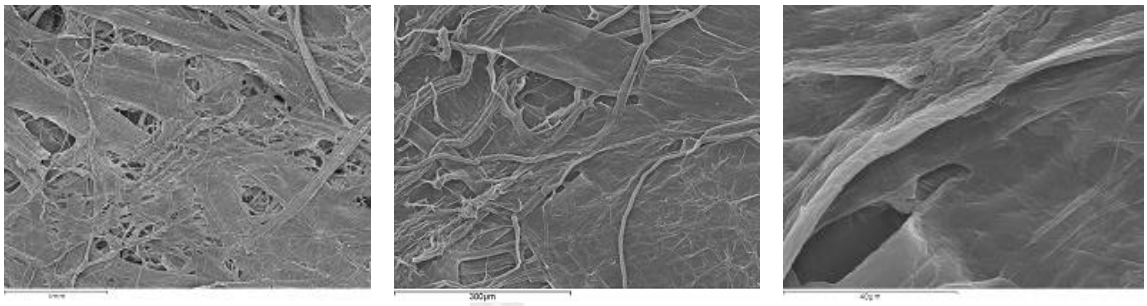
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ (n=5)

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ถึงความเข้มข้นร้อย 15 พบว่า ตัวอย่างกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดนั้นมีค่าความหนาแน่นลดลงประมาณร้อยละ 10.66 ในขณะเดียวกันหากเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการแช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดจากความเข้มข้นร้อยละ 15 เพิ่มระดับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 20 และวัดความหนาแน่นจริงด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นแก๊สพิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer) จะพบว่า ตัวอย่างกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดนั้นมีค่าความหนาแน่นลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 0.84 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสังเกตได้ว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายด่างที่แตกต่างกันนั้นส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาด กล่าวคือ หากแช่หญ้าชันกาดด้วยความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูง จะส่งผลให้โครงสร้างของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้นั้นมีค่าความหนาแน่นลดลงเนื่องจากโครงสร้างพื้นผิวของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จะมีปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนของเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความหนาแน่นจริงที่วิเคราะห์ได้จะมีความแตกต่างกันอย่างมากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แช่ล้างเยื่อหญ้าชันกาดจากระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 เพิ่มระดับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 15

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) ที่มีกำลังขยายเท่ากับ x35 x200 และ x 1500 จาก**ภาพที่ 4.1** ถึง **4.4** แสดงให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดที่มีการแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ล้างเยื่อ จะส่งผลให้เยื่อกระดาษมีโครงสร้างจุลภาคของเส้นที่แตกต่างกัน ซึ่งเยื่อกระดาษที่ถูกแช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 จะมีความหนาแน่นของเส้นใยมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นอื่นๆ ในขณะดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเส้นใยโดยจะทำให้เส้นใยนั้นมีความแข็งแรงลดลงและโครงสร้างพื้นผิวจะมีรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหากกระดาษมีความพรุนสูงจะส่งผลให้อากาศและน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย กระดาษทำมือที่ผลิตขึ้นได้นี้จึงไม่เหมาะนำไปใช้กับงานเอกสารการพิมพ์ (กานต์พิชชาและคณะ, 2552)

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษาค่าความหนาแน่นจริง (True density) ของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดเมื่อแช่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แช่

ล้างเส้นใยป่านศรนารายณ์ซึ่งรายงานว่า การแช่ล้างเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 10 อาจส่งผลให้เส้นใยป่านศรนารายณ์มีการโครงสร้างและรูพรุนเพิ่มสูงขึ้นและอาจส่งผลส่งผลต่อความแข็งแรงของเส้นใย (Madakadze *et al*., 2010)



a) กำลังขยาย x35 b) กำลังขยาย x200 c) กำลังขยาย x1500

ภาพที่ 4.1 แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5

a) กำลังขยาย x35 b) กำลังขยาย x200 c) กำลังขยาย x1500

ภาพที่ 4.2 แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10

a) กำลังขยาย x35 b) กำลังขยาย x200 c) กำลังขยาย x1500

ภาพที่ 4.3 แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15

a) กำลังขยาย x35 b) กำลังขยาย x200 c) กำลังขยาย x1500

ภาพที่ 4.4 แสดงโครงสร้างพื้นผิวของกระดาษทำมือที่ผลิตได้จากหญ้าชันกาดโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM เมื่อแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงความป็นไปได้ในการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดโดยการแช่ล้างเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 20 และศึกษาคุณสมบัติของกระดาษทำมือที่ผลิตได้ จากผลการศึกษาทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายด่างนั้นมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้ กล่าวคือ เมื่อแช่ล้างหญ้าชันกาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงจะส่งผลให้เยื่อกระดาษจากหญ้าชันกาดที่ผลิตได้นั้นมีสีที่อ่อนและมีเนื้อสัมผัสที่มีความละเอียด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) และเครื่องวัดความหนาแน่นแก๊สพิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer) จะพบว่าลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของเส้นใยนั้นมีค่าความแข็งแรงลดลงและโครงสร้างพื้นผิวของตัวอย่างจะมีรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นจริงที่มีค่าลดลงด้วยเช่นกัน อีกทั้งการผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดนั้นยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับหญ้าชันกาดซึ่งเป็นวัชพืชท้องถิ่นที่หาได้ง่ายในประเทศไทยและเป็นวัชพืชที่ถูกตัดทิ้งโดยไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ และนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษทำมือจากหญ้าชันกาดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษที่ไม่ได้ใช้เส้นใยที่ได้จากไม้และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง รวมถึงยังมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก มีต้นทุนการผลิตต่ำ และได้ผลิตภัณฑ์กระดาษทำมือที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาแนวทางการย่อยสลายเยื่อหญ้าชันกาดด้วยวิธีทางชีวภาพ และศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากหญ้าชันกาด ตลอดจนความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นชิ้นงานหรือเป็นบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ในเชิงพาณิชย์

บรรณานุกรม

[1] กานต์พิชชา สุวรรณวัฒนเมธี คมสันต์ วิวฒน์ชัยมณี และสุริยา ลีวิจิตร. 2552. การศึกษาและการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากต้นกล้วยน้ำว้า. เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี

[2] กนิษฐ์ ตรีสุวรรณ. 2548. การผลิตเยื่อกระดาษจากใบสับปะรด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] กรกนก กอวงค์ นริศรา ศรีเมฆ อภิญญา เจ๊กภู่. 2554. การใช้รายย่อยลิกนินในการผลิตเยื่อกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยวิธีทางชีวภาพ. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. หน้า 8-9

[4] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2542. การผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงหัตถกรรม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีที่ 47 ฉบับที่ 151. หน้า 32-35

[5] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2535. วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตหัตถกรรมกระดาษอัด. กรุงเทพมหานคร.

[6] ชัยพร สามพุ่มพวง รังสินี โสธรวิทย์ วุฒินันท์ คงทัด และวารุณี ธนะแพสย์. 2550. การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้าน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[7] ธีระ ตั้งวิชาชาญ. 2539. องค์ประกอบของกระดาษ. ในเอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. หน้า 14-25

[8] ธนธร ทองสัมฤทธิ์ และ สุชปา เนตรประดิษฐ์. 2548.การผลิตเยื่อและกระดาษจากใบธูปฤาษีเพื่อนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. 18-20 ตุลาคม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.

[9] พินิจกานต์ อารีวงษ์ และวรรณิษา นาคแกมทอง.2555. การผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวิภาพร่วมกับกรรมวิธีโซดา : ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[10] วิทยา ปั้นสุวรรณ. 2540. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้สำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

[11] วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์ วิทยา ปั้นสุวรรณ วุฒินันท์ คงทัด วารุณี ธนะแพสย์ ปริศนา สิริอาชา อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2542. หลักการวางแผนการทดลอง. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[12] อารันต์ พัฒโนทัย. 2532. หลักการและขั้นตอนของงานวิจัยและทดสอบในไร่นาเกษตรกร. ขอนแก่น : คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[13] I. C. Madakadze, T. M. Masamvu, T. Radiotis, J. Li and D. L. Smith. Evaluation of pulp and paper making characteristics of elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) and switchgrass (Panicum virgatum L.), African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 4(7) (2010), 465-470

[14] H.Muraleedharan, K. Perumal, Eco-friendly handmade paper making. Shri AMM Murugappa Chettiar Research Centre. Taramani, Chennai 600113. (2010)

[15] Xue Li, Lope G. Tabil, Satyanarayan Panigrahi. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, Journal of Polymers and the Environment 15(2007), 25–33.

ภาคผนวก

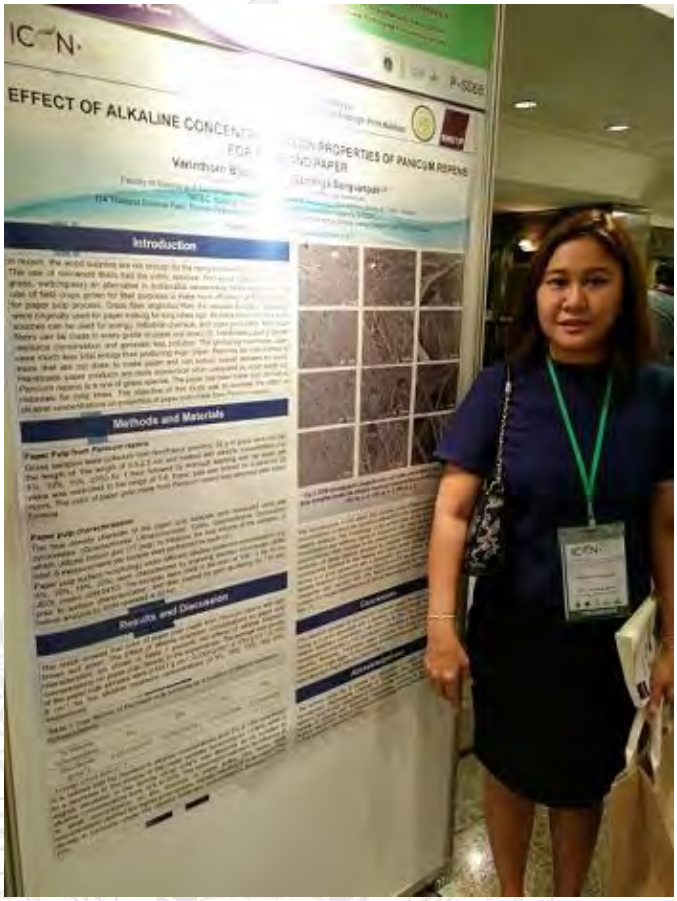
ภาคผนวก ก

การนำเสนอบทความวิจัยในการประชุมวิชาการนานาชาติ

The 7th RMUTP International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Development: Challenges towards the green innovative society

จัดขึ้นระหว่างวันที่ 23-24 มิถุนายน พ.ศ. 2559

ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพฯ



ภาพที่ ผ$_{n}$ การนำเสนอบทความวิจัยเรื่อง “EFFECT OF ALKALINE CONCENTRATIONS ON PROPERTIES OF PANICUM REPENS FOR PULP AND PAPER”

ในการประชุมวิชาการนานาชาติในรูปแบบโปสเตอร์

EFFECT OF ALKALINE CONCENTRATIONS ON PROPERTIES OF PANICUM REPENS FOR PULP AND PAPER

Varinthorn Boonyaroj[1,a*], Samunya Sanguanpak[2,b]
[1] Department of Environmental Science and Natural Resources, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10800, Thailand
[2]MTEC, National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 114 Thailand Science Park, Thanon Phahonyothin,Tambon Khlong Nueng, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand
[a*]varinthorn.b@rmutp.ac.th, samunys@mtec.or.th

Keywords: grass paper pulp, non-wood fiber, *Panicum repens*.

Abstract. *Panicum repens* is a species of grass known by many common names, including torpedo grass, creeping panic, panic rampant, couch panicum, wainaku grass, quack grass, dog-tooth grass, and bullet grass. The paper has been made from non-wood materials for long times. This research was used *Panicum repens* for made grass pulp as non-wood fiber. The influence of alkaline concentrations on properties of pulp from *Panicum repens* was investigated under room temperature. Alkaline concentration levels were varied at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively. Moreover, Paper pulp from *Panicum repens* was observed by scanning electron microscope (SEM). This research has controlled the length of fiber approximately 0.5-2.5 cm before soaked with alkaline concentration at 1 hour and soak with water for controlled pH value at 7-8. Paper pulp was formed on a sieve. The result showed that color of paper pulp made from *Panicum repens* was light brown and green. SEM show that alkaline concentration affects the physical properties of paper pulp. Moreover, true density of paper pulp was also investigated in this research.

Introduction

In recent, the wood supplies are not enough for the rising demand for pulp and paper. The use of non-wood fibers had the public approval. Non-wood fibers (i.e. elephant grass, switchgrass) an alternative in sustainable conservative forest resources. The use of field crops grown for fiber purposes is make more efficiency, and optimization for paper pulp process. Grass fiber originates from the vascular bundles. Nonwoods were originally used for paper making for long times ago. Biomass produced from such sources can be used for energy, industrial chemical, and paper production. Non-wood fibers can be made in every grade of paper and board [1]. Handmade paper products resource conservation and generate less pollution. The producing handmade paper uses much less total energy than producing virgin paper. Reduces the total number of trees that are cut down to make paper and can reduce overall demand for wood. Handmade paper products are more economical when compared to virgin paper [2]. *Panicum repens* is a one of grass species. The paper has been made from non-wood materials for long times. The objective of this study was to evaluate the effect of alkaline concentrations on properties of paper pulp made from *Panicum repens*.

Methodology

Paper Pulp from *Panicum repens*

Grass samples were collected from Nonthaburi province. 50 g of grass were cut into the length of The length of 0.5-2.5 cm and soaked with alkaline concentration (i.e. 5%, 10%, 15%, 20%) for 1 hour followed by thorough washing with tap water. pH value was controlled in the range of 7-8. Paper pulp was formed on a sieve for 24 hours. The color of paper pulp made from *Panicum repens* was observed after paper forming.

Paper pulp characterization

The true density character of the paper pulp samples were measured using gas pycnometer (Quantachrome Ultrapycnometer 1200e, Quantachrome Corporation) which utilized helium gas (17 psig) to measure the true volume of the samples. In total, 5 measurements per sample were performed for each run.

Paper pulp surface morphology under different alkaline treatment concentrations (i.e. 5%, 10%, 15%, 20%) were characterized by scanning electron microscope (SEM, JEOL model JSM-5410). The samples were dried in the oven at 100°C for 30 min prior to surface characterization, and then coated by gold sputtering for 150 sec. before analysis by SEM operated at 20 kV.

Results and Discussion

The result showed that color of paper pulp made from *Panicum repens* was light brown and green. The Effect of alkaline treatment concentrations on paper pulp characteristics are shown in Table 1 presents the effects of alkaline treatment concentrations on paper pulp density in the experimental**.** The average true density of the paper bulb samples were 2.4313 g cm^{-1}, 2.2302 g cm^{-1}, 2.1722 g cm^{-1}, 2.1539 g cm^{-1} for the alkaline treatment concentrations of 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively.

It is noticed that the increase in alkaline concentrations from 5% to 15% contributed to a decrease in the density of the paper samples accounting for 10.66%, while a slightly decrease in the density about 0.84% was observed for an increase in alkaline concentrations from 15% to 20%**.** This observation indicates the influence of % alkali concentration on the structure of paper pulps. The higher alkali concentrations yielded the higher pore spaces, thereby resulting in a decrease in the density in particular under the alkaline treatment concentrations between 5% and 15%.

Table 1 True density of the paper pulp samples as a function of alkaline treatment concentrations

% Alkaline concentrations	5%	10%	15%	20%
True density (g cm^{-1})	2.4313$\pm$0.0209	2.2302$\pm$0.0416	2.1722$\pm$0.0208	2.1539$\pm$0.0220

Average values from n= 5

Fig.1. illustrates the microstructure of the paper pulp samples under different alkaline treatment concentrations, in which the significant differences in the microstructure of the fiber network structure. The morphology of the surface layer at 5% alkaline treatment concentration was relatively dense in comparison with those of the other alkaline concentrations. With increase in the alkaline concentrations, the modification and extraction of paper network structure to individual fibers was increased, which subsequently resulted in the weaker and higher porous surface structure. This finding is in good agreement with a decrease in the true density result when the alkaline treatment concentration rose from 5% to 20% as shown in Table 1. Some researcher also reported that 10% NaOH concentration for treating sisal fiber initiated the excess delignification of natural fiber leading to a weaker and damaged fiber [1].

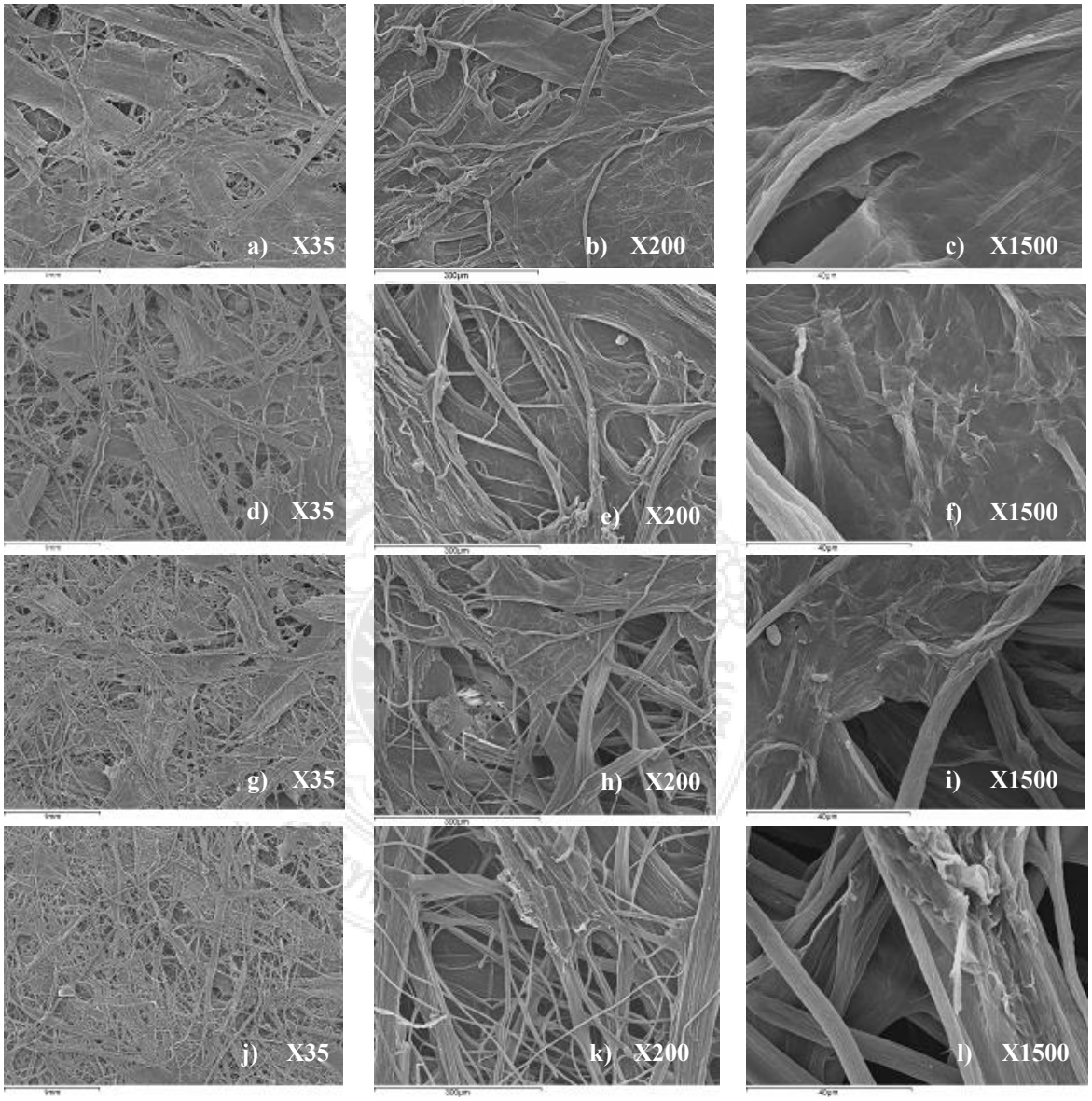


Fig.1. SEM micrographs (magnification x35, x200, and x1500) of the paper pulp samples under the alkaline treatment concentrations of 5% (a, b, and c) 10% (d, e, f), 15% (g, h, i), 20% (j, k, l)

Conclusions

This research provided an eco-friendly handmade paper from grass species. This finding is in good agreement with a decrease in the true density result when the alkaline treatment concentration rose from 5% to 20% The increase in alkaline concentrations from 5% to 15% contributed to a decrease in the density of the paper samples. Moreover, Handmade paper products are more economical when compared to virgin paper. In this research provided a new perspective of using non-wood fiber and natural resource conservation.

Acknowledgements

The authors would like to express our appreciation to Institute of Research and Development, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon for providing research fund through Department of Environmental Science and Natural Resources, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, and MTEC, National Science and Technology Development Agency (NSTDA) for their providing laboratory facilities.

References

[1] I. C. Madakadze1, T. M. Masamvu1, T. Radiotis, J. Li and D. L. Smith. Evaluation of pulp and paper making characteristics of elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) and switchgrass (Panicum virgatum L.), African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 4(7) (2010), 465-470

[2] H.Muraleedharan, K. Perumal, Eco-friendly handmade paper making. Shri AMM Murugappa Chettiar Research Centre. Taramani, Chennai 600113. (2010)

[3] Xue Li, Lope G. Tabil, Satyanarayan Panigrahi. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, Journal of Polymers and the Environment 15(2007), 25–33.

ประวัติผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) ดร. วรินธร บุญยะโรจน์

(ภาษาอังกฤษ) Dr. VARINTHORN BOONYAROJ

2. สัดส่วนที่ทำวิจัย ร้อยละ 100

3. บทบาทและหน้าที่

วางแผนการวิจัย ดำเนินการวิจัย สรุปผลงานวิจัยที่ได้ และถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัย

4. หมายเลขบัตรประชาชน

3-1303-00150-94-0

5. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 084 656 9599

E-mail : varinthorn.b@rmutp.ac.th

7. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยบูรพา	พ.ศ. 2546
วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2549
วท.ด.(สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2555

8. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Land application of solid waste landfill leachate, Landfill leachate treatment, Membrane bioreactor and biological wastewater treatment plant and processes, Micro-pollutants removal, Microbial community analysis by Fluorescence *in situ* hybridization (FISH), Bio-toxicity testing on FISH species by Comet assay technique, Plant and herb extraction technique, Gas Chromatography analysis

9. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

9.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

International Publication

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2016) "Enhanced biodegradation of phenolic compounds in landfill leachate by enriched nitrifying membrane bioreactor sludge", Journal of Hazardous Materials (*In press* and *available online on 1 July 2016*) http://dx.doi.org/10.1016/*j.jhazmat.2016.06.064*

V. Boonyaroj, P. Peansawang, N. Sonchan, A. Sukrasorn (2015) "Environmental survey on physicochemical parameters in surface water: a case of Klong Prem Prachakorn, Thailand", Applied mechanics and materials 804, 231-234.

V. Boonyaroj, J. Jinasam, W. Nachailan (2015) "The removal mechanisms of organic compounds in household wastewater by soil sediment", Applied mechanics and materials 804, 263-266.

Boonyaroj V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2012) "Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate", Bioresource technology 113, 174-180.

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2012) "Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge", Water science and technology 66(8), 1774-1780.

International Conference

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2011) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 1-3 December, 2011, Bangkok, Thailand.

(Received Asian Young Professional on Water Research Award)

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan and Yamamoto, K. (2012) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November, 2012, Hanoi, Vietnam. **(Received Best Poster Award)**

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2012) Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment. Proceedings of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology 2012: Membrane for Sustainable Energy, August 22-24, 2012, Bangkok, Thailand.

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2011) Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. Proceedings of the 1st EnvironmentAsia International Conference on "Environmental Supporting in Food and Energy Security: Crisis and Opportunity", 22-25 March, 2011, Bangkok, Thailand.

****