

การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้าน

Process Development of Traditional Rice Straw Paper

ชัยพร สามพุ่มพวง¹ รังสิณี ไสธรรวิทย์² วุฒินันท์ คงทัต¹ และ วารุณี ธนะแพสย์¹

Chaiyaporn Sampoompuang¹, Rungsinee Sothornvit², Wuttinant Kongtud¹ and Warunee Thanapase¹

บทคัดย่อ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีมาก เช่น ฟางข้าว สามารถนำมาผลิตกระดาษได้แต่ยังมีปัญหาในการเตรียมและการผลิต ซึ่งวิธีการผลิตกระดาษพื้นบ้านแบบเดิมให้คุณภาพของกระดาษต่ำกว่าการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม จุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้านให้มีคุณภาพกระดาษที่ดี โดยศึกษาผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 จากนั้นนำไปคัดแยกขนาดเยื่อให้ได้เฉพาะเยื่อที่เหมาะสมในการผลิต แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ได้กระดาษฟางข้าวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด ได้แก่ ค่าดัชนีความต้านทานแรงดึง 22.63 นิวตัน เมตรต่อกรัม ความยืดร้อยละ 1.24 ความต้านทานการหักพับ 3.26 ครั้ง ค่าดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุ 1.18 กิโลปาสคาล ตารางเมตรต่อกรัม และค่าความขาวสว่างร้อยละ 32.45 กระดาษที่ได้มีคุณภาพดีกว่าวิธีการผลิตกระดาษฟางข้าวพื้นบ้านแบบเดิม ดังนั้นสามารถนำวิธีการในการทดลองนี้ไปปรับปรุงในกระบวนการผลิตกระดาษได้

Abstract

Agricultural residue such as rice straw has potential to be used as a raw material for making a paper. However, the preparation and papermaking method still need to be solved. The paper, obtained from traditional method, has lower quality than that obtained from industrial method. The purpose of this study was to develop the process of rice straw papermaking to improve the paper quality. Rice straws were cooked with 10, 15 and 20 % of sodium hydroxide (NaOH) to obtain pulps. Optimum sizes of fibers were screened to form paper sheet. All papers were tested the physical and mechanical properties. The results showed that using 20 % NaOH provided good physical and mechanical properties of paper in terms of the highest tensile index (22.63 N.m/g), % stretch (1.24 %), the folding endurance (3.26 times), the burst index (1.18 kPa.m²/g) and the brightness (32.45 %). This papermaking protocol increased the paper quality from traditional method. Therefore, this method can be applied to improve the traditional papermaking.

Key Word: rice straw, hand make paper, papermaking

Ch Sampoompuang: aapcps@ku.ac.th

1 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kasetsart Agriculture and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University.

2 ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus

คำนำ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ฟางจากข้าวสาลี ข้าวโอ๊ตหรือข้าวบาร์เลย์ ได้นำมาใช้ประโยชน์ในการทำกระดาษและกระดาษแข็ง โดยได้เริ่มมีการผลิตเยื่อจากฟางข้าวสาลีเป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1827 (Bowyer and Stockmann, 2001) ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวและส่งออกข้าวที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ในปี 2548 มีผลผลิตข้าว 29.19 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าที่เกษตรกรขายได้ 192,771 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) ในขณะที่ฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีประมาณ 3 เท่าของผลผลิต คิดเป็นปริมาณฟางข้าว 87.57 ล้านตัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจังน้อย ทำให้ตกค้างอยู่ในนาข้าวจึงต้องมีการกำจัดโดยการเผา ก่อให้เกิดปัญหาหมอกพิษหมอกควันทางอากาศ รวมไปถึงเป็นการเผาผลาญอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกรุนแรงขึ้นทุกปี เนื่องจากฟางข้าวประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส อยู่สูง สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษได้ มีการศึกษาการผลิตเยื่อฟางข้าวในระดับอุตสาหกรรมให้มีคุณภาพ ผลผลิตของเยื่อสูง ใช้เวลาและปริมาณสารเคมีน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยแช่ฟางข้าวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 7 ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เยื่อที่ได้สามารถนำไปใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียนและกระดาษผิวกล่องได้ (Anapanurak and Pisuthpichet, 1999) ส่วนในการผลิตกระดาษฟางข้าวด้วยวิธีพื้นบ้านแบบไทย พบว่าการผลิตเยื่อให้กระดาษที่มีคุณภาพดีทำได้โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (วุฒินันท์ และคณะ, 2548) ซึ่งใช้ปริมาณสารเคมีและเวลานานกว่า นอกจากนี้เยื่อฟางข้าวยังสามารถนำไปผสมกับเยื่ออื่นได้ เช่น เยื่อฟางข้าวผสมกับเยื่อจากกล้วยจะให้กระดาษเหนียวและเรียบขึ้น (วิวัฒน์ และคณะ, 2544) สมบัติของกระดาษขึ้นอยู่กับ ชนิดของเส้นใยที่ใช้ทำกระดาษ เวลาในการต้มเยื่อ การฟอกเยื่อ และการจับตัวกันระหว่างเส้นใย (นิคม, 2521) การผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวมีทั้งเพื่ออุตสาหกรรม และเพื่อเกษตรกรหรือผู้ที่ทำกระดาษพื้นบ้านอยู่แล้ว แต่ยังมีปัญหาสำคัญคือคุณภาพของกระดาษที่ได้จากวิธีพื้นบ้านแบบไทยยังต่ำกว่าวิธีการผลิตที่ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีปรับปรุงกระบวนการผลิตกระดาษพื้นบ้านจากฟางข้าวให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถนำกระดาษฟางข้าวไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

วัสดุ

ฟางข้าวในการทดลองใช้ฟางข้าวคละพันธุ์ จากแปลงนาของสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร

ลาดยาว จตุจักร บางเขน กรุงเทพฯ สารโซเดียมไฮดรอกไซด์

อุปกรณ์

หม้อต้มเยื่อสแตนเลส เครื่องกระจายเยื่อ (disintegrator) เครื่องคัดแยกเยื่อ (flat screener) ชุดเตรียมแผ่นกระดาษทดสอบตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T 205 sp-95 เครื่องมือทดสอบสมบัติของกระดาษตามมาตรฐาน TAPPI

วิธีการ

นำฟางข้าวอบแห้งความชื้นร้อยละ 7 แล้วชั่งฟางข้าวแต่ละตัวอย่างปริมาณ 200 กรัม แช่ด้วยน้ำเปล่าเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 ต่อ น้ำหนักแห้งของฟางข้าว ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด อบแห้ง

และซึ่งน้ำหนักหาปริมาณผลผลิตเยื่อ การคัดแยกเศษเยื่อที่ไม่เหมาะสมในการทำกระดาษออก โดยการนำเยื่อ ฟางข้าวที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันปริมาณ 5 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง กระจายด้วยเครื่องกระจายเยื่อเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปคัดแยกเศษเยื่อด้วยเครื่องคัดแยกเยื่อ (flat screener) ที่มีขนาดช่องตะแกรง 0.2 มิลลิเมตร เป็นเวลา 20 นาที (ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T 278 sp-99) หาปริมาณเศษ เยื่อที่ค้างบนตะแกรง ส่วนเยื่อฟางข้าวที่ผ่านช่องตะแกรงนำไปผลิตเป็นแผ่นกระดาษทดสอบ (ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T 205 sp-95) โดยให้น้ำหนักมาตรฐาน 60±5 กรัมต่อตารางเมตร และตรวจสอบสมบัติของกระดาษทาง กายภาพได้แก่ ความหนา (thickness) ความหนาแน่น (density) ความขาวสว่าง (brightness) และสมบัติทาง กลได้แก่ ดัชนีการต้านทานแรงดึง (tensile index) ความยืด (stretch) การต้านทานการหักพับ (folding endurance) ดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาด (tear index) และดัชนีการต้านทานแรงดันทะลุ (burst index) วาง แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS Version 11 และตรวจสอบความ แตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณผลผลิตเยื่อ

จากการต้มฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 ต่อน้ำหนักแห้งของฟางข้าว พบว่าเมื่อต้มฟางข้าวด้วยความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่ำ (ตารางที่ 1) ปริมาณผลผลิตเยื่อจากฟางข้าว (yield) เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณเยื่อฟางข้าวที่ไต่ยังคงมีเยื่อที่ไม่เหมาะสม (debris) ในการผลิตกระดาษ มีลักษณะเป็นกระจุกเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของวุฒินันท์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่าฟางข้าวที่ต้มด้วยระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 11 เมื่อนำเยื่อไปทำกระดาษจะได้ลักษณะกระดาษที่มีเส้นใยไม่สมบูรณ์อยู่มาก เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่ำจึงไม่สามารถแยกเส้นใยออกจากกันอย่างอิสระได้หมด ทำให้มีเศษเยื่อค้างตะแกรงอยู่มาก การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเพิ่มอัตราการกำจัดสารแทรกต่างๆ และกำจัดลิกนิน ทำให้ฟางข้าวแยกออกมาเป็นเยื่อได้มากขึ้นและปริมาณเศษเยื่อค้างตะแกรงลดลงด้วย ดังนั้นการคัดขนาดเยื่อจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้เยื่อที่มีขนาดสม่ำเสมอ และทำให้ทราบปริมาณเยื่อฟางข้าวที่เส้นใยไม่สามารถแยกออกจากกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการต้ม (นิคม, 2521) ในการทดลองนี้พบว่าปริมาณเศษเยื่อที่ค้างบนตะแกรงลดลงเมื่อต้มฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1)

Table 1. Pulping yield and debris yield of rice straw pulps from cooking with NaOH.

NaOH (%)	Yield (%)	Debris (%)
10	54.40 ^a	10.35 ^a
15	43.99 ^b	3.52 ^b
20	39.57 ^c	2.40 ^b

Means in the same column with similar superscripts are not significantly different at the 5% level (p≤0.05) by DMRT.

สมบัติของกระดาษฟางข้าว

เยื่อที่ผ่านช่องตะแกรงจากการต้มฟางข้าวที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ระดับต่างๆ นำมาทำกระดาษและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ผลดังตารางที่ 2

Table 2 Physical and mechanical properties of rice straw paper cooked with NaOH.

	NaOH (%)		
	10	15	20
Physical properties			
Thickness, mm	0.154 ^a	0.143 ^b	0.140 ^b
Density, g/cm ³	0.416 ^c	0.457 ^b	0.471 ^a
Brightness, %	24.44 ^c	28.91 ^b	32.45 ^a
Mechanical properties			
Tensile index, N.m/g	20.89 ^b	20.65 ^b	22.63 ^a
Stretch, %	0.96 ^b	0.99 ^b	1.24 ^a
Folding endurance, time	2.40 ^b	2.13 ^b	3.26 ^a
Tear index, mN.m ² /g	5.64 ^a	5.38 ^a	5.49 ^a
Burst index, kPa.m ² /g	0.96 ^c	1.08 ^b	1.18 ^a

Means in the same row with similar superscripts are not significantly different at the 5% level ($p \leq 0.05$) by DMRT.

ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อสมบัติทางกลของกระดาษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นค่าความต้านทานการฉีกขาด โดยที่การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20 ให้สมบัติทางกลในด้านดัชนีการต้านทานแรงดึง ความยืด การต้านทานการหักพับ และดัชนีการต้านทานแรงดันทะลุสูงสุด (ตารางที่ 2) ส่วนสมบัติทางกายภาพ เช่นความหนาแน่นและความสว่าง มีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น มีงานวิจัยพบว่าค่าความขาวสว่าง สามารถบ่งบอกถึงปริมาณลิกนินได้ ถ้าเยื่อมีปริมาณลิกนินสูงค่าความขาวสว่างจะต่ำ เนื่องจากลิกนินจะดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำ เยื่อที่มีปริมาณลิกนินตกค้างอยู่มาก การจับตัวระหว่างเส้นใยจะต่ำทำให้กระดาษที่ได้มีความแข็งแรงต่ำไปด้วย (รุ่งอรุณ, ม.ป.ป..) เยื่อที่มีความเป็นอิสระเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงและค่าความหนาแน่นของกระดาษเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ต้ม และความสม่ำเสมอของเส้นใย มีผลต่อคุณสมบัติของกระดาษที่ได้ (นิคม, 2521)

เปรียบเทียบกระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวในระดับอุตสาหกรรม (Anapanurak and Pisuthpicher, 1999; วิวัฒน์ และคณะ, 2544) ระดับพื้นบ้าน (วุฒินันท์ และคณะ, 2548) และจากการทดลองนี้ (ภาพที่ 1) พบว่าในระดับอุตสาหกรรมมีการแช่ฟางข้าวค้างคืนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มฟางข้าวต่ำ แต่ใช้อุณหภูมิในการต้มสูง ในระยะเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเทียบ

พบว่าวิธีการผลิตกระดาษฟางข้าวในการทดลองนี้ ให้สมบัติทางกายภาพและความแข็งแรงของกระดาษฟางข้าวสูงกว่าวิธีการผลิตกระดาษพื้นบ้านที่ชาวบ้านนิยมผลิตกระดาษในปัจจุบัน เนื่องจากการคัดแยกขนาดเยื่อด้วยเครื่องคัดแยกขนาดเยื่อ ทำให้เยื่อที่ได้มีขนาดของเส้นใยสม่ำเสมอเหมาะสำหรับผลิตกระดาษ รวมทั้งวิธีการขึ้นรูปทำแผ่นกระดาษที่สม่ำเสมอทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวดี แต่สมบัติดังกล่าวยังต่ำกว่าวิธีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม (ตารางที่ 3)

สรุป

การต้มฟางข้าวที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 นาน 2 ชั่วโมง และผ่านการคัดแยกเยื่อ ทำให้ได้เยื่อฟางข้าวสำหรับผลิตกระดาษที่มีความแข็งแรงมากที่สุด มีปริมาณเศษเยื่อค้างตะแกรงน้อย การต้มฟางข้าวที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 เพิ่มขึ้นตอนการคัดแยกขนาดเยื่อ วิธีการทำแผ่นกระดาษ และลดเวลาในการต้ม มีผลทำให้กระดาษฟางข้าวมีคุณสมบัติทางกายภาพและความแข็งแรงของกระดาษดีขึ้นเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบพื้นบ้าน

เอกสารอ้างอิง

- นิคม เพชรผุด. 2521. คู่มือปฏิบัติการวิชาเทคโนโลยีทางเยื่อและกระดาษ. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 92 น.
- รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. ม.ป.ป.. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ. ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ.
- วิวัฒน์ อรรถนพานุรักษ์, สมบูรณ์ ปลื้มปัญญา และ รัชมี บุญประดิษฐ์. 2544. คุณสมบัติกระดาษจากการผสมด้วยเยื่อฟางข้าวและกากกล้วย, น. 325-331. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, กรุงเทพฯ.
- วุฒินันท์ คงทัด, วารุณี ธนะแพสย์ และ ชัยพร สามพุ่มพวง. 2548. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการพัฒนากระดาษฟางข้าวที่ทำด้วยมือเพื่อการพิมพ์สีกรีน. 30 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ข้าว, น. 3-4. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2548 และแนวโน้มปี 2549. วันพฤหัสบดีที่ 1 ธันวาคม 2548 ณ โรงแรมรามารการ์เด็นส์, กรุงเทพฯ.
- Anapanurak, W. and S. Pisuthpichet. 1999. Chemical pulp production from rice straw by alkaline soaking and cooking with added alkaline and oxygen. pp. 292-297. In 10th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry. Main Symposium, Yokohama Japan June 7-10.
- Bowyer, J. L. and V. E. Stockmann. 2001. Agricultural Residues: An Exciting Bio-Based Raw Material for the Global Panels Industry. Forest Products Journal. 51(1):10-21
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1996. TAPPI Test Methods 1996-1997. TAPPI Press, Atlanta.

หน้า 5: [1] จัดรูปแบบ	KAPI	26/10/49 ๒๖/๑๐/๔๙ ๑๑:๑๙ น.
แบบอักษร: (ค่าเริ่มต้น) Cordia New, 12 พ., แบบอักษรภาษาไทยและภาษาอื่นๆ: Cordia New, 12 พ.		
หน้า 5: [2] จัดรูปแบบ	KAPI	06/10/49 ๐๖/๑๐/๔๙ ๑๑:๔๗ น.
แบบอักษร: 12 พ., แบบอักษรภาษาไทยและภาษาอื่นๆ: 12 พ.		
หน้า 5: [3] จัดรูปแบบ	KAPI	06/10/49 ๐๖/๑๐/๔๙ ๑๑:๔๗ น.
แบบอักษร: 12 พ., แบบอักษรภาษาไทยและภาษาอื่นๆ: 12 พ.		
หน้า 5: [4] จัดรูปแบบ	KAPI	26/10/49 ๒๖/๑๐/๔๙ ๑๑:๒๓ น.
แบบอักษร: (ค่าเริ่มต้น) Cordia New, 12 พ., แบบอักษรภาษาไทยและภาษาอื่นๆ: Cordia New, 12 พ.		