

คุณสมบัติเชิงกลของกระดาษจากกล้วยผสมถ่านกัมมันต์

สุรัสวดี ปลิโพธ^{1*} และ ชำมะเลียง เชาว์ธรรม²

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 หมู่ 7 ต.ไม้งาม อ.เมืองตาก จ.ตาก 63000

²มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 398 หมู่ 9 ถ.สวรรควิถิต ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000

รับบทความ 12 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 เมษายน 2563

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษจากกล้วยหอมทองผสมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วน 100:0 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 โดยเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ผลการศึกษาลำต้นกล้วยมีน้ำหนัสดเฉลี่ย 14.21 กิโลกรัมต่อต้น เป็นกาบร้อยละ 75.86 และไส้กลางร้อยละ 24.14 ในส่วนของกาบจะมีน้ำร้อยละ 78.32 เมื่อแห้งจะเหลือน้ำหนักแห้งของกาบนอก กาบกลางและกาบในร้อยละ 28.77 49.67 และ 21.56 ตามลำดับ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อกาบกลางผสมถ่านกัมมันต์อัตราส่วน 85:15 มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี ประกอบด้วยน้ำหนักมาตรฐาน 93.63 g/m² ความต้านทานการหักพับ 4,543 ครั้ง ความต้านทานแรงดึง 34.98 N.m²/g ความต้านทานแรงฉีก 49.76 mN.m²/g และความต้านทานแรงดันทะลุ 3.61 kPa.m²/g เหมาะสมกับการใช้ทำผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง กระดาษทำมือ ถ่านกัมมันต์

MECHANICAL PROPERTIES OF PAPER FROM BANANA PSEUDO-STEM MIXED ACTIVATED CHARCOAL

Surassawadee Paliphot^{1*} and Chammalieng Choawthum²

¹Rajamangala Univvversity of Technology Lanna Tak

41/1 Moo. 7, Paholayothin road, Mai Ngam, Muang Tak, Thailand, 63000

²Nakhon Sawan Rajabhat University 398 Moo. 9, Sawanwithi Road,
Muang District, Nakhon Sawan, Thailand, 60000

Receive: 12 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 April 2020

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

ABSTRACT

Studies on mechanical properties from banana pseude-stem of Kluai Hom Thong mixed activated carbon variety given a good quality of paper. The mixed ratio of banana pseude-stem and activated carbon were 100:0, 85:15, 80:20, 75:25 and 70:30, respectively. We prepared hand sheet samples and checked their properties following the TAPPI standard methods. The results were showed as the following; average weight of banana pseudo-stem per plant was 14.21 kilogram which was getting 75.86 % and 24.14 % from barks and core; the moisture content of total pseudo-stem was 78.32 %; dried weight of outer, middle and inner were 28.77, 49.67 and 21.56 % respectively. The ratio of banana pseude-stem and activated carbon at 85:15 showed the best of mechanical properties yielded in basis weight of 93.63 g/m², folding endurance of 4,543 times, tensile index of 34.98 N.m²/g, tear index of 49.76 mN.m²/g and burst index of 3.61 kPa.m²/g. This ratio can be used for packaging

Keywords: Kluai Hom Thong, hand made paper, activated carbon

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ผลิตสินค้าเกษตรมากมายหลายชนิดที่จำหน่ายทั้งตลาดภายในประเทศและส่งออกจำหน่ายไปยังต่างประเทศ ในที่นี้รวมถึงผลไม้ไทยเป็นสินค้าเกษตรประเภทหนึ่งที่น่ารายได้เข้าประเทศ โดยในปี 2552 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังต่างประเทศสูงถึง 988,663 ล้านบาท ในที่นี้รวมถึงผลไม้ไทยเป็นสินค้าเกษตรประเภทหนึ่งที่น่ารายได้เข้าประเทศ โดยในปี 2552 ปริมาณการส่งออกผลไม้คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 41,172 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าปี 2551 เป็น 6.93 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มอัตราการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในปีต่อไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) โดยเฉพาะกล้วยหอมทองมีการส่งออกไปจำหน่ายหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น สหกรณ์ญี่ปุ่นได้ทำสัญญาซื้อขายกล้วยหอมทองกับกลุ่มผู้ผลิตของไทย เนื่องจากมีความเชื่อถือในด้านคุณภาพของสินค้าที่มีความปลอดภัย ไร้สารเคมีและสารตกค้างปนเปื้อน ในปีที่ผ่านมาประเทศญี่ปุ่นสั่งซื้อกล้วยหอมทองจากไทยไม่ต่ำกว่า 2,000 ตัน ซึ่งต้นกล้วยถือได้ว่าเป็นผลพลอยได้หลังจากเก็บผลผลิตแล้ว ในแต่ละปีจากปริมาณการส่งออกกล้วยหอมทองจะเห็นได้ว่าปริมาณของลำต้นกล้วยที่ให้ผลผลิตแล้วในแต่ละปีมีเป็นจำนวนมาก น่าจะนำมาใช้งานทางด้านหัตถกรรมได้ จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรที่ปลูกกล้วยหอมทองอีกทางหนึ่ง เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษพื้นบ้านยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ โดยในปี 2557 สามารถส่งกระดาษคิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 259.5 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากช่วงปีก่อน 147.98% (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555) การผลิตดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ต้นปอสาเป็นจำนวนมาก แต่ประเทศเราไม่เพียงพอจึงนำเข้าจากต่างประเทศ ถ้านำลำต้นกล้วยมาทดแทนจะช่วยลดการนำเข้าและลดการเสียเงินตราออกนอกประเทศได้ด้วย

2. วิธีการวิจัย

2.1 ศึกษาหาปริมาณเยื่อของกาบลำต้นกล้วยหอมทอง นำลำต้นกล้วยหอมทองที่ให้ผลแล้ว จากส่วนของลำต้นตัดส่วนที่เป็นโคนและปลายได้ก้านใบล่างออก ตัดส่วนที่สกปรก เน่าเสีย และที่เป็นเชื้อราออก ผ่าและแบ่งกาบลกล้วยแยกเป็น 3 ส่วนคือ กาบช่วงใน ตั้งแต่กาบที่ 1-3 กาบช่วงกลางตั้งแต่กาบที่ 4-6 และ กาบช่วงนอกตั้งแต่กาบที่ 7-9 โดยนับจากกาบด้านในสุดออกมายังกาบด้านนอก ส่วนที่เป็นแกนหยาบกล้วยชั้นในให้แคะทิ้ง เนื่องจากเป็นส่วนที่ไม่มีเส้นใย แล้วชั่งน้ำหนักสดของกาบลกล้วย นำกาบเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้งของกาบ

นำกาบลกล้วยแห้งแต่ละส่วนต้มเยื่อในระบบเปิด โดยกรรมวิธีโซดา โดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักกาบลกล้วยแห้งแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 7 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และคนเยื่อขึ้นลงทุก 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นตัว โดยแช่เยื่อในสารละลายที่ใช้ต้มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาดเยื่อด้วยน้ำให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกหรือหายสิ้น บีบน้ำออกให้หมด นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้ชั่งหาน้ำหนักแห้งและ Kappa number (ปริมาณลิกนินที่เหลือ) ซึ่งเป็นการทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T236 cm-85 กำหนดโดยสถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา หรือ ANSI (American National Standard Institute)

2.2 เตรียมกระดาษกาบลกล้วยผสมถ่านกัมมันต์ นำเยื่อกล้วยที่ได้มาแช่น้ำเป็นเวลา 3 นาทีก่อนปั่นให้เยื่อกระจายออกจากกันที่ 300 รอบ เติมถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นร้อยละ 0 15 20 25 และ 30 ของน้ำหนักเยื่อที่สภาวะแห้งของกระดาษ นำน้ำเยื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ แล้วทดสอบสมบัติเชิงกลของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน ตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI T410 om-88 ความต้านทานการหักพับ TAPPI T511 om-94 ความต้านทานแรงดึง ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T404

om-92 ความต้านทานแรงฉีกขาด ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T414 om-98 ความต้านทานแรงดันทะลุ ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T403 om-95 และนำผลทดลองมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย เพื่อหาอัตราส่วนที่การผสมเยื่อที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านบรรจุภัณฑ์ต่อไป

กล้วยหอมทองที่ให้ผลผลิตแล้ว โดยแยกการหา น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง จาก 3 ช่วง คือ กาบนอก กาบกลางและกากในได้ผล ดังตารางที่ 1

ปริมาณน้ำเยื่อที่สุดจะอยู่ที่กาบกลาง รองลงมาคือกาบนอก และกากในตามลำดับ ค่า Kappa number มีค่าใกล้เคียงกัน โดยกาบกลางมีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือกาบนอกและกากในตามลำดับ

จากการวัดค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกระดาษ จากส่วนต่างๆ ของลำต้นกล้วยหอมทอง ผลการวัดค่า ดังตารางที่ 2

3. ผลการวิจัย

3.1 ศึกษาหาปริมาณเยื่อของกาบลำต้นกล้วยหอมทอง จากการทดลองศึกษาหาน้ำหนักลำต้นของ

Table 1 comparison of wet and dry weight from 3 parts of banana pseudo stem.

Pseudo-stem period	Wet weight. (%)	Dry weight. (%)	Dry weight/ pseudo stem (%)	Kappa number
Inner	30.13	6.96	24.14	22.80
Middle	42.79	7.53	43.75	22.59
Outer	29.02	7.68	30.64	22.74

Table 2 Comparison of mechanical properties from 3 parts of banana pseudo stem.

Paper sample (banana pseudo-stem : activated carbon)	Basis weight, g/m ²	Folding endurance, Time	Tensile index, N.m ² /g	Tear index, mN.m ² /g	Burst index, kPa.m ² /g
Inner					
100:0	88.10	2,876	11.09	47.87	3.09
85:15	88.70	2,987	12.98	49.06	3.76
80:20	88.45	2,970	12.91	48.76	3.70
75:25	88.00	2,564	12.89	47.54	3.67
70:30	86.79	2,098	12.08	47.22	3.43
Middle					
100:0	92.46	3,223	28.98	48.98	3.56
85:15	93.63	4,543	34.98	49.76	3.61
80:20	92.76	4,098	31.23	48.56	3.54
75:25	92.33	3,765	30.75	48.59	3.29
70:30	91.45	3,544	30.87	49.06	3.09
Outer					
100:0	89.97	2,765	15.89	48.45	3.65
85:15	90.98	3,091	21.06	48.87	3.88

Paper sample (banana pseudo-stem : activated carbon)	Basis weight, g/m ²	Folding endurance, Time	Tensile index, N.m ² /g	Tear index, mN.m ² /g	Burst index, kPa.m ² /g
80:20	89.54	2,346	19.98	48.40	3.61
75:25	89.43	2,985	19.87	47.98	3.49
70:30	89.03	3,043	18.56	47.65	3.12
Average	90.11	3,126	20.94	48.45	3.50
S.D.	1.73	472.04	6.96	0.54	0.20

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ลำต้นกล้วยหอมทองมีน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ย 14.21 กิโลกรัม เป็นกาบ 10.78 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 75.86 และเป็นไส้กลาง 3.43 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 21.34 ในส่วนของกาบซึ่งเป็นลำต้นมีน้ำเป็นส่วนประกอบร้อยละ 78.32 น้ำจำนวนนี้จะอยู่ในกาบกลางมากที่สุดร้อยละ 83.07 กาบในร้อยละ 76.24 และกาบนอกน้อยสุดคือร้อยละ 73.12 และเมื่ออบเยื่อกล้วยแห้งแล้วกาบกลางยังมีปริมาณของเยื่อสูงสุดอีกด้วย รองลงมาคือ กาบนอกและกาบในสุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ (วุฒินันท์และคณะ, 2553) ที่ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษทำด้วยมือจากกาบกล้วยที่ต้มโดยใช้หม้อต้มความดัน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะส่วนของกาบกลางมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่า จึงทำให้มีปริมาณเยื่อมากกว่ากาบนอกและกาบใน โดยเนื้อเยื่อที่ผลิตโดยวิธีโซดา มี Kappa number เฉลี่ย 22.71

หลังการต้มเยื่อจากส่วนต่าง ๆ ของกาบกล้วยหอมทองปรากฏว่ากาบกลางให้ปริมาณเยื่อมากที่สุด รองลงมาคือ กาบนอกและกาบใน เมื่อนำทุกส่วนของกาบลำต้นกล้วยทั้งหมดรวมกันหลังต้มจะได้เยื่อประมาณร้อยละ 56.87 มีการสูญเสียไประหว่างการต้มร้อยละ 43.13 ซึ่งเป็นส่วนของลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและสารแทรกต่าง ๆ ที่เกาะติดอยู่กับเส้นใย เมื่อเปรียบเทียบเยื่อที่ได้จากกาบนอก กาบกลางและกาบในของลำต้นกล้วยหอมทอง ส่วนของกาบกลางให้เส้นใยสูงสุด รองลงมาคือเยื่อจากกาบในและกาบนอกต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 53.09 49.56 และ 45.14 ตามลำดับ

การศึกษากระดาษกาบกล้วยที่มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ มีความต้านทานการหักพับใกล้เคียงกัน โดยกระดาษที่ได้จากกาบนอก กาบกลางและกาบในมีความต้านทานการหักพับเฉลี่ย 2,846 3,834 และ 2,699 ครั้งตามลำดับ ที่อัตราส่วนผสมของใยกาบกล้วยต่อถ่านกัมมันต์ 85:15 จะมีความต้านทานการหักพับสูงสุดคือ 3,091 4,543 และ 2,987 ครั้ง หลังจากนั้นความต้านทานการหักพับของกระดาษจะลดลงถึงแม้จะผสมถ่านกัมมันต์มากขึ้นก็ตาม เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีอนุภาคขนาดเล็กสามารถเข้าไปแทรกยึดเกาะกับเส้นใยกล้วยเป็นผลให้ความเหนียวของเส้นใยกล้วยลดลง

การศึกษาการต้านทานแรงดึงของกระดาษจากกาบนอก กาบกลางและกาบในของลำต้นกล้วยหอมทองผสมกับถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่ากระดาษจากกาบกลางมีความต้านทานแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 31.36 N.m²/g ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษจากเยื่อสาที่มีค่าความต้านทานแรงดึง 38.76 Nm/kg (วิชัยและคณะ, 2544) การที่กระดาษจากกาบกลางมีค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงเพราะว่าลักษณะของเส้นใยที่มีขนาดเล็กและละเอียดกว่าส่วนของกาบนอกและกาบในที่มีลักษณะของเส้นใยใหญ่ หยวบและยาว ทำให้ประสานและยึดเกาะกันไม่ดี ในขณะที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นค่าความต้านทานแรงดึงจึงมีค่าน้อยกว่า ที่อัตราส่วนผสมใยกาบกล้วยต่อถ่านกัมมันต์ 85:15 มีการต้านทานแรงดึงสูงสุด

ความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ คือความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกเดิม ซึ่ง

กระดาษที่ผลิตจากกากกล้วยหอมทองผสมถ่านกัมมันต์ พบว่าความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษจากกากนอก กากกลางและกากในไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ย 48.27 48.99 และ 48.09 mN.m²/g ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากระดาษจากใบสาที่มีค่าความต้านทานการฉีกขาด 65.67 mN.m²/kg (วิชัยและคณะ, 2544) เนื่องจากเมื่อมีการผสมถ่านกัมมันต์เข้าไปในเส้นใยกากกล้วยมีผลให้ความเหนียวและความแข็งแรงของเส้นใยกล้วยลดลง ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานควรดูตามความเหมาะสมของกระดาษด้วย

การศึกษาความต้านแรงดันทะลุของกระดาษคือความสามารถของกระดาษที่ทนแรงดันได้สูงสุด เมื่อได้รับการกระทำในทิศตั้งฉากต่อผิวหน้ากระดาษ) พบว่าความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษจากกากนอก กากกลางและกากในไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ย 3.55 3.42 และ 3.53 kPa.m²/g ตามลำดับ โดยถ่านกัมมันต์ที่ผสมเข้าไปมีผลให้ความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษลดลง เนื่องจากถ่านกัมมันต์ไม่ได้มีคุณสมบัติในการเสริมแรงให้กับเส้นใย ดังนั้นการนำไปใช้งานคว่นพิจารณาตามความเหมาะสม

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 286-2533 ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ให้มีความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักมาตรฐานไม่เกิน ± 5 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษที่เตรียมในการทดลองซึ่งอยู่ในช่วง 90 ± 5 กรัมต่อตารางเมตร

การศึกษาหาปริมาณเยื่อและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกระดาษจากเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บผลผลิตแล้วลำต้นกล้วยมีน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ย 14.21 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 75.86 และเป็นไส้กลาง 3.43 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 24.14 ในส่วนของกากซึ่งเป็นลำต้นมีน้ำเป็นส่วนประกอบร้อยละ 78.32 น้ำจำนวนนี้จะมียูอยู่ในกากกลางมากที่สุดร้อยละ 83.07 กากในร้อยละ 76.24 และกากนอกน้อยสุดคือร้อยละ 73.12 เมื่อแห้งจะเหลือน้ำหนักแห้งของกากนอกร้อยละ 28.77 กากกลางร้อยละ 49.67 และกากในร้อยละ 21.56 หลังจากต้มกากนอกได้เยื่อร้อยละ 44.21 กากกลางร้อยละ 52.84 และกากในร้อยละ 41.72 กระดาษที่ผลิต

จากใยกากกลางกล้วยต่อถ่านกัมมันต์ 85:15 มีน้ำหนักมาตรฐาน 93.63 g/m² ความต้านทานการหักพับ 4,543 ครั้ง ความต้านทานแรงดึง 34.98 N.m²/g ความต้านทานแรงฉีก 49.76 mN.m²/g และความต้านทานแรงดันทะลุ 3.61 kPa.m²/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกระดาษที่ผลิตจากใบสาและเหมาะต่อการใช้งานผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2553). ข้อมูลการปลูกกล้วยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [2] วิชัย หฤทัยชนาสนดี, วิษัณฑ์ อรรถนพนาฏรักษ์, วิทยา ปันสุวรรณ, วุฒินันท์ คงทัด, วารุณี ชนะแพสย์, ปริศนา สิริอาชา, บุศรินทร์ คงเสรี และวราภรณ์ อภิวัฒนาภักดิ์. (2544). การปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสา. ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสาที่ไม่ก่อปัญหาสิ่งแวดล้อมเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [3] วุฒินันท์ คงทัด, สุธีรา วิทยากาญจน์และสารมา สุนทรารชุน. (2553). การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษทำด้วยมือจากกากกล้วยที่ต้มโดยใช้หม้อต้มความดัน. การประชุมทางวิชาการของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 8 : 34-33.
- [4] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555) . ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ

และสิ่งพิมพ์. กรุงเทพฯ : บริษัท วงศ์สว่างพับ
ลิชชิ่ง แอนด์ พริ้นติ้ง จำกัด.

- [5] Technical Association of the Pulp and
Paper Industry. (1996). TAPPI Test
Methods 1996-1997. TAPPI Press, At
inata.