รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตเยื่อกระดาษจากเปลือกกล้วยสด และจากผลผลิตของแข็งเหลือทิ้งหลังกระบวนการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยสด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินินาฏ จงคง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากเงินรายได้
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างมูลค่าเพิ่ม และลดของเสียในกระบวนการผลิตเอทานอล ด้วยการนำผลผลิตส่วนของแข็งเหลือทิ้งหลังขั้นตอนการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า มาผลิตเป็นเยื่อกระดาษอย่างง่าย โดยศึกษาเปรียบเทียบการทำกระดาษจากเยื่อที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ เยื่อที่ได้จากเปลือกกล้วยสดผ่านวิธีการผลิตเยื่อกระดาษแบบดั้งเดิมด้วยกระบวนการโซดา และเยื่อที่ได้จากของแข็งเหลือทิ้งหลังการผลิตเอทานอลด้วยวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การผลิตด้วยการย่อยให้ความร้อนโดยเครื่องให้ความร้อน และโดยไมโครเวฟ ซึ่งวัตถุดิบเยื่อสำหรับทำกระดาษทั้ง 3 แบบนี้ จะให้ปริมาณเซลลูโลสที่แตกต่างกันคือ เยื่อจากเปลือกกล้วยที่ผ่านกระบวนการโซดา ซึ่งทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM) พบสภาวะที่ให้ปริมาณเซลลูโลสสูงสุดเป็นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก คือ การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3 โมลต่อลิตร ให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที เยื่อจากของแข็งเหลือทิ้งหลังการผลิตเอทานอลที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมคลอไรด์และย่อยด้วยสารละลายน้ำส้มสายชู ให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ให้ปริมาณเซลลูโลส ร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก และเยื่อจากของแข็งที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมคลอไรด์และย่อยด้วยสารละลายน้ำส้มสายชูให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 465 วัตต์ เป็นเวลา 20 นาที ให้เซลลูโลส ร้อยละ 11 โดยน้ำหนัก

หลังจากนั้นนำวัตถุดิบเยื่อทั้ง 3 แบบ มาศึกษาการทำแผ่นด้วยมือแบบพื้นบ้าน และวัดคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับกระดาษสา กระดาษห่อพัสดุ กระดาษห่อของขวัญ และกระดาษพิมพ์เขียน (A4) คือ ค่าน้ำหนักมาตรฐาน ค่าความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านทานแรงดึง โดยเลือกศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดคือ ความต้านทานการซึมน้ำ ด้วยการเติมสารส้มและชันสน ผลพบว่าเยื่อที่ได้เมื่อมีการใส่สารเติมในอัตราส่วนของ เยื่อ:ยางสน:สารส้ม เป็น 3:1.4:2 สามารถมีค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่า กระดาษห่อพัสดุ กระดาษห่อของขวัญ และกระดาษพิมพ์เขียน และผลผลิตแผ่นเยื่อโซดาสามารถถูกพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนกระดาษสาได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน

Abstract

Solid residues from ethanol fermentation of banana peels were applied as raw materials for the simply paper production to reduce waste from the ethanol process. The comparison of 3 different pulp raws were studied. The first pulp was obtained from conventional soda process of fresh banana peels. The others were residues that received from 2 different ethanol production methods. The second and third pulps were produced from hydrolysis heating by oil bath and by microwave respectively. The 3 pulps yielded different cellulose contents. The first soda pulp contained 60%w cellulose. The optimal soda process that was investigated by RSM (Response surface methodology) provided 3 M sodium hydroxide solution heating by oil bath at 110 ˚C for 40 min. The second that had 7%w cellulose was hydrolyzed by vinegar solution, oil bath heating by oil bath at 90 ˚C for 40 min, and the third comprised 11%w cellulose that was hydrolyzed by vinegar solution using microwave heating at 465 watt for 20 min.

After that the 3 pulps were employed for handmade traditional pulp-sheet production. Physical properties of the pulp-sheet which were basic weight, thickness, cobb value (water absorption) and tensile strength were determined to compare with mulberry paper, wrapping paper, gift wrap paper and writing paper (A4). An only water absorption resistance was significantly investigated to improve the physical quality of the sheet by adding aluminium sulfate (alum) and rosin. The optimum pulp-sheet production was using a weight ratio of 3:1.4:2 of pulp to alum to rosin. The water resistance property of the 3 pulp-sheets was better than that of the mulberry paper, wrapping paper, gift wrap paper and writing paper. Moreover, the soda pulp-sheet may be applied instead of the mulberry paper with similar properties.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงเพราะได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ช่วยเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทาวิจัย ขอขอบคุณบุคคลกรภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย และขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นางสาวโสรญา ส้มเขียวหวาน ที่ช่วยทำการทดลองและเก็บข้อมูลผลการทดลองต่างๆ

ขอขอบพระคุณพี่หญิงและพี่อ๋า พี่สาวแสนดีที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง และที่สาคัญที่สุด ขอขอบพระคุณผู้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG-55-2-7-01-0171-S

สินินาฏ จงคง

สิงหาคม 2557

คำนำ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ ได้เขียนรวบรวมผลการวิจัยสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและจากผลผลิตส่วนของแข็งเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อเป็นการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเอทานอลและเพิ่มมูลค่าให้ผลผลิตเหลือทิ้งซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอย่างสูงสุด โดยงานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2555 รายละเอียดเนื้อหาของรายงาน จะเกี่ยวข้องกับผลการศึกษากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ (เยื่อเซลลูโลส) จากวัตถุดิบเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วยกระบวนการโซดา และนำเยื่อโซดานี้มาศึกษาการทำแผ่นเยื่อกระดาษเปรียบเทียบกับการทำแผ่นเยื่อจากเยื่อที่ได้จากผลผลิตส่วนของแข็งเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอลอีก 2 แบบ คือ เยื่อที่ได้จากการผลิตเอทานอลโดยย่อยให้ความร้อนด้วย heater และเยื่อที่ได้จากการผลิตเอทานอลโดยย่อยให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติพื้นฐานด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นเยื่อทั้ง 3 แบบ ด้วยการเติมสารกันซึม ในงานนี้ใช้ชันสนและสารส้ม

โดยข้อมูลผลของงานวิจัยนี้น่าจะสามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจศึกษาเรียนรู้การผลิตเยื่อกระดาษจากพืชล้มลุก หรือต้องการศึกษาแนวทางการลดของเสียสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลผลิตเหลือทิ้งหลังกระบวนการผลิตเอทานอล ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย ชุมชน และอุตสาหกรรมต่างๆ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านได้ไม่มากก็น้อย สาหรับข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

สินินาฏ จงคง

สิงหาคม 2557

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
3. ระเบียบวิธีวิจัย	3
3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบเปลือกกล้วย	3
3.2 การผลิตเยื่อเซลลูโลส แบ่งการศึกษาจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 2 แบบ	4
3.3 การทำแผ่นเยื่อกระดาษ	8
3.4 ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติความต้านทานการซึมน้ำของเยื่อ	9
3.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเยื่อ	10
4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัย	12
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบเปลือกกล้วยน้ำว้า	12
4.2 ผลการผลิตเยื่อ (เซลลูโลส)	13
4.3 ผลการทำแผ่นเยื่อกระดาษ	19
4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ	24
4.5 คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระดาษที่มีขายในท้องตลาด	28
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการวิจัย	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
6. บรรณานุกรม	33
7. ภาคผนวก	35
7.1 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ	35
7.2 สารเติมแต่งในกระดาษ	38
7.3 การเตรียมสารละลาย Acid Detergent เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส (AOAC 1990)	40
7.4 ข้อมูลดิบ	40
เอกสารแนบ	41

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 สภาวะการทดลองด้วยกระบวนการโซดาจากการออกแบบโดย RSM	5
4-1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบเปลือกกล้วยและผลผลิตเยื่อ	12
4-2 ปริมาณเซลลูโลสที่ได้จากการทดลองจริงและจากการทำนายด้วย RSM	14
4-3 แสดงปริมาณเซลลูโลสจากผลผลิตของแข็งเหลือทิ้งหลังกระบวนการหมักเอทานอล	18
4-4 คุณสมบัติของแผ่นเยื่อกระดาษที่ได้จากเยื่อโซดา	24
4-5 คุณสมบัติของแผ่นเยื่อกระดาษที่ได้จากเยื่อ heater	24
4-6 คุณสมบัติของแผ่นเยื่อกระดาษที่ได้จากเยื่อไมโครเวฟ	25
4-7 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ กระดาษสา กระดาษห่อพัสดุ กระดาษห่อของขวัญ และ กระดาษ A4 (ผลิตภัณฑ์กระดาษที่มีขายในท้องตลาด) กับแผ่นเยื่อกระดาษที่ผลิตได้	29
7-1 ข้อมูลดิบการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยสดที่ผ่านกระบวนการโซดาด้วยวิธี AOAC 1990	40

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่ **หน้า**

3-1 การผลิตเยื่อเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยสดด้วยกระบวนการโซดา (Soda process) 4

3-2 การผลิตเยื่อจากของแข็งเหลือทิ้งหลังกระบวนการหมักเอทานอลโดยมีวิธีการย่อยให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (Heater) 6

3-3 การผลิตเยื่อจากของแข็งเหลือทิ้งหลังกระบวนการหมักเอทานอลโดยการย่อยให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟ (Panasonic รุ่น NN-S215MF ขนาด 22 ลิตร) 7

3-4 การทำแผ่นด้วยมือแบบพื้นบ้านโดยใช้ตะแกรงไนลอน 8

3-5 การทำแผ่นโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ 9

3-6 การทำแผ่นเยื่อโดยใส่สารเติมปรับปรุงคุณสมบัติความต้านทานการซึมน้ำ 10

3-7 การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ 11

3-8 การทดสอบความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่อง LLOYD 11

4-1 (ก) กราฟพื้นผิว และ (ข) กราฟโครงร่าง แสดงอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และอุณหภูมิต่อปริมาณผลผลิตเซลลูโลส 15

4-2 (ก) กราฟพื้นผิว และ (ข) กราฟโครงร่าง แสดงอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาต่อปริมาณผลผลิตเซลลูโลส 16

4-3 (ก) กราฟพื้นผิว และ (ข) กราฟโครงร่าง แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณเซลลูโลส 17

4-4 แผ่นเยื่อที่ได้จากการทำแผ่นด้วยมือแบบพื้นบ้านจาก เยื่อ heater 19

4-5 แผ่นเยื่อที่ได้จากการทำแผ่นด้วยมือแบบพื้นบ้านจาก เยื่อไมโครเวฟ 19

4-6 ลักษณะแผ่นเยื่อที่ผลิตจากเยื่อโซดาโดยไม่ใส่สารเติม
(1) หลังการอบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (เหลือความชื้นร้อยละ 20) และ
(2) เมื่อวางให้แห้งต่อที่อุณหภูมิห้องผ่านไป 1 วัน (3) เมื่อผ่านไป 2 วัน และ
(4) เมื่อผ่านไป 3 วัน 20

4-7 ลักษณะแผ่นเยื่อที่ผลิตจากเยื่อ heater โดยไม่ใส่สารเติม
(1) หลังการอบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (เหลือความชื้นร้อยละ 20) และ
(2) เมื่อวางทิ้งไว้ให้แห้งต่อที่อุณหภูมิห้องผ่านไป 1 วัน (3) เมื่อผ่านไป 2 วัน และ
(4) เมื่อผ่านไป 3 วัน 21

4-8 ลักษณะแผ่นเยื่อที่ผลิตจากเยื่อไมโครเวฟ โดยไม่ใส่สารเติม
(1) หลังการอบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (เหลือความชื้นร้อยละ 20) และ
(2) เมื่อวางทิ้งไว้ให้แห้งต่อที่อุณหภูมิห้องผ่านไป 1 วัน (3) เมื่อผ่านไป 2 วัน และ
(4) เมื่อผ่านไป 3 วัน 22

4-9 ลักษณะแผ่นเยื่อที่ได้จากเพิ่มปริมาณเซลลูโลสเป็น 120 กรัมต่อตารางเมตร
(1) จากเยื่อ heater และ (2) จากเยื่อไมโครเวฟ 23

4-10 ลักษณะของชิ้นตัวอย่างที่ตัดจากแผ่นเยื่อเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่อง LLOYD (1) เยื่อโซดา (2) เยื่อ heater (3) เยื่อไมโครเวฟ 23

4-11 ภาพ SEM ของวัตถุดิบเปลือกกล้วยที่กำลังขยาย 40 และ 500 เท่า 26

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4-12 ภาพ SEM ของเยื่อ heater (โดยไม่ใส่สารเติม) ที่กำลังขยาย 40 และ 500 เท่า	26
4-13 ภาพ SEM ของเยื่อไมโครเวฟ (โดยไม่ใส่สารเติม) ที่กำลังขยาย 40 และ 500 เท่า	26
4-14 ภาพ SEM ของเยื่อโซดา (โดยไม่ใส่สารเติม) ที่กำลังขยาย 40 และ 500 เท่า	27
4-15 ภาพ SEM ของเยื่อโซดาที่มีการใส่สารเติม ด้วยอัตราส่วน เยื่อต่อชันสนต่อสารส้ม เป็น 3:1.4:1.0 ที่กำลังขยาย 40 และ 500 เท่า	27
4-16 ลักษณะของกระดาษที่นำมาศึกษาคุณสมบัติเพื่อใช้เปรียบเทียบกับแผ่นเยื่อกระดาษที่ผลิตได้	28
7-1 แผนภาพกระบวนการผลิตเยื่อแบบ Soda process	37
7-2 ลักษณะของชันสน	39
7-3 ลักษณะของสารส้ม	39