



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
Study of Suitable Methods for Producing Oil-blot Sheet Paper from Rice Straw

นายอนุชิต พันธุ์ง

โรงเรียนผาเทิบวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22

รายงานการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย
“ผลของสภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ”
ภายใต้การสนับสนุนของ กองทุนสุขภาพกับสภาวะโลกร้อน
มกราคม 2563

การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
Study of Suitable Methods for Producing Oil-blot Sheet Paper from Rice Straw

โดย

นายวิจิต ศิริพัฒน์
นายณัฐวุฒิ กุมภีโร
นายอดิศร โคตรสขิ่ง
นางสาวศรัญญา ยืนยง
นางสาวรสสุพร ยืนยง

ครูที่ปรึกษา

นายอนุชิต พันธุ์ก

ชื่อเรื่อง : การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

Study of Suitable Methods for Producing Oil-blot Sheet Paper from Rice Straw

ผู้วิจัย : นายอนุชิต พันธุ์กิง

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว 2) ศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว 3) ศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความคงทนต่อแรงดึง และ 4) ศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว ผลการศึกษาพบว่า 1) วิธีการขึ้นรูปที่ทำให้เส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวมีการกระจายตัวดี คือ วิธีการช้อน 2) วัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว คือ ตะแกรงมุ้งลวด 3) ชนิดแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันได้มากที่สุดคือ แป้งข้าวเหนียว และชนิดแป้งที่ทำให้มีความทนต่อแรงดึงมากที่สุดคือ แป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง และ 4) ความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การผลิตกระดาษซับน้ำมัน, กระดาษซับน้ำมัน, ฟางข้าว

Abstract

Research report on the study of suitable methods for producing oil-blot sheet paper from rice straw aims to 1) study the forming methods that affect the distribution of fibers of oil-blot sheet paper from rice straw, 2) study the suitable material types for forming of oil-blot sheet paper from rice straw, 3) study the type of starch on the adsorption and tensile strength and 4) study the satisfaction with the use of oil-blot sheet paper from rice straw. The results of the study showed that: 1) The forming method that makes the oil-blot sheet paper from rice straw has good distribution is the method of spooning, 2) The suitable material for forming of oil-blot sheet paper from rice straw is screen mesh, 3) type of the starch that makes the most absorption is glutinous rice flour, and the type of starch that makes the most tensile strength is wheat flour for making bread and 4) the satisfaction with the use of oil-blot sheet paper from rice straw was at a high level.

Keywords : Producing oil-blot sheet paper, Oil-blot sheet paper, Rice straw

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
กองทุนสุขภาพกับสภาวะโลกร้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาและความทุ่มเทจากนายอนุชิต พันธัง ครูที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อชี้แนะที่เป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางในการดำเนินงานศึกษาวิจัย รวมถึงสละเวลาในการตรวจทาน ปรับปรุง และแก้ไข ข้อบกพร่องจนรายงานการวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมาไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณกองทุนสุขภาพกับสภาวะโลกร้อนที่ให้การสนับสนุนเงินทุนการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่คอยอบรมเลี้ยงดู สนับสนุน ส่งเสริม การศึกษาของผู้วิจัยด้วยความรักและปรารถนาดีเสมอมา ขอขอบพระคุณนายวิษณุกร จันทรา ผู้อำนวยการโรงเรียนผาเทิบวิทยา นางสาวเบญจรัตน์ ห้วยทราย หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะครูโรงเรียนผาเทิบวิทยาทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนทุกท่านที่คอยแนะนำและให้ความช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคุณค่าและประโยชน์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ และคุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการศึกษาครั้งนี้ หากการศึกษานี้ขาดตกบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์ประการใด คณะผู้วิจัยกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้

อนุชิต พันธัง

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามเชิงปฏิบัติการ.....	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
ฟางข้าว (Rice straw).....	5
กระบวนการผลิตกระดาษ.....	5
คุณสมบัติของกระดาษ.....	8
กระบวนการดูดซับ (Adsorption process).....	9
คุณสมบัติของแป้ง.....	10
รายงานการวิจัยเรื่อง การทำกระดาษจากฟางข้าว โดยวีระศักดิ์ ศรีอ่อน.....	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมัน.....	12
ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว.....	13
ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง.....	13
ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชน ในตำบลบ้านแก้ง.....	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมัน.....	16
ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจาก ฟางข้าว.....	17
ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง.....	18
ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชน ในตำบลบ้านแก้ง.....	23

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย.....	24
อภิปรายผลการวิจัย.....	24
ข้อเสนอแนะ.....	25
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ.....	26
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	26
บรรณานุกรม.....	27
ภาคผนวก.....	28

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รายละเอียดร้านค้าที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว.....	14
4.1 ผลการศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว.....	15
4.2 ผลการศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว.....	16
4.3 ผลการศึกษาลักษณะของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ.....	17
4.4 ผลการทดสอบน้ำหนักของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ.....	18
4.5 ผลการทดสอบความหนาของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ.....	19
4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ.....	20
4.7 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ.....	21
4.8 ความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง.....	22

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
3.1 เยื่อกระดาษจากการทดลองวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใย ของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว.....	11
3.2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปโดยสังเกตจากความสามารถในการยึดติดกับวัสดุ.....	12
3.3 การทดสอบความหนาของกระดาษ.....	13
3.4 การทดสอบการดูดซับมันของกระดาษ.....	13
3.5 ตำแหน่งที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงดึง.....	13

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมประชาชนส่วนใหญ่เป็นกสิกรทำการเพาะปลูกพืชไร่ เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น ในจำนวนพืชที่กสิกรปลูกนี้ “ข้าว” เป็นพืชที่มีพื้นที่ปลูกมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 11.3 ของพื้นที่ทั่วประเทศ เนื่องจากประชาชนในประเทศไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักและจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นทุกปี ด้วยเหตุนี้ชาวนาจึงจำเป็นต้องปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตมากยิ่งขึ้นเพื่อให้พอเพียงกับความต้องการของประชากร (โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน . 2562: ออนไลน์) ในการปลูกข้าวเพื่อการบริโภคและการส่งออกแล้วประเทศไทยยังต้องมีความรับผิดชอบในการช่วยลดภาวะโลกร้อนหรือภาวะอากาศ การเปลี่ยนแปลงข้าวจำนวนมหาศาลที่ประเทศไทยผลิตออกมาแต่ละปี หลังฤดูเก็บเกี่ยวนั้นส่วนที่เหลือจากการเกี่ยวข้าวคือ “ฟางข้าว” จำนวนมหาศาลเช่นกัน โดยฟางข้าวที่ได้หลังจากปลูกข้าวนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการที่ดีและเหมาะสมเท่าที่ควร และเลือกใช้วิธี “เผาทำลาย” ซึ่งนับว่าเป็นการสร้างมลภาวะทางอากาศอย่างมากนับเป็นส่วนหนึ่งซึ่งผลกระทบต่อให้เกิดภาวะโลกร้อนจากภาคเกษตรกรรมอีกด้วย จากการศึกษาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรมีที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลายแหล่ง อาทิ ระบบย่อยอาหารของปศุสัตว์ การทำนาข้าว การเผาเศษซากพืช การใช้ปุ๋ย เป็นต้น (สำนักประชาสัมพันธ์เขต 1 ขอนแก่น. 2558: ออนไลน์)

สำหรับฟางข้าวได้มีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโค กระบือ ใช้ทำปุ๋ยหมัก ใช้ทำเป็นวัสดุปลูกคลุมดินหลังการหว่านเมล็ดพืช ใช้ทำเป็นวัสดุคลุมดินสำหรับรักษาความชุ่มชื้นของดิน ใช้คลุมดินแก้ปัญหาดินเค็ม ใช้เป็นวัสดุสำหรับการเพาะเห็ดฟาง ใช้ทำเป็นที่มุงหลังคาหรือฝากระท่อม ใช้ทำเป็นเชื้อจุดไฟช่วยให้อ่างไฟง่าย ใช้เป็นวัสดุผูกมัดหรือใช้แทนเชือก ใช้เป็นวัสดุสำหรับการปล่อยครั้ง ใช้สำหรับการแยกสกัดสารแทนนิน และใช้ผลิตเป็นเยื่อกระดาษ (พืชเกษตร. 2558: ออนไลน์)

จากการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กระดาษไขมันจากเส้นใยธรรมชาติที่ศึกษาเส้นใยธรรมชาติจากพืช 3 ชนิด คือ ฟางข้าว ฐูป่า และผักตบชวา พบว่าฟางข้าวมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันมากที่สุด (เชาวนาถ สร้อยสิงห์ และพิมพ์เพชร ไปเจอะ. 2557: 24) แต่ยังพบข้อบกพร่องที่เป็นปัญหาของโครงการอยู่ คือ 1) เนื้อกระดาษไม่มีความสม่ำเสมอ ไม่เรียบ 2) เลือกใช้กระดาษเหล็กเป็นภาชนะสำหรับขึ้นรูปทำให้เมื่อลอกกระดาษออกจะฉีกขาดง่าย และ 3) ยังไม่มีการศึกษาชนิดของแป้งที่มีต่อการดูดซับน้ำมันและความคงทนต่อแรงดึง จากการศึกษาและข้อบกพร่องดังกล่าวคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจศึกษาการผลิตกระดาษไขมันจากฟางข้าว โดยใช้วิธีการผลิตแบบชีวภาพเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าว เป็นแนวทางในการช่วยให้ชาวนามีรายได้เพิ่มขึ้นจากการทำกระดาษไขมันจากฟางข้าว ลดปัญหาการเผาฟางข้าว และเป็นการลดปัญหาภาวะโลกร้อน

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ

1. เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
2. เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
3. เพื่อศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความคงทนต่อแรงดึง
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีสมมติฐาน คือ

1. การขึ้นรูปของกระดาษด้วยวิธีการขึ้นรูปที่ต่างกันจะทำให้ลักษณะของเส้นใยกระดาษตัวแตกต่างกัน
2. ชนิดของวัสดุที่แตกต่างกันจะทำให้การขึ้นรูปของกระดาษแตกต่างกัน
3. ชนิดของแป้งที่ต่างกันจะทำให้การดูดซับมันและความคงทนต่อแรงดึงแตกต่างกัน
4. ความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวอยู่ในระดับมากขึ้นไป

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องซึ่งแยกตามขั้นตอนการศึกษา ได้ดังนี้

1. การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
ตัวแปรต้น คือ วิธีการขึ้นรูปกระดาษ ได้แก่ การตะและและการซ้อน
ตัวแปรตาม คือ การกระจายตัวของเส้นใย
2. การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
ตัวแปรต้น คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดาษ ได้แก่ ตะแกรงมุ้งลวดตาถี่
ขนาด 20 x 20 cm และผ้าขาวบางซึ่งตั้งขนาด 20 x 20 cm
ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการยึดติดกับวัสดุ
3. การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง
ตัวแปรต้น คือ ชนิดแป้ง ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี
สำหรับทำขนมปัง
ตัวแปรตาม คือ การดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง
4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
ตัวแปรต้น คือ กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวที่ผลิตด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุด
ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีขอบเขตของวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว ศึกษาจากวิธีการขึ้นรูปกระดาษ ได้แก่ การแตะและการซ้อน
2. การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว ศึกษาจากชนิดของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดาษ ได้แก่ ตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ขนาด 20 x 20 cm และผ้าขาวบางซึ่งตั้งขนาด 20 x 20 cm
3. การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึงศึกษาจากชนิดของแป้ง ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง
4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง

นิยามเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยครั้งนี้มีนิยามเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

1. **วิธีการขึ้นรูป** หมายถึง การนำเส้นใยที่ได้มาเคลงในตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ โดยมีการศึกษาการขึ้นรูป 2 วิธีคือ การแตะและการซ้อน
2. **การแตะ** หมายถึง การเทเยื่อที่ได้จากการกระจายเยื่อลงไปบนตะแกรง เมื่อเทเยื่อลงไปเยื่อจะลอยน้ำอยู่บนตะแกรงจากนั้นทำการเกลี่ยเยื่อในตะแกรงให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่น
3. **การซ้อน** หมายถึง การนำเยื่อที่กระจายดีแล้วใส่ในอ่างผสมไปกับน้ำในปริมาณที่มากพอและเหมาะสมแล้วใช้ตะแกรงซ้อนเยื่อขึ้นมา
4. **การกระจายตัวของเส้นใย** หมายถึง ลักษณะของเส้นใยที่มีการกระจายตัวทั่วทั้งแผ่น ไม่มีการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน ในที่นี้จะใช้การสังเกตด้วยตาเปล่า
5. **ชนิดของวัสดุ** หมายถึง วัสดุที่ใช้ในการนำมาขึ้นรูปกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ขนาด 20 x 20 cm และผ้าขาวบางซึ่งตั้งขนาด 20 x 20 cm
6. **ความสามารถในการยึดติดกับวัสดุ** หมายถึง เส้นใยที่เมื่อลอกออกจากวัสดุ สามารถหลุดออกได้โดยไม่ทำให้กระดาษฉีกขาดหรือเสียหาย
7. **ชนิดของแป้ง** หมายถึง แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แป้งเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างเส้นใยของฟางข้าว และเพิ่มความเหนียวให้กระดาษ
8. **การดูดซับมัน** หมายถึง ความสามารถของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวในการดูดซับมัน โดยการดึงโมเลกุลที่อยู่ในรูปของเหลวมาจับที่ผิวของวัสดุ ในการศึกษาครั้งนี้จะดูจากความสูงของน้ำมันที่กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวสามารถดูดซับได้

9. ความทนต่อแรงดึง หมายถึง ลักษณะของเส้นใยที่เกาะกันแน่นและไม่ฉีกขาดเมื่อมีแรงมากกระทำในการศึกษาครั้งนี้ความทนต่อแรงดึงได้มาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยของแรงที่ได้จากการอ่านค่าจากการใช้เครื่องชั่งสปริงในการทดสอบ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ฟางข้าว (Rice straw)
2. กระบวนการผลิตกระดาษ
3. คุณสมบัติของกระดาษ
4. กระบวนการดูดซับ (Adsorption process)
5. คุณสมบัติของแป้ง
6. รายงานการวิจัยเรื่อง การทำกระดาษจากฟางข้าว โดยวีระศักดิ์ ศรีอ่อน

ฟางข้าว (Rice straw)

1. ความหมาย

คือ ผลพลอยได้ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว เป็นส่วนของลำต้นของข้าวที่แห้งแล้ว หลังจากการนวดเอาเมล็ดออกเรียบร้อยแล้ว (โสภา เกตุสุวรรณ. 2555: 5)

2. วิธีการทำลาย

การทำลายฟางข้าวได้มีวิธีการหลากหลาย แต่ที่นิยมเลือกใช้กัน ได้แก่ การเผา การไถกลบ (โสภา เกตุสุวรรณ. 2555: 5)

3. ผลกระทบจากการเผาทำลาย (โสภา เกตุสุวรรณ. 2555: 5) เช่น 1) สูญเสียน้ำ ธาตุอาหารดินจับตัวกันแน่นและแข็ง 2) จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินถูกทำร้าย 3) ทำให้โลกร้อนขึ้น การเผาทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) และ 4) บดบังทัศนวิสัยการมอง

กระบวนการผลิตกระดาษ

การผลิตกระดาษในเชิงอุตสาหกรรมแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ (ชยาภาส ทับทอง. 2549: 8-11) ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ ไม้ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อต้องนำไปตัดเป็นท่อนๆ ก่อนแล้วจึงนำท่อนไม้ (Log) ที่ได้ไปปลอกเปลือกออก หลังจากนั้นนำไปสับทำให้เป็นชิ้นไม้เล็กๆ (Chip) ที่มีขนาดประมาณ $2.5 \times 3.5 \times 0.5$ เซนติเมตร ชิ้นไม้เล็กๆ จะถูกคัดเลือกโดยผ่านตะแกรงร่อน เพื่อคัดขนาดให้ได้ขนาดใกล้เคียงกัน แล้วจึงนำชิ้นไม้เล็กๆ เหล่านี้เข้าหน่วยผลิตเยื่อ

2. การผลิตเยื่อ (Pulping) เป็นขั้นตอนที่ชิ้นไม้จะถูกนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษ กรรมวิธี การผลิตเยื่อกระดาษสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีด้วยกัน คือ

1) การผลิตเพื่อเชิงกล (Mechanical pulping process) หมายถึง กระบวนการผลิตเยื่อโดยการนำพลังงานกลช่วยให้เส้นใยแตกหลุดจากกันเป็นอิสระ กล่าวคือไม้ทั้งท่อนจะได้รับการตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบดด้วยลูกหิน (Ground wood, GW) หรือบดด้วยจาน (Refiner) จนละเอียดเป็นเยื่อไม้ จึงให้ผลผลิตเชื้อสูงตั้งแต่ร้อยละ 85 ขึ้นไป เยื่อไม้ที่ผลิตได้จากการผลิตเยื่อวิธีนี้จะมีส่วนผสมของลิกนินเกือบทั้งหมดปนอยู่ด้วย และค่อนข้างหยาบและกระด้าง เส้นใยที่ได้จากเยื่อชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีการฉีกขาดและตัดเป็นท่อนๆ ไม่แยกเป็นเส้นใยสมบูรณ์แต่ละเส้น นอกจากนี้ยังมีชิ้นไม้เล็กๆ หรือกลุ่มของเส้นใย (Bundle of fiber) ปนอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเส้นใยแต่ละเส้นไม่สามารถแยกเป็นเส้นใยสมบูรณ์และยังคงมีลิกนินในปริมาณสูงมาก เยื่อเชิงกลเมื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษจะมีคุณสมบัติทางด้านความทึบแสงสูงแต่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยต่ำจึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษประเภทรับแรงสูง เยื่อชนิดนี้มีราคาค่อนข้างถูกจึงนำไปผลิตกระดาษที่ราคาถูกแต่คุณภาพต่ำ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษห่อของ เป็นต้น

2) การผลิตเยื่อถึงเคมี (Semi-chemical pulping process) หมายถึง กระบวนการผลิตเยื่อที่ต้องอาศัยทั้งพลังงานกลเช่นเดียวกับการผลิตเยื่อเชิงกลและการใช้สารเคมีเข้ามาช่วยให้เส้นใยแยกตัวเป็นอิสระง่ายขึ้น สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมซัลไฟท์ชนิดที่เป็นกลาง (Neutral sodium sulfite) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) เยื่อที่ผลิตได้ ได้แก่ NSSC (Neutral sulfite semichemical) ซึ่งยังคงมีปริมาณลิกนินอยู่บ้างแต่น้อยกว่าปริมาณลิกนินในเยื่อ เชิงกล เยื่อชนิดนี้นำไปผลิตกระดาษพิมพ์ดีด หรือกระดาษสมุดนักเรียน

3) การผลิตเยื่อเคมี (Chemical pulping process) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อนและสารเคมีละลายลิกนินซึ่งเชื่อมระหว่างเส้นใยออกมา เส้นใยที่ได้จากเยื่อเคมี ทุกชนิดจะสามารถแยกตัวเป็นเส้นใยแต่ละเส้นได้อย่างสมบูรณ์ แตกต่างจากเส้นใยที่ได้จากการผลิตเยื่อเชิงกล ไม่มีลักษณะของไม้ซึ่งเป็นการจับกลุ่มของเส้นใยเหลืออยู่จึงเป็นที่มาของคำว่า เยื่อปลอดไม้ (Wood-free pulp) การเรียกชื่อเยื่อที่ผลิตด้วยวิธีนี้จะเรียกชื่อตามระบบสารเคมีที่ใช้ เช่น ถ้าใช้โซดาไฟในการผลิตจะเรียกเยื่อโซดา (Soda pulp) เป็นต้น เยื่อเคมีจัดเป็นเยื่อที่มีการผลิตในลำดับสูงสุดในอุตสาหกรรมกระดาษและมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเมื่อชนิดนี้สามารถนำไปพัฒนาสมบัติกายภาพของเส้นใยได้ดีตามความเหมาะสม เช่น เพื่อจะนำไปใช้สำหรับบรรจุหีบห่อ ได้แก่ กระดาษฉนวน หรือเพื่อการพิมพ์และเขียน เช่น กระดาษออฟเซต กระดาษอาร์ต เป็นต้น

3. ขั้นตอนการฟอกเยื่อ เป็นการทำให้เยื่อมีสีขาวเหมาะกับการใช้พิมพ์ การฟอกเยื่อมี 2 วิธี คือ วิธีฟอกเยื่อเพื่อกำจัดลิกนินออกไป และวิธีฟอกเพื่อเปลี่ยนสีของลิกนินให้อยู่ในรูปที่ไม่มีสี เยื่อเคมีจะฟอกโดยวิธีกำจัดลิกนินออกโดยใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับลิกนินแล้วกำจัดออกไป

4. การเตรียมน้ำเยื่อ (Stock preparation) มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยให้เหมาะแก่การเดินแผ่นและเพื่อให้ได้กระดาษที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการผลิต โดยการบดเยื่อและผสมสารปรับแต่งต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การตีเพื่อให้กระจายในน้ำ (Pulping) โดยใช้อุปกรณ์ทตีเยื่อ (Hydrapulper) เพื่อให้เส้นใยแยกจากกันและกระจายในน้ำอย่างสม่ำเสมอ

2) การบดเยื่อ (Beaton or refining) เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใย

3) การผสมน้ำเชื่อมกับสารปรับแต่ง เช่น สารกันซึม สารเติมแต่ง เป็นต้น (Blending of furnish ingredients) เพื่อปรับแต่งคุณสมบัติของน้ำเยื่อให้ถูกต้องตรงกับชนิดของกระดาษที่จะผลิต

4) การทำความสะอาดน้ำเยื่อ (Cleaning) เพื่อแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำเยื่อ

5) การควบคุมความชื้นของน้ำเยื่อ (Consistency) เพื่อให้มีคุณสมบัติคงที่

5. การทำแผ่นกระดาษ ขั้นตอนการทำกระดาษให้เป็นแผ่นบนเครื่องจักรผลิตกระดาษ (Paper machine) มีส่วนประกอบของเครื่องทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

1) ถังจ่ายน้ำเยื่อ (Headbox) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่ในการจ่ายน้ำเยื่อลงบนสายพานตะแกรงลวดอย่างสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้าง

2) ส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire section หรือ Forming section) นำเยื่อเมื่อปล่อยออกจากถังจ่ายน้ำเยื่อแล้วจะตกลงบนส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นซึ่งทำจากบรอนซ์หรือพลาสติกเป็นสายพานยาว ส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะทำหน้าที่สำคัญสองประการ คือ การก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรอง (Sheet forming by filtration process) และการแยกน้ำออก (Dewatering)

3) ส่วนกดกระดาษ (Press section) เมื่อแผ่นเปียกของกระดาษซึ่งมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 80 ออกจากส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมีผ้าสักหลาดเป็นตัวพามายังส่วนกดกระดาษ กระดาษที่ออกจากส่วนลูกกดจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 55 – 60 การบีบกระดาษด้วยส่วนลูกกดให้เหลือน้ำในกระดาษน้อยกว่านี้อาจทำให้แผ่นกระดาษขาดได้ จึงต้องทำให้แห้งโดยอาศัยความร้อนในขั้นต่อไป

4) ส่วนอบกระดาษ (Dryer section) ในส่วนประกอบนี้ประกอบด้วยลูกอบหลายลูก โดยแต่ละลูกมีลักษณะเป็นโลหะทรงกระบอกขนาดใหญ่ภายในมีไอน้ำร้อนไหลอยู่ แผ่นกระดาษจะวิ่งไปตามลูกอบซึ่งหมุนพากระดาษไป ลูกอบต้องมีจำนวนมากพอหรือมีพื้นที่มากพอที่จะทำให้กระดาษแห้ง โดยกระดาษแห้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 4 – 8

5) ส่วนรีดกระดาษ (Calender) ประกอบด้วยลูกรีดหลายลูก ทำหน้าที่ปรับแผ่นให้สม่ำเสมอขึ้น กระดาษบางประเภทที่ไม่ต้องการผิวเรียบอาจเข้าม้วนโดยไม่ผ่านลูกรีด แต่กระดาษพิมพ์และเขียนรวมทั้งกระดาษที่ต้องการผิวเรียบต้องผ่านลูกรีดก่อนเข้าพันเป็นม้วน

6) ส่วนพันกระดาษเข้าม้วน (Winder) หลังจากที่ผ่านมาส่วนอบกระดาษหรือส่วนรีดกระดาษแล้ว กระดาษจะผ่านเข้าส่วนพันกระดาษเข้าม้วนซึ่งเป็นอุปกรณ์สุดท้ายของการผลิตกระดาษด้วยเครื่องจักร

7) ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบคุณภาพเพื่อนำไปจำหน่าย

คุณสมบัติของกระดาษ

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำมาจากกระดาษมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดย่อมต้องการกระดาษที่มีสมบัติแตกต่างกันไป สมบัติของกระดาษใช้กำหนดประเภทของกระดาษให้เหมาะสมกับงานและยังใช้บ่งชี้ถึงความเหมือนและความแตกต่างกันของกระดาษได้ด้วย สมบัติของกระดาษแบ่งออกเป็น 4 ด้าน (ชยาภาส ทับทอง. 2549: 11-12) ดังนี้

1. ลักษณะโครงสร้างของกระดาษ ประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและมีสารเติมแต่งอุดช่องว่างระหว่างเส้นใย ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษจึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษ เช่น การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวใน แนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่นๆ ของกระดาษด้วย ลักษณะทางโครงสร้างของเส้นใย ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (Basic weight หรือ Grammage) ความหนา ความสม่ำเสมอของ เนื้อกระดาษ (Formation) ทิศทางของเส้นใย (Directionality) ความแตกตาคงของผิวกระดาษสองด้าน (Two-sidedness) ความพรุน (Porosity) และความเรียบของผิวกระดาษ (Smoothness) เป็นต้น

2. สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ เป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งหมายถึงการที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (Durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้มีอยู่หลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูป จนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปสมบัติเชิงกลได้ สมบัติเชิงกลของกระดาษ ได้แก่ ความต้านแรงดึงและการยืดตัว ความต้านแรงด้นทะลุ ความต้านแรงฉีกขาด ความทนต่อ การพับขาด ความทรงรูป

3. สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความขาว ความมันวาว (Gloss) สมบัติเหล่านี้ไม่สามารถวัดค่าออกมาโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์เพียงอย่างเดียวได้ แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับการมองเห็นของสายตามนุษย์ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกต และสมองตัดสินใจรับรู้การมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นในการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลของการสะท้อนแสง หรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

4. น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight หรือ Grammage) น้ำหนักกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิเนื่องจากค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษชนิดหนึ่งจะสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของกระดาษนั้นๆ และในปัจจุบันมาตรฐาน IOS และ Tappi ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษให้ใช้คำว่า “แกรมเมจ” แทนน้ำหนักมาตรฐานน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติอื่นๆ ได้ด้วยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษประเภทเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยสภาวะต่างๆ เหมือนกัน

กระดาศที่มีน้ำหนักมาตรฐานมากกว่าจะมีความเป็นแข็งแรงความหนาและความทึบแสงมากกว่ากระดาศที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่า

5. ความหนาของกระดาศ (Caliper) ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวด้านบนกับผิวด้านล่างของกระดาศภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนดในระบบ SI จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมตร (Micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (Millimeter : mm) ความหนาของกระดาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักมาตรฐาน

6. ความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength) ความแข็งแรงต่อแรงดันที่กระทำต่อกระดาศในแนวยาวความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาศเป็นสมบัติที่สำคัญในการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาศได้แก่ชนิดของเยื่อปริมาณการบดเยื่อและปริมาณความชื้นกระดาศ

กระบวนการดูดซับ (Adsorption process)

การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (Interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสโดยโมเลกุลที่ถูกดูดซับเรียกว่าสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า สารดูดซับ (Adsorbent) (ชยาภาส ทับทอง. 2549: 14)

1. ประเภทของการดูดซับ

ปัจจัยสำคัญในการบอกชนิดของกระบวนการดูดซับจะพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับ ถ้าแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals forces) จะเป็นการดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) แต่ถ้าแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับจะเรียกว่า การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) โดยประเภทของการดูดซับสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อยคือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมลและสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่ายซึ่งเป็นข้อดี เพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่าย สารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (Multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุล สารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้า โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับและจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกละลายกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกันซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกละลายเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมี

พันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงประมาณ 50 – 400 กิโลจูลต่อโมล หมายความว่า การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยาก คือไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (Irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer)

3) การดูดซับทางชีวภาพ (Biosorption) หมายถึง การดูดซับโลหะหนักด้วยมวลชีวภาพซึ่งเป็นการกระทำทางเคมีฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะหนักหรือกลุ่มโลหะหนักที่มีประจุกับมวลชีวภาพเป็นวิธีทางชีวภาพในการควบคุมสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปใช้เป็นทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อน มีข้อดีกว่าวิธีดั้งเดิมในด้านค่าใช้จ่าย ประสิทธิภาพาก่อนที่ที่เกิดจากวิธีทางเคมีหรือชีวภาพ การเพิ่มสารอาหารและสารดูดซับชีวภาพ (Biosorbent) สามารถนำไปผ่านกระบวนการแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้และโลหะยังสามารถเอาออกมาจากสารดูดซับนั้นได้

2. คุณสมบัติของตัวดูดซับ ได้แก่

1) พื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับประสิทธิภาพของการดูดซับ โดยพื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้นประกอบกับมีโครงสร้างรูพรุน จะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นเพราะกระบวนการดูดซับเกิดขึ้นที่พื้นที่ผิวเป็นส่วนใหญ่

2. ขนาดของตัวดูดซับในกรณีที่สารดูดซับไม่มีรูพรุน เมื่อขนาดของตัวดูดซับลดลงพื้นที่ผิวในการดูดซับจะลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลงตามไปด้วย

คุณสมบัติของแป้ง

ศิริจรรยา กันภัย (2562: ออนไลน์) ได้อธิบายคุณสมบัติของแป้งชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทดลองในครั้งนี้ไว้ดังนี้

1. แป้งข้าวเหนียว (Glutinous rice flour) เป็นแป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวเหนียวที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว จับแล้วสากมือเล็กน้อย เมื่อนำไปทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นข้นเหนอะหนะ พอแป้งถูกความร้อนจะจับตัวเป็นก้อนค่อนข้างเหนียวเหมาะในการนำมาประกอบอาหารที่ต้องการความเหนียวเกาะตัว เช่น ขนมเทียน ขนมถั่วแปบขนมต้ม

2. แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) ทำมาจากหัวมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงสีขาว จับผิวสัมผัสของแป้งจะเนียน ลื่นมือเมื่อนำไปทำให้สุกจะเหลวเหนียวหนืด เมื่อพักให้เย็นจะมีลักษณะเหนียวเหนอะหนะคงตัวนิยมนำมาผสมกับอาหารที่ต้องการความเหนียวหนืดและใส เช่น ทับทิมกรอบ เต้าส่วน ในการทำขนมหวานนิยมนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับแป้งชนิดอื่นๆ เพื่อให้ขนมมีความเหนียวนุ่มกว่าการใช้แป้งชนิดเดียว เช่น ขนมชั้น ขนมฟักทอง ขนมกล้วย

3. แป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง (Bread Flour) ทำจากข้าวสาลีชนิดหนัก มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12 – 13 สีขาวนวล เมื่อสัมผัสผิวแป้งจะหยาบกว่าแป้งสาลีชนิดอื่นปริมาณ โปรตีนสูง ทำให้แป้งขนมปังสามารถดูดน้ำได้มาก มีความยืดหยุ่น เหนียวเหมาะสำหรับการทำขนมปัง ปาท่องโก๋

รายงานการวิจัยเรื่อง การทำกระดาษจากฟางข้าว โดยวีระศักดิ์ ศรีอ่อน (2538: บทคัดย่อ)

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวรายใหญ่ของโลก จึงมีฟางข้าวที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับในการผลิตกระดาษอย่างเหลือเฟือ ประกอบกับขณะนี้ปริมาณกระดาษภายในประเทศที่มีปริมาณที่ไม่เพียงพอต้องนำเข้าจากต่างประเทศปีละมากๆ มาใช้ ซึ่งวิธีการผลิตนั้นมีกรรมวิธีดังนี้คือ ตัดฟางข้าวและนำไปล้าง นำฟางข้าวไปต้มกับน้ำและโซดาไฟจนเปื่อย นำไปล้างและทำให้ละเอียด กรองส่วนที่เป็นของเหลวออก คั้นให้แห้ง นำฟางข้าวที่ได้มาใส่แปรง ยางสน สารส้มชนิดผง และน้ำกระเจี๊ยบ คนให้เข้ากัน จากนั้นนำตะแกรงไปซ้อนเนื้อฟางข้าว รอให้แห้งและนำไปรีดด้วยลูกกลิ้ง จากนั้นจึงนำไปตากแดด

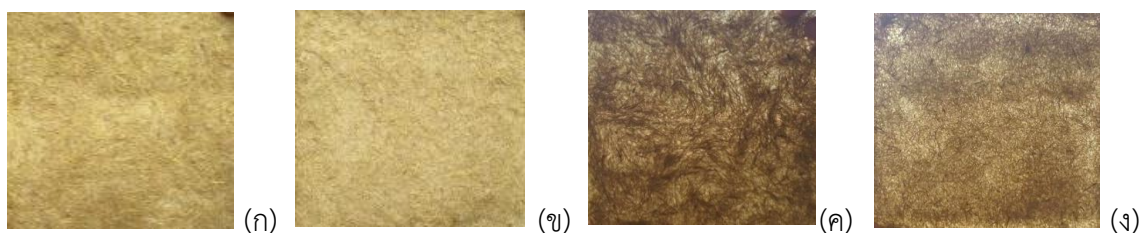
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. นำฟางข้าวที่ตากแห้ง มาตัดให้มีขนาด 1 cm น้ำหนัก 50 g แช่ในน้ำปริมาตร 1,000 ml เป็นเวลา 1 วัน
2. เตรียมน้ำด่างจากซี้เถ้า โดยนำซี้เถ้า 150 g ละลายในน้ำ ปริมาตร 1,000 ml ลงในภาชนะและปิดภาชนะให้สนิท ทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อปรับค่า pH เป็น 11
3. นำฟางข้าวที่เตรียมไว้ผสมกับน้ำด่างจากซี้เถ้า และนำไปต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90°C
4. นำมาล้างน้ำให้สะอาดเพื่อปรับค่า pH เป็น 7 – 8
5. นำเยื่อของฟางข้าวมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด จากนั้นเทเยื่อเส้นใยลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 ml
6. ใช้ผ้าชนิดตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ขนาด 20 x 20 cm แล้วนำเยื่อที่เตรียมไว้ น้ำหนัก 20 g เทใส่ตะแกรงมุ้งลวด แล้วกระจายเยื่อให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น ใช้วิธีการขึ้นรูปแบบการตะและ การซ้อน
7. นำไปตากแดด 2 ชั่วโมงให้หมาด แล้วผึ่งลมให้แห้งสนิท
8. สังเกตการกระจายตัวของเส้นใย



รูปภาพที่ 3.1 เยื่อกระดาษจากการทดลองวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว (ก) กระดาษจากวิธีการตะ (ข) กระดาษจากวิธีการซ้อน (ค) กระดาษจากวิธีการตะเมื่อส่องกับแสงแดด และ (ง) กระดาษจากวิธีการซ้อนเมื่อส่องกับแสงแดด

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 – 5 ในตอนที่ 1
2. ใช้น้ำฉีดตะแกรงมุ้งลวดขนาด 20 x 20 cm และผ้าขาวบางที่ซึ่งตั้งขนาด 20 x 20 cm แล้วนำเยื่อที่เตรียมไว้เทใส่กะละมังผสมกับน้ำในปริมาตรที่พอเหมาะ แล้วกระจายเยื่อให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้นใช้วิธีการขึ้นรูปแบบการซ้อน
3. นำไปตากแดด 2 ชั่วโมงให้หมาด แล้วผึ่งลมให้แห้งสนิท
4. สังเกตความสามารถในการยึดติดกับวัสดุ



(ก)



(ข)

รูปภาพที่ 3.2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

โดยสังเกตจากความสามารถในการยึดติดกับวัสดุ (ก) ผ้าขาวบาง (ข) ตะแกรงมุ้งลวด

ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 การศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสม

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 – 5 ในตอนที่ 1
2. ใช้น้ำฉีดตะแกรงมุ้งลวดขนาด 20 x 20 cm แล้วนำเยื่อที่เตรียมไว้ใส่ในกะละมังผสมกับน้ำแป้งข้าวเหนียวสุกในปริมาตร 5,000 ml แล้วกระจายเยื่อให้สม่ำเสมอ จากนั้นใช้วิธีการขึ้นรูปแบบการซ้อน
3. นำไปตากแดด 2 ชั่วโมงให้หมาด แล้วผึ่งลมให้แห้งสนิท
4. ทดสอบน้ำหนักของกระดาษ โดยตัดกระดาษทดสอบขนาด 6 x 6 cm นำมาชั่งน้ำหนักขึ้นทดสอบ และคำนวณหาน้ำหนักของกระดาษ
5. เปลี่ยนน้ำแป้งข้าวเหนียวสุกเป็นน้ำแป้งมันสำปะหลังสุกและน้ำแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังสุกตามลำดับ

3.2 การทดสอบความหนาของกระดาษ

1. ตัดกระดาษทดสอบขนาด 6 x 6 cm
2. วัดความหนาของกระดาษด้วยไมโครมิเตอร์จำนวน 5 จุด ได้แก่ มุมของกระดาษทั้ง 4 มุม และกึ่งกลางของกระดาษ

3. หาค่าเฉลี่ยความหนาของกระดาษ จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$



รูปภาพที่ 3.3 การทดสอบความหนาของกระดาษ

3.3 ทดสอบความสามารถในการดูดซับมัน

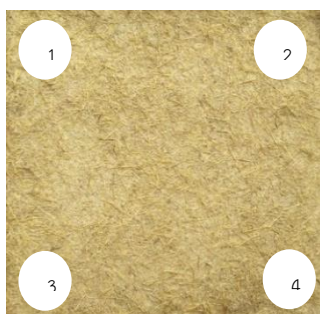
1. ตัดกระดาษทดสอบขนาด 2 x 6 cm
2. เทน้ำมันพืชปริมาตร 2 ml ลงในปิกรเกอร์ขนาด 30 ml
3. สังเกตการดูดซับน้ำมันของกระดาษ เทียบกับกระดาษซับน้ำมัน Paper towel ในเวลา 1 นาที



รูปภาพที่ 3.4 การทดสอบการดูดซับมันของกระดาษ

3.4 การทดสอบความทนต่อแรงดึง

1. เจาะรูกระดาษจำนวน 4 จุด แล้วแขวนกระดาษไว้กับเครื่องชั่งสปริง
2. ออกแรงดึงกระดาษเพื่อทดสอบความตึงของกระดาษจากแรงที่ใช้ดึงทั้ง 4 จุด
3. อ่านค่าแรงที่ได้จากเครื่องชั่งสปริง
4. หาค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงดึง จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$



รูปภาพที่ 3.5 ตำแหน่งที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงดึง

ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- นำกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวที่ผลิตด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุดไปทดลองใช้กับร้านค้าของทอดในตำบลบ้านแก้ง โดยตำบลบ้านแก้งมีทั้งหมด 7 หมู่บ้าน ซึ่งมีร้านค้าและร้านค้าที่ขายของประเภททอดที่ต้องใช้กระดาษในการซับน้ำมัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดร้านค้าที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

หมู่ที่	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวนร้านค้าทั้งหมด	จำนวนร้านค้าที่ขายของประเภททอด
1	บ้านดง	8	2
2	บ้านภูวง	2	0
3	บ้านหนองบัว	2	0
4	บ้านแก้ง	6	2
5	บ้านนาคำน้อย	3	1
6	บ้านคำเตาเหล็ก	6	2
7	บ้านคำคู	2	1
รวมทั้งหมด		29	8

- ให้แม่ค้าที่มีร้านค้าที่ขายของประเภททอดทำแบบสอบถามความพึงพอใจฯ โดยมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale)
- นำแบบสอบถามความพึงพอใจฯ มาวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล โดยมีเกณฑ์ในการแปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.21 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.41 – 4.20 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.61 – 3.40 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.81 – 2.60 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.80 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการวิจัย มีดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

ในการศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว ได้ทำการศึกษาทดลองวิธีการขึ้นรูป 2 วิธี คือ แบบตะและแบบซ้อน ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

วิธีที่ใช้ในการขึ้นรูป	ลักษณะกระดาษ	ภาพกระดาษ	ภาพกระดาษเมื่อส่องกับแสงแดด
การซ้อน	<ul style="list-style-type: none"> - เส้นใยเกาะกันแน่น - เส้นใยกระจายตัวทั่วทั้งแผ่น - เนื้อกระดาษแน่น 		
การตะ	<ul style="list-style-type: none"> - เส้นใยเกาะกันแบบหลวม - เส้นใยไม่กระจายตัวทั่วทั้งแผ่น - เนื้อกระดาษไม่แน่น 		

จากตารางที่ 4.1 พบว่าวิธีการซ้อนจะทำให้เส้นใยเกาะกันแน่น กระจายตัวทั่วทั้งแผ่น เนื้อกระดาษแน่นกว่าวิธีการตะ ดังนั้นวิธีการซ้อนจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อขึ้นรูปกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวมากที่สุด

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

ในการศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวได้ทำการศึกษาทดลองชนิดของวัสดุ 2 ชนิด คือ ผ้าขาวบางซึ่งตึงและตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ ขนาด 20 x 20 cm ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป	ลักษณะกระดาษ	ภาพพื้นผิววัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป
ผ้าขาวบางซึ่งตึง	<ul style="list-style-type: none"> - กระดาษฉีกขาดหรือเสียหาย - มีเส้นใยติดบนพื้นผิววัสดุจำนวนมาก 	
ตะแกรงมุ้งลวดตาถี่	<ul style="list-style-type: none"> - กระดาษไม่ฉีกขาดหรือเสียหาย - มีเส้นใยติดบนพื้นผิววัสดุน้อย 	

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อใช้ตะแกรงมุ้งลวดตาถี่เป็นวัสดุในการขึ้นรูปกระดาษไม่ฉีกขาดหรือเสียหาย มีเส้นใยติดบนพื้นผิววัสดุน้อย ซึ่งดีกว่าการใช้ผ้าขาวบางเป็นวัสดุในการขึ้นรูป ดังนั้นตะแกรงมุ้งลวดตาถี่จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวที่มากที่สุด

ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีต่อการดูดซับน้ำมันและความทนต่อแรงดึง

3.1 ผลการศึกษาลักษณะของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ในการศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อลักษณะของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาลักษณะของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดแป้ง	ลักษณะกระดาษ	ภาพกระดาษ
กระดาษผสม แป้งข้าวเหนียว	<ul style="list-style-type: none"> - กระดาษแข็งน้อยที่สุด - ผิวสัมผัสเรียบไม่สม่ำเสมอ กัน - กระดาษมีสีเหลือง 	
กระดาษผสม แป้งมันสำปะหลัง	<ul style="list-style-type: none"> - กระดาษแข็งปานกลาง - ผิวสัมผัสเรียบไม่สม่ำเสมอ กัน - กระดาษมีสีเหลือง 	
กระดาษผสม แป้งสาลี สำหรับทำขนมปัง	<ul style="list-style-type: none"> - กระดาษแข็งมากที่สุด - ผิวสัมผัสเรียบเสมอกัน - กระดาษมีสีเหลืองขุ่น 	

จากตารางที่ 4.3 พบว่ากระดาษมีลักษณะแตกต่างกัน โดยกระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีความแข็งน้อยที่สุด ผิวสัมผัสเรียบไม่สม่ำเสมอ กระดาษมีสีเหลือง กระดาษผสมแป้งมันสำปะหลังมีความแข็งปานกลาง ผิวสัมผัสเรียบไม่สม่ำเสมอ กระดาษมีสีเหลือง และ 3) กระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความแข็งมากที่สุด ผิวสัมผัสเรียบเสมอกัน เนื้อกระดาษมีสีเหลืองขุ่น

3.2 ผลการทดสอบน้ำหนักของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ในทดสอบน้ำหนักของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ ซึ่งทำการศึกษาทดลองโดยนำกระดาษผสมแป้งชนิดต่างๆ ที่ได้มาตัดให้มีขนาด 6 x 6 cm นำไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบน้ำหนักของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดกระดาษ	น้ำหนักกระดาษที่ชั่งได้ (g)			น้ำหนักกระดาษที่ชั่งได้เฉลี่ย (g)	น้ำหนักกระดาษที่ได้จากการคำนวณ (g/cm ²)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
กระดาษ Paper towel	0.14	0.14	0.14	0.14	38.89
กระดาษผสมแป้งข้าวเหนียว	0.47	0.41	0.48	0.45	130.56
กระดาษผสมแป้งมันสำปะหลัง	0.47	0.45	0.48	0.47	125.00
กระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง	0.53	0.68	0.54	0.58	161.11

จากตารางที่ 4.4 พบว่ากระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือกระดาษผสมแป้งมันสำปะหลัง และกระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีน้ำหนักน้อยที่สุด

3.3 ผลการทดสอบความหนาของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ในทดสอบความหนาของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ ซึ่งทำการศึกษาค้นคว้าทดลองโดยนำกระดาษผสมแป้งชนิดต่างๆ ที่ได้มาตัดให้มีขนาด 6 x 6 cm นำไปวัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของการศึกษาค้นคว้าทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความหนาของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดกระดาษ	ตำแหน่ง ที่ทดสอบ	ความหนากระดาษที่วัดได้ (mm)			เฉลี่ย (mm)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
กระดาษ Paper towel	1	0.10	0.10	0.10	0.10
	2	0.10	0.10	0.10	
	3	0.10	0.10	0.10	
	4	0.10	0.10	0.10	
	5	0.10	0.10	0.10	
กระดาษผสม แป้งข้าวเหนียว	1	0.42	0.49	0.43	0.50
	2	0.49	0.45	0.45	
	3	0.59	0.46	0.54	
	4	0.61	0.52	0.47	
	5	0.60	0.46	0.52	
กระดาษผสม แป้งมันสำปะหลัง	1	0.73	0.59	0.50	0.54
	2	0.51	0.39	0.56	
	3	0.44	0.55	0.54	
	4	0.46	0.51	0.55	
	5	0.56	0.55	0.61	
กระดาษผสมแป้งสาลี สำหรับทำขนมปัง	1	0.68	0.54	0.66	0.59
	2	0.67	0.71	0.53	
	3	0.60	0.49	0.55	
	4	0.50	0.52	0.61	
	5	0.59	0.56	0.70	

จากตารางที่ 4.5 พบว่ากระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความหนามากที่สุด รองลงมาคือกระดาษผสมแป้งมันสำปะหลัง และกระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีความหนาน้อยที่สุด

3.4 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ในทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ ซึ่งทำการศึกษาทดลองโดยนำกระดาษผสมแป้งชนิดต่างๆ ที่ได้มาตัดให้มีขนาด 2 x 6 cm นำไปทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยเทน้ำมัน 2 ml ลงในปิ๊กเกอร์ขนาด 30 ml จากนั้นใส่กระดาษที่ตัดไว้ลงในปิ๊กเกอร์ จับเวลา 1 นาทีแล้วนำออก วัดระยะทางที่กระดาษดูดซับน้ำมันได้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดกระดาษ	ระยะทางที่น้ำมันเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 นาที (cm)			เฉลี่ย (cm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
กระดาษ Paper towel	3.0	2.7	3.0	2.90
กระดาษผสม แป้งข้าวเหนียว	3.0	3.0	3.0	3.00
กระดาษผสม แป้งมันสำปะหลัง	3.0	2.8	3.0	2.93
กระดาษผสมแป้งสาลี สำหรับทำขนมปัง	1.7	2.0	2.0	1.90

จากตารางที่ 4.6 พบว่ากระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันมากที่สุด รองลงมาคือกระดาษผสมแป้งมันสำปะหลัง และกระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด

3.5 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ในทดสอบความทนต่อแรงดึงของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ ซึ่งทำการศึกษาทดลองโดยนำกระดาษผสมแป้งชนิดต่างๆ ที่ได้มาตัดให้มีขนาด 6 x 6 เซนติเมตร นำไปทดสอบความทนต่อแรงดึง โดยเจาะรูที่มุมกระดาษทั้ง 4 มุม นำไปแขวนกับเครื่องชั่งสปริง จากนั้นออกแรงดึงจนกระดาษขาด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของกระดาษจากการผสมแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดกระดาษ	ตำแหน่ง ที่ทดสอบ	ความทนต่อแรงดึง (N)			เฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
กระดาษ Paper towel	1	0.5	0.3	0.4	0.4
	2	0.3	0.5	0.5	
	3	0.4	0.4	0.3	
	4	0.4	0.4	0.4	
กระดาษผสม แป้งข้าวเหนียว กระดาษผสม แป้งข้าวเหนียว	1	5.5	3.2	4.2	4.0
	2	3.3	3.3	3.6	
	3	3.0	5.0	3.8	
	4	4.5	4.4	4.0	
	1	5.5	3.2	4.2	
กระดาษผสม แป้งมันสำปะหลัง กระดาษผสม แป้งมันสำปะหลัง	1	3.6	3.3	3.5	4.7
	2	5.0	5.5	6.0	
	3	5.8	4.4	5.2	
	4	4.5	4.7	4.5	
	1	3.6	3.3	3.5	
กระดาษผสมแป้งสาลี สำหรับทำขนมปัง	1	5.6	9.0	9.0	8.1
	2	10.0	4.5	10.0	
	3	10.0	9.0	10.0	
	4	8.0	5.0	7.5	

จากตารางที่ 4.7 พบว่ากระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือกระดาษผสมแป้งมันสำปะหลังคือ และกระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีความทนต่อแรงดึงน้อยที่สุด

จากการศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันและความทนต่อแรงดึงผลการทดลองพบว่า กระจดาขผสมแป้งข้าวเหนียวมีความสามารถในการดูดซับมันดีที่สุด และกระจดาขผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด

ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง

ในการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง ได้ทำการศึกษาโดยนำกระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวที่ผลิตด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุดไปทดลองใช้กับร้านค้าของทอดในตำบลบ้านแก้ง ซึ่งแบบสอบถามความพึงพอใจฯ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) ซึ่งผลของการศึกษาทดลองเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความพึงพอใจต่อการใช้กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง

ความพึงพอใจต่อการใช้ กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าว	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ผิวสัมผัสของกระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าว	3.88	0.64	มาก
2. สีของกระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าว	4.38	0.52	มากที่สุด
3. ความสะอาดของกระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าว	3.88	0.83	มาก
4. ลักษณะโดยรวมที่มองเห็นด้วยตาของกระจดาข ซับน้ำมันจากฟางข้าว	4.25	0.46	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการนำไปใช้	4.13	0.83	มาก
6. กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวสามารถใช้งานได้ จริง	4.25	0.46	มากที่สุด
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้กระจดาข ซับน้ำมันจากฟางข้าว	4.38	0.52	มากที่สุด
ความพึงพอใจโดยรวม	4.16	0.61	มาก

จากตารางที่ 4.8 พบว่าความพึงพอใจต่อการใช้กระจดาขซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้งโดยรวมอยู่ในระดับมาก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว พบว่าวิธีการซ้อนเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวทั่วทั้งแผ่น โดยสังเกตได้จากการมองเห็นแผ่นกระดาษผ่านแสงแดด ทำให้เห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษได้ชัดเจน
2. การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว พบว่าตะแกรงมุ้งลวดชนิดตาถี่เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษเนื่องจากเมื่อลอกแผ่นกระดาษออกจากตะแกรงมุ้งลวดจะมีเส้นใยเกาะติดน้อยกว่าผ้าขาวบาง และกระดาษไม่ฉีกขาดหรือเสียสภาพ
3. การศึกษาชนิดของแป้งที่มีต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง พบว่ากระดาษผสมแป้งข้าวเหนียวมีความสามารถในการดูดซับมันดีที่สุด และกระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด
4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง พบว่าประชาชนในตำบลบ้านแก้งมีความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวโดยรวมอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว พบว่าวิธีการซ้อนเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวทั่วทั้งแผ่น โดยสังเกตได้จากการมองเห็นแผ่นกระดาษผ่านแสงแดด ทำให้เห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษได้ชัดเจน เนื่องจากเมื่อนำเยื่อที่กระจายดีแล้วใส่ในอ่างผสมไปกับน้ำในปริมาณที่มากพอและเหมาะสม น้ำจะช่วยในการกระจายของเยื่อและการใช้ตะแกรงซ้อนเยื่อขึ้นมาแล้วเทน้ำออกอย่างรวดเร็วจะทำให้เยื่อเรียงตัวเป็นระเบียบ การสานตัวของเส้นใยจะอุดช่องว่างระหว่างเส้นใยจึงส่งผลให้เกิดลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษที่มีลักษณะตามที่ขยายภาพทับทอง (2549: 11) ได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษที่ดีจะต้องมีการกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวใน แนวขนานกันจึงจะได้กระดาษที่มีความเรียบ นอกจากนี้การซ้อนยังทำให้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวมีสมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ กล่าวคือมีสมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความขาว ความมันวาว (Gloss)

ซึ่งอาศัยดวงตาในการสังเกต และสมองตัดสินการรับรู้การมองเห็น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยเรื่อง การทำกระดาษจากฟางข้าว โดยวีระศักดิ์ ศรีอ่อน (2538: บทคัดย่อ) ที่นำตะแกรงไปซ้อนเนื้อฟางข้าว

2. การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว พบว่า ตะแกรงมุ้งลวดชนิดตาถี่เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษเนื่องจากเมื่อลอกแผ่นกระดาษออกจาก ตะแกรงมุ้งลวดจะมีเส้นใยเกาะติดน้อยกว่าผ้าขาวบาง และกระดาษไม่ฉีกขาดหรือเสียหาย เนื่องจากตะแกรง มุ้งลวดชนิดตาถี่ขนาดของช่องที่จะสามารถทำให้น้ำซึมผ่านได้มากกว่าผ้าขาวบาง อีกทั้งตะแกรงมุ้งลวดยังทำ มาจากลวดอะลูมิเนียมซึ่งมีความมันวาวของผิวสัมผัสเมื่อลอกกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวจึงทำให้มีเส้นใย เกาะติดน้อยกว่าผ้าขาวบาง โดยผ้าขาวบางเมื่อกระดาษซับน้ำมันแห้งจะติดกับผ้าขาวบางได้ง่ายจากการที่มี ผิวสัมผัสของผ้าขาวบางที่ละเอียด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยเรื่อง การทำกระดาษจากฟางข้าว โดยวีระ ศักดิ์ ศรีอ่อน (2538: บทคัดย่อ) ที่นำตะแกรงไปซ้อนเนื้อฟางข้าว

3. การศึกษาชนิดของแป้งที่มีต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง พบว่ากระดาษผสม แป้งข้าวเหนียวมีความสามารถในการดูดซับมันดีที่สุด เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวเมื่อถูกความร้อนจะจับตัวเป็น ก้อนค่อนข้างเหนียวและเกาะตัว ทำให้มีพื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุนมีมากขึ้นจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของ การดูดซับ โดยพื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้นประกอบกับมีโครงสร้างรูพรุนจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับทำให้ ประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นเพราะกระบวนการดูดซับเกิดขึ้นที่พื้นที่ผิวเป็นส่วนใหญ่ (ชยาภาส ทับทอง. 2549: 14) และกระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด เนื่องจากแป้งสาลี สำหรับทำขนมปังมีผิวสัมผัสที่หยาบกว่าแป้งชนิดอื่นปริมาณ ทำให้สามารถดูดน้ำได้มาก มีความยืดหยุ่น และ เหนียว จึงทำให้กระดาษผสมแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังมีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด

4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบล บ้านแก้ง พบว่าประชาชนในตำบลบ้านแก้งมีความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวโดยรวมอยู่ ในระดับมาก เนื่องจากกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวที่ได้มีคุณสมบัติและสามารถดูดซับน้ำมันได้เป็นอย่างดี ไม่มีอันตรายจากสารเคมี ผลิตจากวัสดุและวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการนำวัสดุธรรมชาติ ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงทำให้ผู้ที่ทดลองใช้มีความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมัน จากฟางข้าวโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงกระดาษให้เรียบร้อยโดยใช้เครื่องรีดกระดาษ
2. ควรทดสอบการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึงเปรียบเทียบกับกระดาษที่มีพื้นผิวขรุขระ
3. กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวสามารถนำไปประยุกต์เป็นสิ่งประดิษฐ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1. ขนาดของเส้นใยที่ไม่ละเอียดทำให้ต้องใช้เครื่องปั่นผลไม้เพื่อย่อยให้มีขนาดเล็กลง
2. การแกะกระดาศซับน้ำมันจากฟางข้าวออกจากผ้าขาวบางซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังเพราะเส้นใยเกาะติดกับวัสดุ

ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยมีดังนี้

1. สามารถลดปัญหาการเผาฟางข้าว
2. สามารถผลิตกระดาศซับน้ำมันจากฟางข้าวไว้ใช้ในครัวเรือนเพื่อลดปริมาณสารเคมีจากการใช้กระดาศชำระ
3. สามารถนำไปต่อยอดในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์

บรรณานุกรม

- โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2562). การปลูกข้าวในภาคต่างๆ ของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 22 พฤษภาคม 2562, จาก <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=1&page=t3-1-infodetail07.html>
- ชยาภาส ทับทอง. (2549). กระดาษทำมือจากต้นกล้วย. โครงการวิจัย วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เชาวนาถ สร้อยสิงห์ และพิมพ์เพชร ไปเจออะ. (2557). กระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติ. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พีชเกษตร. (2558). ฟางข้าว (Rice straw) และประโยชน์จากฟางข้าว. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2562, จาก <https://puechkaset.com/%E0%B8%9F%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/>
- วีระศักดิ์ ศรีอ่อน. (2538). การทำกระดาษจากฟางข้าว. รายงานการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ศิริรจนา กันภัย. (2562). เคมีและสมบัติของแป้ง. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2562, จาก <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter2.html>
- สำนักประชาสัมพันธ์เขต 1 ขอนแก่น. (2558). ลดการเผาฟางข้าวและต่อซังและเศษวัสดุทางการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2562, จาก https://region1.prd.go.th/ewt_news.php?nid=29206&filename=South_feb_10
- โสภา เกตุสุวรรณ. (2555). การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาของตกแต่งบ้านจากวัสดุเหลือใช้ในทางการเก็บเกี่ยวข้าว. การค้นคว้าอิสระ ศล.ม. (การออกแบบผลิตภัณฑ์). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

ภาคผนวก ข วิธีการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ค การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว
2. การตอบแบบสอบถามนี้ไม่มีคำตอบถูกหรือผิด
3. ให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาข้อความที่ตรงกับความรู้สึกและความคิดเห็นของท่านมากที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความพึงพอใจที่เป็นจริงตามความรู้สึกและความคิดเห็นของท่าน

ความพึงพอใจต่อการใช้ กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ผิวสัมผัสของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว					
2. สีของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว					
3. ความสะอาดของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว					
4. ลักษณะโดยรวมที่มองเห็นด้วยตาของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว					
5. ความเหมาะสมในการนำไปใช้					
6. กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวสามารถใช้งานได้จริง					
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ :

วิธีการทดลอง

การทดลองทั้ง 3 ตอน มี 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การเตรียมฟางข้าว





ตัดฟางข้าวที่ตากแห้ง
ขนาด 1 cm จำนวน 50 g

แช่น้ำปริมาตร 1,000 ml
เป็นเวลา 1 วัน

2. การเตรียมน้ำด่าง



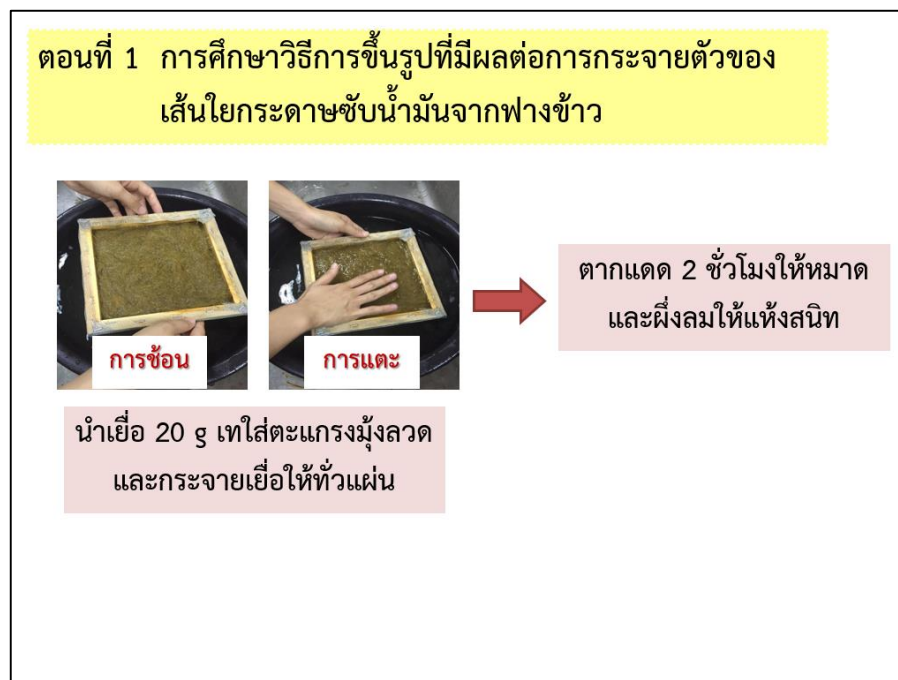



นำซีเมนต์ 150 g ผสมน้ำปริมาตร 1,000 ml
แช่ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เพื่อปรับค่า pH เป็น 11

ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ (ต่อ) :



ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการขึ้นรูปที่มีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว



ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว



นำเยื่อจำนวน 20 g เทใส่กะละมัง คนให้เยื่อกระจายตัวทั่วกะละมัง

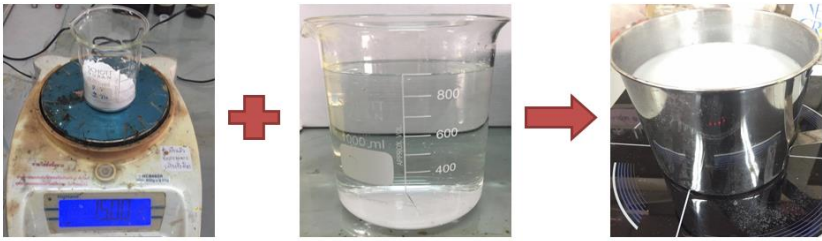
ใช้ตะแกรงมุ้งลวด และผ้าขาวบาง ซ้อนเยื่อให้เต็มแผ่นด้วยวิธีการซ้อน

ตากแดด 2 ชั่วโมงให้หมาด และผึ่งลมให้แห้งสนิท

ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง

ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง

เตรียมน้ำแป้งสุก

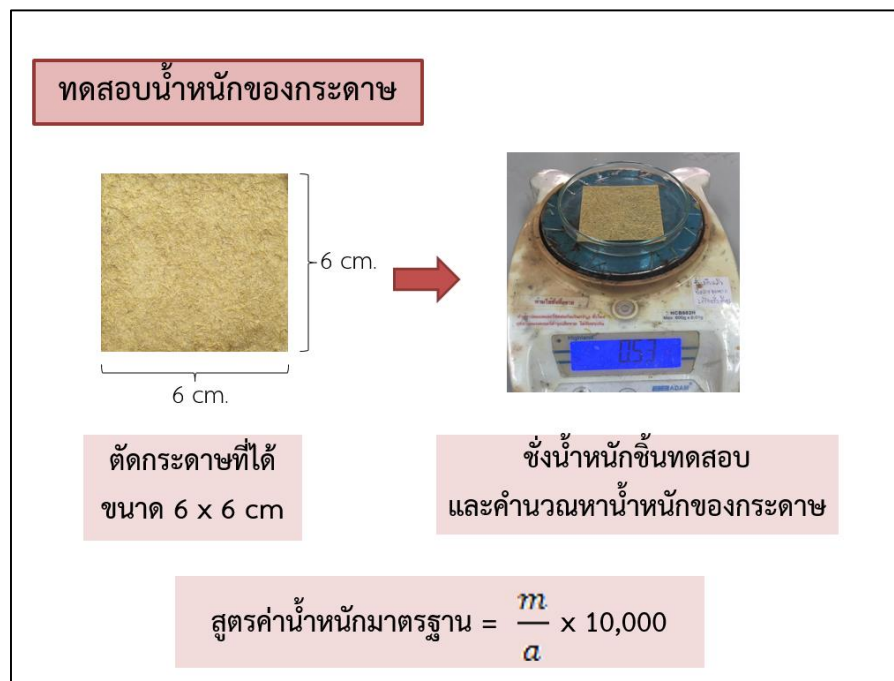


นำแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง ปริมาณ 75 g ต่อน้ำ 5,000 ml ต้ม 20 นาที ที่อุณหภูมิ 90 °c

ตอนที่ 3 การศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อการดูดซับมันและความทนต่อแรงดึง (ต่อ)




การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว :



การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว (ต่อ) :

ทดสอบความหนาของกระดาษ

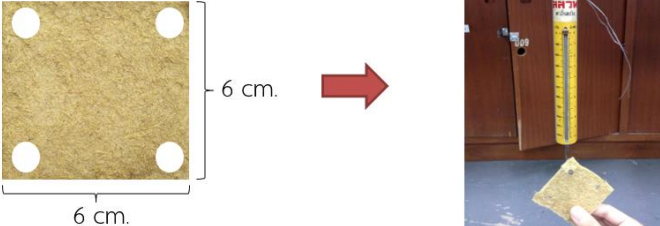


ตัดกระดาษที่ได้
ขนาด 6 x 6 cm

วัดความหนาของกระดาษด้วย
ไมโครมิเตอร์จำนวน 5 จุด
และคำนวณหาค่าเฉลี่ย

สูตรค่าเฉลี่ย $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

ทดสอบความทนต่อแรงดึง



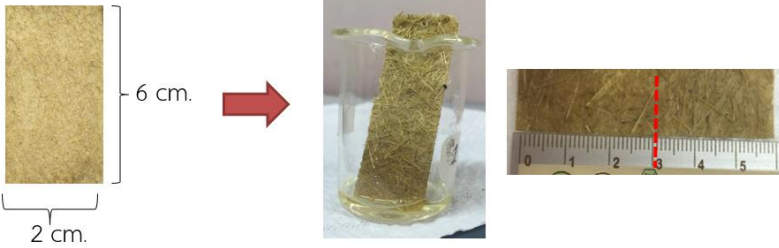
ตัดกระดาษที่ได้ขนาด 6 x 6 cm
เจาะรูทั้ง 4 มุม

ออกแรงดึงกระดาษจนขาด
สังเกตแรงดึงสุดท้ายก่อนกระดาษขาด
และหาค่าเฉลี่ย

สูตรค่าเฉลี่ย $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าว (ต่อ) :

ทดสอบความสามารถในการดูดซับมัน



ตัดกระดาษที่ได้ขนาด 2 x 6 cm

เตรียมน้ำมันพืชปริมาณ 2 ml ใส่ใน
ปิកเกอร์ ขนาด 30 ml จากนั้นนำ
กระดาษที่ตัดไว้วางลงในปิกเกอร์
เป็นเวลา 1 นาที

ภาคผนวก ค

การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้กระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวของประชาชนในตำบลบ้านแก้ง



รูปภาพการนำกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวไปให้แม่ค้าที่ขายของทอดทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจ



รูปภาพการนำกระดาษซับน้ำมันจากฟางข้าวไปให้แม่ค้าที่ขายของทอดทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจ

