Published online: 26 July 2019

การพัฒนากระดาษซับมันธรรมชาติที่มีส่วนผสมของกาบมะพร้าว

Development of Natural Blotting Paper Containing Coconut Husk

วงศกร ศุภดิเรกกุล
อีเมล์: Wsupadirekkul@hotmail.com
หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐยา เหล่าฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อีเมล์: nattayal@mfu.ac.th
สำนักวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเตรียมกระดาษซับมันที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสจากกาบมะพร้าว โดยเซลลูโลสกาบมะพร้าว ที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ มีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว อ่อนนิ่ม แสดงร้อยละผลผลิตเท่ากับ 66.91 ± 9.60 เมื่อขึ้นรูปกระดาษด้วยเยื่อปริมาณ 50 กรัมพบว่ามีลักษณะสีขาวอมน้ำตาล และจากการทดสอบกระดาษขนาด 7 × 7 ตารางเซนติเมตร พบว่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ± 0.08 กรัม หนา 0.40 ± 0.03 มิลลิเมตร มีค่าความโปร่งแสง ของกระดาษแห้งอยู่ที่ร้อยละ 0.06 ± 0.04 และกระดาษชุบน้ำมันที่ร้อยละ 0.72 ± 0.04 ความจุน้ำมันร้อยละ 133.99 ± 8.42 และมีอัตราการดูดซับที่ 1.77 ± 0.86 มิลลิเมตรต่อวินาที

คำสำคัญ: กระดาษซับมัน/กาบมะพร้าว/เซลลูโลส/ความจุน้ำมัน/กระดาษธรรมชาติ

Abstract

This independent study was purposed to prepare natural blotting paper containing coconut husk. Coconut husk extracted with NaOH solution and bleached with H_2O_2 to give soften and lighter color cellulose at an extractive yield of 66.91 ± 9.61%. The bleached cellulose (50 g) was prepared into paper with white and brownish color. The paper (7 × 7 cm^2) weighed 0.69 ± 0.08 g with a thickness of 0.40 ± 0.03 mm was transparence at 0.06 ± 0.04%,while the oil wetted paper was 0.72 ± 0.04%. This blotting paper had oil capacity of 133.99 ± 8.42% with the oil absorption rate of 1.77 ± 0.86 mm/s.

Keywords: Blotting paper/Coconut Husk/Cellulose/Oil Capacity/Natural Paper

บทนำ

สภาพอากาศร้อนในปัจจุบันส่งผลให้ผิวหนังสูญเสียความชุ่มชื้น ต่อมไขมันจึงขับไขมันหรือเซบุมเพื่อเคลือบผิวหนังเพื่อไม่ให้สูญเสียความชุ่มชื้น แต่การที่ขับเซบุมมากเกินไปส่งผลให้เกิดความมันส่วนเกินบนใบหน้าซึ่งมีผลต่อเครื่องสำอาง อีกทั้ง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสิว (id SKIN EXPERT, 2019) วิธีแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือการใช้กระดาษซับมัน โดยกระดาษซับมันนั้นเป็นรูปแบบหนึ่งของกระดาษที่มีส่วนประกอบเป็นเส้นใยเซลลูโลส

โดยในกาบมะพร้าวมีเส้นใยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก (Sengupta , 2016) ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติ ในการดูดซับได้ดีและมีความยืดหยุ่นสูง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ผู้ศึกษานำเส้นใยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสกาบมะพร้าวมาพัฒนาเป็นกระดาษซับมัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการเตรียมเยื่อกระดาษจากกาบมะพร้าว และยืนยันองค์ประกอบของเยื่อกระดาษที่เตรียมได้
2. เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปกระดาษจากเยื่อกาบมะพร้าว
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับความมันของกระดาษจากกาบมะพร้าวเปรียบเทียบกับกระดาษดูดซับความมันจากท้องตลาด

Mae Fah Luang University

ขอบเขตการวิจัย

ทำการเตรียมเยื่อกระดาษจากกาบมะพร้าวโดยนำกาบมะพร้าวมาฟอกสีและยืนยันองค์ประกอบด้วยวิธี FTIR (เทคนิค KBr Disc) และขึ้นรูปกระดาษด้วยเยื่อกาบมะพร้าวที่ 25 กรัม 50 กรัม และ 100 กรัม ศึกษาลักษณะทางกายภาพของกระดาษ น้ำหนัก ความหนา ความโปร่งแสงและความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และความจุน้ำมันของกระดาษจากกาบมะพร้าวเปรียบเทียบกับกระดาษซับมันที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

การทบทวนวรรณกรรม

กาบมะพร้าวคือส่วนของผนังผลชั้นกลาง ของผลมะพร้าว มีลักษณะเป็น เส้นใย สีน้ำตาล มีองค์ประกอบหลัก เป็น แอลฟาเซลลูโลสอยู่ที่ร้อยละ 38.4 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 24.5 ลิกนินร้อยละ 31.8 และอื่น ๆ ร้อยละ 3.2 (Sengupta, 2016) โดยเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นยาวของ โฮโมพอลิเมอร์ ชนิด D-glucopyranoside ที่เชื่อมกันด้วยพันธะ β-1,4-glycosidic linkage (Solomons, 2008)

เซลลูโลสมีการแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่นกระดาษ เป็นต้น กระดาษซับมันเป็นหนึ่งในรูปแบบของกระดาษที่มีจุดประสงค์เพื่อซับความมันส่วนเกินบนผิวหน้า ที่เป็นสาเหตุหนึ่งในการอุดตันของรูขุมขน และก่อให้เกิดสิว ปัจจุบัน มีการเปลี่ยนวัสดุของกระดาษซับมันจาก กระดาษมาเป็นแผ่นฟิล์มหรือ เคลือบสารต่าง ๆ เช่น แป้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภายในการดูดซับความมัน (Akiko, 2011)

การทดสอบกระดาษซับมันนั้น นิยมทดสอบ น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ลักษณะพื้นผิวความโปร่งแสง และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Hansen, 2003; Rindenhour, 2009)

วิธีดำเนินการวิจัย

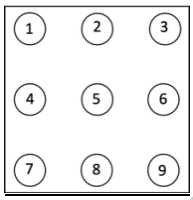
1. ปั่นกาบมะพร้าวแห้งให้ละเอียด (Tefal : DPA-130, France) ชั่งน้ำหนัก 50 กรัม แช่น้ำเป็นระยะเวลาเวลา 24 ชั่วโมง ต้มและฟอก สีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ คำนวณร้อยละผลได้ของเยื่อกระดาษ

2. นำเยื่อกาบมะพร้าวมาชั่งน้ำหนักที่ 25 กรัม 50 กรัม และ 100 กรัม ปั่นเยื่อด้วยเครื่องปั่น (Kenwood : BL470, Thailand) ขึ้นรูปด้วยกรอบแม่พิมพ์ขนาด 22 × 28 ตารางเซนติเมตร ที่ขึงผ้าตาข่ายขนาด 120 mesh หลังจากขึ้นรูปแล้ว ถอดเยื่อที่ได้จากแม่พิมพ์ ตากแห้ง และรีดกระดาษพร้อมทับด้วยวัสดุที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม เพื่อให้กระดาษเรียบ

3. การทดสอบเยื่อกาบมะพร้าวด้วยเทคนิคการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (Perkin Elmer : Spectrum GX, USA)

Mae Fah Luang University

4. เตรียมกระดาษขนาด 7 × 7 ตารางเซนติเมตรทดสอบการวัดสีของกระดาษจากเยื่อกาบมะพร้าวด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Konica Minolta : CM-2600d, Japan) ทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษและเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกระดาษหลังการขึ้นรูปและน้ำหนักเยื่อกระดาษเริ่มต้น (Mettler Toledo : ML/204/01, USA) ความหนาด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo : 103-137, Japan) 9 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 1 และ วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างกระดาษด้วยกล้องจุลทรรศน์กล้องดิจิตอลชนิดส่องพื้นผิว (KEYENCE : Digital Microscope VHX-5000, Singapore) ที่กำลังขยาย 100 เท่า



ภาพที่ 1 ตำแหน่งในการวัดความหนา

5. วิเคราะห์ ร้อยละความโปร่งแสงที่ความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometry (Thermo Fisher Scientific : Genesys 10S UV-Vis, USA) ของกระดาษแห้ง และกระดาษชุบน้ำมัน (National Aeronautics and Space Administration, 2010)

6. ทดสอบความจุของกระดาษ ต่อน้ำมันของกระดาษโดย นำกระดาษที่ผ่านการชั่งหาน้ำหนักมาตรฐาน ไปชุบน้ำมัน และแขวนไว้จนไม่มีน้ำมันหยดเพิ่ม ชั่งน้ำหนัก (Mettler Toledo : ML/204/01, USA) วิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน (กรัม) ที่ดูดซับและคำนวณเป็นร้อยละความจุน้ำมัน

7. ทดสอบ ระยะทางการดูดซับในแนวดิ่ง (Ridenhour, 2009) จุ่มปลายกระดาษลงไปในน้ำมัน จับเวลา วัดความสูงของน้ำมันที่ถูกดูดซับ ทุก 30 วินาที จนครบ 300 วินาที วิเคราะห์ลักษณะและแนวโน้มการดูดซับ

ผลการวิจัย

1. การเตรียมเยื่อกระดาษและร้อยละผลได้

จากการเตรียมพบว่ากาบมะพร้าวเริ่มต้นมีลักษณะเป็นเส้นใยกึ่งผง สีน้ำตาล มีน้ำหนักเบา ลักษณะหยาบ แข็งและ ฟูเป็นก้อน เมื่อต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่ากาบมะพร้าวมีลักษณะนุ่มลงแต่ยังมีสีน้ำตาล เมื่อฟอกสีด้วย ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์พบว่า เส้นใย

Mae Fah Luang University

หลังฟอกมีสีขาว มีลักษณะอ่อนนุ่ม แต่เมื่อล้างน้ำและอบอีกครั้งพบว่า เยื่อกระดาษที่เตรียมได้เป็นสีน้ำตาลอ่อน มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 66.91 ± 9.60

2. การวิเคราะห์ด้วย FTIR

ผลการวิเคราะห์พบว่าเซลลูโลสที่ไม่ฟอกสี และเซลลูโลสที่ฟอกสีให้สัญญาณของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่ 3,346 cm^{-1} หมู่เมทิล (-CH_2) ที่ 2,926 cm^{-1} พันธะเดี่ยวของคาร์บอน (C-C) ที่ 1,603 cm^{-1} พันธะไกลโคไซด์ (C-O-C) ที่ 1,061 cm^{-1} หมู่คาร์บอกซิล (C=O) ที่ 1,734 cm^{-1} และ สัญญาณของ แอโรมาติกเบนซีน (Benzene) ที่ 1,510 cm^{-1} ในขณะที่เซลลูโลสที่ฟอกสีไม่มีสัญญาณของหมู่คาร์บอกซิล และ แอโรมาติกเบนซีน (Bykov, 2008 ; Fan, 2012)

3. การขึ้นรูปกระดาษ ลักษณะทางกายภาพ ค่าสี และน้ำหนักมาตรฐาน

ทำการขึ้นรูปกระดาษด้วยเยื่อแห้งที่เตรียมได้ 25 กรัม 50 กรัม และ 100 กรัม พบว่า เยื่อ 25 กรัม ไม่สามารถขึ้นรูปกระดาษได้ กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม มีสีที่อ่อนกว่ากระดาษจากเยื่อ 100 กรัม (เมื่อแห้ง) กระดาษจากเยื่อ 100 กรัมมีการหดงอมากกว่ากระดาษจากเยื่อ 50 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 กระดาษที่เตรียมจากเยื่อกาบมะพร้าว 50 กรัม (ซ้าย) และกระดาษจากเยื่อ 100 กรัม (ขวา)

กระดาษจากเยื่อ 50 กรัมมีสีขาวอมน้ำตาล มีค่าความสว่าง 77.00 ± 1.75 ค่าสีแดง 3.15 ± 0.67 ค่าสีเหลือง 19.14 ± 1.65 ในขณะที่ กระดาษจากเยื่อ 100 กรัมมีสีน้ำตาลอมเหลือง มีค่าความสว่าง 69.95 ± 1.98 ค่าสีแดง 5.66 ± 0.61 ค่าสีเหลือง 5.67 ± 0.63

จากนั้นทำการวัดสีเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากเยื่อ 50 กรัม ที่ให้ความสว่างมากที่สุด กับกระดาษจากท้องตลาดที่เป็นกระดาษจากเซลลูโลส พบว่ากระดาษจากท้องตลาดมีสีขาวอมน้ำตาล

Mae Fah Luang University

เหมือนกระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม เมื่อวัดค่าความสว่าง พบว่ามีค่าที่มากกว่า 82.72 ± 0.19 และค่าสีแดง และเหลืองที่น้อยกว่ากระดาษจากเยื่อ 50 กรัม (1.50 ± 0.06 และ 1.49 ± 0.06 ตามลำดับ)

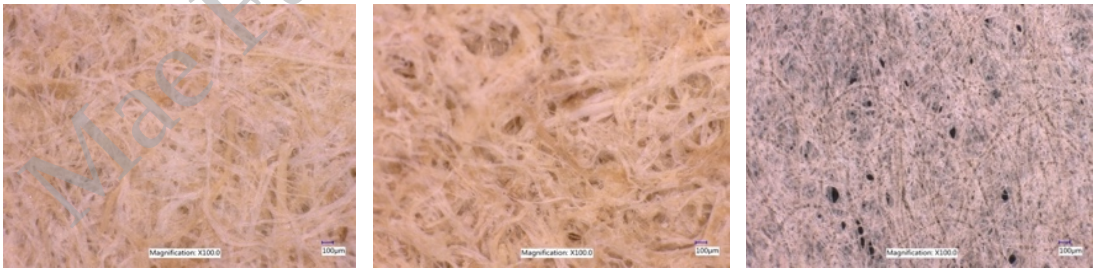
กระดาษจากเยื่อ 50 กรัม ที่เตรียมมีน้ำหนัก 0.69 ± 0.08 กรัม มีปริมาณเยื่อกระดาษที่ขึ้นรูป 8.67 ± 1.01 กรัม คิดเป็นร้อยละ 17.35 ± 1.01 ของน้ำหนักเยื่อ 50 กรัม กระดาษจากเยื่อ 100 กรัม มีน้ำหนัก 1.22 ± 0.10 กรัม มีปริมาณเยื่อกระดาษที่ขึ้นรูป 15.34 ± 1.26 กรัม คิดเป็น ร้อยละ 15.34 ± 1.26 ของน้ำหนักเยื่อ 100 กรัม และกระดาษจากท้องตลาดมีน้ำหนัก 0.08 ± 0.00 กรัม

4. การวัดความหนา

จากการวัดความหนาของกระดาษขนาด 7 × 7 ตารางเซนติเมตร กระดาษจากเยื่อ 50 กรัมมีความหนา 0.40 ± 0.03 มิลลิเมตร กระดาษจากเยื่อ 100 กรัม มีความหนา 0.61 ± 0.01 มิลลิเมตร ซึ่งความสม่ำเสมอของความหนาที่น้อยกว่า เกิดจากเซลลูโลสมีการกระจายตัวต่ำ ทำให้ความหนาไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่กระดาษจากท้องตลาดมีความหนา 0.20 ± 0.00 มิลลิเมตร

5. ลักษณะพื้นผิวของกระดาษ

จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า ดังภาพที่ 3 กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม มี การสานกันของเส้นใยโดยพื้นผิวของกระดาษมีรูพรุนที่ตื้น ในขณะที่ กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 100 กรัมนั้น มีการสานตัวกันของเส้นใยที่มากกว่า พื้นผิวมีรูพรุนที่ลึกกว่า สำหรับกระดาษจากท้องตลาด พบว่า เส้นใยมีการสานตัวเป็นแผ่นบาง และมีช่องว่างที่สามารถมองทะลุพื้นหลังได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพพื้นผิวของกระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม 100 กรัม และกระดาษจากท้องตลาดที่กำลังขยาย 100 เท่า

Mae Fah Luang University

6. การทดลองความโปร่งแสงของกระดาษตัวอย่าง

ตัวอย่างกระดาษจากเยื่อ 50 กรัม มีค่าร้อยละความโปร่งแสง ที่ความยาวคลื่น 380 - 700 นาโนเมตร ร้อยละ 0.06 ± 0.04 หลังชุบน้ำมันมีค่า ร้อยละความโปร่งแสง ที่ 0.72 ± 0.04 กระดาษจากเยื่อ 100 กรัม ที่มีค่า ร้อยละความโปร่งแสง อยู่ที่ร้อยละ 0.00 ± 0.01 พบว่า หลังชุบน้ำมันมีค่า ร้อยละความโปร่งแสง ที่ 0.19 ± 0.00 กระดาษจากท้องตลาดมีค่า ร้อยละความโปร่งแสง ที่ 0.52 ± 0.02 หลังชุบน้ำมันมีค่า ร้อยละความโปร่งแสง ที่ 24.35 ± 0.22 การทดลองนี้พบว่าปริมาณเซลลูโลสและ น้ำมันมีผลต่อ ร้อยละความโปร่งแสง โดย ปริมาณเซลลูโลสที่มากจะทำให้แสงผ่านได้น้อย

7. ความจุน้ำมันของกระดาษ

จากการชุบน้ำมันพบว่ากระดาษจากเยื่อ 50 กรัมมีความจุน้ำมันที่ 0.98 ± 0.11 กรัม คิดเป็นร้อยละ 133.99 ± 8.43 ของน้ำหนักกระดาษ กระดาษจากเยื่อ 100 กรัมที่มีความจุ 1.38 ± 0.18 กรัม คิดเป็นร้อยละ 112.99 ± 8.61 ของน้ำหนักกระดาษ กระดาษจากท้องตลาด ที่มีความจุอยู่ที่ 0.06 ± 0.00 กรัมคิดเป็นร้อยละ 75.80 ± 5.82 ของน้ำหนักกระดาษ

8. ระยะทางการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและอัตราการดูดซับน้ำมันของกระดาษ

จากการวัดระยะทาง พบว่ากระดาษทั้ง 3 ชนิดนั้นมีการเริ่มต้นดูดซับน้ำมันที่เร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปการดูดซับลดลงกระทั่งเต็มความจุของกระดาษ โดยกระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม มีอัตราการดูดซับที่ 1.77 ± 0.86 มิลลิเมตรต่อวินาที กระดาษจากเยื่อ 100 กรัม ที่มีอัตราการดูดซับที่ 1.42 ± 0.54 มิลลิเมตรต่อวินาที ในขณะที่กระดาษจากท้องตลาดนั้นมีอัตราการดูดซับที่ 0.55 ± 0.02 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยกระดาษจากเยื่อกาบมะพร้าวมีความสามารถในการดูดซับที่ดีกว่ากระดาษจากท้องตลาด

สรุปผลการวิจัย

จากการเตรียมเยื่อจากกาบมะพร้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์พบว่าสามารถเตรียมเยื่อที่มีลักษณะอ่อนนุ่มและมีสีที่อ่อนลง มีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลส ปริมาณเยื่อที่ขึ้นรูปได้คือ 50 กรัม และ 100 กรัม

กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม ให้สีที่สว่างกว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 100 กรัม ในขณะที่กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 100 กรัมมีน้ำหนัก และความหนา มากกว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม

กระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 50 กรัม มีความจุน้ำมัน และสามารถดูดซับน้ำมัน ได้มากกว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อ 100 กรัม และ กระดาษกาบมะพร้าว มีความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และความจุน้ำมันที่มากกว่า กระดาษซับมันจากท้องตลาด

Mae Fah Luang University

ข้อเสนอแนะ

กระดาษที่เตรียมได้มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันดีแต่ควรพัฒนาเรื่องความบางและทำให้ผิวเรียบ

การพัฒนาต่อยอดควรทดลองขึ้นรูปด้วยเยื่อกระดาษผสมเพื่อให้ความสำคัญต่อรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และ ทดสอบความสามารถในการดูดซับของเหลวประเภทไกลคอล หรือสารกันแดด เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับท้องตลาดต่อไป

รายการอ้างอิง

Akiko, N. and Mami, N. (2011). *Feel a Japanese Tradition on Your skin*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2019, จาก https://web.archive.org/web/20111001020004/http://www.kyopro.kufs.ac.jp/dp/dp01.nsf/ecfa8fdd6a53a7fc4925700e00303ed8/5f23c2a221cf096249257049001 83b49%21

Bykov, I. (2008). Characterization of Natural and Technical Lignins using FTIR Spectroscopy. In: Master Thesis. Lulea University of Technology.

Fan, M., Dai, D. and Huang, B. (2012). Fourier Transform Spectroscopy for Natural Fibre. *Fourier Transform - Materials Analysis,* (pp.45-62). London, UK: InTech

Hansen, P. E., Mrozinski, J. S., and Kimura, S. (2003). BMF Face Oil Remover Film; *U.S. Patent No. US6533119 B1*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

id SKIN EXPERT. (2019). *4 ปัญหาผิวที่มาพร้อมกับอากาศร้อน และวิธีรับมือ.* สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2562, จาก https://www.idskinexpert.com/knowledge/4-ปัญหาผิวที่มาพร้อมกับอากาศร้อน-และวิธีรับมือ

National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Visible Light. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2562, จากhttp://science.nasa.gov/ems/09_visiblelight

Ridenhour, A. D. (2009). Facial Blotter with Improved Oil Absorbency ; *U.S. Patent No. US 2009/0151748 A1*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Sengupta, S., and Basu, G. (2016). Properties of Coconut Fiber. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering,* (pp.1-20). Kolkata, India: Elsevier.

Solomons, T. W. G., and Fryhle, C. B. (2008). Carbohydrate, Cellulose. *Organic chemistry (10th Ed.)*, (pp. 1036-1037). Hoboken, NJ: John Wiley.

Mae Fah Luang University