อิทธิพลของเถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติของโฟมแป้งดิบ

Effect of Rubber Wood Ash on the Properties of Starch-Based Foams

กัลยา พรสุขสมบูรณ์[1] สิริญญา จันทรักษ์[2] และแก้วตา แก้วตาทิพย์[3*]

Kanlaya Pornsuksomboon[1], Sirinya Chantarak[2] and Kaewta Kaewtatip[3*]

บทคัดย่อ

โฟมแป้งมันสำปะหลังใช้สารตัวเติม คือ เถ้าไม้ยางพารา โดยแปรปริมาณเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของแป้ง โฟมแป้งเตรียมด้วยกระบวนการ baking โดยศึกษาความหนาแน่น โครงสร้างทางสัณฐานวิทยา และการดูดซับน้ำของโฟมแป้ง พบว่าโฟมแป้งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.21 g/cm^3 สำหรับโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.19 g/cm^3 – 0.30 g/cm^3 จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีขนาดเซลล์เล็กลงเมื่อปริมาณเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น และนอกจากนี้พบว่า เถ้าไม้ยางพาราสามารถลดการดูดซับน้ำของโฟมแป้งได้

คำสำคัญ: เถ้าไม้ยางพารา โฟมแป้ง แป้งมันสำปะหลัง

Abstract

Cassava starch-based foams containing rubber wood ash (RWA) filler (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 and 15 wt.%) were prepared by baking process. Density, morphology and water adsorption of starch foam were investigated. The density of controlled starch foam was 0.21 g/cm^3, whereas the density of composite foams was in the range of 0.19 g/cm^3 to 0.30 g/cm^3. Scanning electron microscopy showed that amount of rubber wood ash increased, the cell size of starch foam decreased corresponding with the density results. Moreover, addition of RWA improved water resistance of the starch foams.

Keywords: Rubber Wood Ash, Starch Foam, Cassava Starch

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[2] อ.ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[3] ผศ.ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

*Corresponding author: e-mail: kaewta.k@psu.ac.th Tel. 074-288382

บทนำ

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เริ่มต้นจากน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติไปสู่กระบวนการผลิต สังเคราะห์เป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องและพัฒนาไปสู่วัสดุพอลิเมอร์ เส้นใย โฟมหรือพลาสติกชนิดต่างๆ สำหรับผลิตภัณฑ์โฟมเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา เป็นฉนวนไฟฟ้า และฉนวนความร้อนที่ดี มีราคาถูก และสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ภาชนะบรรจุอาหารใช้ครั้งเดียวทิ้ง วัสดุกันกระแทก และบรรจุภัณฑ์อื่นๆโฟมที่เตรียมจากพอลิสไตรีน (PS) ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากมาย เนื่องจากขยะที่เกิดจากโฟมพอลิสไตรีนรีไซเคิลได้ยาก และใช้เวลาในการย่อยสลายนาน เพราะมีความคงทนต่อสภาวะอากาศ ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และอาจมีสารตกค้างที่อาจหลงเหลืออยู่ในธรรมชาติ หรือถ้ากำจัดด้วยการเผาก็จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน ดังนั้นจึงมีการหันมาให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์โฟมที่ย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ คือ การเตรียมโฟมจากแป้งซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปริมาณขยะที่เกิดจากโฟมพอลิสไตรีนที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอยู่ในขณะนี้ โฟมจากแป้งสามารถเตรียมได้จากแป้งหลายชนิด เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคู [1] แป้งสาลี [2] และแป้งมันสำปะหลัง [3] เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามโฟมแป้งมีข้อเสียคือ เปราะและไวต่อความชื้น ต่อมาจึงมีการปรับปรุงสมบัติของโฟมแป้งเช่น ผสมเดินเหนียว (clay) คือ เคโอลิน (kaolin) และ montmorillonite ชนิด natural montmorillonite และ organically modified montmorillonite โดยพบว่าดินเหนียวสามารถปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของโฟมแป้ง แต่เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นจะมีผลทำให้โฟมแป้งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และปริมาณดินเหนียวที่เพิ่มขึ้น เกิดการเกาะกลุ่มกันส่งผลให้โฟมแป้งสมบัติต่ำลง และมีการปรับปรุงสมบัติของโฟมแป้งโดยผสมพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น poly(lactic acid) (PLA) polycaprolactone (PCL) [4] และ polyvinyl alcohol (PVA) พบว่าพอลิเมอร์สังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของโฟมแป้งให้มีสมบัติที่ใกล้เคียงโฟมที่เตรียมจากพอลิสไตรีนและสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ แต่พอลิเมอร์เหล่านี้มีราคาแพง นอกจากนี้สามารถลดความเปราะของโฟมแป้งได้โดยผสมน้ำยางธรรมชาติ โฟมแป้งมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับโฟมทางการค้า และพบว่าน้ำยางธรรมชาติมีสมบัติที่ดีในการลดความสามารถในการดูดซับน้ำของโฟมแป้ง [5] และนอกจากนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่นิยมปรับปรุงสมบัติของโฟมแป้งโดยใช้เส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยข้าวโพด (corn cob fiber) [6] เส้นใยข้าวสาลี (wheat fiber) [7] และเซลลูโลส (cellulose) [8] เป็นสารตัวเติม เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติเหล่านี้มีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกับแป้งทำให้สามารถผสมเข้ากันกับโฟมแป้งได้ง่าย นอกจากนี้เส้นใยเหล่านี้เป็นวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เส้นใยเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และความสามารถในการดูดซับน้ำ อย่างไรก็ตามเมื่อผสมเส้นใยในปริมาณมากจะเกิดการเกี่ยวพันกันของเส้นใย และทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างของเส้นใยที่เกิดการเกี่ยวพันกันมีผลต่อค่าการดูดซับน้ำของโฟมแป้งสูงขึ้น และยังส่งผลให้สมบัติเชิงกลต่ำลง

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย แต่เมื่อให้น้ำยางเป็นเวลา 25 ปี ต้นยางพาราจะถูกตัดและไม้ยางพาราที่ได้นอกจากจะนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ ยังถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังความร้อน แต่ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าทำให้มีเถ้าไม้ยางพารา (Rubber wood ash ; RWA) เป็นผลพลอยได้ (by-product) ปริมาณมาก และโรงไฟฟ้ามักจะประสบปัญหาในการกำจัดเถ้าไม้ยางพาราที่มีปริมาณมาก แม้ว่าเถ้าสามารถใช้ประโยชน์เกี่ยวกับดินหรือการปรับปรุงดิน การก่อสร้างทางหลวงหรือวัสดุเกี่ยวกับการก่อสร้าง เช่น อิฐ เป็นต้น โดยในบางงานวิจัยได้มีการศึกษาผลิตภัณฑ์จากการนำเถ้ามาผสมกับถุงขยะพลาสติกพอลิเอททิลีน(polyethylene) แต่ค่าความแข็งแรงในการต้านทานต่อแรงดึงลดลงเมื่อมีปริมาณเถ้ามากกว่า 20 wt.% [9] แต่จากการค้นคว้างานวิจัย พบว่ายังไม่มีการใช้เถ้าไม้ยางพาราเพื่อปรับปรุงสมบัติของโฟมแป้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจนำเถ้าไม้ยางพาราเป็นสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์โฟมจากแป้ง เพิ่มมูลค่าให้กับเถ้าไม้ยางพาราและมันสำปะหลังไปพร้อมกัน

วิธีการวิจัย

การเตรียมเถ้าไม้ยางพารา

อบเถ้าไม้ยางพาราที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นบดและร่อนด้วยตะแกรงเพื่อให้ได้เถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดสม่ำเสมอ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงอีกครั้ง ใส่ถุงซิบและเก็บในเดซิเคเตอร์เพื่อนำมาใช้งานในครั้งต่อไป

การเตรียมโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา

อบแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผสมแป้งมันสำปะหลัง กัวร์กัม แมกนีเซียมสเตียเรท และเถ้าไม้ยางพาราเข้าด้วยกันที่ปริมาณเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของแป้ง (wt.%) หลังจากนั้นเติมน้ำและกลีเซอรอล โดยผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม เมื่อของผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน นำของผสมที่ได้มาขึ้นรูปด้วยเทคนิค baking ที่ความดัน 1000 psi เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเก็บชิ้นตัวอย่างดังกล่าวในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ % RH = 65 % เป็นเวลา 7 วัน ก่อนทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ

การทดสอบสมบัติ

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: SEM/EDX

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) (Quanta 400, FEI) (Oxford Industries INCA Energy)

การดูดซับน้ำ (Water absorption)

เก็บชิ้นตัวอย่างไว้เป็นเวลา 30 วัน ในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ % RH = 65% เตรียมชิ้นตัวอย่างให้มีขนาด 3.5 × 3.5 × 4 เซนติเมตร ทดสอบ 3 ชิ้นต่อ 1 สูตร ชั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาค่า Water absorption (%) จากสมการที่ (1)

$$\text{Water absorption (\%)} = [(W_1-W_2)/W_2] \times 100 \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของโฟมแป้งก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของโฟมแป้งหลังอบ (กรัม)

ทดสอบความหนาแน่น (Density)

เตรียมชิ้นทดสอบโฟมแป้งให้มีขนาดความกว้าง × ความยาว × ความหนา = 30 × 150 × 4 มิลลิเมตร ทดสอบ 10 ชิ้นต่อ 1 สูตร วัดขนาดของชิ้นทดสอบและชั่งน้ำหนัก โดยความหนาแน่นคำนวณจากสมการที่ (2)

$$\text{Density} = m / v \quad \text{..... (2)}$$

เมื่อ m คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

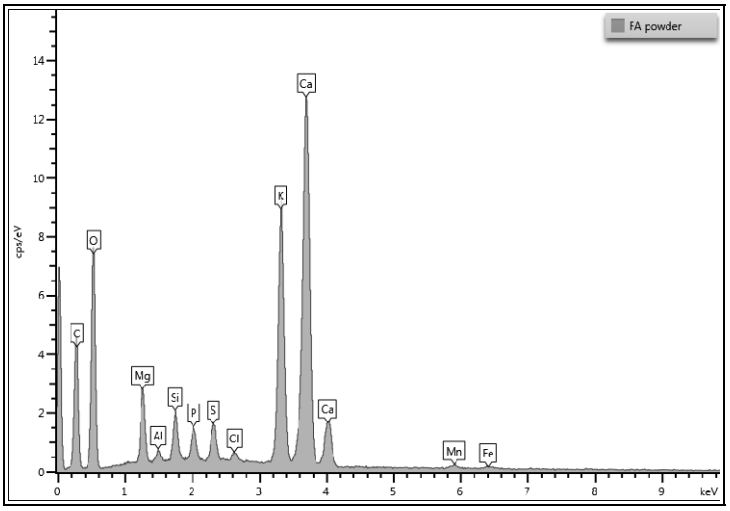
v คือ ปริมาตรของตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา

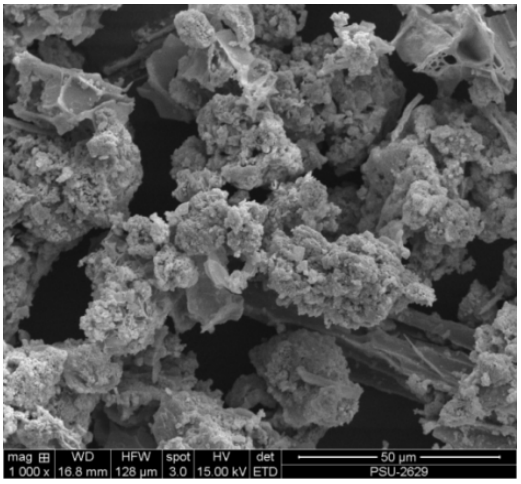
ศึกษารอยแตกหักที่บริเวณผิวหน้า (Surface fracture) โดยตัดชิ้นตัวอย่าง 2 ชิ้น ติดบน stub เคลือบตัวอย่างด้วยทอง ศึกษาที่กำลังขยาย 25 เท่า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning electron microscope (SEM) (Quanta 400, FEI)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุของเถ้าไม้ยางพาราด้วยเทคนิค SEM/EDX พบว่าเถ้าไม้ยางพาราประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ได้แก่ ออกซิเจน แคลเซียม คาร์บอน โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซิลิกอน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัสแมงกานีส อะลูมิเนียม คลอรีน และเหล็ก (ภาพที่ 1) โดยธาตุแต่ละชนิดในเถ้าไม้ยางพารามีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับผลจากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเถ้าไม้ยางพารา พบว่าเถ้าไม้ยางพารามีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน มีผิวขรุขระ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ชนิดและปริมาณของธาตุในโครงสร้างของเถ้าไม้ยางพารา

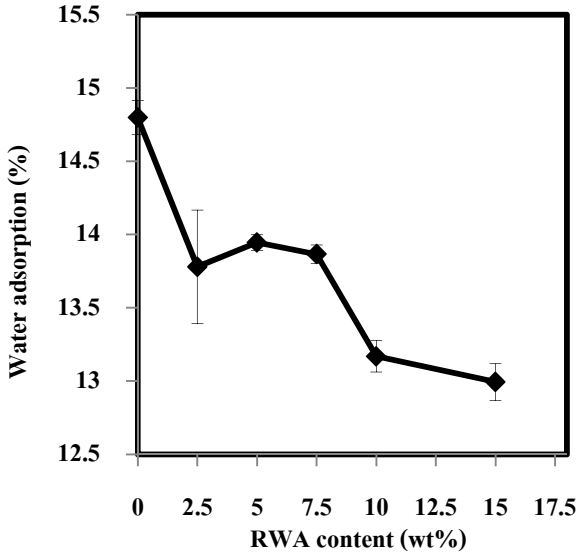


ภาพที่ 2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเถ้าไม้ยางพารา

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างของเถ้าไม้ยางพารา

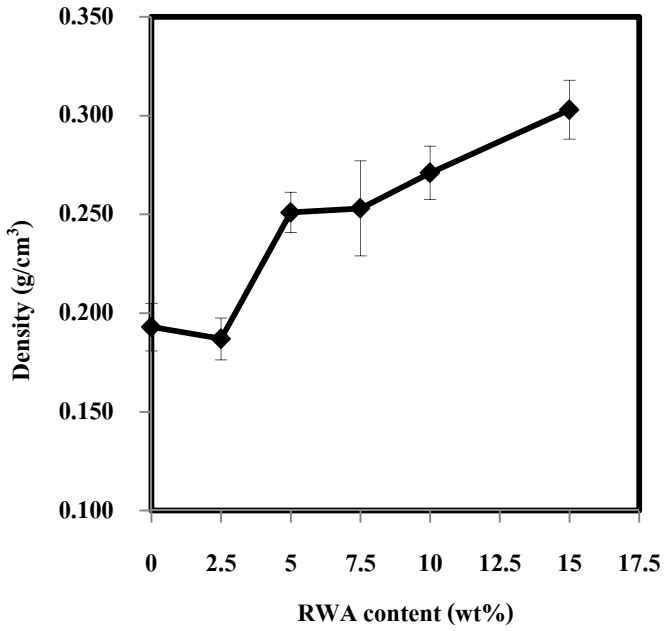
ธาตุ	Weight%
ออกซิเจน	40.9
แคลเซียม	20.7
คาร์บอน	18.3
โพแทสเซียม	12.1
แมกนีเซียม	2.8
ซิลิกอน	1.5
ซัลเฟอร์	1.3
ฟอสฟอรัส	1.1
แมงกานีส	0.4
อะลูมิเนียม	0.4
คลอรีน	0.3
เหล็ก	0.3

ภาพที่ 3 แสดงค่าการดูดซับน้ำของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา พบว่า โฟมแป้งมีค่าการดูดซับน้ำ 14.80% และค่าการดูดซับน้ำของโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา 2.5, 5.0, 7.5, 10 และ 15 wt.% มีค่าการดูดซับน้ำ 13.78, 13.94, 13.87, 13.17 และ 12.99% ตามลำดับ เห็นได้ว่าเมื่อปริมาณเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้นโฟมแป้งมีค่าการดูดซับน้ำลดลง แสดงให้เห็นว่าเถ้าไม้ยางพาราสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติการดูดซับน้ำของโฟมแป้งได้



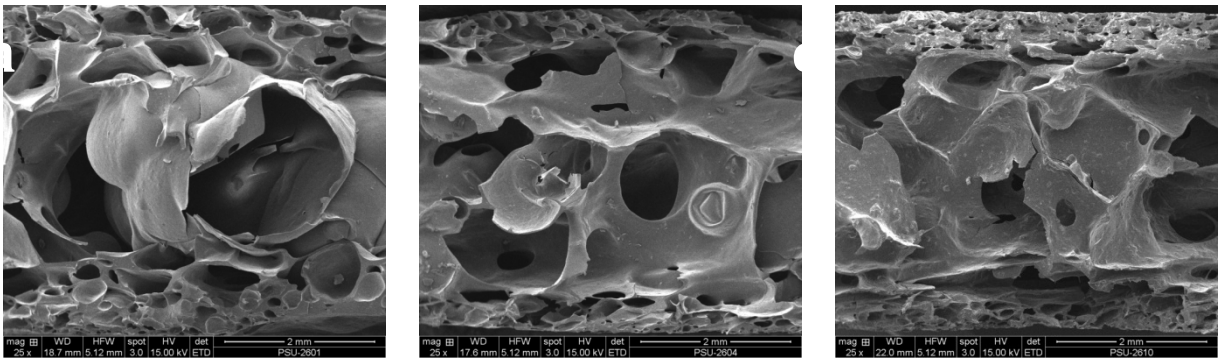
ภาพที่ 3 ค่าการดูดซับน้ำของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา

ภาพที่ 4 แสดงค่าความหนาแน่นของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา พบว่าโฟมแป้งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.21 g/cm^3 และโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.19, 0.25, 0.25, 0.27 และ 0.30 g/cm^3 ตามลำดับ โดยความหนาแน่นของโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อผสมเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้โฟมแป้งมีความหนืดสูงขึ้น ทำให้ไปขัดขวางการขยายตัวของเซลล์ภายในโฟมแป้ง



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา

ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา โดยภาพที่ 5 (a) แสดงโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้ง พบว่าโฟมแป้งมีเซลล์ (cell) ขนาดใหญ่และผนังเซลล์บาง เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพาราโดยแปรปริมาณเถ้าไม้ยางพารา 2.5 และ 15 wt.% พบว่าเมื่อผสมเถ้าไม้ยางพาราโฟมแป้งมีขนาดเซลล์เล็กลงซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 สัณฐานวิทยาของโฟมแป้ง (a) และโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา 2.5 wt.%(b) และ 15 wt.%(c)

สรุปผลการวิจัย

เมื่อปริมาณของเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมแป้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.19 g/cm^3 – 0.30 g/cm^3 จากโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้งและโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารา 2.5 wt.% และ 15 wt.% พบว่าโฟมแป้งผสมเถ้าไม้ยางพารามีขนาดเซลล์เล็กลงเมื่อปริมาณเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้พบว่าเถ้าไม้ยางพารามีประสิทธิภาพในการลดการดูดซับน้ำของโฟมแป้ง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และ บริษัท กัลฟ์ ยะลา กรีน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอบคุณบริษัท Siam Modified Starch Co., Ltd. ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งมันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

[1] Pimpa, B., Muhammad, K., Ghazali, Z., Hashim, K., Hassan, M. and Hashim, D. (2007). “Optimization of conditions for production of sago starch-based foam”, **Carbohydrate Polymers**. 68, 751–760.

[2] Glenn, G.M., Orts, W.J. and Nobes, G.A.R. (2001). “Starch, fiber and $CaCO_3$ effects on the physical properties of foams made by a baking process”, **Industrial crops and products**. 14, 201-212.

[3] Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. (2014). “Characterization of cassava starch based foam blended with plant proteins, kraft fiber, and palm oil”, **Carbohydrate polymer**. 110, 70-77.

[4] Preechawong, D., Peesan, M., Supaphol, P. amd Rujiravanit, R. (2004). “Characterization of starch/poly (ε-caprolactone) hybrid foams”, **Polymer Testing**. 23, 651–657.

[5] Shey, J., Imam, S., Glenn, G. and Orts, W. (2006). “Properties of baked starch foam with natural rubber latex”, **Industrial crop and products**. 24, 34-40.

[6] Guan, J. and Hanna, M. (2004). “Functional properties of extruded foam composites of starch acetate and corn cob fiber”, **Industrial Crops and Products**. 19, 255–269.

[7] Carr, L., Parra, D., Ponce, P., Lugao, A. and Buchler, P. (2006). “Influence of fibers on the mechanical properties of cassava starch foams**”, Journal of Polymers and the Environment**. 14, 179-183.

[8] Guan, J. and Hanna, M. (2006). “Selected morphological and functional properties of extruded acetylated starch–cellulose foams”, **Bioresource Technology**. 97, 1716-1726.

[9] Cihan, A., Mustafa, A., Mehmet, C., Mehmet, K. and Mustafa, A. (1995). “A study on the production of a new material from fly ash and polyethylene”, **Resources, Conservation and Recycling**. 13, 147-154.