

## การนำแป้งเห็ดยาวมอามาใช้เป็นฟิลเลอร์สำหรับผลิตโฟมโพลิยูเรthane Use of arrowroot starch as filler in polyurethane foam production

ดวงฤทธิ์ ศรีแสง<sup>1</sup> และ ปราณอม ขาวเมฆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

\*Email: duangruthai.s@rsu.ac.th

### บทคัดย่อ

โฟมโพลิยูเรthane ที่เพิ่มแป้งเห็ดยาวมอามเป็นฟิลเลอร์ถูกเตรียมขึ้นเพื่อศึกษาผลของฟิลเลอร์ที่มีต่อสมบัติของโฟม งานวิจัยนี้ใช้ฟิลเลอร์ 0-15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพลิโอล โดยศึกษาเวลาในการกัดปูร์กิวิยา ความหนาแน่น สมบัติทางความร้อนและค่าความด้านทานท่านต่อแรงกด พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคทูเริ่วทราบสฟอร์วันอินฟาร์ดสเปกไทรอลิกปี ผลการทดลองพบว่าค่าการเปลี่ยนผังของปริมาณหูโลไซไซเดน์มีค่า 97.8-99.8% ความหนาแน่น ค่าความด้านทานท่านต่อแรงกด และสมบัติทางความร้อนของโฟมที่เพิ่มแป้งเห็ดยาวมอามมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับโฟมที่ไม่ได้เพิ่มแป้งเห็ดยาวมอาม

**คำสำคัญ:** แป้งเห็ดยาวมอาม โฟมโพลิยูเรthane ฟิลเลอร์

### Abstract

Polyurethane foams with the addition of arrowroot starch filler were prepared, in order to investigate the influence of these filler on the property of foam. The content of fillers in polyol used in this research varied from 0 to 15 wt%. The reaction time of foam formation, apparent density, thermal property and the compression strength of foams were determined. The synthesized polyurethane foams were characterized by FT-IR spectroscopy technique. The results show that the isocyanate conversion of polyurethane foams was 97.8-99.8%. Foam density, compressive strength and thermal property of foams filled with arrowroot starch decreased when compared with polyurethane foam without arrowroot starch.

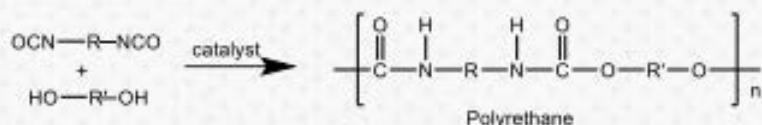
**Keywords:** arrowroot starch, polyurethane foam, filler

### 1. บทนำ

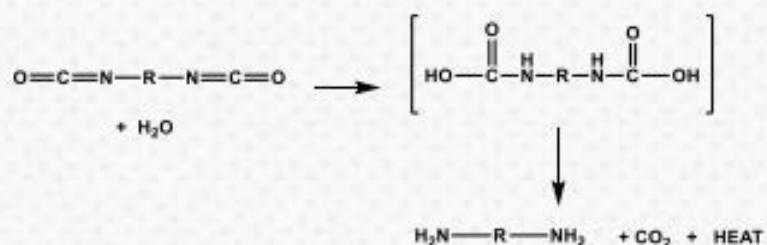
โฟมโพลิยูเรthane มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ เพราะมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเนื่องจากน้ำหนักเบา มีสมบัติเชิงกลที่ดี ถูกขับความชื้นได้ดี โฟมโพลิยูเรthane [1] สามารถผลิตออกมหาตลาดญี่ปุ่นแบบได้แก่ โฟมอีดิทกุ ให้มีร่องรอย และไฟไหม้ โฟมโพลิยูเรthane แบบแข็ง (rigid polyurethane foam) เป็นไฟฟ้าที่มีโครงสร้างเป็นแบบเซลล์ปิดล้อมวนสูง นิยมใช้ทำบ้านอุตสาหกรรมการท่าความเย็นซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นอนุรักษ์สำหรับภัยกันความเย็น ในยุคปัจจุบันการขนส่ง และใช้ทำเป็นส่วนประกอบในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถุงเย็น หรือท่าความเย็น ที่เป็นบรรจุภัณฑ์กัน

กระบวนการภายในที่อยู่และตั้งม้าร้อน เป็นศักดิ์ในทางอุดหนุนกรรมไม่เพิ่มพอกดิจิทัลแบบแพลตฟอร์มจากปฏิวิริยาระหว่างพอดีกับก้าวไปไกลไปเรียบหรือตั้งอยู่ได้ไกลไปเรียบแทน ให้มีความร่วงมีปฏิวิริยาที่เหมาะสม มีปฏิวิริยานี้ที่เกิดขึ้นแล้ว [2]

ปฏิกรณ์ที่ 1 เป็นการทำปฏิกรณ์ระหว่างฟูอิโซยาเนต (isocyanate) กับพอลิโอล (polyol) ให้เกิดกันที่เป็นพอลิเมร์



ปฏิกิริยาที่ 2 เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างญูโอลิโอดีออกไซด์กับไม้เล็กน้ำก็จะเป็นคาร์บามิกแอซิด (carbamic acid) เกิดการสลายตัวได้และมีน้ำ (amine) และกราการ์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำให้เกิดครูพรุนของไฟฟ้า และความร้อน จึงเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่า ปฏิกิริยาการพู (blowing reaction) และมีน้ำที่จะเกิดปฏิกิริยาตัวกับไฟฟ้า叫做อีกครึ่ง ก็จะเป็นสารประทุมที่มีพันธะ脲เรีย (urea bond) หรือความเข้มแรงไฟฟ้าไฟฟ้า



## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 วัสดุดิบและสารเคมี

1. Polymeric 4,4'-methane diphenyl diisocyanate (PMDI, Suprasec® 5005, % NCO = 31.0 wt %, average functionality = 2.7)
2. Polyol (Daltolac® 180, sucrose-based polyether polyol, hydroxyl value = 440 mg of KOH/g, functionality = 4.3)
3. Polysiloxane surfactant (Tegostab® B8460)
4. N,N-dimethylcyclohexylamine (DMCHA)
5. แม็ปเปิลเจลเยลล์

### 2.2 การสังเคราะห์โพลีเมอร์

การเตรียมโพลีเมอร์โดยเท่านะเมื่อต่อประสานหัก 2 ส่วน ส่วนแรกจะประกอบด้วยโพลีอีโอล (Raypol®4221) 10 กรัม กับตัวเร่งปฏิกิริยา (DMCHA) 0.1 กรัม สารลดแรงตึงผิว (Tegostab® B8460) 0.25 กรัม น้ำ 0.3 กรัม นำของผสมที่ได้รวมตัวเร่งปฏิกิริยาและสารลดแรงตึงผิวใส่ในภาชนะความจุ 2000 mlpm เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นเติมของต่อประสานหักส่วนที่สองคือไดซิบิต โพลีเมธิลไอกไซด์ (PMDI) 15.2 กรัม รวมตัวเรียงความจุ 2000 mlpm เป็นเวลา 20 วินาที ตัดปีกไอกไซด์ (NCO index) ที่ใช้คือ 100 ทำการทดสอบในถ้วยกระดาษ (cup test) ขนาด 750 ml มีลักษณะเดียวกับตัวอย่างอาหารปราศจากไขมัน (cream time) เวลาที่ของผสมมีลักษณะเป็นเจล (gel time) เวลาที่ของผสมมีลักษณะของวัสดุที่บ้านทักษอน (tack free time) โดย ทำตาม ASTM D7487 และ เก็บไฟฟ้าโพลีเมอร์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเวลา 48 ชั่วโมง นำไฟฟ้าที่ได้มาติดต่อกับเครื่องวัดความหนาแน่นตาม ASTM D1622-03 ที่สูญเสียลักษณะไฟฟ้าโพลีเมอร์ให้หายไปทั้งหมดหรือลดลง 5% 10% และ 15% w/w เมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างที่บ้านทักษอน

ทำการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีเมอร์ไอกไซด์ตามการหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ได้พิคไอกไซด์ต่อเวลา t คือพื้นที่ได้พิคไอกไซด์ต่อเวลาเริ่มต้น ซึ่งแสดงดังสมการ [6]

$$\% \text{ conversion } \text{ w/w isocyanate } (\alpha) = \left[ 1 - \frac{\text{NCO}(f)}{\text{NCO}(i)} \right] \times 100$$

เมื่อ NCO(f) คือ พื้นที่ได้พิคไอกไซด์ต่อเวลา t, NCO(i) คือ พื้นที่ได้พิคไอกไซด์ต่อเวลาเริ่มต้น, ปริมาณโพลีเมอร์ไอกไซด์ต่อเวลาเริ่มต้นที่ได้จากหน่วยความกว้างและยาวตามที่ได้ระบุไว้ในสมการดังนี้

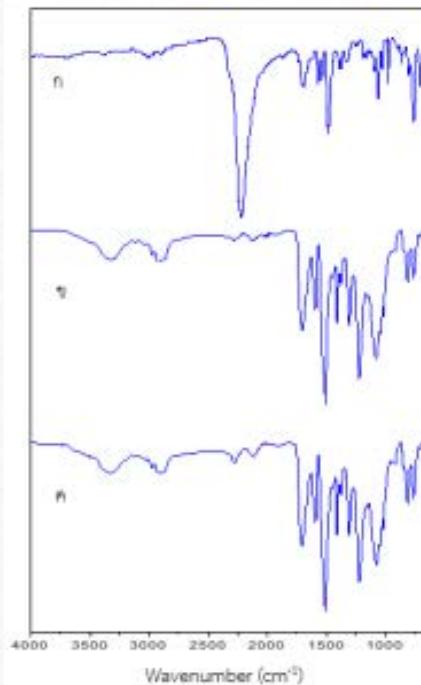
### 2.3 การวิเคราะห์ความคงทนทางคุณภาพและสมบัติทางความร้อนของไฟฟ้าโพลีเมอร์

ให้วิ量สารผสมวิธีเดียวกับการเขียนรูปในถ้วยกระดาษ แล้วทำการผสมลงในแม่พิมพ์พลาสติกขนาด 10x10x10 เซนติเมตร รอจนการเกิดปฏิกิริยาเสร็จสิ้น นำไฟฟ้าโพลีเมอร์เท่านั้นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเชิงบานไปตัดตัวอย่างที่ต้องตัดให้เท่ากัน นำเข้าสู่เครื่องวัดความต้านทานค่าแรงดัน (compressive strength; ASTM D1621-04) ทางเครื่อง Universal testing Machine และวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไฟฟ้าเมื่อเวลาที่ห้ามความร้อน Mettler Toledo รุ่น TGA/DSC 1

### 3. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การเตรียมไวนิลออกซิ Uri ทบทวนแบบบินเดิมเป็นพื้นที่อย่างมีน้ำหนัก เนื้อไวนิลออกซิ Uri อยู่ในรูปแบบสีเหลืองอ่อน ผิวน้ำเรียบเนื้อละเอียดเนียน มีรูปทรงสี่เหลี่ยมสี่เหลี่ยม ไม่เกิดการหลัดร้าว เมื่อต้มแบบบินเดิมพื้นที่อย่างมีน้ำหนัก 5 wt% และ 10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต ไวนิลออกซิ Uri ให้เม็ดเดียว 5 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต ไวนิลออกซิ Uri ให้เม็ดเดียว 10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต ไวนิลออกซิ Uri ให้เม็ดเดียว 15 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต ไวนิลออกซิ Uri ให้เม็ดเดียว 15 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต จึงไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

พิจารณาโดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy แสดงตัวภาพที่ 1 พบพิกัด N-H stretching ที่ 3420  $\text{cm}^{-1}$  และ C=O stretching ที่ 1710-1723  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นพิกัดที่แสดงถึงที่ร่องรอยของกลุ่มอะมิโนที่มีพิกัดที่ 2277  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นพิกัดของกลุ่มอะมิโนที่ร่องรอยของกลุ่มอะมิโนที่มีความเข้ม (intensity) ลดลง จากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมุนไอโซไซยาเนต (NCO conversion, %) มีค่าประมาณ 97.8-99.8% ตัวแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าสารตั้งต้นสามารถทำปฏิกริยาได้ดีอย่างสมบูรณ์ แบบบินเดิมเป็นพื้นที่อย่างมีน้ำหนัก แต่ต้องใช้เวลาการต้มนานกว่า 48 ชั่วโมง ให้เม็ดเดียว 48 ชั่วโมง ให้เม็ดเดียว 15 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอดิจิต จึงไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน



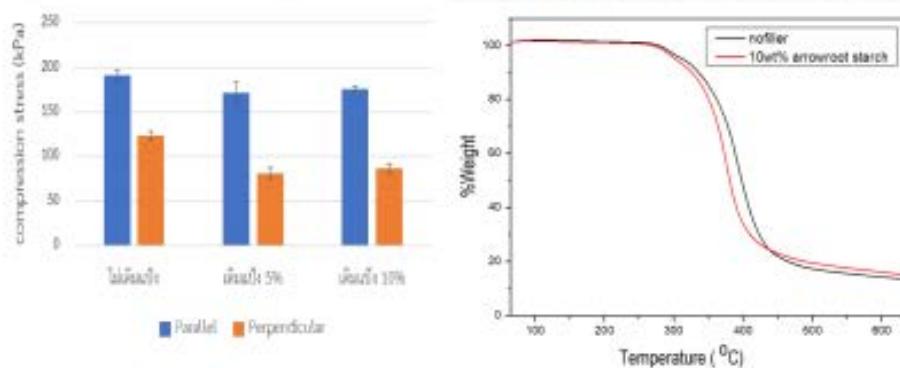
ภาพที่ 1 FT-IR スペktroscopy (g) พอกดิเมอริกไดฟิโนฟิลีนไวนิลออกซิ Uri แบบบินเดิม (h) ไวนิลออกซิ Uri ทบทวนแบบบินเดิมแบบบินเดิมพื้นที่อย่างมีน้ำหนัก 5 wt% (i) ไวนิลออกซิ Uri ทบทวนแบบบินเดิมพื้นที่อย่างมีน้ำหนัก 10 wt%

จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาหลอมอุ่นเข้ากันพารา เมื่อเทียบเมืองท้าวย้อยก่อนลงในไฟฟ้าเพคติโนริเทนจะทำให้สารผสมมีความหนืดสูงขึ้น ระยะเวลาการเกิดไฟน้ำตาล ความสูงของไฟน์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สะท้อนให้เห็นพอกลิญูริเทนที่เครื่องไม้คิดมีความหนาแน่นลดลง ตัวอย่างที่ ๑

ตารางที่ ๑ เวลาที่ใช้ในการเกิดไฟน์ %NCO conversion และ ความหนาแน่นของไฟฟ้าเพคติโนริเทน

ชนิดของไฟฟ้าเพคติโนริเทน	Cream time (sec)	Gel time (sec)	Rise time (sec)	Tack free time (sec)	NCO conversion (%)	ความหนาแน่น ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
ไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบปืนเดิน แป้งท้าวย้อย 40%	24±0	34±0	171±1	135±0	99.8	39.50±0.38
ไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบปืนเดิน แป้งท้าวย้อย 5 wt%	25±0	37±0	176±0	142±0	98.6	38.76±0.41
ไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบปืนเดิน แป้งท้าวย้อย 10 wt%	25±0	37±0	179±0	144±0	98.4	37.91±0.23
ไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบปืนเดิน แป้งท้าวย้อย 15 wt%	25±0	38±1	174±0	134±2	97.8	37.19±0.44

ค่าความด้านทานคือแรงกดด้านที่ขันกันการหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบปืนเดินแป้งท้าวย้อย 5 wt% และ 10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำกากพอกลิออล มีค่า  $192\pm5.2$  kPa  $172\pm11.7$  kPa และ  $177\pm3.5$  kPa ตามลำดับ ค่าความด้านทานคือแรงกดด้านที่ต้องมากกับแนวหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทน ค่า  $124\pm4.7$  kPa  $82\pm6.5$  kPa และ  $91\pm5.2$  kPa ตามลำดับ ดังภาพที่ ๒ การเดินแป้งท้าวย้อย 10% ทำให้ค่าความด้านทานคือแรงกดลดลง น้ำจะเกิดจากพิสัยของการหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทนในรูปทรงของไฟฟ้าเพคติโนริเทนที่ให้เนื้อไฟฟ้าเพคติโนริเทนหักด้วยหัวเขียว ทำให้การเชื่อมรวมภายในโครงสร้างของไฟฟ้าเพคติโนริเทนลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความด้านทานคือแรงกดด้านที่ขันกันการหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทนลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความด้านทานคือแรงกดด้านที่ขันกันการหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทนที่ต้องหักกับแนวหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทน



ภาพที่ ๒ ค่าความด้านทานแรงกดด้านที่ขันกันการหักด้วยไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบเบรช ภาพที่ ๓ เทอร์โมกราฟของไฟฟ้าเพคติโนริเทนแบบเบรช

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไวน์พอลิยูเรทันด้วยเทคนิคเทกโนโลยีไมโครเวฟ ที่ช่วงอุณหภูมิ 50-650 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบระหว่างไวน์ที่ไม่ได้เติมแป้งท้าวยานม่องกับไวน์ที่เติมแป้งท้าวยานม่อง 10 พี%

เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิอีอส พบว่าเมื่อเติมน้ำหนักเพิ่มขึ้นแล้วอยู่ที่ 3

#### 4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ใช้แป้งท้าวยานม่องท้าหน้าที่เป็นพิสัยของสารท้าหน้าไวน์พอลิยูเรทันแบบพิเศษ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและช่วยเพิ่มการย่อยสลายของธรรมชาติของไวน์พอลิยูเรทัน สามารถเติมแป้งท้าวยานม่อง 5-10% โดยน้ำหนักของพอลิอีอส ถ้าเติมมากเกินไปจะทำให้ไวน์เกิดการหลวบไม่ลงและกวนการใช้งาน การเติมแป้งท้าวยานม่องทำให้ความหนาแน่นของไวน์ลดลงซึ่งทำให้ความด้านทานดีและรักษากลิ่นของไวน์ไว้ได้ยาวนาน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ทางเคมีจากบริษัท ไอบาร์พีซี จำกัด (มหาชน) [IPPC Public Company Limited] และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Ashida. Polyurethane and related foams: Chemistry and technology. CRC press, New York, 2006.
- [2] K. Daniel, C.F. Kurt. Handbook of polymeric foams and technology. Oxford University Press Publisher, Oxford, 1991.
- [3] M.A. Mosiewicki, G.A. Dell'Arciprete, M.J. Aranguren, N.E. Marcovich. Polyurethane foams obtained from castor oil based polyol and filled with wood flour, *J. Compos. Mater.*, 43(25) (2009) 3057-3072.
- [4] B. Czuprynski, J. Paciorek-Sadowska, J. Liszkowaka, Properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams modified with the selected filters. *Journal of Applied Polymer Science*, 115 (2009) 2460-2469.
- [5] B. Czuprynski, J. Liszkowska, J. Paciorek-Sadowska, Glycolysis of the rigid PUR-PIR foam modified with starch. *Journal of Applied Polymer Science*, 126(2012)44-53.
- [6] M. Modesti, A. Lorenzetti. An experimental method for evaluating isocyanate conversion and trimer formation in polyisocyanatepolyurethane foams. *Eur Polym J.*, 37(5) (2001) 949-954.