การนำขวดแก้วเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าด้วยเทคนิคการหลอมจากเครื่องไมโครเวฟ

พีระพงษ์ แย้มชุมพร[1, 2] และ กิติพันธ์ บุญอินทร์[1, 2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*kboonin@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการใช้เทคนิคการหลอมวัสดุแก้วด้วยเครื่องไมโครเวฟเพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมเครื่องประดับจากอัญมณีสังเคราะห์อันเป็นการเพิ่มมูลค่าจากสิ่งเหลือใช้ในชีวิตประจำวันที่ทำจากแก้ว โดยเริ่มต้นได้ทำการคำนวณแก้วสีที่ได้ผ่านกรรมวิธีการลดขนาดลงด้วยการทุบจนมีขนาดเล็กและได้นำมาผสมกันระหว่างแก้วสีชาและแก้วสีใสในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักดังนี้ (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 wt% หลังจากได้ปริมาณในอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้นำมาบรรจุในเบ้าหลอมและใช้ไมโครเวฟหลอมที่ 1,000 W เป็นเวลา 40 min อบอ่อนที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 3 h และทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างที่ได้ไปตัดและขัดจนได้ขนาด 10 x 15 x 5 mm เพื่อใช้ในการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่องวัดความหนาแน่น และวัดสมบัติทางแสงด้วยเครื่อง UV-VIS-NIR Spectrophotometer

คำสำคัญ: การหลอมด้วยไมโครเวฟ การเพิ่มมูลค่า อัญมณีสังเคราะห์

Enhance the value of used glass bottles from microwave

Peerapong Yamchumporn[1, 2] and Kitipun Boonin[1, 2*]

[1]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science, Nakhon Pathom Rajabhat University,
*kboonin@hotmail.com

Abstract

This article presents how to increase the value of common glass scrap by using microwave glass melting processes to create synthetic gemstones for the jewelry industry. Initially, the glass samples were divided into colored glass and clear glass in the following percentage by weight after being reduced in size by crushing it until it was small then weighed by Microbalance: (100-x) colored glass: (x) clear glass, where x = 0, 20, 40, 60, 80, and 100 wt%. Following the acquisition of the required quantity in the estimated ratio, it was put in a crucible, microwaved for 40 minutes at 1,000 W, annealed for 3 h at 500 °C, and then cooled to an ambient temperature. To determine the physical characteristics using a density meter, the samples were cut and polished to a size of 10 x 15 x 5 mm. The UV-VIS-NIR Spectrophotometer was used to determine the optical characteristics.

Keywords: microwave melting processes, increase the value, synthetic gemstones

1. บทนำ

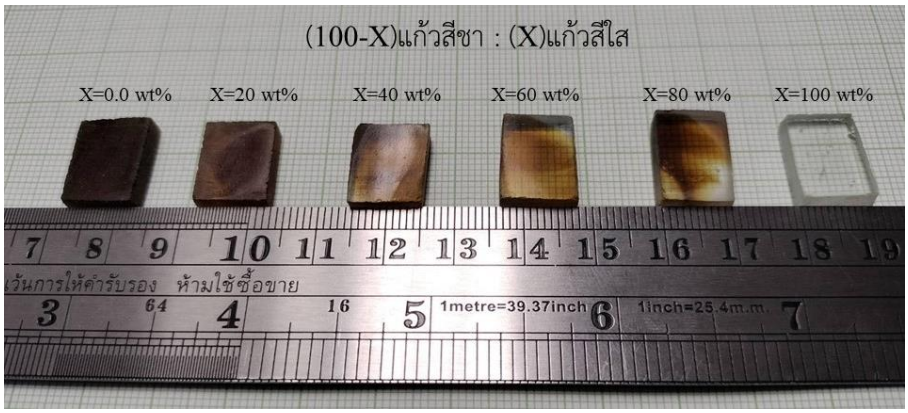
สถาณการณ์ของขยะมูลฝอยที่มากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากพฤติกรรมการดำรงชีวิตของผู้คนนั้นล้วนเกี่ยวข้องหรือแม้กระทั่งก่อให้เกิดขยะมูลฝอยนี้ขึ้นอาทิเช่น การกินอาหาร การทำความสะอาด ตลอดจนการดื่มน้ำ เป็นต้น โดยข้อมูลจาก Association for the Development of Environmental Quality (Thailand) [1] ได้ให้คำนิยามขยะมูลฝอยไว้ดังนี้คือ สิ่งของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและอุปโภคซึ่งเสื่อมสภาพจน ใช้การไม่ได้หรือไม่ต้องการใช้แล้ว บางชนิดเป็นของแข็งหรือกากของเสีย (solid waste) มีผลเสียต่อสุขภาพ ทางกายและจิตใจเนื่องจากความสกปรกเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคทำให้เกิดมลพิษ และด้วยข้อมูลจาก Pollution control department [2] ได้ระบุถึงพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครปฐม ณ ที่ตั้งของบ่อขยะเทศบาลนคร จังหวัดนครปฐม ได้แสดงข้อมูลการรับขยะมูลฝอยเข้ามายังพื้นที่ถึง 236 ตัน/วัน จากข้อมูลดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่าภายในพื้นที่ดังที่ได้ยกตัวอย่างไปนี้นั้นเป็นเพียงส่วนเล็ก ๆ ในอีกหลายร้อยหลายพันส่วนที่อยู่ในประเทศไทยคงจะเป็นการดีหากได้มีกระบวนการลดขยะมูลฝอยนี้ลงได้ กระบวนการเบื้องต้นในการช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยนี้ลงได้นั่นคือการแยกประเภท ซึ่งจากข้อมูลของสมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม [1] ได้ทำการจำแนกขยะมูลฝอยที่มีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชนมีองค์ประกอบหลักอยู่ด้วย กัน 4 ประเภท คือ 1) ขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เศษหญ้า 2) ขยะรีไซเคิล เช่น แก้ว กระดาษ โลหะ พลาสติก อะลูมิเนียม และยาง 3) ขยะอันตรายหรือของเสียอันตรายจากชุมชน เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟฟ้า 4) ขยะทั่วไป เช่น เศษผ้า เศษไม้ เศษวัสดุก่อสร้าง เถ้าจากการเผาไหม้และอื่นๆ โดยในประเภทที่ 2 นั้นได้กล่าวถึงแก้ว ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ใหม่ และสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้ด้วย โดยในบทความของ

thaifranchisecenter [3] ได้กล่าวถึงการสร้างรายได้จากการนำขวดแก้วที่ผ่านการใช้งานและมาแปรรูปในรูปแบบของภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม ในการรีไซเคิล (Recycle) แก้วนั้นส่วนมากจะใช้วิธีหลอมรวมในเตาเผาขนาดใหญ่ แต่ในปัจจุบันสามารถทำได้ง่ายขึ้นด้วยวิธีหลอมในเตาไมโครเวฟและยังสามารถเพิ่มไอเดียที่แตกต่างหลากหลายลงไปเพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ [4-6] นอกจากนี้อัญมณีสังเคราะห์ได้รับความนิยมอย่างมากในวงการเครื่องประดับแฟชั่นทั่วโลก โดยข้อมูลการส่งออกอัญมณีเทียมของประเทศไทยโดยข้อมูลจาก Ministry of Commerce [7] พบว่ามีการส่งออกอัญมณีสังเคราะห์ไปยังประเทศคู่ค้าต่าง ๆ ถึงปีละหลายร้อยล้านบาท

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาและแนวทางที่จะช่วยลดขยะมูลฝอยที่ได้จากขวดแก้วต่าง ๆ และยังสามารถนำมาใช้ตกแต่งเพื่อความสวยงาม ตลอดจนสร้างมูลค่าเพิ่มได้จากการสังเคราะห์แก้วสี ที่ได้มาจากการนำเศษแก้วเหลือใช้มาผลิตเป็นอัญมณีเทียม โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเศษแก้วที่ได้จากการทุบจนได้ชิ้นเล็ก ๆ มาชั่งตามการคำนวณในอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่าง (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 wt% ทำการหลอมใหม่ด้วยกระบวนการทางไมโครเวฟ และได้การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพด้วยหลักการของอาร์คิมิดิส ที่ใช้แสดงถึงค่าความหนาแน่นในตัววัสดุ ตรวจสอบทางแสงด้วยร้อยละของค่าการส่องผ่านของแสง (percent transmittance, %T) ที่สามารถบ่งชี้ถึงสีที่เกิดขึ้นจากการผสมกันของแก้วที่ได้จากสังเคราะห์

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในกระบวนการสังเคราะห์วัสดุเริ่มต้นการเตรียมตัวอย่างโดยนำเศษแก้วที่ได้จากการทุบจนได้ชิ้นเล็ก ๆ มาชั่งตามการคำนวณในอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่าง (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ร้อยละโดยน้ำหนัก โดยกำหนดให้มีน้ำหนักรวม 15 g ต่อ 1 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้เตรียมตามสัดส่วนข้างต้นใส่ไว้ใน microwave kiln นำไปเข้าเตาอบไมโครเวฟ (EMM30D510EB, Electrolux) ตั้งกำลังไฟที่ 1,000 W โดยใช้เวลา 40 min เมื่อได้ตัวอย่างที่หลอมแล้วนำมาอบอ่อนที่อุณหภูมิ 500 °C ใช้เวลาอบ 3 h ทิ้งไว้ในเตาอบจนอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องจึงนำมาตัดให้อยู่ในขนาด 10 x 15 x 5 mm ขัดผิวทั้ง 2 ด้านจนเรียบ การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพด้วยหลักการของอาร์คิมิดิส ที่ใช้แสดงถึงค่าความหนาแน่นในตัววัสดุ ตรวจสอบร้อยละของค่าการส่องผ่านของแสง (percent transmittance, %T) ด้วยเครื่อง UV-VIS-NIR Spectrophotometer โดยกำหนดความยาวคลื่นแสงที่ใช้ตรวจสอบคือ 200 – 1,000 nm



ภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วที่ถูกสังเคราะห์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่าง (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส

ในงานวิจัยการนำขวดแก้วเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าด้วยเทคนิคการหลอมจากเครื่องไมโครเวฟนี้นั้น ตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้างต้นได้ถูกตรวจสอบสมบัติทางกายภาพด้วยหลักการของอาร์คิมิดิส โดยใช้เครื่องวัดค่าความหนาแน่น

(4 digit microbalance with density kit, A&D HR-200) ที่ใช้ตรวจสอบความหนาแน่นของวัสดุที่เป็นของแข็งตามสมการที่ 1

$$\rho = \frac{W_a}{W_a - W_b} \times \rho_w \quad (1)$$

เมื่อ ρ, W_a, W_b, ρ_w คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (g/cm^3), น้ำหนักที่ช่างในอากาศ (g), น้ำหนักที่ชั่งในน้ำ (g), ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 g/cm^3 ตามลำดับ

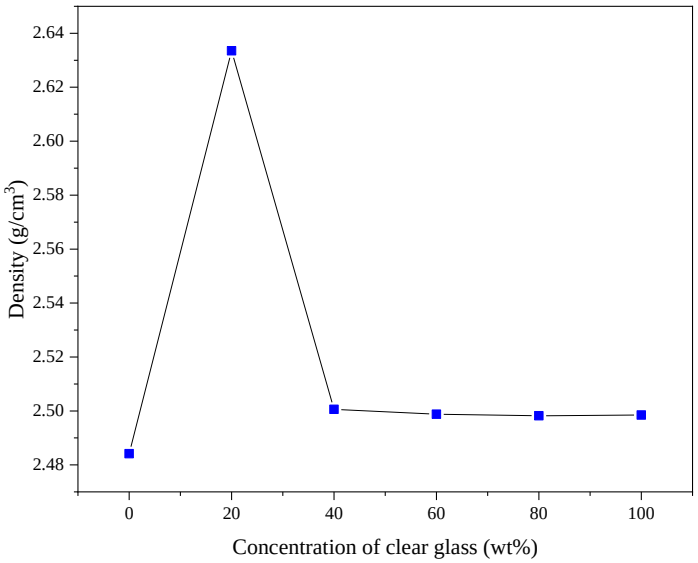
การตรวจสอบสมบัติทางแสงได้ถูกตรวจสอบโดยใช้เครื่อง UV-VIS-NIR Spectrophotometer (shimazdu UV-3600) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณของแสงและค่าความเข้มของแสงในช่วงรังสียูวีจนถึงช่วงแสงขาวที่เกิดจากทั้งการดูดซับ (Absorbance) การส่องผ่าน (Transmittance) และการสะท้อน (Reflectance) ของวัสดุตัวอย่างที่ถูกวางไว้ในตัวเครื่องมือ โดยในการตรวจสอบนี้ได้กำหนดช่วงความยาวคลื่นไว้ที่ 200 – 1,000 nm ครอบคลุมในย่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible light) ซึ่งเป็นย่านของความยาวคลื่นแสงที่มีการใช้งานทั่วไปของอัญมณีสังเคราะห์ และเพื่อให้ทราบถึงค่าการส่องผ่านของแก้วที่ได้นำมาตรวจสอบ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการที่ 2

$$\%T = \frac{I}{I_0} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ $\%T$, I, I_0 คือ ร้อยละของค่าการส่องผ่านของแสง, ปริมาณของแสงที่ผ่านออกมาจากตัวอย่าง, ปริมาณของแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่าง ตามลำดับ

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

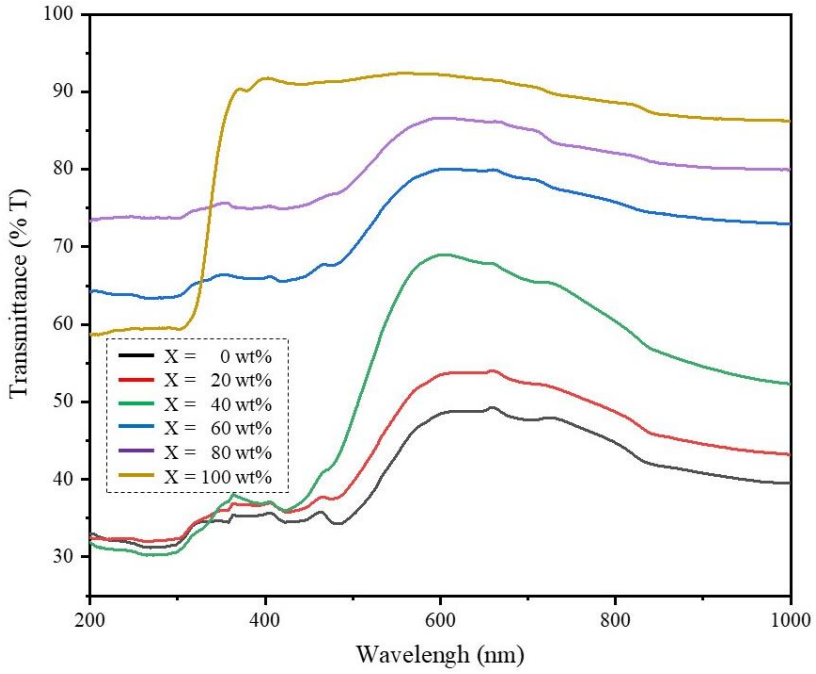
ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติมแก้วสีใสที่ปริมาณความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 wt% พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณความเข้มข้น โดยแสดงค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 2.4841 ถึง 2.6335 g/cm^3



ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่มีการเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแก้วสีใสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) ของแก้วตัวอย่างที่ได้เติมแก้วสีใสที่ปริมาณความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 wt% ที่ได้รายงานในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,000 nm ได้รับการระบุผ่านเครื่อง UV-VIS-NIR

Spectrophotometer ดังภาพที่ 2 พบว่าในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น 380 – 750 nm สเปกตรัมการส่องผ่านของแสงจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของแก้วใสที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสีของแก้วที่มีความใสเพิ่มขึ้นตามภาพที่ 1



ภาพที่ 3 ร้อยละของค่าการส่องผ่านของแสง (percent transmittance) ของแก้วที่มีการเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่าง (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการนำขวดแก้วที่ใช้แล้วมาแปรรูปด้วยกระบวนการหลอมด้วยกระบวนการไมโครเวฟ โดยนำขวดแก้วสีชา และขวดแก้วสีใสที่สามารถพบได้ทั่วไปมาทุบจนเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งตามอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (100-x)แก้วสีชา : (x)แก้วสีใส เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 wt% พบว่าได้ชิ้นงานตัวอย่างที่มีสีเข้ม(สีชา) และได้จางลงจนเป็นสีใสที่ถูกระบุไว้ในสเปกตรัมค่าการส่องผ่านของแสง มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 2.4841 ถึง 2.6335 g/cm^3

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเคราะห์และตรวจสอบสมบัติ

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Association for the Development of Environmental Quality (Thailand). (2023, March 21). *Composition and cause of solid waste*. https://adeq.or.th/ (In Thai)

[2] Pollution control department. (2023, March 21). *municipal waste pit*. https://thaimsw.pcd.go.th/search_storage.php?storage_id=807&year=2565 (In Thai)

[3] Muangngam, R. (2023, March 21). *"Glass from a bottle of liquor", sales are rising, income is better than a full-time job.* Thaifranchisecenter. https://thaifranchisecenter.com/document/show.php?docuID=7384 (In Thai)

[4] Gyrotrontech. (2023, March 21). *Microwave Melting of Glass.* Gyrotron Technology, Inc. https://www.gyrotrontech.com/microwave-technology-articles/microwave-melting-glass/

[5] Wukihow. (2023, March 21). *Melt-Glass.* https://th.wukihow.com/wiki/Melt-Glass (In Thai)

[6] Ashis, M. K., & Ranjan S. (2016). An Overview on Microwave Processing of Material: A Special Emphasis on Glass melting. Materials and Manufacturing Processes, 1-96. DOI:10.1080/10426914.2016.1151046

[7] Ministry of Commerce. (2023, March 21). *Thailand's International Trade Statistics 1992 - 2023 (January - January).* https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=TradeThBalanceYearly (In Thai)