การเตรียมแก้วสีฟ้าจากเศษขวดน้ำอัดลม

นันท์นภัส จันทร์อ่วม[1,2] และวัชรินทร์ ราชนิยม[1,2*]

[1]สาขาวิชาวัสดุและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางด้านแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*watcharinratniyom601@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแก้วสีฟ้าจากเศษขวดน้ำอัดลมโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในเศษขวดน้ำอัดลมด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน จากการวิเคราะห์พบว่าเศษขวดน้ำอัดลมนั้นมีปริมาณ SiO_2 ค่อนข้างสูง จากนั้นใช้ข้อมูลดังกล่าวในการออกแบบสูตรแก้วโดยนำเศษขวดน้ำอัดลมมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรแก้วจากนั้นทำการหลอมแก้วด้วยเทคนิคเตาไมโครเวฟ แล้วทำการวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแก้ว พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่เติมออกไซด์ของ CuO มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติมออกไซด์ของ CuO จะมีสีฟ้าอ่อนๆ ซึ่งสีดังกล่าวจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของออกไซด์ของ CuO มากขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มลดลง สวนทางกับปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร พบพีคของค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 791 นาโนเมตร เกิดจากการดูดกลืนพลังงานในสถานะ $^2E_g \rightarrow {}^2T_g$ เป็นช่วงการดูดกลืนแสงเขียว – แดง ทำให้สีของแก้วที่มองเห็นมีสีฟ้า

คำสำคัญ: ขวดน้ำอัดลม สีฟ้า ดรรชนีหักเห ความแข็ง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี

Preparation blue glasses from scraps of soft drink bottle

Nannaphat Janaum [1,2] and Watcharin Rachniyom[1,2*]

[1]Medical Material and Equipment Program, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM),
Nakhon Pathom Rajabhat University
*watcharinratniyom601@hotmail.com

Abstract

This research aims to develop blue glass from soda bottle waste using microwave technology. The elemental composition of the soda bottle waste was analyzed using an energy-dispersive X-ray spectrometer. The analysis revealed a high SiO_2 content in the soda bottle waste. Based on this data, a glass formulation was designed using soda bottle waste as a component. The glass was then melted using a microwave furnace, and its properties were analyzed. It was found that the glass samples without CuO oxide addition were transparent and colorless. When CuO oxide was added, the glass exhibited a light blue color, which became more intense with increasing CuO oxide concentration. Both the density and refractive index values tended to increase with higher CuO oxide concentrations, while the molar volume showed a decreasing trend inversely proportional to the CuO concentration. In terms of light absorption in the wavelength range of 200–1,100 nanometers, a peak was observed at approximately 791 nanometers. This peak is attributed to energy absorption in the transition from the $^2E_g \rightarrow {}^2T_g$ states, corresponding to green-to-red light absorption. This phenomenon results in the blue color of the glass as observed.

Keywords: Soft drink bottle, Blue color, Refractive index, Hardness, Density, Chemical composition

1. บทนำ

ขยะจากขวดน้ำอัดลมชนิดแก้วในประเทศไทยเป็นอีกปัญหาที่ต้องการการจัดการที่เหมาะสม เนื่องจากแก้วเป็นวัสดุที่มีความคงทนและสามารถรีไซเคิลได้หลายครั้ง แต่ขยะจากขวดแก้วมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากขยะพลาสติก ทั้งในด้านปริมาณและการจัดการ ขวดแก้วถูกใช้ในบรรจุภัณฑ์น้ำอัดลมบางยี่ห้อที่ยังคงรักษาภาพลักษณ์และรสชาติดั้งเดิม ขวดแก้วเหล่านี้สามารถใช้ซ้ำหลายครั้ง โดยบริษัทผู้ผลิตน้ำอัดลมบางรายจะมีระบบการคืนขวดเพื่อนำกลับไปทำความสะอาดและบรรจุน้ำอัดลมใหม่ ขยะจากขวดน้ำอัดลมชนิดแก้วส่วนมากทำจาก แก้วชนิดที่เรียกว่า "แก้วโซดาลาห์ม" (Soda-Lime Glass) ซึ่งเป็นชนิดของแก้วที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมการผลิตขวดและภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทั้งในแง่ของความแข็งแรง, ความทนทาน และต้นทุนที่ไม่สูงมาก โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตขวดน้ำอัดลมที่ต้องการคุณสมบัติที่ทนต่อแรงดันภายในขวดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ถูกบรรจุไว้

แก้วสีฟ้าเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมการตกแต่ง เช่น การผลิตโคมไฟ กระจกตกแต่ง หรือเฟอร์นิเจอร์ที่มีแก้วเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากสีฟ้ามีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ดีและให้ความรู้สึกของความสว่างและสดใส การใช้แก้วสีฟ้าในการออกแบบภายในบ้านหรืออาคารเชิงพาณิชย์สามารถสร้างบรรยากาศที่สงบเย็น และเพิ่มมูลค่าให้กับการตกแต่งในลักษณะต่างๆ นอกจากนี้ในบางกรณีแก้วสีฟ้ายังถูกเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันแสง เช่น ขวดน้ำหอมหรือเครื่องดื่มที่ต้องการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีภายในจากแสง UV โดยสีฟ้าสามารถช่วยกรองแสงบางชนิดได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น แก้วสีฟ้าที่ได้จากการรีไซเคิลขยะแก้วขวดน้ำอัดลมก็มีความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วงหลัง เพราะไม่เพียงแต่ช่วยลดขยะและการใช้ทรัพยากรใหม่ แต่ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การผลิตแก้วสีฟ้าเกิดจากการเติมสารบางชนิดที่ทำให้เกิดสีฟ้าในแก้วในกระบวนการหลอมแก้ว ซึ่งสารเหล่านี้จะมีบทบาทในการเปลี่ยนสีของแก้วเมื่อได้รับความร้อนในการผลิต สารที่นิยมใช้ในการทำให้แก้วมีสีฟ้ามักจะเป็นสารโลหะที่มีคุณสมบัติในการสร้างสีเมื่อถูกทำให้ร้อน เช่น โคบอลต์ออกไซด์ (Cobalt oxide) ซึ่งเป็นสารหลักที่ทำให้แก้วมีสีฟ้าเข้มและมีเฉดสีที่หลากหลาย การเติมโคบอลต์ออกไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกันจะทำให้แก้วได้เฉดสีฟ้าที่ต่างกัน ตั้งแต่ฟ้าอ่อนจนถึงฟ้าเข้ม นอกจากนี้ คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate) ก็สามารถทำให้แก้วมีสีฟ้าได้เช่นกัน โดยจะได้สีฟ้าอมเขียวหรือฟ้าสดใส ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารที่เติมลงไป ทั้งนี้แก้วที่เติมคอปเปอร์ออกไซด์ยังมีการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุขั้นสูงอีกหลากหลายชนิด [1-5]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเตรียมแก้วสีฟ้าจากเศษขวดน้ำอัดลม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้ ออกแบบสูตรแก้ว และทดลองเตรียมตัวอย่างแก้วเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำสูตรแก้วที่ได้มาเจือสารให้สีฟ้าและหาเงื่อนไขที่เหมาะสม เมื่อได้ตัวอย่างแก้วสีแล้วจึงทำการศึกษาสมบัติของตัวอย่างแก้วสี ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเหแสง ค่าการดูดกลืนแสง และค่าสี

2. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเศษขวดน้ำอัดลมตามท้องตลาดมาใช้เป็นองค์ประกอบในการทำแก้ว โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในเศษขวดน้ำอัดลมด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence-EDXRF) ของบริษัท Panalytical รุ่น Minipal-4 แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการออกแบบสูตรแก้วต่อไป ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบสูตรแก้วโดยใช้เศษขวดน้ำอัดลมแทนสาร SiO_2 และให้มีความสอดคล้องกับการหลอมด้วยเทคนิกไมโครเวฟ จากนั้นทำการหลอมแก้วด้วยเทคนิคเตาไมโครเวฟโดยมีขั้นตอนการหลอมแก้วดังนี้ นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ใส่เบ้าหลอม นำเข้าเตาไมโครเวฟแล้วให้กำลังไฟฟ้ากับตั้งเวลาที่ 1000 วัตต์ เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นเมื่อครบเวลาหลอมเปิดฝาเตานำเอาเบ้าหลอมออกจากเตาเผาและเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ ทิ้งไว้จนแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำแก้วออกจากแม่พิมพ์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยขั้นตอนการเทแก้วจะต้องทำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำแก้วเหลวจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ลดลงจนกลายเป็นของแข็ง หลังจากนั้นนำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแก้ว ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห การดูดกลืนแสง และสีในระบบ CIE L*a*b*

3. ผลการวิจัย

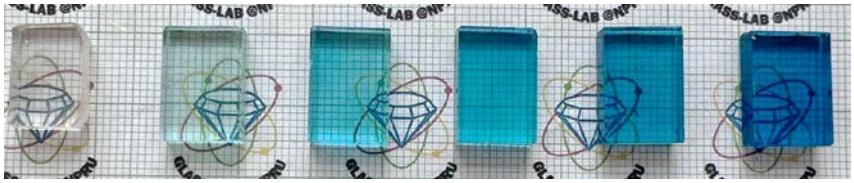
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเศษขวดน้ำอัดลมที่กล่าวมาโดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence-EDXRF) ของบริษัท Panalytical รุ่น Minipal-4 จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเศษขวดน้ำอัดลมมีองค์ประกอบหลักเป็น SiO_2, CaO อยู่ประมาณร้อยละ 81.849 และ 9.354 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อีกทั้งองค์ประกอบของธาตุเจือปนที่ส่งผลต่อสีที่สำคัญ คือ Fe_2O_3, MnO และ CuO มีสัดส่วนที่ลดลงอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเศษขวดน้ำอัดลม

สารประกอบ	SiO_2	Na_2O	CaO	Cr_2O_3	Fe_2O_3	ZnO	As_2O_3
ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	81.849	5.846	9.354	0.262	0.115	1.163	1.411

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเศษขวดน้ำอัดลม ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบสูตรแก้วโดยใช้เศษขวดน้ำอัดลมแทนสาร SiO_2 และให้มีความสอดคล้องกับการหลอมด้วยเทคนิกไมโครเวฟ ตามอัตราส่วนของสารดังนี้ $(30\text{-}x)SiO_2$: $40B_2O_3$: $15Na_2O$: 15ZnO: xCuO ร้อยละโดยโมล เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของคอปเปอร์ออกไซด์

$(30\text{-}x)SiO_2$ (soft drink bottle) : $40B_2O_3$: $15Na_2O$: 15ZnO: xCuO



0.00 mol% 0.01 mol% 0.05 mol% 0.10 mol% 0.15 mol% 0.20 mol%

ภาพที่ 1 แก้วตัวอย่างที่เจือ CuO ในความเข้มข้นที่ต่างกัน

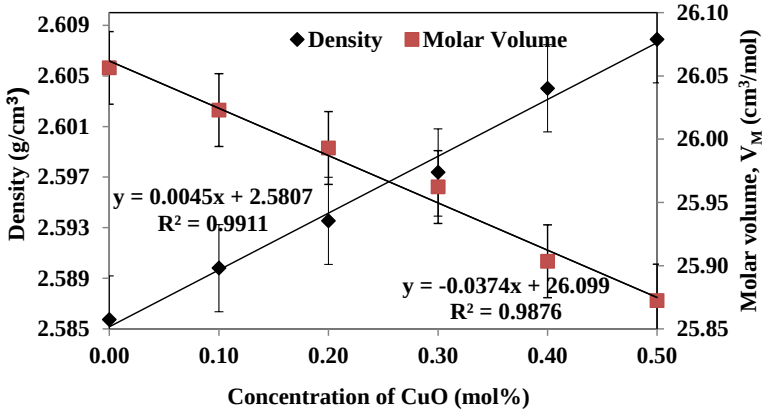
จากการหลอมแก้วที่เจือสารให้สี CuO ที่มีความเข้มข้น 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ แก้วตัวอย่างที่ไม่เติมออกไซด์ของ CuO มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติมออกไซด์ของ CuO จะมีสีฟ้าอ่อนๆ ซึ่งสีดังกล่าวจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของออกไซด์ของ CuO มากขึ้น ดังภาพที่ 1

3.1 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมล และดัชนีหักเห

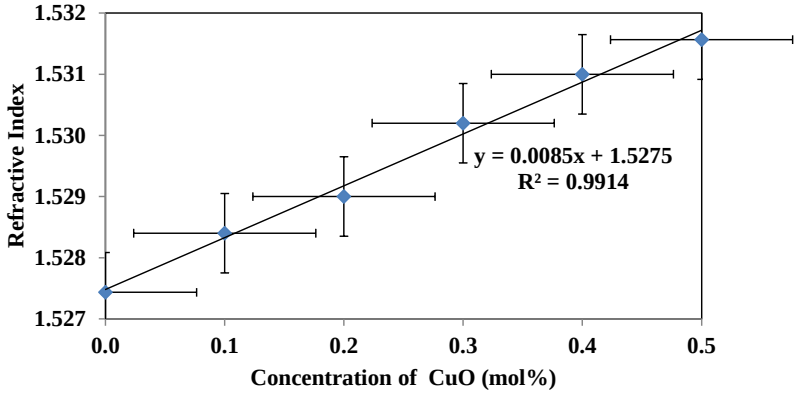
จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ CuO ที่มีความเข้มข้น 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5857 ± 0.0001 ถึง 2.6079 ± 0.0000 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากออกไซด์ของ CuO ซึ่งมีมวลโมเลกุลมากกว่าเข้าไปแทนที่ออกไซด์ของ B_2O_3 ดังแสดงในตารางที่ 2 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติมออกไซด์ของ CuO สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 โดยกราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9911 ส่วนค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 25.8724 ถึง 26.0563 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ดังแสดงในตารางที่ 2 นั่นสามารถสันนิฐานได้ว่า CuO ได้เข้าไปสร้างสะพานเชื่อมออกซิเจน (bridging oxygen) ในโครงสร้างแก้วมากขึ้น ทำให้ระยะห่างระหว่างอะตอมมีขนาดแคบลงจึงทำให้โครงสร้างของแก้วเกิดการหดตัว ในงานวิจัยด้านวัสดุแก้วนั้นจะเรียกสารเคมีที่เติมลงในโครงสร้างแก้วแล้วทำให้ปริมาตรเชิงโมลของแก้วเปลี่ยนแปลงไปว่า Network modifier และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเชิงโมลกับความเข้มข้นของแก้วที่เติมออกไซด์ของ CuO สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 โดยกราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9876 จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างพบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.5274 ± 0.0001 ถึง 1.5316 ± 0.0001 ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยมีลักษณะเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่น เป็นไปตามทฤษฎีเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CuO ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยกราฟที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9914

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่น ค่าปริมาตรเชิงโมล และค่าดัชนีหักเหของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ CuO (ร้อยละโดยโมล)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ดัชนีหักเห	ปริมาตรเชิงโมล (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล)
0.0	2.5857 ± 0.0001	1.5274 ± 0.0001	26.0563
0.1	2.5898 ± 0.0001	1.5284 ± 0.0001	26.0230
0.2	2.5935 ± 0.0002	1.5290 ± 0.0001	25.9930
0.3	2.5974 ± 0.0000	1.5302 ± 0.0001	25.9622
0.4	2.6040 ± 0.0001	1.5310 ± 0.0001	25.9034
0.5	2.6079 ± 0.0000	1.5316 ± 0.0001	25.8724



ภาพที่ 2 ค่าความหนาแน่น และค่าปริมาตรเชิงโมล ของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

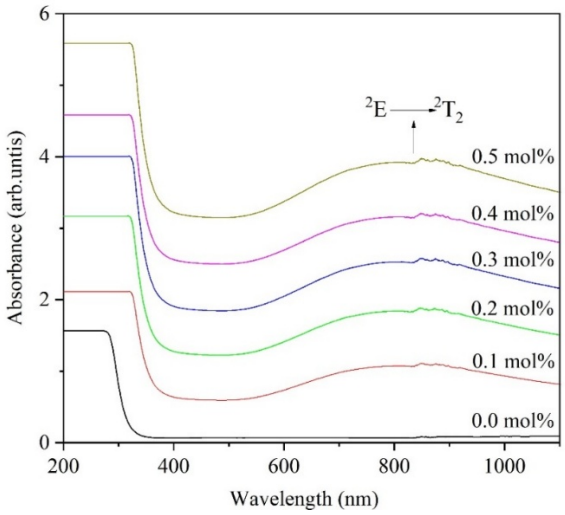


ภาพที่ 3 ค่าดัชนีหักเหของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.2 ผลการวิเคราะห์การดูดกลืนแสง

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ CuO ที่มีความเข้มข้น 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล พบพีคของค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 791 นาโนเมตร เกิดจากการที่อิเล็กตรอนใน d-orbital ของ Cu^{2+} ดูดกลืนพลังงานแสงเพื่อย้ายจากสถานะพื้น (^2E_g) ไปยังสถานะกระตุ้น (^2T_g) การดูดกลืนแสงในช่วงใกล้อินฟราเรดนี้ ทำให้แสงขาวที่ส่องผ่านสูญเสียส่วนที่เป็นสีแดงไป เราจึงมองเห็นแก้วเป็นสีฟ้าหรือสีเขียว ซึ่งเป็นสีเติมเต็ม (Complementary Color) ของสีที่ถูก

ดูดกลืนไป เมื่อ Cu^{2+} เข้าไปอยู่ในโครงสร้างอสัณฐานของแก้ว มันจะถูกล้อมรอบด้วยอะตอมของออกซิเจน (ทำหน้าที่เป็นลิแกนด์) โดยส่วนใหญ่มักจะจัดเรียงตัวในลักษณะคล้ายกับโครงสร้างแปดหน้า (Octahedral-like geometry) สนามไฟฟ้าจากลิแกนด์ออกซิเจนเหล่านี้จะส่งผลต่อระดับพลังงานของ d-orbital ทำให้เกิดการแยกออกเป็น 2 กลุ่มที่มีพลังงานไม่เท่ากัน ดังภาพที่ 4 จากการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นนี้ ทำให้สีของแก้วที่มองเห็นมีสีฟ้า และจะมีความเข้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของปริมาณ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น



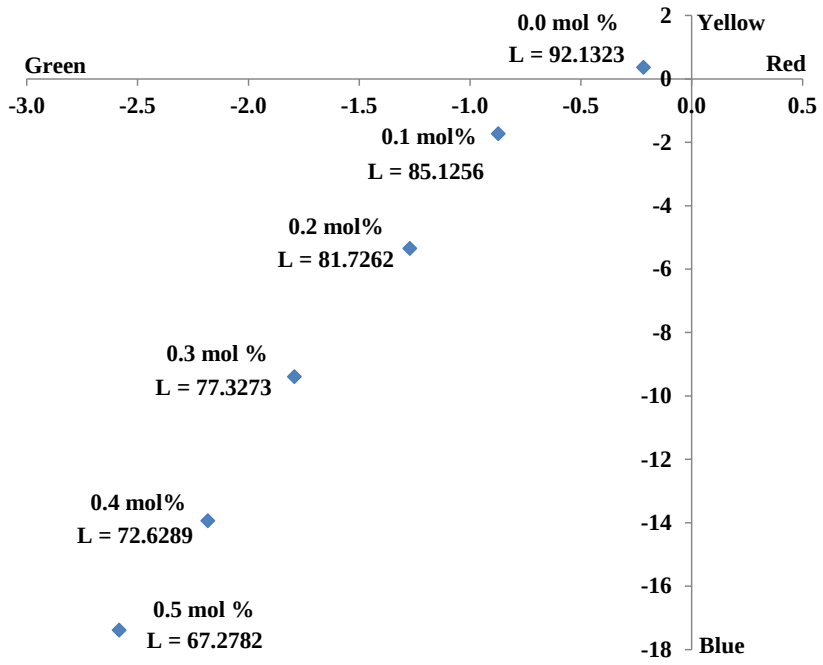
ภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.3 ผลการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b*

จากการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b* ของแก้วตัวอย่างที่เติมออกไซด์ของ CuO ที่มีความเข้มข้น 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความสว่าง (L*) ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มขึ้น โดยค่า a* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.2174 ถึง -2.5832 ส่วนค่า b* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3651 ถึง -17.3839 ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่าสีมีพิกัดอยู่ในแกน -a และ -b ซึ่งเป็นพิกัดของแกนสีแดง และน้ำเงิน แต่ค่าทางแกน -b มีค่ามากกว่าจึงทำให้แก้วตัวอย่างมีสีฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 5

ตารางที่ 3 ค่าสีของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ CuO (ร้อยละโดยโมล)	Color measurement		
	L*	**a***	**b***
0.0	92.1323	-0.2174	0.3651
0.1	85.1256	-0.8727	-1.7278
0.2	81.7262	-1.2723	-5.3478
0.3	77.3273	-1.7924	-9.3898
0.4	72.6289	-2.1834	-13.9323
0.5	67.2782	-2.5832	-17.3839



ภาพที่ 5 ค่าสีระบบ CIE L*a*b* ของแก้วที่เติม CuO ที่ความเข้มข้นต่างๆ

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำเพื่อพัฒนาแก้วสีฟ้าจากเศษขวดน้ำอัดลมโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในเศษขวดน้ำอัดลมด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน จากการวิเคราะห์พบว่าเศษขวดน้ำอัดลมนั้นมีปริมาณ SiO_2 ค่อนข้างสูง จากนั้นใช้ข้อมูลดังกล่าวในการออกแบบสูตรแก้วโดยนำเศษขวดน้ำอัดลมมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรแก้วตามอัตราส่วนดังนี้ (30-x)SiO_2: 40B_2O_3: 15Na_2O: 15ZnO: xCuO ร้อยละโดยโมล เมื่อ x คือความเข้มข้นของคอปเปอร์ออกไซด์ (0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล) แล้วทำการหลอมแก้วด้วยเทคนิคเตาไมโครเวฟ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแก้ว พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่เติมออกไซด์ของ CuO มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติมออกไซด์ของ CuO จะมีสีฟ้าอ่อนๆ ซึ่งสีดังกล่าวจะมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของออกไซด์ของ CuO มากขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มลดลง สวนทางกับปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร พบพีคของค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 791 นาโนเมตร เกิดจากการดูดกลืนพลังงานในสถานะ $^2E_g \rightarrow {}^2T_g$ เป็นช่วงการดูดกลืนแสงเขียว – แดง ทำให้สีของแก้วที่มองเห็นมีสีฟ้า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงบรายได้จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ประจำปีงบประมาณ 2568 ภายใต้โครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2568

6.เอกสารอ้างอิง (References)

[1] L. Paunescu, N. Constantin, M.F. Dragoescu, A. Ioana, S.M. Axinte, V. Rucai, (2020), Recycled Glass Waste Expanded by a Microwave Heating Technique, *U.P.B. Sci. Bull., Series B*, 82(4), 325-336

[2] S.A. Umar, S.N. Nazrin, I.G. Geidam, R. El-Mallawany, A.M. Abd-Elnaiem, A. Hakamy, F.U. Muhammad, (2023), Optical basicity, polarizability and spectroscopic investigations of CuO doped TeO_2–B_2O_3 glass system, *Materials Chemistry and Physics*, 297, 127309

[3] U.G. Issever, G. Kilic, and E. Ilik, (2021), The Impact of CuO on physical, structural, optical and thermal properties of dark VPB semiconducting glasses, *Optical Materials*, 116, 111084.

[4] A. Venkata Sekhar, A.V. Kityk, J. Jedryka, P. Rakus, A. Wojciechowski, A. Siva Sesha Reddy, G. Naga Raju, and N. Veeraiah, (2021), Investigations on the influence CuO doping on elastic properties of Li_2SO_4–MgO–P_2O_5 glass system by means of acoustic wave propagation, *Solid State Communications*, 330, 114270.

[5] J.A. Jiménez, (2022), Sm^{3+} photoluminescence and excited-state dynamics in lithium-barium borate glasses co-doped with CuO, *Chemical Physics*, 559, 111555