

การตอบสนองด้วยการเปลี่ยนสีต่อความเป็นกรด - เบสของ

พอลิไดอะเซตทิลีนที่เตรียมด้วยการผสมโมเลกุล

สารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ

Colorimetric Response to Acid-base of Polydiacetylene Prepared by Mixing Different Surfactant Molecules

มัลลิกา อาจคำพันธ์ นภาพร รุ่งอรุณ ธนัษพร ศรีนพคุณ และ ชนิตา ชนนทอง

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

398 หมู่ 9 ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000

Email: Chanita.k@nsru.ac.th

Manuscript Received December 7, 2023

Revised December 15, 2023

Accepted December 21, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการศึกษาการตอบสนองด้วยการเปลี่ยนสีต่อความเป็นกรด - เบสของพอลิไดอะเซตทิลีนที่เตรียมด้วยการผสมโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ ซึ่งสารละลายพอลิไดอะเซตทิลีนเตรียมจาก 10,12 pentacosadinoic acid monomer: PDCA เมื่อรบกวนหมู่ฟังก์ชันด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิดลงไป ได้แก่ Cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB), Sodium dodecyl sulfate (SDS), Triton x-100 ในอัตราส่วนต่าง ๆ จากการศึกษาอัตราส่วนของสารละลายพอลิไดอะเซตทิลีนกับสารลดแรงตึงผิวเมื่อผ่านการ polymerization แล้วสามารถเกิดเป็นสารละลายสีน้ำเงิน พบว่าที่สามารถเตรียมได้คือ poly(PCDA:CTAB) อัตราส่วน 1:0.1, poly(PCDA:SDS) อัตราส่วน 1:0.5 1:1 1:2 1:5 และ poly(PCDA:TritonX-100) อัตราส่วน 1:0.1 1:0.5 1:5 เมื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซตทิลีนพบว่าสามารถเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดงได้ในช่วงเบส แต่ไม่สามารถเปลี่ยนสีได้ในช่วงกรดโดยสารละลายพอลิไดอะเซตทิลีนเกิดการเปลี่ยนสีที่ pH 9 และสารละลาย poly(PCDA:SDS) อัตราส่วน 1:2 เกิดการเปลี่ยนสีที่

pH 9 เช่นกัน ซึ่งเปลี่ยนสีที่ pH ต่ำกว่าในอัตราส่วนอื่นๆ รวมทั้งเปลี่ยนสีได้ดีกว่าสารลดแรงตึงผิวอีกสองชนิด จากนั้นนำสารละลาย poly(PCDA) กับ poly(PCDA:SDS) 1:2 มาขึ้นรูปบนกระดาษกรองแล้วทดสอบการเปลี่ยนสีในช่วงเบส พบว่า poly(PCDA) เกิดการเปลี่ยนสีที่ pH 11 และ poly(PCDA:SDS) อัตราส่วน 1:2 เกิดการเปลี่ยนสีที่ pH 10 ซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นความรู้ขั้นพื้นฐานที่จะสามารถนำไปพัฒนาสารในกลุ่มพอลิไดอะเซตทิลีนให้มีความสามารถในการตรวจวัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - เบสได้

คำสำคัญ: พอลิไดอะเซตทิลีน สารลดแรงตึงผิว การเปลี่ยนสี กรด-เบส

ABSTRACT

This research presents a study investigate the color-switching behavior of polydiacetylenefabricated by mixing different surfactants on acid-base. The polydiacetylene solution is prepared from 10,12 pentacosadinoic acid monomer. The mixing of three type surfactants (Cetyltrimethyl ammonium bromide

(CTAB), Sodium dodecyl sulfate (SDS) and Triton x-100) in various ratios in PCDA system may result different color transition property. We found that, The mixture of poly(PCDA:CTAB) (1:0.1) and poly(PCDA:SDS) (1:0.5 1:1 1:2 1:5) could be prepared blue phase upon UV-irradiation. The system of poly(PCDA:TritonX-100) with 1:0.1 1:0.5 1:5 also exhibit blue phase. The pure poly(PCDA) show red phase at pH 9. The poly(PCDA:SDS) ratio 1:2 also exhibit red phase at pH 9 which is the lowest pH comparing the other mixture. In addition, the poly(PCDA) and poly(PCDA:SDS) ratio 1:2 were facricated on filter paper. The color transition of poly(PCDA) and poly(PCDA:SDS) reponse in pH as 11 and 10, respectively. This work is basic knowledge to develop poly(PCDA) material to apply for sensing acid-base.

Keywords: Polydiacetylene, surfactant, Color transition, Acid-base

1. บทนำ

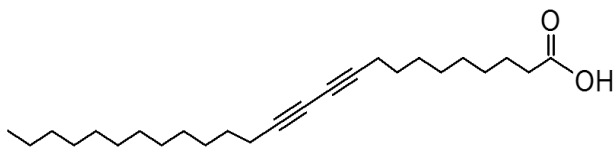
ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับในการตรวจวัดเพื่อหาสารเคมีที่สนใจนั้นว่าเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการตรวจวัดโดยทั่วไปอาจจะใช้วิธีการนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยการใช้เครื่องมือเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ [1] – [5] ในการวิเคราะห์นี้อาจจะใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก ค่าใช้จ่ายสูง จึงเป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ในลักษณะที่ต้องการแสดงผลอย่างรวดเร็ว เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่แสดงผลออกมาได้รวดเร็ว จึงมีการประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดต่าง ๆ ที่สามารถแสดงการเปลี่ยนสีได้ อาทิ ไบโอสเซนเซอร์ (Biosensor) หรือตัวตรวจวัดทางชีวภาพเพื่อประโยชน์หลายด้าน เช่นด้านอุตสาหกรรม คือเครื่องตรวจวัดโปรตีนในอุตสาหกรรมเครื่องตรวจวัดปริมาณยาในอาหาร เช่น ยาปฏิชีวนะ ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต สารเร่งเนื้อแดง เป็นต้น และหมึกพิมพ์ที่สามารถพิมพ์ลงบนกระดาษได้ เช่น พิมพ์ลงบนบัตรจอดรถ และธนบัตรที่เปลี่ยนสีได้ตามอุณหภูมิ ซึ่งสามารถป้องกันการปลอมแปลงได้ การตรวจวัดที่มีการแสดงผลออกมาด้วยการเปลี่ยนสีนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่แสดงผลได้รวดเร็ว ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนสีจะต้องอาศัยสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนสีได้นั้นมีอยู่หลากหลายชนิด แต่สารเคมีที่ได้รับความสนใจและสามารถเปลี่ยนสีได้ คือ สารในกลุ่มของไดอะเซตทิลีนซึ่งสารในกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงิน

เป็นสีแดงได้ เนื่องจากระบบถูกรบกวนด้วยตัวกระตุ้น สำหรับสารเคมีที่สามารถนำมาเตรียมเป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์โดยอาศัยการเปลี่ยนสีได้นั้นจะเป็นสารในกลุ่มของไดอะเซตทิลีน ซึ่งจะเตรียมให้อยู่ในรูปของพอลิไดอะเซตทิลีน (polydiacetylene: PDA) เป็นคอนจูเกตพอลิเมอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากไดอะเซตทิลีนมอนอเมอร์ เช่น 10,12 เพนตะโคไซด์ไดออยโนอิกแอซิดมอนอเมอร์ (10,12-pentacosadiynoic acid: PCDA) ในสภาวะตัวทำละลายมีขั้ว เช่น น้ำ โดยจะมีการจัดเรียงตัวเป็นทรงกลม และเมื่อเกิดพอลิเมอร์-ไรเซชันด้วยการฉายแสงยูวี จะทำให้เกิดเป็นคอนจูเกตพอลิเมอร์ที่มีสีน้ำเงินและสามารถเกิดการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดงซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น การให้ความร้อน การเติมตัวทำละลายอินทรีย์เข้าไปในระบบ และค่าความเป็นกรด - เบส โดยคุณสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลีนที่เกิดขึ้นนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากปัจจัยของตัวกระตุ้นและลักษณะของโครงสร้างของพอลิไดอะเซตทิลีน [6] – [10] จึงทำให้นักวิจัยหลายๆกลุ่มที่ต้องการศึกษาถึงวิธีการควบคุมสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลีนให้มีสมบัติการเปลี่ยนสีได้ตามต้องการ เช่น การควบคุมโครงสร้างโดยการสังเคราะห์โครงสร้างของไดอะเซตทิลีนมอนอเมอร์ที่มีความหลากหลาย เพื่อที่จะได้นำไปประยุกต์ใช้ให้ตรงกับความต้องการ แต่ทั้งนี้ในกระบวนการสังเคราะห์ไดอะเซตทิลีนมอนอเมอร์นั้นอาจจะเกิดอุปสรรคในด้านของเวลาในการสังเคราะห์ ตลอดจนปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นอาจไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ แต่สำหรับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพอลิไดอะเซตทิลีนด้วยวิธีการที่ง่าย เช่น การเติมสารบางชนิดเข้าไปในระบบในกระบวนการเตรียม เพื่อเป็นการปรับปรุงสมบัติเบื้องต้นของพอลิไดอะเซตทิลีนจะส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลีนสำหรับการนำสารโมเลกุลอื่นมาผสมในการเตรียมพอลิไดอะเซตทิลีน เช่น กลุ่มสารลดแรงตึงผิวก็มีความน่าสนใจเนื่องจากด้วยลักษณะของโครงสร้างมีส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วอยู่ในโครงสร้างสารอีกทั้งบริเวณส่วนหัวนั้นก็มีลักษณะที่หลากหลาย เช่น แสดงสมบัติประจุลบ ประจุลบ และทั้งแบบประจุบวกและประจุลบร่วมกัน เมื่อนำมาผสมในโครงสร้างพอลิไดอะเซตทิลีน น่าจะสามารถมีการจัดเรียงตัวร่วมในโครงสร้างได้ นอกจากนี้ที่บริเวณส่วนหัวของสารลดแรงตึงผิวที่มีลักษณะที่แตกต่างกันก็อาจจะส่งผลต่อการจัดเรียงตัวและรวมถึงคุณสมบัติในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนสีต่อตัวกระตุ้นได้ที่แตกต่างกันเช่นกัน

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการเตรียมพอลิไดอะเซตทีลีนจากมอนอเมอร์ 10,12 เพนตะโคแซไดโนอิกแอซิด (10, 12 pentacosadiynoic acid: PCDA) ให้อยู่ในรูปสารละลาย โดยศึกษาสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีนที่ทำการผสมสารลดแรงตึงผิวประจุบวก ประจุลบ และไม่มีประจุลงไปในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วศึกษาการเปลี่ยนสีด้วยเทคนิคการดูดกลืนแสงยูวีและวิสิเบิล โดยการปรับระบบให้มีความเป็นกรด - เบสต่าง ๆ ซึ่งน่าจะมีผลทำให้โครงสร้างสารลดแรงตึงผิวเข้าไปแทรกตัวอยู่ในระบบของพอลิไดอะเซตทีลีนได้แตกต่างกันนั้น น่าจะส่งผลต่อสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีนที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยผลการศึกษาจะเป็นความรู้ขั้นพื้นฐานที่จะสามารถนำไปพัฒนาสารในกลุ่มพอลิไดอะเซตทีลีนให้มีความสามารถในการตรวจวัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - เบสได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิไดอะเซตทีลีน (Polydiacetylene: PDA)



รูปที่ 1 โครงสร้างของ 10,12 เพนตะโคแซไดโนอิก แอซิด มอนอเมอร์ (10,12 pentacosadiynoic acid monomer (PCDA))

พอลิไดอะเซตทีลีนเป็นอนุภาคทรงกลมที่มีโครงสร้างเป็นการจัดเรียงตัวแบบสองชั้น (Bilayer) โดยในแต่ละชั้นประกอบด้วยมอนอเมอร์ของไดอะเซตทีลีน เช่น 10, 12 pentacosadiynoic acid (PCDA) มีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือส่วนของหมู่ฟังก์ชันที่เป็นกรดคาร์บอกซิลิก จะแสดงความมีขั้วเมื่ออยู่ในตัวทำละลายที่มีขั้ว ส่วนนี้อยู่ด้านนอกของอนุภาค และอีกส่วนหนึ่งคือส่วนของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นหมู่แอลคิลเป็นส่วนที่แสดงความมีขั้วต่ำเมื่ออยู่ในตัวทำละลายที่มีขั้ว ส่วนนี้จะจัดเรียงตัวอยู่ด้านในของอนุภาค 10, 12 pentacosadiynoic acid monomer (PCDA) มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{25}H_{42}O_2$ และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 374.61 กรัมต่อโมล โครงสร้างของ PCDA ดังรูปที่ 1 พอลิไดอะเซตทีลีน สามารถเตรียมได้จากการนำ 10,12 pentacosadiynoic acid monomer (PCDA) ไปกระจายตัวในตัวทำละลายน้ำ แล้วเกิดการการจัดเรียงตัวโดย

ส่วนหัวที่เป็นหมู่กรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งแสดงสมบัติความมีขั้วจะหันจับกับน้ำที่เป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว และส่วนหางคือส่วนที่เป็นสายโซ่คาร์บอนที่เป็นหมู่แอลคิลจะจัดเรียงตัวเข้าด้านใน เมื่อทำการฉายรังสียูวีเพื่อให้เกิดการพอลิเมอร์ไรเซชัน ทำให้ได้เป็นคอนจูเกตพอลิเมอร์ ซึ่งมีพันธะคู่สลับพันธะสามทำให้สามารถดูดกลืนแสงที่มีพลังงานต่ำในช่วงที่ตามองเห็นได้ สารจึงมีสีน้ำเงิน คุณสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีนมีลักษณะการเปลี่ยนสีที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เมื่อมีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน หรือเกิดจากการจับกับสารบางชนิด จะเกิดการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง เมื่อมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า อาทิเช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - เบส (pH) อุณหภูมิ และสารบางชนิดที่ทำให้พอลิไดอะเซตทีลีนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยพอลิไดอะเซตทีลีนสามารถแสดงสมบัติการเปลี่ยนสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่านี้สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการมองเห็นสีจากการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นซึ่งคลื่นแสงที่ถูกดูดกลืนกับสีของสารที่มองเห็นจะไม่ใช้สีเดียวกัน ตัวอย่างเช่น สารดูดกลืนแสงสีแดงจึงทำให้มองเห็นสารนั้นมีสีฟ้า

2.2 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เป็นสารประกอบที่ทำให้แรงตึงผิวของของเหลวลดลงช่วยให้การกระจายตัวของของเหลวดีขึ้นและช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวสองชนิดหรือระหว่างของเหลวกับของแข็งสารลดแรงตึงผิวสามารถใช้เป็นน้ำยาซักล้างอิมัลชันโฟมล้างจานหรือดีสเพอร์ชันสสารชนิดนี้จะมีทั้งส่วนที่มีและไม่มีความมีขั้วเมื่ออยู่ในน้ำจึงมักจัดตัวเป็นไมเซลล์ สารลดแรงตึงผิวส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic group) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic group) ส่วนที่ไม่ชอบน้ำมักจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนคือมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่จะมาจากไขมันและน้ำมันตามธรรมชาติรวมทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและโพลีเมอร์สังเคราะห์ลักษณะที่สำคัญของสารลดแรงตึงผิวคือเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวเพียงเล็กน้อยลงในน้ำสารลดแรงตึงผิวจะไปลดแรงตึงผิวของน้ำเพื่อให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ อย่างเช่นการเกิดฟองการทำให้เปียกและกระบวนการทำความสะอาด เป็นต้น ส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะพยายามหนีน้ำโดยไปเกาะกับพื้นผิวที่ว่างเช่นอากาศส่วนที่ชอบน้ำจะยังคงอยู่ในน้ำ สารลดแรงตึงผิวมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ในร่างกายมนุษย์ก็มีสารลดแรงตึงผิว

ประกอบอยู่ เช่น Gall Acid ซึ่งจะย่อยสลายประเภทไขมันได้ สารลดแรงตึงผิวมีประโยชน์หลายด้าน โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์ที่มีฟอง เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและครีมกันแดด สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในการแพทย์ ผลิตภัณฑ์ สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการย้อมผ้า การเคลือบสีไม้หรือโลหะ การผลิตพลาสติก การทำหนังสือ การผลิตเนยเทียม เค้ก และไอศกรีม เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น บำบัดน้ำเสีย กำจัดมลพิษทางดิน ดูดซับของเสีย เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในกระบวนการสกัดแยก เช่น การสกัดแยกแร่ การแยกน้ำมัน ออกจากน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำสารลดแรงตึงผิวมาใช้ในเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น นาโนเทคโนโลยี เทคโนโลยีชีวภาพ งานพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องบันทึกแถบแม่เหล็ก เป็นต้น นอกจากสารลดแรงตึงผิวจะมีบทบาทในชีวิตประจำวันแล้ว เช่น ในกระบวนการทำความสะอาด สารลดแรงตึงผิวยังมีบทบาทที่สำคัญและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย รวมทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามแล้วแต่การนำสารลดแรงตึงผิวไปใช้ประโยชน์นั้นจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ทั้งนี้เพราะสารลดแรงตึงผิวก็สามารถทำลายสิ่งแวดล้อมได้เช่นกันถ้ามีการใช้ในปริมาณที่ไม่ถูกต้องและมีนำสารลดแรงตึงผิวผิดประเภทมาใช้ ตัวอย่างเช่นในการปล่อยน้ำซักผ้าหรือน้ำยาล้างจานที่เข้มข้นซึ่งมีสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบลงในแม่น้ำลำคลอง จะทำให้เกิดฟองอย่างมาก นอกจากจะทำลายสุนทรียภาพของแม่น้ำลำคลองแล้ว ยังสร้างผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจต้องใช้เวลานานที่กระบวนการธรรมชาติโดยแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารลดแรงตึงผิวได้หมด US. EPA. ได้กำหนดความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในน้ำดื่มให้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี นิยมแบ่งเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุล ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก (Cationic surfactant) เช่น Cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB) มักจะพบในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน ครีมนวดผม และน้ำยาปรับผ้านุ่ม สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ (Anionic surfactant) เช่น Sodium dodecyl sulphate (SDS) มักจะเป็น

ส่วนประกอบในผงซักฟอกและสบู่ สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant) เช่น Polyoxyethylene alcohol มักจะนำไปผสมในสบู่เหลวล้างหน้า สารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบ (Zwitterionic surfactant) เช่น b-N-Alkylaminopropionic Acids มักจะนำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง สารป้องกันการกัดกร่อน และสารยับยั้งแบคทีเรีย เป็นต้น

2.3 การหาค่าตอบสนองการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีน (%CR)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีนเมื่อมีการรบกวนระบบ ที่สเปกตรัมที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง โดยการนำค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นของระบบไม่ได้ถูกรบกวน $\lambda = 640 \text{ nm}$ และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นของระบบที่ถูกรบกวน $\lambda = 540 \text{ nm}$ มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การตอบสนองในการเปลี่ยนสี (%CR) [11] ตามสมการที่ (1)

$$\%CR = \left[\frac{PB_0 - PB}{PB_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ PB_0 คือ ระบบพอลิไดอะเซตทีลีนที่ยังไม่ถูกรบกวน (ไม่ได้เติมตัวกระตุ้น) และ PB คือ ระบบพอลิไดอะเซตทีลีนที่ถูกรบกวน (เติมตัวกระตุ้น) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$PB = \left[\frac{\text{Absorbance}_{blue}}{\text{Absorbance}_{red} + \text{Absorbance}_{blue}} \right] \quad (2)$$

เมื่อ Absorbance_{blue} คือค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของเฟสสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร และ Absorbance_{red} คือค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของเฟสสีแดงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

2.4 การหาค่าการตอบสนองการเปลี่ยนสี (%R)

ในการหาค่าการตอบสนองการเปลี่ยนสีของสารละลายเราสามารถหาได้จาก Absorbance โดยคำนวณค่าการตอบสนองการ

เปลี่ยนสี (%CR) ในงานวิจัยนี้มีการหาค่าการตอบสนองการเปลี่ยนสีจากรูปถ่ายเพื่อนำไปเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของกระดาษกรองและใช้โปรแกรมการวิเคราะห์แบบกราฟิก มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสี (%R) ดังสมการที่ (3)

$$\%R = \left[\frac{R}{R + G + B} \right] \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ R คือค่าเฉลี่ยของค่าสีแดงของภาพ G คือค่าเฉลี่ยของค่าสีเขียวของภาพ B คือค่าเฉลี่ยของค่าสีน้ำเงินของภาพ โดยค่า RGB สามารถวิเคราะห์ได้จากการประยุกต์ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS3 Extended

3. วิธีทดลอง

3.1 การเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซตทิลินที่ผสมกับสารลดแรงตึงผิว



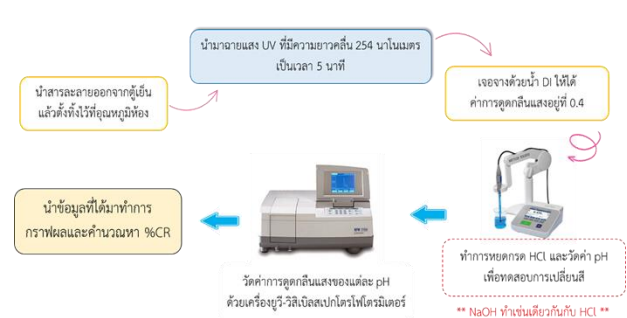
รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซตทิลินที่ผสมกับสารลดแรงตึงผิว

การเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซตทิลินจาก 10, 12 เพนตะโค-สะไดโนอิกแอซิดมอนอเมอร์ (10, 12 pentacosadiynoic acid monomer: PCDA) ให้อยู่ในรูปของสารละลาย โดยนำ PCDA มาละลายในคลอโรฟอร์มโดยทำให้เกิดการละลายด้วยเครื่องสั่นเหนือเสียง (Ultrasonic bath) เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วกรองด้วยแผ่นกรองในลอนที่มีขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.45 μL จากนั้นทำการระเหยคลอโรฟอร์มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะปรากฏลักษณะเป็นคราบสีขาวภายใน

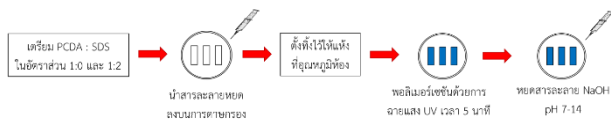
ภาชนะ และให้เติมสารละลายลดแรงตึงผิวที่มีอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยใช้น้ำปราศจากไอออนเป็นตัวทำละลายแล้วนำไปทำให้เกิดการละลายด้วยเครื่อง Ultrasonic bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะได้สารละลายที่มีลักษณะขาวขุ่น จากนั้นนำสารละลายพอลิไดอะเซตทิลินไปเก็บที่อุณหภูมิเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2 เมื่อครบเวลานำสารละลายมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปทำการพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการฉายแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 254 นาโนเมตรเป็นระยะเวลา 5 นาที จะได้สารละลายพอลิไดอะเซตทิลินผสมที่มีสีน้ำเงินเข้ม

3.2 การศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลินโดยการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - เบส

ในการศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลินโดยการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - เบส เราสามารถอธิบายตามขั้นตอนได้ โดยนำสารละลายพอลิไดอะเซตทิลินมาทำการเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดประมาณ 0.4 และทำการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริกโดยค่อย ๆ ปรับจาก pH 6-1 และ pH 6-14 จนเกิดการเปลี่ยนแปลงสีอย่างสมบูรณ์ และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละ pH โดยการวัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) [12] – [16] จากนั้นนำมาคำนวณค่าการตอบสนองการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลินที่ pH ต่างๆ ดังสมการที่ (1) การตอบสนองการเปลี่ยนสี (%CR) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาการเปลี่ยนสีด้วยกรด-เบส



รูปที่ 4 ขั้นตอนการขึ้นรูปบนกระดาษกรอง

3.3 การศึกษาความเสถียรพอลิไดอะเซตทีลีนเมื่อนำมาขึ้นรูปบนกระดาษกรอง

ในการศึกษาความเสถียรพอลิไดอะเซตทีลีนเมื่อนำมาขึ้นรูปบนกระดาษกรอง [17] – [18] เราสามารถอธิบายตามขั้นตอนได้ โดยนำสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนบริสุทธิ์และที่เตรียมด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิด SDS ในอัตราส่วน PCDA:SDS 1:2 ที่ยังไม่ผ่านการพอลิเมอร์ไรเซชันมาทำการหยดลงบนกระดาษกรองโดยทำการหยดครั้งละ 100 ไมโครลิตร 10 ครั้ง แล้วรอจนกระดาษกรองแห้ง จึงนำไปฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เป็นเวลา 5 นาที และ 10 นาที จากนั้นทำการเก็บกระดาษกรองในสองสภาวะ คือ เก็บแบบให้สัมผัสกับอากาศและเก็บแบบไม่ให้สัมผัสกับอากาศ เป็นระยะเวลา 1 เดือน แล้วทำการบันทึกผลการทดลองและถ่ายรูปผลการทดลองที่ได้ดังรูปที่ 4

4. ผลการทดลอง

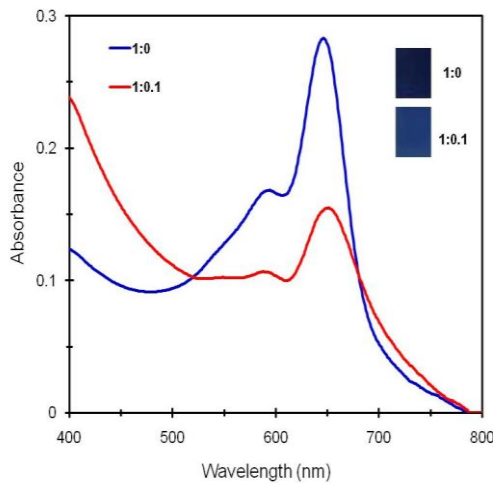
จากวิธีการทดลองที่นำเสนอในหัวข้อที่ 3 เราสามารถทำการศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ ต่อความเป็นกรด - เบส พอลิไดอะเซตทีลีนเตรียมจาก 10, 12 เพนตะโคไซด์ไดโนอิกแอซิดมอนอเมอร์ (10, 12 pentacosadinoic acid monomer: PCAD) เมื่อרבกวนหมู่ฟังก์ชันด้วยสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด ได้แก่ Cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB), Sodium dodecyl sulfate (SDS), Triton x-100 ให้อยู่ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและพฤติกรรมการเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน

4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน

จากการเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน โดยอาศัยการผสมสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด ในอัตราส่วนต่าง ๆ ลงในสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน

ในระหว่างกระบวนการเตรียม หลังจากผ่านการพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยแสงยูวี พบว่าได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม เมื่อนำสารละลายทั้งหมดมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคยูวีวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี สารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่ไม่ได้เติมสารลดแรงตึงผิวมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 648 นาโนเมตร และมีไหล่พิคที่ความยาวคลื่นประมาณ 595 นาโนเมตร โดยอยู่ในช่วงคลื่นแสงที่ตาสามารถมองเห็นทำให้มองเห็นสารละลายเป็นสีน้ำเงิน สำหรับสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมโดยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่างๆ พบว่าการผสมสารลดแรงตึงผิวบางชนิดและบางอัตราส่วน เมื่อทำการพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยแสงยูวี พบว่าได้สารละลายสีน้ำเงิน แต่การผสมสารลดแรงตึงผิวบางชนิดและบางอัตราส่วนลงในสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนจะมีผลทำให้ได้สารละลายที่มีสีใสและสีใสมิเตอร์ก่อนสีน้ำเงิน และเมื่อนำมาวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง พบว่ารูปร่างสเปกตรัมของพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมด้วยการผสม SDS อัตราส่วน 1:0.5 1:1 1:2 1:5 และผสม Triton x-100 อัตราส่วน 1:0.1 1:5 มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสเปกตรัมของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่ไม่ผสมสารลดแรงตึงผิวได้ดังรูปที่ 5 โดยจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร และมีไหล่พิคที่ความยาวคลื่นประมาณ 590 นาโนเมตร สำหรับสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมด้วยการผสม Triton x-100 อัตราส่วน 1:0.5 และการผสม CTAB อัตราส่วน 1:0.1 พบว่าเมื่อทำการพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยแสงยูวีและนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 640 นาโนเมตร และเกิดไหล่พิค 2 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งแรกเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 590 นาโนเมตร และตำแหน่งที่สองเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 550 นาโนเมตร จะเห็นได้ว่าการเกิดไหล่พิคขึ้น 2 ตำแหน่ง โดยอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่ทำให้สารละลายมีสีแดง แต่เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงของไหล่พิคทั้งสองมีค่าการดูดกลืนแสงที่ต่ำจึงทำให้สารละลายมีสีน้ำเงินอ่อน สเปกตรัมการดูดกลืนแสงดังรูปที่ 5(ก) การเข้าจับของ CTAB และ Triton x-100 มีผลต่อการจัดเรียงตัวภายในโครงสร้างของพอลิไดอะเซตทีลีน โดยทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบภายในโครงสร้างเกิดขึ้น ทำให้การพอลิเมอร์ไรเซชันของระบบเกิดขึ้นได้น้อยและทำให้สารละลายดังกล่าวมีสีน้ำเงินอ่อน และเมื่ออัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น พบว่าสารละลายที่เตรียมได้มีสีใสและเกิดการตกตะกอน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นได้ว่าสารลดแรงตึงผิวที่มี

หมู่ฟังก์ชันที่เป็นประจุบวก ประจุลบและเป็นกลาง ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของพอลิไดอะเซทิลีน ทั้งนี้ CTAB กับ Triton-X100 มีหมู่ฟังก์ชันส่วนหัวที่มีประจุเป็นบวกและเป็นกลาง แต่ตัวที่มีขนาดใหญ่จึงขัดขวางการจัดเรียงตัวของพอลิไดอะเซทิลีน แต่ SDS ถึงแม้จะมีประจุเป็นลบซึ่งควรจะเกิดแรงผลักรันที่ส่วนหัวกับโมเลกุลไดอะเซทิลีนแต่กลับสามารถเตรียมสารผสมได้สีน้ำเงินได้หลากหลายค่าอัตราส่วน ซึ่งเป็นผลจากหมู่ฟังก์ชันที่ไม่ได้ไปขัดขวางการจัดเรียงตัวของพอลิไดอะเซทิลีน นอกจากนี้อัตราส่วนในการผสมก็ส่งผลต่อความสามารถของสารลดแรงตึงผิวที่จะเข้าไปผสมในระบบของพอลิไดอะเซทิลีนด้วยเช่นกัน

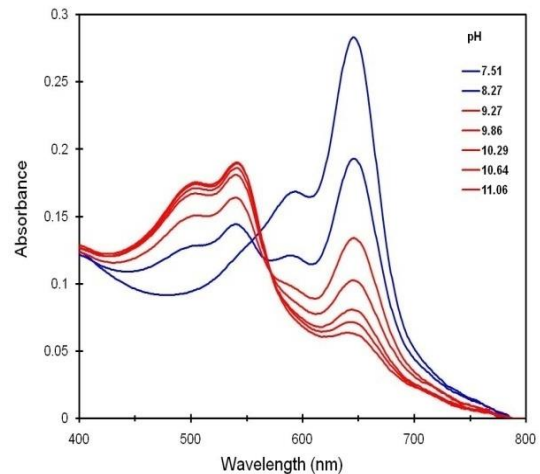
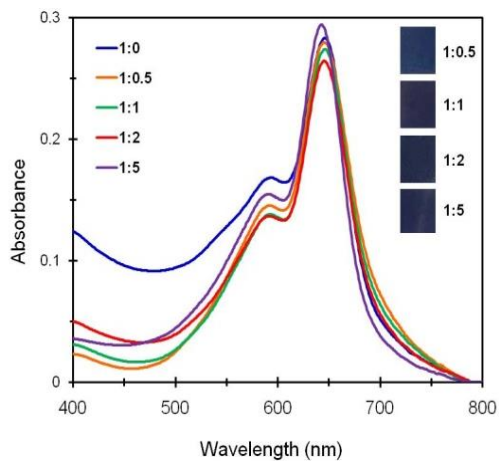


(ค) เมื่อเตรียมด้วยการผสม TritonX-100 อัตราส่วน 1:0.1 1:0.5 และ 1:5

รูปที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิลของพอลิไดอะเซทิลีน

4.2 การเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซทิลีนกับสารละลายกรด - เบส

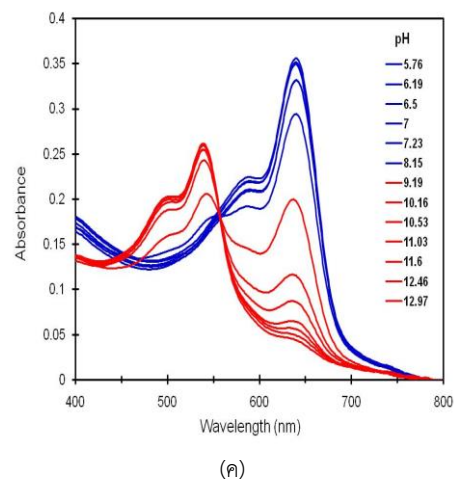
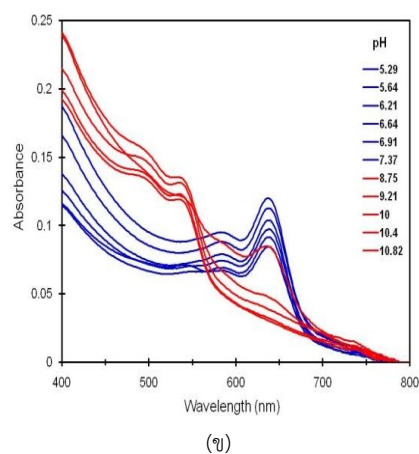
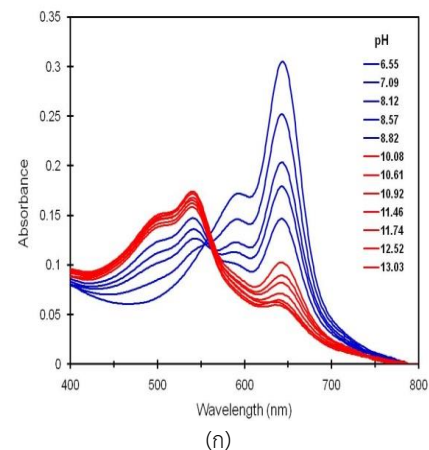
(ก) เมื่อเตรียมด้วยการผสม CTAB อัตราส่วน 1:0.1



รูปที่ 6 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิลของพอลิไดอะเซทิลีนบริสุทธิ์เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

(ข) เมื่อเตรียมด้วยการผสม SDS อัตราส่วน 1:0.5 1:1 1:2 และ 1:5

จากผลการทดลองการเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนชนิดต่าง ๆ ด้วยการเติมสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่ไม่ได้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนจะมีสีน้ำเงิน โดยที่วัดค่า pH เริ่มต้นของสารละลายมีค่าเท่ากับ 7.51 จากนั้นนำสารละลายมาวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรสโกปี พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 646 นาโนเมตร และมีไหล่พิคที่ความยาวคลื่นประมาณ 594 นาโนเมตร เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 M ลงในสารละลายและให้สารละลายเข้าสู่สภาวะสมดุล วัดค่า pH ของสารละลายได้เท่ากับ 8.27 โดยสเปกตรัมการดูดกลืนแสงยังคงมีรูปร่างเช่นเดิมอยู่ เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น วัดค่า pH เท่ากับ 9.27 พบว่ารูปร่างของสเปกตรัมมีลักษณะเช่นเดิม แต่พิคที่ตำแหน่งความยาวคลื่นเท่ากับ 640 นาโนเมตร จะมีค่าลดลง และสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนจากสีน้ำเงินก็เริ่มเปลี่ยนเป็นสีม่วง และเมื่อเติมเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.03 M มีค่า pH เท่ากับ 9.86 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยเกิดพิคใหม่อย่างชัดเจนที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 541 นาโนเมตร และยังคงมีพิคเดิมอยู่เล็กน้อยที่ตำแหน่งความยาวคลื่นเท่ากับ 640 นาโนเมตร แต่มีค่าการดูดกลืนแสงลดลงและสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีชมพู เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.05-0.1M พบว่ามีค่า pH เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่า pH เท่ากับ 10.29 พบว่ารูปร่างของพิคก็ยังคงแสดงลักษณะของเฟสสีแดงและสารละลายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง และเมื่อค่า pH เท่ากับ 11.06 พบว่ารูปร่างสเปกตรัมไม่มีการเปลี่ยนแปลงและสารละลายมีสีแดงอย่างชัดเจนได้ดังรูปที่ 6

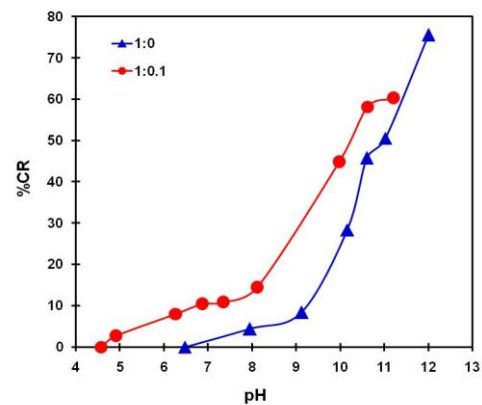


รูปที่ 7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิลของพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมจากการผสมด้วย TritonX-100 (ก) อัตราส่วน 1:0.1 (ข) อัตราส่วน 1:0.5 และ (ค) อัตราส่วน 1:5 เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

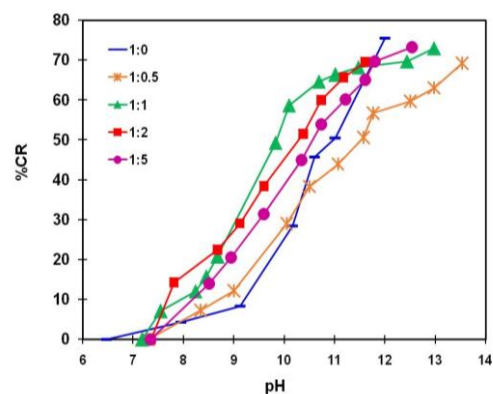
จากผลการทดลองในระบบพอลิไดอะเซพติลีนที่เตรียมด้วยการผสมกับ Tritonx-100 ในอัตราส่วน PCDA:Tritonx-100 1:0.1 1:0.5 1:5 เมื่อนำสารละลายมาวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นระหว่าง 637-643 นาโนเมตร เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเมื่อค่อย ๆ ปรับ pH ให้เพิ่มขึ้น พบว่า PCDA:Tritonx-100 ในอัตราส่วน 1:0.1 สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ค่า pH เท่ากับ 10.08 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยเกิดพีกใหม่อย่างชัดเจนที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 540 นาโนเมตร ส่วนในระบบ PCDA:Tritonx-100 ในอัตราส่วน 1:0.5 เนื่องจากสามารถเตรียมสารละลายได้เป็นสีน้ำเงินอ่อนเมื่อนำไปวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจึงปรากฏพีก เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อค่อย ๆ ปรับค่า pH ให้เพิ่มขึ้น พบว่าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ค่า pH เท่ากับ 8.75 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยเกิดพีกใหม่อย่างชัดเจนที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 540 นาโนเมตร ส่วนสารละลาย PCDA:Tritonx-100 ในอัตราส่วน 1:0.5 สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ค่า pH เท่ากับ 9.19 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยเกิดพีกใหม่ที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 539 นาโนเมตรได้ดังรูปที่ 7

เพื่อเป็นการยืนยันผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนสีของสารละลาย โดยทำการเปรียบเทียบค่าการตอบสนองด้วยการเปลี่ยนสี (%CR) ของพอลิไดอะเซพติลีนที่ผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาพลอตกราฟระหว่างค่า %CR และค่า pH ของสารละลายที่มีการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อปรับระบบให้มีค่า pH ในช่วงเบส คือ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 โดยในระบบการเตรียมพอลิไดอะเซพติลีนที่บริสุทธิ์จะมีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 6.47 เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเปลี่ยนสีเป็นสีแดงที่ pH 9 ส่วนสารละลายพอลิไดอะเซพติลีนที่ผสมกับ CTAB อัตราส่วน 1:0.1 สามารถที่เตรียมได้เป็นสารละลายสีน้ำเงินอ่อน ค่า pH เริ่มต้นของสารละลายนั้นอยู่ในช่วงกรดที่ต่ำกว่าสารพอลิไดอะเซพติลีนบริสุทธิ์คือเท่ากับ 4.57 เมื่อค่อย ๆ ปรับ pH ให้อยู่ในช่วงเบสเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ pH 9.97 และเปลี่ยนเป็นสีแดงอย่างสมบูรณ์ในช่วงค่า pH เท่ากับ 11 ตามกราฟรูปที่ 8(ก) สำหรับสารละลายพอลิไดอะเซพติลีนที่ผสมกับ SDS อัตราส่วน 1:0.5 1:1 1:2 1:5 มีค่า pH โดยกำหนดให้ค่าเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 7 ต่อมาเมื่อเราค่อย ๆ ปรับ pH

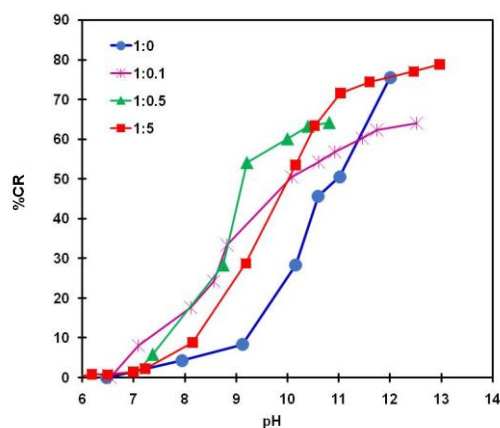
ให้อยู่ในช่วงเบส พบว่าอัตราส่วน 1:2 สารละลายเริ่มมีการเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ช่วงค่า pH เท่ากับ 9 โดยมีความใกล้เคียงกับสารละลายพอลิไดอะเซพติลีนบริสุทธิ์ ได้ตามกราฟรูปที่ 8(ข) ในขณะที่สารละลายพอลิไดอะเซพติลีนที่ผสมกับ TritonX-100 อัตราส่วน 1:0.1 1:0.5 1:5 มีค่า pH เริ่มต้นอยู่ในช่วง 6 และเมื่อค่อย ๆ ปรับ pH ให้อยู่ในช่วงเบส พบว่าสารละลายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ค่า pH ประมาณ 10 ในการศึกษาส่วนนี้พบว่าเมื่อเตรียมสารละลายพอลิไดอะเซพติลีนที่มีการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ กันนั้นสามารถตอบสนองด้วยการเปลี่ยนสีกับสารที่เบสได้ที่ค่า pH แตกต่างกัน ได้ตามกราฟรูปที่ 8(ค)



(ก) เมื่อผสมกับ CTAB อัตราส่วน 1:0.1 เมื่อปรับให้เป็นเบสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)



(ข) เมื่อผสมกับ SDS อัตราส่วน 1:0.5 1:1 1:2 และ 1:5 เมื่อปรับให้เป็นเบสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

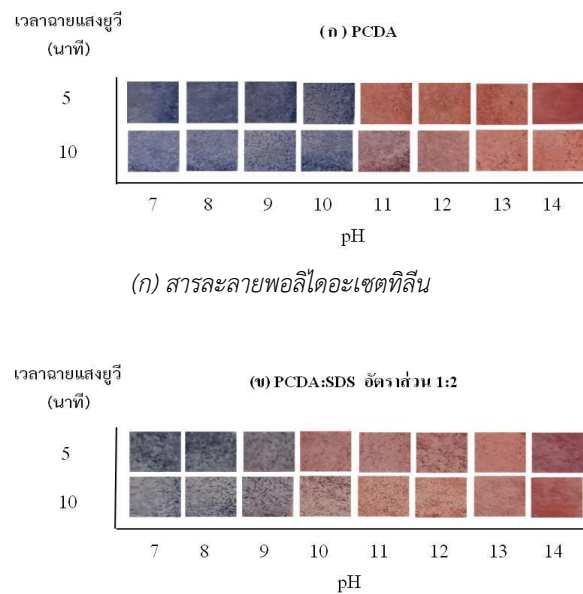


(ค) เมื่อผสมกับ TritonX-100 อัตราส่วน 1:0.1 1:0.5 และ 1:5 เมื่อปรับให้เป็นเบสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

รูปที่ 8 ผลการตอบสนองด้วยการเปลี่ยนสี (%CR) ของพอลิไดอะเซตทีลีน

4.3 การนำสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนไปขึ้นรูปบนกระดาษกรอง

จากผลการทดลองการเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่ผสมกับสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ แล้วพบว่า ในระบบของการผสมกับสารลดแรงตึงผิว SDS เตรียมสารละลายได้สีน้ำเงินเข้มและเปลี่ยนสีต่อสารละลายเบสได้ชัดเจน ดังนั้นจึงนำสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนในระบบที่มีการผสม SDS อัตราส่วน 1:2 นำมาขึ้นรูปบนกระดาษกรอง แล้วศึกษาสภาวะการเตรียมและสมบัติการเปลี่ยนด้วยการหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ pH ตั้งแต่ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 เปรียบเทียบกับกับในระบบที่เป็นสารบริสุทธิ์ โดยพบว่าในระบบสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนบริสุทธิ์ กระดาษกรองเกิดการเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นสีแดงที่ pH 11 แต่ในระบบของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่มีการเตรียมโดยผสมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด SDS ในอัตราส่วน PCDA:SDS 1:2 กระดาษกรองเกิดการเปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นสีแดงที่ pH 10 โดยตัวอย่างที่เตรียมขึ้นนี้มีการศึกษาถึงผลของเวลาในการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เป็นเวลา 5 นาที และ 10 นาทีสำหรับการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยพบว่าระยะเวลาในการฉายแสงไม่ได้มีผลต่อสมบัติการเปลี่ยนสี แต่ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความเข้มของสีของสารบนกระดาษกรองเท่านั้นได้ตามดังรูปที่ 9



(ข) สารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน:สารลดแรงตึงผิว (SDS) อัตราส่วน 1:2

รูปที่ 9 ผลการนำสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนไปขึ้นรูปบนกระดาษกรองแล้วทดสอบการเปลี่ยนสีด้วยการหยดสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลีน เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถทำให้สารละลายพอลิไดอะเซตทีลีน เกิดการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนสีของสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่ผสมสารลดแรงตึงผิวแต่ชนิดและอัตราส่วนที่เตรียมได้ จะมีการเปลี่ยนสีที่ค่า pH แตกต่างกัน เป็นผลมาจากความแข็งแรงของแรงกระทำที่เกิดขึ้นที่หมู่กรดคาร์บอกซิลิกซึ่งสารลดแรงตึงผิวต่างชนิดกันก็มีการเข้าจับที่หมู่คาร์บอกซิเลตและสร้างแรงกระทำได้ต่างกันจึงส่งผลต่อคุณสมบัติการเปลี่ยนสีเมื่อมีการปรับค่า pH จากการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่จะทำให้สารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง โดยพอลิไดอะเซตทีลีนที่เป็นสารบริสุทธิ์จะเปลี่ยนเป็นสีแดงที่ค่า pH 9 สำหรับสารละลายพอลิไดอะเซตทีลีนที่เตรียมด้วยการผสมกับสารละลาย CTAB อัตราส่วน PCDA:CTAB 1:0.1 จะเปลี่ยนสีที่ค่า pH 9.97 และ

สารละลายพอลิไดอะเซตทีลินที่เตรียมด้วยการผสมกับสารละลาย TritonX-100 ในอัตราส่วน 1:0.1, 1:0.5 และ 1:5 จะเปลี่ยนสีที่ค่า pH 10.08, 8.75 และ 9.19 ตามลำดับ และจากการนำสารละลายพอลิไดอะเซตทีลินมารูบบนกระดาษกรอง โดยผสมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด SDS ในอัตราส่วน PCDA:SDS 1:2 แล้วนำมาทดสอบการเปลี่ยนสีในช่วงเบสโดยการหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงบนกระดาษกรอง ที่ pH ตั้งแต่ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติในการเปลี่ยนสีของทั้งสองระบบ พบว่าสารละลายพอลิไดอะเซตทีลินที่มีการเตรียมโดยผสมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด SDS ในอัตราส่วน PCDA:SDS 1:2 สามารถเปลี่ยนสีได้ในช่วง pH ที่ต่ำกว่าในระบบสารละลายพอลิไดอะเซตทีลินบริสุทธิ์คือเปลี่ยนสีที่ pH 10 แต่ในระบบสารละลายพอลิไดอะเซตทีลินบริสุทธิ์กระดาษกรองเกิดการเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นสีแดงที่ pH 11

เอกสารอ้างอิง

- [1] จิตติมา คำรักษ์, “ผลของเวลาของการพอลิเมอร์ไรเซชันและการเติมพอลิเมอร์เป็นสารเติมแต่งต่อพฤติกรรมเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลินแอสแซมบลี,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนครสวรรค์* 2556.
- [2] นิภาภัทร เจริญไทย, “การควบคุมสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลินเวสสิเคิลในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ผลของโครงสร้างโมเลกุล อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และความแรงของไอออน,” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนครสวรรค์* 2554.
- [3] ชนิตา ชนันทอง, สัมฤทธิ์ วัชรสินธุ์, มงคล สุขวัฒนาสินธุ์, รักชาติ ไตรผล, “ผลของตัวเชื่อมต่อทางเคมีต่อคุณสมบัติการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลินแอสแซมบลีที่เตรียมจากไดอะมิโดไดอะเซตทีลินโมโนเมอร์,” *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, วันที่ 14 - 15 มีนาคม 2554, หน้า 185-189.
- [4] ธนัษพร พัฒนารัตน์, “การศึกษาผลของโครงสร้างของสารกระตุ้นต่อพฤติกรรมเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลินเวสสิเคิล,” *วิจัยวิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก*, 2550.
- [5] อนุพัทธ์ โพธิ์สถิตยีนง, มงคล สุขวัฒนาสินธุ์, “กลไกการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทีลินเวสสิเคิล,” *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, วันที่ 18-20 ตุลาคม 2550, หน้า 1 - 4.
- [6] P. Anupat, R. Rojrit, T. Gamolwan, S. Mongkol, “Electronic Absorption Spectroscopy Probed Side-Chain Movement in Chromic Transitions of Polydiacetylene Vesicles,” *Langmuir*, vol. 24, no. 9, pp. 4461–4463, 2008.
- [7] Y. Bora, L. Sumi, M. K. Jong, “Recent conceptual and technological advances in polydiacetylene-based supramolecular chemosensors,” *Chemical Society Reviews*, vol. 38, pp. 1958 – 1968, 2008.
- [8] J. A. Dong, L. Sumi, M. K. Jong, “Rational Design of Conjugated Polymer Supramolecules with Tunable Colorimetric Responses,” *Advanced Functional Materials*, vol. 19, pp. 1483 – 1496, 2009.
- [9] M. Schott, “The color of polydiacetylene: a commentary,” *J. Phys. Chem.*, vol. 110, pp. 15864–15868, 2006.
- [10] K. Sofiya, S. Tamar, J. Raz, “Cation-Selective Color Sensors Composed of Ionophore-Phospholipid-Polydiacetylene Mixed Vesicles,” *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 122, pp. 776 - 780, 1999.
- [11] P. Natthanon, C. Khanantong, F. Kielar, R. Traiphon and N. Traiphon. “Enhancing thermal and chemical sensitivity of polydiacetylene colorimetric sensors: The opposite effect of zinc oxide nanoparticles,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 589, pp. 1244 - 1259, 2020.
- [12] C. Xiaoqiang, K. Sunwoo, J. K. Min, K. Joohee, S. K. Youn, “Thin-Film Formation of Imidazolium-Based Conjugated Polydiacetylenes and Their Application for Sensing Anionic Surfactants,” *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 49, pp. 1422 – 1425, 2010.
- [13] Z. YuanJian, S. Chunyan, S. Dezheng, L. Yajun, L. Jinghong, “Functionalized polydiacetylene-glycolipid vesicles interacted with Escherichia coli under the TiO₂ colloid,” *Colloids and Surfaces B: Bio interfaces*, vol. 40, pp. 137 – 142, 2005.
- [14] C. Anothai, R. Rakchart, T. Nisanart, “Utilization of polydiacetylene zinc oxide nanocomposites to detect and differentiate organic bases in various media,” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 45, pp. 215 - 222, 2017.
- [15] M. J. Shin, J. D. Kim, “Reversible Chromatic Response of Polydiacetylene Derivative Vesicles in D₂O Solvent,” *Langmuir: the ACS journal of surfaces and colloids*, vol. 32, no. 3, pp. 882 - 888, 2016.
- [16] B. Yoon, “Inkjet-compatible single-component polydiacetylene precursors for thermochromic paper sensors,” *ACS applied materials & interfaces*, vol. 5, no. 11, pp. 4527 - 4535, 2013.
- [17] A. Boonmalai and T. Pattanatornchai, “Application of Polydiacetylene Reagents in Simple Flow Injection Spectrophotometric System for Determination of Lead Ions,” *Life Sciences and Environment Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 274 - 286, 2021.
- [18] C. Khanantong, N. Charoenthai, S. Wacharasindhu, M. Sukwattanasinitt, W. Yimkaew, N. Traiphon and R. Traiphon. “Achieving reversible thermochromism of bisdiynamide polydiacetylene via self-assembling in selected solvents,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 603, pp. 1252 - 1277, 2020.



นางสาวมัลลิกา ออังกำพันธ์ นักศึกษาสาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



นางสาวนภาพร รุ่งอรุณ นักศึกษาสาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏพร ศรีนพคุณ
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี ภาควิชา
วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ งานวิจัยที่
สนใจ Advanced Polymer and
Nanomaterials



ดร.ชนิตา ชนนทอง อาจารย์ประจำสาขาวิชา
เคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
งานวิจัยที่สนใจ Advanced Polymer and
Nanomaterials