บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การควบคุมลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคนาโน ZnO จากกระบวนการตกตะกอนเพื่อทำให้เกิดอนุภาคขนาดเล็กที่มีการกระจายตัวสม่ำเสมอและมีรูปร่างแบบหนึ่งมิติ (1-D) นั้นสามารถทำได้ด้วยการควบคุมตัวแปรและเลือกใช้เงื่อนไขที่เหมาะสม เช่น ชนิดของสารตั้งต้น ชนิดของตัวตกตะกอน ความเข้มข้นของตัวตกตะกอน ชนิดของสารแคป และความเข้มข้นของสารแคป เป็นต้น ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชนิดและความเข้มข้นของตัวตกตะกอนส่งผลต่อขนาดผลึกและรูปร่างของอนุภาคอย่างชัดเจน โดยขนาดผลึกของ ZnO มีแนวโน้มโตขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตัวตกตะกอนสูงขึ้นและรูปร่างของอนุภาคแบบ 1-D จะปรากฏเมื่อความเข้มข้นของตัวตกตะกอนหรือความเข้มข้นของ OH^- มีค่าสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดสปีชีส์ $Zn(OH)_4^{2-}$ ซึ่งเป็นสปีชีส์ตั้งต้นหรือนิวเคลียสของอนุภาคที่มีรูปร่างแบบแท่ง

CTAB และ TOA มีผลต่อการยับยั้งการโตของผลึกและอนุภาคอย่างชัดเจน โดยขนาดผลึกของ ZnO มีแนวโน้มเล็กลงเมื่อความเข้มข้นของ CTAB และ TOA เพิ่มขึ้น เนื่องจาก CTAB และ TOA สามารถเข้าดูดซับบนผิวของ ZnO ส่งผลให้การโตของอนุภาคหรือผลึกที่ควบคุมด้วยกระบวนการแพร่ถูกยับยั้ง นอกจากนี้ทั้ง CTAB และ TOA ที่ดูดซับบนผิวของ ZnO จะทำให้พลังงานที่ผิวลดลง ซึ่งกลไกทั้งสองนี้ทำให้กระบวนการโตของผลึกหรืออนุภาคถูกยับยั้ง ดังนั้นผลึกของ ZnO จึงมีขนาดเล็กลงเมื่อความเข้มข้นของ CTAB และ TOA เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามทั้ง CTAB และ TOA ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอนุภาค ยกเว้นกรณีที่ตกตะกอนด้วยสารละลายแอมโมเนีย อนุภาครูปแท่งจะเปลี่ยนรูปร่างเป็นอนุภาคที่มีลักษณะคล้ายดอกไม้เมื่อใช้ $Zn(CH_3COO)_2.2H_2O$ เป็นสารตั้งต้น และอนุภาคทรงกลมจะเปลี่ยนเป็นอนุภาครูปแท่งเมื่อใช้ $ZnCl_2$ เป็นสารตั้งต้นและใช้ CTAB เป็นสารแคป

จากการศึกษาผลของเวลา พบว่าเวลาสำหรับการทำปฏิกิริยาไม่ส่งผลต่อรูปร่างของอนุภาคที่เกิดขึ้น แต่ส่งผลต่อขนาดอนุภาคหรือขนาดผลึก โดยเมื่อเวลาของการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 1 ชั่วโมง เป็น 3 ชั่วโมง ขนาดผลึกมีแนวโน้มโตขึ้นในทุกๆ เงื่อนไขที่ทำการศึกษา

อนุภาคนาโน ZnO แสดงการส่องผ่านสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ในช่วงวิสิเบิลโดยมีขอบการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร นอกจากนี้อนุภาค ZnO มีขนาดช่องว่างพลังงานระหว่าง 3.173-3.228 อิเล็กตรอนโวลต์ ขึ้นกับขนาดผลึกหรือขนาดอนุภาคและปริมาณตำหนิภายในโครงสร้างของ ZnO

อนุภาคนาโน ZnO แสดงพีคการเปล่งแสงใน 2 ช่วงความยาวคลื่น คือ พีคการเปล่งแสงยูวีที่ความยาวคลื่นประมาณ 390 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันใหม่ของเอกซิตอนอิสระผ่าน

กระบวนการชนกันของเอกซิตอนกับเอกซิตอน ส่วนพีคที่สองจะปรากฏในช่วงวิสิเบิลซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของพีคย่อยหลายพีค โดยพีคที่เกิดขึ้นในช่วงวิสิเบิลเกิดจากตำหนิที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง เช่น ช่องว่างออกซิเจน

อนุภาคนาโน ZnO สามารถสลายสีย้อมเมทิลีนบลูได้มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการกระตุ้นหรือฉายแสงยูวีเป็นเวลา 90 นาที โดยความสามารถในการสลายสีย้อมของอนุภาคนาโน ZnO ขึ้นกับขนาดอนุภาคหรือขนาดผลึก ช่องว่างพลังงาน และปริมาณตำหนิภายในโครงสร้าง โดยอนุภาคนาโน ZnO ที่มีขนาดเล็กหรือช่องว่างพลังงานกว้างและมีปริมาณตำหนิในโครงสร้างน้อยสามารถสลายสีย้อมได้ดีกว่าอนุภาคนาที่มีขนาดใหญ่และมีปริมาณตำหนิภายในโครงสร้างมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการสลายสีย้อมประเภทต่างๆ ของอนุภาคนาโน ZnO เช่น Rhodamine B และ Reactive Orange เป็นต้น

2. ศึกษาการลดขนาดอนุภาค ZnO ด้วยการเจือด้วยโลหะต่างๆ เช่น แลนทานัม และแมกนีเซียม เป็นต้น พร้อมทั้งศึกษาสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโน

3. ศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของอนุภาค ZnO