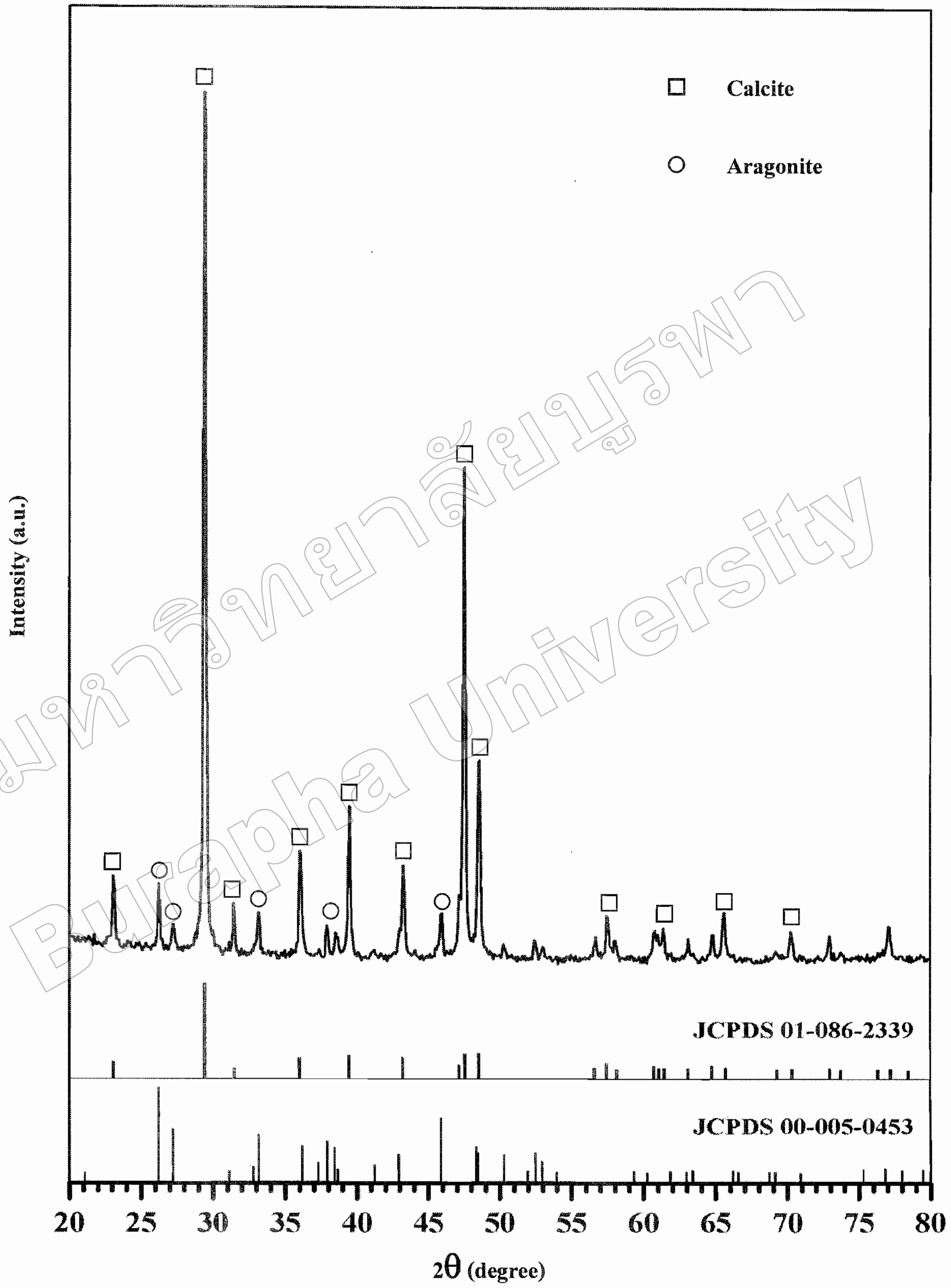
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การทดลองจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และโครงสร้าง ของเปลือกหอย

1. การศึกษาโครงสร้างลักษณะด้วยเครื่อง (X-ray diffractometer, XRD)

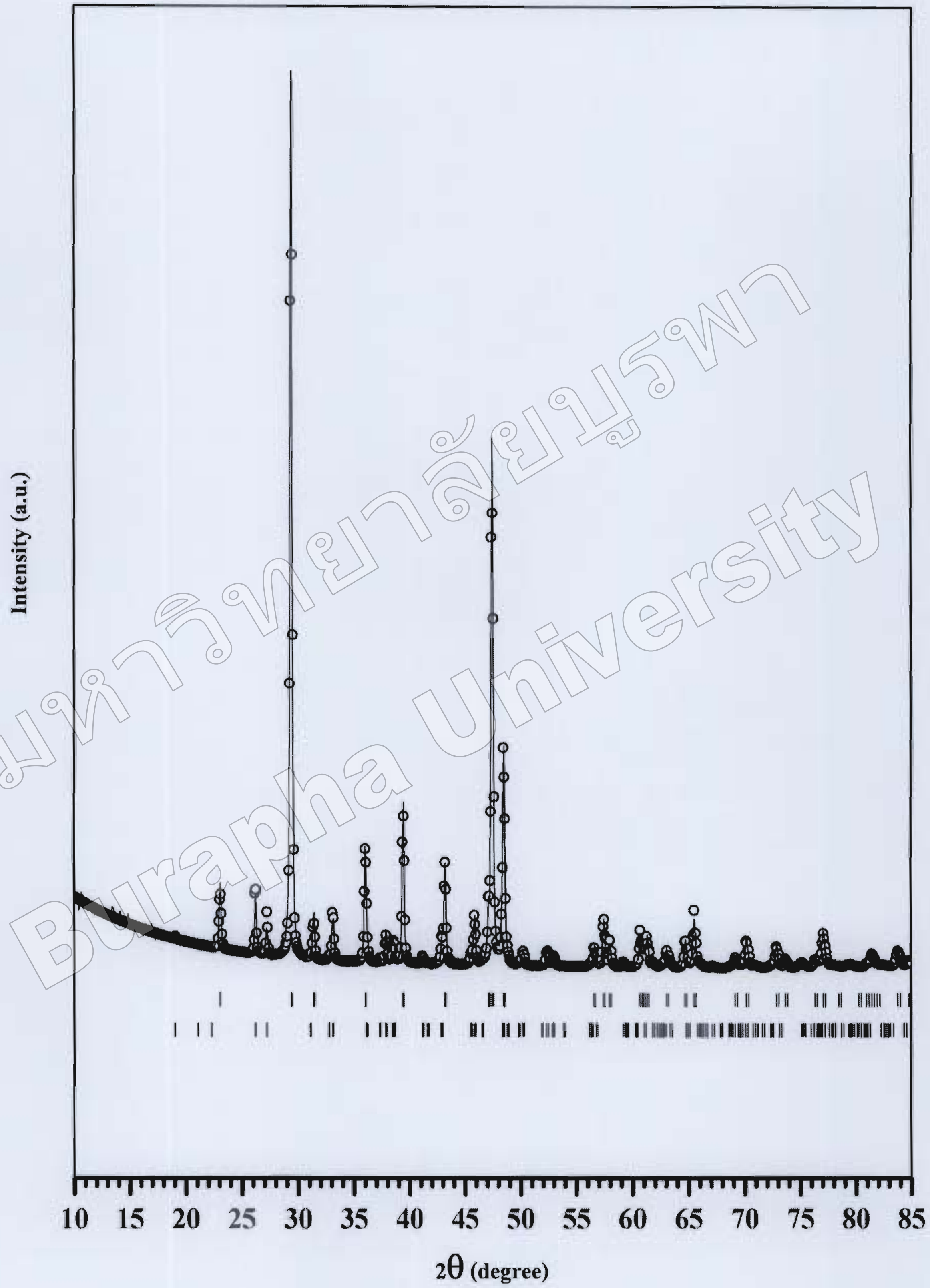
ผลของการศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ สามารถแสดงได้ดังภาพ 17 เมื่อพิจารณาลักษณะการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเชลล์ทำให้สามารถจำแนกลักษณะโครงสร้างของเปลือกหอยเชลล์ได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDs (Joint Committee on Powder Diffraction Standard) พบว่า เป็นการเลี้ยวเบนของสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) คือ เปลือกหอยเชลล์มีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก โดยเปลือกหอยเชลล์มีลักษณะโครงสร้างผลึกที่ผสมกันระหว่างแคลไซต์ (Calcite) และอาราโกไนต์ (Aragonite) ซึ่งสอดคล้องกับแฟ้มข้อมูล JCPDs หมายเลข 01-086-2339 และแฟ้มข้อมูล JCPDs หมายเลข 00-005-0453 ตามลำดับ และภาพที่ 18 แสดงให้เห็นปริมาณเฟสต่าง ๆ ของเปลือกหอยเชลล์ โดยสังเกตจากลักษณะรูปแบบของยอดแหลม (peak) ในเปลือกหอยเชลล์สามารถคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าเปลือกหอยเชลล์มีโครงสร้างผลึกที่ผสมกันระหว่างแคลไซต์และอาราโกไนต์ โดยมีผลึกแคลไซต์และมีผลึกอาราโกไนต์ 94% และ 6% ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยลายผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษาเนื่องจากมีผู้ศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในเปลือกหอยลายอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งพบว่า เปลือกหอยลายมีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในเป็นองค์ประกอบหลักเช่นกัน โดยเปลือกหอยลายมีลักษณะโครงสร้างผลึกที่เรียกว่าอาราโกไนต์ (Aragonite) สอดคล้องกับแฟ้มข้อมูล JCPDs หมายเลข 00-005-0453 ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว พบว่า เป็นผลึกอาราโกไนต์ 100 % (Pure aragonite) (Siriprom, Juntaropakorn, & Limsuwan, 2010)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาพที่ 17 รูปแบบของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในเปลือกหอยเชลล์



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

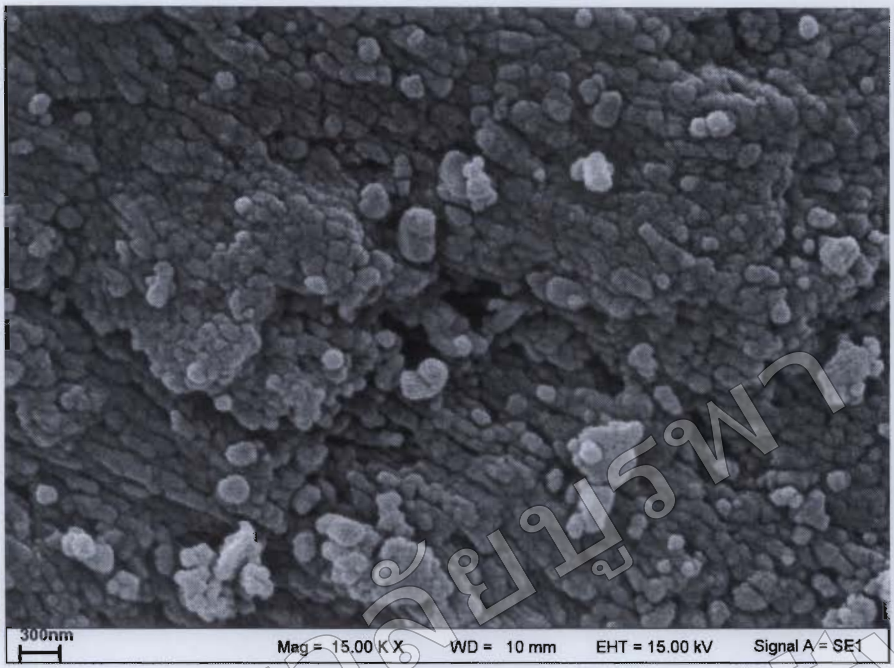
ภาพที่ 18 ปริมาณของเฟสต่าง ๆ ของเปลือกหอยเชลล์

2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยเชลล์และหอยลายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Scanning electron microscopy, SEM)

ลักษณะทางกายภาพภายในเปลือกหอยเชลล์ และเปลือกหอยลายสามารถแสดงได้ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy: SEM) โดยจากภาพที่ 19 เป็นภาพถ่ายจากตัวอย่างเปลือกหอยเชลล์ที่มีขนาดน้อยกว่า 75 ไมโครเมตร ที่กำลังขยาย 20000X แสดงให้เห็นโครงสร้างผลึกของเปลือกหอยเชลล์ที่มีรูปแบบผลึกเป็นแบบแคลไซต์ต์อย่างชัดเจน โดยแคลไซต์จะมีรูปร่างผลึกที่เป็นสี่เหลี่ยมหรือมีลักษณะเป็นแท่งหัวแหลม ๆ ยาว ๆ คล้ายฟันสุนัข และสังเกตได้ว่ามีรอยแตกแนวเรียบที่ชัดเจน และภาพที่ 20 เป็นภาพถ่ายจากตัวอย่างเปลือกหอยลายที่มีขนาดน้อยกว่า 75 ไมโครเมตร ที่กำลังขยาย 20000X แสดงให้เห็นโครงสร้างผลึกโดยมีรูปแบบผลึกเป็นแบบอาราโกไนต์อย่างชัดเจน ซึ่งมีรูปร่างผลึกที่เป็นทรงกลมซ้อนทับกัน มีการเกาะกลุ่มรวมกันเป็นรูปหินย้อย และสังเกตได้ว่าไม่มีรอยแตกแนวเรียบที่ชัดเจน

ภาพที่ 19 ภาพถ่ายผลึกภายในเปลือกหอยเชลล์ที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร

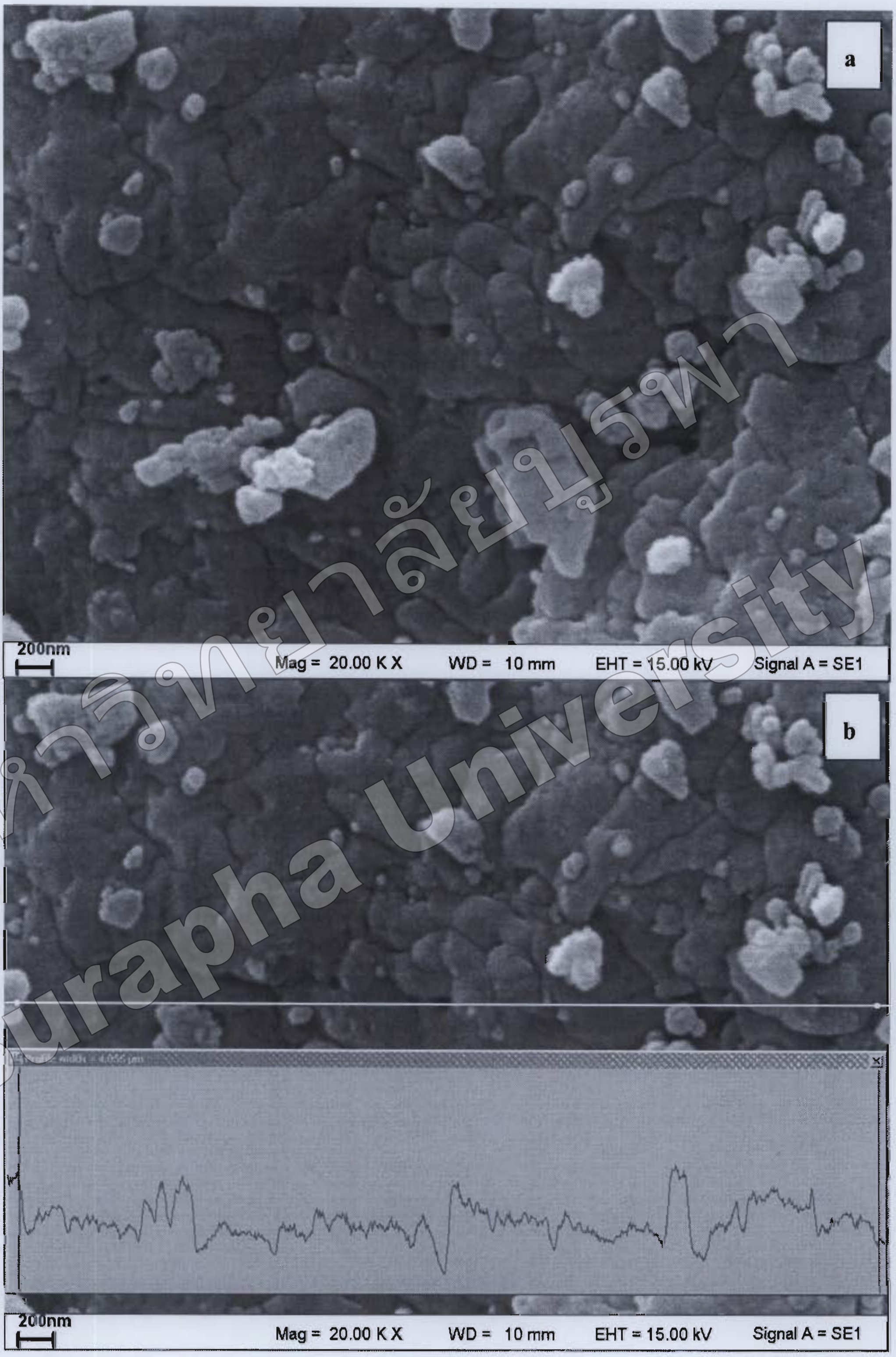
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 20 ภาพถ่ายผลึกภายในเปลือกหอยลายที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร

ลักษณะทางกายภาพด้านรูพรุนของเปลือกหอยเชลล์ และเปลือกหอยลาย สามารถแสดงได้ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy: SEM) ที่กำลังขยาย 20000X โดยมีการใช้ Line scan ร่วมกับการดูภาพถ่ายจากกล้อง SEM เพื่อดูพื้นผิว ขนาด และความลึกของรูพรุน ซึ่งจากภาพที่ 21 และ 22 เป็นภาพถ่ายจากตัวอย่างเปลือกหอยเชลล์ที่มีขนาดน้อยกว่า 75 ไมโครเมตร แสดงให้เห็นพื้นที่ผิวจำเพาะ และรูพรุนบนเปลือกหอยเชลล์และหอยลาย ซึ่งเป็นคุณสมบัติของตัวดูดซับ โดยเปลือกหอยลายมีพื้นที่ผิวค่อนข้างขรุขระ และมีจำนวนรูพรุน มากกว่าเปลือกหอยเชลล์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

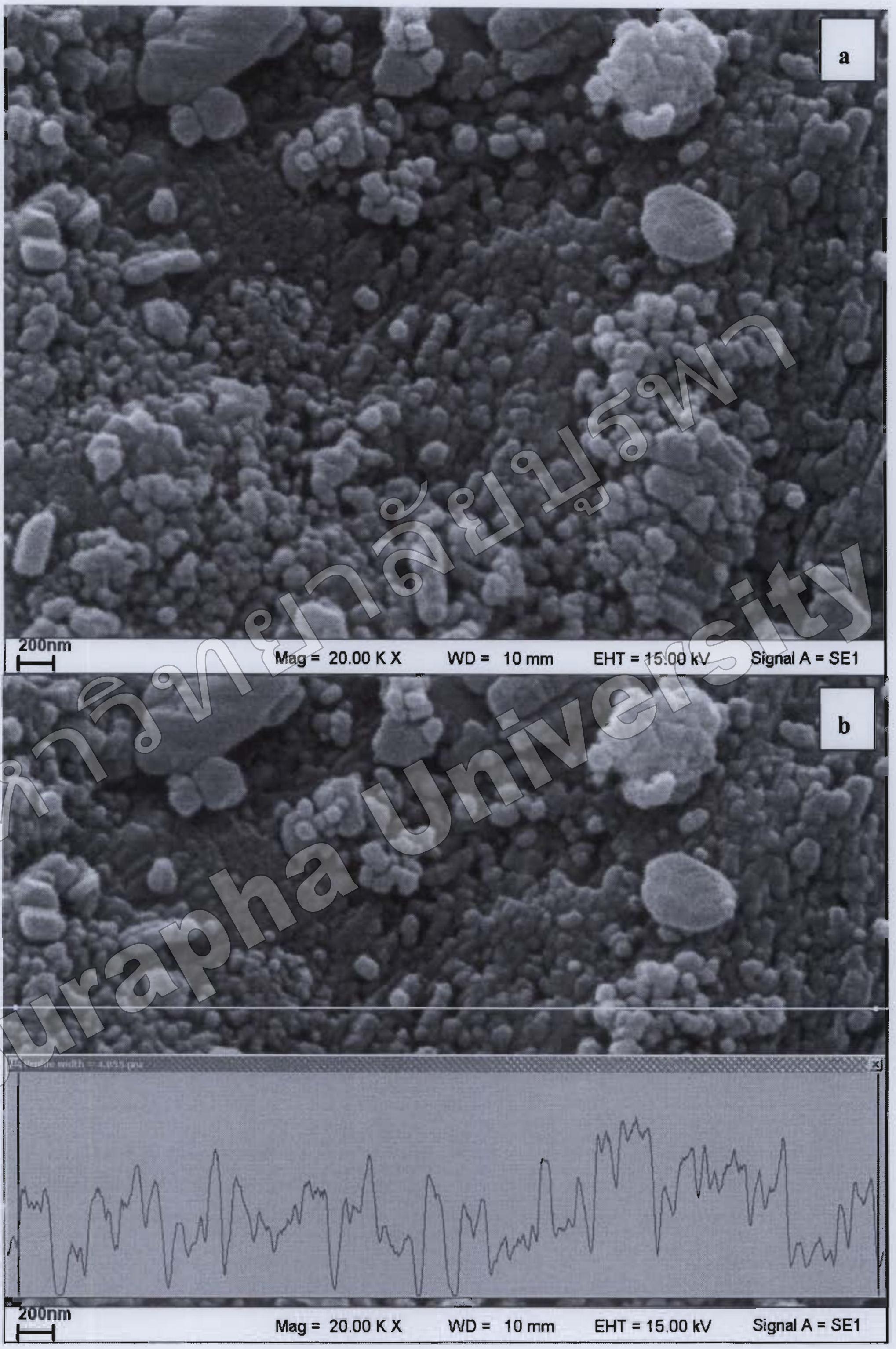


ภาพที่ 21 ภาพถ่ายรูพรุนเปลือกหอยเชลล์

a ภาพถ่ายจากกล้อง SEM

b ภาพถ่ายจากกล้อง SEM โดยมีการใช้ Line scan ร่วมกับการดูภาพถ่าย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 22 ภาพถ่ายรูพรุนเปลือกหอยลาย

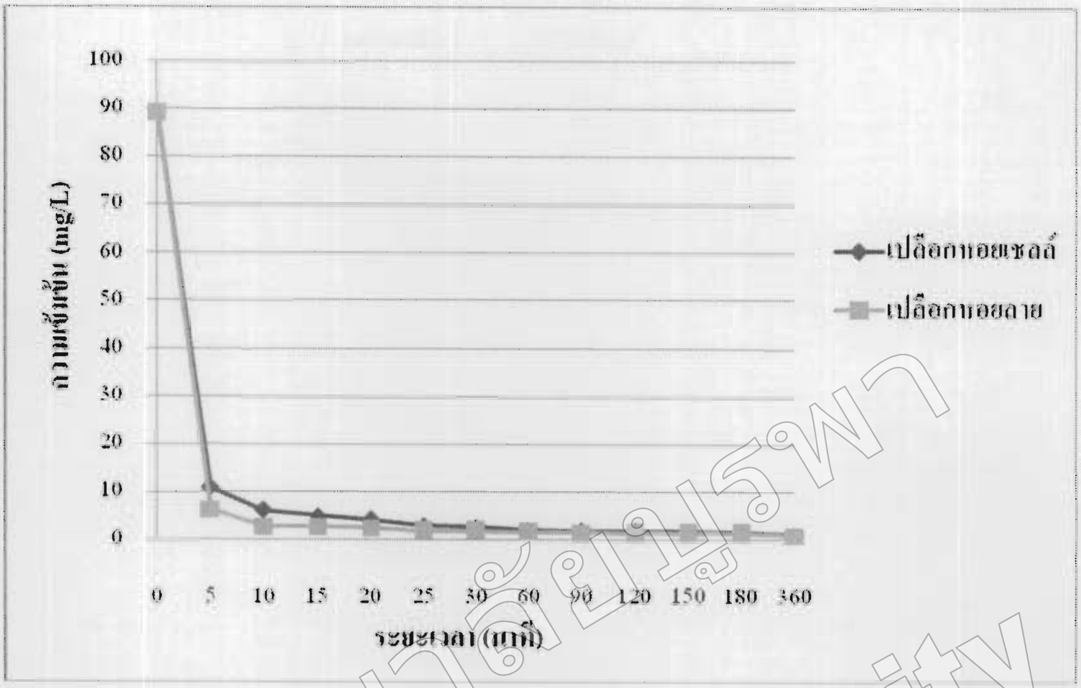
a ภาพถ่ายจากกล้อง SEM

b ภาพถ่ายจากกล้อง SEM โดยมีการใช้ Line scan ร่วมกับการดูภาพถ่าย

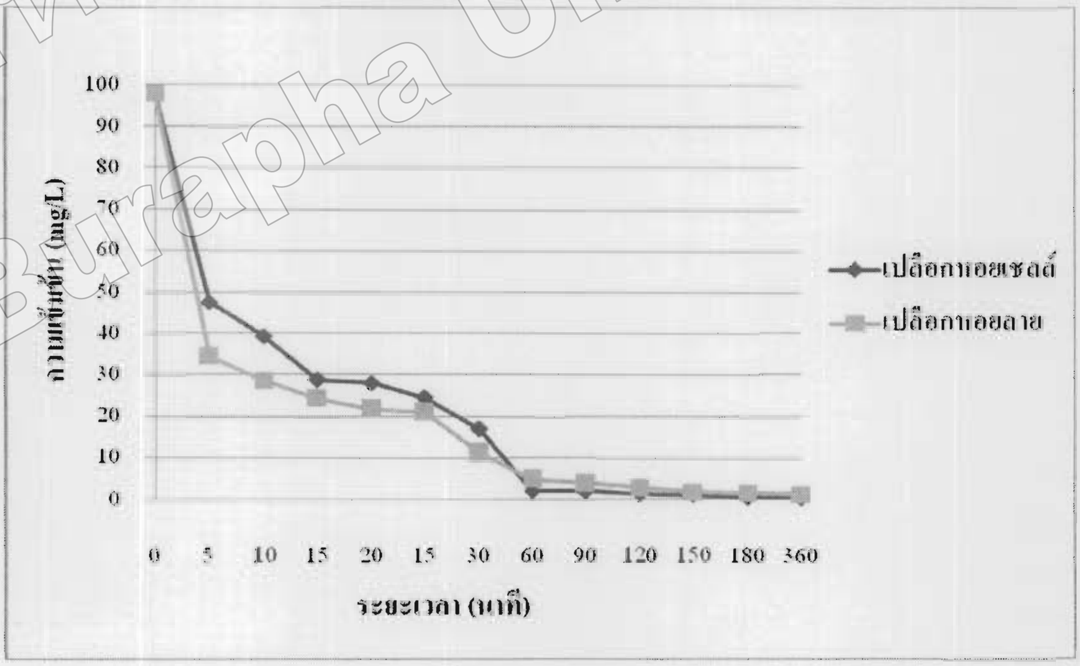
การทดลองจากการศึกษาการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเปลือกหอย

1. ระยะเวลาสมดุลในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์

จากการทดลองทำการศึกษาระยะเวลาสมดุล ในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 360 นาที ภายใต้ความเข้มข้น 100 mg/L ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ด้วยเปลือกหอยที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตรปริมาณ 1 กรัม ที่ pH 5 และเขย่า 200 รอบ/นาทีที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากผลของการดูดซับแมงกานีสด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ไม่ดีเท่าที่ควรจึงมี เพิ่มระยะเวลาในการดูดซับเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 360, 540, 720, 900 และ 1080 นาที และเพิ่มปริมาณเปลือกหอยเป็น 5 กรัม โดยภาพที่ 23 – 25 แสดงถึงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับกับความเข้มข้นของโลหะในแต่ละชนิด คือ ทองแดง สังกะสี และ แมงกานีส ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ จากภาพที่ 23 จะสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายที่ถูกดูดซับด้วยเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายจะลดลงอย่างรวดเร็วจนค่อย ๆ คงที่ที่เวลา 25 นาที และจากภาพที่ 24 พบว่าความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายที่ถูกดูดซับด้วยเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายจะค่อย ๆ ลดลงและคงที่อย่างเห็นได้ชัดที่เวลา 60 นาที ซึ่งจากกราฟจะสังเกตเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาสมดุลความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสีจะลดลงเหลือความเข้มข้น 2.01±0.06 และ 1.62±0.03 mg/L ตามลำดับ ทองแดงเหลือความเข้มข้น 2.09±0.00 และ 4.88±0.04 mg/L ตามลำดับ ส่วนในการดูดซับแมงกานีสเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ไม่สามารถดูดซับแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีเท่าที่ควร และยังเหลือความเข้มข้นของแมงกานีสในปริมาณสูงจึงไม่สามารถหาช่วงระยะเวลาสมดุลได้ แม้จะมีการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ และระยะเวลาในการดูดซับที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นหลังการดูดซับที่ระยะเวลา 1080 นาทีในการดูดซับด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ปริมาณ 1 กรัม สามารถดูดซับแมงกานีสเหลือความเข้มข้น 12.33±0.00 และ 21.33±0.14 mg/L ตามลำดับ และความเข้มข้นหลังการดูดซับที่ระยะเวลา 1080 นาทีในการดูดซับด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ปริมาณ 5 กรัม สามารถดูดซับแมงกานีสเหลือความเข้มข้น 7.11±0.11 และ 11.33±0.11 mg/L ตามลำดับ ดังภาพที่ 25 แต่ระยะเวลาสมดุลที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อ ๆ ไป ผู้วิจัยเลือกใช้ระยะเวลาที่ 90 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สามารถดูดซับซับทองแดงและสังกะสีจนสมดุลทั้ง 2 ชนิด และผู้วิจัยจะเลือกใช้ระยะเวลาในการดูดซับประมาณ 90 นาทีที่เท่ากันในการดูดซับแมงกานีสในการศึกษาวิจัยตอนต่อไปเช่นกัน

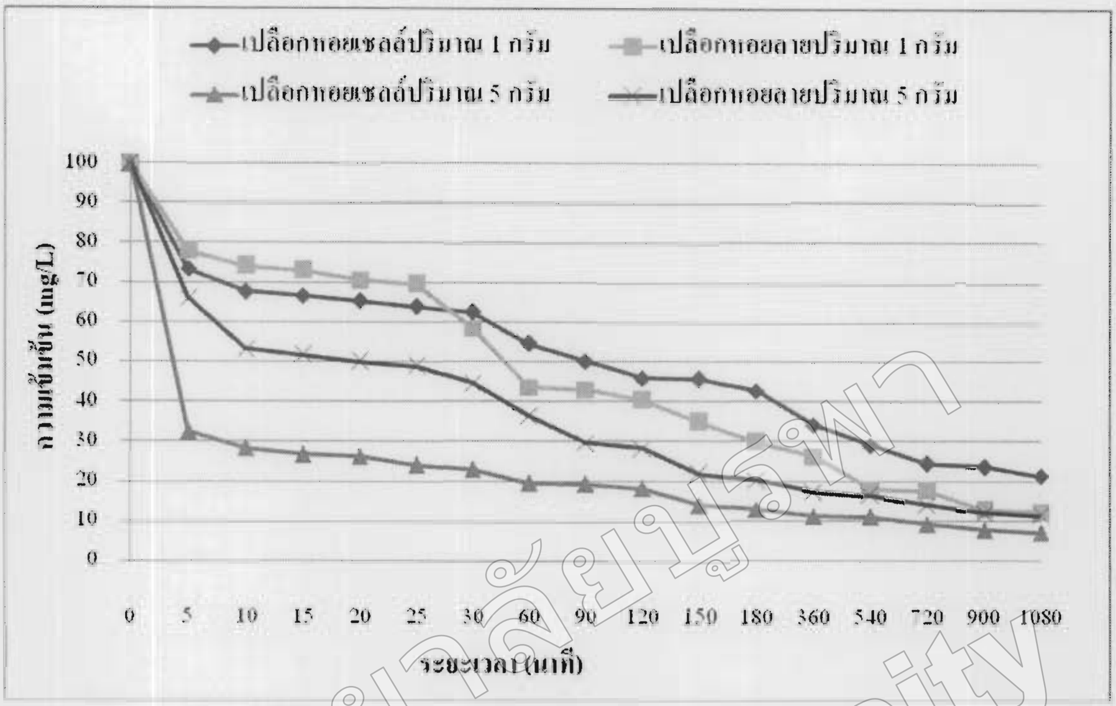


ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Zn ในน้ำเสียสังเคราะห์และระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Cu ในน้ำเสียสังเคราะห์และระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์

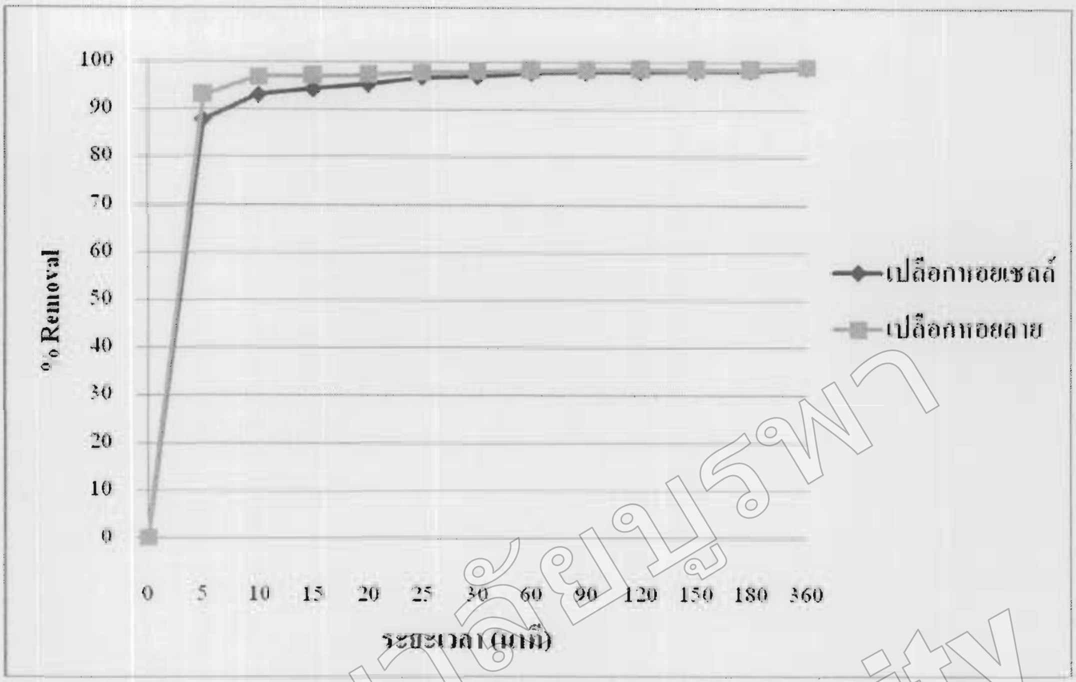
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



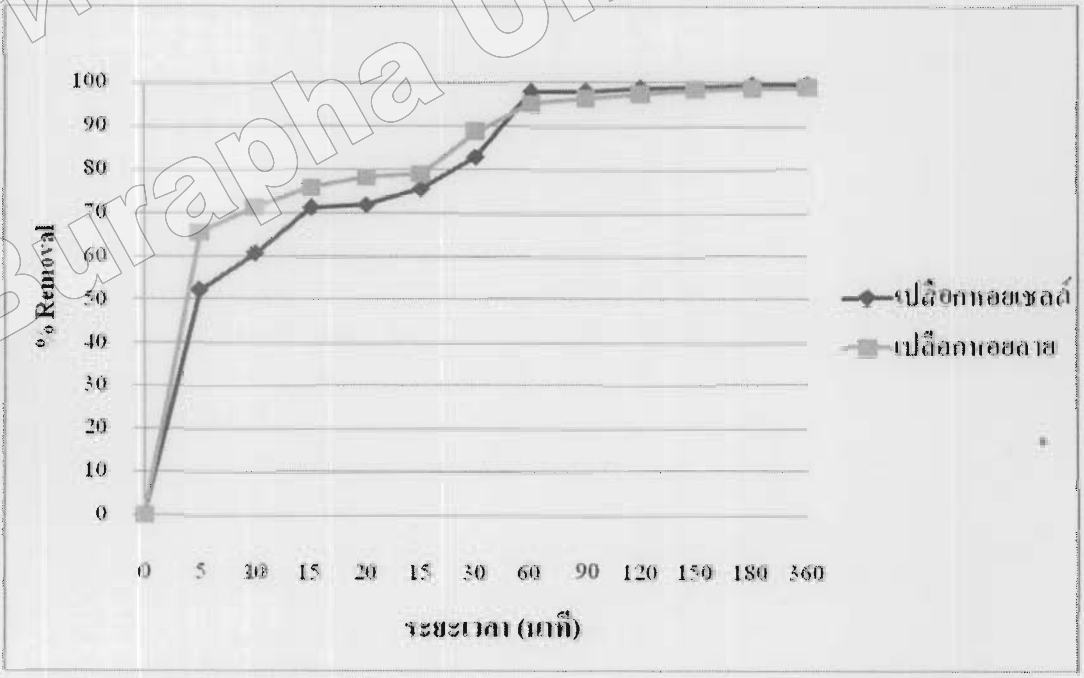
ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Mn ในน้ำเสียสังเคราะห์และระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ในปริมาณต่าง ๆ เป็นตัวดูดซับ

จากกราฟภาพที่ 26 – 28 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับกับ % Removal ของโลหะทองแดง สังกะสี และ แมงกานีส ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายเป็นตัวดูดซับ จากกราฟจะสังเกตได้ว่า % Removal ของสังกะสีและทองแดง มีค่าสูงและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนค่อยๆคงที่อย่างเห็นได้ชัดที่เวลา 25 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ และจากกราฟจะสังเกตได้ว่าสังการดูดซับสังกะสีจะมีค่า % Removal สูงที่สุด โดยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์สามารถกำจัดโลหะหนักได้สูงถึง 97.85% และ 96.76% ตามลำดับ รองลงมา คือ การดูดซับทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายสามารถกำจัดโลหะหนักได้ 97.87% และ 95.02% ตามลำดับ ส่วนในการดูดซับแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ปริมาณ 1 กรัมเป็นตัวดูดซับเป็นระยะเวลาในการดูดซับ 1080 นาที พบว่า มี % Removal ไม่สูงเท่าที่ควร คือ มีค่า % Removal แค่ 87.67% และ 78.67% ตามลำดับ จึงได้มีการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับเป็น 5 กรัม โดยที่ระยะเวลาในการดูดซับ 1080 นาที มี % Removal 88.67% และ 92.89% ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

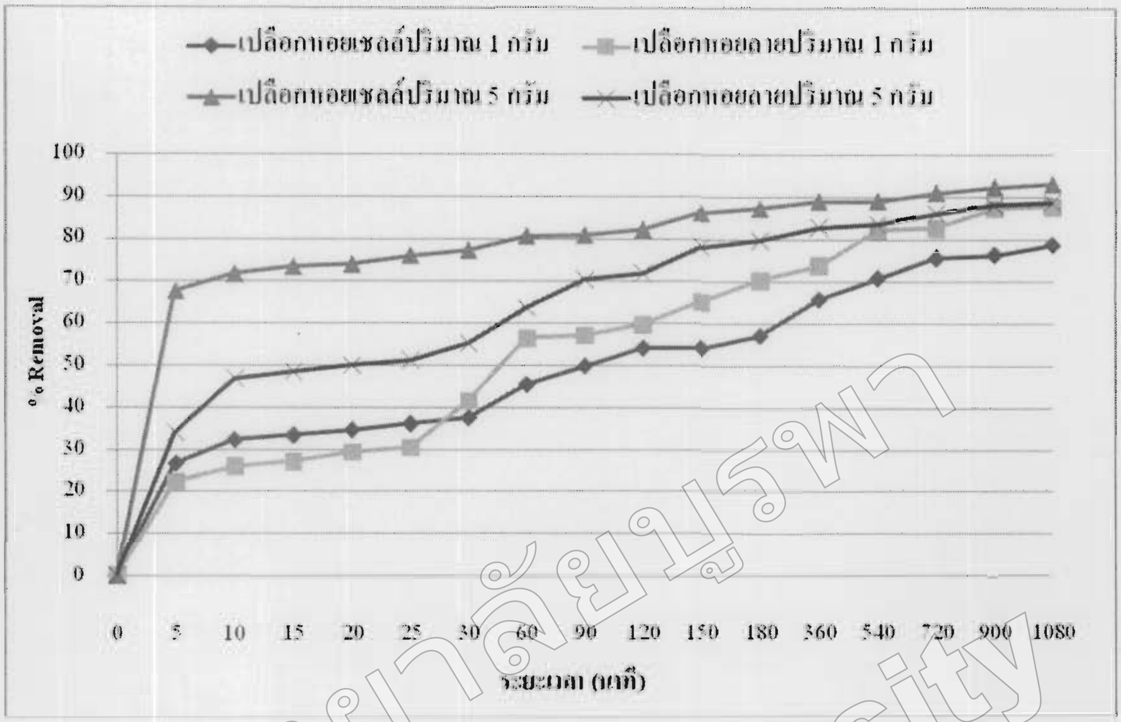


ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Zn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ



ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Cu โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Mn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์ในปริมาณต่าง ๆ เป็นตัวดูดซับ

2. ความเข้มข้นสูงสุดของทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์

จากการทดลองทำการศึกษาความเข้มข้นสูงสุดในการดูดซับทองแดง แมงกานีส และสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 mg/L ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ภายใต้ pH 5 ระยะเวลาในการดูดซับ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เปลือกหอยที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร ปริมาณ 1, 1 และ 5 กรัม ที่ใช้ในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ตามลำดับ จากตารางที่ 7 พบว่า เปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายสามารถดูดซับทองแดงและสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ให้เหลือค่าความเข้มของข้นโลหะหนักในแต่ละชนิดให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมได้ โดยเปลือกหอยเชลล์สามารถดูดซับทองแดงในน้ำเสียในช่วงความเข้มข้น 200-300 mg/L โดยเหลือความเข้มข้น 0.97±0.14 และ 1.81±0.08 mg/L ตามลำดับ และสามารถดูดซับสังกะสีในน้ำเสียในช่วงความเข้มข้น 100-200 mg/L โดยเหลือความเข้มข้น 1.84±0.09 และ 2.20±0.01 mg/L ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยลายสามารถดูดซับทองแดงในน้ำเสียในช่วงความเข้มข้น 200 mg/L โดยเหลือความเข้มข้น 1.37±0.08 mg/L และ

สามารถดูดซับสังกะสีในน้ำเสียในช่วงความเข้มข้น 100-200 mg/L โดยเหลือความเข้มข้น 1.51±0.05 และ 3.80±0.06 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ว่าความเข้มข้นของทองแดง และ สังกะสี ก่อนปล่อยทิ้งควรไม่เกิน 2 และ 5 mg/L ตามลำดับ แต่ในการดูดซับแมงกานีสเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลาย สามารถดูดซับแมงกานีสได้ในปริมาณน้อยแม้จะมีการเพิ่มปริมาณตัวซับเป็น 5 กรัม ซึ่งหลังจากการดูดซับ พบว่า ความเข้มข้นยังเหลือเกินค่ามาตรฐานอยู่ โดยเหลือความเข้มข้น 19.30±0.24 และ 29.68±0.51 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ ความเข้มข้นของแมงกานีสก่อนปล่อยทิ้งควรไม่เกิน 5 mg/L

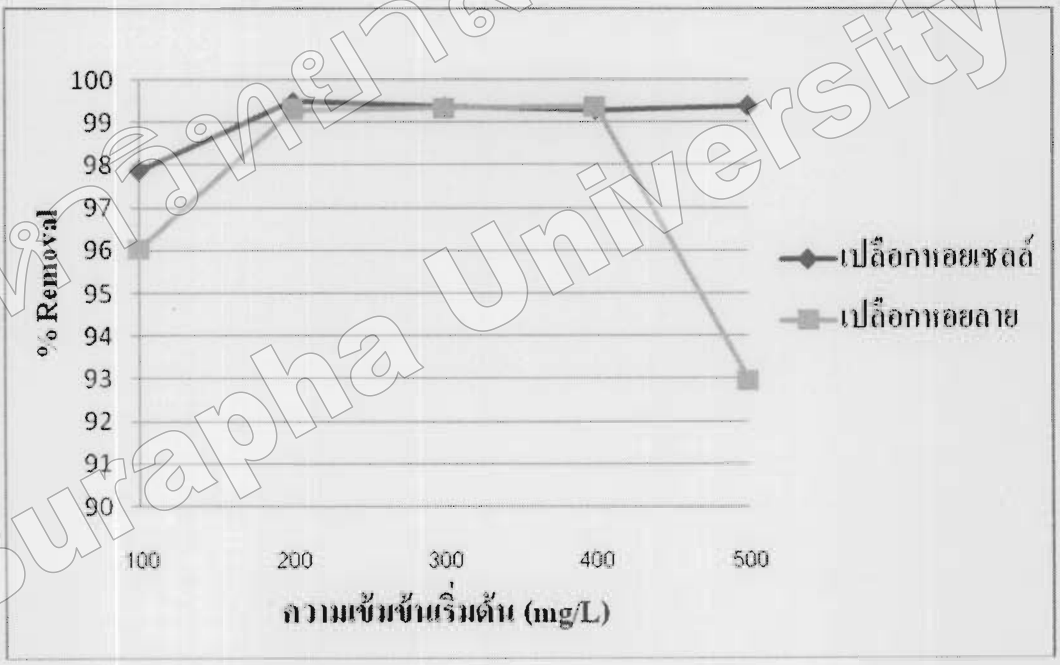
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบความเข้มข้นหลังการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ชนิดของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L)	ความเข้มข้นหลังการดูดซับ (mg/L)		ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (mg/L)
		เปลือกหอยเชลล์	เปลือกหอยลาย	
ทองแดง (Cu)	100	2.09±1.33	3.89±0.07	≤2
	200	0.97±0.14	1.37±0.08	
	300	1.81±0.08	2.02±0.03	
	400	2.74±0.06	2.41±0.09	
	500	2.94±0.03	33.42±0.18	
สังกะสี (Zn)	100	1.84±0.09	1.51±0.05	≤5
	200	2.20±0.01	3.80±0.06	
	300	5.20±0.07	5.20±0.04	
	400	8.70±0.08	6.80±0.08	
	500	16.00±0.05	10.30±0.03	
แมงกานีส (Mn)	100	19.30±0.24	29.68±0.51	≤5
	200	82.84±0.00	58.49±0.61	
	300	111.29±0.50	89.35±0.12	
	400	174.09±0.50	121.23±0.25	
	500	224.55±2.70	147.52±0.30	

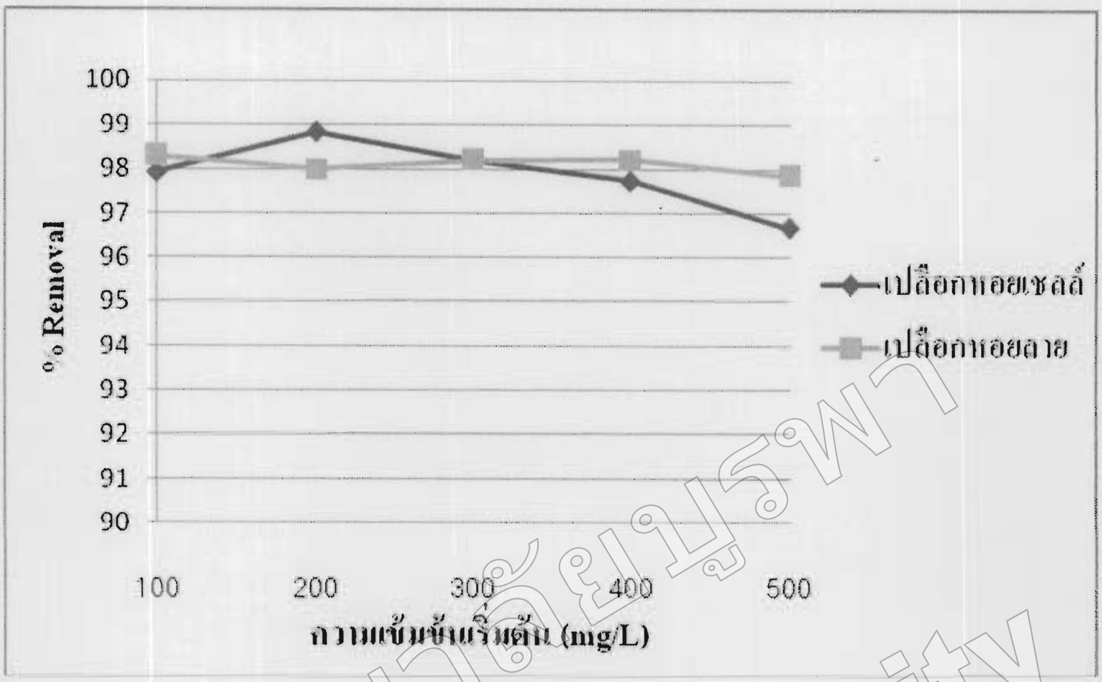
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 29 – 31 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นเริ่มต้น 100-500 mg/L ซึ่งจะสังเกตได้ชัดเจนว่า การดูดซับทองแดงและสังกะสีด้วยเปลือกหอยเชลล์และหอยลายมี % Removal ที่สูงใกล้เคียงกัน แต่ในการดูดซับแมงกานีสมี % Removal ที่ไม่สูงมากแม้จะมีการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับเป็น 5 เท่า โดยในการดูดซับทองแดงเปลือกหอยเชลล์มี % Removal มากกว่าเปลือกหอยลาย คือ 97.10%-99.51% และ 93.32%-99.40% ตามลำดับ ในการดูดซับสังกะสีเปลือกหอยเชลล์มี % Removal มากกว่าเปลือกหอยลายเช่นกัน โดยมี % Removal ประมาณ 96.67%-98.84% และ 97.85%-98.30% ตามลำดับ ส่วนในการดูดซับแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์เปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการดูดซับแมงกานีสต่ำ โดยเปลือกหอยเชลล์มี % Removal มากกว่าเปลือกหอยลาย คือ 55.38%-80.66% และ 69.79%-70.69% ตามลำดับ

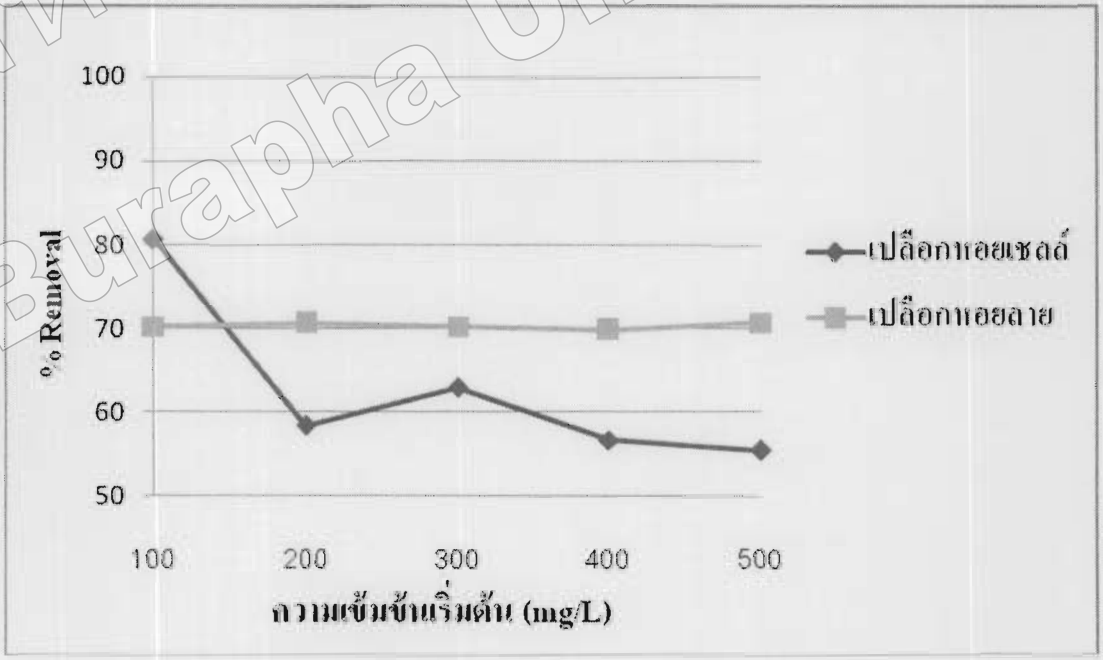


ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Cu โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



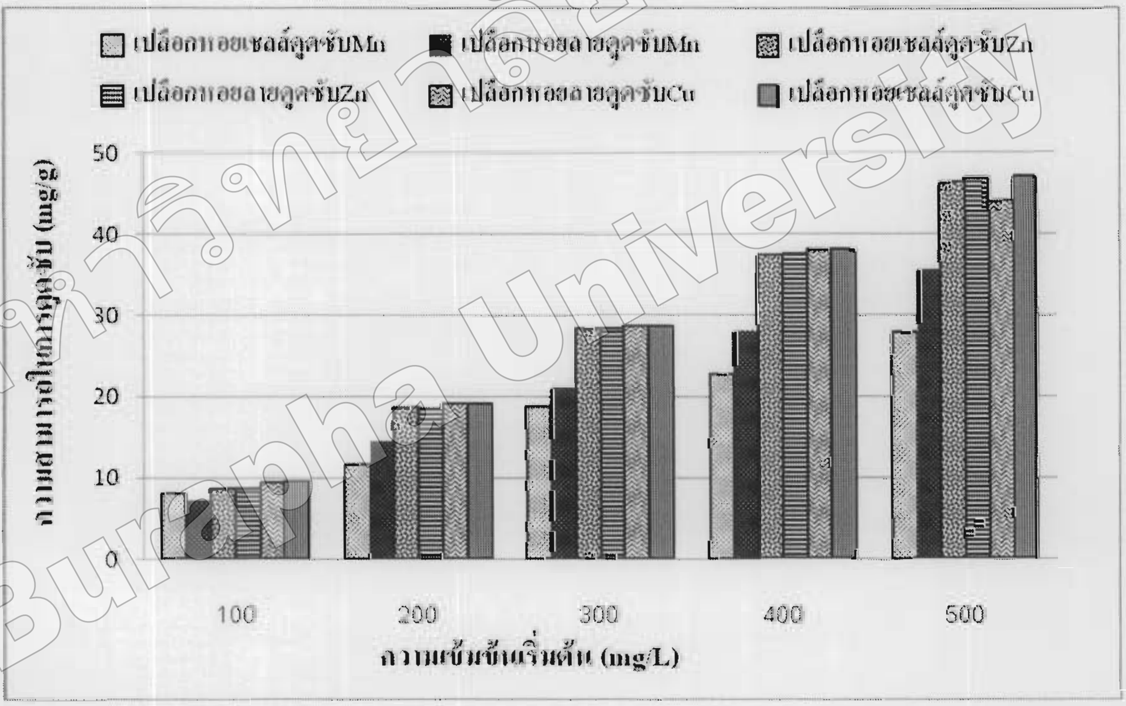
ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Zn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Mn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 32 แสดงให้เห็นความสามารถในการดูดซับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นเริ่มต้น 100-500 mg/L ซึ่งจะสังเกตได้ชัดเจนว่าเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนักในแต่ละชนิดสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับก็จะเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน โดยความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 500 mg/L การดูดซับทองแดงด้วยเปลือกหอยเชลล์มีความสามารถในการดูดซับสูงที่สุด รองลงมาเป็น การดูดซับสังกะสีด้วยเปลือกหอยลาย, การดูดซับสังกะสีด้วยเปลือกหอยเชลล์, การดูดซับทองแดงด้วยเปลือกหอยลาย, การดูดซับแมงกานีสด้วยเปลือกหอยลาย และ การดูดซับแมงกานีสด้วยเปลือกหอยเชลล์ ตามลำดับ คือ มีความสามารถในการดูดซับ 47.19, 46.97, 46.4, 44.14, 35.58 และ 27.88 mg/g ตามลำดับ



ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบระหว่างชนิดของเปลือกหอย และชนิดของโลหะหนักที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์กับปริมาณของการดูดซับโลหะหนัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3 ค่า pH ที่เหมาะสมในการดูดซับของทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยเปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์

จากการทดลองทำการศึกษา pH ที่เหมาะสม คือ 3, 5, 7, 9 และ 11 ในการดูดซับทองแดง แมงกานีส และสังกะสีออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีความเข้มข้น 500 mg/L ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการดูดซับ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ด้วยเปลือกหอยที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร ปริมาณ 1, 1 และ 5 กรัม ในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ตามลำดับ จากตารางที่ 8 พบว่า ค่า pH มีผลต่อการดูดซับทองแดง สังกะสีและแมงกานีสออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยพบว่า ค่า pH 9 มีความเหมาะสมในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีสออกจากน้ำเสียสังเคราะห์มากที่สุด รองลงมาเป็น ค่า pH 11, 7, 5 และ 3 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดง สังกะสี และแมงกานีสที่มีค่า pH 7 เริ่มมีการตกตะกอนขึ้น และที่ค่า pH 9 และ 11 มีการเกิดตะกอนในน้ำเสียสังเคราะห์อย่างเห็นได้ชัดเจน ดังภาพที่ 33 โดยเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายสามารถดูดซับทองแดงและสังกะสีที่มีความเข้มข้น 500 mg/L ที่ pH 7, 9 และ 11 ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีค่าความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมได้ คือมีความเข้มข้นไม่เกิน 2 และ 5 mg/L ตามลำดับ โดยเปลือกหอยเชลล์สามารถดูดซับทองแดงให้เหลือความเข้มข้น 1.36±0.34, 0.00±0.58 และ 0.19±0.34 mg/L ตามลำดับ และสามารถดูดซับสังกะสีให้เหลือความเข้มข้น 1.93±0.06, 0.19±0.01 และ 0.87±0.01 mg/L ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยลายสามารถดูดซับทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ pH 9 และ 11 ให้เหลือความเข้มข้น 0.58±0.00 และ 0.58±0.00 mg/L ตามลำดับ และสามารถดูดซับสังกะสีให้เหลือความเข้มข้น 1.65±0.10, 0.13±0.00 และ 0.96±0.01 mg/L ตามลำดับ แต่ในการดูดซับแมงกานีสเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายสามารถดูดซับแมงกานีสได้ในปริมาณน้อยแม้จะมีการเพิ่มปริมาณตัวซับเป็น 5 กรัม ซึ่งหลังจากการดูดซับ พบว่า ความเข้มข้นยังเหลือเกินค่ามาตรฐานอยู่ โดยที่ pH 9 สามารถดูดซับแมงกานีสได้ในปริมาณมากที่สุด เหลือความเข้มข้น 17.52±0.10 และ 26.31±0.06 mg/L ตามลำดับ ซึ่งยังคงมีความเข้มข้นสูงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ว่าความเข้มข้นของแมงกานีสก่อนปล่อยทิ้งควรไม่เกิน 5 mg/L แต่ในน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ค่า pH 11 ไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของแมงกานีสหลังจากการดูดซับด้วยเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายได้ เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มีค่าติดลบจึงไม่สามารถนำมาคำนวณความเข้มข้นได้ ซึ่งเกิดมาจากขั้นตอนการปรับ pH ในน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ pH 11 มีการใช้ NaOH ในการปรับค่า PH ในปริมาณมาก ซึ่งปริมาณของ NaOH นี้มีผลต่อการบดบังการดูดกลืนแสง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 33 การตกตะกอนของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า pH ต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

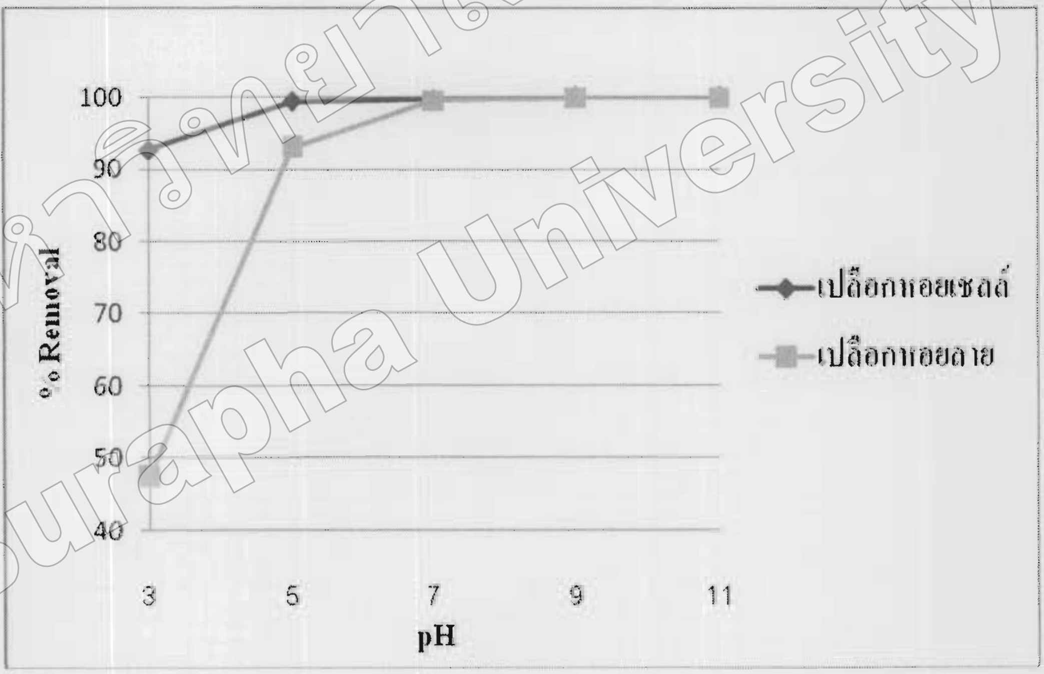
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบความเข้มข้นหลังการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ที่ค่า pH ต่าง ๆ และค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

ชนิดของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์	ค่า pH	ความเข้มข้นหลังการดูดซับ (mg/L)		ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (mg/L)
		เปลือกหอยเชลล์	เปลือกหอยลาย	
ทองแดง (Cu)	3	34.55±0.34	249.56±0.67	≤2
	5	2.94±0.03	33.42±0.18	
	7	1.36±0.34	2.53±0.34	
	9	0.00±0.58	0.58±0.00	
	11	0.19±0.34	0.58±0.00	
สังกะสี (Zn)	3	287.25±0.00	68.81±0.00	≤5
	5	16.00±0.05	10.30±0.03	
	7	1.93±0.06	1.65±0.10	
	9	0.19±0.01	0.13±0.00	
	11	0.87±0.01	0.96±0.01	
แมงกานีส (Mn)	3	324.18±1.1	322.17±0.75	≤5
	5	224.55±2.7	147.52±0.30	
	7	227.26±0.40	166.05±0.15	
	9	17.52±0.10	26.31±0.06	
	11	N.D.	N.D.	

หมายเหตุ N.D. = not detectable

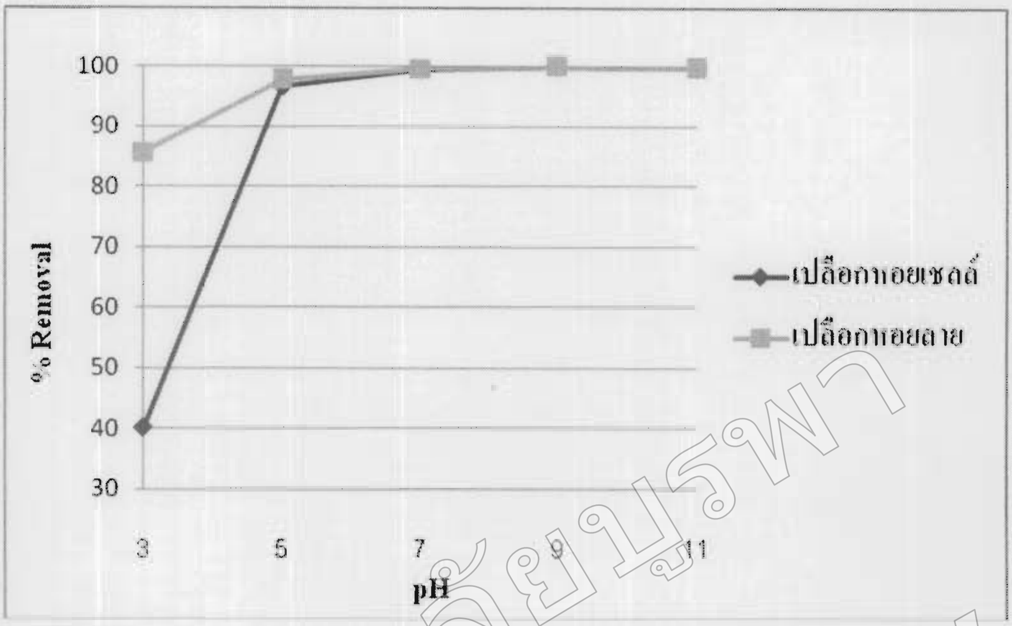
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 34 – 36 แสดงให้เห็น % Removal ในการดูดซับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 500 mg/L ในช่วงค่า pH 3, 5, 7, 9 และ 11 ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ค่า pH 9 มี % Removal ในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีสออกจากน้ำเสียสังเคราะห์สูงที่สุด รองลงมาเป็น ค่า pH 11, 7, 5 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งในการดูดซับทองแดงด้วยเปลือกหอยเชลล์มี % Removal มากกว่าเปลือกหอยลายคือ 92.72%-100.00% และ 47.44%-99.89% ตามลำดับ ในการดูดซับสังกะสีเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีมากกว่าเปลือกหอยเชลล์ โดย % Removal ประมาณ 85.66%-99.97% และ 40.15%-99.96% ตามลำดับ ส่วนในการดูดซับแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์เปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการดูดซับแมงกานีสที่ต่ำ โดยเปลือกหอยลายมี % Removal มากกว่าเปลือกหอยเชลล์ คือ 35.99%-96.52% และ 35.59%-94.77% ตามลำดับ

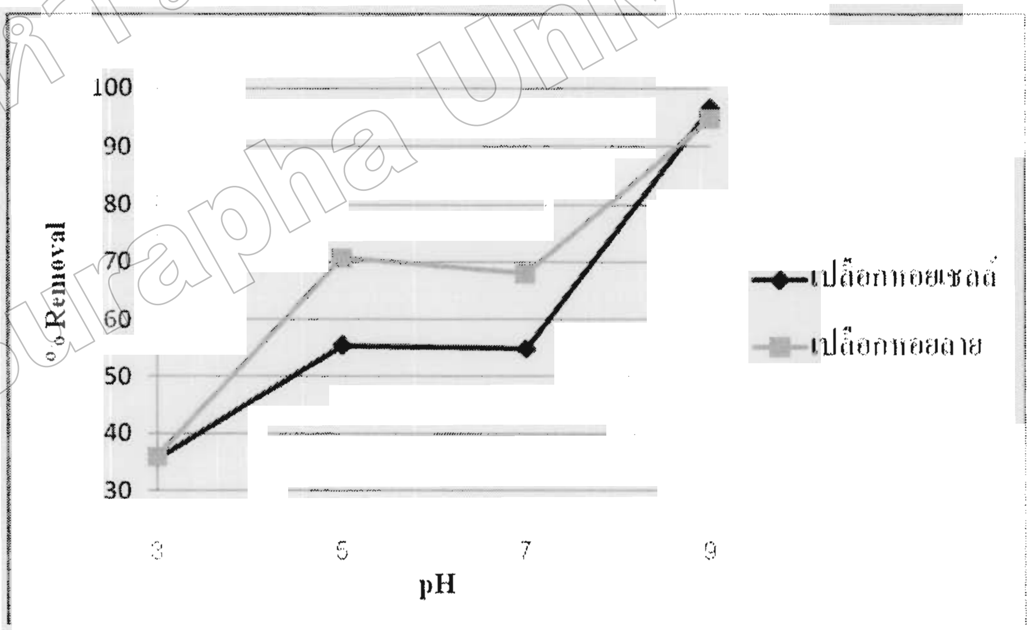


ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Cu โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Zn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

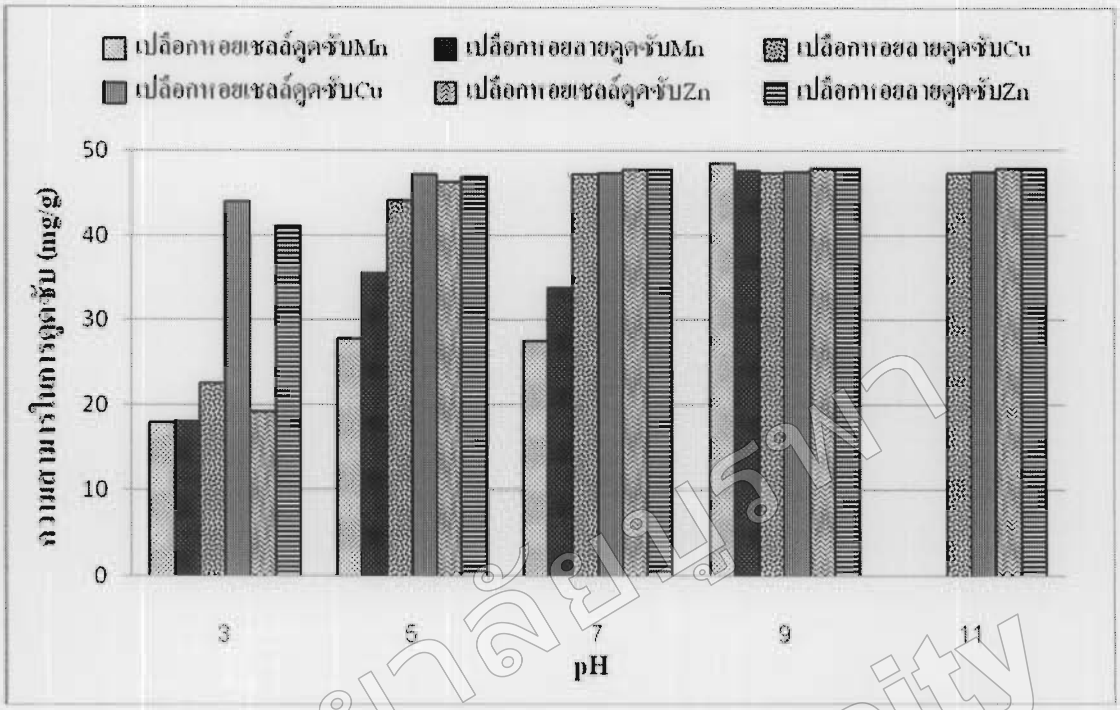


ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่ใช้ในการดูดซับกับ %Removal ของโลหะหนัก Mn โดยใช้เปลือกหอยลายและเปลือกหอยเชลล์เป็นตัวดูดซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 37 แสดงให้เห็นความสามารถในการดูดซับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 500 mg/L ที่มีค่า pH 3, 5, 7, 9 และ 11 จากภาพพบว่าการใช้เปลือกหอยเชลล์ในการดูดซับทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ และการใช้เปลือกหอยลายในการดูดซับสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่า pH ไม่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ เนื่องจากสารละลายโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่า pH 3, 5, 7, 9 และ 11 มีความสามารถในการดูดซับไม่แตกต่างกันมาก ส่วนในการใช้เปลือกหอยเชลล์ในการดูดซับสังกะสีและแมงกานีสในน้ำเสียสังเคราะห์ และในการใช้เปลือกหอยลายในการดูดซับทองแดงและสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า ค่า pH 3, 5, 7, 9 และ 11 ในน้ำเสียสังเคราะห์ มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักโดยจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนในน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีส ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และนอกจากนี้จะสังเกตได้ชัดเจนว่าน้ำเสียสังเคราะห์ของโลหะหนักทองแดง สังกะสี และแมงกานีสที่มีค่า pH เป็นเบสจะมีความสามารถในการดูดซับสูงที่สุด รองลงมาเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า pH เป็นกลาง และเป็นกรดตามลำดับ โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ pH 9 มีความสามารถในการดูดซับทองแดง สังกะสี และแมงกานีสออกจากน้ำเสียสังเคราะห์สูงที่สุด รองลงมา คือ ค่า pH 11, 7, 5 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียสังเคราะห์ที่ pH 9 การดูดซับแมงกานีสด้วยเปลือกหอยเชลล์มีความสามารถในการดูดซับสูงที่สุด รองลงมาเป็นการดูดซับสังกะสีด้วยเปลือกหอยลาย, การดูดซับสังกะสีด้วยเปลือกหอยเชลล์, การดูดซับแมงกานีสด้วยเปลือกหอยลาย, การดูดซับทองแดงด้วยเปลือกหอยเชลล์ และการดูดซับทองแดงด้วยเปลือกหอยลาย ตามลำดับ คือมีความสามารถในการดูดซับ 48.58, 47.99, 47.98, 47.7, 47.48 และ 47.42 mg/g ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 37 การเปรียบเทียบระหว่างชนิดของเปลือกหอย และชนิดของโลหะหนักในน้ำเสีย สังเคราะห์ที่มีค่า pH ต่าง ๆ กับปริมาณของการดูดซับ โลหะหนัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University