

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ผลการวิเคราะห์

##### 4.1 ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน

ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน โดยใช้ไคโตแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 5 และ 6 โดยที่หลอดทดลอง ทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาทีได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.1

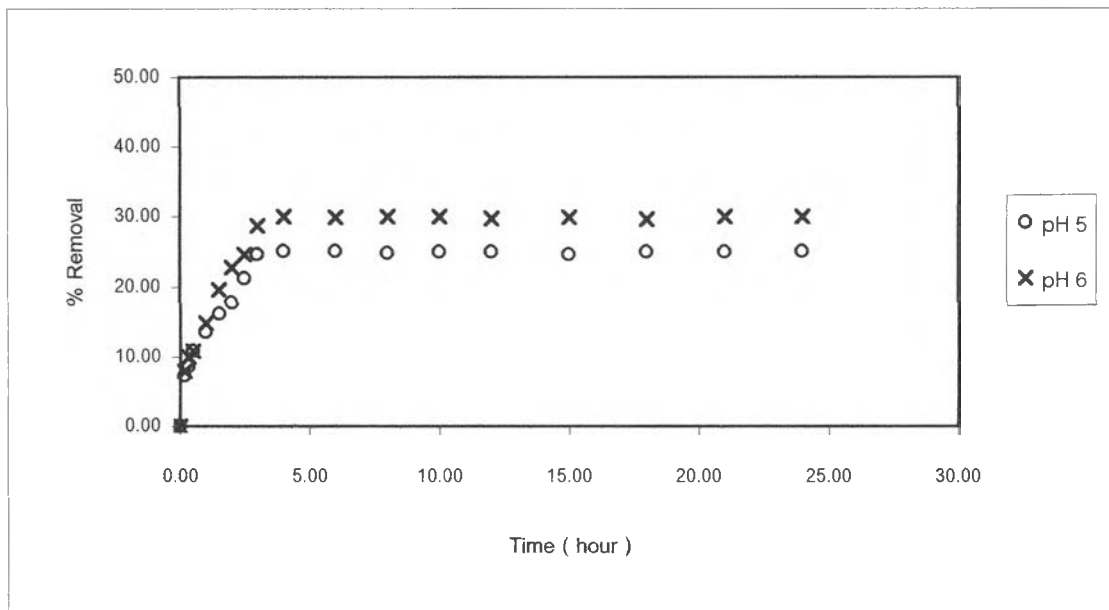
เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่า พีเอชที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมมากนัก โดยปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 ชั่วโมงแรก และมีค่าคงที่ภายหลังจาก 4 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเลือกเวลาสัมพัทธ์ที่ 4 ชั่วโมงในการทดลองในหัวข้อต่อไป

##### 4.2 ผลการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน

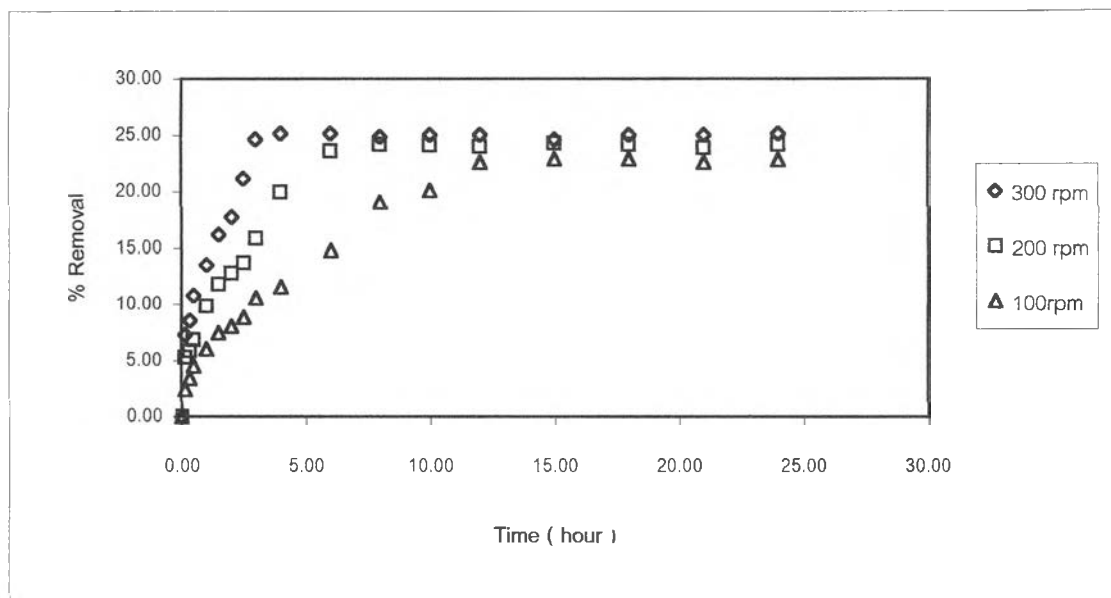
ผลการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน โดยใช้ไคโตแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 5 โดยที่หลอดทดลองทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 100, 200 และ 300 รอบต่อนาทีได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบที่ต่างกันมีผลต่อเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับ เมื่อใช้ความเร็วรอบในการเขย่า 100 รอบต่อนาที ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 ชั่วโมงแรก และมีค่าคงที่ภายหลังจาก 15 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบในการเขย่า 200 รอบต่อนาที ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 8 ชั่วโมงแรก และมีค่าคงที่ภายหลังจาก 8 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบในการเขย่า 300 รอบต่อนาที ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 ชั่วโมงแรก และมีค่าคงที่ภายหลังจาก 4 ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่าเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนลดลงเมื่อความเร็วรอบในการเขย่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความปั่นป่วนที่เกิดจากการเขย่ามีผลต่อความหนาของฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบไคโตแซน เมื่อความเร็วรอบในการเขย่าต่ำความหนาของฟิล์ม



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 5 และ 6 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 5 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 100, 200 และ 300 รอบต่อนาที

น้ำจะหนาซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของตะกั่วเข้าไปหาโคโดแซน ทำให้ใช้เวลานานในการเข้าสู่สมดุขยของการดูดซับ ในขณะที่ความเร็วยรอบในการเขย่าสูงน้ำไม่อาจสะสมตัวเป็นฟิล์มหนาเป็นผลให้ตะกั่วสามารถเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าไปหาโคโดแซนได้รวดเร็วกวา เวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สมดุขยของการดูดซับเร็วกว่าการเขย่าที่ความเร็วยรอบต่ำ ดังนั้นจึงเลือกความเร็วยรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาทีในการทดลองหัวข้อต่อไป

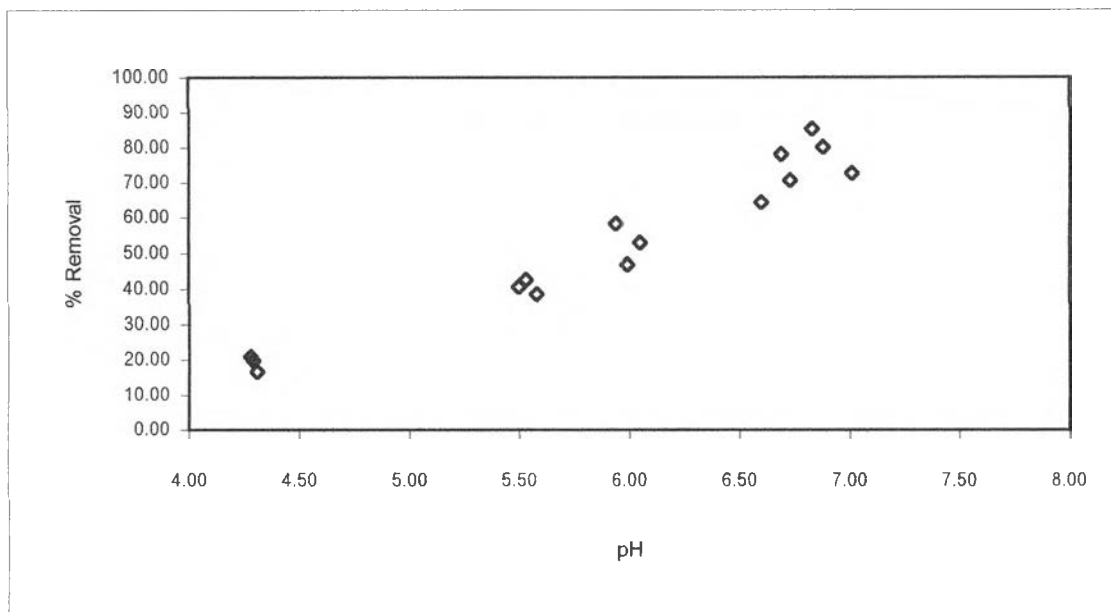
### 4.3 ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยโคโดแซน

ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยโคโดแซน โดยใช้โคโดแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1, 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยที่ทดลองทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.3 - 4.12

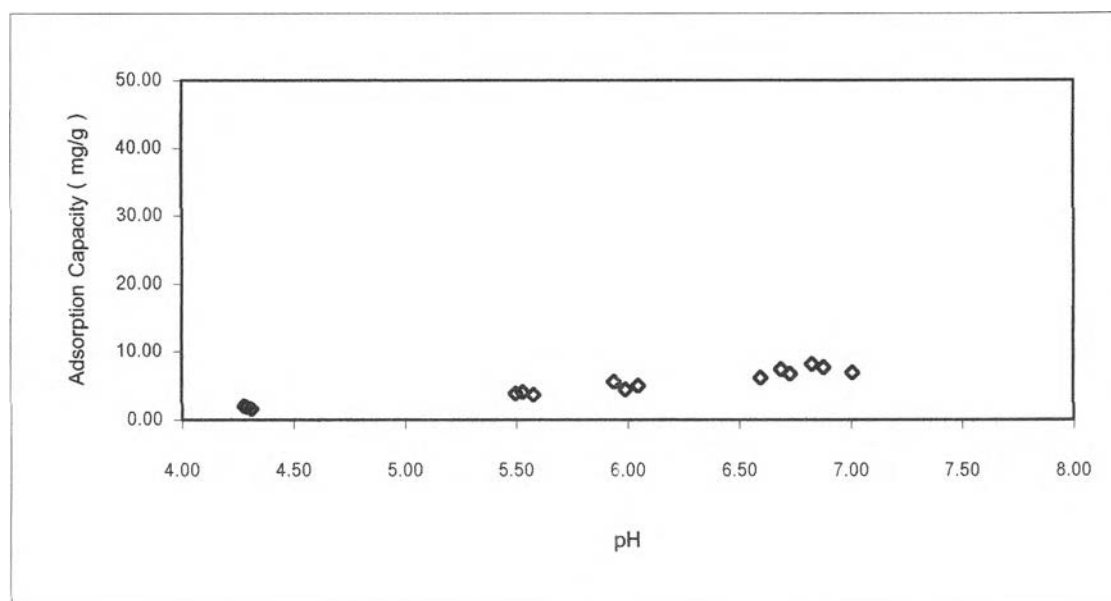
ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5 และ 6 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.98, 5.78 และ 6.07 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 12.60, 24.10 และ 29.30 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 12.60, 24.10 และ 29.30 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโดแซนตามลำดับ ในขณะที่พีเอชเริ่มต้นที่ 7 และ 8 ไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้เนื่องจากมีการตกตะกอนของตะกั่วหลังทำการทดลอง

ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.74, 5.76, 6.11 และ 6.35 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 15.60, 32.80, 38.80 และ 42.00 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 7.80, 16.40, 19.40 และ 21.00 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโดแซนตามลำดับ ในขณะที่พีเอชเริ่มต้นที่ 8 ไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้เนื่องจากมีการตกตะกอนของตะกั่วหลังทำการทดลอง

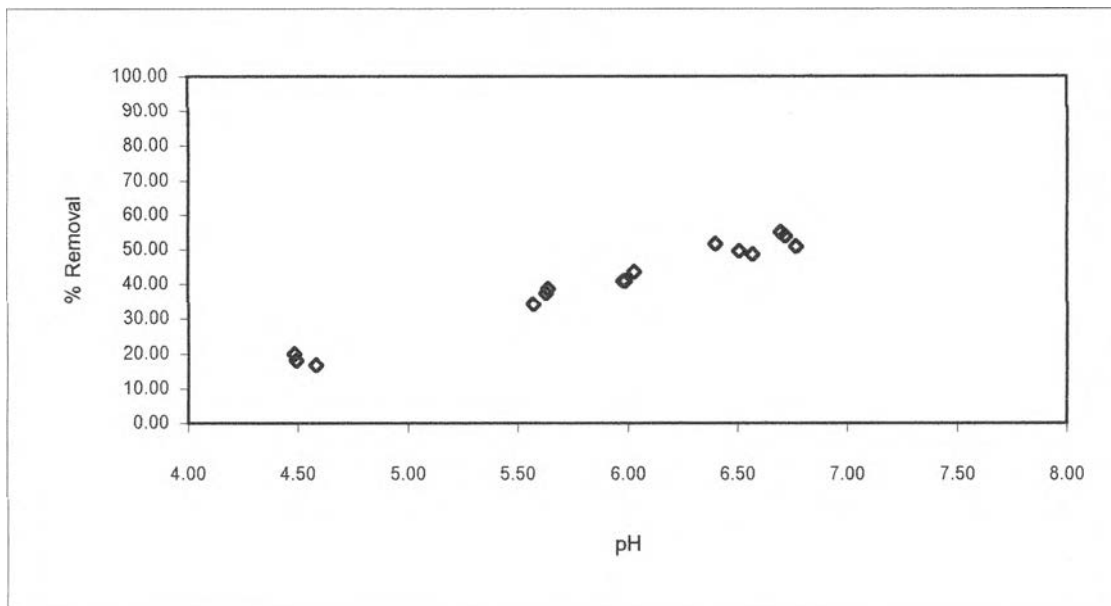
ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.52, 5.61, 6.00, 6.49 และ 6.73 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 18.39, 36.77, 41.94, 50.00 และ 53.23 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 5.70, 11.40, 13.00, 15.50 และ 16.50 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโดแซนตามลำดับ



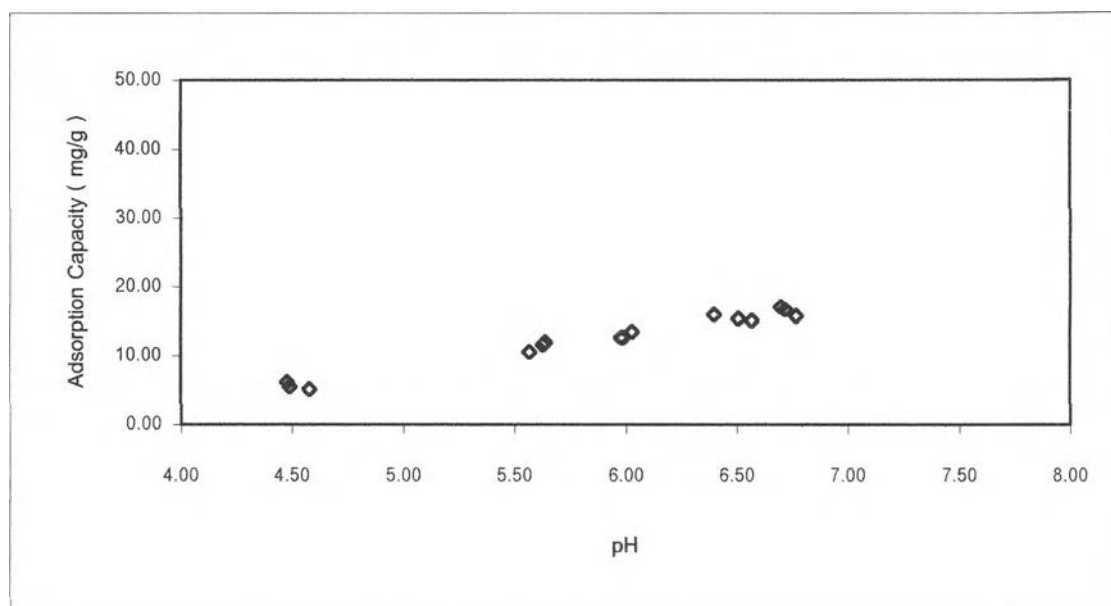
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



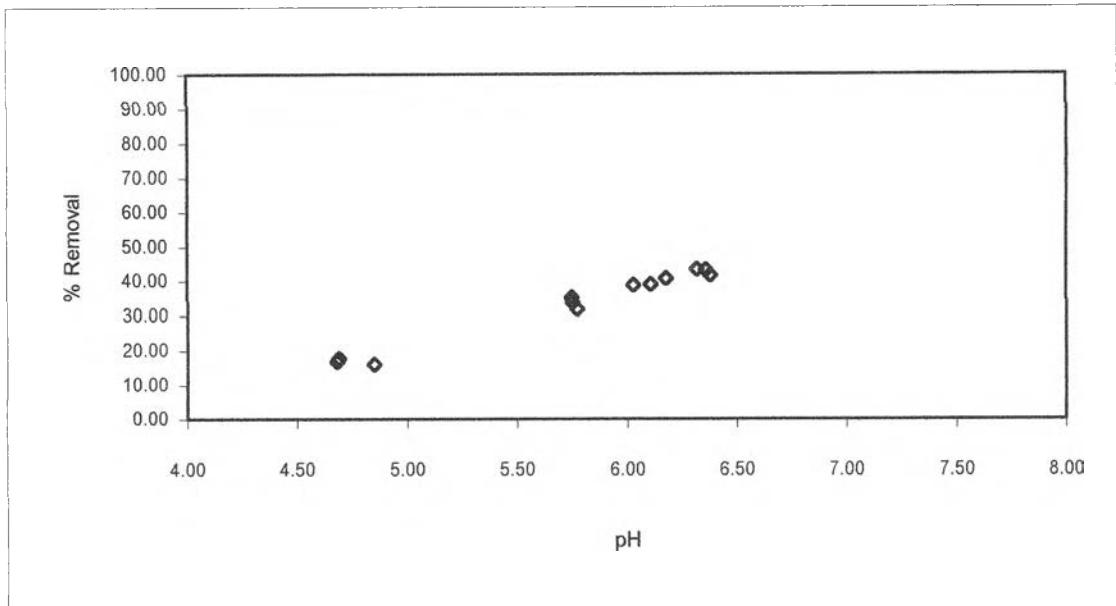
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



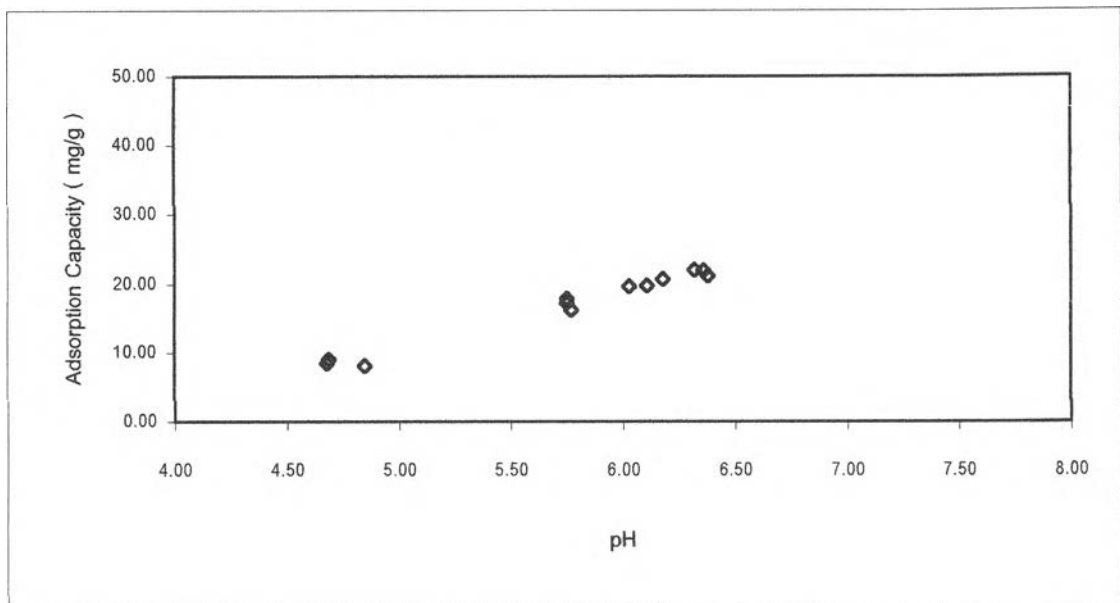
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



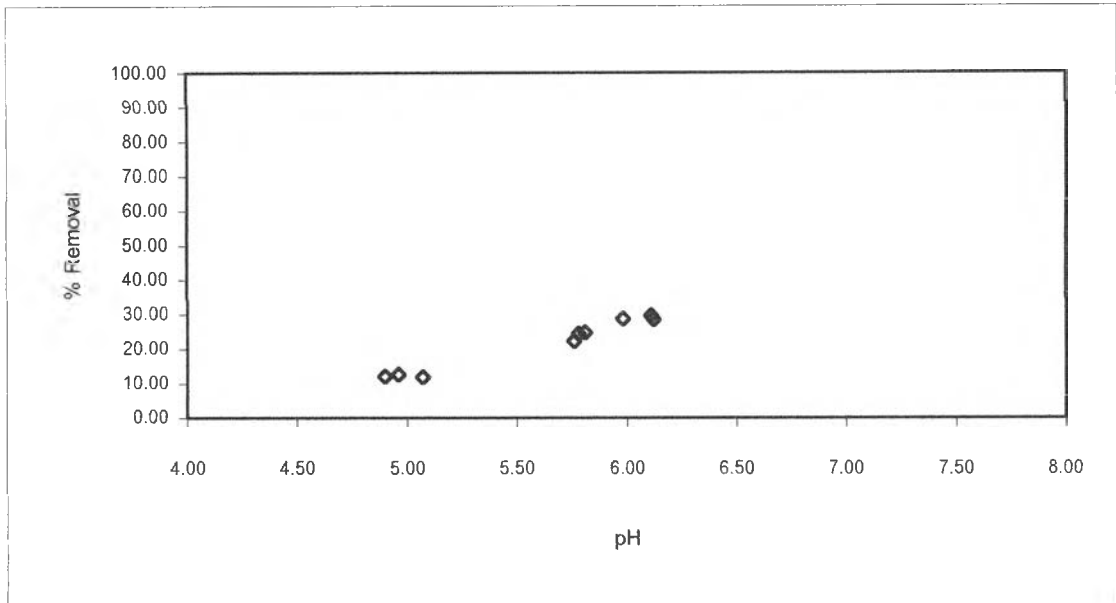
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



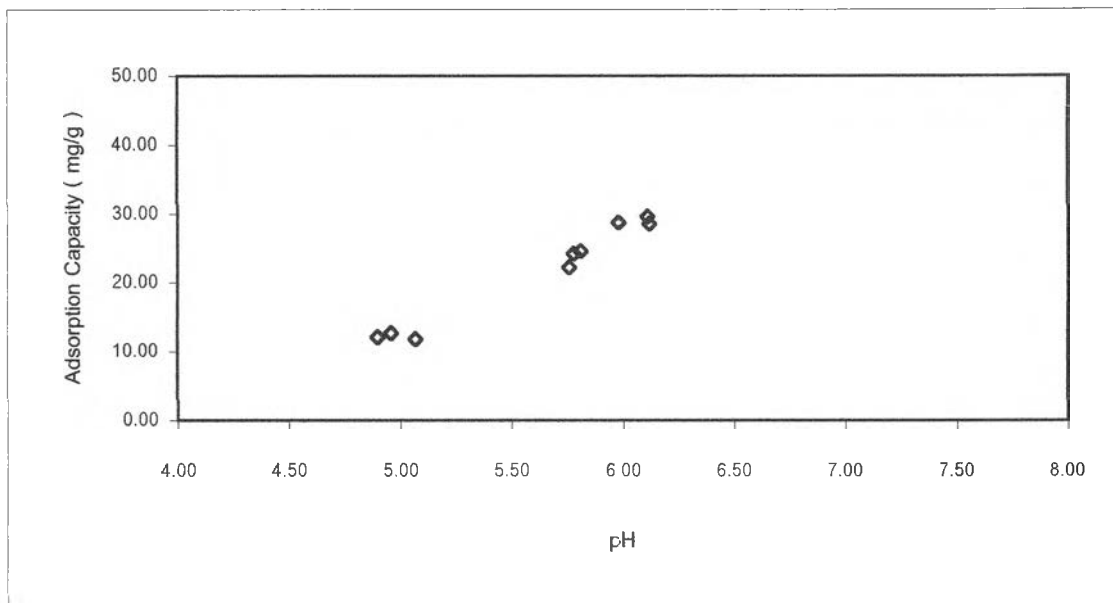
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5 และ 6 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5 และ 6 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



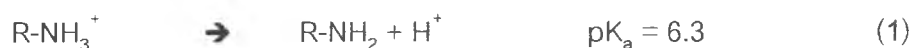




ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.29, 5.54, 5.99, 6.67 และ 6.91 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 18.75, 40.63, 53.13, 70.83 และ 79.17 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 1.80, 3.90, 5.10, 6.80 และ 7.60 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโคไธแซนตามลำดับ

เมื่อนำผลการทดลองที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากันแต่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วต่างกันมาเปรียบเทียบกันพบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วมากขึ้นความสามารถในการดูดซับตะกั่วต่อน้ำหนักโคโคไธแซนก็จะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6 (พีเอชหลังทำการทดลองอยู่ในช่วง 5.99 ถึง 6.11) เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วเพิ่มจาก 1 เป็น 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการดูดซับตะกั่วต่อน้ำหนักโคโคไธแซนก็จะเพิ่มขึ้นจาก 5.10 เป็น 13.00, 19.40 และ 29.30 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโคไธแซน

เมื่อพิจารณาพีเอชหลังทำการทดลอง พบว่าพีเอชหลังทำการทดลองไม่เท่ากับพีเอชเริ่มต้น โดยที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 และ 5 หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้น ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6 หลังจากทำการทดลองพีเอชไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ส่วนที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 และ 8 หลังจากทำการทดลองพบว่ามีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงของพีเอชหลังทำการทดลองสามารถอธิบายได้ด้วยสมการต่อไปนี้



(R-NH<sub>2</sub> หมายถึงโคโคไธแซน, R-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> หมายถึงโคโคไธแซนที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน

ไอออนที่หมู่อะมิโน)

เมื่อพิจารณาสมการที่ (1) จะพบว่าโคโคไธแซนมีคุณสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์ทำให้สามารถปรับสมดุลของค่าพีเอชเข้าหาค่า pK<sub>a</sub> ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.3 ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่ต่ำกว่าค่า pK<sub>a</sub> (พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 และ 5) หลังจากทำการทดลองก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น พีเอชเริ่มต้นที่สูงกว่าค่า pK<sub>a</sub> (พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 และ 8) หลังจากทำการทดลองก็จะมีค่าลดลง ส่วนพีเอชที่ใกล้เคียงกับค่า pK<sub>a</sub> (พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6) หลังจากทำการทดลองก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง พบว่าพีเอชมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยโคโคไธแซน โดยประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชสูงขึ้น เนื่องจากที่พีเอชต่ำโคโคไธแซนจะสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนที่หมู่อะมิโนได้ดังสมการที่ (1)

จากการคำนวณจะพบว่าปริมาณหมู่อะมิโนที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนเท่ากับ 9, 50, 91 และ 99% ที่พีเอช 7.3, 6.3, 5.3 และ 4.3 ตามลำดับ (Jha และคณะ, 1988)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอะตอมไนโตรเจนที่หมู่อะมิโนของโคโคแซนจะสามารถให้อิเล็กตรอนคู่กับโลหะหนักซึ่งมีประจุบวกเพื่อสร้างพันธะคีเลตได้ แต่ในกรณีนี้หมู่อะมิโนถูกทำให้เป็นประจุบวกโดยไฮโดรเจนไอออน จะทำให้เกิดปัญหาในการสร้างพันธะคีเลตเนื่องจากประจุบวกที่เกิดขึ้นที่หมู่อะมิโนจะเกิดแรงผลักรับกับประจุบวกซึ่งทำให้โลหะหนักที่มีประจุบวกอย่างตะกั่วเข้าถึงได้ยาก ดังนั้นการดูดซับตะกั่วจะมีประสิทธิภาพสูงที่พีเอชสูงและประสิทธิภาพจะลดลงที่พีเอชต่ำ (Maruca และคณะ, 1982)

#### 4.4 ผลการศึกษาผลของความแรงไอออนที่มีต่อการดูดซับตะกั่วด้วยโคโคแซน

ผลการศึกษาผลของความแรงไอออนที่มีต่อการดูดซับตะกั่วด้วยโคโคแซน โดยใช้โคโคแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรทที่ 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยที่หลอดทดลองทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.13 - 4.20

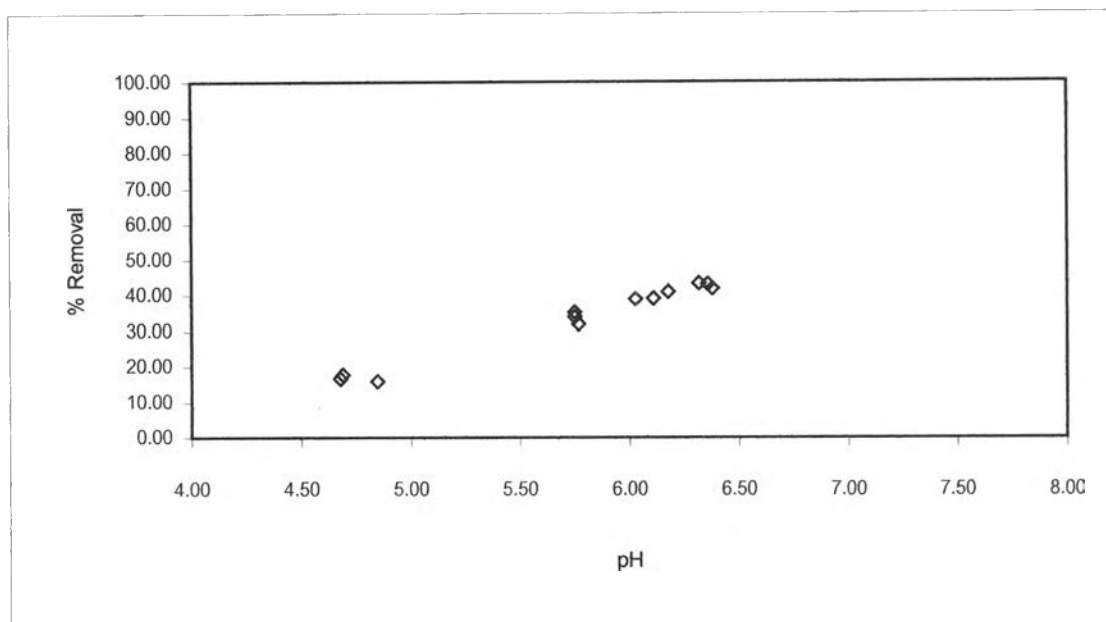
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 4 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.74, 5.45 และ 5.55 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 15.60, 15.75 และ 16.40 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 5 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.76, 5.92 และ 5.98 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 32.80, 31.69 และ 32.21 % ตามลำดับ

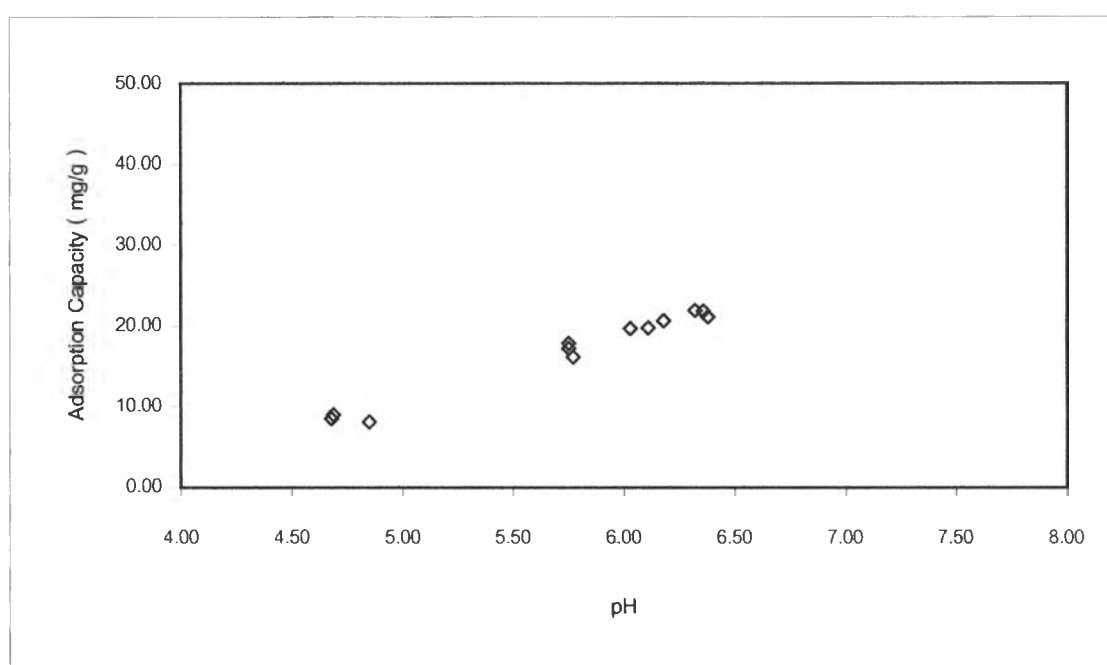
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 6 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.11, 6.10 และ 6.15 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 38.80, 37.60 และ 36.56 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 7 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.35, 6.34 และ 6.35 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 42.00, 41.14 และ 40.71 % ตามลำดับ

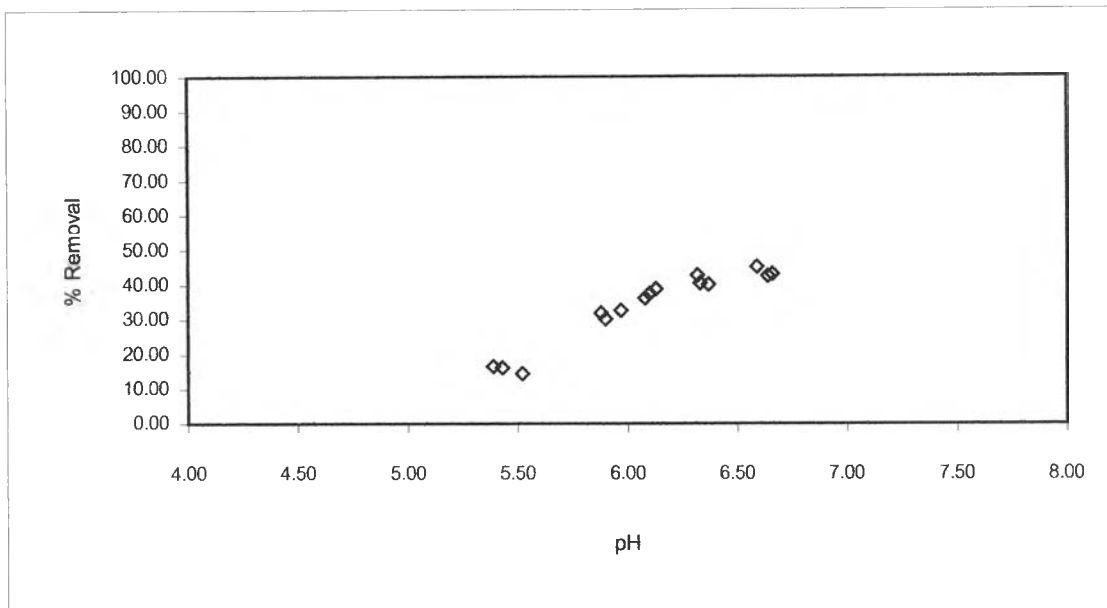
เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่าโซเดียมไนเตรทแทบจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยโคโคแซน ดังนั้นประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยโคโคแซนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความแรงไอออนที่เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างโคโคแซนกับตะกั่วไม่ได้เกิดจากกลไกการดูดซับทางกายภาพแต่เป็นกลไกการดูดซับทางเคมี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (Yang and Zall, 1984) ที่กล่าวไว้ว่ากลไก



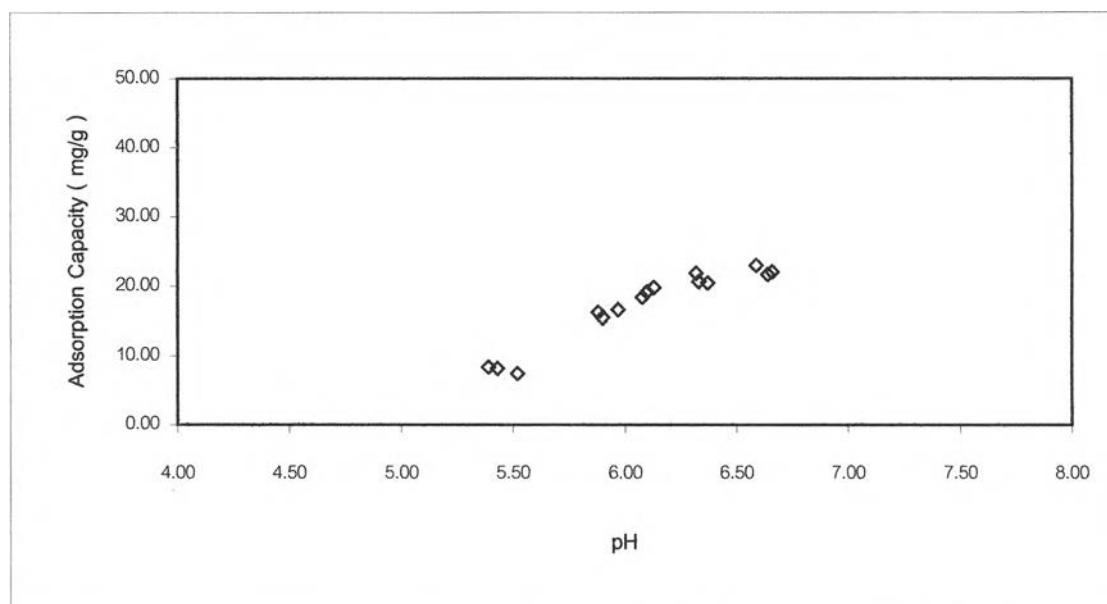
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮเดียมไนเตรทที่ 0 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



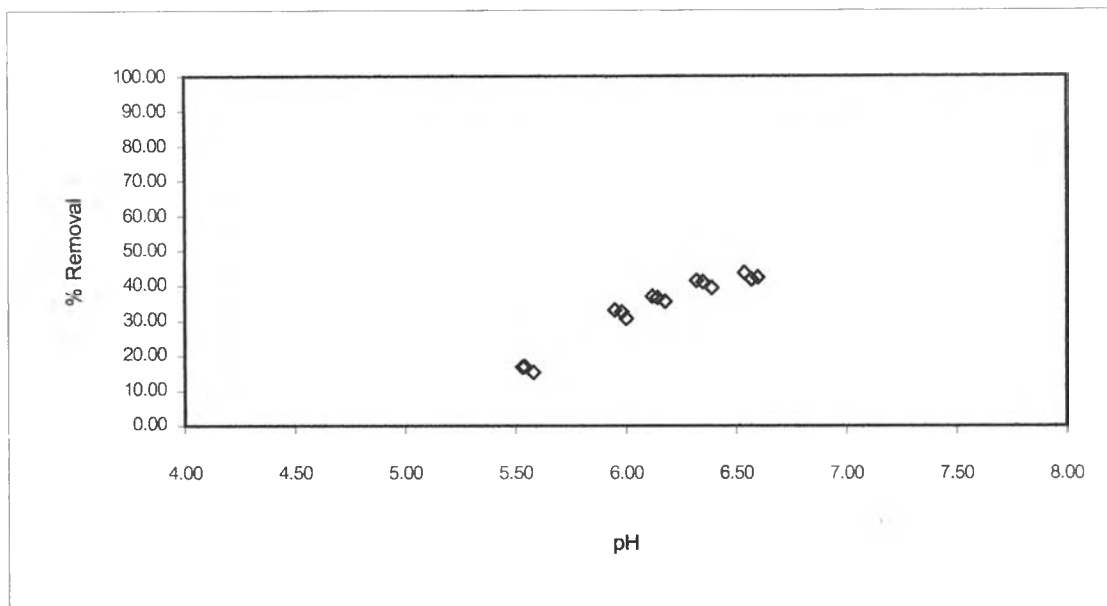
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮเดียมไนเตรทที่ 0 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



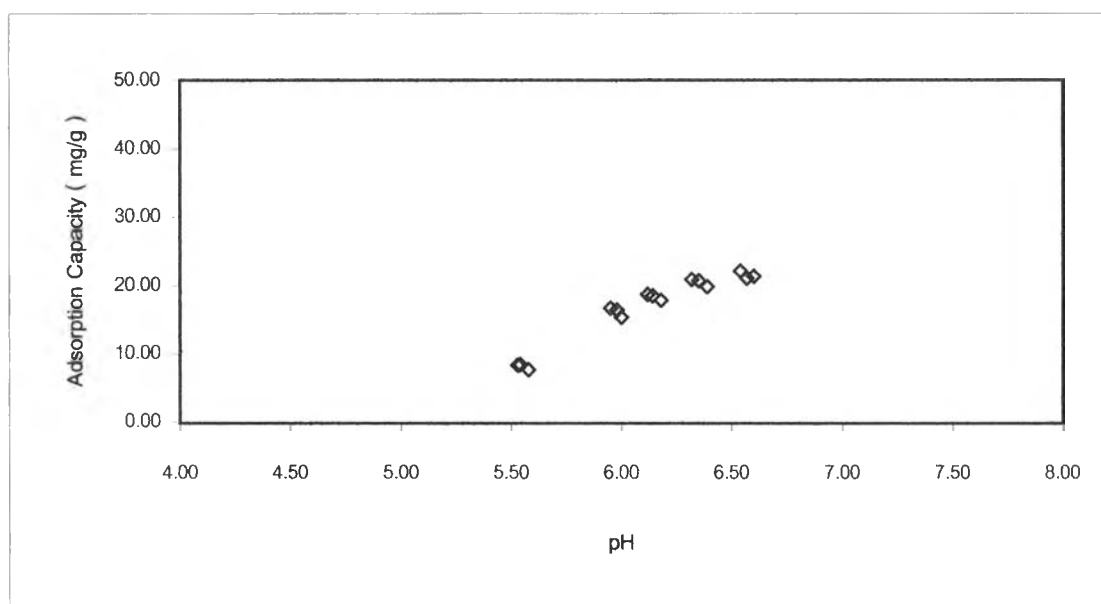
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไคโตแซนในเตรทที่ 0.05 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



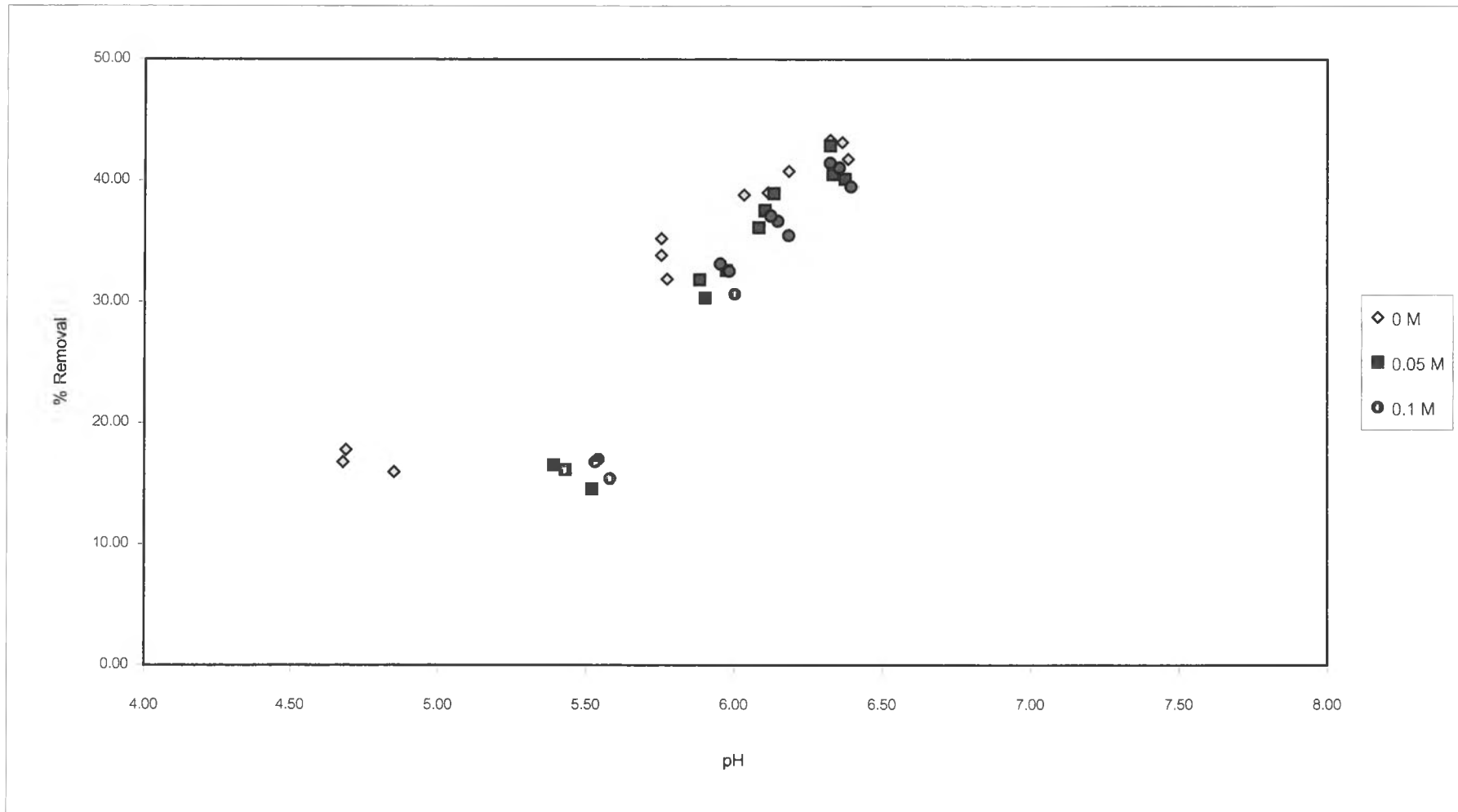
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไคโตแซนในเตรทที่ 0.05 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



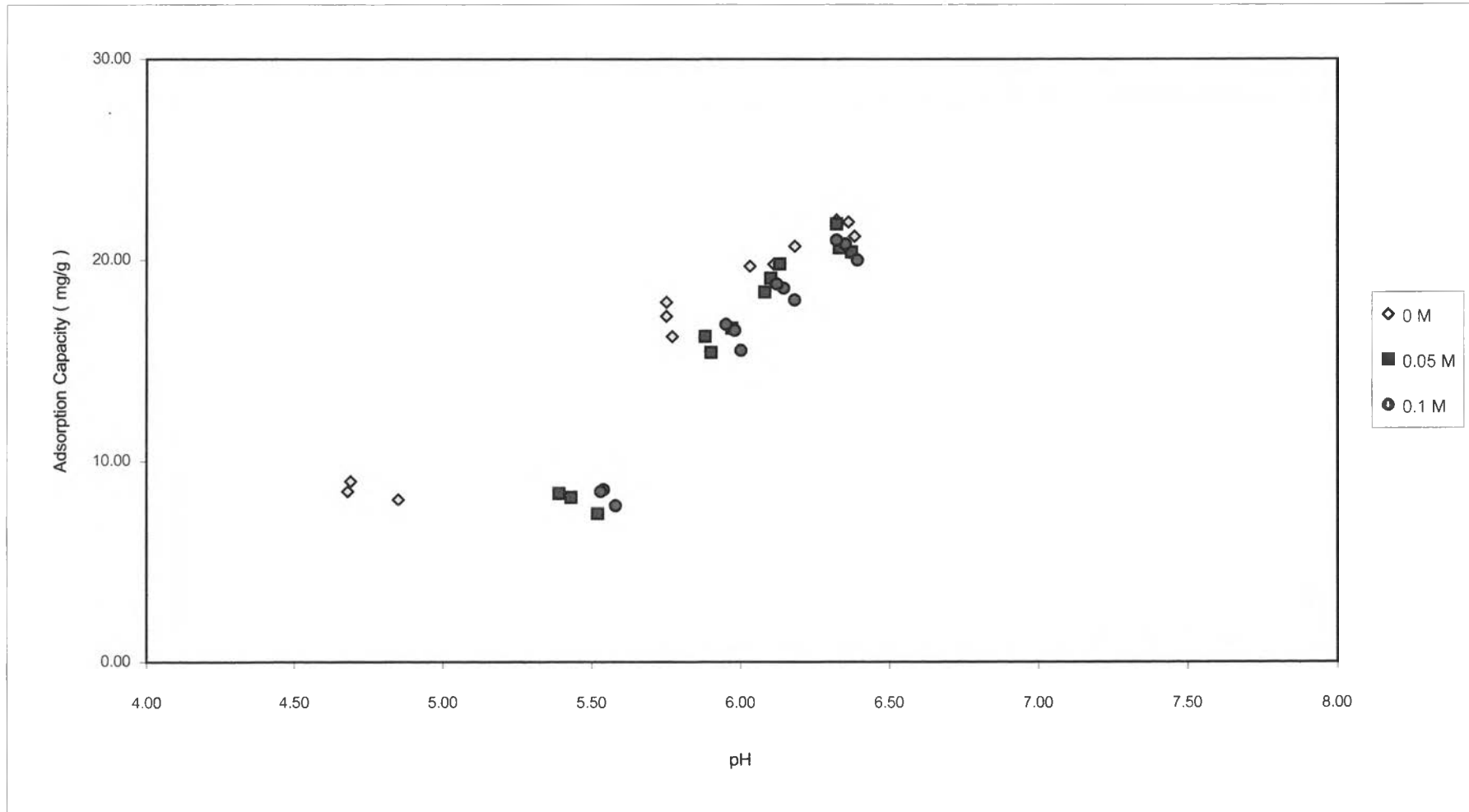
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮเดียมไนเตรทที่ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไฮเดียมไนเตรทที่ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไคโตแซนในเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



การดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนนั้นเป็นกลไกทางเคมี พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างไคโตแซนกับสารละลายตะกั่วคือพันธะคีเลตระหว่างตะกั่วกับอิเล็กตรอนคู่ของอะตอมไนโตรเจนที่หมู่อะมิโนของไคโตแซน

#### 4.5 ผลการศึกษาผลของอัตราที่เอที่มีต่อการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน

ผลการศึกษาผลของอัตราที่เอที่มีต่อการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซน โดยใช้ไคโตแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอัตราที่เอที่ 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร (เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนโดยโมลกับตะกั่ว) จะได้ปริมาณตะกั่วต่อปริมาณอัตราที่เอเท่ากับ 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ) พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยที่หลอดทดลองทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.21 - 4.30

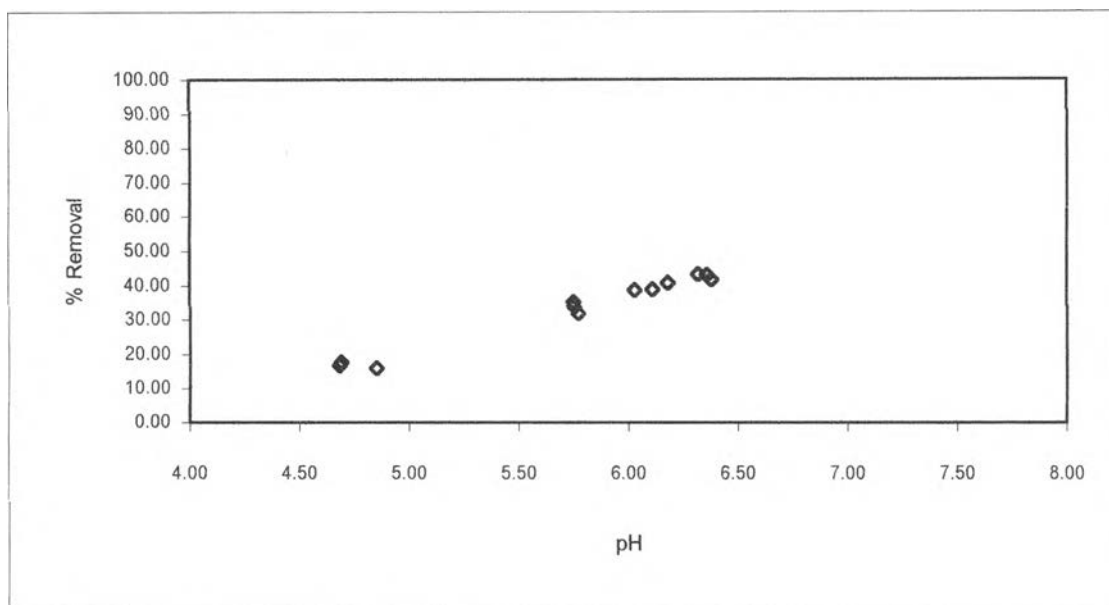
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 4 ความเข้มข้นของอัตราที่เอที่ 0, 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.74, 5.12, 5.29 และ 5.40 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 15.60, 39.00, 61.54 และ 62.48 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 5 ความเข้มข้นของอัตราที่เอที่ 0, 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.76, 5.81, 5.88 และ 6.01 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 32.80, 31.00, 32.50 และ 32.30 % ตามลำดับ

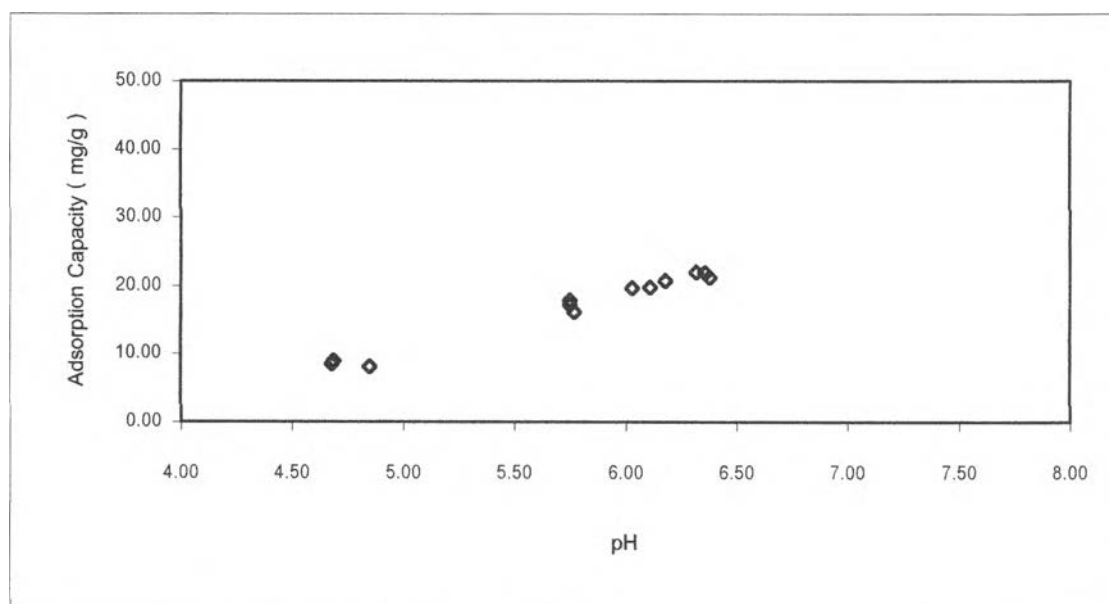
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 6 ความเข้มข้นของอัตราที่เอที่ 0, 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.11, 6.08, 6.19 และ 6.31 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 38.80, 24.00, 16.54 และ 17.21 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 7 ความเข้มข้นของอัตราที่เอที่ 0, 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.35, 6.43, 6.79 และ 6.84 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 42.00, 27.80, 14.62 และ 14.89 % ตามลำดับ

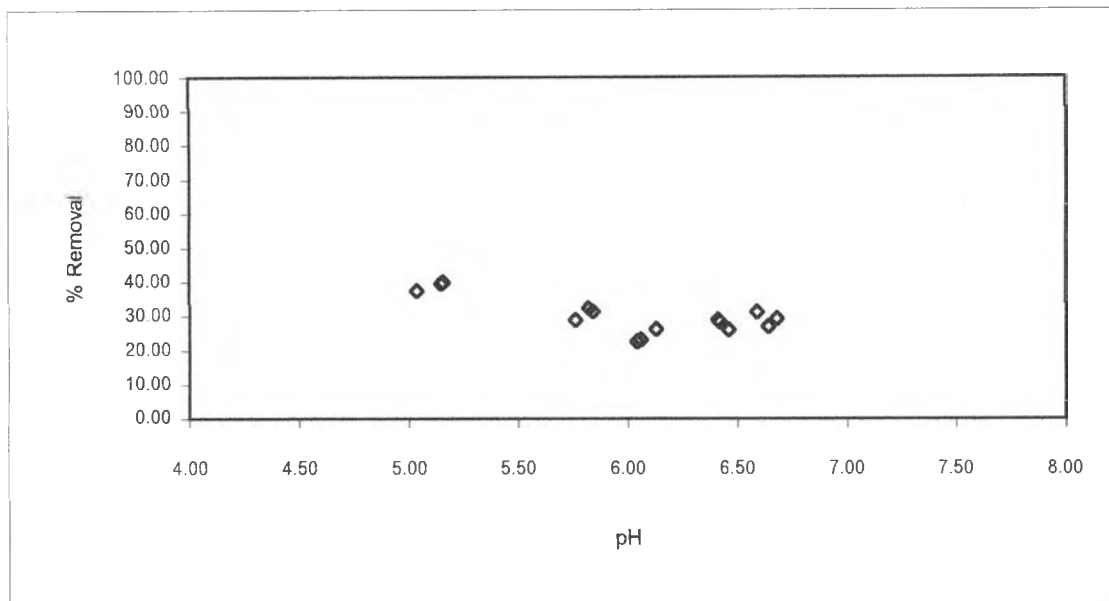
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 8 ความเข้มข้นของอัตราที่เอที่ 0.012, 0.024 และ 0.048 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.64, 7.28 และ 7.25 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 29.20, 13.46 และ 13.73 % ตามลำดับ



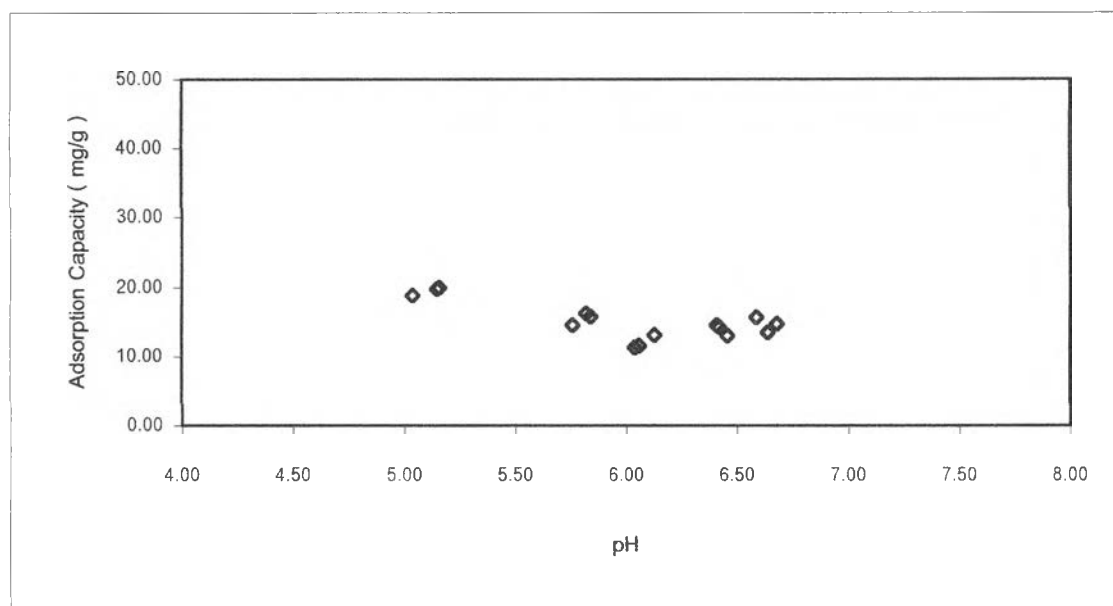
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 0:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



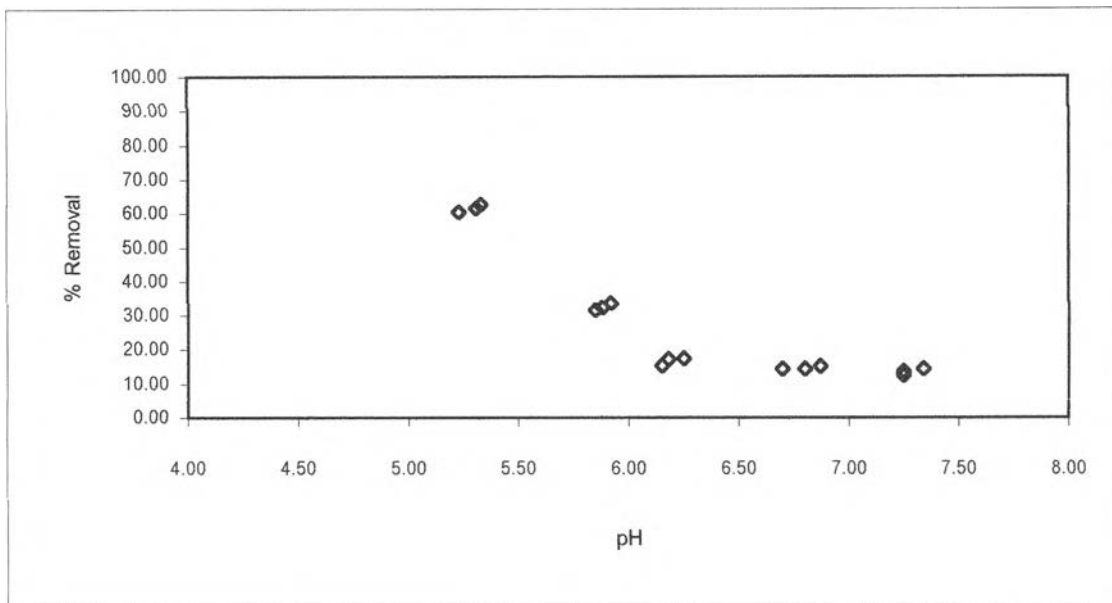
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 0:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



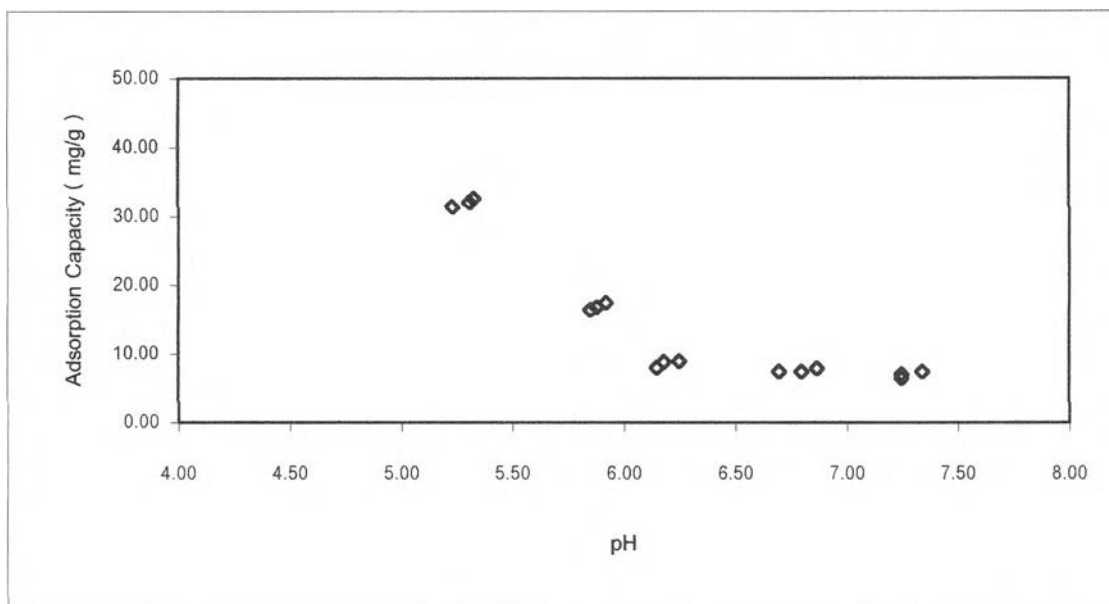
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 0.5:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



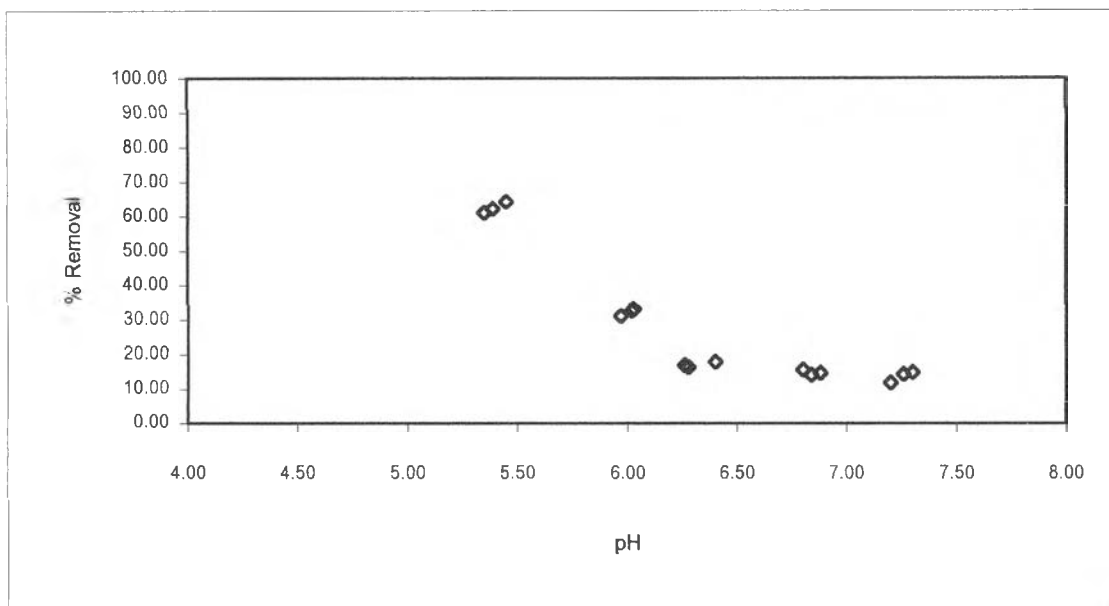
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 0.5:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



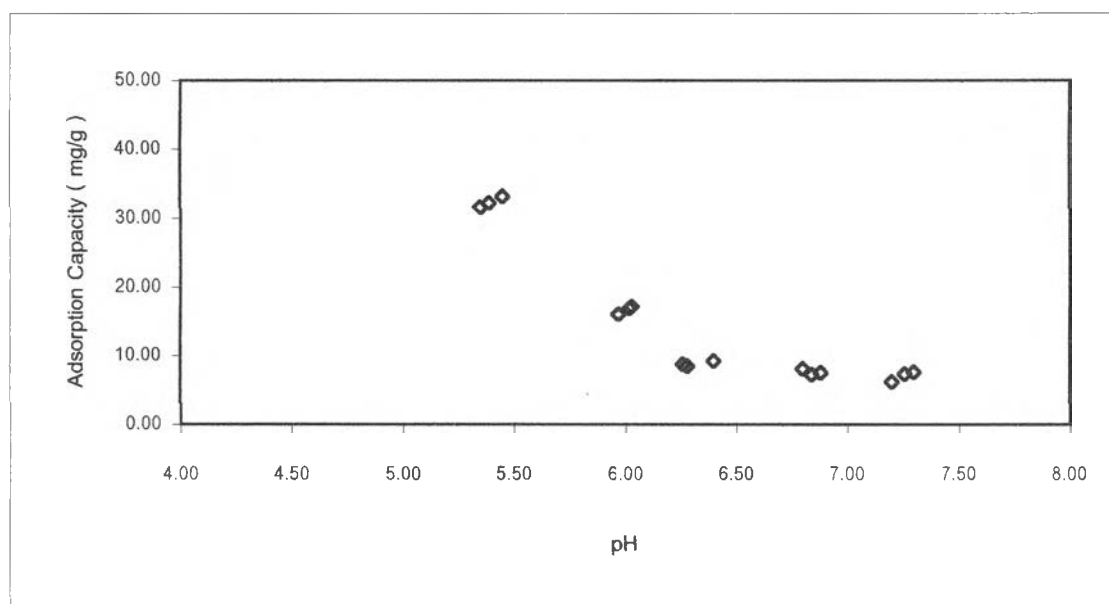
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



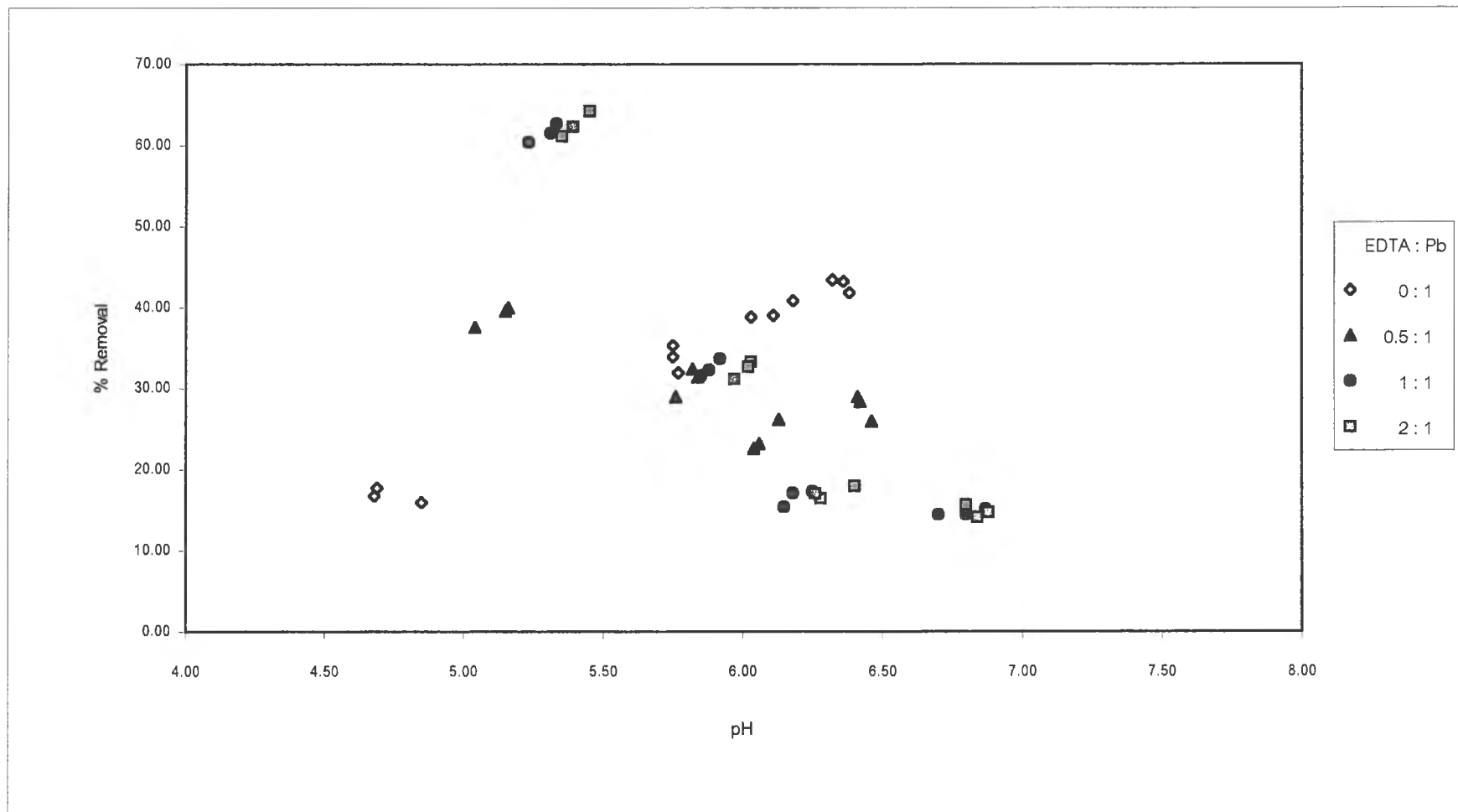
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



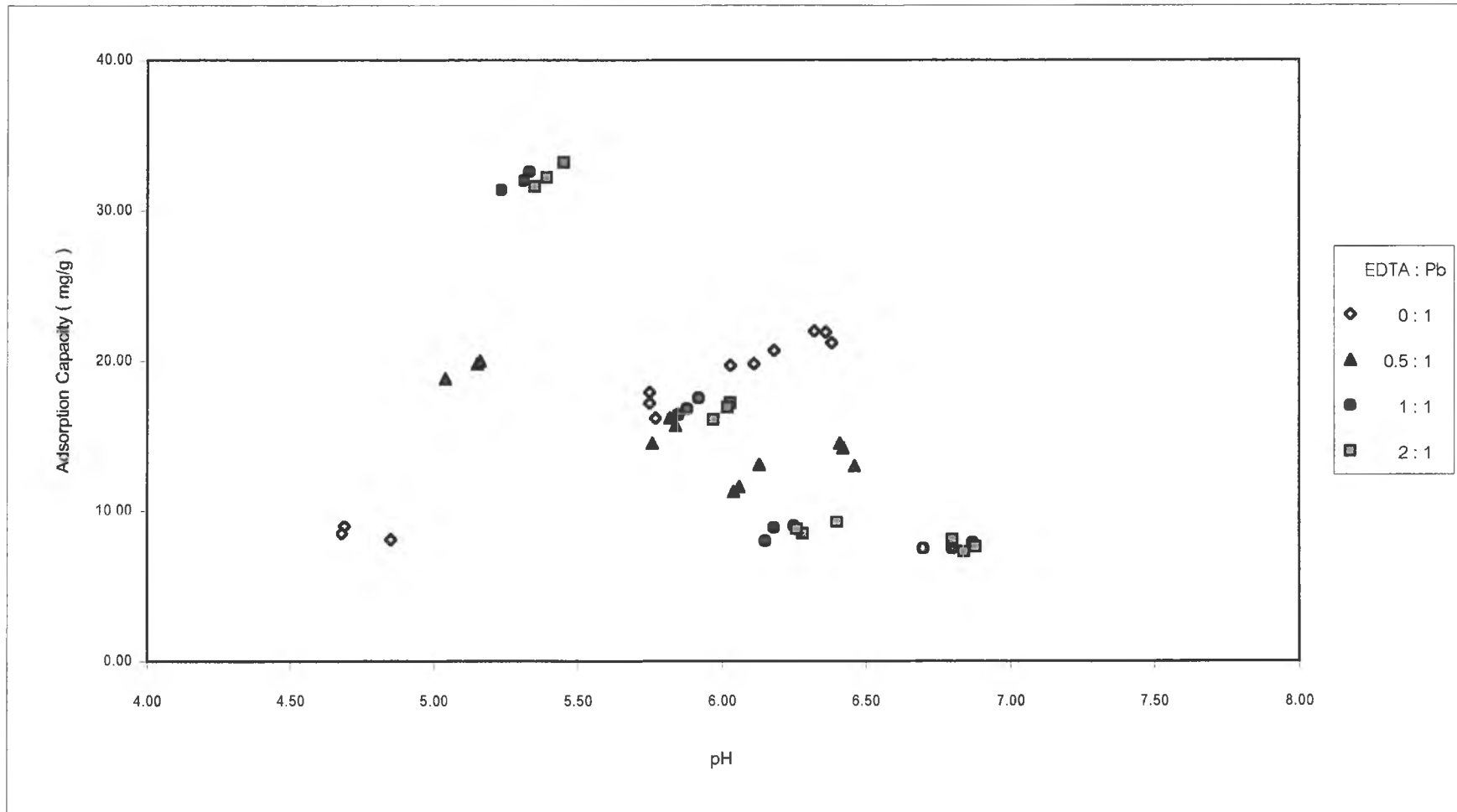
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 2:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 2:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 0:1, 0.5:1, 1:1 และ 2:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีที่เอตต่อสารละลายตะกั่ว 0:1, 0.5:1, 1:1 และ 2:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6 และ 7 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่าปริมาณอีดีทีเอที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วเกิดการเปลี่ยนแปลง จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4 ตะกั่วจะถูกดูดซับได้ดีที่พีเอชสูง แต่เมื่อมีการเติมอีดีทีเอลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์จะทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วที่พีเอชต่ำกว่า 5 เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพในการดูดซับที่พีเอชสูงกว่า 5 ลดลง

สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดจากอีดีทีเอในน้ำเสียสังเคราะห์สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับตะกั่วได้ดังสมการต่อไปนี้ (Stumm and Morgan, 1995)



เมื่อนำสมการที่ (2) และ (3) มาเขียนกราฟจะพบว่าเมื่อพีเอชมากกว่า 3 สารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วจะอยู่ในรูป  $\text{Pb}(\text{EDTA})^{2-}$  ซึ่งสามารถเกิดพันธะกับไคโตแซนได้ดีที่หมู่อะมิโนที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนแล้วเช่นเดียวกับสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักที่มีประจุลบชนิดอื่น ๆ ดังนี้ (Wu และคณะ, 1999)



เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (4) จะพบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วจะสร้างพันธะกับไคโตแซนได้ดีที่พีเอชต่ำหรือในสถานะที่ไคโตแซนอยู่ในรูป  $\text{R-NH}_3^+$  นั่นเอง ดังนั้นเมื่อเติมอีดีทีเอลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์มากขึ้นก็จะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วมากขึ้นซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของไคโตแซนที่พีเอชต่ำกว่า 5 จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ประสิทธิภาพในการดูดซับที่พีเอชสูงกว่า 5 จะลดลง ยกเว้นในกรณีที่มีการเติมอีดีทีเอ 0.048 โมลต่อลิตรลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วจะไม่แตกต่างกับการเติมอีดีทีเอ 0.024 โมลต่อลิตร เนื่องจากอีดีทีเอสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับตะกั่วได้เกือบ 100 % ดังนั้นการเติมอีดีทีเอมากกว่า 0.024 โมลต่อลิตร (เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนโดยโมลกับตะกั่ว จะได้ปริมาณตะกั่วต่อปริมาณอีดีทีเอเท่ากับ 1:1) จะไม่มีผลกระทบต่อรูปแบบของตะกั่วในช่วงพีเอชที่ทำการศึกษา (พีเอช 4 ถึง 8)

#### 4.6 ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยไคโตแซน

ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยไคโตแซน โดยใช้ไคโตแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1, 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1



โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยที่หลอดทดลองทั้งหมดเขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมงได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.31 - 4.40

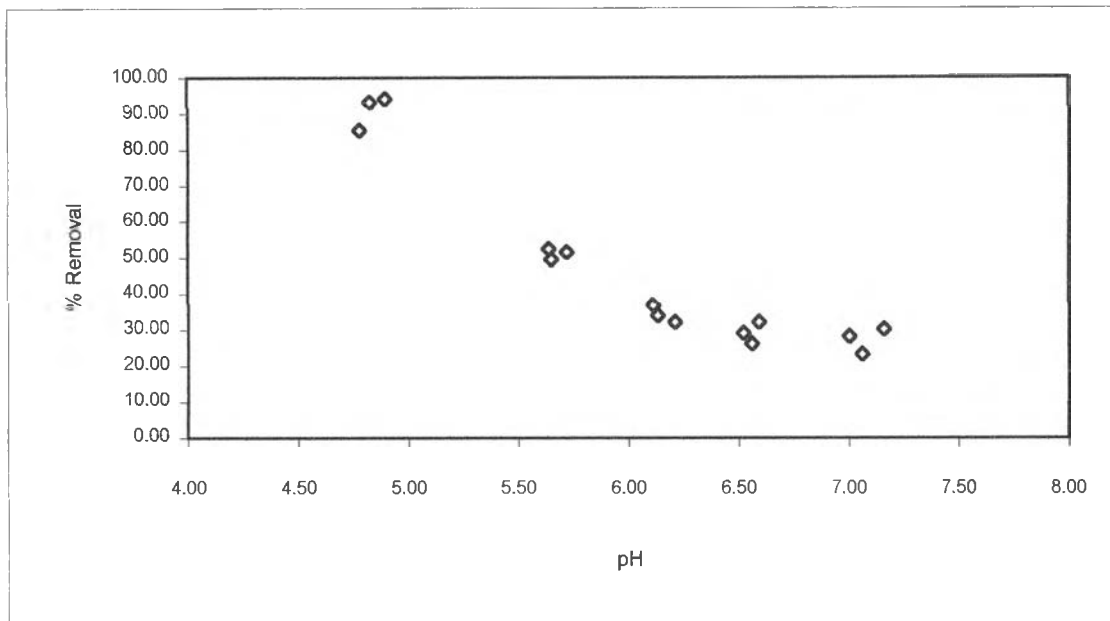
ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.42, 5.90, 6.25, 6.90 และ 7.35 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 44.21, 22.05, 12.30, 10.57 และ 8.54 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 43.50, 21.70, 12.10, 10.40 และ 8.40 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมไคโตแซนตามลำดับ

ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.29, 5.88, 6.19, 6.79 และ 7.28 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 61.54, 32.50, 16.54, 14.62 และ 13.46 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 32.00, 16.90, 8.60, 7.60 และ 7.00 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมไคโตแซนตามลำดับ

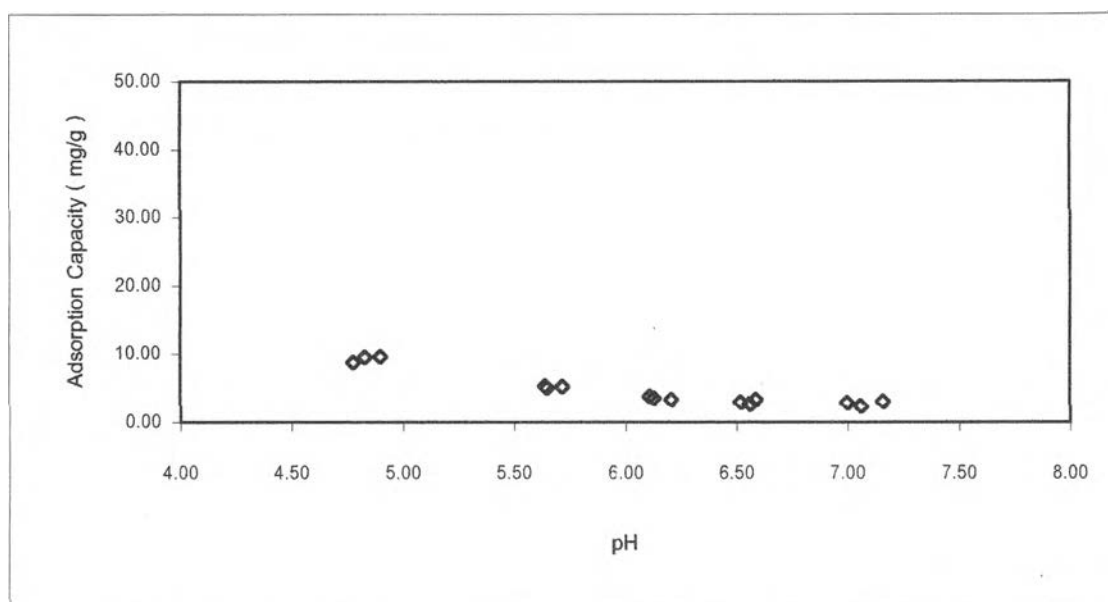
ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.06, 5.83, 6.18, 6.66 และ 7.18 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 76.67, 38.33, 24.33, 20.67 และ 17.00 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 23.00, 11.50, 7.30, 6.20 และ 5.10 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมไคโตแซนตามลำดับ

ผลการศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วเริ่มต้นที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.84, 5.67, 6.15, 6.56 และ 7.07 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 91.26, 51.46, 34.20, 29.20 และ 27.18 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 9.40, 5.30, 3.52, 3.01 และ 2.80 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมไคโตแซนตามลำดับ

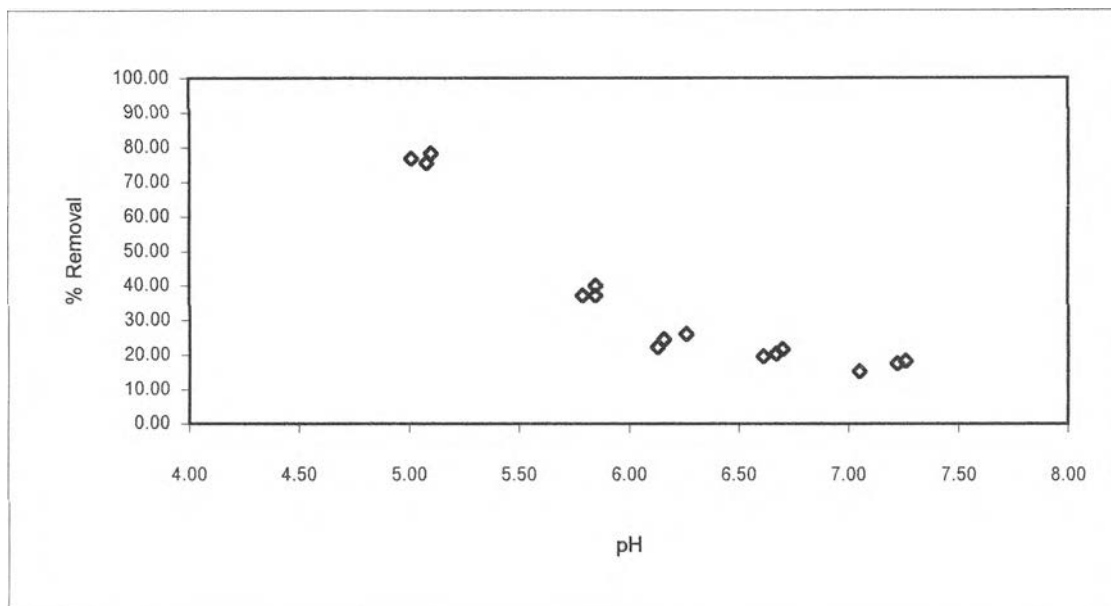
เมื่อนำผลการทดลองที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากันแต่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วต่างกันมาเปรียบเทียบกัน พบว่าเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วมากขึ้น ความสามารถในการดูดซับตะกั่วต่อน้ำหนักไคโตแซนก็จะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นที่พีเอชเริ่มต้นที่ 4 (พีเอชหลังทำการทดลองอยู่ในช่วง 4.84 ถึง 5.42)



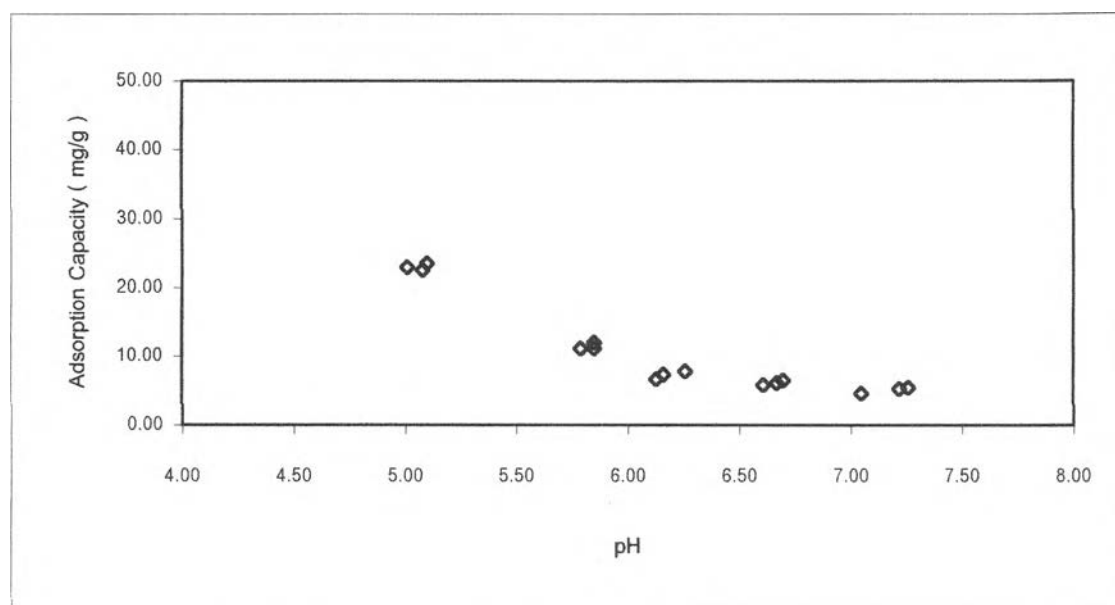
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



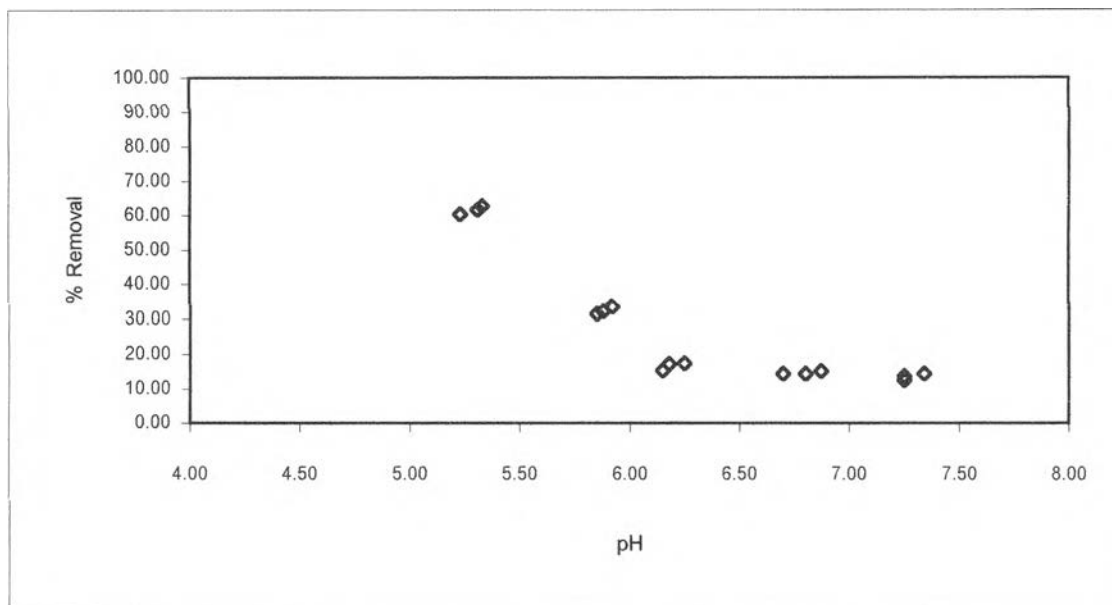
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



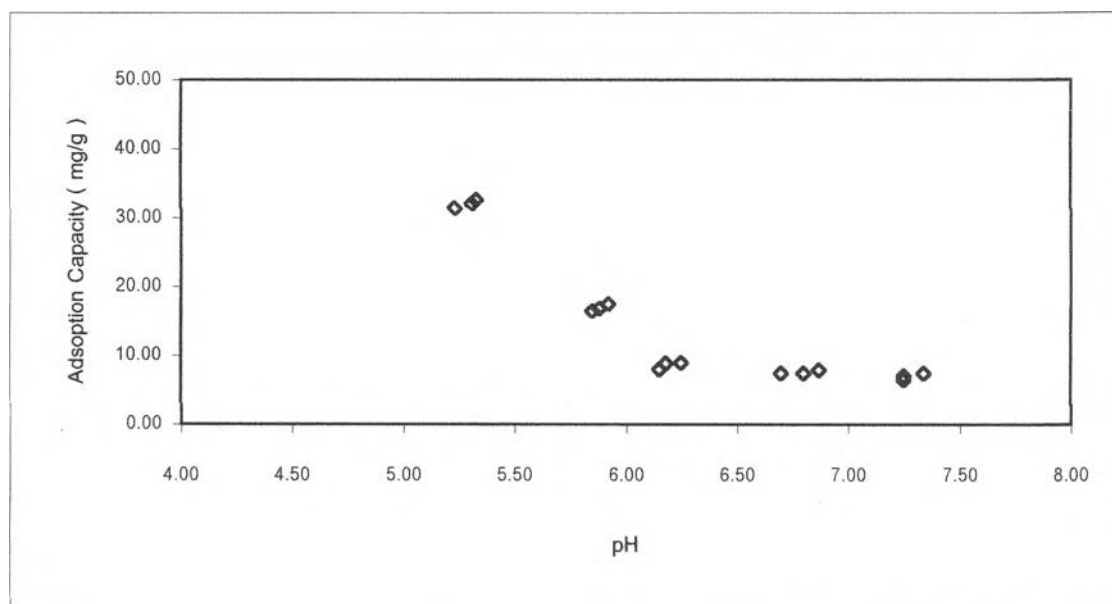
รูปที่4.33 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



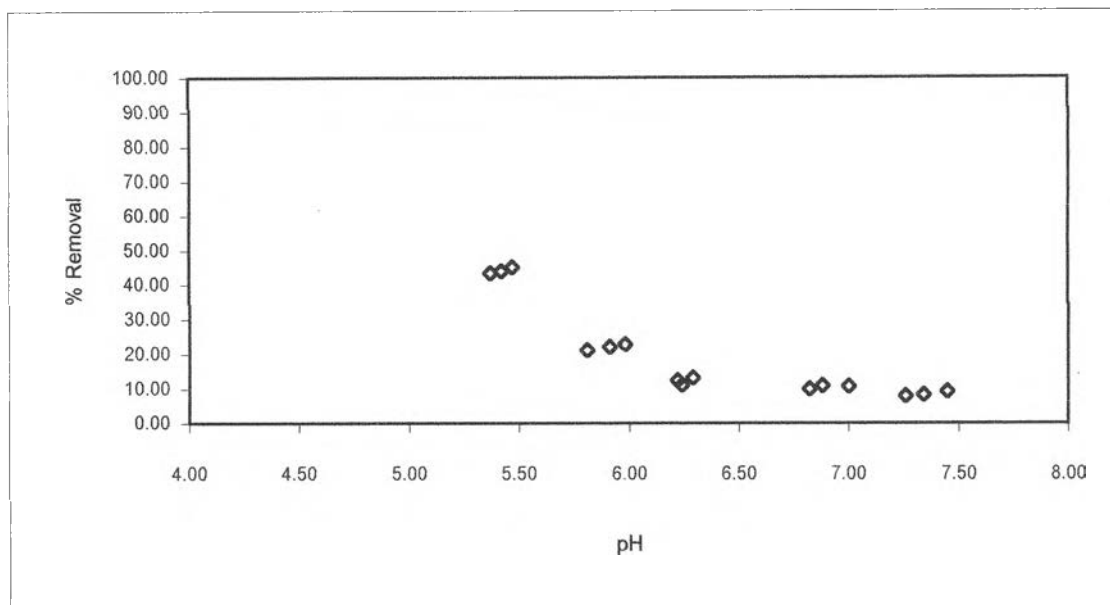
รูปที่4.34 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



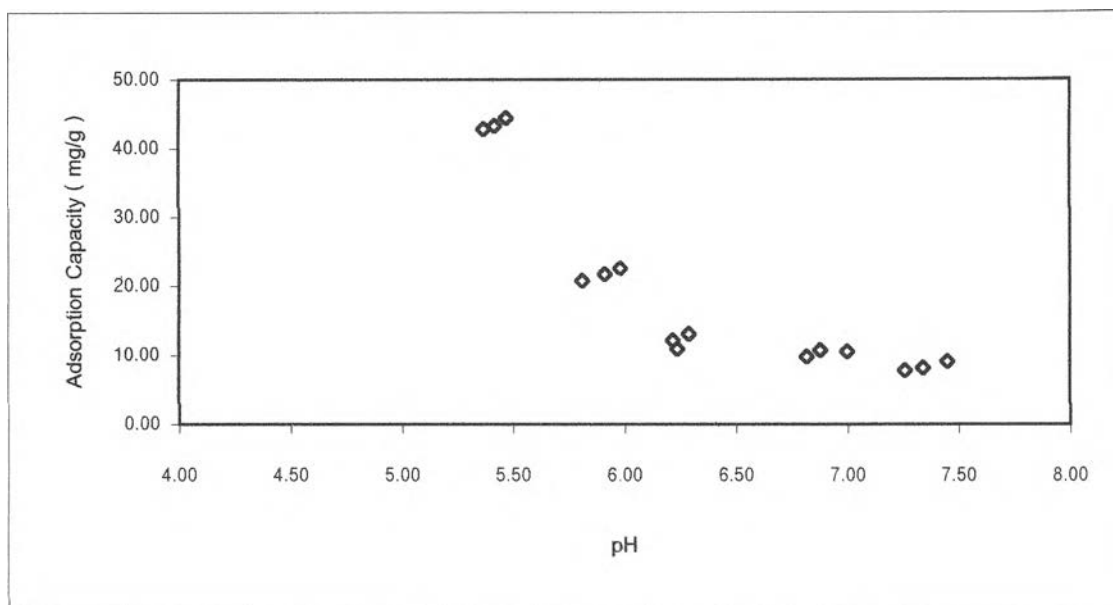
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง

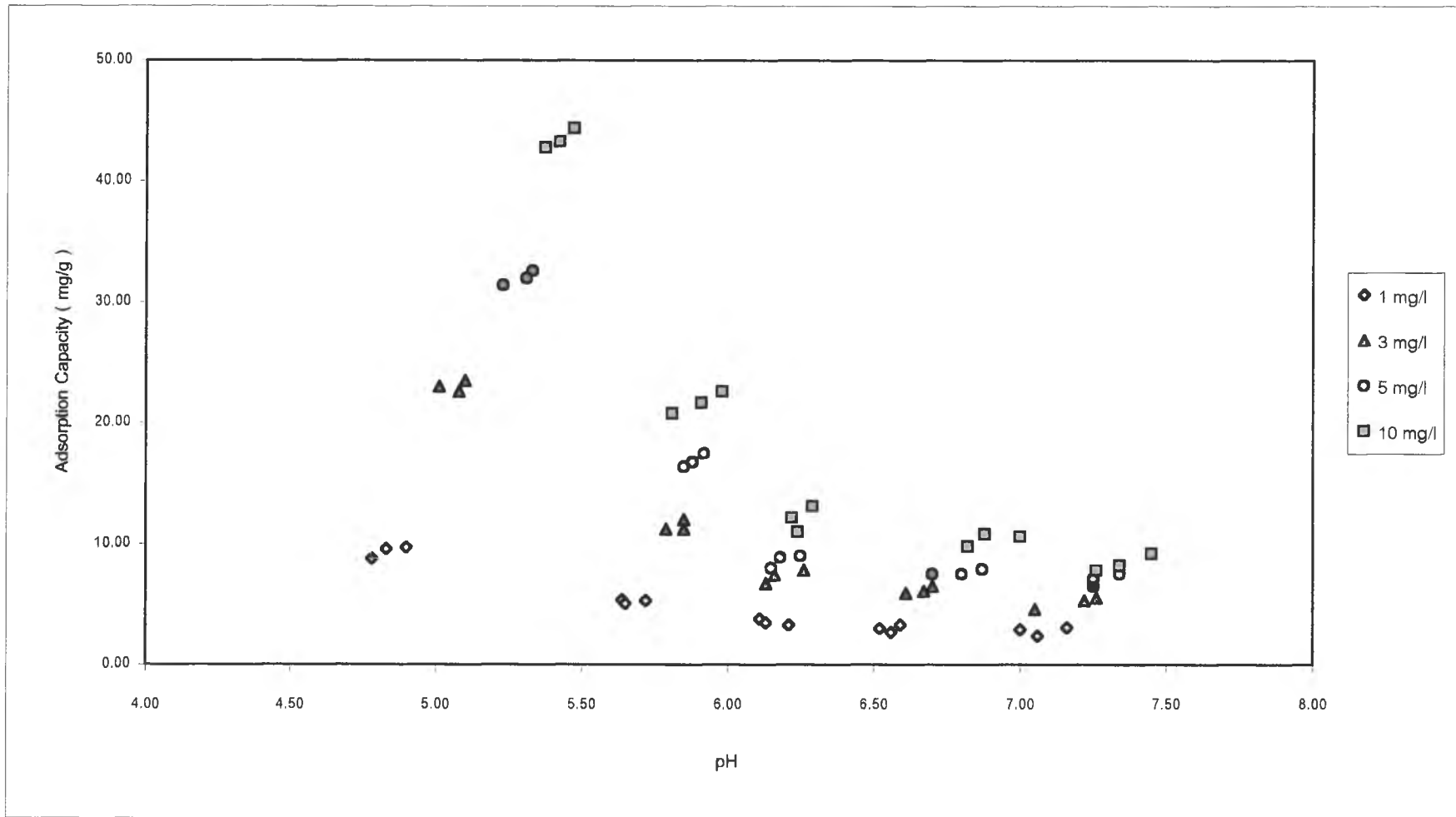


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง





รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้น เริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 1, 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง

เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วเพิ่มจาก 1 เป็น 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสามารถในการดูดซับตะกั่วต่อน้ำหนักโคโคแซนก็จะเพิ่มขึ้นจาก 9.40 เป็น 23.00, 32.00 และ 43.50 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมโคโคแซน

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่าพีเอชมีผลต่อความสามารถในการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยโคโคแซน โดยที่โคโคแซนสามารถดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วได้ดีที่พีเอชต่ำและความสามารถในการดูดซับจะลดลงเมื่อพีเอชสูงขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.6

#### 4.7 ผลการศึกษาผลของความแรงไอออนที่มีต่อการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยโคโคแซน

ผลการศึกษาผลของความแรงไอออนที่มีต่อการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยโคโคแซน โดยใช้โคโคแซน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรทที่ 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.41 - 4.48

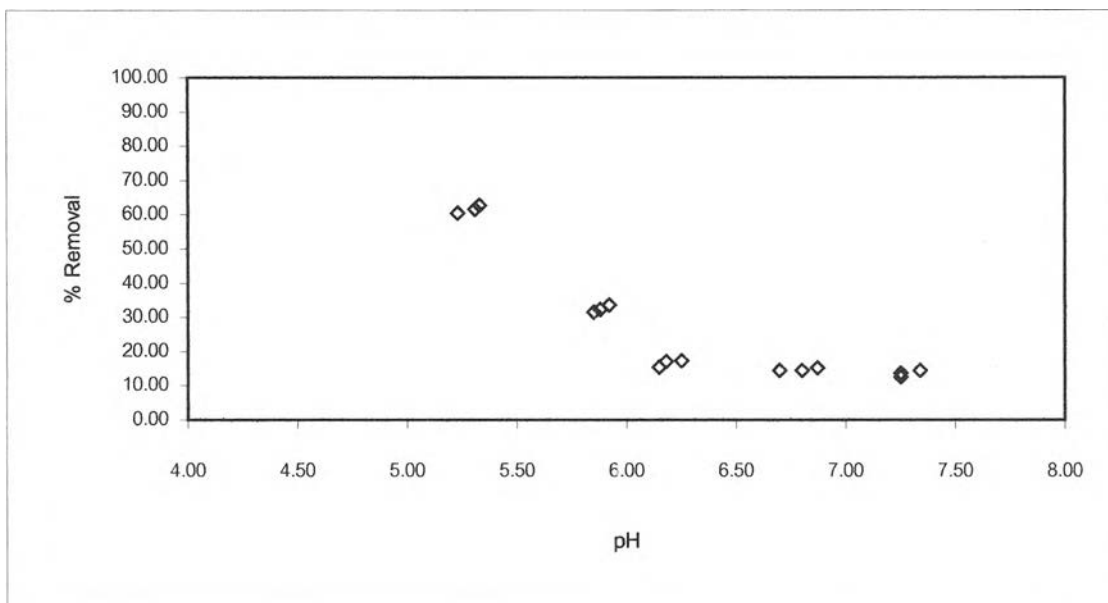
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 4 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.29, 5.53 และ 5.65 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 61.54, 15.42 และ 11.74 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 5 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 5.88, 6.00 และ 6.06 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 32.50, 14.11 และ 11.34 % ตามลำดับ

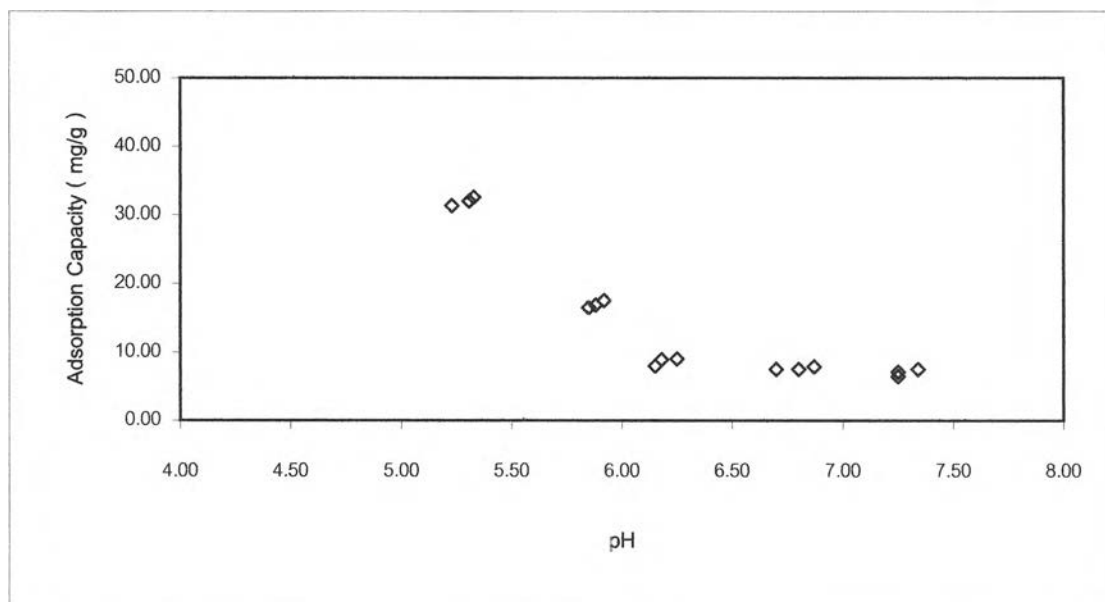
ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 6 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.19, 6.18 และ 6.21 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 16.54, 13.70 และ 11.13 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 7 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.79, 6.84 และ 6.83 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 14.62, 10.84 และ 9.31 % ตามลำดับ

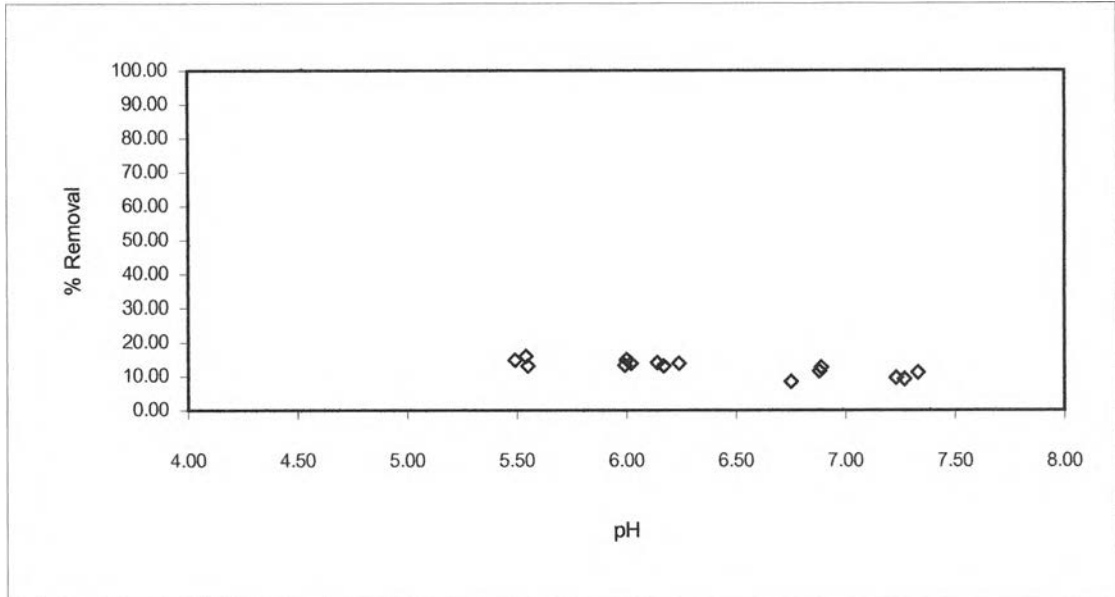




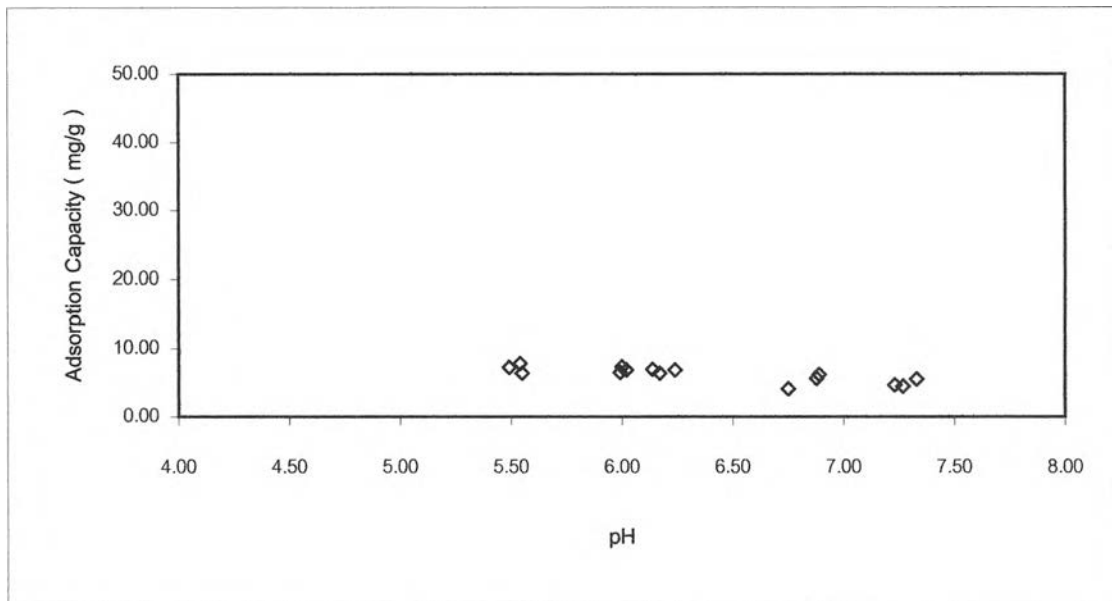
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรทที่ 0 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



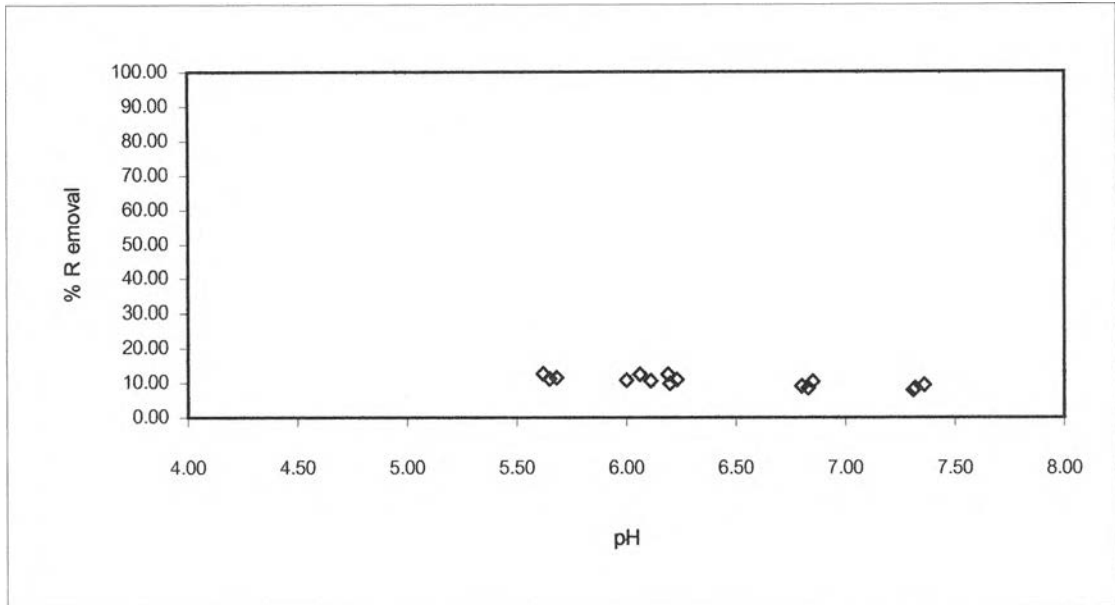
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรทที่ 0 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



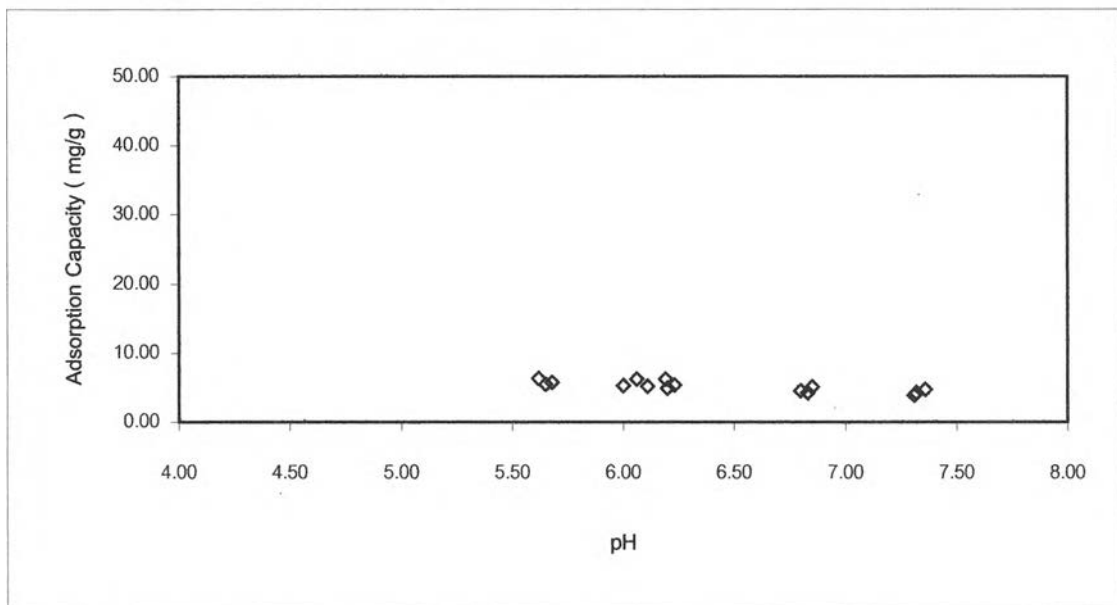
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไซเดียมไนเตรทที่ 0.05 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



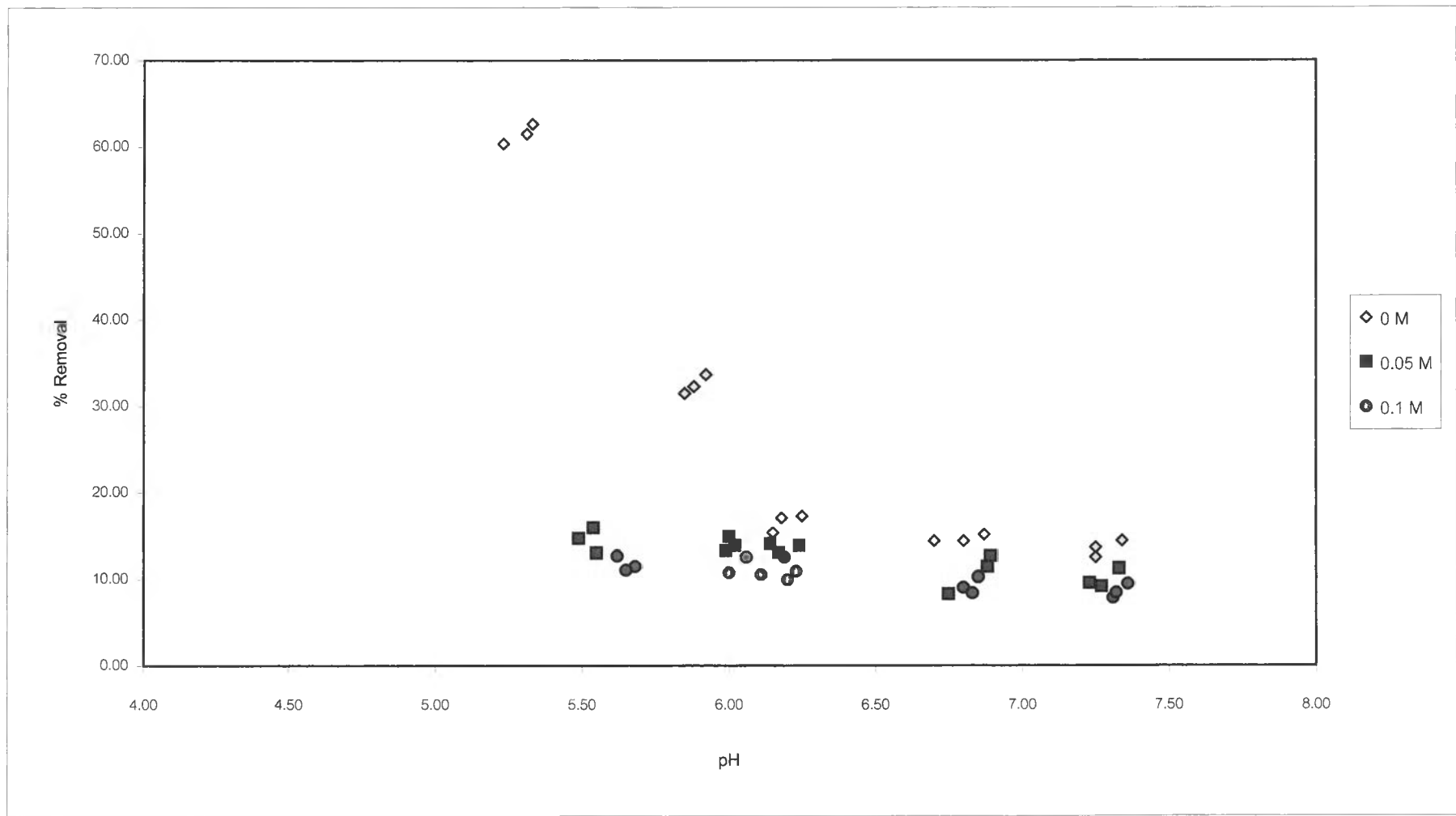
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไซเดียมไนเตรทที่ 0.05 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไซเตียมไนเตรทที่ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตซานเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีเอต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายไซเตียมไนเตรทที่ 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยไคโตแซนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายอีดีทีที่เอตต่อสารละลายตะกั่ว 1:1 โมลต่อโมล ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไนเตรท ที่ 0, 0.05, 0.1 โมลต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 300 รอบต่อนาที เวลาสัมผัสที่ 4 ชั่วโมง



ผลการศึกษาที่พีเอชเริ่มต้นที่ 8 ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่ 0, 0.05 และ 0.1 โมลต่อลิตร หลังทำการทดลองพีเอชมีค่าเท่ากับ 7.28, 7.28 และ 7.33 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีค่าเท่ากับ 13.46, 10.02 และ 8.70 % ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่า การเติมโซเดียมไนเตรทลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วลดลง สาเหตุเกิดจากไนเตรทในปริมาณมากที่เติมลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์จะไปขัดขวางการสร้างพันธะระหว่างโคโคแซนและสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่ว เนื่องจากทั้งไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) และสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่ว ( $\text{Pb}(\text{EDTA})^{2-}$ ) ต่างก็สร้างพันธะกับโคโคแซนที่หมู่อะมิโนที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนแล้ว ( $\text{R-NH}_3^+$ ) ทั้งคู่ ในช่วงพีเอชที่เหมาะสมในการสร้างพันธะใกล้เคียงกัน (ในช่วงพีเอชที่เป็นกรด)

จากการศึกษาที่ผ่านมา ( Guibal และคณะ, 1999; Wu และคณะ, 1999 ) พบว่าไอออนลบหลายชนิดเช่น ไนเตรท คลอไรด์ และ ซัลเฟต มีผลต่อดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักที่มีประจุเป็นลบเช่น  $\text{PtCl}_6^{2-}$  และ  $\text{Cu}(\text{EDTA})^{2-}$  ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อนี้

ความสามารถในการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วด้วยโคโคแซนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความแรงไอออน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างโคโคแซนกับสารประกอบเชิงซ้อนของตะกั่วไม่ได้เกิดจากกลไกการดูดซับทางเคมีแต่เป็นกลไกการดูดซับทางกายภาพ หรือการเกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุ (Electrostatic Attraction) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่าน ( Guibal และคณะ, 1999; Wu และคณะ, 1999 ) พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักที่มีประจุเป็นลบเช่น  $\text{PtCl}_6^{2-}$  และ  $\text{Cu}(\text{EDTA})^{2-}$  จะถูกโคโคแซนดูดซับด้วยกลไกทางกายภาพ โดยที่ไอออนลบหลายชนิดเช่น ไนเตรท คลอไรด์ และ ซัลเฟต จะมีผลต่อการดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักที่มีประจุเป็นลบเช่นเดียวกัน