

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองในเรื่องระบบกำจัดความขุ่นด้วยเพ็ดเล็ดที่ผ่านมาก่อนหน้านี้ เป็นการทดลองในระบบขนาดทดลอง สามารถแบ่งผลการทดลองตามประสิทธิภาพและขนาดเพ็ดเล็ด เป็น 3 ช่วงดังนี้คือ

1. การทดลองของประเทศญี่ปุ่น (Tambol และคณะ, 1989-1993) ด้วยน้ำความขุ่นสังเคราะห์จากคินคาโอลินที่ความขุ่น 250 และ 3000 มก./ล. สามารถสร้างเพ็ดเล็ดได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มม. ความเร็วน้ำไหลขึ้นสูงถึง 18-42 ม./ชม. ทั้งนี้ต้องมีกระบวนการเริ่มต้นระบบที่จัดทำขึ้นมาเป็นพิเศษก่อน

2. การทดลองในประเทศไทย (บัณฑิต 2535, ปริญา 2535, นฤชา 2535, อาชวัน 2536, กนิศ 2538) ด้วยน้ำความขุ่นสังเคราะห์จากคินคาโอลินที่ความขุ่น 50 เอ็นทียู สามารถสร้างเพ็ดเล็ดได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 ถึง 0.3 มม. ความเร็วน้ำไหลขึ้นสูงสุดถึง 24 ม./ชม. ทั้งนี้ก็ควรมีการกระบวนการเริ่มต้นระบบมาก่อน

3. การทดลองในประเทศไทยด้วยน้ำดิบจริงจากคลองประปา (สุรเชษฐ์ 2539, กานตพันธุ์ 2540, กุลธิดา 2540) แบ่งเป็น 2 ช่วงความขุ่นคือ ช่วงความขุ่นสูง (100 ถึง 250 เอ็นทียู) สามารถสร้างเพ็ดเล็ดได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 ถึง 0.3 มม. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 9.6 ม./ชม. ส่วนช่วงความขุ่นต่ำ (20 ถึง 80 เอ็นทียู) ทำความเร็วน้ำไหลขึ้นได้ 15 ม./ชม. ขนาดเพ็ดเล็ดเท่ากัน ทั้งนี้ก็ควรมีการกระบวนการเริ่มต้นระบบมาก่อนเช่นกัน

จากการทดสอบการทดลอง (test run) ในงานนี้สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูง (ต่ำกว่า 5 เอ็นทียู) ได้เช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมาและได้ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. แต่ลักษณะมวลของแข็งในระบบยังไม่เป็นเม็ดเพ็ดเล็ดที่แท้จริง ซึ่งเมื่อสังเกตดูในถังปฏิกรณ์ มวลของแข็งเป็นฟล็อกที่รวมตัวกันอย่างแน่นพอสมควร (แน่นกว่าฟล็อกปกติ) แต่เมื่อเก็บตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ มวลของแข็งก็กระทบกับท่อเก็บตัวอย่างน้ำ ซึ่งเมื่อมวลของแข็งยังไม่เป็นเพ็ดเล็ด มวลของแข็งตัวอย่างจะแตกออกเป็นอนุภาคที่เล็กลงอีก จึงไม่สามารถหาอัตราเร็วจมตัวได้ (วิธีหาอัตราเร็วจมตัวที่ผ่านมาก็คือ จะสุ่มเลือกเม็ดเพ็ดเล็ดมาปล่อยลงในกระบอกดวงและจับเวลาที่เพ็ดเล็ดตกลงในระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงคำนวณหาอัตราเร็วจมตัว) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะใช้คำว่า "มวล

ของแข็ง” แทนมวลที่ยังไม่เป็น “เฟลด์สเปค” ตลอดจนวิจัยเมื่อยังไม่สามารถสร้างเฟลด์สเปคที่สมบูรณ์ขึ้นได้

ในการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีเริ่มต้นระบบด้วยความขุ่นน้ำคิบจากคลองประปาเพื่อพัฒนาการสร้างเฟลด์สเปคจากความขุ่นธรรมชาติ (คู่มือการเริ่มต้นระบบในภาคผนวก ก ) เพราะการทดลองในระบบนี้ที่ผ่านมาสร้างเฟลด์สเปคจากคินคาโอตินซึ่งเป็นระบบขนาดเล็กใช้คินคาโอตินปริมาณน้อย แต่เมื่อเป็นระบบขนาดต้นแบบที่ทดลองอยู่ ถ้าใช้คินคาโอตินเป็นตัวป้อนจะต้องใช้ในปริมาณที่มาก(จากการลองสร้างเฟลด์สเปคจากคินคาโอตินในช่วงทดสอบการทดลอง จะต้องใช้คินคาโอตินประมาณ 200-300 กิโลกรัมต่อหนึ่งครั้ง) แต่สามารถสร้างชั้นมวลของแข็งสูง 150 ซม.ได้ในเวลา 3 ถึง 4 ชั่วโมง ส่วนการสร้างชั้นมวลของแข็งจากน้ำคิบธรรมชาติจะใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงขึ้นไป (ขึ้นกับปริมาณโพธิเมอร์ที่ใช้) และจากผลการทดลองในระยะยาวของการศึกษานี้(ดังที่จะกล่าวต่อไป) พบว่าลักษณะของชั้นมวลของแข็งก็มีลักษณะเดียวกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงทดลองโดยใช้การสร้างชั้นมวลของแข็งจากน้ำคิบจากคลองประปาทั้งหมด ดังมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

### 5.1 การทดลองช่วงที่ 1 (การเวียนและไม่เวียนมวลของแข็ง)

#### 5.1.1 อธิบายของการเวียนมวลของแข็งที่มีต่อมวลมวลของแข็งในถังปฏิกรณ์

##### 5.1.1.1 กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.

จากการทดลองใช้โพธิเมอร์ 0.1 มก./ล. เป็นโคเอกกูแลนต์เอคและสารส้มเป็นโคเอกกูแลนต์ที่ความเข้มข้น 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.37 มก./ล. อะลูมิเนียม) ที่ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. อัตราการเวียนมวลของแข็งที่ 0 และ 0.3 ของอัตราน้ำไหลเข้า ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.1

จากรูปที่ 5.1 พบว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง มวลของแข็งในระบบมีค่าประมาณ 11-13 กิโลกรัม ส่วนในการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งที่ 0.3 ของอัตราน้ำไหลเข้า มีค่ามวลของแข็งในระบบลดลงเหลือเพียงประมาณ 2-5 กิโลกรัม ซึ่งไม่คงที่ การที่มวลในการการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งลดลงเป็นผลทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเสียไปด้วย อธิบายได้ว่า ระบบเมื่อมีการเวียนมวลของแข็งความเร็วในชั้นมวลของแข็ง(ระดับ 0 ถึง 150 ซม.จากก้นถัง)มีความเร็วสูงขึ้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีมวลมวลของแข็งจากระดับ 150 ซม.เวียนเข้าระบบใหม่ ตามแนวความคิดที่ว่ามวลที่กลับเข้าระบบซึ่งมีปริมาณสารส้มและโพธิเมอร์อยู่แล้วจะเป็นเป้าสัมผัสของความขุ่นที่เข้ามาใหม่ แต่เมื่อมวลของแข็งผ่านเครื่องสูบน้ำ ซึ่งมีค่าความปั่นป่วนที่สูงมาก จึงอาจทำให้สายโพธิเมอร์ขาด โพธิเมอร์ที่กลับเข้าระบบใหม่จึงเป็นโพธิ

เมอร์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมวลที่เวียนกลับจึงเป็นการเพิ่มความขุ่นให้กับระบบ ระบบจึงเสียสมดุล

จากรูปที่ 5.2 ในการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง ความเข้มข้นของมวลของแข็งอยู่ระหว่าง 4000 ถึง 7000 มก./ล. ซึ่งนับว่ามีค่าน้อยมาก ชั้นมวลของแข็งเป็นลักษณะฟล็อกธรรมดา โดยสามารถสร้างชั้นมวลของแข็งถึงระดับ 150 ซม.ได้ในเวลา 12 ชม. ส่วนในการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง ความหนาแน่นของมวลในช่วง 24 ชม.แรกอยู่ระหว่าง 2000 ถึง 3000 มก./ล. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการทดลองที่ไม่เวียนมากเท่าตัว และหลังจากชม.ที่ 36 ระบบมีการ wash out มวลในระบบเหลือประมาณ 1000 มก./ล. เท่านั้น ชั้นมวลของแข็งเป็นลักษณะฟล็อกที่บางเบา และลอยออกไปกับน้ำผลิต

#### 5.1.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่มีความเข้มข้น 0.3 มก./ล.

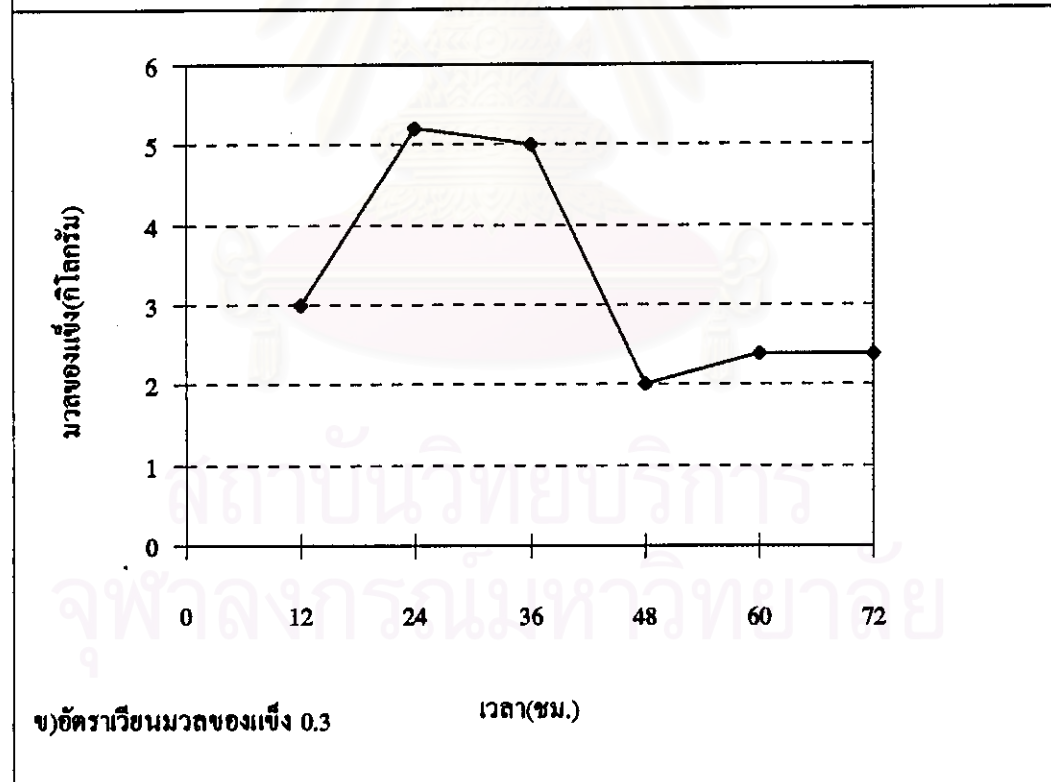
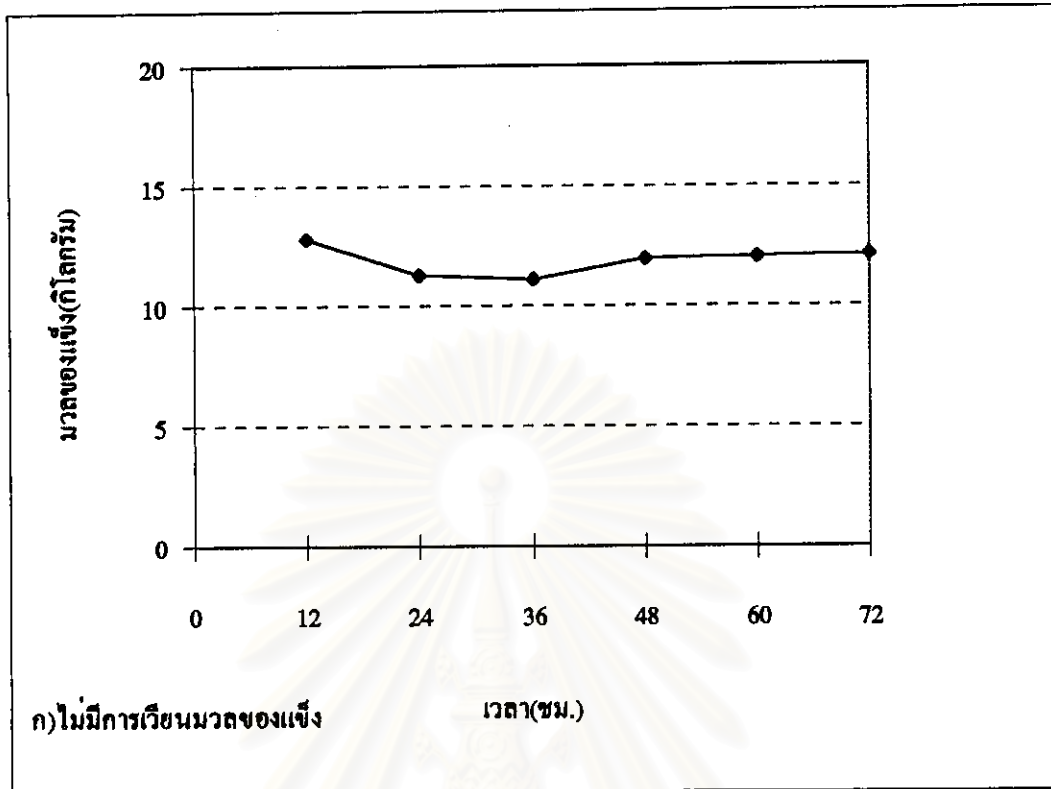
จากการทดลองใช้โพลีเมอร์ 0.3 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.3

จากรูปที่ 5.3 พบว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง ระบบมีมวลของแข็งอยู่ประมาณ 55-65 กิโลกรัม ส่วนการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งที่อัตรา 0.3 ของอัตราน้ำไหลเข้า มีมวลของแข็งอยู่ระหว่าง 20-30 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการทดลองที่ไม่เวียนมวลของแข็งมาก และก็มีค่าไม่คงที่ อธิบายได้เช่นเดียวกับการทดลองที่อัตราโพลีเมอร์ 0.1 มก./ล.

มวลของแข็งในการทดลองนี้ทั้งเวียนและไม่เวียนมวลของแข็ง มีค่ามากกว่าการทดลองที่โพลีเมอร์ 0.1 ทั้ง 2 กรณี เป็นผลจากการใช้โพลีเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้มวลของแข็งยึดเกาะตัวกันดีขึ้นตามกลไกสะพานเชื่อมด้วยโพลีเมอร์

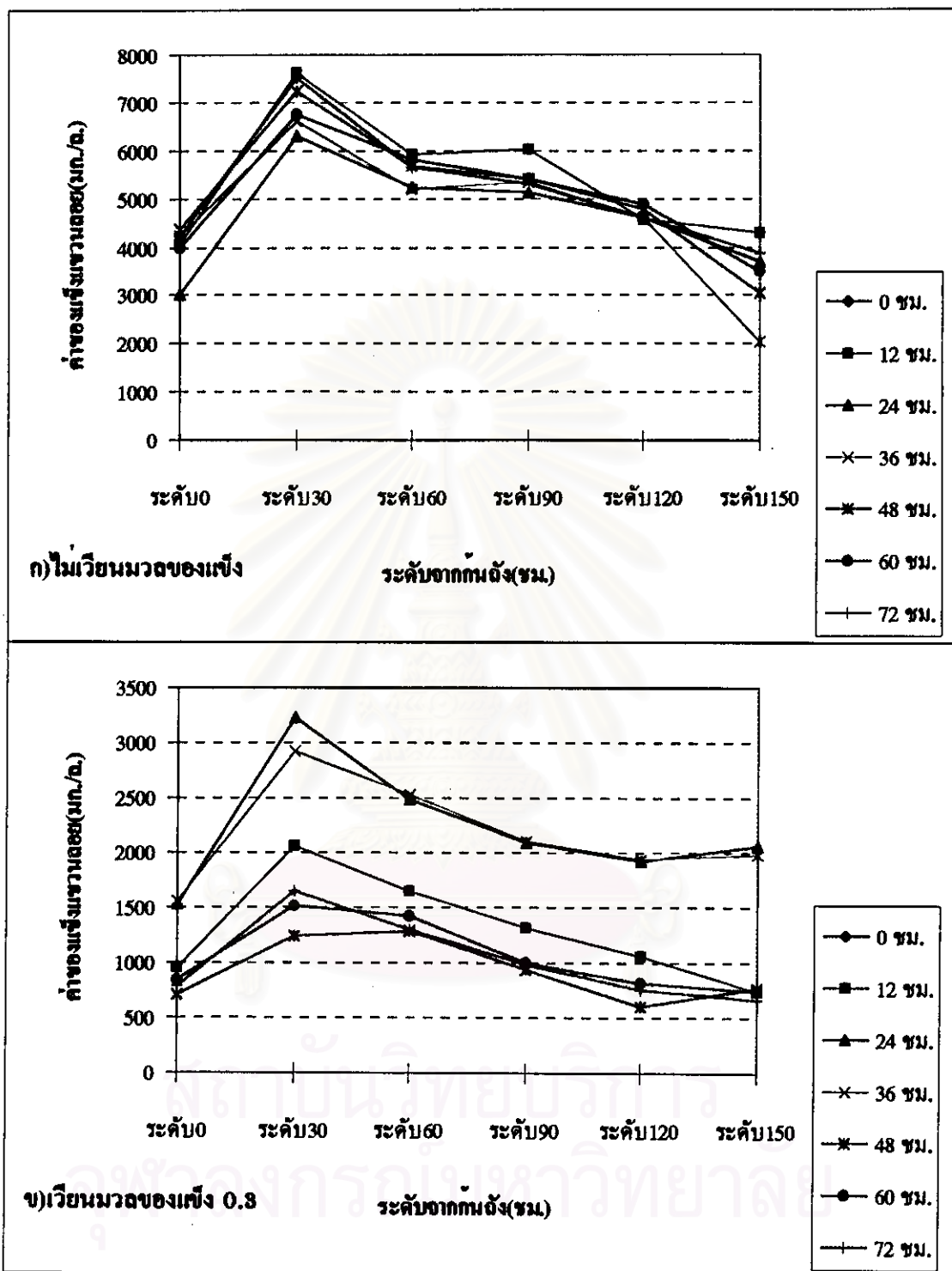
จากรูปที่ 5.4 พบว่าในการทดลองที่ไม่มีการเวียนฯ สามารถสร้างชั้นมวลของแข็งได้ในเวลา 24 ชม. โดยมีค่าความเข้มข้นของมวลของแข็งประมาณ 20000 ถึง 30000 มก./ล. มวลของแข็งมีลักษณะแน่นกว่ากรณีโพลีเมอร์ 0.1 มก./ล. ส่วนการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง ก็สามารถสร้างชั้นมวลของแข็งได้ในเวลา 24 ชม. เช่นกัน แต่มีค่าความหนาแน่นของมวลประมาณ 5000 ถึง 10000 มก./ล. เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมาก

หมายเหตุ เมื่อเปรียบเทียบมวลในการทดลองช่วงที่ 1 กับมวลในช่วงที่ 3 ซึ่งใช้โพลีเมอร์ 0.3 มก./ล.เท่ากัน แต่พบว่าในบางเวลาของช่วงที่ 1 มวลมีค่าสูงถึง 60 มก./ล. ซึ่งสูงกว่าในการทดลองช่วงที่ 3 ดังนั้นฐานว่าเกิดจากการตกตะกอนของโพลีเมอร์ทำให้การป้อนโพลีเมอร์ช่วงนั้นสูงกว่าปกติจึงทำให้มวลสูงขึ้นไปด้วย



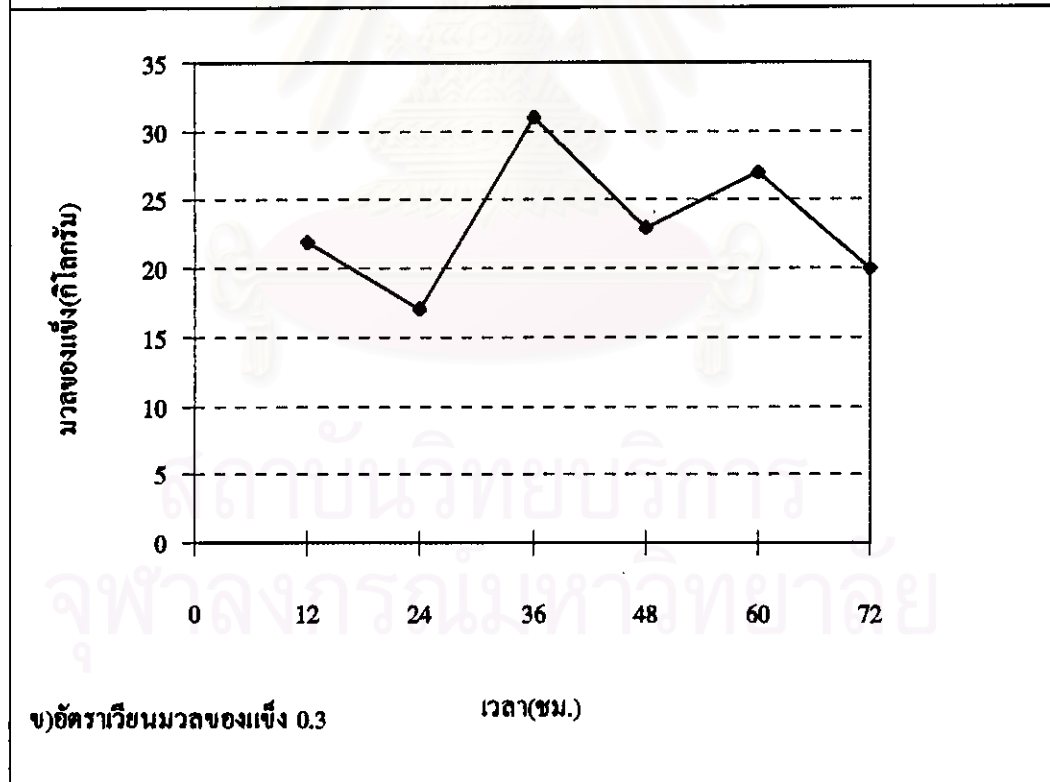
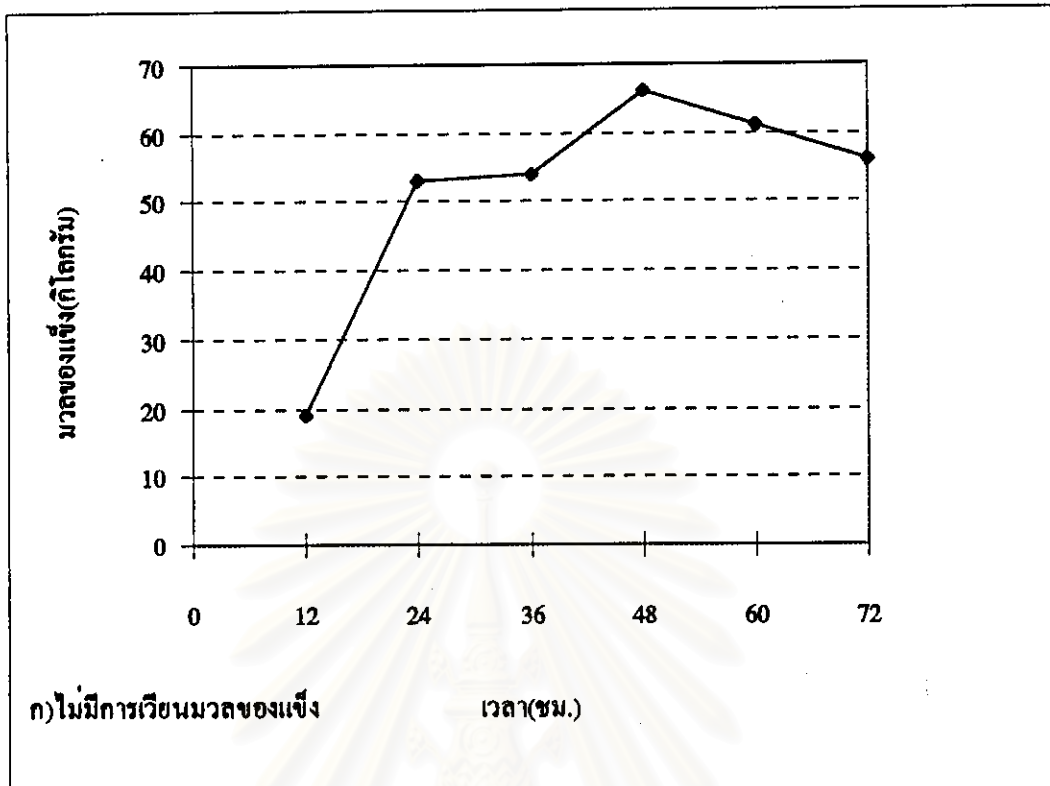
หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีขึ้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.1 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล. เมื่อไม่มีการเวียนมวลของแข็งและมีการเวียนมวลของแข็ง

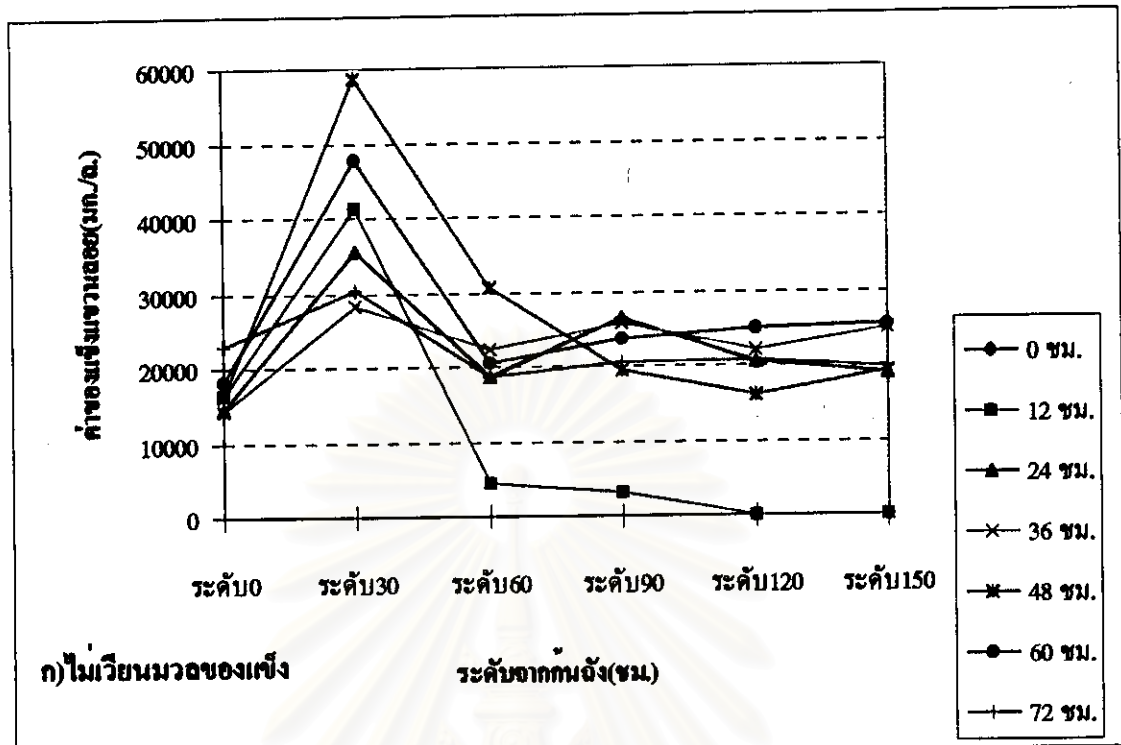


หมายเหตุ: เวลานับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ

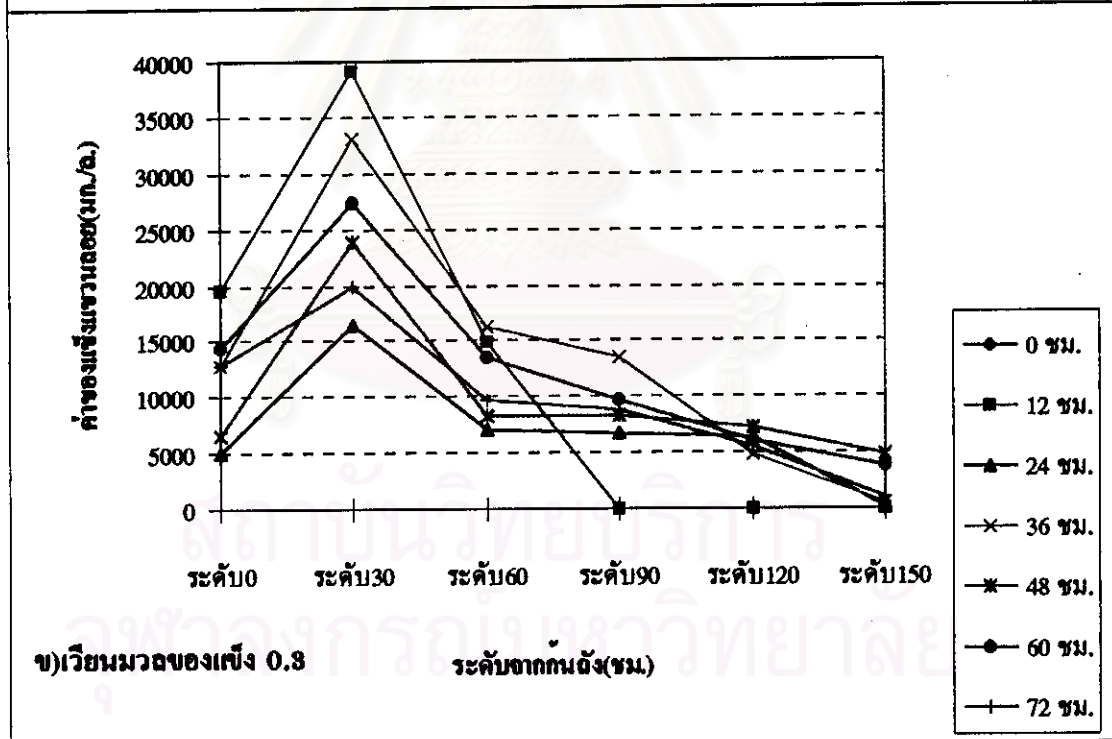
รูปที่ 5.2 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆ ที่โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล. ในกรณีวิณมวตของแข็งและไม่วิณมวตของแข็ง



หมายเหตุ: หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง  
รูปที่ 5.3 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล. เมื่อไม่มี  
การเวียนมวลของแข็งและมีการเวียนมวลของแข็ง



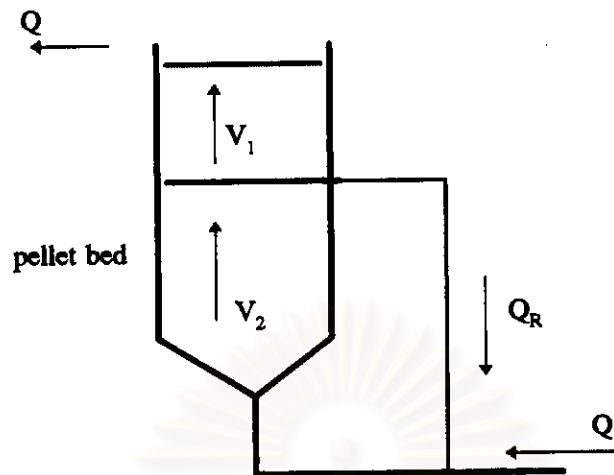
ก) ไม่เว้นมวลของแข็ง



ข) เว้นมวลของแข็ง 0.8

หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.4 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆ ที่โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล. ในกรณีเว้นมวลของแข็งและไม่เว้นมวลของแข็ง



รูปที่ 5.5 ผังความเร็วของน้ำในระบบ

$$V_1 = Q/A$$

$$V_2 = (Q+Q_R)/A$$

โดย  $V = ETV$ (empty tank velocity)

จากรูป 5.5 จะพบว่าในช่วงชั้นมวลของแข็งมีค่าความเร็ว  $V_2$  ซึ่งมากกว่า  $V_1$  (ความเร็วไหลขึ้นของชั้นน้ำเหนือชั้นมวลของแข็ง) ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการเวียนมวลของแข็ง ซึ่งมีผลต่อการคัดขนาดของมวลของแข็ง ซึ่งถ้าความเร็วการจมตัวของมวลของแข็งมีค่าน้อยเกินไประบบเกิดการ washed out ของมวลของแข็งและมวลในถังจะลดลง

ในการทดลองเรื่องการเวียนเฟล็ดเล็กที่ผ่านมา ถ้ามีการเวียนเฟล็ดเล็ก ในช่วงชั้นเฟล็ดเล็กจะมีความเร็วน้ำไหลขึ้นสูง ( $V_2$ ) มวลที่เบาๆ ก็จะหลุดลอยออกไปเหลือแต่มวลที่หนักและแน่น ซึ่งถ้าเป็นเฟล็ดเล็กที่ดีๆ การเวียนเฟล็ดเล็กก็จะเป็นการคัดพันธุ์เอาแต่เฉพาะเฟล็ดเล็กที่มีขนาดใหญ่ ความหนาแน่นสูงไว้ และทำให้มีมวลในระบบมากขึ้น มีตัวจับความขุ่นมากขึ้น ประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้นด้วย แต่ถ้ามวลในระบบยังไม่เป็นเฟล็ดเล็ก ก็จะเพิ่มมวลไม่ได้ มีการเวียนมวลของแข็งในกรณีนี้ก็

### 1.2.3 กรณีใช้โพธิเมอร์ ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

จากการทดลองใช้โพธิเมอร์ 0.5 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.6



จากรูปที่ 5.6 พบว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง มีมวลของแข็งเมื่อระดับความสูงของชั้นมวลของแข็งสูง 150 ซม. ประมาณ 100 กิโลกรัม ส่วนการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งมีมวลในระบบอยู่ระหว่าง 40-60 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระบบที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็งและมีค่าแกว่งสูง เมื่อมีการเวียนมวลของแข็งจะทำให้มีความเร็วในช่วง 150 ซม. จากกันถึงสูงขึ้นจาก 8.5 เป็น 11.05 ม./ชม. อธิบายได้เหมือนการทดลองที่โพสิเมอร์ 0.3 มก./ล.

เมื่อเปรียบเทียบในช่วง 24 ชม.แรก การทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็งพบว่ามียวน้อยกว่าการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 5.6 และความขุ่นน้ำพืดในการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งก็มีค่าต่ำกว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง ซึ่งก็สนับสนุนฐานได้ว่าเมื่อระบบในชุดควบคุมมีมวลมากจะมีประสิทธิภาพดีกว่า(ในรูปที่ 5.6 ระบบมีมวลน้อยเป็นเพราะระดับของของแข็งในระบบยังสูงไม่ถึงท่อเก็บตัวอย่างน้ำ ซึ่งการคำนวณมวลในระบบอาจผิดพลาดได้)

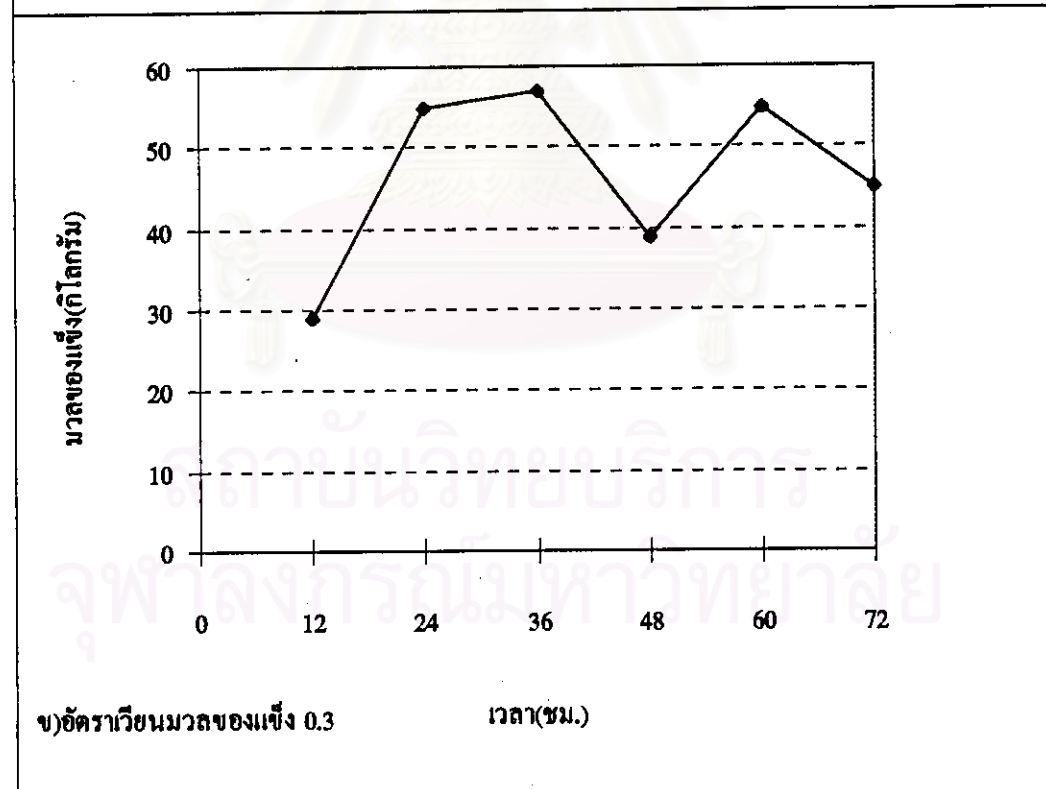
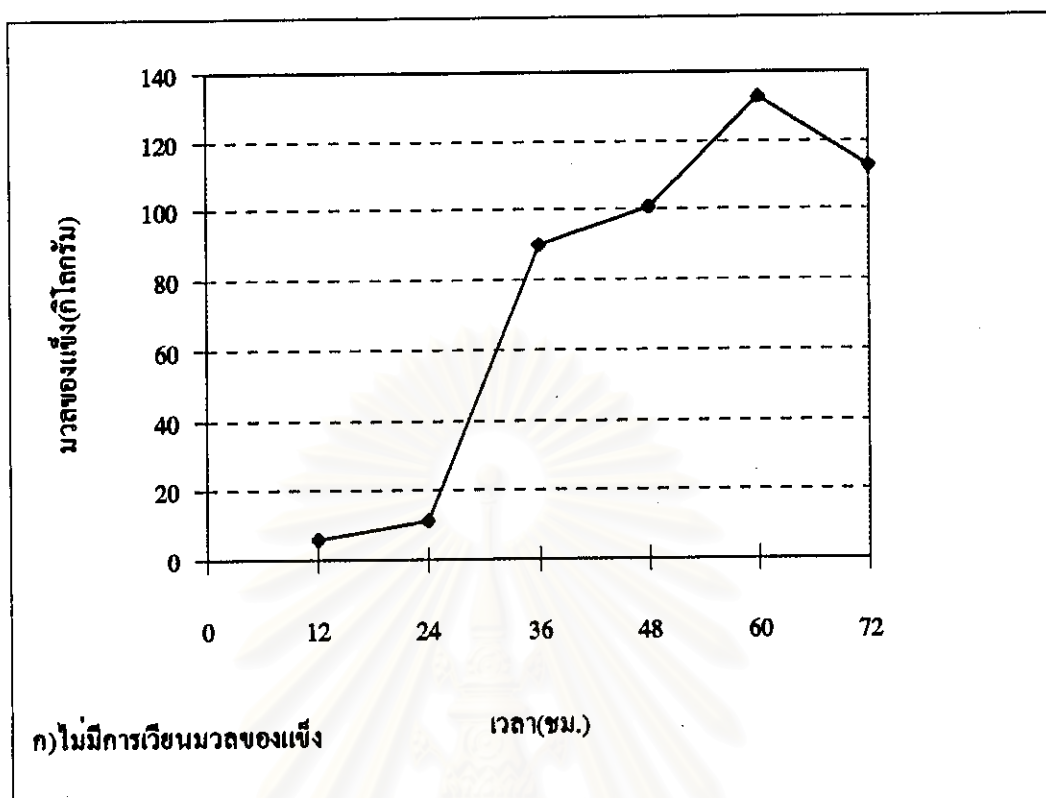
จากรูปที่ 5.7 พบว่าในการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง ไขเวลาในการสร้างชั้นมวลของแข็งให้มีระดับ 150 ซม. ถึง 60 ซม. โดยมีความหนาแน่นอยู่ที่ประมาณ 50000 มก./ล(ไม่รวมที่ระดับ 30 ซม. โดยจะกล่าวถึงปรากฏการณ์ที่ระดับนี้ในการทดลองช่วงที่ 2) ส่วนการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง สามารถสร้างชั้นให้มีระดับ 150 ซม.ได้ในเวลา 24 ถึง 36 ชม. แต่เมื่อดูจากรูปและพบว่าที่ระดับ 150 ซม. มีค่ามวลต่ำมาก เป็นเพราะเมื่อระดับมวลสูงถึง 150 ซม. ซึ่งก็จะถึงท่อเวียนมวลด้วย ก็จะมีการ wash out ของระบบ หรืออาจมีการระบายทิ้งมากเกินไปจนระดับมวลต่ำกว่าท่อเก็บน้ำตัวอย่างก็ได้ ค่าความหนาแน่นอยู่ที่ประมาณ 20000 มก./ล

#### 5.1.2.4 กรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

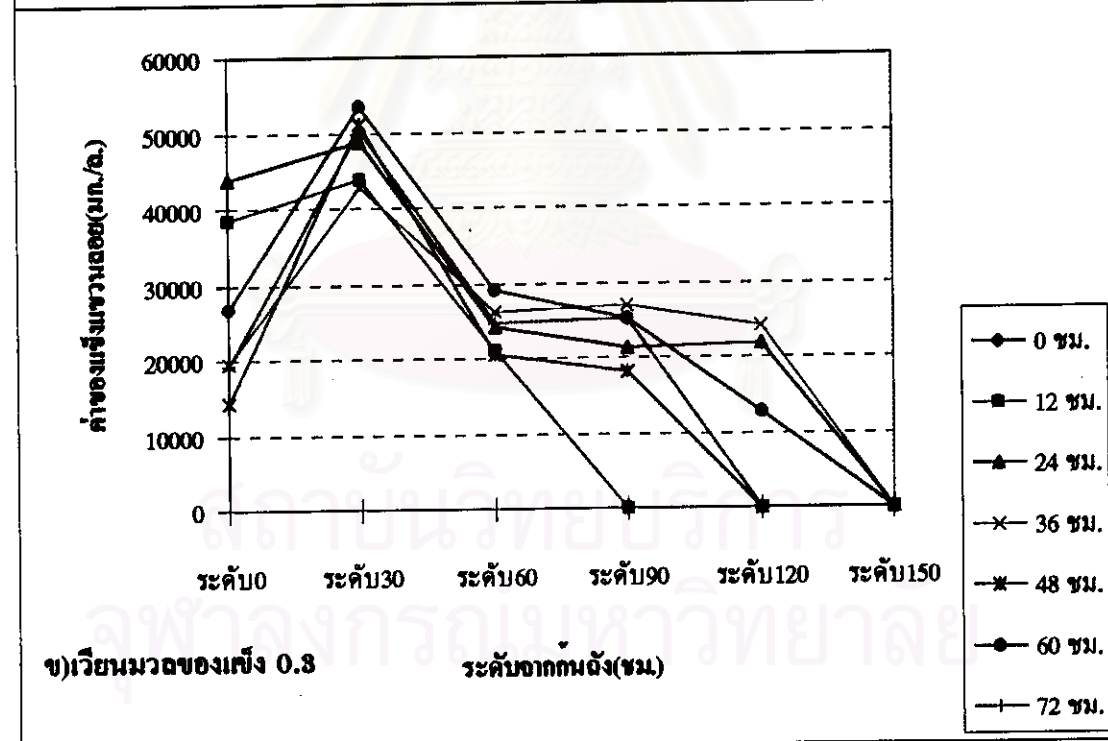
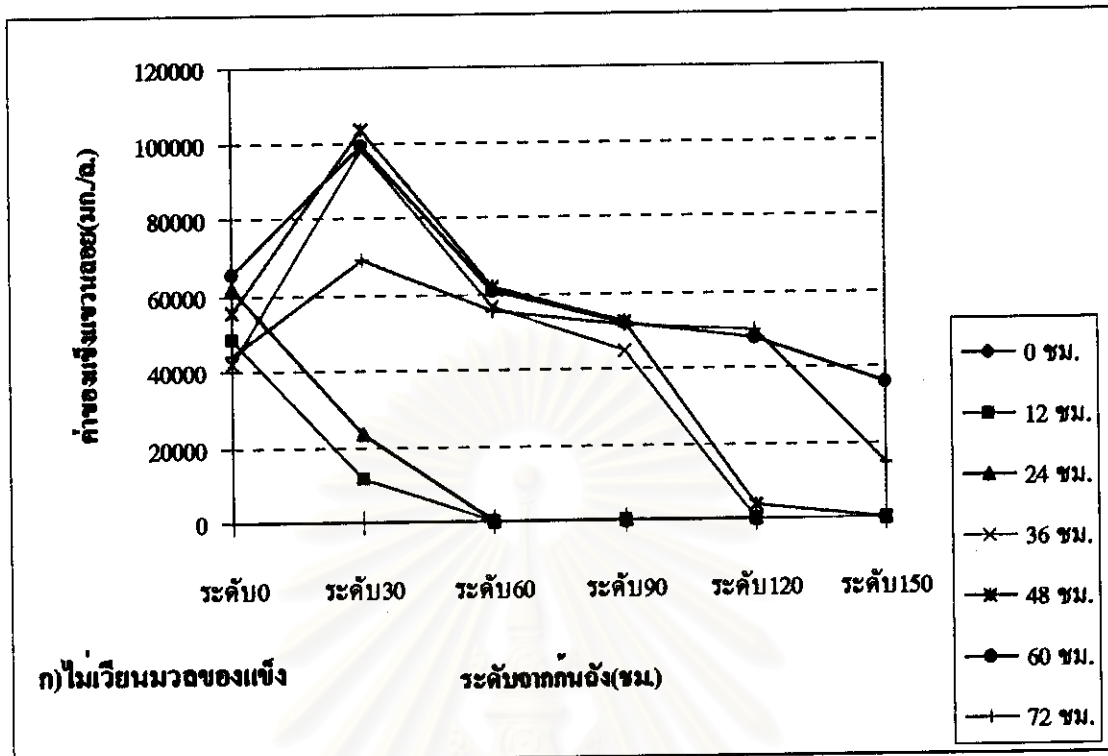
จากการทดลองใช้โพสิเมอร์ 0.7 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.8

จากรูปที่ 5.8 พบว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็งมีมวลของแข็งอยู่ในระบบประมาณ 140 กิโลกรัม ส่วนการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง มวลในระบบอยู่ในช่วง 35-50 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าไม่คงที่ ซึ่งอธิบายเหมือนการทดลองที่โพสิเมอร์ต่ำกว่า

จากรูปที่ 5.9 พบว่าในการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง ในเวลา 72 ชม. ยังไม่สามารถสร้างชั้นมวลของแข็งได้ถึงระดับ 150 ซม. ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 60000 มก./ล. ส่วนในการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง สามารถสร้างชั้นฯ ได้ในเวลา 60 ชม. ความหนาแน่นอยู่ในช่วงประมาณ 15000 มก./ล เท่านั้น ซึ่งระบบมีการ wash out มากกว่าการทดลองที่โพสิเมอร์ 0.5 มก./ล ดังนั้นความหนาแน่นจึงต่ำกว่า

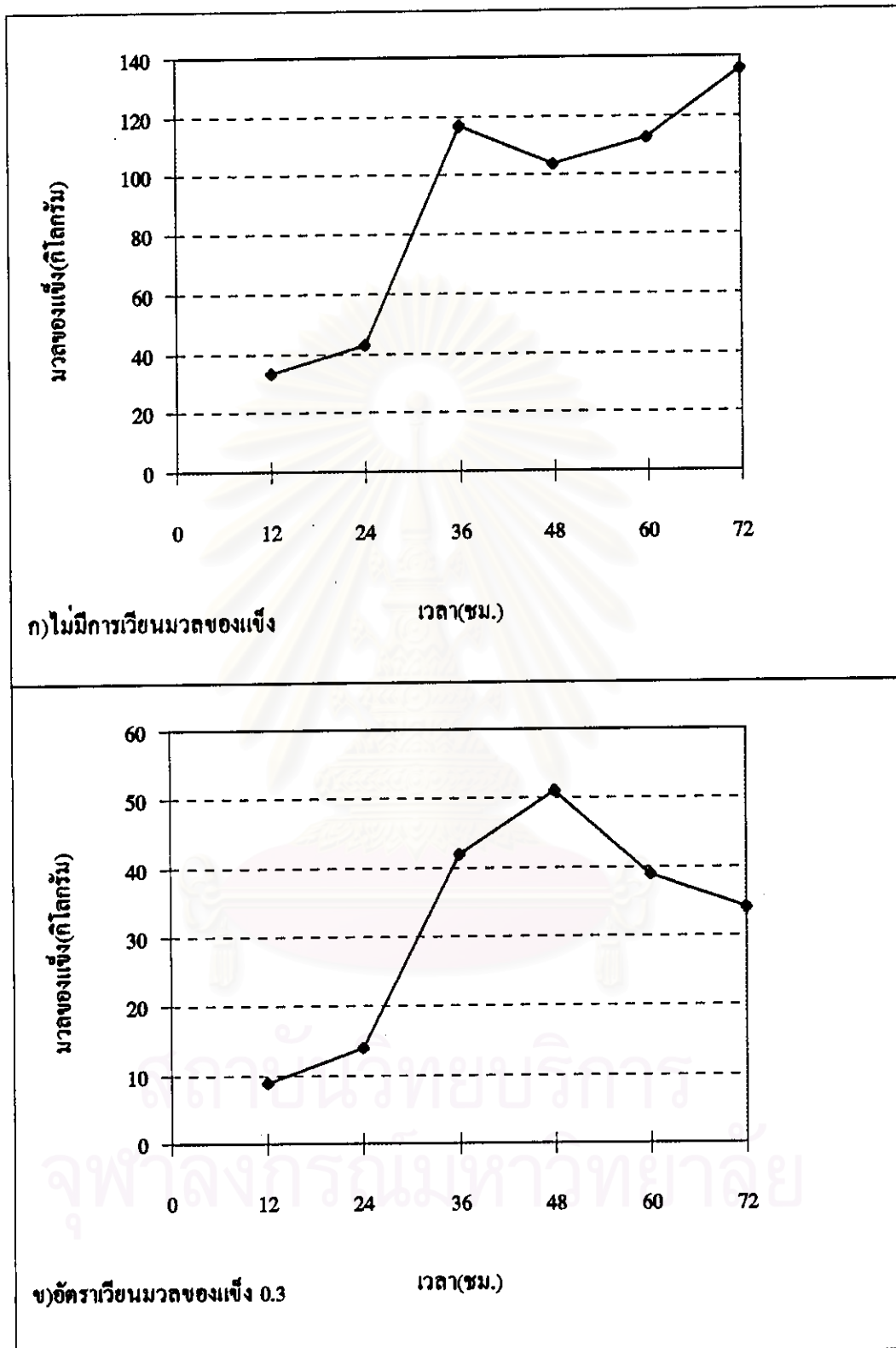


หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง  
รูปที่ 5.6 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้โพลิมเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล. เมื่อไม่มีการเวียนมวลของแข็งและมีการเวียนมวลของแข็ง



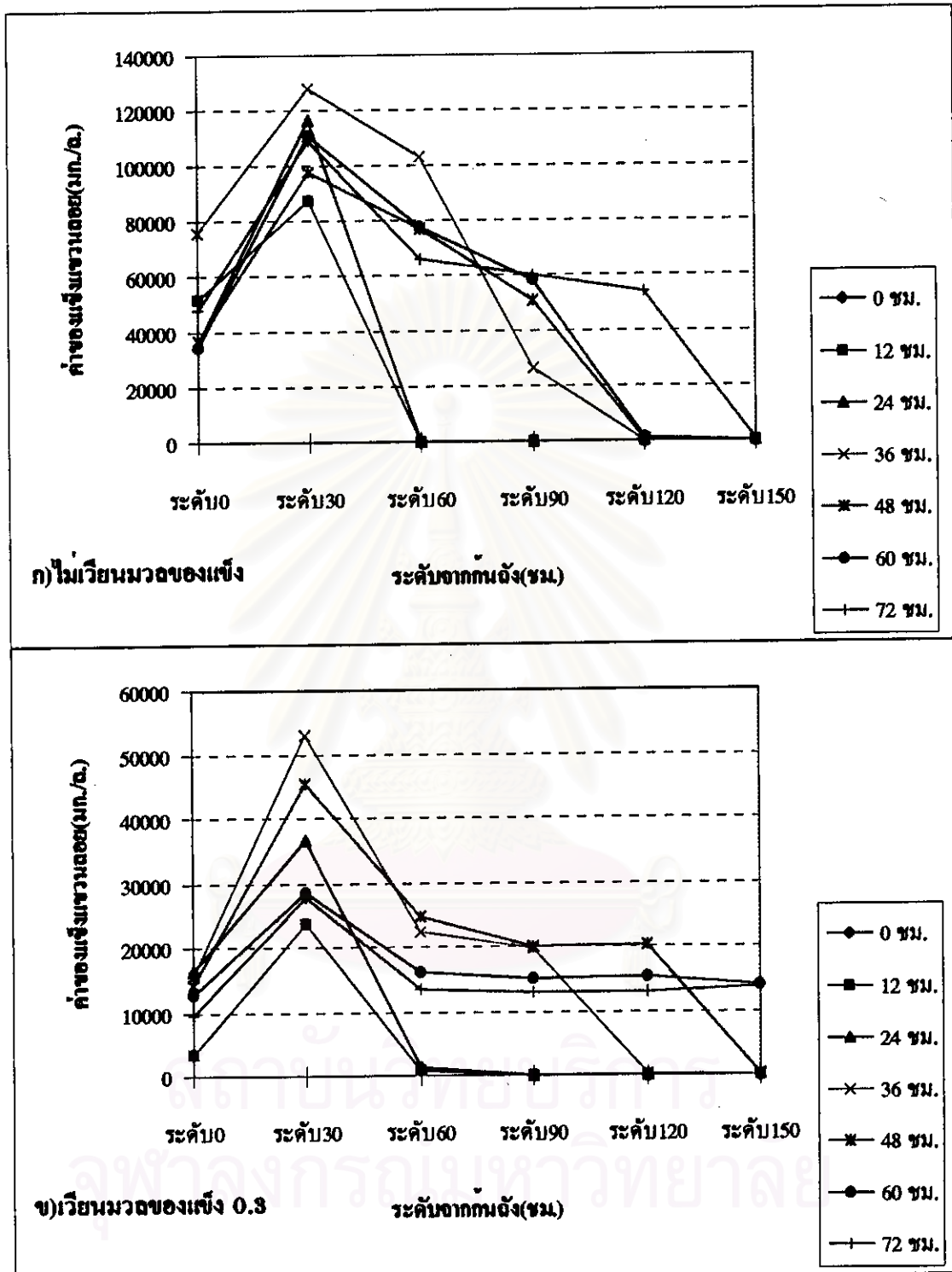
หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวถของแข็ง

รูปที่ 5.7 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆ ที่โพธิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.ในกรณีวิเวณมวถของแข็งและไม่วิเวณมวถของแข็ง



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.8 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้โพติเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ก. เมื่อไม่มีการเวียนมวลของแข็งและมีการเวียนมวลของแข็ง



หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.9 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆ ที่โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.ในกรณีเวียนมวลของแข็งและไม่เวียนมวลของแข็ง

### 5.1.2 อิทธิพลของการเวียนมวลของแข็งที่มีต่อความขุ่นน้ำผลิต

#### 5.1.2.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.

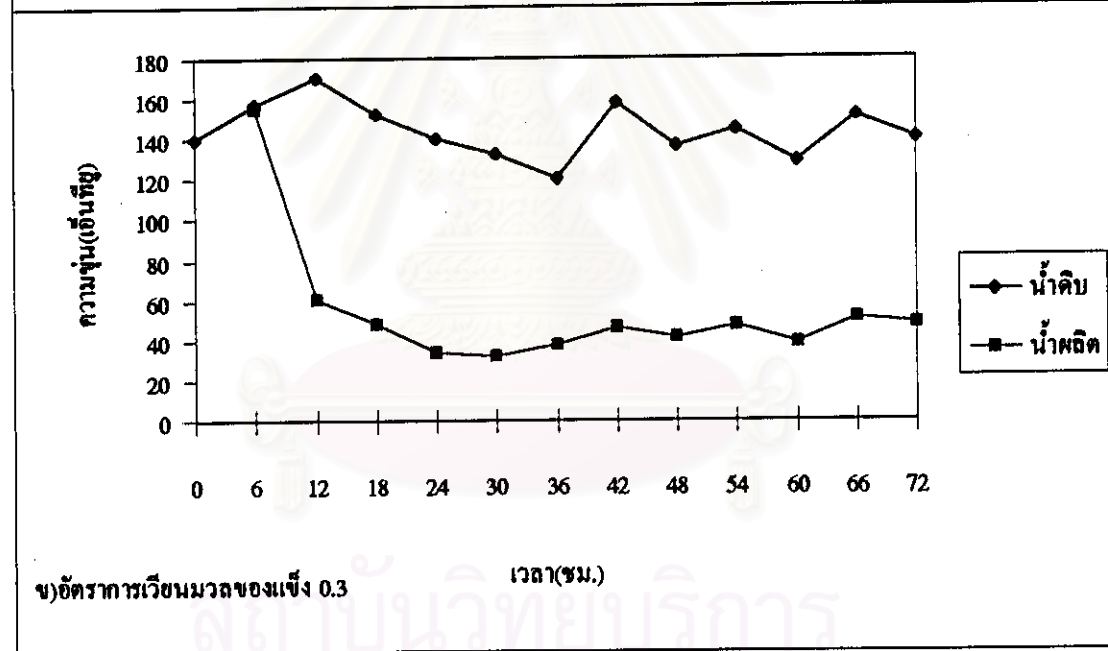
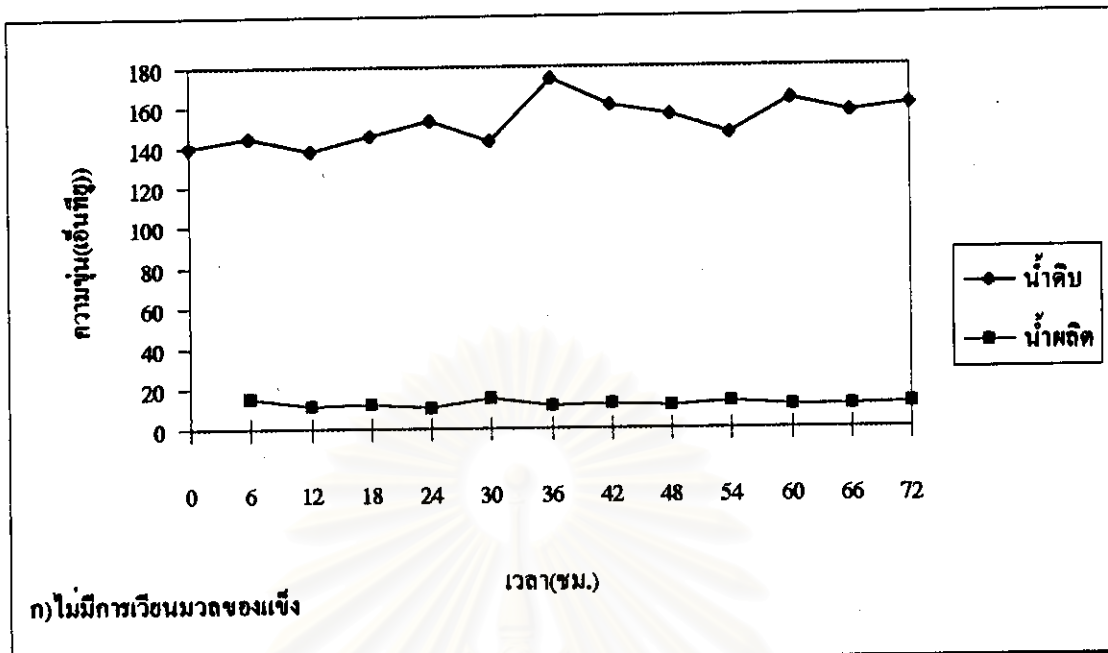
จากการทดลองใช้โพลีเมอร์ 0.1 มก./ล. เป็นโคแอกกูแลนต์เอคและสารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ด้วยความเข้มข้น 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม) ที่ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. รวมทั้งอัตราการเวียนของแข็งที่ 0 และ 0.3 ของอัตราน้ำไหลเข้า ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับ โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.

อัตราการเวียน มวลของแข็ง	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)	t	n
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)			
0	140-174(153)	10.9-15.1(12.3)	91.9	12-72	11
0.3	120-171(140)	32-61(42)	69	24-72	9

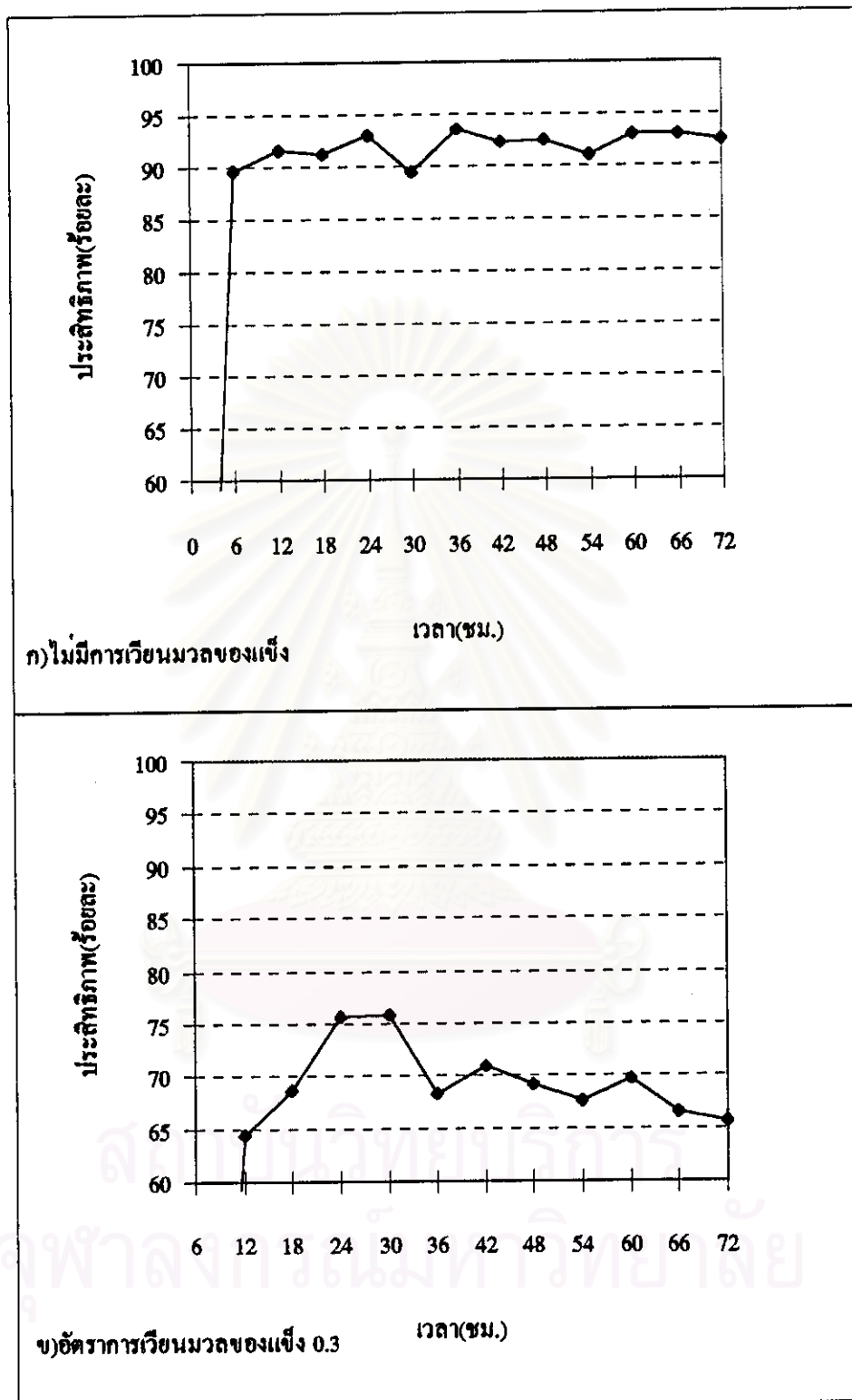
t = เวลาที่นำค่ามาเฉลี่ย , n = จำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ย

จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 5.1 รูปที่ 5.10 และ 5.11 พบว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง น้ำผลิตที่ได้มีความขุ่นค่าสูงกว่าที่ต้องการหรือกำหนดโดยกปน. (5 เอ็นทียู) มาก อธิบายได้ว่าปริมาณโพลีเมอร์มีปริมาณต่ำเกินไป กลไกใช้โพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมจึงเกิดขึ้นไม่พอกับระบบที่ต้องการประสิทธิภาพสูง(อัตราน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม.) ส่วนการทดลองที่มีอัตราเวียนมวลของแข็งที่อัตรา 0.3 ของอัตราน้ำเข้าผลปรากฏว่า ระบบเสถียรสมดุล ไม่สามารถควบคุมระดับชั้นมวลของแข็งได้เนื่องจากมวล(ซึ่งยังไม่ได้เป็นเฟลล็ด)ในถังมีน้ำหนักเบาและหลุดลอยออกไปกับน้ำผลิต อธิบายได้ว่า ความเร็วที่เพิ่มขึ้นในช่วงชั้นมวลของแข็ง( $v_2$ )มีค่าสูงเกินไป(ดูรูป 5.5) และที่ปริมาณโพลีเมอร์ 0.1 มก./ล. มีปริมาณไม่เหมาะสมกับระบบอยู่แล้ว



:หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.10 ความสูงน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ ปริมาณความเข้มข้น 0.1 มก./ล. เมื่อไม่มี การเวียนมวลของแข็งและมีการเวียนมวลของแข็ง



รูปที่ 5.11 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ ปริมาณ 0.1 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง



5.1.2.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.3 มก./ล.

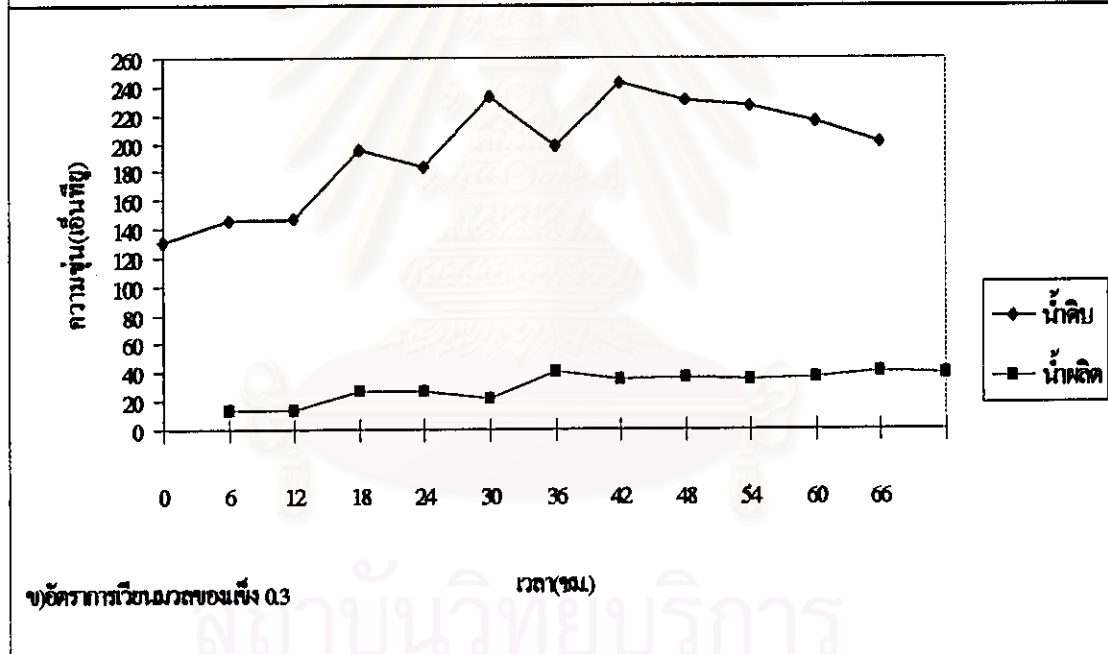
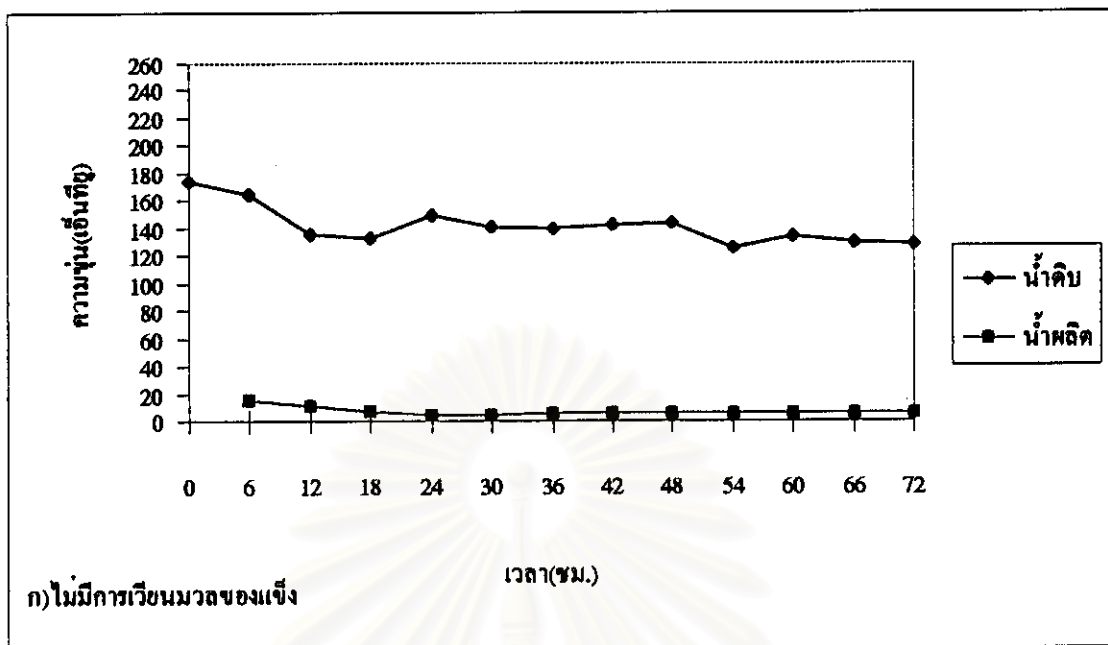
จากการทดลองเพิ่มโพลีเมอร์เป็น 0.3 มก./ล. ลักษณะการทดลองอย่างอื่นเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.3 มก./ล.

อัตราการเวียน มวลของแข็ง	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นเฉลี่ย	t	n
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)			
0	126-149(136)	3.8-6.7(5.5)	95.9	18-72	10
0.3	130-242(207)	21-40.1(33.5)	83.8	18-72	10

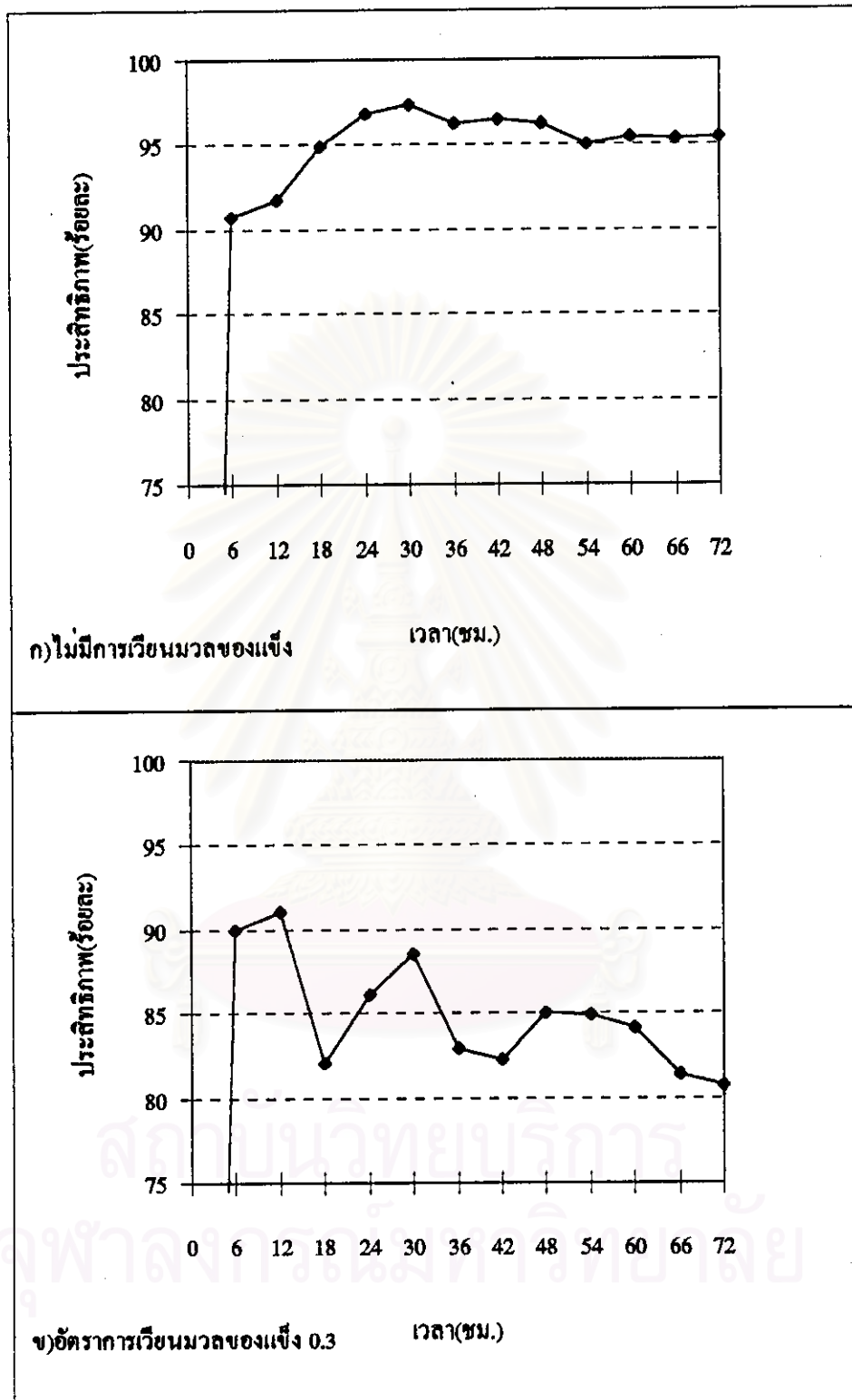
t = เวลาที่นำคามาเฉลี่ย ,n=จำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ย

จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 5.2 รูปที่ 5.12 และ 5.13 การทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง น้ำผลิตมีความขุ่นเฉลี่ย 5.5 ซึ่งสูงกว่าค่ากำหนดเล็กน้อย ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าการทดลองที่แล้ว(เมื่อใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.) อธิบายได้ว่า ผลจากกลไกสะพานเชื่อมของโพลีเมอร์ที่มากขึ้นทำให้ชั้นมวลของแข็งมีความหนาแน่นและความเร็วจมตัวสูงขึ้น และผลจากการทดลองการเวียนมวลของแข็ง 0.3 ของอัตราน้ำไหลเข้า เมื่อระดับชั้นมวลของแข็งสูงถึง 150 ซม. ระบบเสถียรสมดุลเนื่องช่วงแรกระบบต่างกับการทดลองไม่เวียนมวลของแข็งคือความเร็วที่มากขึ้นในชั้นมวลของแข็ง แต่พอระดับชั้นมวลของแข็งสูงถึงท่อเวียนกลับมวลของแข็ง มีการนำมวลของแข็ง(ซึ่งไม่ใช่ฟล็อก)กลับเข้าสู่ถังกันดั้มใหม่ ซึ่งกลับเป็นการเพิ่มความขุ่นน้ำเข้าให้กับระบบและเพิ่มความเร็วไหลขึ้นในช่วงชั้นมวลของแข็ง(ถ้ามวลของแข็งในระบบไม่เป็นฟล็อกที่แน่น มวลของแข็งก็จะถูกขับเป็นความขุ่นออกไปกับน้ำผลิต) ระบบจึงเสถียรสมดุลและไม่สามารถควบคุมความสูงชั้นมวลของแข็งได้ ซึ่งอธิบายได้ว่ามวลของแข็งที่นำกลับถึงแม้ว่าจะมีโพลีเมอร์และสารส้มที่กลับมาเพิ่มให้กับระบบ แต่จากการผ่านเครื่องสูบน้ำจึงเกิดความปั่นป่วนที่สูงมาก ทำให้มวลของแข็งที่เกิดจากกลไกสะพานเชื่อมแตกออก กลายเป็นความขุ่นซึ่งเป็นการเพิ่มภาระให้กับระบบ (จากการสังเกตระหว่างการทดลอง เมื่อชั้นมวลของแข็งสูงถึงท่อเวียน มวลของแข็งบางส่วนในระบบจะพุ่งขึ้นเป็นฟล็อกขนาดเล็กลอยออกไปกับน้ำผลิต (เป็นการกักคขนาดของมวลของแข็งในถังปฏิกรณ์) จนปริมาณมวลลดลงและชั้นมวลของแข็งลดระดับลงมาต่ำกว่าท่อ



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.12 ความชุ่มน้ำคืบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารร่วมกับโพติเมอร์ไม่มีประจุ ปริมาณความเข้มข้น 0.3 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.13 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ ไม่มีประจุปริมาณ 0.3 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการแขวนลอยของแข็ง

เวียน น้ำผลิตจึงจะไม่มีฟลือกลอยออกไป ความขุ่นน้ำผลิตก็กลับดีเกือบเท่าคอนชั้นมวลของแข็งที่ยังสูงไม่ถึงท่อเวียน แต่เนื่องจากมวลของแข็งน้อยกว่าคอนชั้นมวลของแข็งที่ยังสูงไม่ถึงท่อเวียน ความขุ่นน้ำผลิตจึงยังสูงกว่าเล็กน้อย)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นโพลีเมอร์ 0.1 และ 0.3 มก./ล ตามรูปที่ 5.11 และ 5.13 พบว่าที่ 0.3 มก./ล ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นที่ดีกว่าที่ 0.1 มก./ล มาก ทั้งในการทดลองที่เวียนมวลของแข็งและไม่เวียนมวลของแข็ง ซึ่งสรุปในเบื้องต้นได้ว่าโพลีเมอร์มีความสำคัญอย่างมากในระบบนี้

### 5.1.2.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

จากการทดลองเพิ่มโพลีเมอร์เป็น 0.5 มก./ล. ส่วนรายละเอียดอื่นเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 5.3 ตารางที่ 5.3 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

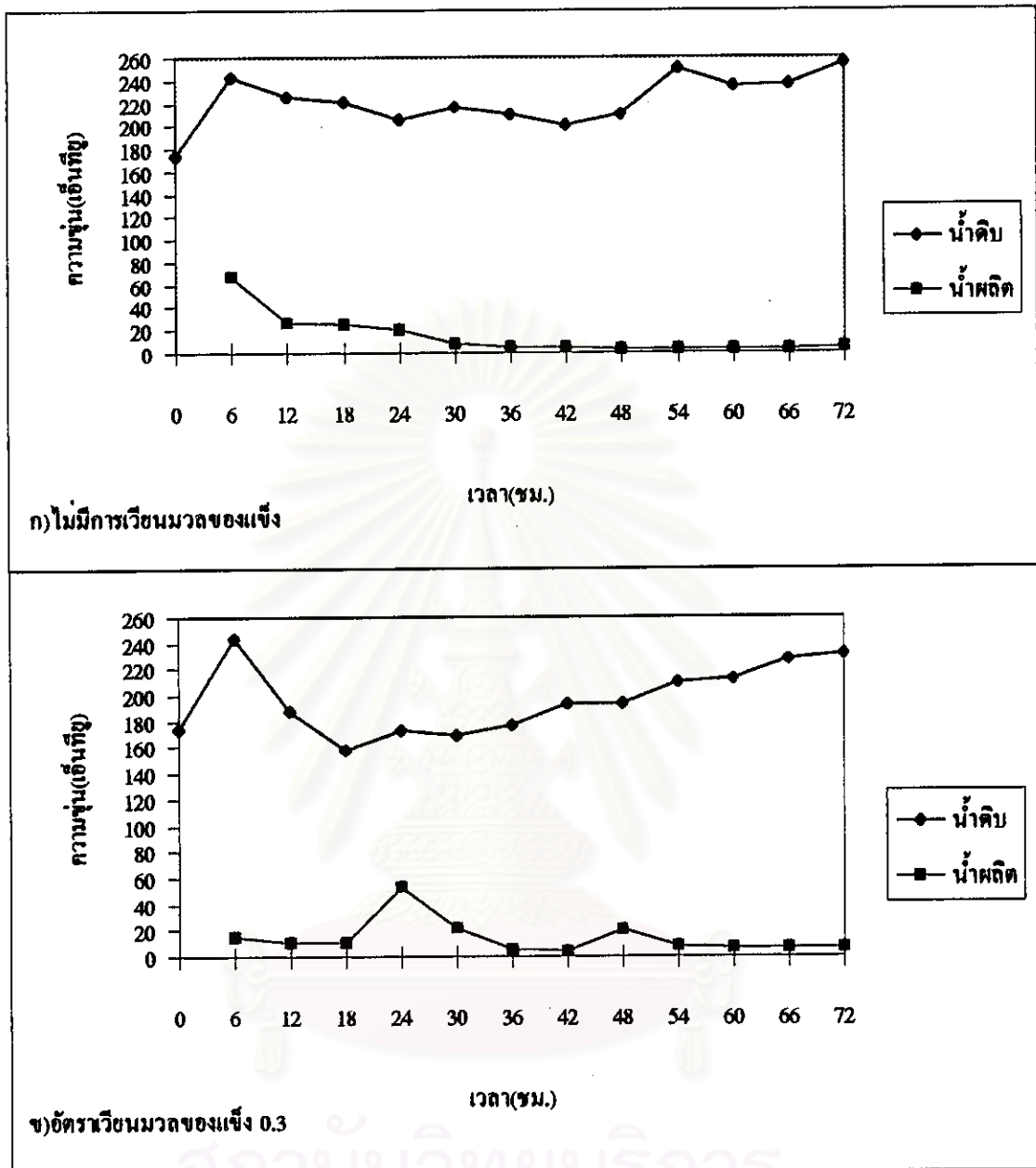
อัตราการเวียน มวลของแข็ง	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)	t	n
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)			
0	200-255(231)	3.6-5.2(4)	98.2	42-72	6
0.3	158-243(194)	4.7-20.6(14.5)	92.5	18-72	10

t = เวลาที่นำค่ามาเฉลี่ย ,n=จำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ย

จากการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 5.3 รูปที่ 5.14 และ 5.15 พบว่าเมื่อไม่มีการเวียนมวลของแข็ง น้ำผลิตมีความขุ่นเฉลี่ย 4 เอ็นทียู แต่ใช้เวลาในการสร้างชั้นมวลของแข็งให้สูงถึงระดับ 150 ซม. อยู่ในช่วง 48-60 ชั่วโมง แต่ความขุ่นน้ำผลิตเริ่มมีค่าต่ำประมาณ 5 เอ็นทียู ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 36 ซึ่งมีระดับชั้นมวลของแข็งสูงอยู่เพียง 90 ถึง 120 ซม. (ยังไม่มีการระบายทิ้ง) ดังนั้นเวลาในการสร้างชั้นมวลของแข็งให้สูงถึงระดับ 150 ซม.ที่ความเข้มข้นโพลีเมอร์ต่ำกว่าจะใช้เวลาประมาณเพียง 18-24 ชม. อธิบายได้ว่ากรณีที่โพลีเมอร์ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของอนุภาคมากขึ้น ตกตงมาอัดตัวได้มากขึ้นจึงต้องใช้เวลาสร้างชั้นมวลของแข็งมากขึ้น แต่จะเป็นมวลที่มีประสิทธิภาพสูง จับความขุ่นได้ดีกว่า ในปริมาณมวลของแข็งที่เท่ากันในดังปฏิกิริยจึงมีความสูงชั้นมวลของแข็งลดลง การสร้างชั้นมวลของแข็งด้วยความขุ่นน้ำดิบจึงต้องให้เวลานาน

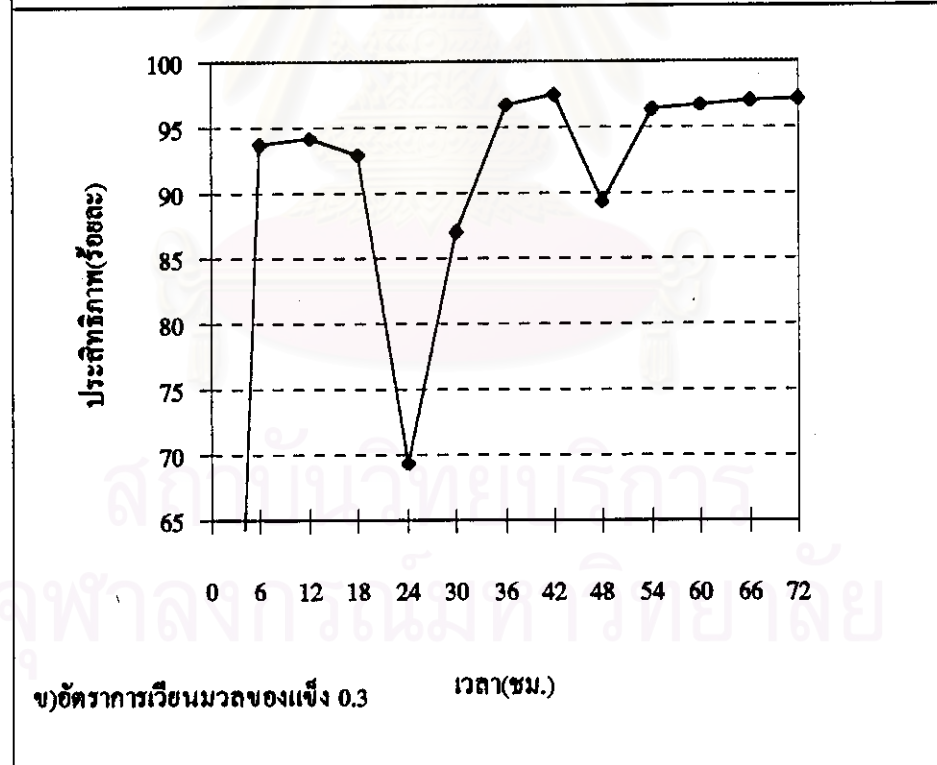
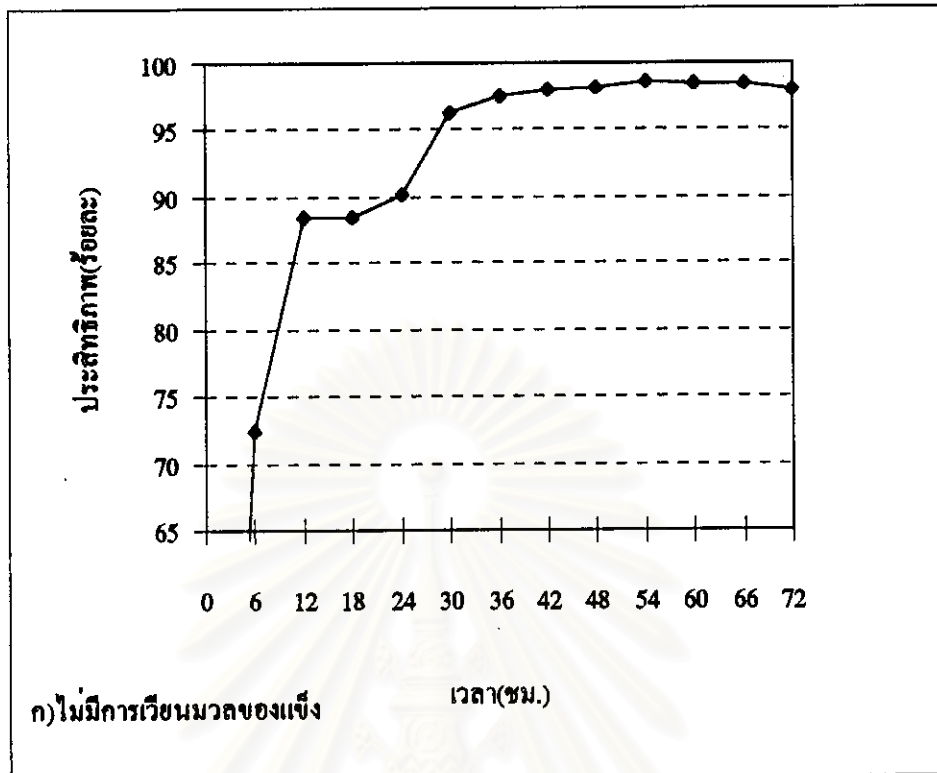
จากรูปที่ 5.14 และ 5.15 พบว่าในช่วง 24 ชั่วโมงแรกระบบมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งเมื่อดูจากรูปที่ 5.6 และ 5.7 ก็จะพบว่ามวลก็มีค่าระดับชั้นยังอยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 ซม. จึงเป็นผลให้น้ำผลิตมีความพุ่งสูง ซึ่งสันนิษฐานได้ว่ามวลและความสูงชั้นมวลของแข็งมีผลต่อความพุ่งของน้ำผลิต

จากการทดลองเวียนมวลของแข็งที่อัตรา 0.3 ของน้ำไหลเข้า พบว่า ระหว่างชม. ที่ 18 ถึง 24 ระดับสร้างชั้นมวลของแข็งได้ถึง 150 ซม. ซึ่งเร็วกว่าการทดลองที่ไม่ได้เวียนมวลของแข็ง อธิบายได้ว่าความเร็วในช่วงระดับ 0 ถึง 150 ซม. สูงขึ้นอีก 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลให้เกิดแรงยกสูงขึ้นและมีความหนาแน่นของชั้นมวลของแข็งน้อยลง ระดับชั้นมวลของแข็งจึงถูกยกตัวให้สูงขึ้นเร็ว และพอชั้นมวลของแข็งสูงถึงท่อเวียนกลับ มวลของแข็งจะถูกดูดเข้าท่อ ผ่านเครื่องสูบน้ำที่มีความปั่นป่วนสูงมาก มวลของแข็งจึงแตกออกกลายเป็นความพุ่งที่สูงมากเข้าระบบ(กลายเป็นภาวะ shock load) ระบบจึงเสถียรสมดุล ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการทดลองที่โพธิเมธร์ต่ำกว่า และพอระดับชั้นมวลของแข็งต่ำกว่า 150 ซม. (เนื่องจากมวลของแข็งในระบบแตกออกลอยไปกับน้ำ ผลิกระยะเวลาหนึ่งทำให้มวลในระบบมีค่าน้อยลง) แม้ความพุ่งที่เข้าระบบยังเป็นปกติ ความพุ่งน้ำผลิตก็ก่กดับต่ำลง แต่พอระดับชั้นมวลของแข็งสูงถึง 150 ซม. ในระหว่างชม. ที่ 42 ถึง 48 ระบบก็เสถียรสมดุลอีกครั้ง



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.14 ความเข้มข้นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้ร่วมกับโพติเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง



หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.15 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพติเมอร์  
ไม่มีประจุปริมาณ 0.5 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง

5.1.2.4 กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

จากการทดลองเพิ่มโพธิเมอร์เป็น 0.7 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารร่วมกับโพธิเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

อัตราการเวียน มวลของแข็ง	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)	t	n
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)			
0	201-267(231)	3-4.9(3.8)	98.3	42-72	6
0.3	88-153(120)	2.3-2.8(2.6)	97.7	24-48	5
	89-140(116)	41-121(89)**	23.2	54-72	4

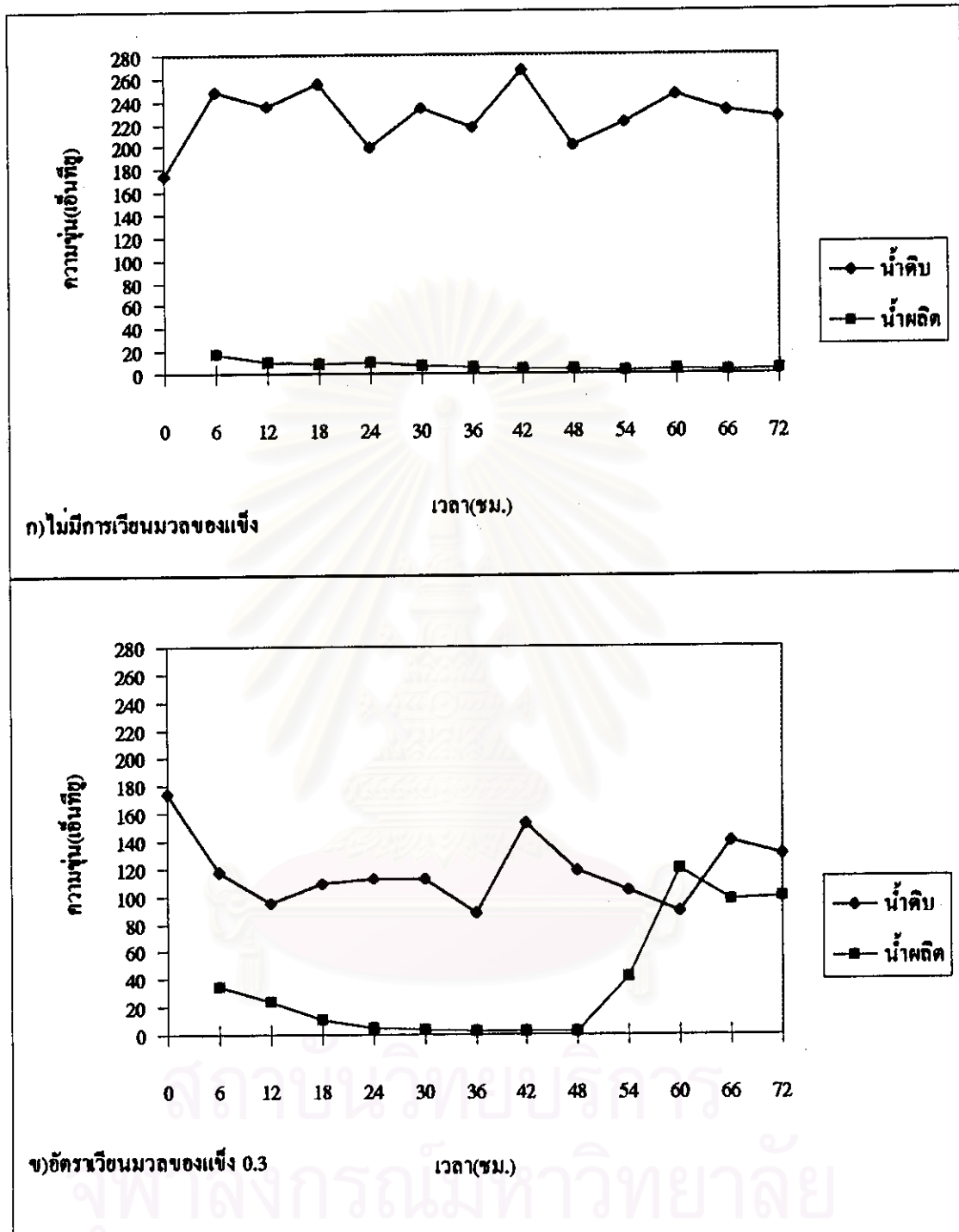
\* ช่วงที่ระดับชั้นมวลของแข็งยังสูงไม่ถึงท่อเวียน \*\* ช่วงที่ระดับชั้นมวลของแข็งสูงถึงท่อเวียน

t = เวลาที่นำค่ามาเฉลี่ย, n = จำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ย

จากตารางที่ 5.4 รูปที่ 5.16 และ 5.17 การทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็งพบว่า สามารถผลิตน้ำความขุ่นเฉลี่ย 3.8 เอ็นทียู ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 98.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองที่เวียนมวลของแข็ง ได้แบ่งผลออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงที่ความสูงชั้นมวลของแข็งยังไม่ถึงท่อเวียนมวลของแข็ง(ระหว่างชม.ที่48-54 ความสูงชั้นมวลของแข็งอยู่ระหว่าง 120 ถึง 150 ซม.) ระบบสามารถผลิตน้ำได้ความขุ่นเฉลี่ย 2.6 เอ็นทียู คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นได้ 97.7 เปอร์เซ็นต์ อีกช่วงคือช่วงที่ระดับความสูงชั้นมวลของแข็งสูงถึงท่อเวียนมวลของแข็ง(หลังชม.ที่ 48) ระบบเสียสมดุล น้ำผลิตมีฟล็อกลอยออกมากับน้ำผลิตเป็นผลให้น้ำผลิตมีคุณภาพต่ำ คือ บางช่วงน้ำผลิตมีความขุ่นสูงกว่าน้ำเข้าเสียอีก ประสิทธิภาพเฉลี่ยประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระบบมีการเสียสมดุลมากกว่าการทดลองที่ผ่านมา อธิบายได้ว่า การใช้โพธิเมอร์ที่ความเข้มข้นสูงมวลในชั้นมวลของแข็งมีปริมาณสูงเมื่อกลับเข้าท่อเวียนมวลของแข็ง ก็จะนำมวลที่สูงมากเวียนกลับเข้าระบบใหม่ โพธิเมอร์ปริมาณที่ใช้อยู่ไม่เพียงพอที่จะจับความขุ่นที่สูงมากได้ จึงเป็นการเพิ่มภาระกับระบบอย่างมาก

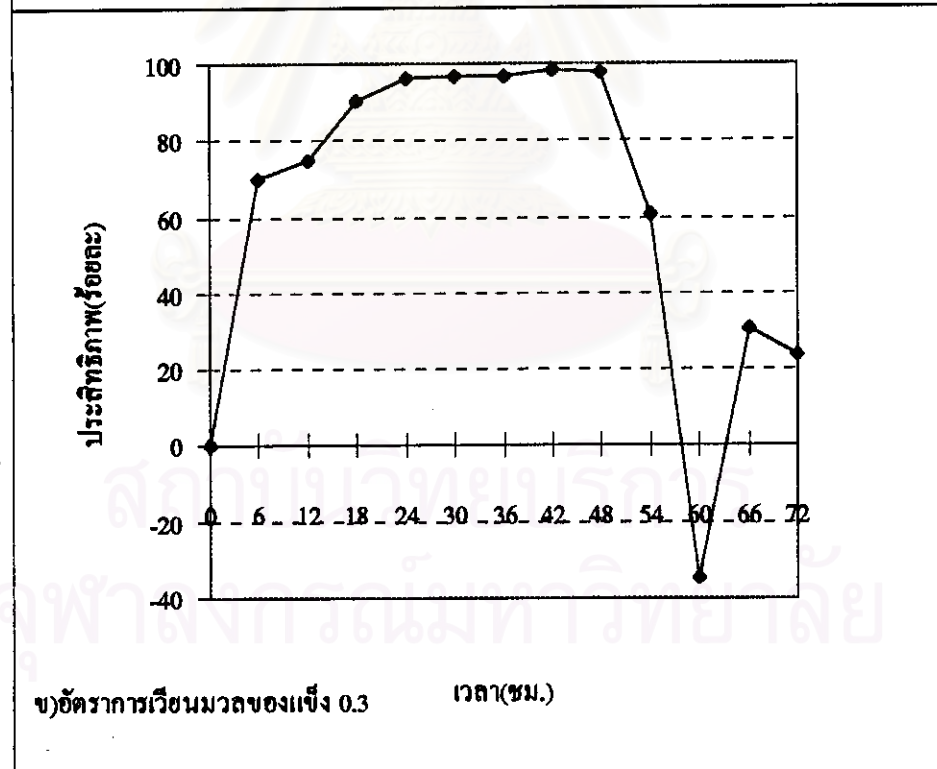
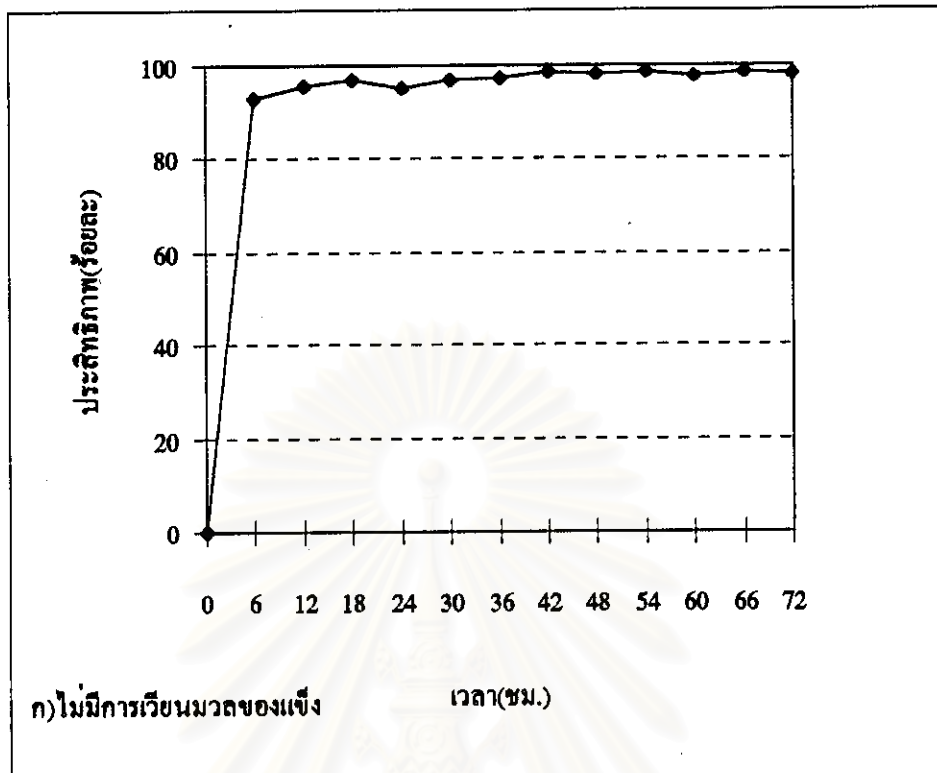
จากรูปที่ 5.16 ในการทดลองที่มีเวียนมวลของแข็ง ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก น้ำผลิตมีความขุ่นสูง อธิบายได้ว่าการเวียนมวลของแข็งเป็นการคัดขนาดมวลที่เล็ก ๆ และเบาๆ ก็จะหลุดออกเป็นความขุ่นในน้ำผลิต ซึ่งเมื่อหมดน้ำก็จะใส ระบบดำเนินถึงหลังชั่วโมงที่ 48 มวลของแข็งขึ้นถึงท่อเวียน มวลของแข็งก็เลยพุ่งขึ้นเป็นฟล็อกลอย ออกมากับน้ำผลิต ทำให้ความขุ่นน้ำผลิตสูงขึ้น





หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.16 ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ ปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง



หมายเหตุ: เวลานั้นจากเริ่มป้อนน้ำเข้าระบบ ยังไม่มีชั้นมวลของแข็ง

รูปที่ 5.17 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์  
ไม่มีประจุปริมาณ 0.7 มก./ล. เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง

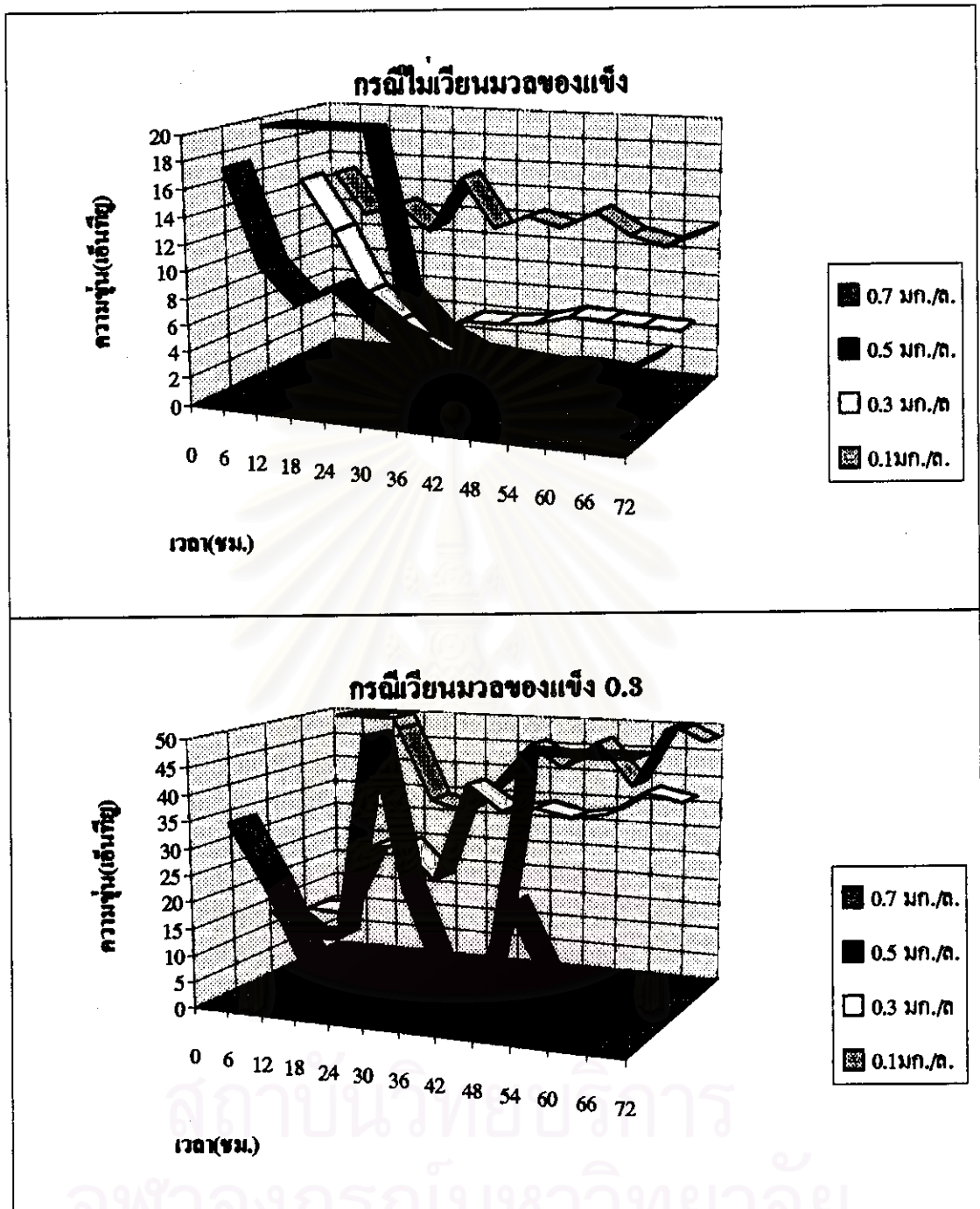
จากรูปที่ 5.18 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความขุ่นน้ำผลิตของการไม่เวียนมวลของแข็งที่โพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าความขุ่นน้ำผลิตมีค่าสูงกว่า 10 เอ็นทียูในกรณีใช้โพลีเมอร์ 0.1 มก./ล. ส่วนการใช้ปริมาณโพลีเมอร์ตั้งแต่ 0.3 มก./ล. สามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นได้ใกล้เคียงและต่ำกว่า 5 เอ็นทียู เมื่อเพิ่มความเข้มข้นโพลีเมอร์ ส่วนการเปรียบเทียบการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็งอัตรา 0.3 ปรากฏว่าที่ทุกค่าโพลีเมอร์ความขุ่นน้ำผลิตไม่คงที่และมีความขุ่นบางช่วงที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ที่ความเข้มข้นโพลีเมอร์มากกว่าระบบเมื่อเสียดสมมูลแล้วประสิทธิภาพจะลดลงมากกว่าที่โพลีเมอร์ต่ำกว่า

### 5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความขุ่นในน้ำผลิต

จากการเผ่าสังเกตรระบบ ในทุกค่าโพลีเมอร์ที่มีการเวียนมวลของแข็ง เมื่อระดับชั้นมวลของแข็งมีความสูงถึงท่อเวียน ที่ระดับ 150 ซม. ระบบจะเริ่มเสียดสมมูล มีฟลોકลอยออกมา กับน้ำผลิต ความขุ่นน้ำผลิตมีค่าสูงมาก ซึ่งระบบจะเป็นอยู่นาน จนระบบฯ ไล่มวลที่เล็กและเบา ออกหมด ระดับชั้นมวลของแข็งก็จะลดลงมาต่ำกว่าท่อเวียนกลับ ระบบจึงกลับเป็นปกติอีก จนกว่าระดับชั้นมวลของแข็งจะสูงถึงท่อเวียนกลับอีก ระบบก็จะเสียดสมมูลอีก

จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้งหมดที่ โพลีเมอร์ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 มก./ล พบว่ายิ่งค่าโพลีเมอร์สูง การสร้างชั้นมวลของแข็งจะใช้เวลาานกว่าการทดลองที่โพลีเมอร์ต่ำกว่า อธิบายได้ว่ากรณีที่ใช้โพลีเมอร์สูงกว่านั้น ในชั้นมวลของแข็งมีความหนาแน่นของอนุภาคมากขึ้นตามปริมาณโพลีเมอร์ ซึ่งระบบจะต้องใช้ปริมาณอนุภาคหรือมวลของแข็งจำนวนมากในการสร้างชั้น โดยการที่สร้างชั้นมวลของแข็งจากน้ำคิบจึงต้องใช้เวลาาน ส่วนในการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง ระดับชั้นของระบบจะมีความสูงที่เร็วกว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง แต่มีความหนาแน่นของชั้นที่ต่ำกว่า เนื่องจากระบบมีความเร็วที่มากขึ้นระบบจะมีการคัดมวลที่เบาออกไป

จากรูปที่ 5.19 พบว่าในการทดลองที่ไม่เวียนมวลของแข็ง มวลในถังปฏิกรณ์เมื่อถึงภาวะสมมูลแล้วมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก และมีปริมาณมวลเรียงตามความเข้มข้นโพลีเมอร์ คือปริมาณโพลีเมอร์ยิ่งสูงค่ามวลในระบบก็จะมีค่ามากตามไปด้วย ตามที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้น แต่จากการทดลองที่มีการเวียนมวลของแข็ง มวลในถังปฏิกรณ์มีค่าไม่คงที่ และมีมวลที่ต่ำกว่าการทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแข็งกว่าครึ่ง ซึ่งตามที่ได้อธิบายไปแล้วในข้างต้นเช่นกัน

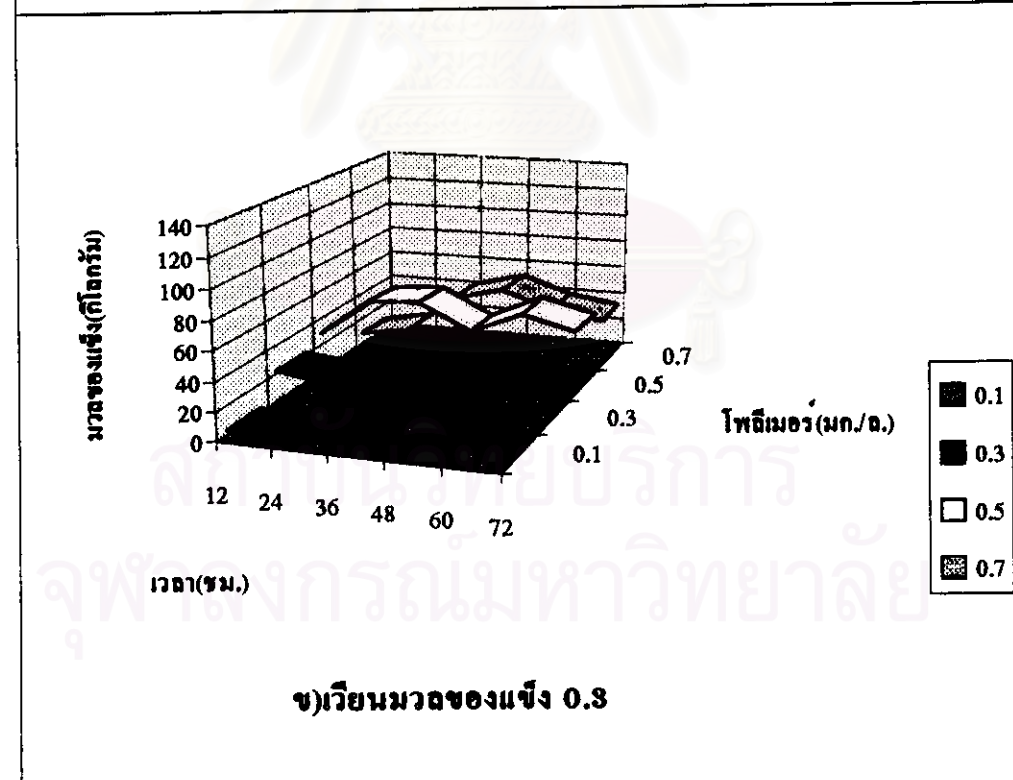
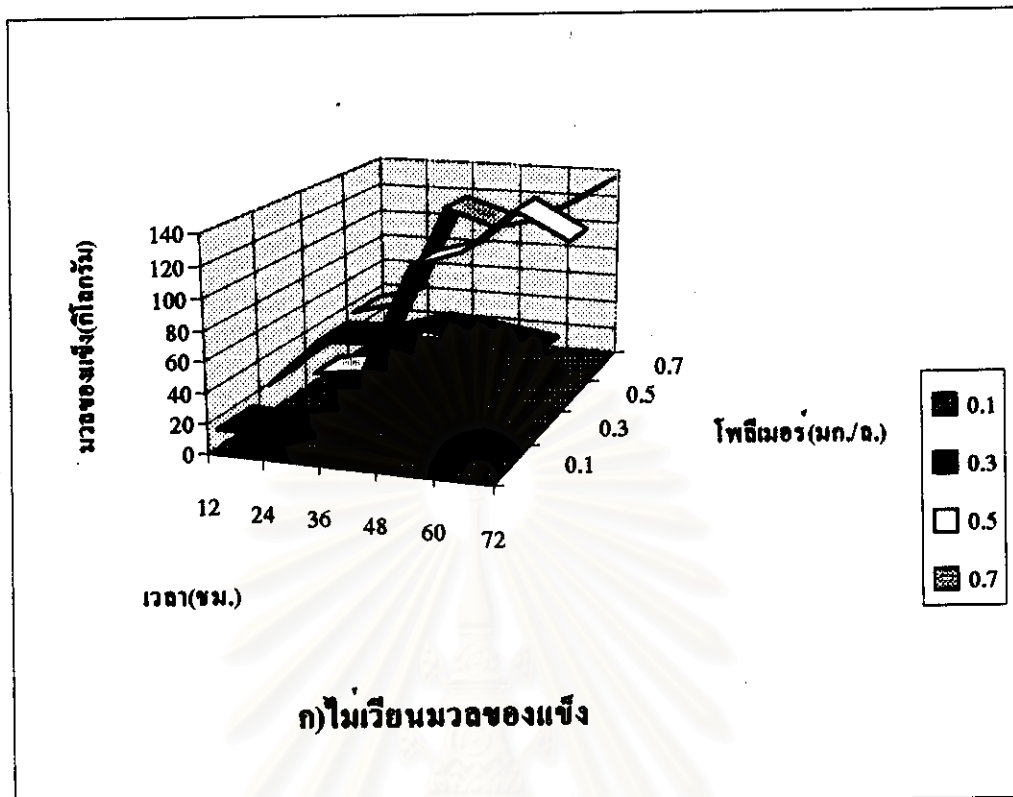


รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบความชุ่มน้ำผลิตที่โพลิเมอร์ต่างๆ, เวลาต่างๆในกรณีไม่เวียนมวลของแข็ง และเวียนมวลของแข็ง 0.3

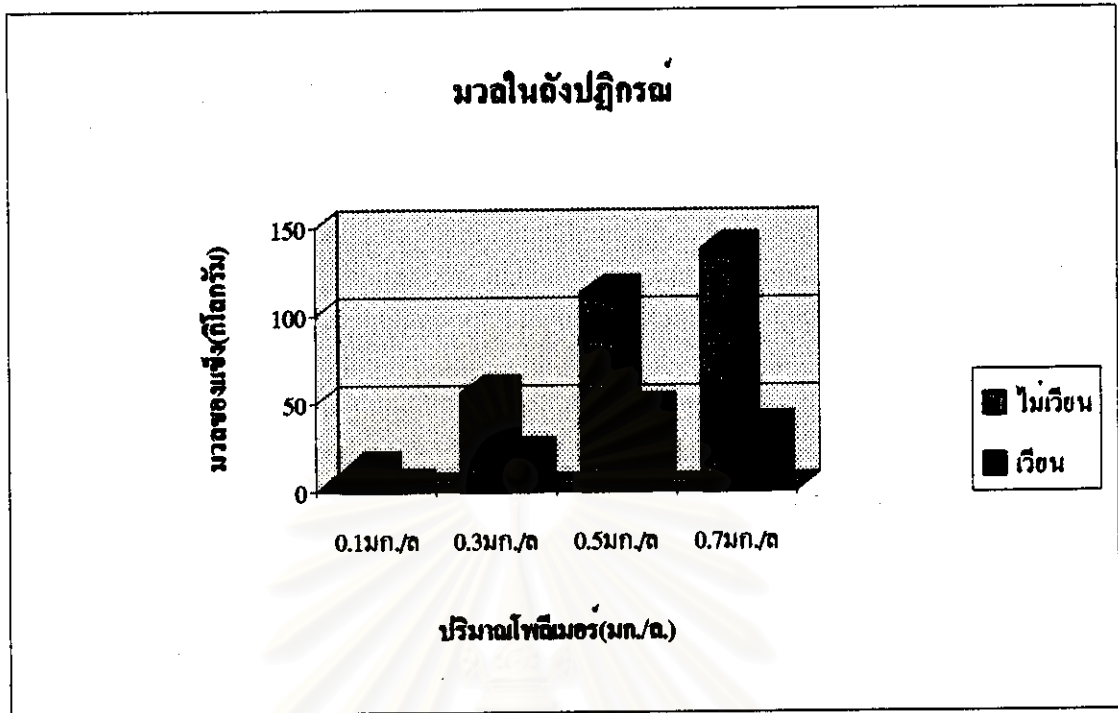
จากรูปที่ 5.18, 5.19, 5.20 และ 5.21 พบว่าในการทดลองที่ไม่เวียนมวลของแฉ่ง ปริมาณมวลในระบบจะแปรผกผันกับความขุ่นน้ำผลิต ในทุกการทดลอง คือเมื่อโพลีเมอร์มากขึ้นและมวลมากขึ้น ความขุ่นน้ำผลิตก็จะต่ำลง การทดลองที่ไม่มีการเวียนมวลของแฉ่งจะมีมวลในระบบสูงกว่าการทดลองที่มีการเวียนมวลของแฉ่งในทุกค่าความเข้มข้นโพลีเมอร์ ซึ่งอาจเป็นข้อสันนิษฐานได้ว่า ถ้าสามารถทำให้มวลในระบบเพิ่มขึ้นได้ก็จะทำให้ความขุ่นน้ำผลิตดีขึ้นด้วย ซึ่งถ้า start up ระบบด้วยคาโอดินซึ่งหนักกว่าความขุ่นน้ำดิบธรรมชาติ(คาโอดินตกตะกอนได้เร็วกว่า)ก็อาจทำให้มวลในระบบมีค่ามากขึ้นกว่าการ start up ด้วยน้ำดิบธรรมชาติ ระบบนี้ก็จะทำงานด้วยประสิทธิภาพที่สูงขึ้นได้

จากการทดลองในช่วงที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าการเวียนมวลของแฉ่งที่อัตรา 0.3 ของปริมาณน้ำเข้า ไม่สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพที่ดีได้ ระบบไม่เข้าสู่สถานะคงตัว ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้เครื่องสูบน้ำที่มีความปั่นป่วนสูง มวลของแฉ่งที่นำกลับมีคุณภาพต่ำ ไม่เป็นผลดีกับระบบ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองของกานตพันธุ์ (2539) ซึ่งใช้เครื่องสูบน้ำแบบโคอะแฟรม จึงไม่มีความปั่นป่วนที่สูงในระบบเวียนกลับ เหมือนกับการทดลองนี้

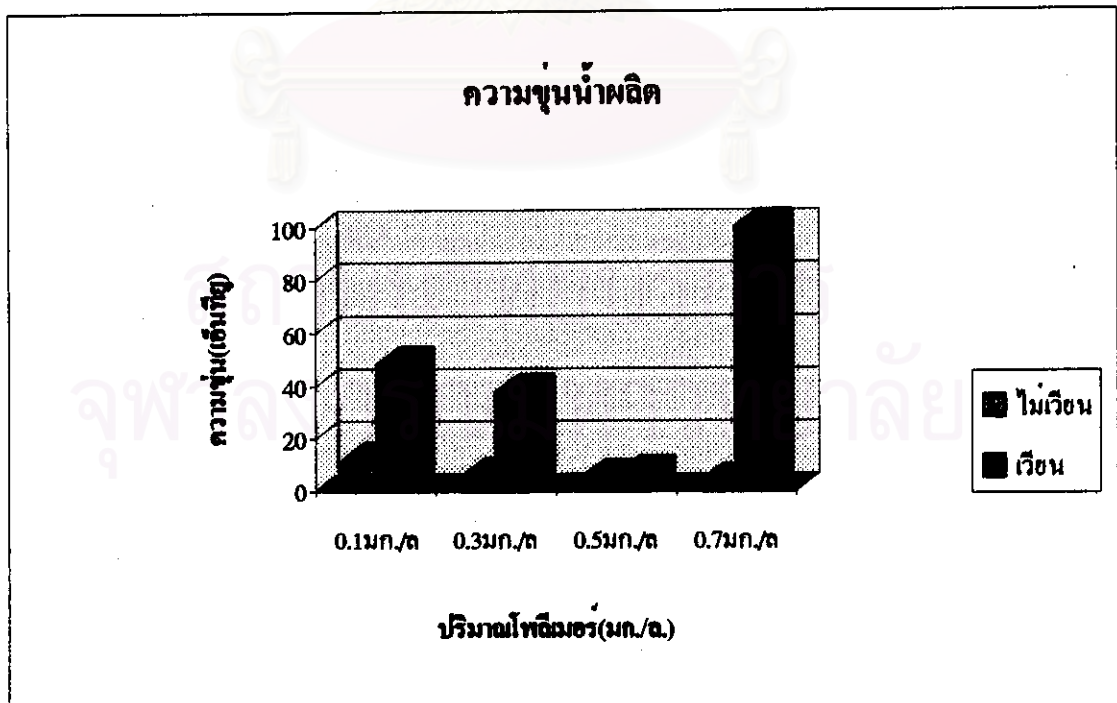
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบมวลในชั้นมวลของแข็งที่ค่าโพธิเมอร์ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 มก./ต.และเวลาต่างๆ ในกรณีไม่เวียนมวลของแข็งและเวียนมวลของแข็งที่ 0.8



รูปที่ 5.20 มวลในถังปฏิกรณ์ที่ 12 ชม.สุดท้าย ในกรณีเวียนมวลของแข็งและไม่เวียนมวลของแข็ง



รูปที่ 5.21 ความขุ่นน้ำผลิต ที่ 12 ชม.สุดท้าย ในกรณีเวียนมวลของแข็งและไม่เวียนมวลของแข็ง

## 5.2 การทดลองช่วงที่ 2 (แปรความเร็วการหมุนใบกวน)

จากการทดลองช่วงที่ 1 แม้จะมีฟล็อกที่หนักและแข็งแรงกว่าฟล็อกในระบบปกติแต่ก็ยังไม่สามารถสร้างเม็ดเล็กที่สมบูรณ์ได้ จึงน่าจะหาสภาพที่เหมาะสมกับระบบขนาดใหญ่ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าควรจะเกี่ยวกับค่าความปั่นป่วนของระบบ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความปั่นป่วนกับประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นที่ปริมาณความเข้มข้นโพทิเมอร์ต่างๆ จึงนำมาสู่การทดลองช่วงที่ 2

การทดลองช่วงที่ 2 นี้จะต่างจากการทดลองช่วงที่ 1 ก็จะเริ่มเก็บผลการทดลองหลังจากที่มวลของแข็งถูกเลี้ยงหรือสร้างจนถึงระดับที่ 150 ซม.แล้ว (การทดลองช่วงที่ 1 จะเก็บผลตั้งแต่เริ่มป้อนน้ำดิบเข้าระบบหรือเมื่อสร้างระดับที่ 0 ซม.) และไม่มีการเวียนมวลของแข็งในทุกการทดลอง ดังมีการทดลองต่อไปนี้

### 5.2.1 อิทธิพลของอัตราการหมุนใบกวนต่อความขุ่นน้ำผลิต

#### 5.2.1.1 กรณีใช้โพทิเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ก.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ก.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ก. อะลูมิเนียม) ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพทิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ก.

ความเร็วรอบการหมุน ใบกวน(รอบต่อนาที)	ความขุ่น(เฉลี่ย)		ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น (ร้อยละ)
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)	
2	141-256(183)	2-4.2(3.5)	98
4	136-192(170)	4-7(5.2)	96.69
6	138-259(200)	3.6-6.3(5.4)	97.27

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

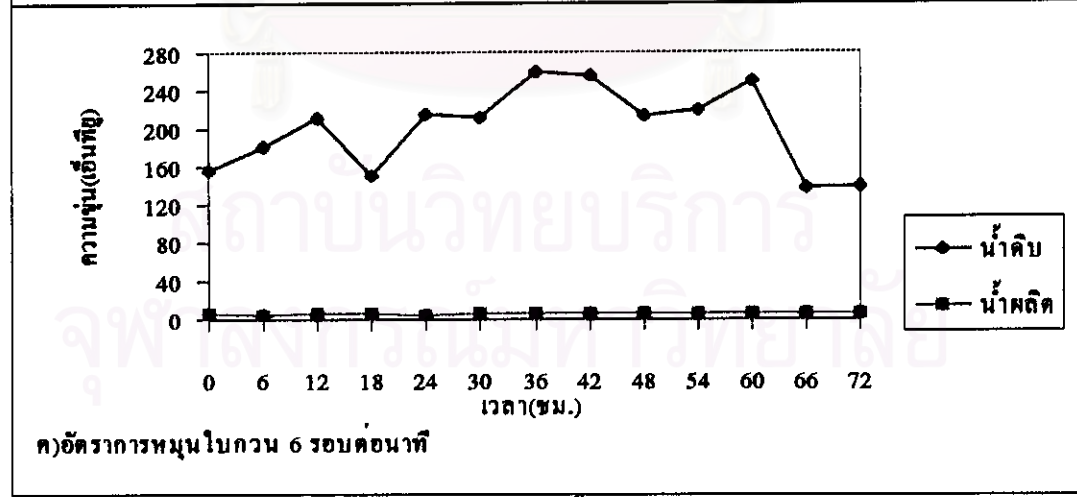
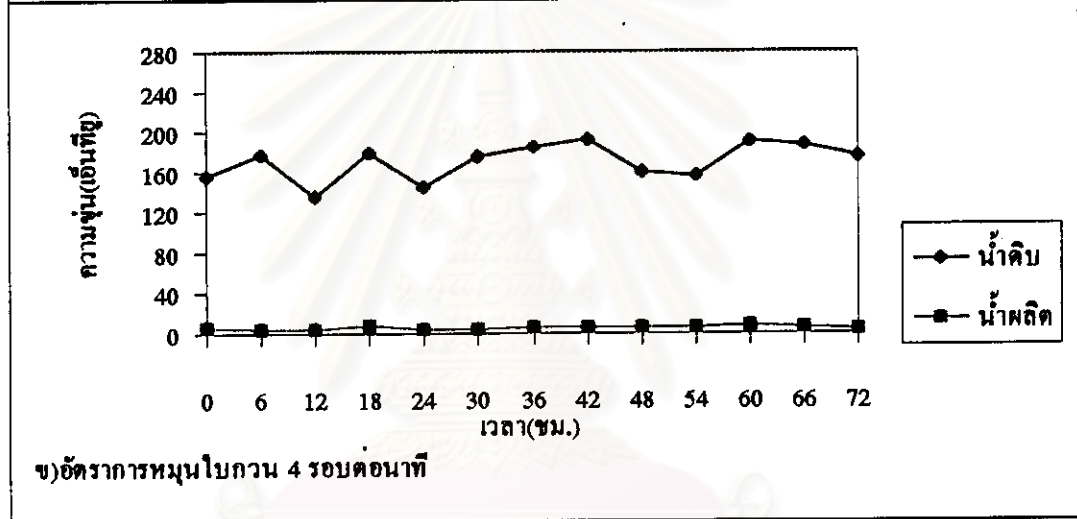
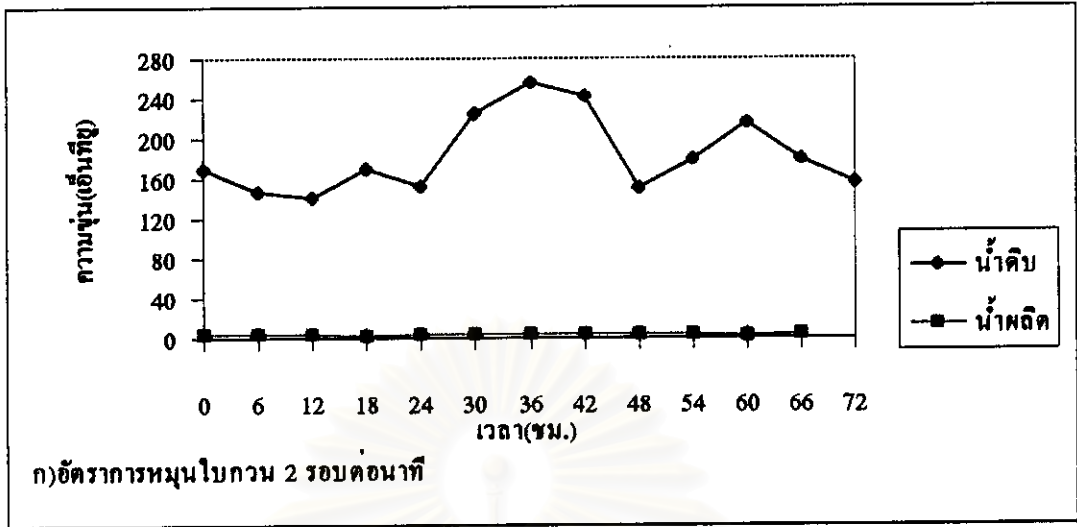


จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 5.5 รูปที่ 5.22, 5.23 และ 5.24 พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบการหมุนใบกวน น้ำผลิตมีแนวโน้มคุณภาพต่ำลง(แต่น้ำผลิตก็ยังมีค่าใกล้เคียงค่ากำหนดที่ 5 เอ็นทียู) อธิบายได้ว่าความเร็วรอบที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความปั่นป่วนในถังเพิ่มขึ้นจาก  $G= 8$  วินาที<sup>-1</sup> (ที่ 2 รอบ), 23 วินาที<sup>-1</sup> (ที่ 4 รอบ) ถึง 42 วินาที<sup>-1</sup> (ที่ 6 รอบ) เป็นผลให้มวลของแข็งแตกออกและหลุดลอยออกไปกับน้ำผลิต สังเกตได้จากที่ผิวบนของระดับชั้นมวลของแข็ง(มองผ่านหน้าต่างและด้านบนของถังปฏิกรณ์)จะมีความปั่นป่วนสูงเมื่อความเร็วรอบการหมุนใบกวนสูงขึ้น ก็จะมีลักษณะเป็นคลื่น และเมื่อคลื่นกระทบกับแผ่นกั้นการหมุนวนของน้ำในระบบ(stator) กลุ่มมวลของแข็งก็จะแตกออก(จากการสั่นเกิดด้วยตา) จากนั้นก็ลอยขึ้นออกมากับน้ำผลิต เป็นผลให้ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นลดลง

ในรูปที่ 5.23 และ รูปที่ 5.24 ประสิทธิภาพของการทดลองการหมุนใบกวนที่ 4 รอบต่อ นาที ได้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นต่ำกว่าที่การหมุนใบกวนที่ 6 รอบต่อนาทีเล็กน้อย แต่ น้ำผลิตของการทดลองการหมุนใบกวนที่ 4 รอบต่อนาทีมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากน้ำคิบบมีค่าไม่คงที่ และไม่สามารถควบคุมได้ ประสิทธิภาพน้ำผลิตจึงแปรผันกับน้ำคิบบด้วย

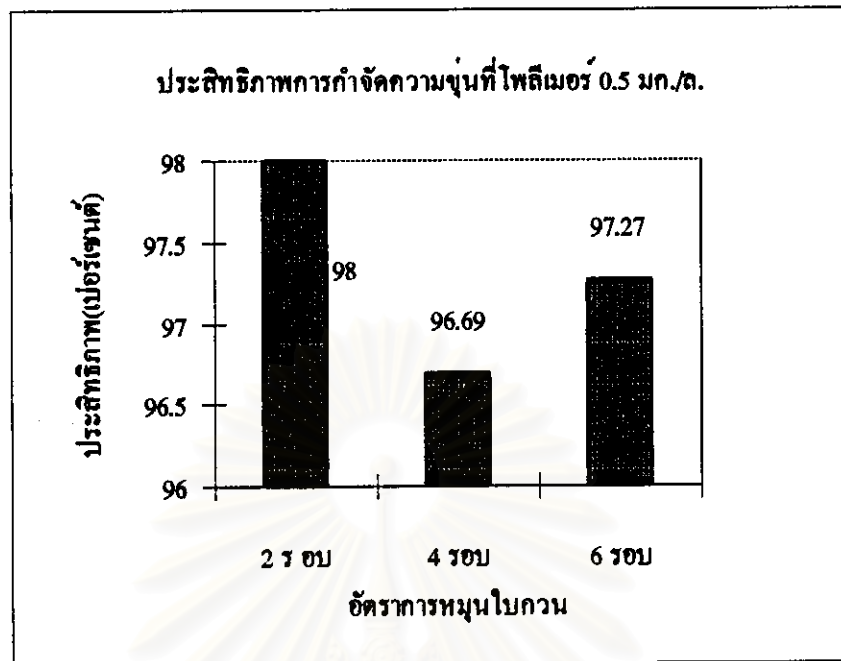
จากการตรวจสอบในการผลิตน้ำของการประปานครหลวงในช่วงเวลาเดียวกับการทำวิจัยนี้พบว่ากปน.ใช้สารส้มปริมาณ 40-65 มก./ล. ร่วมกับโพลีเมอร์/ประจุลบประมาณ 0.1 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้นเพียง 3.8 ม./ชม. เวลาถักน้ำในถัง 2 ชม. ความขุ่นน้ำจากถังตกตะกอน(solids contact)ประมาณ 5-7 เอ็นทียู แต่กระบวนการที่ศึกษานี้ใช้สารส้มเพียง 17มก./ล. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม).โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้นประมาณ 8.5 ม./ชม. เวลาถักน้ำในถังปฏิกรณ์น้อยกว่า 28 นาที ความขุ่นน้ำผลิตประมาณ 3.6 เอ็นทียูที่อัตราการหมุนใบกวน 2 รอบต่อนาที แสดงว่ากระบวนการนี้สามารถผลิตน้ำคุณภาพสูง และมีความเร็วน้ำไหลขึ้นที่สูงกว่าได้ แต่มีการใช้โพลีเมอร์ในอัตราที่สูงกว่าด้วย

ต้นทุนในการผลิตน้ำของกปน. จะมีต้นทุนสารเคมี(โพลีเมอร์และสารส้มไม่รวมปูนขาว) อยู่ที่ประมาณ 0.15 บาทต่อลบม.(คิดที่สารส้ม 40 มก./ล โพลีเมอร์ 0.1มก./ล) ที่ความเร็วน้ำไหลขึ้น 3.8 ม./ชม. ส่วนในการทดลองนี้สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน(ประมาณ 5-7 เอ็นทียู)จะใช้โพลีเมอร์ที่ 0.3 มก./ล สารส้ม 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. จะมีต้นทุน 0.16 บาทต่อลบม.และไม่ต้องใช้ปูนขาวในการปรับสภาพ เพราะใช้สารส้มน้อย พี่เอชจึงไม่ตก

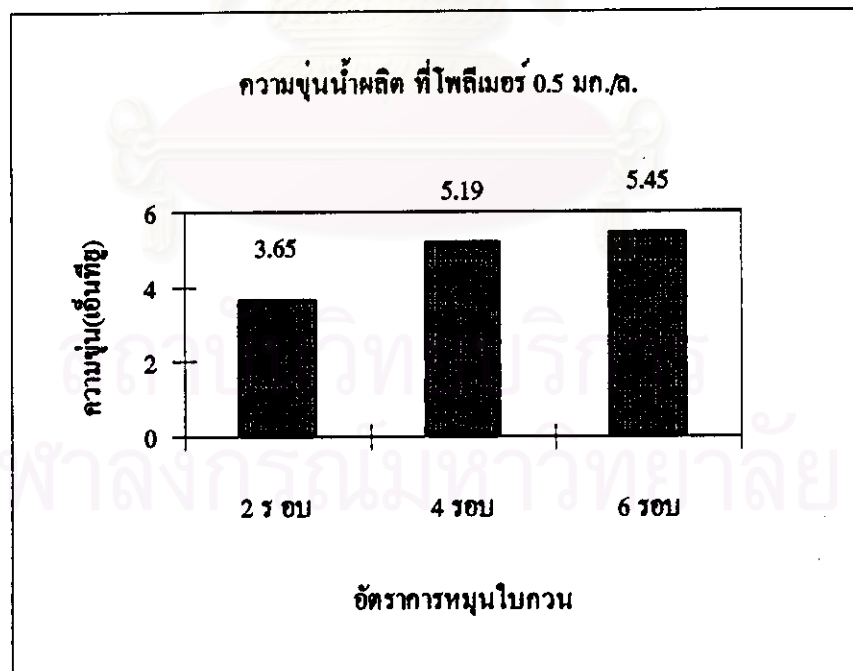


หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม.

รูปที่ 5.22 ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.



รูปที่ 5.23 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.



รูปที่ 5.24 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

5.2.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

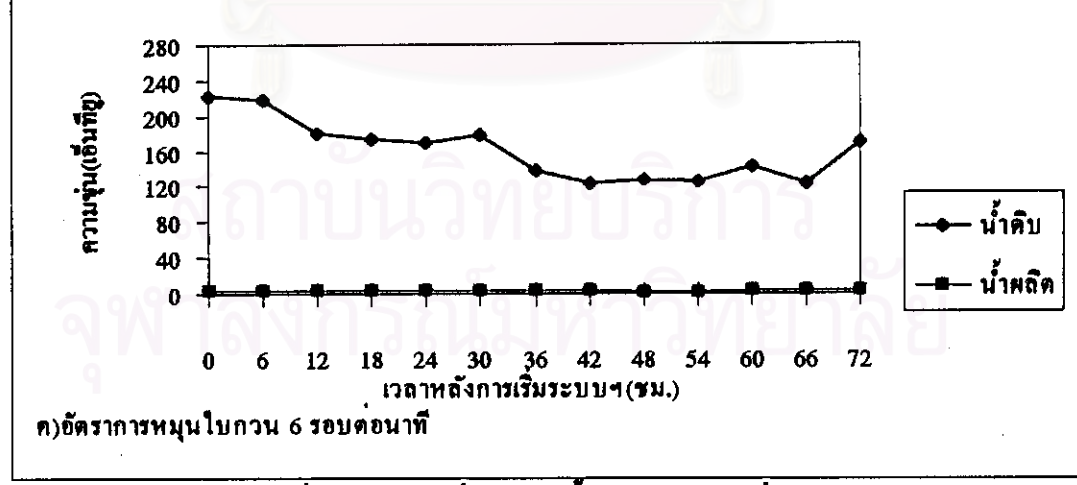
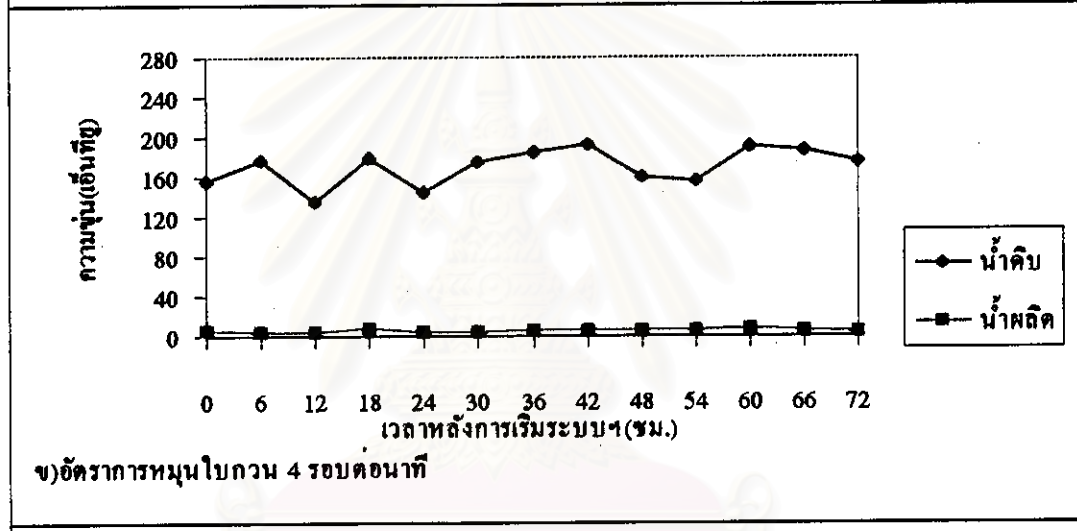
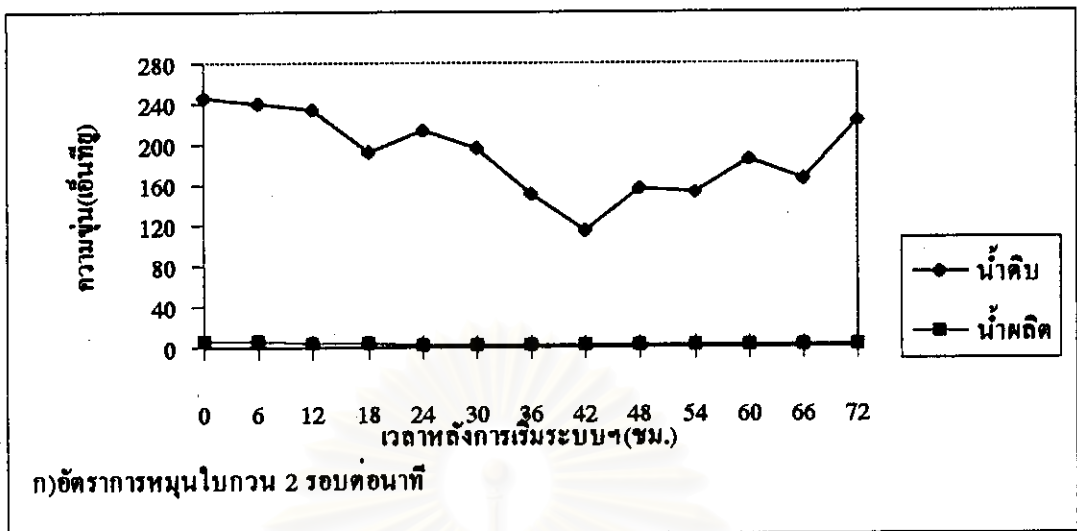
จากการทดลองเพิ่มปริมาณโพลีเมอร์เป็น 0.7 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ความขุ่นน้ำคิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น (ร้อยละ)
	น้ำคิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)	
2	115-245(173)	1.5-2.9(1.9)	98.9
4	105-245(158)	1.5-3.5(2.25)	98.5
6	124-223(144)	2.8-3.5(3.3)	97

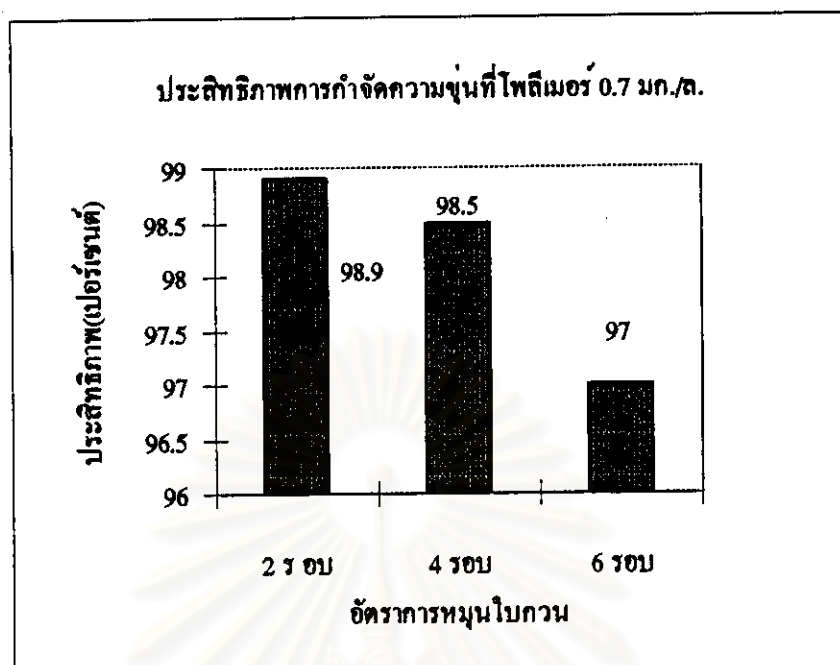
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 5.6 รูปที่ 5.25, 5.26 และ 5.27 พบว่าระบบมีแนวโน้มของความขุ่นน้ำผลิตเหมือนกับการทดลองที่ใส่ปริมาณโพลีเมอร์ 0.5 มก./ล. การทดลองการเพิ่มความเร็วยรอบการหมุนใบกวน ความขุ่นน้ำผลิตมีแนวโน้มคุณภาพต่ำลงแต่ไม่มีนัยยะสำคัญ (ค่าต่างกันน้อยมาก) อาจเป็นผลจากการวัดค่าความขุ่นของเครื่องหรือการชั่งตัวอย่าง อธิบายได้ว่าความเร็วรอบที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความปั่นป่วนในถังเพิ่มขึ้น แต่การทดลองนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สูงกว่า อธิบายได้ว่าการเพิ่มปริมาณโพลีเมอร์มีผลทำให้ชั้นมวลของแข็งมีความหนาแน่นขึ้นและมีการยึดเกาะกันของกลุ่มอนุภาคที่ดีขึ้นตามกลไกสะพานเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ การแตกตัวของมวลของแข็งมีน้อยลง ความปั่นป่วนที่ระดับผิวหน้าของชั้นมวลของแข็งมีน้อยลง(จากการตั้งเกดด้วยตา)

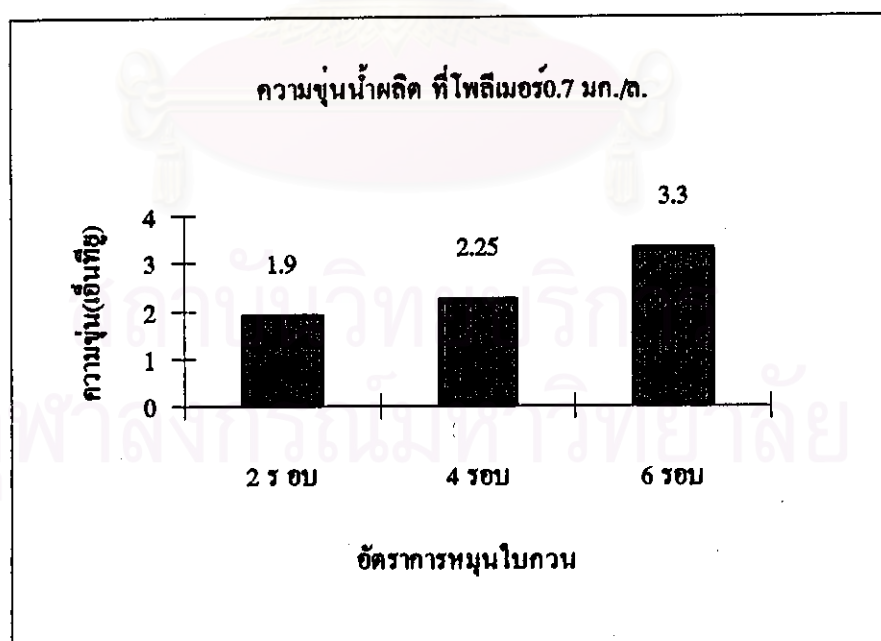


หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชันมวลของแข็งเท่ากับ 150 ชม.

รูปที่ 5.25 ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.



รูปที่ 5.26 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนไบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพติเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.



รูปที่ 5.27 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนไบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพติเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

5.2.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.

จากการทดลองเพิ่มปริมาณโพลีเมอร์เป็น 0.9 มก./ล. ลักษณะการทดลองเหมือนเดิม ผลการทดลองดังตารางที่ 5.7

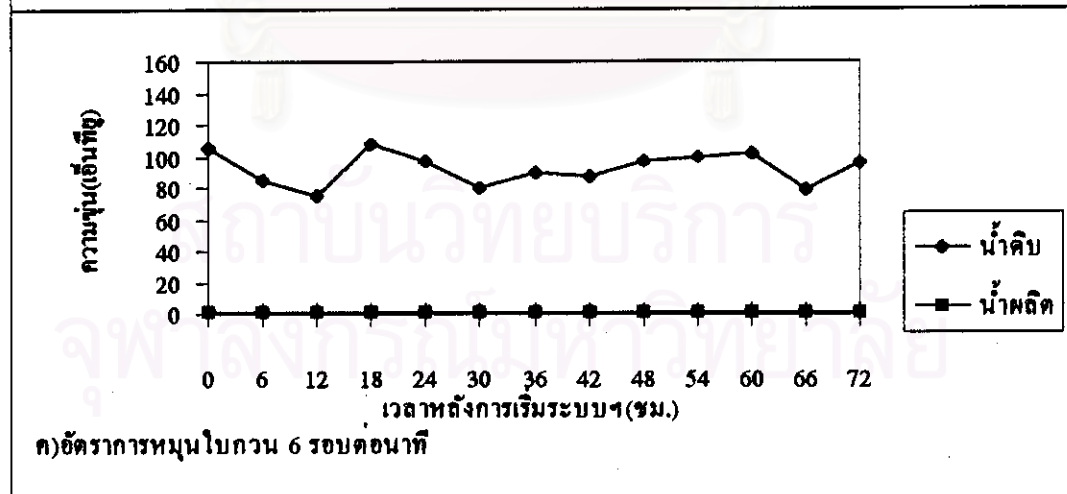
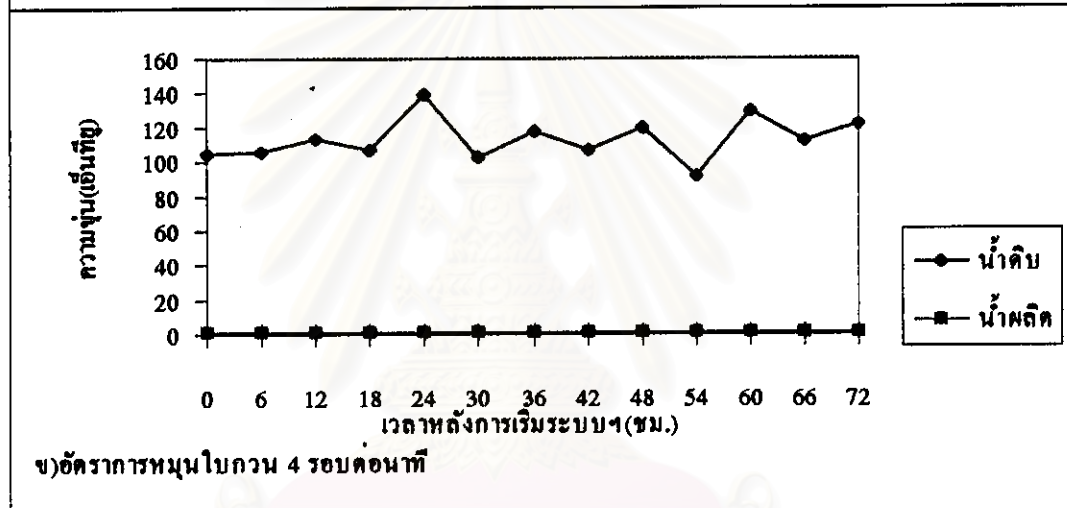
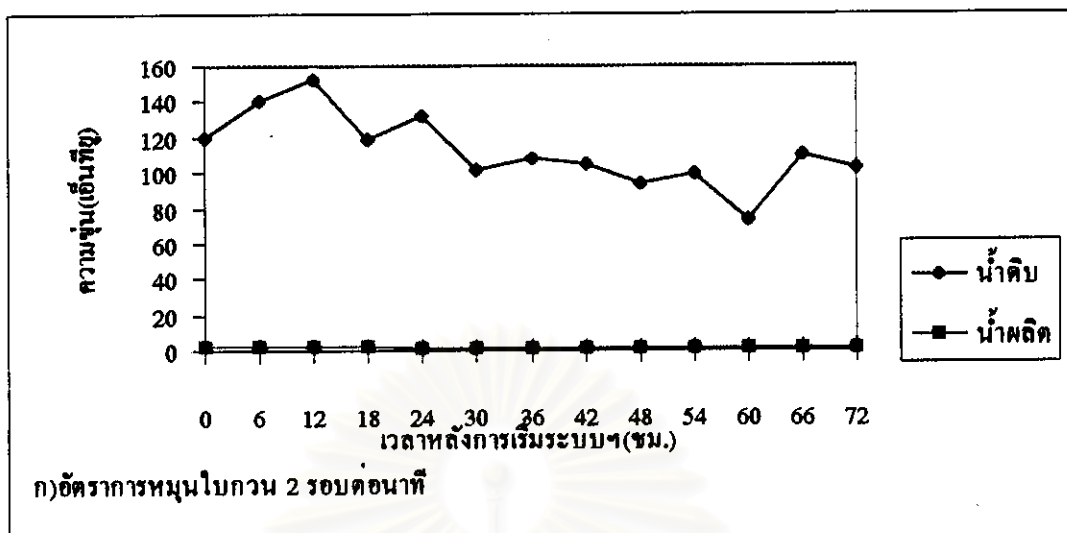
ตารางที่ 5.7 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น (ร้อยละ)
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)	
2	73-152(109)	0.8-1.2(1.1)	98.96
4	91-139(113)	0.8-1.2(0.99)	99.12
6	75-108(92)	0.9-1.5(1.3)	98.6

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 ถึงชั่วโมงที่ 72(ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.7 รูปที่ 5.28, 5.29 และ 5.30 ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สูงมาก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก ผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบการหมุนโดยความถี่ผลกระทบต่อความขุ่นน้ำผลิตเพียงเล็กน้อย อธิบายได้ว่าการใช้โพลีเมอร์ปริมาณสูงจะทำให้อนุภาคในมวลของแข็งยึดเกาะตัวกันดีขึ้น ทำให้มีความหนาแน่นขึ้นมาก(แต่ก็ยังไม่เป็นเม็ดเล็กที่สมบูรณ์) ความปั่นป่วนในระบบมีค่าน้อยมากซึ่งสังเกตได้จากความปั่นป่วนที่ผิวหน้าของชั้นมวลของแข็งมีน้อย แต่ที่ความเร็วรอบที่ 6 รอบต่อนาที ก็ยังมีฟล็อกลอยออกมาพร้อมกับน้ำผลิตแต่มีปริมาณน้อย

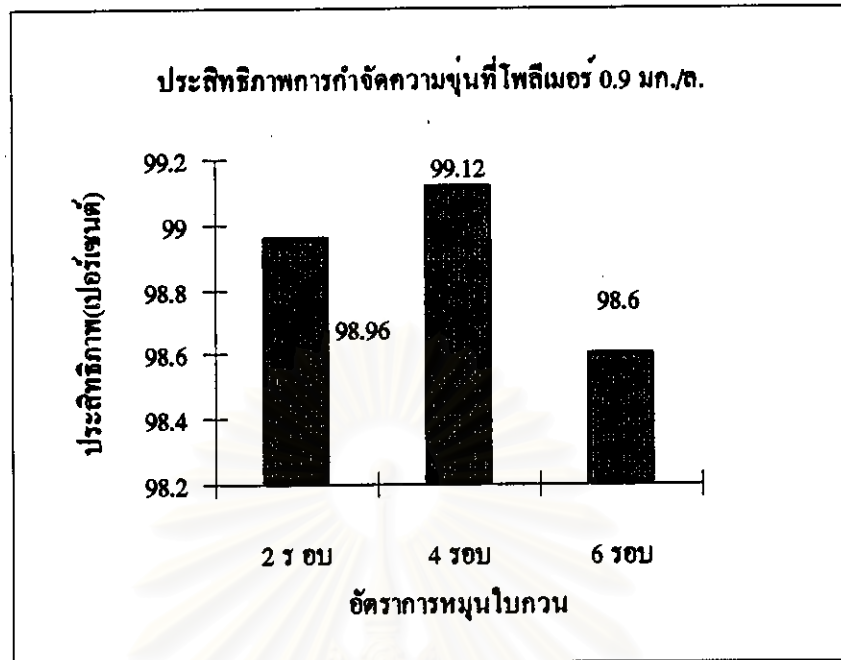
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



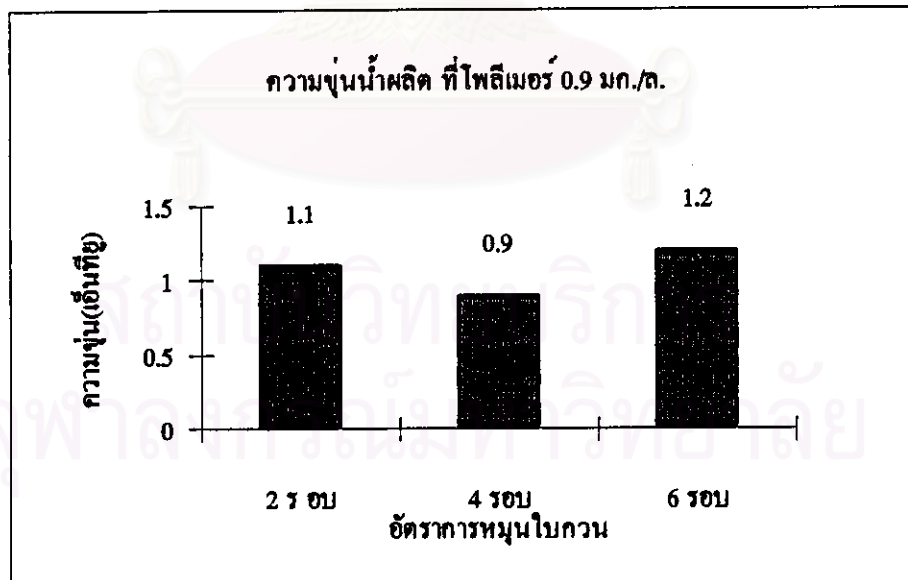
หมายเหตุ:เวลานับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม.

รูปที่ 5.28 ความชื้นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนไวกวน 2, 4 และ 6 รอบคือนาที ในกรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

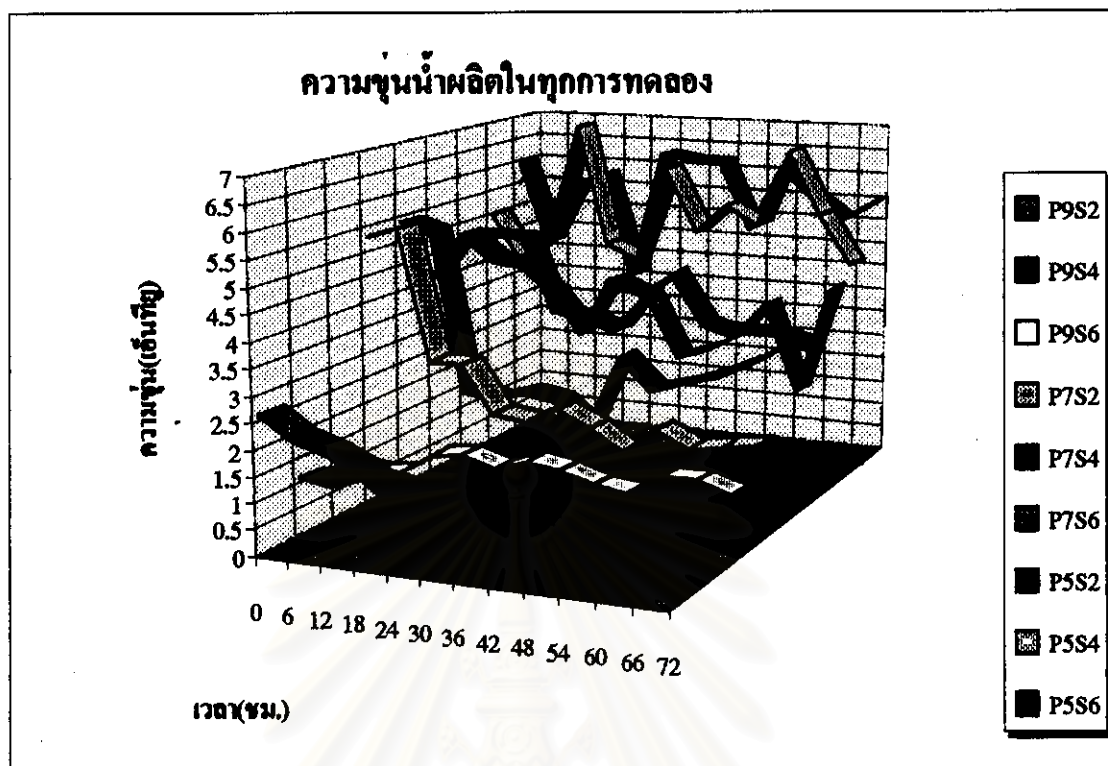




รูปที่ 5.29 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.



รูปที่ 5.30 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.



หมายเหตุ

P9S2 มีความหมายว่า

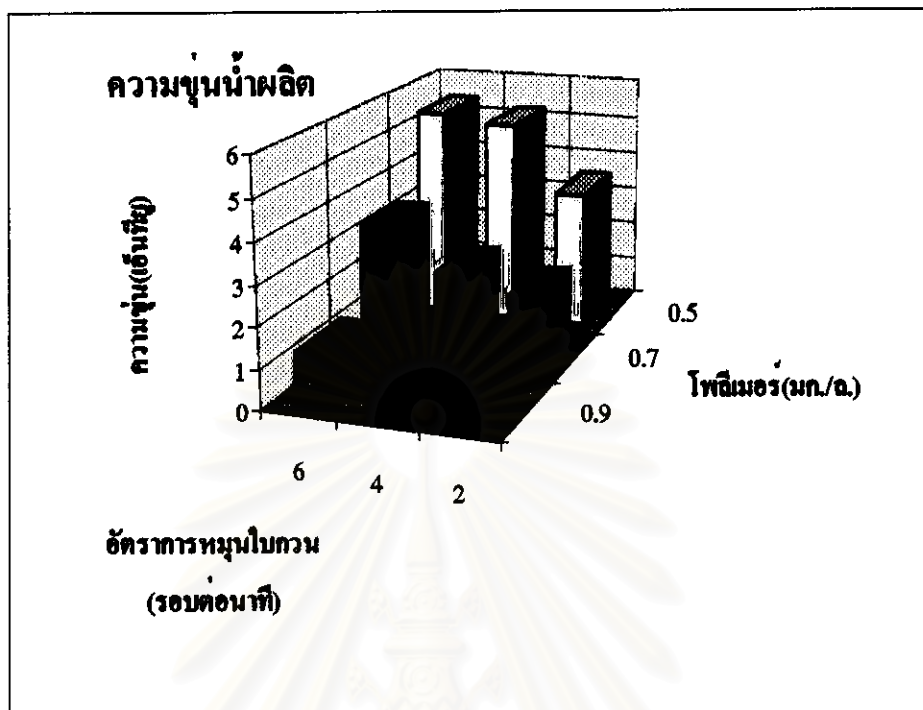
P9 = ปริมาณโพลีเมอร์ 0.9 มก./ล

S2 = อัตราการหมุนใบกวนที่ 2 รอบต่อนาที

รูปที่ 5.31 ความขุ่นน้ำผลิตในแต่ละช่วงเวลา ของทุกการทดลองในช่วงที่ 2

จากรูปที่ 5.31 พบว่าการทดลองที่ใช้โพลีเมอร์สูงจะมีความผันผวนของค่าความขุ่นในช่วงเวลาต่างๆ น้อยกว่าการทดลองที่ใช้โพลีเมอร์ต่ำกว่า อธิบายได้ว่าเมื่อการใช้โพลีเมอร์มาก จะเกิดการจับอนุภาคความขุ่นได้ดีขึ้น โดยกลไกตามที่กล่าวมาในข้างต้น ซึ่งสามารถรับความเปลี่ยนแปลงของความขุ่นน้ำดิบ(shock load)ได้ดีกว่า เนื่องจากมีปลายอิสระของโพลีเมอร์มากขึ้นและเหลือพอที่จะจับความขุ่นที่มากขึ้นได้

จากการเปรียบเทียบการทดลองที่ใช้โพลีเมอร์ปริมาณสูงขึ้น จาก 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวนเดียวกันดังรูปที่ 5.31 และ 5.32 พบว่าการใช้โพลีเมอร์ที่สูงขึ้นจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง อธิบายได้ว่า ปริมาณโพลีเมอร์สูงขึ้น อนุภาคมีการยึดเกาะกันด้วยกลไกสะพานเชื่อม ปลายอิสระจะมีมากขึ้นและจะจับอนุภาคคอลลอยด์ได้ดียิ่งขึ้น ความขุ่นน้ำผลิตมีค่าน้อยลง แต่มวลในระบบก็ยังไม่เป็นเพ็ดเกิด



รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบความชุ่มน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว กรณีปริมาณโพลีเมอร์ 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที

จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้งหมดดังรูปที่ 5.32 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. เมื่อใช้ปริมาณโพลีเมอร์ไม่มีประจุสูงขึ้น น้ำผลิตที่ได้จะมีคุณภาพสูงขึ้น
2. อัตราเร็วรอบยิ่งน้อยลงจาก 6 ถึง 2 รอบ (ค่า G ลดลงจาก  $42 \text{ วินาที}^{-1}$  ถึง  $8 \text{ วินาที}^{-1}$ ) น้ำผลิตที่ได้จะมีคุณภาพสูงขึ้น (สอดคล้องไปในทางเดียวกับการทดลองของนฤชา 2535 และ วิจารณ์, 2537)

หมายเหตุ-จากการทดลองของ Tambo ซึ่งค่า G ในระบบมีค่าประมาณ  $30 \text{ วินาที}^{-1}$  แต่ในการทดลองในขนาดทดลอง (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม สูง 250 ซม.) ของประเทศไทยค่า G จะอยู่ที่ประมาณ 1 ถึง  $2 \text{ วินาที}^{-1}$  (คณิศ, 2538 สุรเชษฐ, 2539) เท่านั้น

## 5.2.2 อิทธิพลของอัตราการหมุนใบปฏิกรณ์ต่อมวลในชั้นมวลของแข็ง

### 5.2.2.1 กรณีไซโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ไซสารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม.ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.8

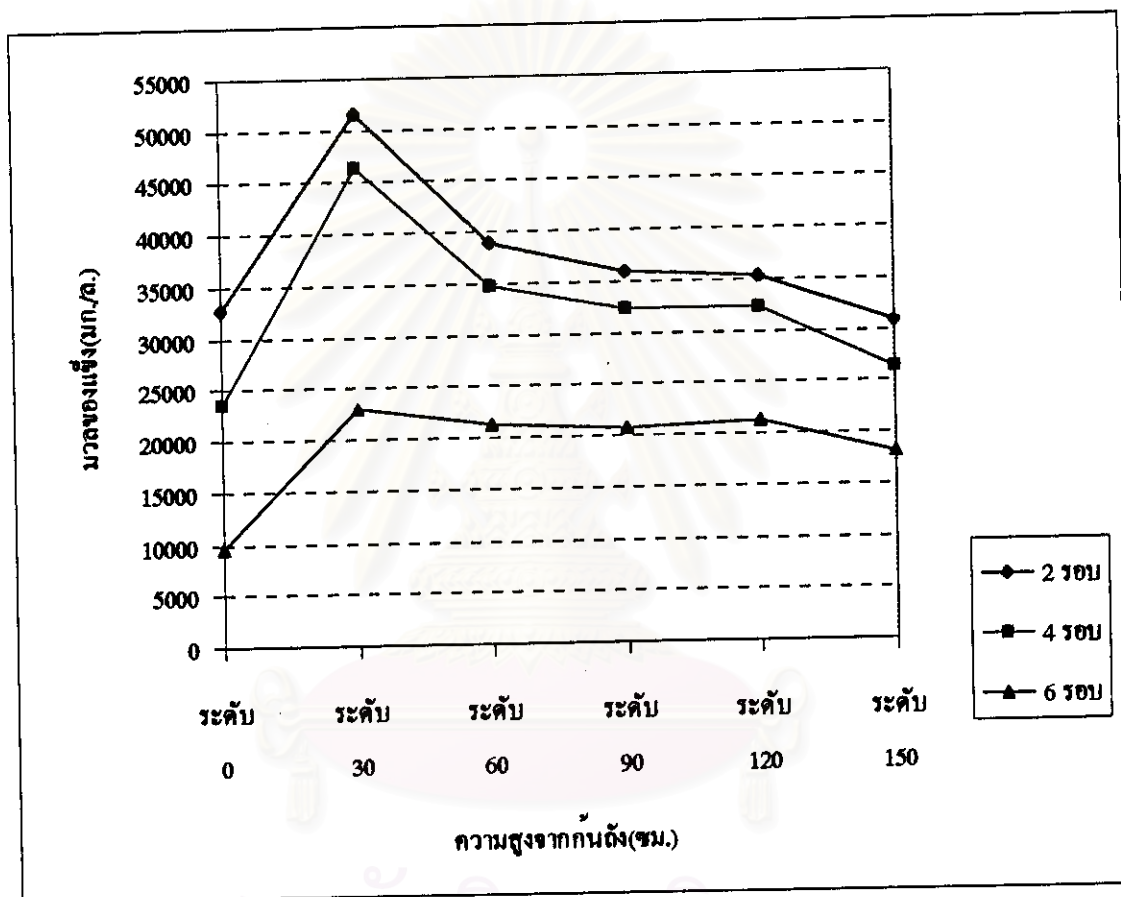
ตารางที่ 5.8 มวลของแข็ง, ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีไซโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	มวลในถังปฏิกรณ์ (กิโลกรัม)	ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ย (เอ็นทียู)	ประสิทธิภาพการ กำจัดความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)
2	86	3.5	98
4	77	5.2	96.69
6	46	5.4	97.27

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

จากตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.33 พบว่าที่ปริมาณโพลีเมอร์ค่าเดียวกัน ความเร็วรอบการหมุนใบกวนที่สูงขึ้นจาก 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที มีผลทำให้มวลในถังมีค่าน้อยลงจาก 86 ถึง 46 กก. อธิบายได้ว่าการเพิ่มความเร็วรอบสูงขึ้น ค่าความปั่นป่วนในถังปฏิกรณ์จะมีค่ามากขึ้นด้วย ความหนาแน่นของมวลลดลง

จากรูป 5.33 พบว่าที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ค่าของแข็งที่ระดับตั้งแต่ 60 ซม.ถึง 150 ซม.มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ระดับ 30 ซม.จะมีค่ามากที่สุดในระบบ ซึ่งอธิบายได้ว่าที่จุด 30 ซม.นี้เป็นจุดที่มีความปั่นป่วนน้อย มวลของแข็งจึงตกตะกอน ส่วนที่ระดับ 0 ซม. เป็นจุดที่น้ำดิบเข้าระบบและผสมกับมวลของแข็งที่ระดับต่ำ จึงมีค่าของแข็งน้อยที่สุดในชั้นมวลของแข็ง



หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลึกอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

รูปที่ 5.33 ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณี ใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ก.

5.6.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.3 ม./ชม. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.9

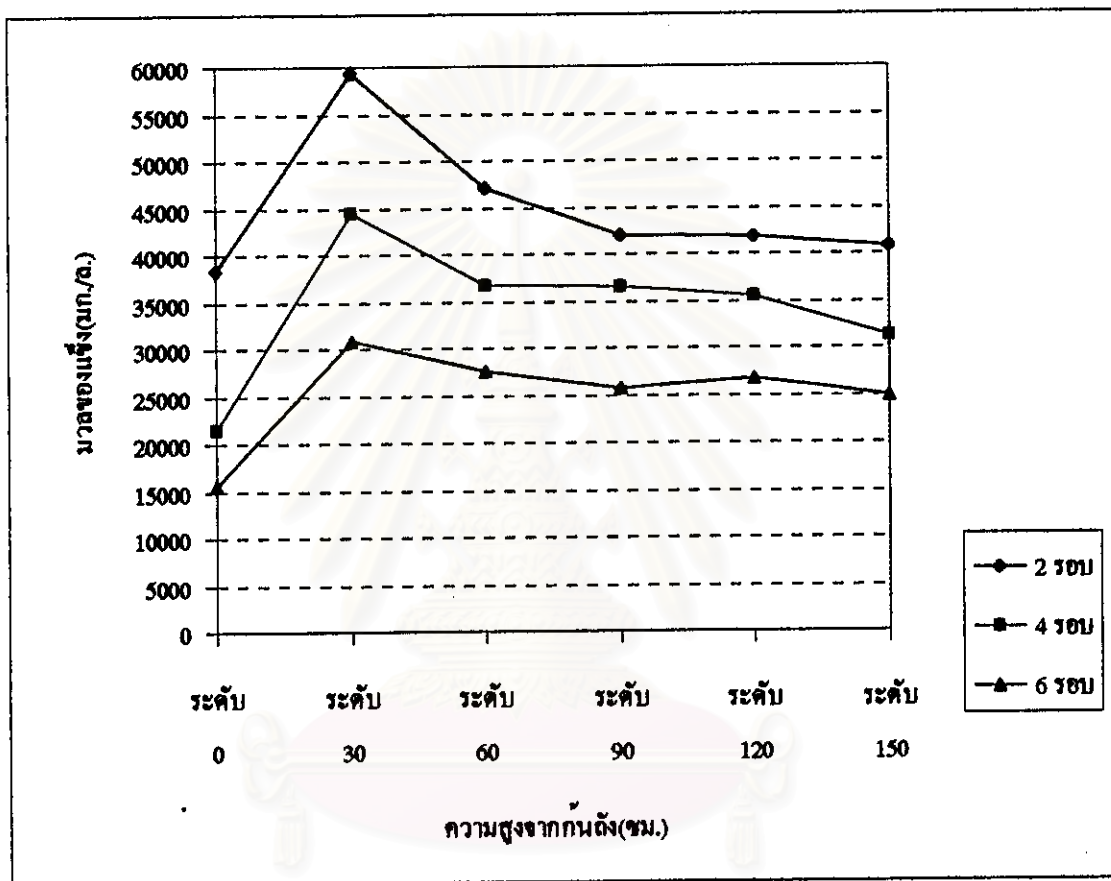
ตารางที่ 5.9 มวลของแข็ง, ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	มวลในถังปฏิกรณ์ (กิโลกรัม)	ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ย (เอ็นทียู)	ประสิทธิภาพการ กำจัดความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)
2	102	1.9	98.9
4	80	2.25	98.5
6	60	3.3	97

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.9 และรูป 5.34 พบว่าที่อัตราการหมุนใบกวน ที่สูงขึ้นจาก 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที มวลในถังมีค่าลดลงจาก 102 ถึง 60 กก. อธิบายได้ว่าเนื่องจากค่าความปั่นป่วนที่มากขึ้นทำให้มวลในถังปฏิกรณ์มีความหนาแน่นลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมวลในถังปฏิกรณ์ในการทดลองใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล. พบว่าที่อัตราเร็วรอบเดียวกัน มวลในถังปฏิกรณ์ที่การทดลองใช้โพลีเมอร์ 0.7 มก./ล. มีค่ามากกว่า ทุกอัตราความเร็วการหมุนใบกวน อธิบายได้ว่า การใช้โพลีเมอร์มากขึ้นจะทำให้มวลของแข็งยึดเกาะตัวกันดีขึ้น ทำให้มีความหนาแน่นขึ้นมาก ตามกลไกสะพานเชื่อม

จากรูป 5.34 พบว่าที่อัตราการหมุนใบกวนที่สูงขึ้นจาก 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ค่าของแข็งที่ระดับตั้งแต่ 60 ซม. ถึง 150 ซม. มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ระดับ 30 ซม. จะมีค่ามากที่สุดในระบบ ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับการทดลองที่โพลีเมอร์ 0.5 มก./ล.



หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

รูปที่ 5.34 ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

### 5.6.3 กรณีใช้โพสลิเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.0 ม./ชม. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 มวลของแข็ง, ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพสลิเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.

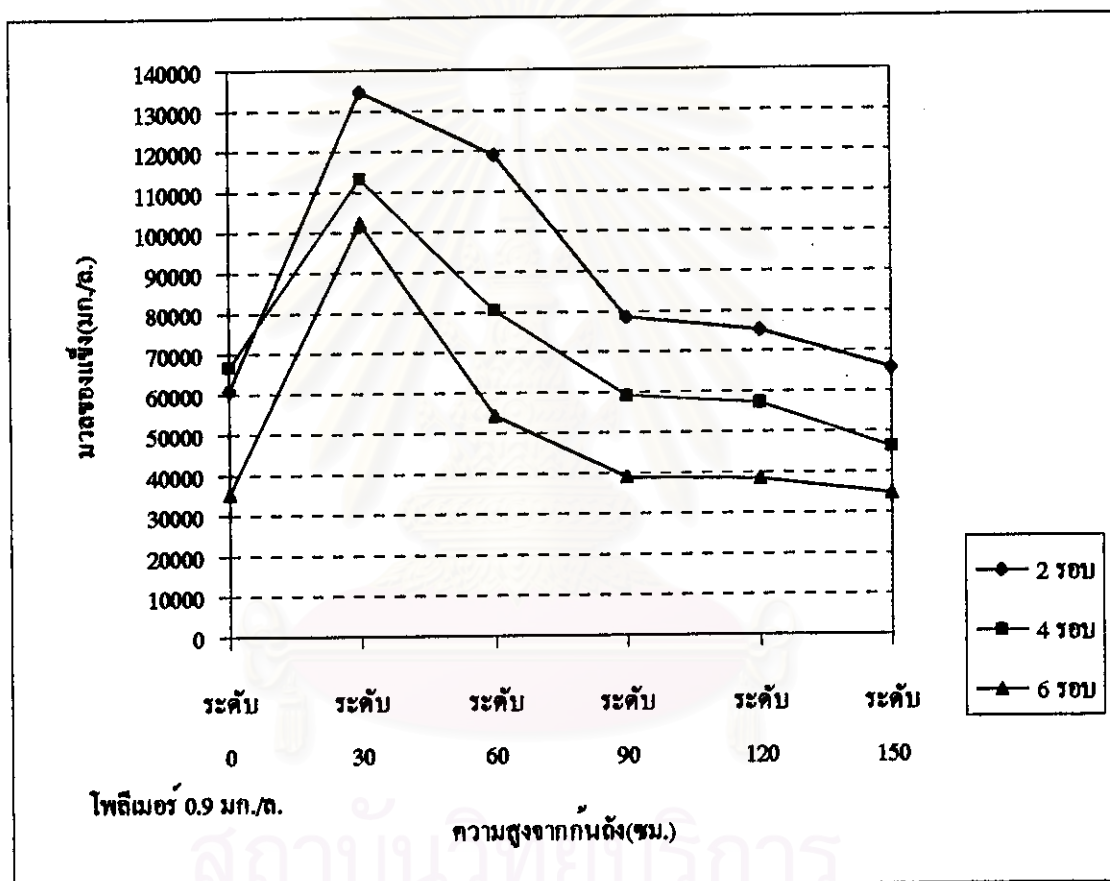
ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	มวลในถังปฏิกรณ์	ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ย (เอ็นทียู)	ประสิทธิภาพการ กำจัดความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)
2	212	1.1	98.96
4	159	0.99	99.12
6	117	1.3	98.6

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.10 และรูป 5.35 พบว่าที่อัตราการหมุนใบกวนสูงขึ้นจาก 2, 4 และ 6 รอบต่อนาทีความหนาแน่นของมวลในถังปฏิกรณ์ ก็ลดลงจาก 212 ถึง 117 กก. อธิบายได้ว่าเนื่องจากค่าความปั่นป่วนที่มากขึ้นทำให้มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์มีความหนาแน่นลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมวลในถังปฏิกรณ์ในการทดลองใช้โพสลิเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 และ 0.7 มก./ล. พบว่าที่อัตราเร็วรอบเดียวกัน มวลในถังปฏิกรณ์ที่การทดลองใช้โพสลิเมอร์ 0.9 มก./ล. มีค่ามากกว่าในทุกอัตราความเร็วการหมุนใบกวน อธิบายได้ว่า การใช้โพสลิเมอร์มากขึ้นจะทำให้มวลของแข็งยึดเกาะตัวกันดีขึ้น ทำให้มีความหนาแน่นขึ้นมาก ตามกลไกสะพานเชื่อม

จากรูป 5.35 พบว่าการทดลองอัตราการหมุนใบกวนที่ 2 รอบต่อนาที ที่ระดับ 30 ชม. มีค่าของแข็งมากที่สุด และที่ระดับ 60 ชม. มีค่าใกล้เคียงกัน อธิบายได้ว่า ตรงจุดนี้ ความปั่นป่วนต่ำมาก เพราะ มวลมวลของแข็งมีความหนาแน่นสูงและรวมตัวอยู่ที่ขอบถังปฏิกรณ์ ส่วนที่ระดับสูงขึ้นค่าความหนาแน่นมีค่าลดลงและใกล้เคียงกัน และที่ระดับ 0 ชม. มีค่าใกล้เคียงกันกับที่ระดับสูง ซึ่งอธิบายได้ว่าที่จุดนี้มีการผสมระหว่างน้ำดิบกับมวลของแข็ง ส่วนการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 4 รอบต่อนาที ค่าของแข็งที่ระดับ 30 ชม. มีค่ามากที่สุดและที่ระดับสูงขึ้นก็ลดลงมา อธิบายได้ว่า ค่าความปั่นป่วนที่สูงขึ้น ทำให้ที่ระดับ 60 ไม่เป็นเขตที่ตกตะกอนเหมือนกับที่

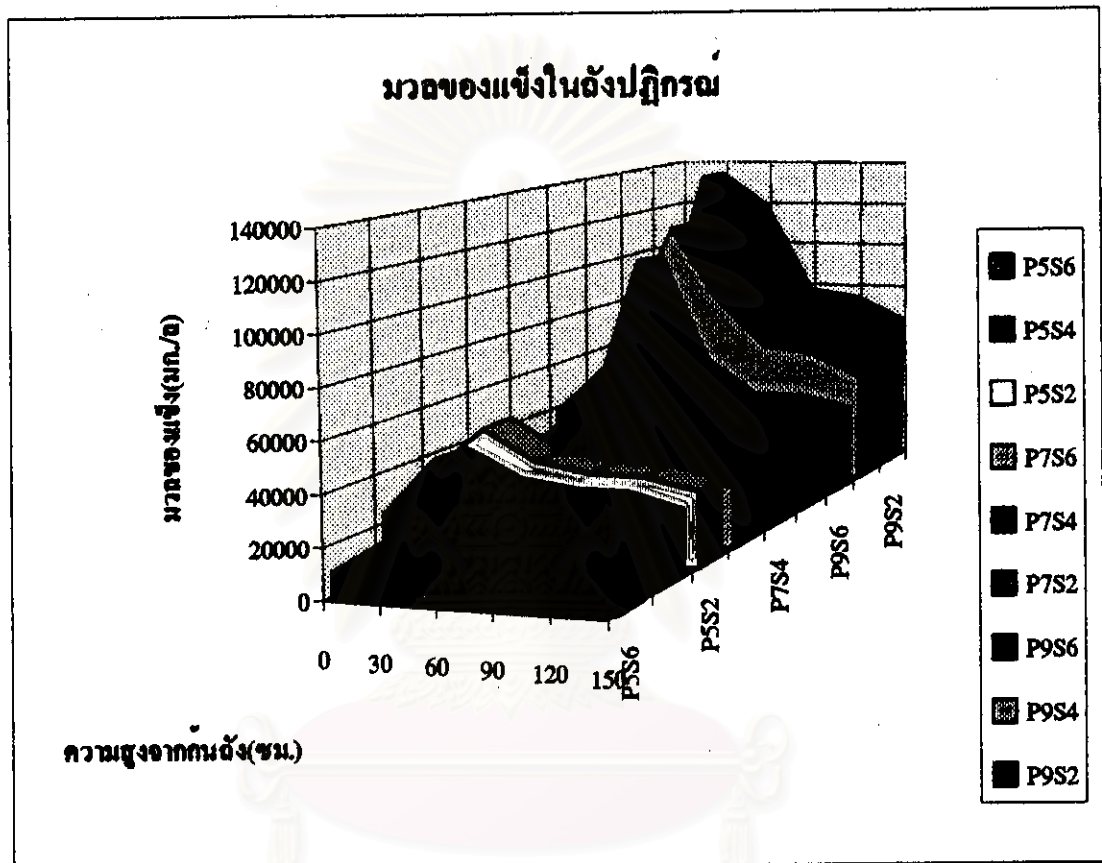




หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

รูปที่ 5.35 ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้โพลิมเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

การทดลองอัตราหมุนใบกวนที่ 2 รอบต่อนาที ส่วนการทดลองที่อัตราหมุนใบกวนที่ 6 รอบต่อนาที ที่ระดับ 30 ซม. ก็ยังคงมีค่าของแข็งมากที่สุด และที่ระดับสูงมากขึ้นค่าของแข็งก็ลดลงมากกว่าที่อัตราหมุนใบกวนที่ 4 รอบต่อนาที อธิบายได้ว่า ค่าความปั่นป่วนที่มากขึ้นทำให้ที่ระดับสูงไม่เป็นเขตที่เป็นจุดอับของความปั่นป่วน



หมายเหตุ

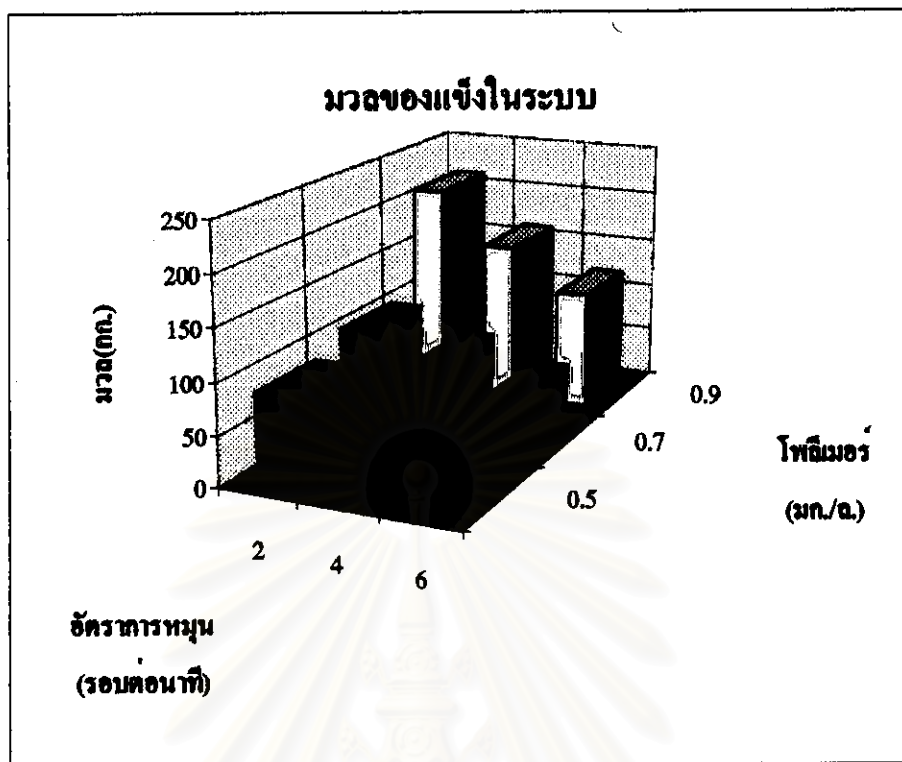
P5S6 มีความหมายว่า

P5 = ปริมาณโพลีเมอร์ 0.5 มก./ล

S6 = อัตราการหมุนใบกวนที่ 6 รอบต่อนาที

รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบมวลของแข็งที่ระดับต่างๆ ในแต่ละการทดลอง

จากรูป 5.36 พบว่าการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโพลีเมอร์ จาก 0.5 ถึง 0.9 มก./ล มีผลทำให้มวลในถังเพิ่มขึ้นในทุกอัตราการหมุนใบกวน ความสูงจากก้นถังที่ระดับ 30 ซม. จะมีค่าของแข็งหนาแน่นที่สุดในทุกการทดลอง และจากความสูง 60 ซม. ถึง 150 ซม. จะมีค่าของแข็งใกล้เคียงกัน ซึ่งตามที่ได้อธิบายไปแล้วในข้างต้น



รูปที่ 5.37 ค่ามวลมวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่ อัตราการหมุนใบกวน 2 , 4 และ 6 รอบต่อนาที และที่โพธิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5, 0.7 และ 0.9 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 5.37 พบว่าที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวนที่ต่ำที่สุดคือ 2 รอบต่อนาที และที่โพธิเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล. ให้ค่ามวลในระบบมีค่ามากที่สุด ความเร็วรอบการหมุนใบกวนที่สูงขึ้นหรือโพธิเมอร์ลดลง มวลในถังปฏิกรณ์ก็จะลดลง ซึ่งผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลของมวลในระบบ

จากผลการทดลองตามรูปที่ 5.32 และรูปที่ 5.37 จึงพอดังข้อสันนิษฐานได้ว่า ถ้าระบบมีมวลในระบบมาก ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นก็จะมีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดจะพอสรุปแนวทางที่จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น 2 ทาง คือ

1. เพิ่มปริมาณ โพธิเมอร์

2. ลดความเร็วรอบการหมุนใบกวนลงหรือลดค่าความปั่นป่วนในระบบ (ซึ่งในการทดลองนี้ค่าความปั่นป่วนในระบบ ที่ 2 รอบต่อนาที มีค่า 8 วินาที<sup>1</sup>)

ซึ่งวิธีตามข้อที่ 1. นั้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นและน้ำผลิตมีคุณภาพดีมากเกินไป ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีในข้อที่ 2 น่าจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่า

### 5.2.3 ค่าประจุคอลลอยด์ น้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต

#### 5.2.3.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

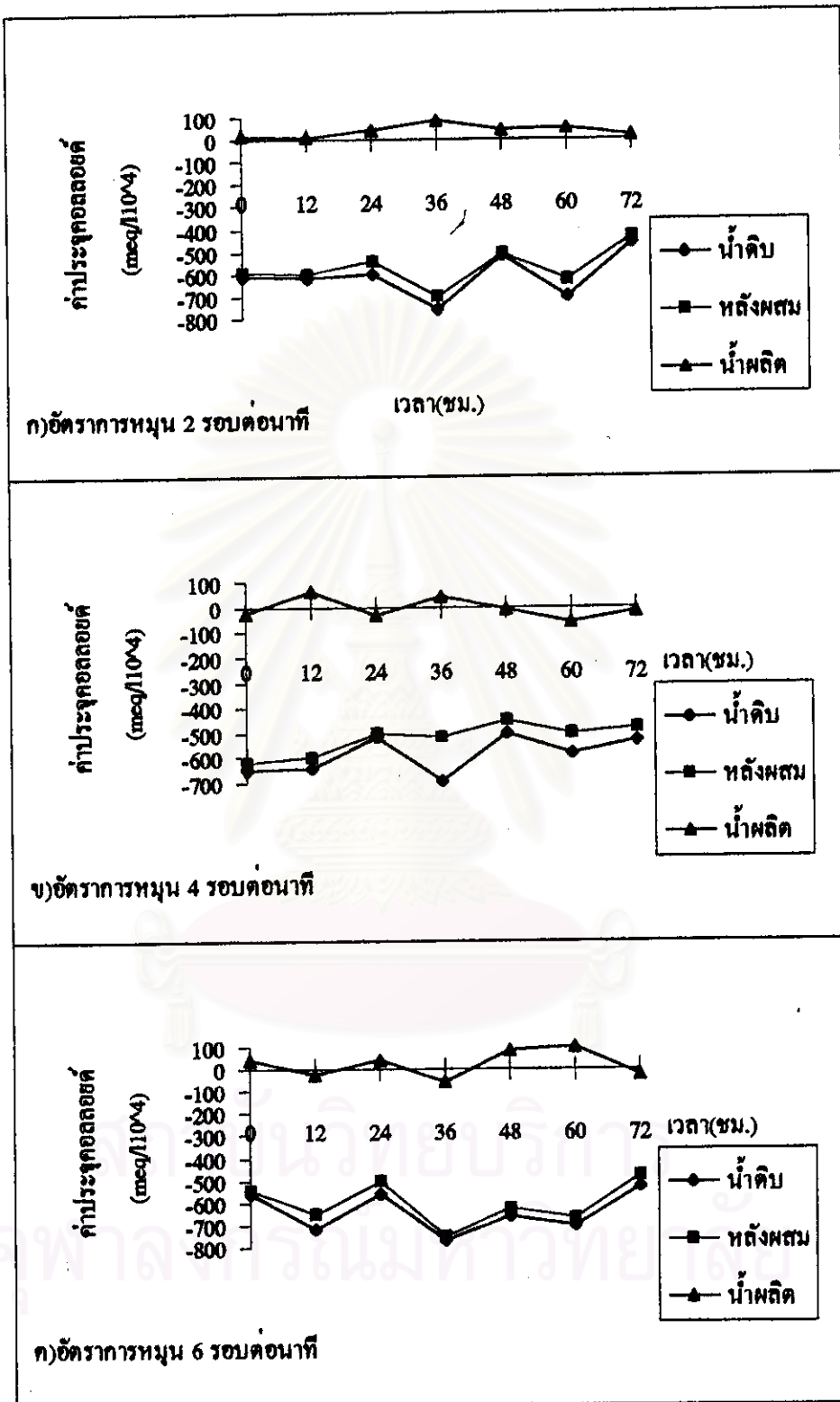
จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความขุ่นเฉลี่ย(เอ็นทียู)		ประจุคอลลอยด์เฉลี่ย(มิลลิอิควิวาเลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร)		
	น้ำดิบ	น้ำผลิต	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	184	3.55	-610	-572	37
4	170	5.19	-587	-524	-6
6	200	5.45	-642	-600	22

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

จากตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.38 พบว่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบมีค่าประมาณ -420 ถึง -770 มิลลิอิควิวาเลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความขุ่นน้ำดิบแล้วก็มีแนวโน้มเดียวกันแต่ไม่ชัดเจนนัก คือถ้าน้ำดิบมีความขุ่นสูง ค่าประจุคอลลอยด์ก็ยังมีค่าลบมาก พอน้ำดิบผ่านการเติมสารส้ม น้ำหลังกวนเร็วจะมีประจุลดลงประมาณ 40 ถึง 70 มิลลิอิควิวาเลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร อธิบายได้ว่า เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำดิบจะเกิดกลไกโคแอกกูเลชันแบบร่วม ซึ่งมีกลไกดูดติดผิวและทำลายประจุขึ้นแต่น้อยมาก เนื่องจากค่า  $G\tau$  จากการกวนเร็วมีค่าไม่พอที่จะเกิดกลไกดูดติดผิวและทำลายประจุได้ทั้งหมด( $G = 2662$ ,  $\tau = 0.24$ ) และอีกเหตุผลหนึ่งคือพีเอช(ข้อมูลในหัวข้อ 5.2.5) อยู่ที่ระดับประมาณ 7 ถึง 7.6 อาจทำให้  $Al^{+3}$  (ที่เป็นส่วนสำคัญในกลไกดูดติดผิวและทำลายประจุ) มีค่าน้อยจนไม่สามารถเกิดกลไกนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนน้ำผลิตมีค่าประจุคอลลอยด์อยู่ที่ -60 ถึง 100 มิลลิอิควิวาเลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร ซึ่งอธิบายได้ว่ากลไกที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์เป็นกลไกแบบกวาดและกลไกสะพานเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ น้ำผลิตจะมีความขุ่นประมาณ 3-6 เอ็นทียู เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์แล้ว ไม่สามารถหาความสัมพันธ์อย่างแน่ชัดได้ ซึ่งบอกได้อย่างคร่าวๆได้ว่าน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีประจุคอลลอยด์ใกล้กับ 0 มิลลิอิควิวาเลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวดของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.38 ค่าประจุคอลลอยด์น้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำพืต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพธิ์แมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

5.2.3.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4) \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.3 ม./ชม.ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.12

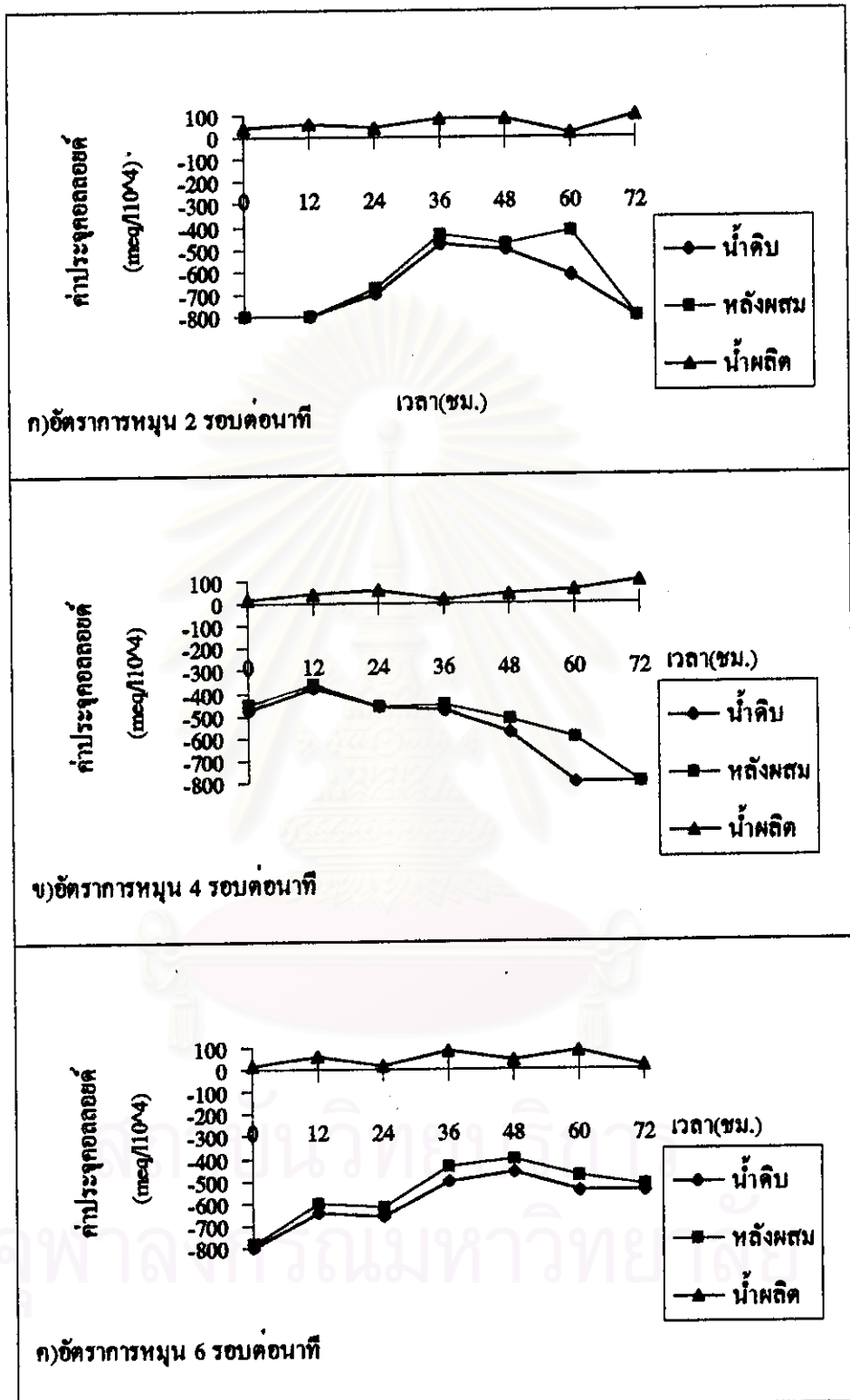
ตารางที่ 5.12 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความขุ่นเฉลี่ย(เอ็นทียู)		ประจุคอลลอยด์เฉลี่ย(มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร)		
	น้ำดิบ	น้ำผลิต	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	173	1.87	-671	-631	60
4	158	2.25	-568	-520	48
6	144	3.3	-545	-501	45

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.12 และรูปที่ 5.39 พบว่าน้ำดิบมีค่าประจุคอลลอยด์ประมาณ -540 ถึง -671 มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร เปรียบเทียบกับค่าความขุ่นน้ำดิบมีค่าประมาณ 144 ถึง 170 ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ ถ้าความขุ่นสูงก็จะมีค่าประจุคอลลอยด์เป็นลบมากขึ้น ส่วนน้ำหลังกวนเร็วก็จะมีค่าประจุคอลลอยด์ลดลงประมาณ 40 ถึง 60 มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร อธิบายได้เหมือนการทดลองที่โพลีเมอร์ 0.5 มก./ล. น้ำผลิตมีค่าประจุคอลลอยด์เป็น 45 ถึง 60 มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร ซึ่งมีค่าเป็นบวกเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับความขุ่นน้ำผลิตซึ่งมีค่าประมาณ 1.87 ถึง 3.3 เอ็นทียู ก็ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.39 ค่าประจุคออลอยด์น้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำกลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพธิเมอร์ ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

5.2.3.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8 ม./ชม.ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

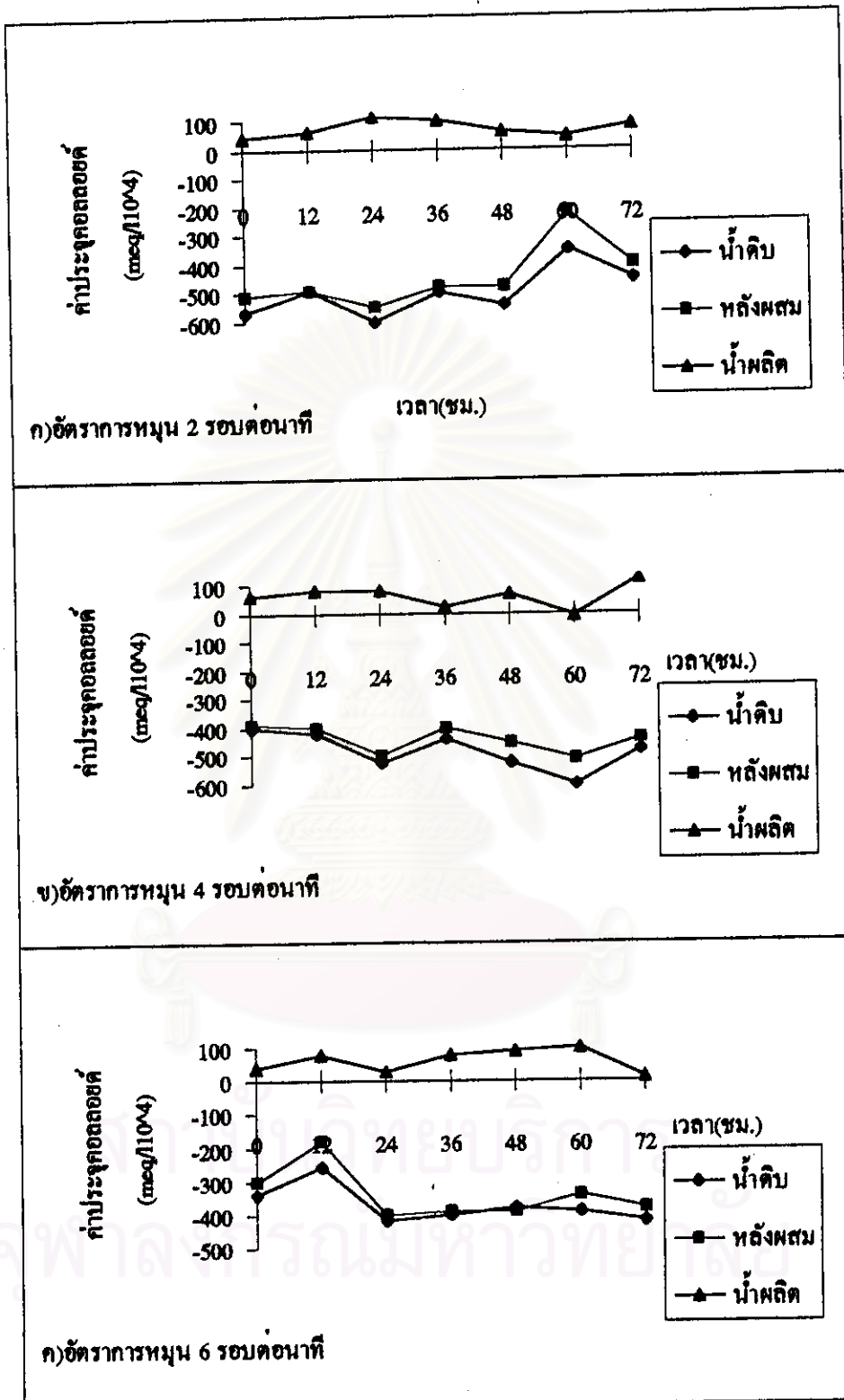
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความขุ่นเฉลี่ย(เอ็นทียู)		ประจุคอลลอยด์เฉลี่ย(มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร)		
	น้ำดิบ	น้ำผลิต	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	109	1.13	-500	-447	70
4	113	0.99	-482	-441	60
6	92	1.27	-373	-340	61

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.13 และรูป 5.40 น้ำดิบมีค่าประจุคอลลอยด์ระหว่าง -373 ถึง -500 มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร ความขุ่นน้ำดิบอยู่ระหว่าง 92 ถึง 113 เอ็นทียู ซึ่งความขุ่นน้ำดิบและค่าประจุคอลลอยด์มีแนวโน้มเดียวกันคือ น้ำดิบที่มีความขุ่นสูงขึ้นก็จะมีค่าประจุคอลลอยด์เป็นค่าลบมากขึ้นด้วย ส่วนน้ำหลังกวนเร็วมีค่าประจุคอลลอยด์ลดลงประมาณ 40 ถึง 50 มิลลิอิควิวาแลนซ์  $\times 10^4$ /ลิตร อธิบายได้เหมือนการทดลองที่โพลีเมอร์ 0.5 และ 0.7 มก./ล ส่วนน้ำผลิตมีค่าประจุคอลลอยด์ประมาณ 60 ถึง 70 มิลลิอิควิวาแลนซ์ $\times 10^4$ /ลิตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับความขุ่นน้ำผลิตซึ่งมีค่าประมาณ 0.99 ถึง 1.27 เอ็นทียู ก็ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด

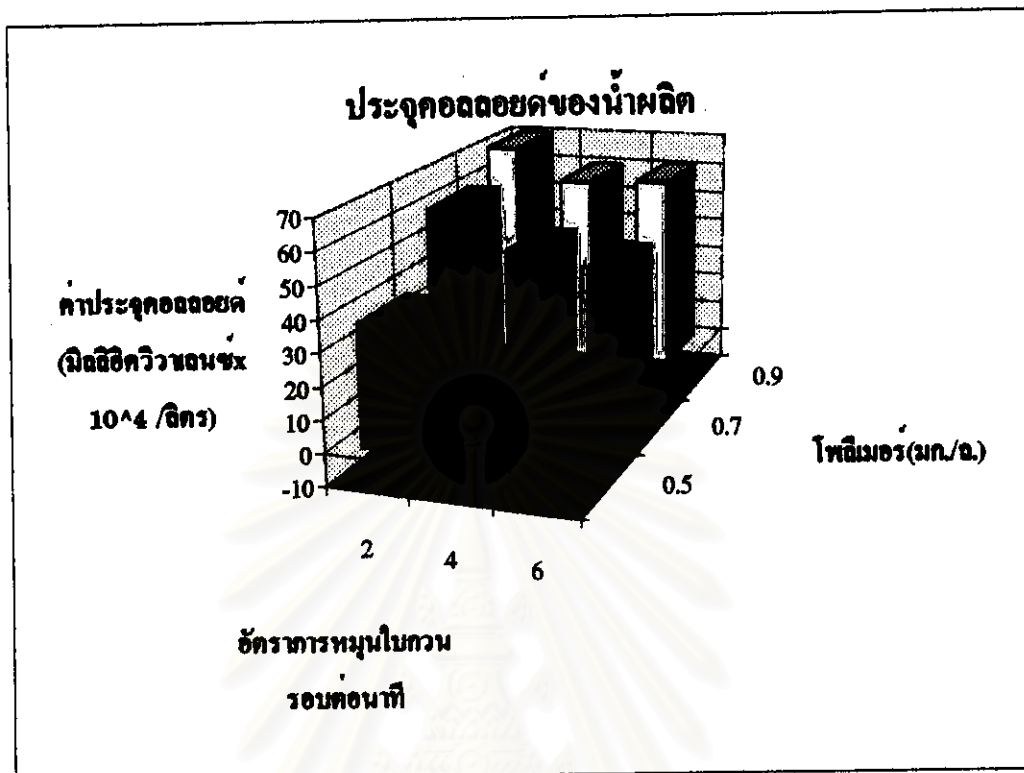
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชันมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.40 ค่าประจุกลอสต์น้ำคิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำกลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.



รูปที่ 5.41 ค่าประจุกอลลอยด์น้ำผลิต ที่สถานะคงตัว กรณีปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมและอัตราการผลิตต่างกัน

จากรูปที่ 5.41 พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมสูงขึ้น ประจุกอลลอยด์ของน้ำผลิตก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย ซึ่งสันนิษฐานว่าโพแทสเซียมไม่มีประจุ มีประจุบวกอย่างอ่อนๆ (สอดคล้องกับทดลองการวัดประจุของโพแทสเซียมไม่มีประจุของ คณิศ, 2538) ซึ่งเป็นผลให้น้ำผลิตมีประจุบวกหรืออีกข้อหนึ่งคือ การเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมจะทำให้มวลในถังปฏิกรณ์ที่มีประจุบวกจากสารส้มมีปริมาณมากขึ้นอย่างมาก(สารส้มมากขึ้นมีผลทำให้พีเอชต่ำลง เป็นผลให้ประจุบวกในน้ำมากขึ้น) ก็อาจจะทำให้มีประจุบวกออกมากับน้ำผลิตก็เป็นได้ ส่วนเมื่อเพิ่มการผลิตกับผลประจุกอลลอยด์น้ำผลิตยังไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด

### 5.2.4 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต

#### 5.2.4.1 กรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.14

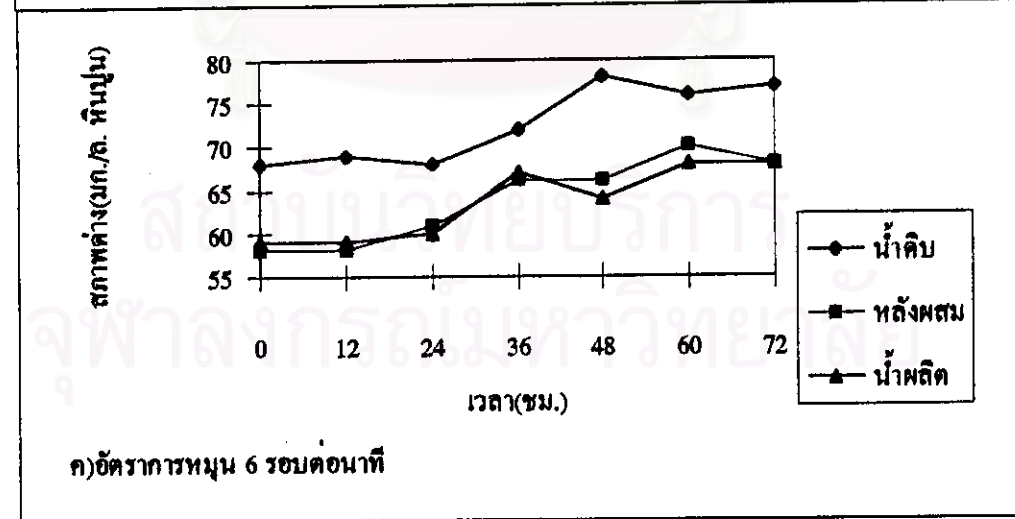
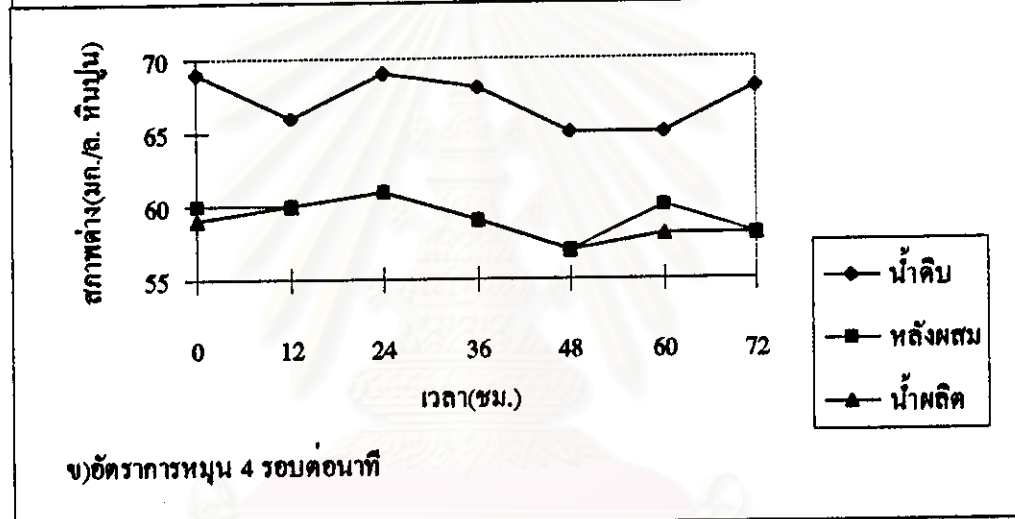
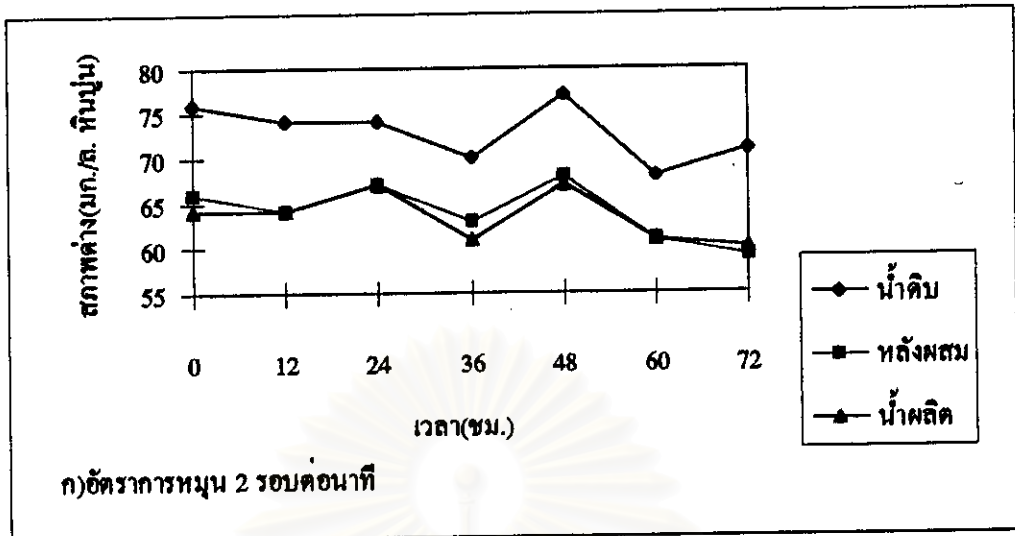
ตารางที่ 5.14 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	สภาพค่างเฉลี่ย(มก./ล. หินปูน)		
	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	73	64	63.5
4	67	59	59
6	72.5	64	63.5

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

จากตารางที่ 5.14 และรูป 5.42 สภาพค่างของน้ำดิบมีค่าประมาณ 65 ถึง 78 มก./ล. หินปูน สภาพค่างน้ำหลังกวนเร็วมีค่าประมาณ 57 ถึง 70 มก./ล. หินปูน และสภาพค่างน้ำผลิตจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหลังกวนเร็วทุกการทดลอง อธิบายได้ว่าสภาพค่างลดลงเนื่องจากสารส้มทำปฏิกิริยากับน้ำดิบในอุปกรณ์กวนเร็ว เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ส่วนในถังปฏิกรณ์ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส น้ำหลังกวนเร็วกับน้ำผลิตจึงมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนความเร็วรอบอัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพค่าง

อนึ่งสภาพค่างที่กล่าวถึงนี้(60-75 มก./ล. หินปูน)มีค่าต่ำมากจึงมีความสามารถเป็นบัฟเฟอร์ไม่สูง พี่เองจึงอาจเปลี่ยนได้มาก จึงจะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาในระบบฯ ได้ สิ่งนี้ต้องพึงระวังไว้ด้วย



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวดของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.42 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำผลิตและน้ำหลังกวนเร็ว ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพติเมอร์ไม่มี ประจุ 0.5 มก./ล.

5.2.4.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.3 ม./ชม.ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.15

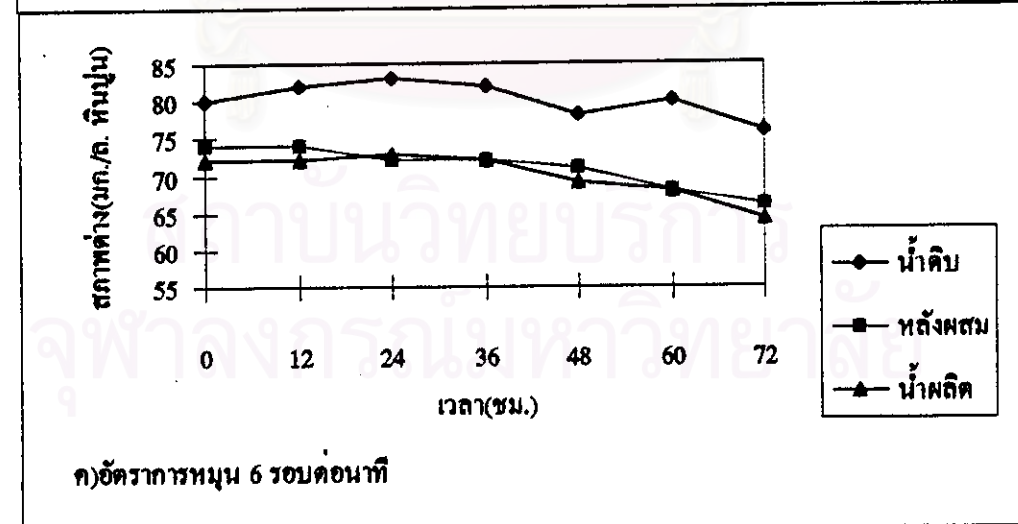
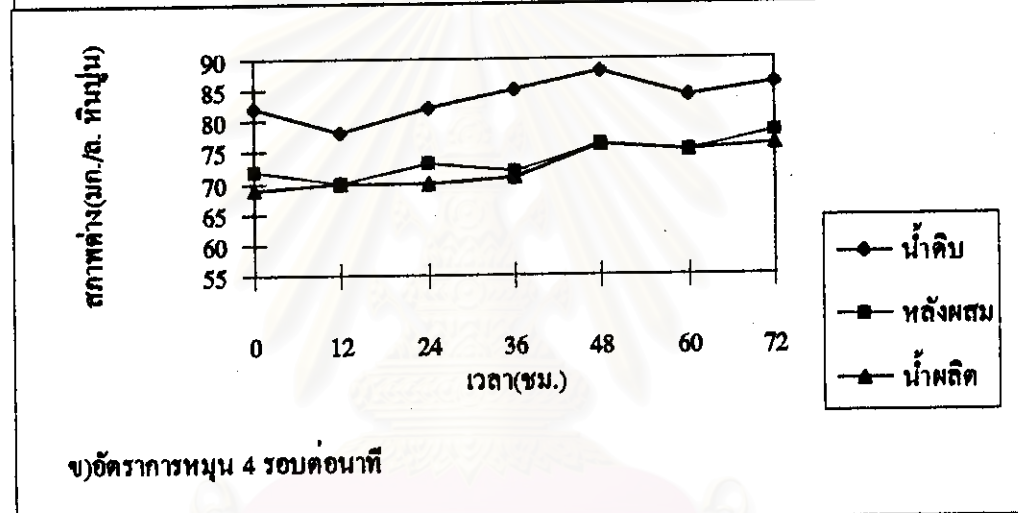
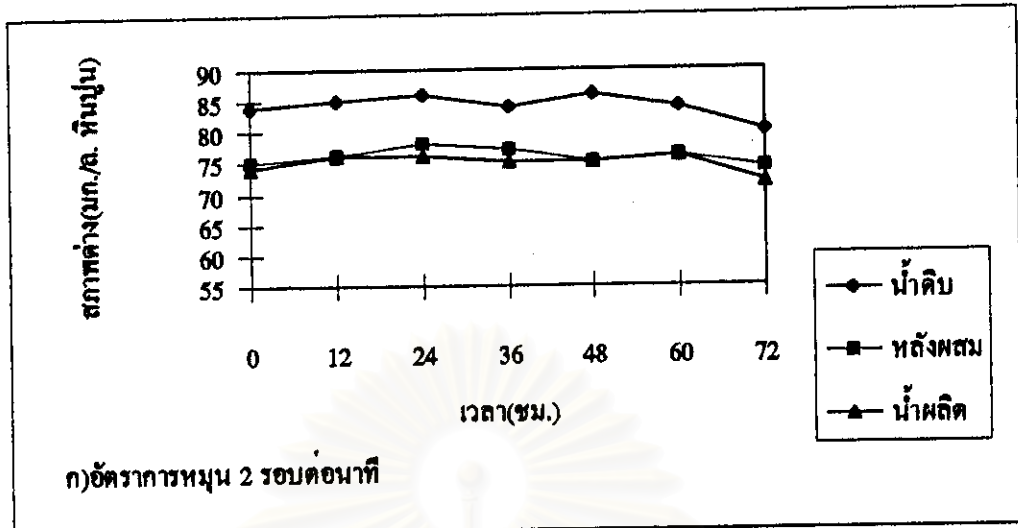
ตารางที่ 5.15 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	สภาพค่างเฉลี่ย(มก./ล. หินปูน)		
	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	84	76	75
4	83.5	73.5	72.5
6	80	71	70

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.15 และรูป 5.43 สภาพค่างของน้ำดิบมีค่าประมาณ 76 ถึง 88 มก./ล. หินปูน สภาพค่างน้ำหลังกวนเร็วมีค่าประมาณ 66 ถึง 78 มก./ล. หินปูน และสภาพค่างน้ำผลิตจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหลังกวนเร็วทุกการทดลอง อธิบายเช่นเดียวกับการทดลองที่โพลีเมอร์ 0.5 มก./ล.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.43 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำผลิตและน้ำหลังกวนเร็ว ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพติเมอร์ไม่มี ประจุ 0.7 มก./ล.

### 5.2.4.3 กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8 ม./ชม.ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สภาพค่างน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.

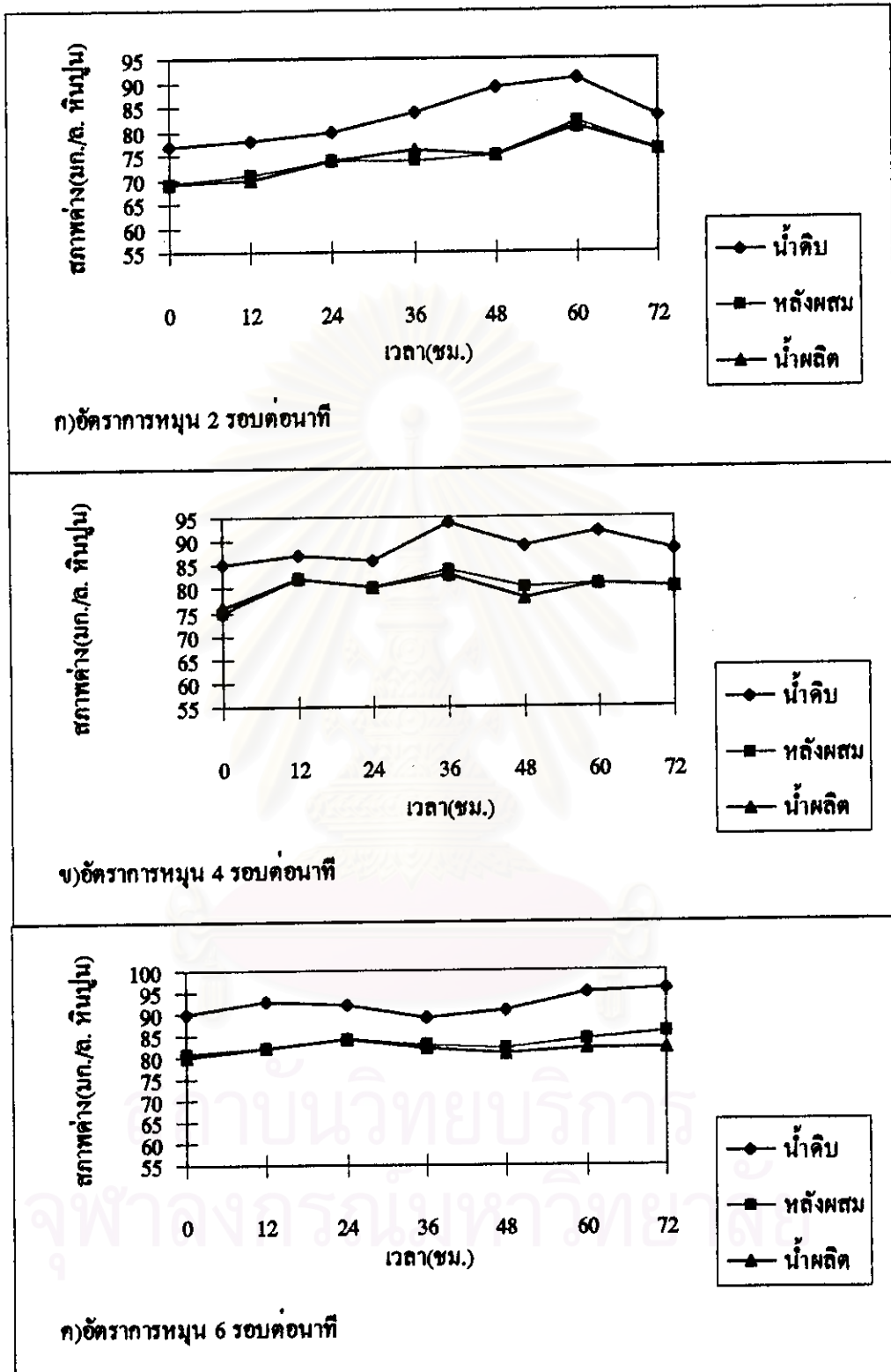
อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	สภาพค่างเฉลี่ย(มก./ล. หินปูน)		
	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	83	74.5	74.5
4	88.5	80	80
6	92	83	82

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.16 และรูป 5.44 สภาพค่างของน้ำดิบมีค่าประมาณ 77 ถึง 96 มก./ล. หินปูน สภาพค่างน้ำหลังกวนเร็วมีค่าประมาณ 69 ถึง 86 มก./ล. หินปูน และสภาพค่างน้ำผลิตจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหลังกวนเร็วทุกการทดลอง อธิบายได้เช่นเดียวกับการทดลองที่โพธิเมอร์ 0.5 และ 0.7 มก./ล.

จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1.ในการทดลองนี้ใช้ค่าสารส้มคงที่ จึงควรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพค่างค่อนข้างคงที่
- 2.การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบอัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพค่าง
- 3.การเปลี่ยนแปลงค่าโพธิเมอร์ที่ 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพค่าง
- 4.สภาพค่างน้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ทุกการทดลองจะมีค่าลดลงจากน้ำดิบประมาณ 8-10 มก./ล.หินปูน ที่ปริมาณการใช้สารส้ม 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม).



หมายเหตุ: เวลา นับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.44 สภาพค่างน้ำดิบ,น้ำผลิตและน้ำหลังกวนเร็ว ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพติเมอร์ไม่มี  
ประจุ 0.9 มก./ล.



### 5.2.5 ค่าพีเอชของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต

#### 5.2.5.1 กรณีใช้โพลิเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

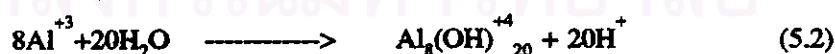
จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.378 มก./ล.อะลูมิเนียม). ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 พีเอชน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.

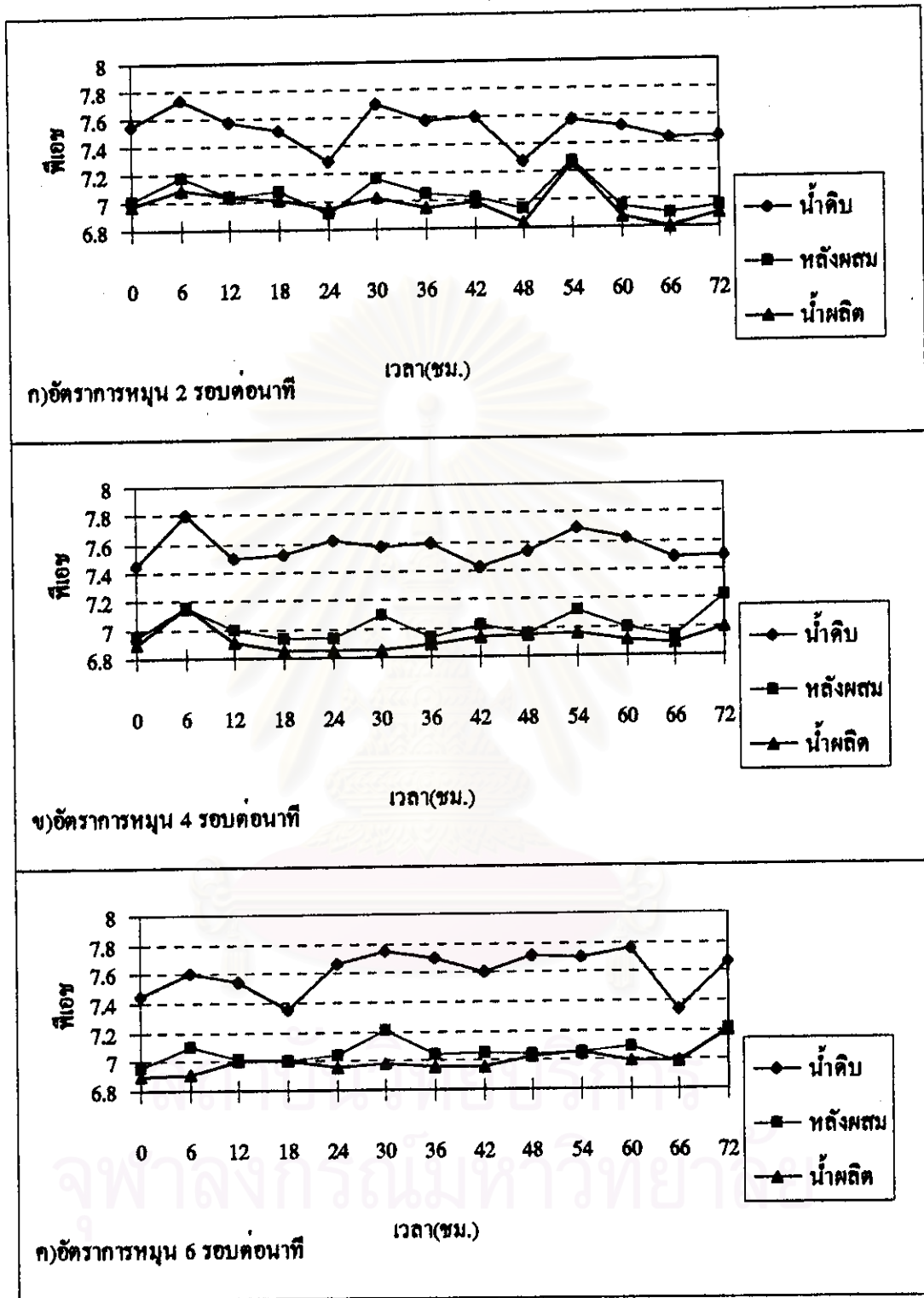
อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	พีเอชเฉลี่ย		
	น้ำดิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	7.54	7.05	6.99
4	7.57	7.03	6.93
6	7.62	7.06	7.00

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยทำ 72 ชั่วโมงเพราะความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัวตั้งแต่เริ่มคนหลังจากขั้นตอนการเริ่มระบบแล้ว

จากตารางที่ 5.17 และรูปที่ 5.45 พบว่าค่าพีเอชของน้ำหลังกวนเร็วมีค่าต่ำกว่าน้ำดิบประมาณ 0.5-0.6 และพีเอชของน้ำผลิตมีค่าต่ำกว่าน้ำหลังกวนเร็วเล็กน้อย ในทุกความเร็วรอบการหมุนใบกวน ซึ่งอธิบายได้ว่าพีเอชที่ลดลงหลังจากเติมสารส้มเพื่อเป็นโคแอกกูแลนต์ ได้เป็นตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสดังสมการ 5.1 ถึง 5.3



จากการทดลองแปรค่าความเร็วรอบการหมุนใบกวน ที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระบบ



หมายเหตุ: เวลานั้นนับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลดของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.45 ค่าพีเอชของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มี ประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.

5.2.5.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.

จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 พีเอชน้ำคิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	พีเอช(เฉลี่ย)		
	น้ำคิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	7.64	7.18	7.11
4	7.63	7.11	7.03
6	7.64	7.13	7.05

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 หรือ 24 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.46 พบว่าค่าพีเอชของน้ำหลังกวนเร็วมีค่าต่ำกว่าน้ำคิบประมาณ 0.5 และพีเอชของน้ำผลิตมีค่าต่ำกว่าน้ำหลังกวนเร็วเล็กน้อย ในทุกการทดลองซึ่งอธิบายได้เหมือนการทดลองก่อนหน้านี้

5.2.5.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.

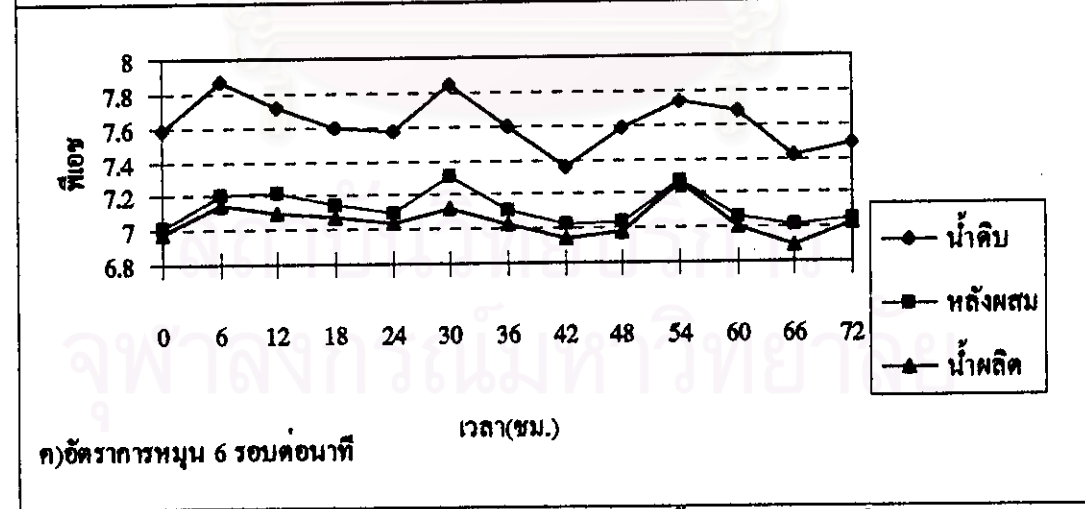
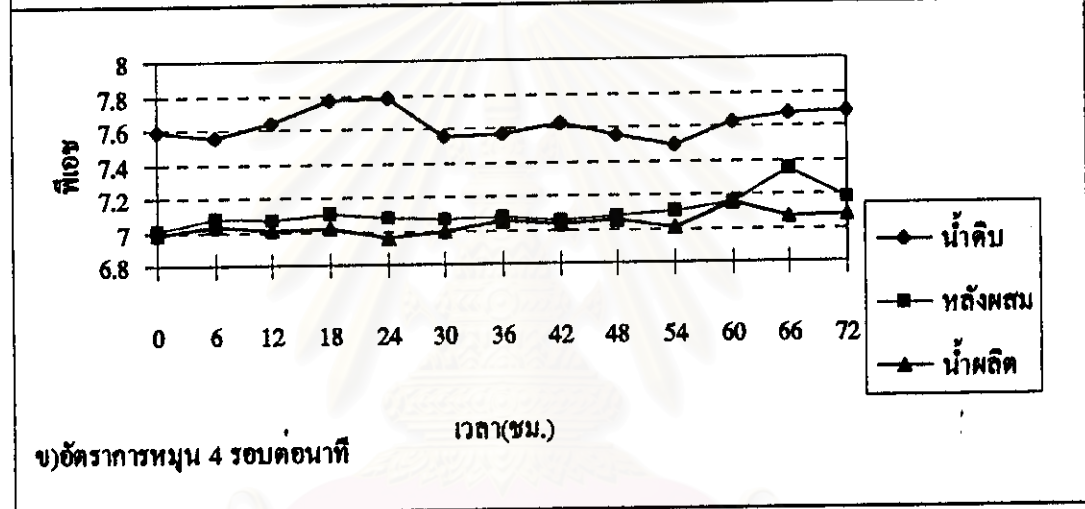
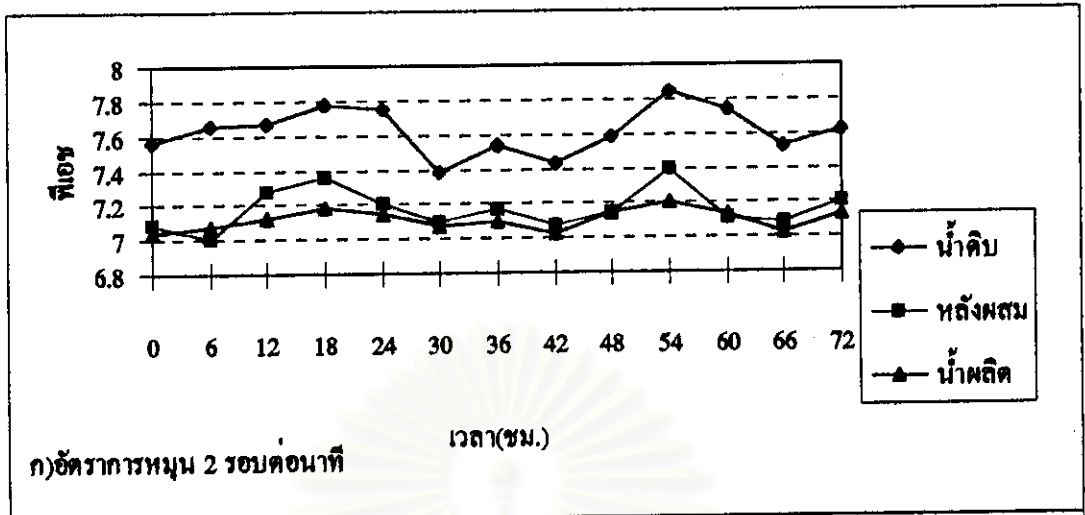
จากการทดลองที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 พีเอชน้ำคิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ที่สถานะคงตัว กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.

อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	พีเอช(เฉลี่ย)		
	น้ำคิบ	น้ำหลังกวนเร็ว	น้ำผลิต
2	7.66	7.15	7.03
4	7.60	7.09	7.01
6	7.71	7.12	7.07

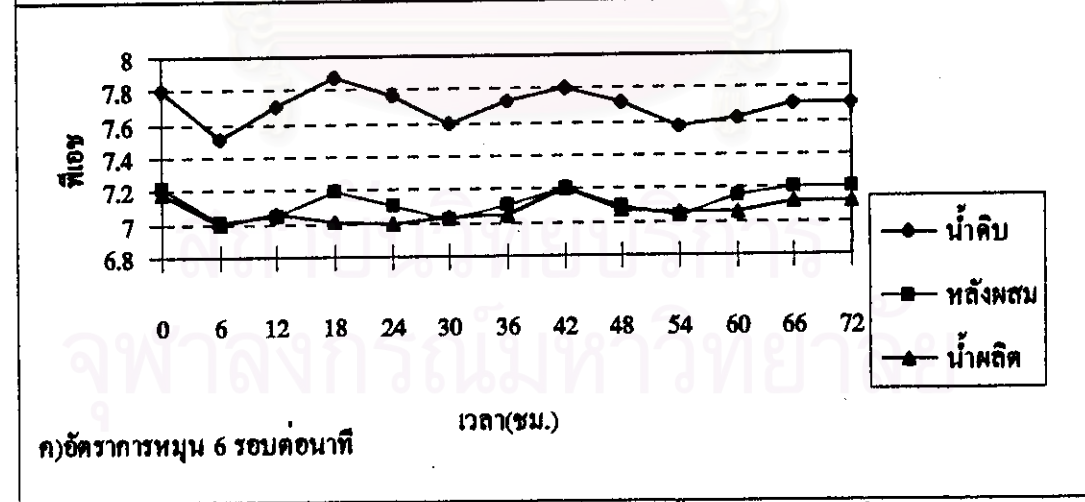
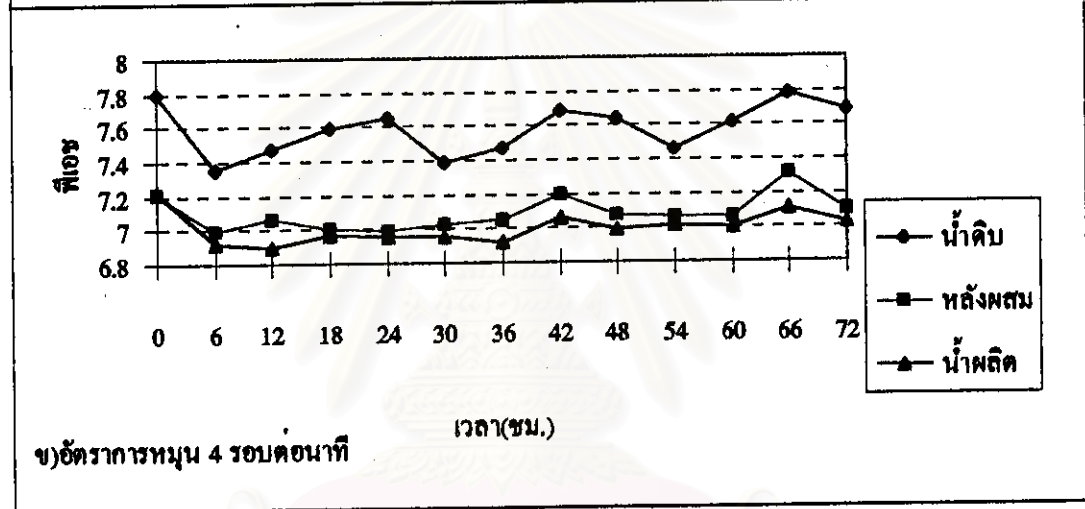
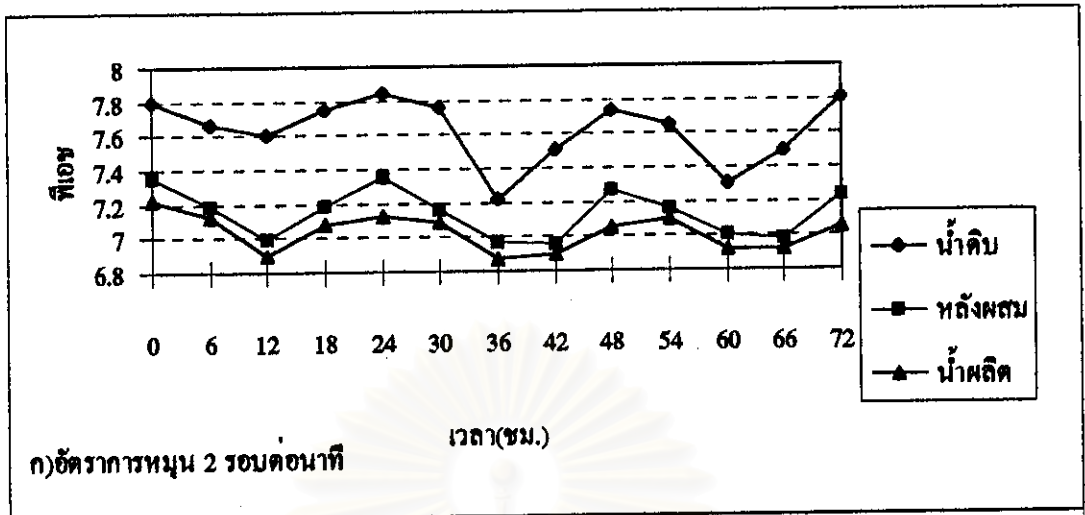
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 0 หรือ 12 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.19 และรูปที่ 5.47 พบว่าค่าพีเอชของน้ำหลังกวนเร็วมีค่าต่ำกว่าน้ำคิบประมาณ 0.5 และพีเอชของน้ำผลิตมีค่าต่ำกว่าน้ำหลังกวนเร็วเล็กน้อย ในทุกการทดลองซึ่งอธิบายได้เหมือนการทดลองก่อนหน้านี้



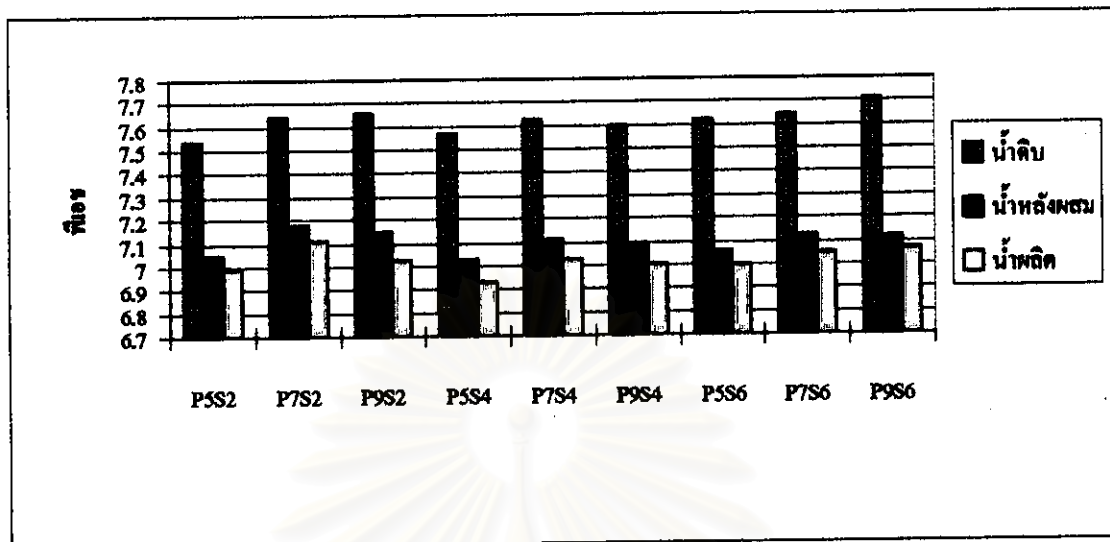
หมายเหตุ: เวลานับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.46 ค่าพีเอชของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพลิเมอร์ไม่มี ประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.



หมายเหตุ: เวลานับจากการเริ่มระบบหรือที่ความสูงชั้นมวลของแข็งเท่ากับ 150 ซม

รูปที่ 5.47 ค่าพีเอชของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้โพธิเมอร์ไม่มี ประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.



รูปที่ 5.48 เปรียบเทียบค่าพีเอชน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผัดเฉลี่ย ที่การทดลองอัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที และที่โพสิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5, 0.7 และ 0.9 รอบต่อนาที

จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้งหมดตามรูปที่ 5.48 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพสิเมอร์ไม่มีประจุที่ 0.5, 0.7 และ 0.9 ไม่มีผลต่อค่าพีเอช

2. การเปลี่ยนแปลงอัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาทีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของระบบ

3. การใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์มีผลทำให้ของค่าพีเอชของน้ำหลังกวนเร็วและน้ำผัดลดต่ำกว่าน้ำดิบตามหลักของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (ผลที่ได้ต่างจากการทดลองที่ผ่านมาของสุวรรณภู 2539, กานตพันธุ์ 2539 และ กุศลธิดา 2540 ซึ่งได้ผลค่าพีเอชของน้ำหลังกวนเร็วและน้ำผัดมีค่าสูงขึ้นทุกการทดลอง )

### 5.2.6 ค่าอะลูมิเนียม

ค่าอะลูมิเนียมจากการทดลองแปรค่าโพแทสเซียมไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5, 0.7 , 0.9 มก./ล และอัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที

จากการทดลองใช้สารส้มปริมาณ 17 มก./ล.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (1.377 มก./ล. อะลูมิเนียม) เป็นโคแอกกูแลนต์ โพแทสเซียมไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. เป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด อัตราการหมุนใบกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที ความเร็วน้ำไหลขึ้น 8 ถึง 8.5 ม./ชม. ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.20

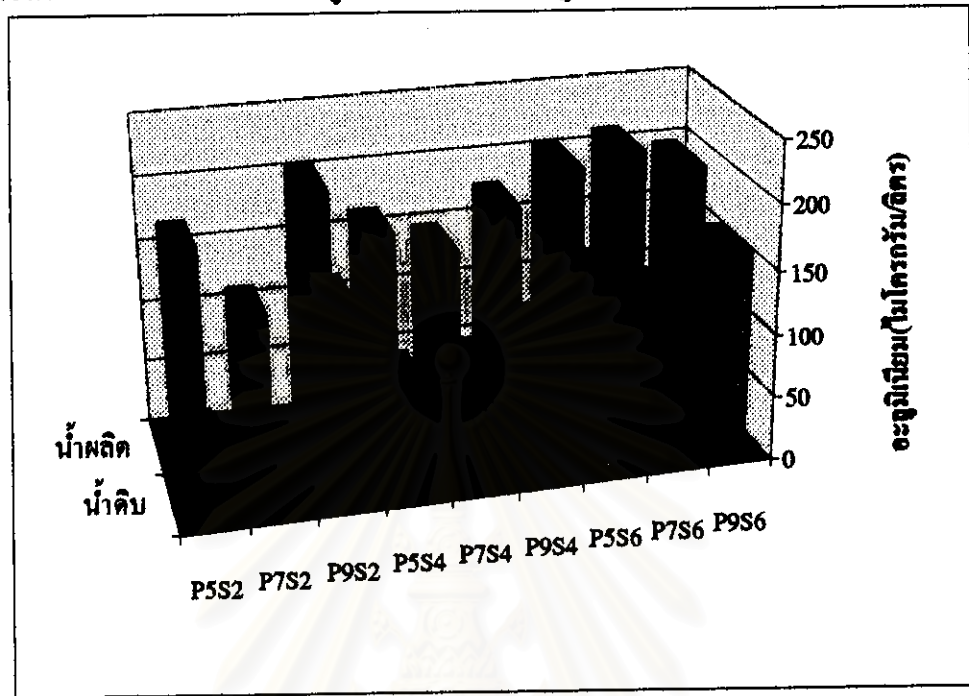
ตารางที่ 5.20 ค่าอะลูมิเนียมจากการทดลองทั้งหมด

ปริมาณโพแทสเซียม (มก./ล.)	อัตราการหมุนใบกวน (รอบต่อนาที)	ปริมาณอะลูมิเนียม(ไมโครกรัมต่อลิตร)	
		น้ำดิบ	น้ำผลิต
0.5	2	57	168
	4	84	164
	6	76	177
0.7	2	30	110
	4	90	146
	6	130	211
0.9	2	151	203
	4	112	176
	6	160	195

หมายเหตุ: การเก็บตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมงสุดท้ายครั้งเดียว

จากผลการทดลองตามตารางที่ 5.20 พบว่าน้ำดิบมีปริมาณอะลูมิเนียมอยู่ระหว่าง 30-151 ไมโครกรัมต่อลิตร น้ำผลิตมีปริมาณอะลูมิเนียมอยู่ระหว่าง 110-211 ไมโครกรัมต่อลิตร ทุกการทดลองน้ำผลิตมีปริมาณอะลูมิเนียมมากกว่าน้ำดิบ เพราะมีอะลูมิเนียมจากสารส้มที่ใช้เป็นโคแอกกูแลนต์ออกมามากกว่าน้ำผลิต ซึ่งบางการทดลองน้ำผลิตมีค่ามากกว่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลก ( 200 ไมโครกรัมต่อลิตร ) ซึ่งน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนของการประปานครหลวงบางช่วงก็มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน เนื่องจากการประปาใช้สารส้มในปริมาณสูงประมาณ 40 ถึง 60 มก./ล. แต่เมื่อน้ำผ่านกระบวนการกรองแล้วก็มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งถ้าระบบนี้ติดตั้งระบบการกรองด้วยแล้ว

ค่าอะลูมิเนียมก็ควรมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามก็ควรลดปริมาณสารตั้งลงให้มากเพื่อที่น้ำผลิตจะได้มีปริมาณอะลูมิเนียมไม่เกินมาตรฐาน และยังเป็นการประหยัดสารเคมีด้วย



รูปที่ 5.49 เปรียบเทียบค่าอะลูมิเนียมในน้ำดิบและน้ำผลิตจากการทดลองแปรค่า อัตราการหมุนใบกวน 2 , 4 และ 6 รอบต่อนาที และที่โพธิเมอร์ไม่มีประจุ 0.5, 0.7 และ 0.9 รอบต่อนาที

จากตารางที่ 5.20 และรูปที่ 5.49 การทดลองแปรค่าอัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาทีและการแปรค่าโพธิเมอร์ที่ 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ก. ไม่สามารถหาความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดได้ และสามารถสรุปได้ผลดังนี้

1. อัตราการหมุนใบกวนไม่มีผลต่อปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำผลิตในทางตรง แต่ในทางอ้อมคือ เมื่ออัตราการหมุนใบกวนสูงขึ้น น้ำผลิตจะมีความขุ่นสูงขึ้น เนื่องจากฟล็อกลอยขึ้นและในฟล็อกมีอะลูมิเนียมอยู่ด้วย จึงทำให้น้ำผลิตมีอะลูมิเนียมสูงตาม

2. ปริมาณโพธิเมอร์ไม่มีผลอย่างเด่นชัดต่อปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำผลิต ในทางตรงแต่มีผลในทางอ้อมเช่นเดียวกับข้อ 1

3. ค่าอะลูมิเนียมบางการทดลองมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเพราะน้ำดิบมีปริมาณอะลูมิเนียมในระดับสูงอยู่แล้วเมื่อรวมกับอะลูมิเนียมจากการทดลองก็ทำให้อะลูมิเนียมมีปริมาณเกินมาตรฐานได้



### 5.3 การทดลองช่วงที่ 3 (เปรียบเทียบรูปแบบไบกวน)

จากการทดลองในช่วงที่ 2 ได้ข้อสรุปว่าการระบบมีค่าความปั่นป่วน(G)น้อยจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าที่ค่าความปั่นป่วนสูงกว่า ซึ่งวิธีที่จะลดค่าความปั่นป่วนในระบบลงมี 2-3 วิธีเช่น

- 1.ลดความเร็วรอบลง
- 2.ปรับเปลี่ยนรูปแบบไบกวน
- 3.ถอดหรือลดจำนวนแผ่นกั้นน้ำหมุนวน

จากวิธีการข้างต้นมีข้อดีและเสีย แต่ความเป็นไปได้ในช่วงการทดลองช่วงนี้ เช่น การลดความเร็วรอบลงต้องปรับปรุงเรื่องเกียร์มอเตอร์ซึ่งเป็นไปได้ยาก, การถอดแผ่นกั้นน้ำหมุนวนซึ่งอาจเกิดน้ำหมุนวนในระบบได้ จึงได้เลือกวิธีในข้อ 2 ซึ่งมีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดในการดำเนินงานในการทดลองช่วงนี้

#### 5.3.1 อิทธิพลของรูปแบบการติดตั้งไบกวนต่อความขุ่นน้ำผลิต

จากการทดลองใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ปริมาณ 17 มก./ล. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล. อัตราเร็วน้ำไหลขึ้น 8.5 ม./ชม. อัตราการหมุนไบกวน 2 รอบต่อ นาที โดยแปรรูปแบบของไบกวน 2 ค่าคือ 6 ใบ(เหมือนการทดลองที่ผ่านมา)และ 2 ใบ(ถอด 2 ใบ ชั้นบนและ 2 ใบชั้นล่างออก)ตามรูปในบทที่ 4 ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.21

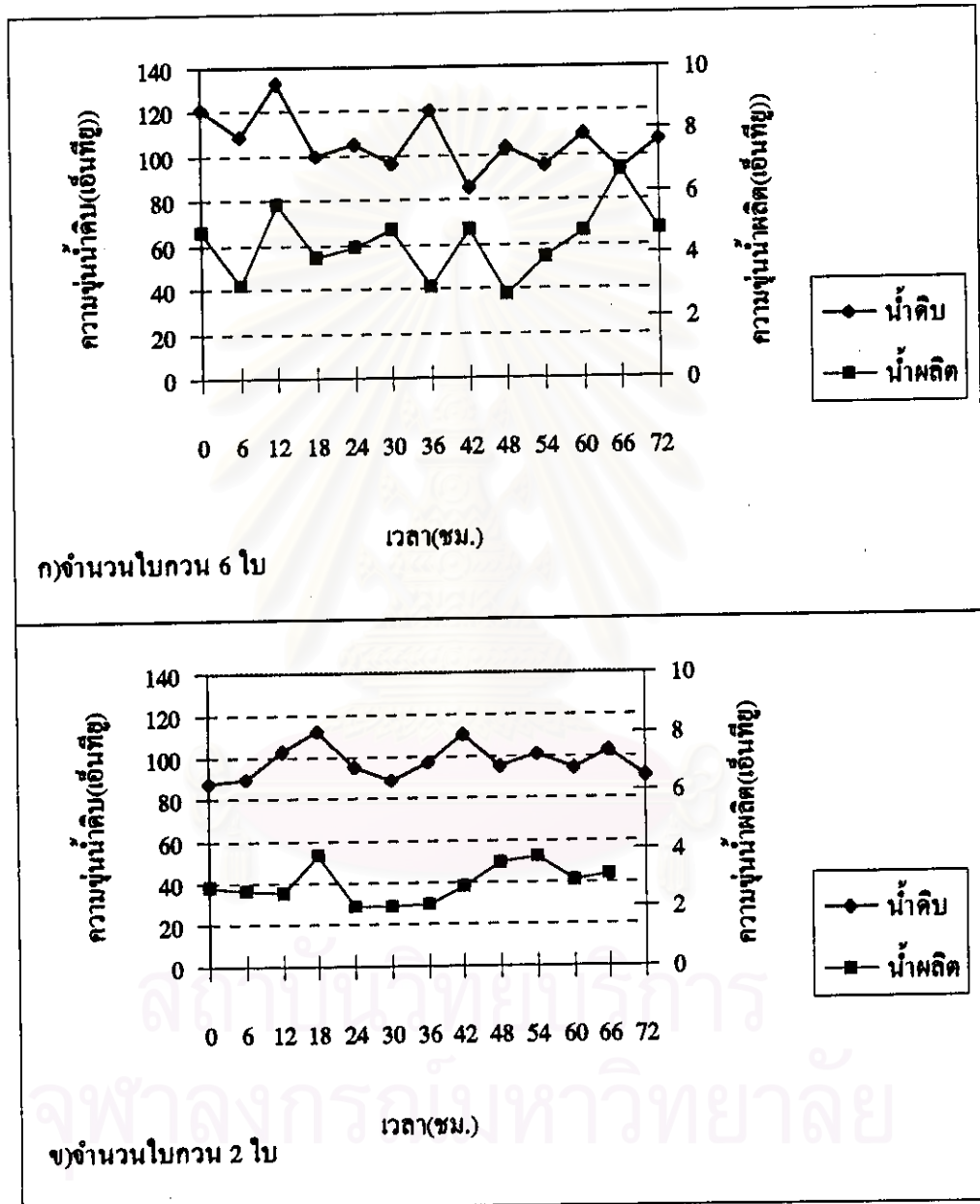
ตารางที่ 5.21 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สภาวะคงตัว จากการทดลองแปรรูปแบบไบกวน ที่ 2 และ 6 ใบ

จำนวนใบ	ความขุ่น(เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเฉลี่ย (ร้อยละ)
	น้ำดิบ(เฉลี่ย)	น้ำผลิต(เฉลี่ย)	
2	88-113(99.5)	2-3.8(2.8)	97.18
6	86-133(104.5)	2.7-6.7(4.45)	95.72

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 ถึงชั่วโมงที่ 72 (ค่าความขุ่นน้ำผลิตอยู่ในสถานะคงตัว)

จากตารางที่ 5.21 และรูปที่ 5.50 พบว่า จำนวนไบกวนน้อย(2 ใบ) สามารถผลิตน้ำได้ความขุ่นเฉลี่ย 2.8 เอ็นทียู ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 97.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทดลองที่มีจำนวนไบกวน 6 ใบ ให้ค่าความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ย 4.45 เอ็นทียู ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 95.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอธิบายได้ว่า ค่าความปั่นป่วนที่น้อยกว่าในการทดลองที่ใช้ไบกวน 2 ใบ ทำ

ให้กลไกสะพานเชื่อมด้วยโพลีเมอร์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ความดันป้อนที่ผิวหน้าชั้นมวลของแข็ง มีค่าน้อยลง เป็นผลให้มวลของแข็ง(ซึ่งน่าจะเป็นฟลોકมากกว่าเพ็ดเล็ค)มีการแตกน้อยลง



หมายเหตุ: เวลานับจากระดับชั้นมวลของแข็งอยู่ที่ 150 ชม.

รูปที่ 5.50 ความขุ่นน้ำคืบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ จากการทดลองแปรรูปแบบใบกวน ที่ 2 และ 6 ใบ

### 5.3.2 อิทธิพลของรูปแบบใบกวนต่อมวลของแข็งในระบบ

การทดลองเหมือนข้อ 5.3.1 จากการทดลองได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 มวลในถังปฏิกรณ์, ค่าของแข็งแขวนลอยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สภาวะคงตัว ของการทดลองแปรค่าใบกวน

จำนวนใบ	มวลในถังปฏิกรณ์ (กิโลกรัม)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(เฉลี่ย) (ร้อยละ)
2	44	97.18
6	47	95.72

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยนับจากชั่วโมงที่ 12 ถึง ชั่วโมงที่ 72

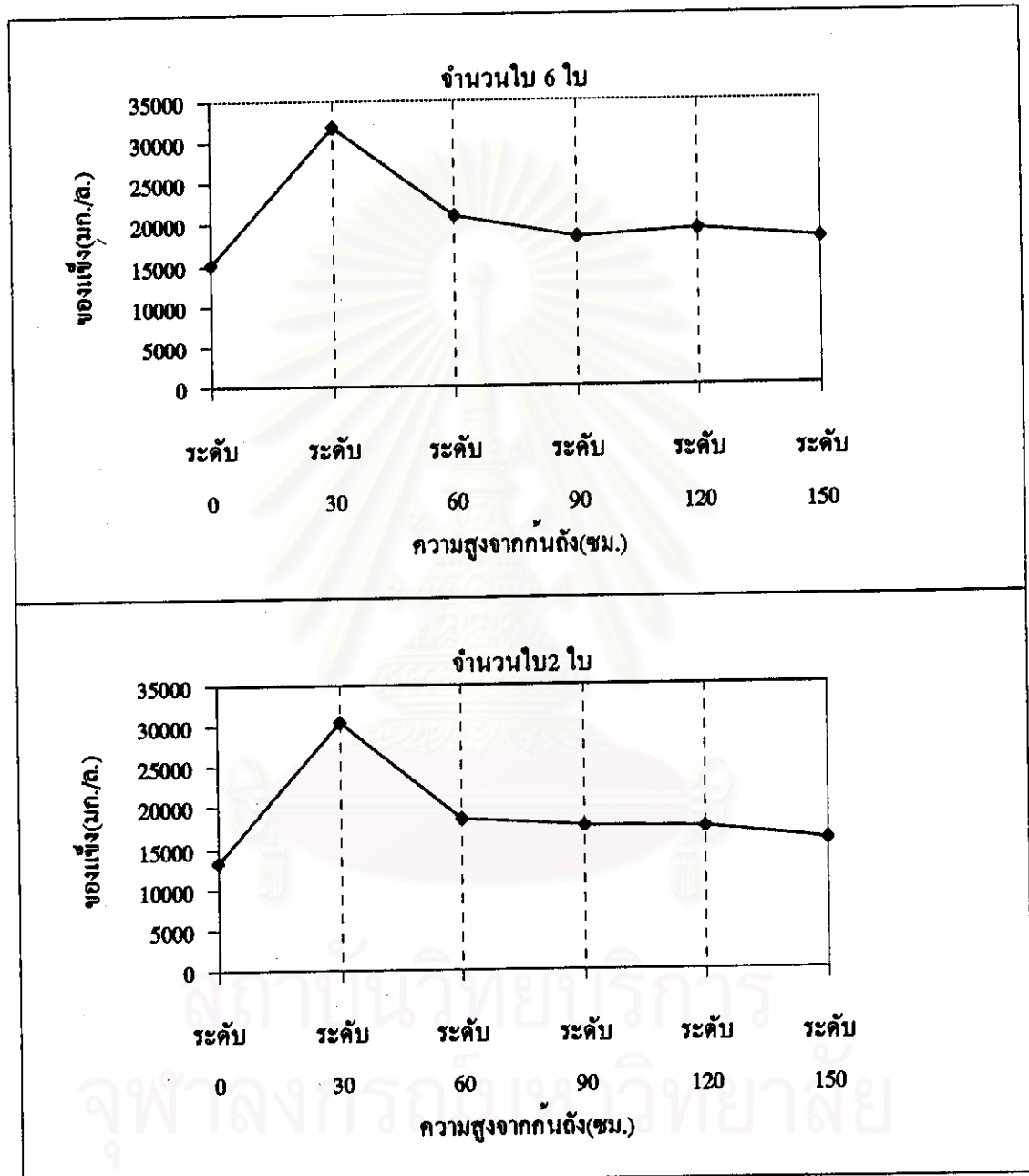
จากตารางที่ 5.22 และรูปที่ 5.50 พบว่ามวลในถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 44-47 กิโลกรัมแต่มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 97.18 และ 95.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่างกันอยู่บ้าง ค่าความปั่นป่วนที่ลดลงเนื่องจากการลดจำนวนใบลงจาก 6 ใบ ( $G=8$  วินาที<sup>-1</sup>) เป็น 2 ใบ ( $G=6.7$  วินาที<sup>-1</sup>) ไม่มีผลอย่างเด่นชัดกับมวลในถัง แต่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่า ความปั่นป่วนที่ผิวหน้าของชั้นมวลของแข็งลดลงเป็นผลมาจาก ใบของการทดลองที่ 2 ใบ ห่างจากผิวชั้นมวลของแข็งประมาณ 120 ซม. ส่วนในการทดลองที่ 6 ใบ มีใบห่างจากผิวหน้าชั้นมวลของแข็งประมาณ 90 ซม. ซึ่งใกล้กับผิวชั้นมวลของแข็งมากกว่า จึงสร้างความปั่นป่วนที่ระดับสูง มีผลทำให้มวลของแข็งแตกออกเป็นความขุ่นหลุดออกไปกับน้ำผลิต

จากการทดลองช่วงที่ 3 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบใบกวนที่ให้ความปั่นป่วนในระบบน้อยกว่า มีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดีขึ้น
2. ใบกวนที่ระดับสูงจะทำให้เกิดความปั่นป่วนที่ผิวหน้าชั้นมวลของแข็ง ซึ่งทำให้มวลของแข็งแตกออกเป็นความขุ่นหลุดออกไปกับน้ำผลิต

หมายเหตุ: เมื่อดูการทดลองในช่วงที่ 1 ที่โซโพลีเมอร์ 0.3 มก./ล. มีบางช่วงที่มวลในถังปฏิกรณ์มีค่าสูงถึง 60 กิโลกรัม ซึ่งอาจเป็นเพราะในช่วงแรกยังไม่ได้คำนึงเรื่องการตกตะกอนของโพลีเมอร์

โนดังสต็อก ซึ่งอาจทำให้มวลบางช่วงสูงกว่าปกติเล็กน้อยได้ ซึ่งในการทดลองต่อมาได้พยายาม  
กวนโพลีเมอร์อย่างสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้โพลีเมอร์ตกตะกอน



หมายเหตุ:ค่าเฉลี่ยจากชั่วโมงที่ 12 ถึง 72 ซึ่งนำคิบบอยู่ในสถานะคงตัว

รูปที่ 5.51 ค่าของแข็งเฉลี่ยที่ระดับต่างๆ จากการทดลองเปลี่ยนรูปแบบใบกวนที่ 2 และ 6 ใบ  
ใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.3 มก./ล.