

## การใช้กระบวนการตะกอนลอยเป็นระบบบำบัดขั้นแรกสำหรับการกำจัดไขมัน

ภาณุพันธ์ มั่นถึง มัสลิน ศรีโสภา สาวิตรี ศรีสอาด

สุภาณี เลิศไตรรักษ์ สุภาภรณ์ ตักกลาส ละเอียด เพ็งโสภา สุวิธสา พงษ์อำไพ \*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Email : [suwassa.pon@kmutt.ac.th](mailto:suwassa.pon@kmutt.ac.th) \*

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้กระบวนการตะกอนลอย (Dissolved air floatation, DAF) สำหรับการกำจัดไขมันในน้ำเสียจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ การทดลองแบ่งออกเป็นสองตอน ตอนแรก เป็นการศึกษาการกำจัดไขมันและน้ำมันในระบบ DAF โดยไม่ใช้สารรวมตะกอน ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างและความดันจากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันในระบบ DAF โดยไม่ใช้สารรวมตะกอน คือ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 และความดันที่ 4 บาร์เกจ สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้เท่ากับ 48.11 เปอร์เซ็นต์ ตอนที่สอง เป็นการศึกษาการกำจัดไขมันและน้ำมันในระบบ DAF โดยใช้สารรวมตะกอน ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชนิดของสารรวมตะกอนและประเภทของระบบ DAF ที่ใช้ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) เป็นสารรวมตะกอน ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 และใช้ระบบ DAF แบบ recycle stream pressurization จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันดีกว่า DAF แบบ full stream pressurization สำหรับผลของชนิดของสารรวมตะกอนในระบบ DAF แบบ full stream pressurization พบว่าการใช้สารส้มที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้ดีกว่าการใช้ PAC นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารตกตะกอนของทางโรงงานในน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบ DAF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันได้เป็น 80.10 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ :** กระบวนการตะกอนลอย ไขมันและน้ำมัน โรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ สารรวมตะกอน

### 1.บทนำ

เนื่องจากปัญหามลภาวะในน้ำเสียนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ไขมันและน้ำมันนับเป็นปัญหาหนึ่งที่พบมากในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท การมีไขมันและน้ำมันปริมาณสูงในน้ำเสียทำให้พืชและสัตว์น้ำไม่สามารถใช้ออกซิเจนจากผิวน้ำได้และก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำนั้น ดังนั้นการกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสียจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง จากงานวิจัยที่ผ่านมา นิภาพรและคณะ (2545) ได้ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดไขมันในน้ำเสียของโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้วิธีการตกตะกอน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหา

โลหะหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปริมาณไขมันและน้ำมันในน้ำทิ้งหลังการบำบัดยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้น กระบวนการตะกอนลอยแบบละลายอากาศ (Dissolved air floatation, DAF) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการกำจัดไขมันและน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดแบบตกตะกอน ระบบ DAF มีข้อดีคือ ใช้พื้นที่และการลงทุนต่ำกว่า สามารถเดินเครื่องและปรับความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้รวมตะกอนได้อย่างรวดเร็ว สามารถออกแบบเป็นชุดอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เคลื่อนย้ายสู่ภาคสนามได้สะดวก (อนุรักษ ปิติรักษ์สกุล, 2538) หลักการของระบบ DAF คือเมื่ออัดอากาศเข้าไปในน้ำที่

ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ความดันส่วนใหญ่ที่ใช้จะอยู่ในช่วง 4 ถึง 6 บาร์เกจ เพื่อให้อากาศละลายในน้ำได้มากขึ้น เมื่อลดความดันของน้ำลงไป ความดันบรรยากาศอย่างรวดเร็ว อากาศส่วนที่เกินจากจุดอิ่มตัวจะแยกตัวออกมาเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก และฟองอากาศขนาดเล็กรวมทั้งไขมันลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของถังลอยตะกอน ทำให้ง่ายต่อการกำจัดในขั้นต่อไป โดยน้ำเสียส่วนใสจะไหลออกทางด้านข้างบริเวณกลางถัง เพื่อนำไปผ่านกระบวนการบำบัดในขั้นต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันในน้ำเสียจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้ระบบ DAF เป็นระบบบำบัดขั้นต้น

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

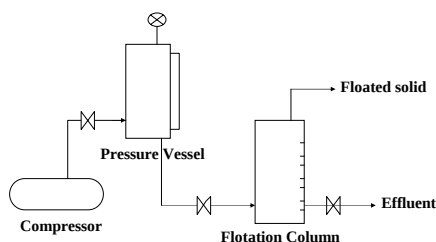
### 2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสีย

นำตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณไขมันและค่าซีโอดี

### 2.2 การศึกษาการกำจัดไขมันด้วยระบบ

#### DAF

ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียในช่วง 6 ถึง 10 และทำการปรับความดันในระบบ DAF (รูปที่ 1) แบบ full stream pressurization ในช่วง 4 ถึง 6 บาร์เกจ



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์ DAF

## 2.3 การศึกษาการกำจัดไขมันด้วยระบบ

### DAF โดยใช้สารรวมตะกอน

ทำการศึกษา ผลของประเภทของระบบ DAF โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบ DAF ระหว่างแบบ full stream pressurization และแบบ recycle stream pressurization โดยใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) เป็นสารรวมตะกอนที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 และทำการศึกษาผลของชนิดของสารรวมตะกอนในระบบ DAF แบบ full stream pressurization ที่ความดัน 4 บาร์เกจ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 และการใช้สารส้ม 2.5 กรัมต่อลิตร ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5

## 2.4 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ

### เสียหลังจากผ่านระบบ DAF ด้วยวิธีการ

#### ตกตะกอน

นำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ DAF โดยใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน มาทำการตกตะกอนต่อด้วยสารตกตะกอนของทางโรงงานผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร

## 3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

### 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสีย

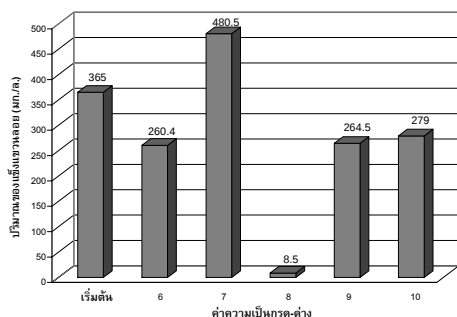
จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียของโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) และซีโอดี (COD) ของน้ำเสียหลังผ่านกระบวนการบำบัดของทางโรงงานนั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด แต่อย่างไรก็ตามไขมันและน้ำมันยังคงมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดอยู่มากแสดงดังตารางที่ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย โดยการใช้ระบบ DAF เป็นระบบบำบัดขั้นแรก

### 3.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดไขมัน

#### น้ำมันด้วยระบบ DAF

### 3.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง

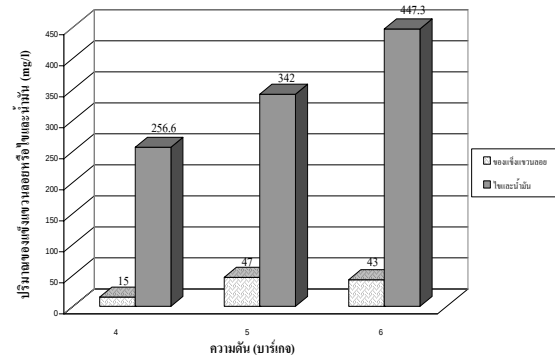
ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำจัดไขมันในน้ำเสีย การบำบัดจะให้ผลดีที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างค่าหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียที่แตกต่างกันไป จากผลการทดลองปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียในช่วง 6 ถึง 10 พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น คือที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้เหลือเพียง 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 97.67 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย

### 3.2.2 ความดัน

ความดันมีผลต่อการกำจัดไขมันในระบบ DAF เนื่องจากการอัดความดันที่สภาวะแตกต่างกันจะทำให้มีขนาดของฟองอากาศและปริมาตรของอากาศที่ละลายในน้ำแตกต่างกัน เมื่อทำการทดลองปรับความดันในระบบ DAF แบบ full stream pressurization ในช่วง 4 ถึง 6 บาร์เกจ พบว่า เมื่อเพิ่มความดันความสามารถในการกำจัดไขมันจะลดลง โดยในการทดลองนี้พบว่าความดันที่เหมาะสมในการกำจัดไขมัน คือ ที่ความดัน 4 บาร์เกจ สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันเหลือเพียง 256.6 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 45.30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเหลือเพียง 15 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 90.38 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งแขวนลอยและปริมาณไขมันและน้ำมันกับความดัน

ตารางที่ 2 แสดงผลเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานในระบบ DAF แบบ full stream pressurization ที่ความดัน 4 บาร์เกจ จากผลการทดลองพบว่า การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียก่อนเข้า DAF สามารถลดปริมาณไขมันและน้ำมันของแข็งแขวนลอย และซีโอดีได้ 48.11 เปอร์เซ็นต์ 94.01 เปอร์เซ็นต์และ 60.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

## 3.3 การศึกษาการกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยระบบ

### DAF โดยใช้สารรวมตะกอน

#### 3.3.1 ประเภทของระบบ DAF

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการบำบัดของระบบ DAF ระหว่างแบบ full stream pressurization และแบบ recycle stream pressurization โดยใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 จากผลการทดลองพบว่า การใช้ระบบ DAF แบบ recycle stream pressurization จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันดีกว่าแบบ full stream pressurization ถึง 13.59 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 3

#### 3.3.2 ชนิดของสารรวมตะกอน

โดยทั่วไปอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำที่มีประจุเหมือนกันจะเกิดการผลักรัน ทำให้เกิดการกระจายตัวอยู่ในน้ำไม่สามารถอยู่รวมกันได้ การเติมสารรวมตะกอนเป็นการทำให้อนุภาคที่แขวนลอยในน้ำจับตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้น ประสิทธิภาพของวิธีการนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียของโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

| แหล่งน้ำ                   | ครั้งที่ | pH    | T<br>( °C) | TS<br>(mg/l) | SS<br>(mg/l) | Grease &<br>Oil (mg/l) | COD<br>(mg/l) |
|----------------------------|----------|-------|------------|--------------|--------------|------------------------|---------------|
| น้ำเสียรวมของกระบวนการผลิต | 1        | 4.51  | 26         | 7,511        | 365          | 598                    | 39.2          |
| ก่อนการบำบัด               | 2        | 3.71  | 29.5       | 4,747        | 156          | 468.99                 | 30.6          |
| น้ำเสียรวมของกระบวนการผลิต | 1        | 6.05  | 26         | 5,318        | 80           | 226.67                 | 19.6          |
| หลังการบำบัด               | 2        | 6.40  | 30.2       | 4,063        | 48           | 155.33                 | 16.8          |
| มาตรฐานอุตสาหกรรม          | -        | 5.5-9 | 40         | -            | 50           | 5                      | 120           |

ตารางที่ 2 ปริมาณไขมันและน้ำมัน ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ซีโอดี (COD) หลังจากผ่านระบบ DAF ที่ความดัน 4 บาร์เกจ

| น้ำเสีย                                  | ไขมันและน้ำมัน   |                 | ของแข็งแขวนลอย   |                 | ซีโอดี           |                 |
|------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                          | ปริมาณ<br>(mg/l) | การกำจัด<br>(%) | ปริมาณ<br>(mg/l) | การกำจัด<br>(%) | ปริมาณ<br>(mg/l) | การกำจัด<br>(%) |
| น้ำเสียเริ่มต้น                          | 469              | -               | 156              | -               | 30.6             | -               |
| หลังผ่านระบบ DAF<br>ไม่ปรับค่า pH (3.71) | 327.26           | 30.22           | 143.33           | 8.12            | 23.4             | 23.53           |
| หลังผ่านระบบ DAF<br>ปรับค่า pH = 8       | 243.33           | 48.11           | 9.33             | 94.01           | 12.1             | 60.45           |

ตารางที่ 3 การกำจัดไขมันและน้ำมันโดยใช้สารรวมตะกอน

| ลักษณะน้ำเสีย               | ปริมาณไขมันและน้ำมัน |              |
|-----------------------------|----------------------|--------------|
|                             | ปริมาณ (mg/l)        | การกำจัด (%) |
| น้ำเสียเริ่มต้น             | 469.00               | -            |
| Full Stream+PAC (pH 7)      | 293.33               | 37.45        |
| Recycle Stream+PAC (pH 7)   | 164.00               | 51.04        |
| Full Stream+สารส้ม (pH 5.5) | 170.67               | 63.60        |

ขึ้นอยู่กับชนิดของสารรวมตะกอนที่ใช้ จากการศึกษาค้นคว้าของชนิดของสารรวมตะกอนในระบบ DAF แบบ full stream pressurization ที่ความดัน 4 บาร์เกจ โดย

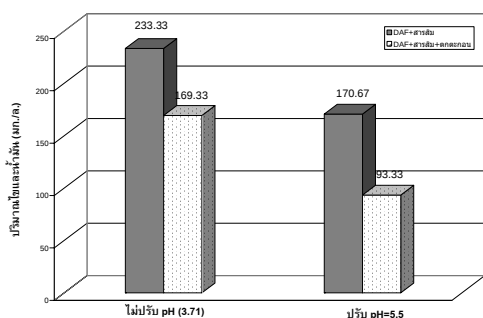
ทำการศึกษเปรียบเทียบระหว่างการใช้ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (PAC) ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 และการใช้สารส้ม 2.5

กรัมต่อลิตร ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 พบว่าการใช้สารส้มสามารถกำจัดไขมันได้ถึง 63.60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ PAC สามารถกำจัดไขมันได้เพียง 37.45 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3

### 3.4 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ

#### เสียหลังจากผ่านระบบ DAF ด้วยวิธีการตกตะกอน

การทดลองในส่วนนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันหลังจากผ่านระบบ DAF ที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน โดยนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ DAF มาทำการตกตะกอนต่อด้วยสารตกตะกอนของทางโรงงานผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 5.5 ขั้นตอนนี้สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันจนเหลือเพียง 93.33 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 80.10 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณไขมันและน้ำมันที่เหลือหลังการบำบัดขั้นสุดท้าย

### 4. สรุปผลการทดลอง

4.1 การกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสียของโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยระบบ DAF โดยไม่ใช้สารรวมตะกอนพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันเบื้องต้น คือ 8 และที่ความดัน 4 บาร์เกจ จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันสูงสุดคือ 48.11 เปอร์เซ็นต์

4.2 การกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยระบบ DAF โดยใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC) เป็นสารรวมตะกอน ที่

ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 และใช้ระบบ DAF แบบ recycle stream pressurization จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมันดีกว่าแบบ full stream pressurization

4.3 สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์นี้พบว่า การใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนสามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้ดีกว่าการใช้ PAC

4.4 การตกตะกอนน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบ DAF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดได้สูงถึง 80.10 เปอร์เซ็นต์

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดุษฎี ประจำปี 2546 และโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ สำหรับการสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ ศรีสุขพงษ์ศักดิ์ ประภาพร วรวานิช และสมชาย กาญจนสันติศักดิ์.2537,การศึกษาผลของไขมันและไขมันที่มีต่อการกำจัดตะกอนแขวนลอยโดยกระบวนการลอยตะกอน,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
จันทร์เพ็ญ จันทรรากุล นภเวท, ชลประเสริฐและอัจฉรา คำเรืองศรี.2545 , กรณีศึกษาการบำบัดน้ำเบื้องต้นในกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยใช้หลักการลอยตะกอนด้วยหลักการละลายอากาศแบบต่อเนื่อง,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ชโรธร จินดารมย์ สมศักดิ์ สุขสันต์วัชรกุล และอัญญพร ศิลาทอง.2544, การบำบัดน้ำเสียอิมัลชันด้วยกระบวนการลอยตะกอนแบบละลายอากาศ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี

ณัฐสุดา ปิยมหันต์ พัทรินทร์ พรสินชัยและวิลิน

ลักษณ์ แสงพวง.2537, การศึกษาความเป็นไป

ได้ในการใช้กระบวนการตะกอนลอยเป็นระบบ

บำบัดขั้นแรกสำหรับโรงงานสกัดน้ำมันพืช,

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี

ธีรธิดา บุตรดาและสิทธิพร เชาวชินวงศ์.2544,

การศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหารโดยใช้

การลอยตะกอนด้วยหลักการละลายของอากาศ,

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นิภาพร ชัยอุดม วิภาดา พัฒนเศรษฐานนท์ และ

เสถียรพงษ์ จิตตานนท์.2545, การกำจัดโลหะ

หนักในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนประกอบ

รถยนต์วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร

บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ดร.มันสิน ตันตุลเวศม์, คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ,

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุรักษ์ ปิตรีกษ์สกุล, “การลอยตะกอนแบบการละลาย

อากาศ”, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนคร

เหนือ, ปีที่5,ฉบับที่ 6 เดือนธันวาคม 2538.

Baig, M.A.; Mohsion, M.; Bhatti, Z.I.; Baig,

M.A.2003, Removal of Oil and Grease from

Industrial Effluents, Electronic. *Journal of*

*Environmental, Agricultural and Food Chemistry.*