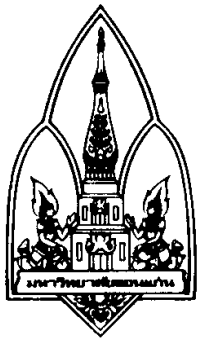

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
# โครงการเรื่อง

## การบำบัดน้ำทิ้งประเภทแป้งด้วยจุลชีพและการดูดซับกายภาพร่วมกัน

## Microbial combined with physiadsorption treatment of starch wastewater


โดย นายชาญเชาว์ พรหมราษฎร์

ร.ศ. รัตนา มหาชัย

นายนาถ ภูวงศ์ผา

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



โครงการนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2554

# คำนำ

งานวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำทิ้งประเภทแป้งด้วยจุลชีพและการดูดซับกายภาพร่วมกันเป็นงานวิจัยปีที่ 1 จึงเป็นการศึกษาหาวิธีการบำบัดน้ำทิ้งประเภทแป้งได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีน งานวิจัยนี้ได้ศึกษา 2 แบบ ได้แก่ การหมักด้วยเชื้อจุลชีพ และการบำบัดด้วยอาศัยหลักการดูดซับผลการทดลองคุณภาพน้ำดีขึ้น จะเป็นแนวทางสำหรับงานวิจัยในปีที่ 2 ที่จะต่อระบบบำบัดทั้งสองเข้าด้วยกันอย่างอนุกรมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดต่อไป

นายชาญเชาว์ พรหมราษฎร์
หัวหน้าโครงการ

# กิติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่จัดสรรงบประมาณหมวดเงินอุดหนุนวิจัย ประจำปี 2554 และขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสารเคมี เครื่องแก้ว และเครื่องมือ สำหรับงานวิเคราะห์

นายชาญเชาว์ พรหมราษฎร์

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| คำนำ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญ | ค-จ |
| สารบัญรูป | ฉ-ช |
| สารบัญตาราง | ซ-ฌ |
| บทคัดย่อ | ญ |
| Abstract | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย | 1 |
| 1.4 ทฤษฎีสมมติฐานหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย | 1 |
| 1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ | 3 |
| 1.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี | 3 |
| 1.8 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อความ | 3 |
| 1.9 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย | 3 |
| 1.10 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 1.10.1 ก๊าซชีวภาพ | 4 |
| 1.10.2 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน | 5 |
| 1.10.3 ระบบการหมักก๊าซชีวภาพ | 6 |
| 1.10.4 กระบวนการดูดซับ | 7 |
| 1.10.4.1 กลไกการดูดซับ | 8 |
| 1.10.4.2 วิธีการดูดซับ | 8 |
| 1.10.4.3 ทฤษฎีการดูดซับ | 8 |
| 1.10.4.4 สมบัติของวัสดุดูดซับ | 11 |

บทที่ 2 วิธีการทดลอง 12
2.1 การบำบัดแบบการหมัก 12
2.1.1 การศึกษาเชื้อจุลชีพ 12
2.1.1.1 วิธีการเตรียมเชื้อจุลชีพ 12
2.1.1.2 วิธีการทดลอง 13
2.1.2 การศึกษาตัวกลางยึดเกาะ 13
2.1.2.1 วิธีการเตรียมตัวกลางยึดเกาะ 14
2.1.2.2 วิธีการทดลองศึกษาตัวกลางยึดเกาะ 15
2.1.3 การศึกษาวิธีการหมัก 15
2.1.3.1 วิธีการทดลองการหมักแบบต่อเนื่อง 16
2.2 การบำบัดแบบการดูดซับด้วยตัวกรองดูดซับเถ้าแกลบ 17
2.2.1 แบบถังแช่ 17
2.2.1.1 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับแบบถังแช่ 17
2.2.1.2 ศึกษาหาค่าความจุการดูดซับแบบถังแช่ 17
2.1.1.3 ขั้นตอนการศึกษาแบบการหมัก 17
2.2.2 แบบต่อเนื่อง 18
2.2.2.1 ศึกษาหาค่าความจุการดูดซับแบบต่อเนื่อง 19
2.2.3 การศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยการดูดซับแบบถังแช่และต่อเนื่อง 20
2.2.3.1 ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนแบบถังแช่ 20
2.2.3.2 ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนแบบต่อเนื่อง 21
2.3 การวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเสีย 21

บทที่ 3 ผลการทดลอง 22
3.1 ผลการบำบัดแบบการหมัก 22
3.1.1 ผลการศึกษาเชื้อจุลชีพในถังหมัก 22
3.1.2 ผลการศึกษาตัวกลางยึดเกาะ 30
3.1.3 ผลการศึกษาวิธีการหมัก 35
3.2 ผลการบำบัดแบบการดูดซับด้วยตัวกรองดูดซับแบบถังแช่ 38
3.2.1 ผลการบำบัดการดูดซับแบบถังแช่ 38

3.2.1.1 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับแบบถังแช่ 38
3.2.1.2 ผลการศึกษาหาค่าความจุการดูดซับแบบถังแช่ 39

3.2.2 ผลการบำบัดการดูดซับแบบต่อเนื่อง 41
3.2.3 ผลการศึกษาการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับ 46
3.2.3.1 ผลการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ 46
3.2.3.2 ผลการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่อง 48
3.2.4 เปรียบเทียบผลการศึกษาการบำบัดการดูดซับแบบถังแช่และต่อเนื่อง 49

บทที่ 4 บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 52
4.1 สรุปการบำบัดด้วยวิธีการหมัก 52
4.1.1 สรุปการหาเชื้อจุลชีพสำหรับการหมัก 52
4.1.2 สรุปตัวกลางให้เชื้อจุลชีพยึดเกาะ 53
4.1.3 สรุปวิธีการหมัก 53
4.2 สรุปการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับ 54
4.2.1 สรุปบำบัดด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ 54
4.2.2 สรุปบำบัดด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่อง 54
4.2.3 สรุปผลการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการดูดซับ 55
4.3 บทสรุป 55

เอกสารอ้างอิง 56

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Log $\frac{x}{m}$ กับ Log $C_e$ | 9 |
| 1.2 | แสดงการหา Breakthrough capacity | 10 |
| 1.3 | แสดงโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ | 11 |
| 1.4 | แสดงโครงสร้างของซิลิกา | 12 |
| 2.1 | แบบจำลองอุปกรณ์เพื่อใช้เป็นถังหมักด้วยเชื้อจุลชีพ | 13 |
| 2.2 | แสดงภาพถ่ายอิฐมอญเนื้อพรุน | 14 |
| 2.3 | แสดงอิฐมอญเนื้อพรุนที่บด | 15 |
| 2.4 | แสดงระบบการหมักแบบต่อเนื่องของตัวกลางอิฐมอญเผาเนื้อพรุน | 16 |
| 2.5 | แสดงระบบบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ | 18 |
| 2.6 | แสดงการบรรจุวัสดุลงในถังดูดซับ | 19 |
| 2.7 | แสดงระบบการบำบัดโดยอาศัยการดูดซับแบบต่อเนื่อง | 20 |
| 3.1 | การเปรียบเทียบร้อยละการลดลงและเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องเมื่อใช้เชื้อจุลชีพชนิด 1 และ 2 กับเวลา (ก) TS (ข) COD และ (ค) VFA | 23-24 |
| 3.2 | การเปรียบเทียบร้อยละการลดลงและเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 กับเวลา (ก) TS (ข) COD และ (ค) VFA | 27 |
| 3.3 | (ก) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TS กับเวลา ที่ใช้ในการหมักของถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องเมื่อใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1<br>(ข) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ COD กับเวลาที่ใช้ในการหมักของถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1<br>(ค) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ VFA กับเวลาที่ใช้ในการหมักของถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องเมื่อใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 | 28-29 |
| 3.4 | การเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในถังหมักที่มีตัวกลางตะกร้อพลาสติก และอิฐมอญเผาเนื้อพรุน | 32 |
| 3.5 | การเปลี่ยนแปลงค่า COD กับเวลาของน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง | 33 |
| 3.6 | การเปลี่ยนแปลงค่า COD กับเวลาของน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการหมักแบบต่อเนื่อง | 36 |
| 3.7 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณ COD กับเวลา ด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ | 39 |
| 3.8 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Log q กับปริมาตรน้ำทิ้งที่แช่วัสดุ | 40 |

| | | |
|---|---|---|
| 3.9 | (ก) การเปลี่ยนแปลงค่า $C_{out}/C_{in}$ กับปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ไหลออกมาจาก คอลัมน์ขนาดเล็กด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่อง | 43 |
| 3.9 | (ข) การเปลี่ยนแปลงค่า $C_{out}/C_{in}$ กับปริมาตร (mL) ของตัวอย่างน้ำที่ไหลออกมาจากคอลัมน์ขนาดใหญ่ด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่อง | 46 |
| 3.10 | การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งขนมจีนก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่อง | 49 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | วิธีและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ | 21 |
| 3.1 | ค่าปริมาณพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำตัวอย่างที่เก็บจากถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 และ 2 | 22 |
| 3.2 | ร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำตัวอย่างที่เก็บจากถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 และ 2 | 23 |
| 3.3 | ค่าปริมาณพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำตัวอย่างที่เก็บจากถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องด้วยเชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 และเก็บก๊าซโดยการพ่นลงในโทลูอีน | 26 |
| 3.4 | ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำตัวอย่างที่เก็บจากถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้เชื้อจุลชีพชนิดที่ 1 และเก็บก๊าซโดยการพ่นลงในโทลูอีน | 26 |
| 3.5 | สรุปความสัมพันธ์สมการเส้นตรงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ กับเวลา | 30 |
| 3.6 | การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำทิ้งขนมจีนก่อนและหลังการบำบัดเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางยึดเกาะต่าง ๆ | 31 |
| 3.7 | ปริมาณ COD ของตัวอย่างน้ำที่เก็บทุกๆ 5 วัน ตั้งแต่วันเริ่มต้นถึงวันที่ 25 ด้วยวิธีการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง | 33 |
| 3.8 | ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งขนมจีนทุกพารามิเตอร์ก่อนและหลังการบำบัด (เวลา 25 วัน) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางอิฐมอญเผาเนื้อพรุนด้วยวิธีการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง | 34 |
| 3.9 | ปริมาณ COD ของตัวอย่างน้ำที่เก็บทุกๆ 5 วัน ตั้งแต่วันเริ่มต้นถึงวันที่ 25 ด้วยวิธีการหมักแบบต่อเนื่อง | 35 |
| 3.10 | ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งขนมจีนทุกพารามิเตอร์ก่อนและหลังการบำบัด (เวลา 25 วัน) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางอิฐมอญเผาเนื้อพรุนด้วยวิธีการหมักแบบต่อเนื่อง | 37 |
| 3.11 | การเปรียบเทียบร้อยละการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อทำการบำบัดการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องและต่อเนื่อง | 37 |
| 3.12 | ปริมาณ COD ที่ลดลงต่อ 1 กรัมวัสดุเถ้าแกลบที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ใช้ด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ | 38 |
| 3.13 | ค่าปริมาณการดูดซับในเทอม COD ต่อวัสดุเถ้าแกลบ 1 กรัม ที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาตรน้ำทิ้งที่ใช้ด้วยวิธีการดูดซับแบบถังแช่ | 40 |
| 3.14 | การเปรียบเทียบปริมาณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำทิ้งขนมจีนก่อนบำบัดดูดซับแบบต่อเนื่องให้น้ำทิ้งไหลขึ้น | 41 |

| | | |
|---|---|---|
| 3.15 | ปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่า $C_{out}/C_{in}$ ต่อปริมาตรที่เก็บน้ำทิ้งขนมจีนที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับแบบต่อเนื่องเมื่อใช้คอลัมน์ขนาดใหญ่ | 42-43 |
| 3.16 | ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อบำบัดแบบถังแช่แบบ A, B และ C เมื่อเวลา 25 วัน | 47 |
| 3.17 | ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อคำนวณเป็นร้อยละของวิธีบำบัดแบบถังแช่แบบ A, B และ C | 47 |
| 3.18 | ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อบำบัดแบบต่อเนื่องแบบ D และ E เมื่อเวลา 25 วัน | 47 |
| 3.19 | ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อคำนวณเป็นร้อยละของวิธีบำบัดแบบต่อเนื่องแบบ D และ E | 48 |
| 3.20 | ผลการทดลองพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำทิ้งขนมจีนผสมเชื้อจุลชีพแบบถังแช่และต่อเนื่อง | 49 |
| 3.21 | เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆ ในการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการดูดซับระหว่าง ระบบแบบถังแช่และแบบต่อเนื่อง | 50 |

# บทคัดย่อ

ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งขนมจีนด้วยวิธีการหมักและการดูดซับในวิธีการหมักได้หาเชื้อจุลชีพไม่ใช้ออกซิเจน 2 ชนิดจากดินและน้ำทิ้งบริเวณร่องน้ำพบว่ามันสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์โดยขบวนการไฮโดรไลซิสได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและมีการศึกษาตัวกลางยึดเกาะ ได้แก่ ตะกร้อพลาสติกและอิฐมอญเนื้อพรุน ผลการทดลองพบว่าอิฐมอญเนื้อพรุนทำให้จำนวนเชื้อจุลชีพมีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่า และทั้งใช้การหมักแบบกึ่งต่อเนื่องและต่อเนื่องจะทำให้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำลดลงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (พีเอส) ปริมาณออกซิเจนทางเคมี (ซีโอดี) ปริมาณออกซิเจนทางชีวภาพ (บีโอดี) มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 7 วัน และเมื่อเวลา 20 วันมีค่าลดลงร้อยละ 76.58, 91.09 และ 85.00 ตามลำดับ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย (วีเอฟเอ) มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 84 และเชื้อจุลชีพมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากเดิม 250 เท่า ความสัมพันธ์ระหว่างทีเอส ซีโอดีและวีเอฟเอ (กรัม/ลิตร) กับเวลา (วัน) ได้สมการเส้นตรง $y = 1.75x + 110$, $y = -0.31x + 29.72$ และ $y = 0.04x + 0.45$ ตามลำดับ วิธีการบำบัดศึกษาโดยอาศัยการดูดซับแบบถังแช่และต่อเนื่องด้วยตัวดูดซับเถ้าแกลบพบว่าปริมาณการดูดซับแป้งในเทอมซีโอดี (กรัม) มีค่าลดลงและเปลี่ยนแปลงตามเวลา (วัน) ดังสมการ $y = -1.13x + 7.41$ และความจุการดูดซับแป้งในเทอมซีโอดี มีค่า $147.95 + 0.60$ และ $906.35 \pm 0.90$ มิลลิกรัม/กรัม ด้วยวิธีแบบถังแช่และต่อเนื่องตามลำดับ น้ำทิ้งขนมจีนก่อนบำบัดวิเคราะห์ทีเอส, ซีโอดี และบีโอดี มีค่า 27.85, 25.60 และ 0.45 กรัม/ลิตร หรือลดลงร้อยละ 98.73, 99.94 และ 93.93 ตามลำดับ ถ้านำวิธีการหมักด้วยจุลชีพและการดูดซับด้วยวัสดุเถ้าแกลบมาต่ออนุกรมกันจะทำให้ประสิทธิภาพของการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งขนมจีนได้ดียิ่งขึ้น

## Abstract

The fermentation adsorption treatment methods of noodles wastewater were studied. Two type anaerobic microorganism from soil and wastewater were used for fermentation treatment. The results showed that the organic compound were removed by hydrolysis obtained at same efficiency. The plastic and bricks were used to studing as media of fermentation. The result showed that, the brick give the higher efficiency increasing more qualities colonies of microorganism. Both types of semi and continuous fermentation have same efficiency and reducing some parameters in wastewater. The total solid (TS), chemical oxygen demanded (COD), biological oxygen demanded (BOD) were rapidly decreased with increasing times at 7 days and the retention time of 20 days with removal of 76.58 %, 91.09% และ 85.00 % respectively. The volatile fatty acid (VFA) was increased to average values of 84 % and anaerobic microorganism coube used up to 250 times. The equations of TS, COD and VFA (g/L) with time (day) were y = 1.75 x + 110, y = -0.31 x + 29.72 and y = 0.04 x + 0.45 respectively. The batch and continuous method were studied to adsorption treatment using rice husk ash adsorbent. The adsorption of starch in term COD (g) was decreased with times (day) and equation y = -1.13 x + 7.41. The adsorption capacities were 147.95 $\pm$ 0.60 and 906.35 $\pm$ 0.90 mg/g for batch and continuous methods respectively. The preliminary analysis of noodles wastewater such and TS, COD and BOD were 27.85, 25.60 and 0.45 g/L respectively. The continuous method give better efficiency adsorption and the results showed that the TS, COD and BOD to be 0.36, 0.15 and 0.03 g/L and the removal were 98%, 73%, 99.94% and 93.93 % respectively. Both series microbial fermentation combined with adsorption using rice husk ash. Should to improved higher effective in removing organic matter of noodles wastewater.