

ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสียโรงอาหาร โดยใช้ดอกธูปฤาษีใบแคบ

Efficiency of Oil Removal from Cafeteria Wastewater by Using Flower of *Typha Angustifoli* Linn.

รุ่งทิพย์ ลำดวล¹ จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย² และเชาวยุทธ พรพิมลเทพ³

Rungtip Lamdual, Jindawan Wibuloutai, and Chaovayut Phonpimolthape

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสียโรงอาหารโดยใช้ดอกธูปฤาษีใบแคบ ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบแบตช์ (Batch) เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสียโดยใช้ดอกธูปฤาษีเป็นวัสดุ ดูดซับ ศึกษาระยะเวลาที่พอกและปริมาณดอกธูปฤาษีที่เหมาะสม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ดอกธูปฤาษีแบบสดกับแบบแห้งในการบำบัดน้ำเสีย สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ F-test (Two-way ANOVA) และ Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันโดยดอกธูปฤาษีใบแคบ มีปริมาณน้ำมันที่ กำจัดได้โดยดอกธูปฤาษีแบบสด ร้อยละ 92 และดอกธูปฤาษีแบบแห้ง ร้อยละ 70 ดอกธูปฤาษี แบบสดที่ปริมาณต่างกัน พบว่าที่ปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้มากที่สุด (0.92 กรัม) และที่ระยะเวลาที่พอก 10 นาที เป็นระยะเวลาที่พอกที่มีค่าเฉลี่ยการกำจัดน้ำมันได้ สูงที่สุด (0.89 กรัม) นอกจากนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาที่พอกและปริมาณดอกธูป ฤาษีแบบสดต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ และระยะเวลาที่พอกที่ต่างกัน มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสด 2 กรัม มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่า 4 กรัม สำหรับการทดลองกับดอกธูปฤาษีแบบแห้ง พบว่า ปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันใน น้ำเสียได้มากที่สุด (0.70 กรัม) และที่ระยะเวลาที่พอก 10 นาที เป็นระยะเวลาที่พอกที่มีค่าเฉลี่ยการ กำจัดน้ำมันได้มากที่สุด (0.67 กรัม) นอกจากนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาที่พอกและ

¹ นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สถานีอนามัยบ้านหนองโพธิ์ ตำบลดอนตาเพชร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี
Public Health Technical officer (Professional Level), Ban Nong Po Health Center, Tambon Dontapetch,
Amphur Panomtuan, Kanchanaburi Province

² อาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Lecturer, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

³ รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
Associate Professor, Faculty of Public Health, Mahidol University

ปริมาณดอกธูปฤาษีแบบแห้งต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ ระยะเวลาพัก 5 และ 10 นาที มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่า 15 นาที และปริมาณดอกธูปฤาษีแบบแห้ง 2 กรัม มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่า 3 และ 4 กรัม โดยสรุป ดอกธูปฤาษีแบบสดมีค่าเฉลี่ยในการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าดอกธูปฤาษีแบบแห้ง โดยปริมาณดอกธูปฤาษี 2 กรัม และ ระยะเวลาพัก 10 นาที สามารถกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้สูงสุด อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียกับพื้นที่ผิวของขนาดบ่อบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การกำจัดน้ำมัน น้ำเสียโรงอาหาร ธูปฤาษีใบแคบ

Abstract

This study of efficiency of oil removal from cafeteria wastewater by using flowers of *Typha angustifolia* Linn. in the system of batch model wastewater removal was an experimental research. The study aimed to examine oil adsorption from cafeteria wastewater by using flowers of *Typha angustifolia* Linn. as materials for oil adsorption, to examine appropriate retention time and quantities of flowers of *Typha angustifolia* Linn., and to compare efficiencies of fresh and dry flowers of *Typha angustifolia* Linn. in oil removal from cafeteria wastewater. The statistics used for analyzing the collected data were percentage, mean, F-test (Two-way ANOVA), and independent t-test.

The findings revealed that for efficiencies of oil removal by using fresh and dry flowers of *Typha angustifolia* Linn., the quantity of oil removal by using fresh flowers of *Typha angustifolia* Linn was 92 percent, and by dry flowers of *Typha angustifolia* Linn. was 70 percent. For different quantities of fresh flowers of *Typha angustifolia* Linn. it was found that 2 grams of the flowers had the highest average amount of oil removal from wastewater (0.92 gram). Ten minutes retention time resulted in the highest average amount of oil removal (0.89 gram). There was no interaction between the retention time and the quantity of fresh flowers of *Typha angustifolia* Linn. on the quantity of oil removal; and different retention time did not affect the quantities of oil removed. However, 2 grams of fresh flowers of *Typha angustifolia* Linn. resulted in more oil removal than that of 4 grams of the flower. For experiments using dry flowers of *Typha angustifolia* Linn., it was found that 2 grams of the dry flowers had the highest average amount of oil removal (0.70 gram), and ten minutes retention time resulted in the highest average amount of oil removal (0.67 gram). There was no interaction between the retention time and the quantity of dry flowers of *Typha angustifolia* Linn. on the quantity of oil removal. However, retention time of 5 and 10 minutes resulted in more quantities of oil removal than that of 15 minutes. In addition, 2 grams of dry flowers of *Typha angustifolia* Linn. showed more oil removal than that of 3 and 4 grams. In conclusion, fresh flowers of *Typha angustifolia* Linn. had a higher

average amount of oil absorption than that of dry flowers of *Typha angustifolia* Linn. Two grams of flowers of *Typha angustifolia* Linn. and 10 minutes retention time could remove the highest amount of oil from wastewater. The relationship between the efficiency of wastewater treatment and surface area of the wastewater system (batch experiments) should be studied in the future.

Keyword: oil removal, cafeteria wastewater, *Typha angustifolia* Linn.

1. บทนำ

น้ำมันและไขมันเป็นสารมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการประกอบอาหาร และชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน โรงอาหาร และอาคารประเภทต่างๆ ทำให้น้ำมันที่เกิดขึ้นถูกถ่ายเทปะปนมากับน้ำเสียชุมชนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งน้ำมันและไขมันที่มีโมเลกุลสูงไม่สามารถละลายได้ด้วยน้ำ และเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดแผ่นฟิล์มหรือฝ้า (scum) ที่ผิวหน้า จึงมีผลต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ การบดบังแสงอาทิตย์ การละลายของออกซิเจน และผลกระทบทางชีวภาพ (มันซิน ตันซุลเวศน์, 2542) รวมทั้งยังส่งผลกระทบต่ออยู่อาศัยของสัตว์น้ำ สัตว์หน้าดิน และพืชน้ำ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงและกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู และมีค่าบีโอดีสูง นอกจากนี้ น้ำมันและไขมันยังเป็นสิ่งสกปรกในน้ำเสียชุมชนที่จะต้องทำการบำบัดในขั้นเตรียมการหรือขั้นต้นของการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย และป้องกันปัญหาการอุดตันของท่อน้ำทิ้ง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิดให้มากที่สุด เช่น น้ำที่ทิ้งซึ่งมาจากห้องอาหารหรือโรงอาหารก่อนที่จะระบายลงสู่ระบบท่อน้ำทิ้งสาธารณะ

มีการคิดค้นวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถดูดซับและดักน้ำมันและไขมันที่ทิ้งมาจากห้องอาหารหรือโรงอาหาร มีทั้งการใช้เทคนิคทางชีวภาพ เช่น ใช้พืชซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติที่หาได้ง่ายแทนการใช้วัสดุสังเคราะห์ที่มีราคาสูงเป็นวัสดุดูดซับ ตัวอย่างเช่น ฐปฤษา (*Typha angustifolia* Linn) เป็นวัชพืชน้ำที่แพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว พบอยู่ตามหนอง คลอง บึง และอ่างเก็บน้ำ ฐปฤษาทำให้สูญเสียพื้นที่การเกษตร แต่การใช้จ่ายกำจัดวัชพืชจะให้ผลตกค้างในน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ ปัจจุบันมีผู้สนใจศึกษาการนำฐปฤษามาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถดูดซับธาตุอาหารได้ในปริมาณมากและมีน้ำหนักผลผลิตสูง (บรรจงวรรณพงษ์ และเอนก ก้านสังวร, 2537) Rotwiroon (2004) ศึกษาการใช้เส้นใยของฐปฤษาและนุ่นเป็นวัสดุดูดซับสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) เปรียบเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์ โดยทดลองแบบแบตช์และแบบคอลัมน์ ภายใต้สภาวะการดูดซับแบบแข่งขันและไม่แข่งขัน พบว่า เส้นใยของฐปฤษามีประสิทธิภาพในการดูดซับ PAHs สูงที่สุดในแบบแบตช์ ส่วนการทดลองแบบคอลัมน์ พบว่าเส้นใยโพลีเอสเตอร์และฐปฤษามีการดูดซับ PAHs สูงกว่าเส้นใยนุ่น นอกจากนี้ มีการใช้ดอกฐปฤษาในการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชน พบว่าดอกฐปฤษามีความสามารถในการดูดซับน้ำมันในน้ำเสียในการทดลองแบบแบตช์และแบบไหลต่อเนื่องได้ร้อยละ 86-94 และร้อยละ 63-83 ตามลำดับ (ธิดา วิเชียรเพชร, 2545)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาในการนำดอกธูปฤาษีใบแคบมาใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมันในน้ำเสียจากโรงอาหาร เพื่อปรับปรุงและบำบัดน้ำเสียก่อนผ่านเข้าบ่อดักไขมัน โดยศึกษาประสิทธิภาพของดอกธูปฤาษีใบแคบในลักษณะดอกสดและดอกแห้ง โดยทำการทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงอาหารที่ไม่ผ่านบ่อดักไขมันของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ตรวจพบปริมาณน้ำมันในน้ำเสียที่ไม่ผ่านบ่อดักไขมัน 10 กรัมต่อลิตร และมีปริมาณน้ำมันคงเหลือก่อนปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำ 18 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความเข้มข้นสูง เมื่อเทียบกับข้อกำหนดปริมาณน้ำมันไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การจำลองเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบแบตช์ (batch)

โดยใช้บีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เตรียมน้ำเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 1 กรัมต่อลิตร (โดยใช้น้ำมันพืชเป็นตัวแทนน้ำมันจากน้ำเสียโรงอาหาร และเป็นความเข้มข้นที่เป็นตัวแทนน้ำมันในน้ำเสียจริงก่อนเข้าบ่อดักไขมัน)

2.2 การเตรียมวัสดุดูดซับจากดอกธูปฤาษีแบบสดและแบบแห้ง

โดยดอกสดเลือกที่มีช่อดอกสีน้ำตาลเข้มและนำมาแยกดอกย่อยสดออก ดอกแห้งเลือกดอกแก่ที่แห้งและนำมาแยกดอกย่อยแห้งออก และทำการอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในการทดลองทำการแปรผันปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณดอกธูปฤาษีสดและแห้ง และระยะเวลาที่กัก ดังนี้

- แปรผันปริมาณดอกธูปฤาษีสดและแห้ง ตั้งแต่ 1, 2, 3, และ 4 กรัม
- แปรผันระยะเวลาที่กักที่ 10 และ 15 นาที

2.3 การทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียตัวอย่าง

• การดูดซับด้วยดอกธูปฤาษีสด ทำโดยเติมน้ำเสียตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการบำบัดลงในระบบบำบัดแบบแบตช์ ปริมาตร 1 ลิตร จำนวน 5 บ่อ บ่อที่ 1 คงน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัด 1 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำที่ปริมาตร 1 ลิตร เพื่อตรวจหาปริมาณน้ำมันที่อยู่ในน้ำเสีย ส่วนบ่อที่ 2 ถึง 5 ใส่ดอกย่อยสดเป็นวัสดุดูดซับปริมาณ 1, 2, 3, และ 4 กรัม ตามลำดับ แล้วทำการผสมกวนน้ำเสียประมาณ 40 รอบต่อนาทีให้เข้ากันแบบระบบสัมผัส (contacting system) เพื่อกระจายดอกธูปฤาษีสดที่ใช้เป็นวัสดุดูดซับโดยรอบไม่ให้อัดแน่น และให้น้ำไหลผ่านได้ (expanded bed) โดยเดินระบบแบบครั้งคราว (batch) เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้น เก็บดอกย่อยสดของธูปฤาษีที่ใส่ลงไปในระบบบำบัด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่สามารถดูดซับไว้ได้ แล้วทำการทดลองซ้ำโดยแปรผันเวลาเป็น 10 และ 15 นาที (โดยทำการทดลองครั้งละ 3 ซ้ำ)

- การดูดซับด้วยดอกธูปฤาษีแห้ง (ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ใช้ดอกธูปฤาษีแห้ง)

2.4 คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสีย ที่ระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษีที่ใช้ในการทดลอง

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียจริง โดยใช้น้ำเสียจากโรงอาหารที่ผ่านบ่อดักไขมันของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันใช้วิธี Partition gravimetric method ตามวิธีของ Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Edition (American Public Health Association, 1998) โดยใช้สารทำละลาย n-hexane และทำการหาค่าความชื้นที่มีอยู่ในดอกธูปฤาษีโดยทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาผลต่างก่อนและหลังอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ F-test (Two-way ANOVA) และ Independent t-test

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียโรงอาหารโดยใช้ดอกธูปฤาษีใบแคบ ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบแบตช์ (Batch) เพื่อศึกษาการดูดซับน้ำมันออกจากน้ำเสียโดยใช้ดอกธูปฤาษีเป็นวัสดุดูดซับ โดยศึกษาระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษีที่เหมาะสม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพดักธูปฤาษีแบบสดกับแบบแห้งในการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสีย ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการและนำมาสรุปผลและอภิปรายผลดังนี้

3.1 ปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้โดยดอกธูปฤาษีแบบสด พบว่าปริมาณดอกธูปฤาษี 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้มากที่สุด (0.92 กรัม) และที่ระยะเวลาพัก 10 นาทีเป็นระยะเวลาพักที่มีค่าเฉลี่ยการกำจัดน้ำมันได้สูงที่สุด (0.89 กรัม) ดังตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธิดา วิเชียรเพชร (2545) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของดอกธูปฤาษีในการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชน และพบว่าดอกธูปฤาษีมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแบตช์ได้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้โดยการใชดอกธูปฤาษีสดเป็นวัสดุดูดซับ

ปริมาณ ดอกธูปฤาษี แบบสด (กรัม)	N	ปริมาณน้ำมันที่ดอกธูปฤาษีแบบสดดูดซับไว้ได้ (กรัม) ระยะเวลาพัก							
		5 นาที		10 นาที		15 นาที		รวม	
		ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1	9	0.87	0.03	0.88	0.04	0.87	0.06	0.87	0.04
2	9	0.90	0.04	0.93	0.04	0.93	0.07	0.92	0.05
3	9	0.89	0.02	0.90	0.04	0.88	0.02	0.89	0.03
4	9	0.84	0.09	0.86	0.02	0.86	0.03	0.85	0.05
รวม	36	0.87	0.05	0.89	0.04	0.88	0.05		

ผลการเปรียบเทียบผลของระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดที่มีต่อความสามารถในการกำจัดน้ำมัน พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ และที่ระยะเวลาพักที่ต่างกันมีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดที่ต่างกันมีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) และปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสด 2 กรัม มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่าปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสด 4 กรัม ดังตารางที่ 2 ซึ่งต่างจากการทดลองของธิดา วิเชียรเพชร (2545) ที่สรุปไว้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของปริมาณดอกธูปฤาษีในแบบแปดซ์ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดมากขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันลดลง จากการทดลองสังเกตเห็นว่าเมื่อปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดมีปริมาณมากขึ้น จะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสของดอกธูปฤาษีแบบสดไม่สามารถสัมผัสกับน้ำมันที่อยู่ในน้ำเสียได้ทั่วทุกส่วน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากพื้นที่ที่จำกัดของการทดลองแบบแปดซ์ที่บิกเกอร์ ขนาด 2,000 มิลลิลิตร และดอกธูปฤาษีแบบสดมีการลอยตัวไม่จมลงทำให้เกิดการจับกลุ่มและทับซ้อนกัน จึงทำให้ดอกธูปฤาษีสดที่ปริมาณ 3 และ 4 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันได้น้อยกว่าดอกธูปฤาษีแบบสดปริมาณ 2 กรัม

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ของปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ (กรัม) และปริมาณดอกธูปฤาษีสดที่ต่างกัน

ปริมาณดอกธูปฤาษีสด	ค่าเฉลี่ย	การทดลองแบบแปดซ์			
		4 กรัม	1 กรัม	3 กรัม	2 กรัม
		0.851	0.873	0.890	0.917
4 กรัม	0.887	-	0.341	0.090	0.007*
1 กรัม	0.873		-	0.435	0.058
3 กรัม	0.890			-	0.243

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้โดยดอกธูปฤาษีแบบแห้ง พบว่าปริมาณดอกธูปฤาษี 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้มากที่สุด (0.70 กรัม) และที่ระยะเวลาพัก 10 นาที เป็นระยะเวลาพักที่มีค่าเฉลี่ยการกำจัดน้ำมันได้มากที่สุด (0.67 กรัม) ดังตารางที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธิดา วิเชียรเพชร (2545) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของดอกธูปฤาษีในการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนพบว่าดอกธูปฤาษีมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแปดซ์ได้ ผลการเปรียบเทียบผลของระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษีแบบแห้งที่มีต่อความสามารถในการกำจัดน้ำมัน พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาพักและปริมาณดอกธูปฤาษี

แบบแห้งต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ โดยการทดลองแบบแบบตลับที่ระยะเวลาพัก 5 และ 10 นาที มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่า 15 นาที ($p < 0.05$) และปริมาณดอกรูปฤๅษีแบบแห้ง 2 กรัม มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้มากกว่า 3 และ 4 กรัม ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 4 และ 5 ซึ่งต่างจากการทดลองของธิดา วิเชียรเพชร (2545) ที่สรุปไว้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของปริมาณดอกรูปฤๅษีในการทดลองแบบแบบตลับ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณดอกรูปฤๅษีแบบแห้งมากขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันลดลง ซึ่งคล้ายกับการทดลองดอกรูปฤๅษีแบบสดที่กล่าวข้างต้น คือสังเกตเห็นว่าเมื่อปริมาณดอกรูปฤๅษีแห้งมีปริมาณมากขึ้นจะทำให้ดอกรูปฤๅษีไม่สามารถสัมผัสกับน้ำมันที่อยู่ในน้ำเสียได้ทั่วทุกส่วน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากพื้นที่ที่จำกัดของบิกเกอร์ ขนาด 2,000 มิลลิลิตร และดอกรูปฤๅษีแห้งมีการลอยตัวไม่จมลงทำให้เกิดการจับกลุ่มและทับซ้อนกัน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้
โดยการใช้ดอกรูปฤๅษีแห้งเป็นวัสดุดูดซับ

ปริมาณ ดอกรูปฤๅษี แบบแห้ง (กรัม)	N	ปริมาณน้ำมันที่ดอกรูปฤๅษีแบบแห้งดูดซับไว้ได้ (กรัม) ระยะเวลาพัก							
		5 นาที		10 นาที		15 นาที		รวม	
		ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1	9	0.69	0.03	0.70	0.02	0.60	0.02	0.66	0.05
2	9	0.72	0.02	0.73	0.01	0.65	0.05	0.70	0.05
3	9	0.65	0.03	0.66	0.01	0.63	0.00	0.65	0.02
4	9	0.59	0.05	0.60	0.06	0.59	0.06	0.59	0.05
รวม	36	0.66	0.06	0.67	0.06	0.62	0.04		

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ของปริมาณน้ำมัน
ที่กำจัดได้ (กรัม) และระยะเวลาพักต่างกัน

ระยะเวลา พัก	ค่าเฉลี่ย	การทดลองแบบแบบตลับ		
		15 นาที	5 นาที	10 นาที
		0.616	0.662	0.671
15 นาที	0.616	-	0.003*	0.001*
5 นาที	0.662		-	0.534

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ของปริมาณน้ำมัน
ที่กำจัดได้ (กรัม) และปริมาณดอกธูปฤาษีแห้ง

ปริมาณดอก ธูปฤาษีแห้ง	ค่าเฉลี่ย	การทดลองแบบแบดซ์			
		4 กรัม	3 กรัม	1 กรัม	2 กรัม
		0.591	0.648	0.663	0.691
4 กรัม	0.591	-	0.002*	0.000*	0.000*
3 กรัม	0.648		-	0.355	0.007*
1 กรัม	0.663			-	0.059

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสีย พบว่าปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้โดยดอกธูปฤาษีแบบสดมีค่าเฉลี่ย 0.92 กรัม หรือประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 92 และดอกธูปฤาษีแบบแห้งมีค่าเฉลี่ย 0.70 กรัม หรือประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธิดา วิเชียรเพชร (2545) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของดอกธูปฤาษีในการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชน พบว่าดอกธูปฤาษีมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแบดซ์ได้ร้อยละ 86-94 โดยดอกธูปฤาษีแบบสดมีค่าเฉลี่ยในการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าดอกธูปฤาษีแบบแห้ง จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ดอกธูปฤาษีแบบสดมีค่าเฉลี่ยในการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าดอกธูปฤาษีแบบแห้ง ($p < 0.05$) ดังตาราง 6 เนื่องจากการหาค่าความขึ้นพบว่า ดอกธูปฤาษีแบบสดมีค่าความขึ้น (ร้อยละ 78.52) สูงกว่าดอกธูปฤาษีแบบแห้ง (ร้อยละ 8.01) เมื่อใส่ไปในระบบบำบัดสามารถที่จะดูดซับน้ำมันที่อยู่ผิวน้ำและที่ละลายอยู่ในน้ำเสียได้ดี เนื่องจากมีความขึ้นมากจึงสามารถจมลงน้ำได้ดีกว่าดอกแห้ง โดยพบว่าปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสด 2 กรัม สามารถกำจัดน้ำมันในน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำมัน 1 กรัมต่อลิตร ได้เป็นปริมาณสูงที่สุดคือ 0.92 กรัม หรืออัตราส่วนปริมาณน้ำมันในน้ำเสียที่ดูดซับต่อปริมาณดอกธูปฤาษีที่ใช้เท่ากับ 0.46 กรัมต่อ 1 กรัม หรือประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 92.0 เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสด เพื่อทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีปริมาณน้ำมันในน้ำเสีย 10.13 กรัม พบว่าต้องใช้ปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดจำนวน 22 กรัม ที่ระยะเวลาที่พัก 10 นาที และจะมีปริมาณน้ำมันคงเหลือในน้ำเสียโรงอาหารที่ผ่านการบำบัด 0.77 กรัม โดยปริมาณน้ำมันที่ดอกธูปฤาษีแบบสดกำจัดได้เท่ากับ 9.36 กรัม หรือประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันร้อยละ 92.4 ดังตารางที่ 7

ตาราง 6 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ดูดซับได้ (กรัม) ของดอกธูปฤาษี

วัสดุดูดซับ	N	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t - test	p
ดอกธูปฤาษีแบบสด	9	0.92	0.05	10.085	<0.001*
ดอกธูปฤาษีแบบแห้ง	9	0.70	0.05		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 7 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียโรงอาหาร
โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี

ระยะเวลา กักพัก (นาที)	ปริมาณ ดอก ธูปฤาษีสอด (กรัม)	น้ำมันใน น้ำเสีย โรงอาหาร (กรัม)	น้ำมันที่ ดอกธูปฤาษี กักจับได้ (กรัม)	น้ำมันคงเหลือ ในน้ำหลังบำบัด (กรัม)	ประสิทธิภาพ การกำจัด (ร้อยละ)
10	22				
ค่าเฉลี่ย (กรัม)		10.13	9.36	0.77	92.40

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

• ดอกธูปฤาษีแบบสดที่ปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้มากที่สุด (0.92 กรัม) และที่ระยะเวลาการกักพัก 10 นาที เป็นระยะเวลาการกักพักที่มีค่าเฉลี่ยการกำจัดน้ำมันได้สูงที่สุด (0.89 กรัม) นอกจากนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการกักพักและปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ และที่ระยะเวลาการกักพักต่างกันมีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณดอกธูปฤาษีแบบสดต่างกันมีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

• ดอกธูปฤาษีแบบแห้งที่ปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้มากที่สุด (0.70 กรัม) และที่ระยะเวลาการกักพัก 10 นาที เป็นระยะเวลาการกักพักที่มีค่าเฉลี่ยการกำจัดน้ำมันได้มากที่สุด (0.67 กรัม) นอกจากนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการกักพักและปริมาณดอกธูปฤาษีแบบแห้งต่อปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้ แต่ที่ระยะเวลาการกักพักต่างกัน มีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้แตกต่างกัน ($p < 0.05$) และปริมาณดอกธูปฤาษีแบบแห้งต่างกันมีปริมาณน้ำมันที่กำจัดได้แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

- ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันโดยดอกรูปฤๅษีแบบสดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 92 และประสิทธิภาพของดอกรูปฤๅษีแบบแห้งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 70 โดยดอกรูปฤๅษีแบบสดมีค่าเฉลี่ยในการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าดอกรูปฤๅษีแบบแห้ง ($p < 0.05$)

- การเลือกใช้ดอกรูปฤๅษีในการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียควรเลือกใช้ดอกรูปฤๅษีแบบสด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าดอกรูปฤๅษีแบบแห้ง ลดปัญหาการฟุ้งกระจาย และการร่วงลงน้ำของเมล็ดดอกรูปฤๅษี และควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียกับพื้นที่ผิวของบ่อบำบัดที่แตกต่างกัน รวมทั้งทดลองเพื่อหาค่า adsorption isotherm เพิ่มเติมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ. เซาวุฑฒ พรพิมลเทพ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุรัชย์ อังคนาสายัณห์ อาจารย์ภาค วิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ในการให้ความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการทางเคมี และขอขอบพระคุณโครงการงบประมาณอุดหนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนาบัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนในการวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร บางประเภทและบางขนาด. ค้นวันที่ 7 มิถุนายน 2551 จาก <http://www.shawpat.or.th/laws/nature/481229nature035.pdf>

ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้รูปฤๅษี**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง วรรณพงษ์ และเอนก ก้านสังวร. 2537. "ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย," ในเอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการศึกษาและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแฟ้มเบียนเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ โรงแรมชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 3-4 เมษายน 2537. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มันลิน ตันทุลเวศน์. 2542. **เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Public Health Association. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition**. Maryland: United Book Press Inc.

Rotwiron, Paritta. 2004. **Removal of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Run Off by Natural Fibers**. Master's thesis. Chulalongkorn University.