

# รายงานการวิจัย

การบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

Wastewater Improvement with 5 Activated Carbon from *Pinus* species

แผนงานวิจัย

การใช้ประโยชน์ไม้สน 5 ชนิดด้านพลังงานและเคมีภัณฑ์

โดย

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์

มนัสสุดา นันทสิริพร

ฐิติภรณ์ บุญแย้ม

ชนะภัย ไอสถ

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้กรมป่าไม้

พ.ศ. 2561

การบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ มนัสสุดา นันทสิริพร

จิตติภรณ์ บุญแย้ม

ชนะภัย ไอสถ

### บทคัดย่อ

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิดได้ดำเนินการศึกษาระหว่างปีงบประมาณพ.ศ. 2558-2561 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำไม้สน 5 ชนิด คือ สนคาริเบีย (*Pinus caribaea* Morelet) สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh.& de Vriese) สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) สนโอโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede) สนเทคนูมานี [*Pinus patula* ssp. *tecunumanii* (Schwerdtfeger) Mittak and Styles] ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์และนำถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการดูดซับสี กลิ่น และสารปนเปื้อนในน้ำทิ้ง ดังนี้ 1) การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา โดยนำตัวอย่างไม้สนทั้ง 5 ชนิด มาเผาเป็นถ่าน ทำการบดให้มีขนาด 1-3 นิ้ว แล้วนำไปกระตุ่นทางฟิลิกส์โดยเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่มีเครื่องฉีดละอองน้ำอยู่ภายในที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 412 389 370 400 และ 380 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าไอโอดีนของถ่านไม้สน ประมาณ 2-3 เท่า 2) การนำถ่านกัมมันต์และถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด ไปใช้ประโยชน์ในการดูดซับสี กลิ่น สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงานและน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า ถ่านและถ่านกัมมันต์จากไม้สน ทั้ง 5 ชนิด สามารถดูดซับสี กลิ่น และสารปนเปื้อนได้ โดยควรใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สน จำนวน 1-2 กรัม ต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6-24 ชั่วโมง น้ำทิ้งจะใสไม่มีสีและไม่มีกลิ่น ซึ่งต้องตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณของสี กลิ่น และสารปนเปื้อน 3) การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยถ่านสนคาริเบีย พบว่าถ่านสนคาริเบียสามารถดูดซับแอมโมเนียได้มากถึง 10.045 มิลลิกรัมต่อกรัม และดูดซับแคลเซียมได้ 2.37 มิลลิกรัมต่อกรัม 4) การบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งลดลง ค่าความเค็มลดลงเล็กน้อย ค่า DO เพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ :** ถ่านกัมมันต์ ไม้สน ค่าไอโอดีน การดูดซับ บำบัดน้ำเสีย

## ABSTRACT

The study of wastewater improvement with 5 activated carbon from Pinus species was launched during 2015–2018. The aims of this study were to gain utilization 5 Pinus species to produce activated carbon for color , smell and contaminant adsorption of waste water. Activated carbon preparation from *Pinus caribaea* , *Pinus merkusii* , *Pinus kesiya* , *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* and *Pinus oocarpa* used charcoal size 1–3 inches to activate with water spray at 400°C for 1 hour in activated carbon kiln. The iodine value of activated carbon from *Pinus caribaea* , *Pinus merkusii* , *Pinus kesiya* , *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* and *Pinus oocarpa* were 412 389 370 400 and 380 milligram per gram , higher than charcoal from 5 Pinus species also. Activated carbon and charcoal utilization to adsorb color , smell and contaminant fo waste water from community and factory was found charcoal and activated charcoal from 5 Pinus species could adsorb color , smell and contaminant of waste water. The results found that we should use activated carbon from 5 Pinus species 1–2 gram for 20 millilitres of waste water and set for 6–24 hours to make good water (no color and smell). The community waste water treatment with charcoal from *Pinus caribaea* found that *Pinus caribaea* could adsorb 10.045 milligrams per gram of ammonia and 2.37 milligrams per gram of calcium. The waste treatment with activated carbon from 5 Pinus species found that conductivity of waste water decrease , little decrease of salinity and increase DO

**Keyword:** activated carbon, Pinus specie , iodine value , adsorption , waste water treatment

## ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตมนุษย์ พืชและสัตว์ ทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค รวมถึงเป็นแหล่งรองรับของเสียจากมนุษย์อีกด้วย เนื่องจากปัจจุบันจำนวนประชากรของไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยทิ้งตามแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน ฯลฯ มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำเสียมีกลิ่นเหม็น มีสีเปลี่ยนแปลงไปจนไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ของมนุษย์ และไม่เหมาะต่อการอยู่อาศัยของพืชและสัตว์น้ำ โดยทั่วไปแล้ววิธีการบำบัดน้ำเสียมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การตกตะกอนตามธรรมชาติ การแลกเปลี่ยนไอออน การเติมสารเคมี หรือการใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ช่วยในการดูดซับเป็นถ่าน (ภมรรัตน์ และคณะ, 2553) ถ่านกัมมันต์จากไม้สกุลอะคาเซีย ก็สามารถดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้งจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมได้ (สิริลักษณ์ และคณะ, 2554) และถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบียก็สามารถดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงานได้ (สิริลักษณ์ และคณะ, 2557) อีกทั้งกรมป่าไม้ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนมาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ไม้สนก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นถ่านหรือถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้

คณิตาและคณะ(2540) กล่าวว่า ถ่านกัมมันต์(Activated carbon) เป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพเพื่อทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างวัสดุที่ใช้เป็นอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เช่น ไม้ ชี้เสื่อ ถ่านหิน กะลามะพร้าว กระดุก ชานอ้อย กากเมล็ดกาแฟ ถ่านกัมมันต์ต่างจากถ่านชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีความพรุนมากกว่า ทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมดา จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ฟอกสี ดูดกลิ่น แต่งรสของสารละลายทำก๊ากซ์ให้บริสุทธิ์และใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ คือ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมัน อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมเคมีและยา เป็นต้น จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ให้ประโยชน์หลายด้านและเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษไม้ที่เหลือทิ้งให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างมีคุณค่า

วิชัยและคณะ (2534) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์โดยใช้ไม้ไผ่และซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ พบว่า

1. ไม้ไผ่ : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นคือ 50 นาที ค่า yield สูงสุด ประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ yield
2. ซังข้าวโพด : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 70 นาที ค่า yield สูงสุด ประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ yield

ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดที่ได้ คือ 736.98 เผาเป็นเวลา 70 นาที

อภิสิทธิ์ และคณะ (2533) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์โดยใช้กะลามะพร้าวและชี้เสื่อเป็นวัตถุดิบ พบว่า

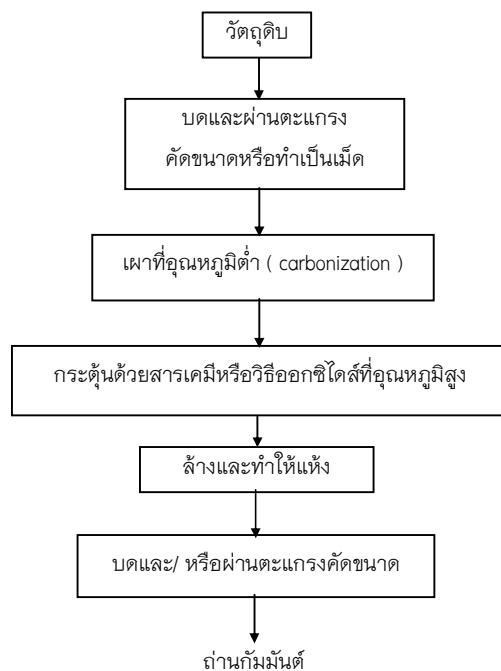
1. กะลามะพร้าว :เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 1 ชั่วโมง ค่า yield สูงสุดประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ yield ค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดที่ได้ คือ 525.33 เผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ชี้เสื่อ :เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 1 ชั่วโมง ค่า yield สูงสุดประมาณ 10% yield
3. ถ่านกะลามะพร้าว :เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 45 นาที

วิวัฒน์และคณะ(2538) ได้ศึกษาการทำถ่านกัมมันต์จากต้นธูปฤาษี โดยใช้วิธีกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์ พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดในการทำถ่านกัมมันต์ คือ เผาต้นธูปฤาษีด้วยอุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วกระตุ้นด้วยสารซิงค์คลอไรด์โดยใช้อัตราส่วนซิงคลอไรด์ต่อผลึกถ่าน 2 : 1 เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีเลขไอโอดีนอยู่ในช่วง 1,570 – 1,600 และสามารถดูดซับก๊าซคลอรีนได้ 410 มิลลิกรัมต่อถ่านกัมมันต์ 10 กรัม ถึงแม้ว่าถ่านกัมมันต์จากต้นธูปฤาษีที่ถูกกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์จะมีเลขไอโอดีน, ค่าการดูดซับก๊าซคลอรีนและอายุการใช้งานมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีตามท้องตลาด แต่พบว่าขณะที่ทำการทดลองจะมีปัญหาเกี่ยวกับภาชนะที่เหมาะสมที่บรรจุถ่านและสารเคมีขณะทำการหุงต้ม รวมทั้งการล้างสารเคมีที่ปนมากับถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านขบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมีแล้ว จึงควรมีการพัฒนาเทคนิคและขบวนการผลิตต่าง ๆ ให้ดีขึ้น

จิราภรณ์ (2545) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นถ่านกะลาให้เป็นถ่านกัมมันต์ คือการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในเตาเผาความร้อนสูงเป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยใช้ตัวอย่างถ่านขนาด 1.68 ถึง 2.38 มิลลิเมตรผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 48 ชั่วโมงจะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติดังนี้คือ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 849 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความชื้นเท่ากับ 7.2 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติเป็นถ่านกัมมันต์เนื่องจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์มีค่ามากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความชื้นมีค่าน้อยกว่า 8เปอร์เซ็นต์ตามที่ มอก.900-2523 ได้กำหนดไว้

### กรรมวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์

ในปัจจุบันกรรมวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์มีมากมายหลายอย่างขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นอะไรและต้องการถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติอย่างไร กรรมวิธีโดยทั่วไปประกอบด้วยการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งรวมถึงการอบแห้ง การบด การทำเป็นเม็ด การเผาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นต้น จากนั้นจึงนำไปกระตุ้นด้วยสารเคมีหรือสารออกซิไดส์ต่างๆ เพื่อทำเป็นถ่านกัมมันต์ กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ มีดังนี้ (ชลชา และคณะ, 2538)



## น้ำเสีย (waste water)

น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตมนุษย์ นอกเหนือจากการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันแล้ว น้ำยังมีบทบาทสูงในการรังสรรค์อารยธรรมความมั่นคงและมั่งคั่งของสังคมมนุษย์ชาติได้ประโยชน์มหาศาลจากทรัพยากรน้ำมาโดยตลอด แต่ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนน้ำ และการเกิดมลพิษทางน้ำยิ่งทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะเนื่องจากผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่ขาดความรู้และจิตสำนึกรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

ในอนาคตอันใกล้สถานการณ์ของทรัพยากรน้ำอาจเกิดปัญหาใหญ่ถึงขั้นวิกฤติ โดยเฉพาะในด้านการขาดแคลนน้ำทั้งนี้เนื่องจาก

- แนวโน้มที่จะเกิดภัยแล้งมากขึ้น
- น้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีคุณภาพลดลง
- การใช้น้ำฟุ่มเฟือยในกิจการต่าง ๆ อันได้แก่ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม การใช้น้ำในครัวเรือน และธุรกิจ บริการต่าง ๆ

## น้ำเสียและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย

**น้ำเสีย** ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึงของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น แหล่งกำเนิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ แหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point Source) ได้แก่ แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และแหล่งที่ไม่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Source) ได้แก่ การเกษตร เป็นต้น

**น้ำเสียจากชุมชน** ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน น้ำเสียนี้ มีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์สูง

**น้ำเสียจากอุตสาหกรรม** ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงการทำความสะอาดโรงงาน รวมทั้งน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม องค์ประกอบของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำทิ้ง ประเภทและขนาดของโรงงาน

**น้ำเสียจากเกษตรกรรม** ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากการเพาะปลูกจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก

## ผลกระทบของน้ำเสีย

- มีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ ไม่สามารถใช้อุปโภคและบริโภคได้
- เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งในน้ำ และในบริเวณใกล้เคียงทำให้เสียความสมดุลทางธรรมชาติเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม
- เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เพราะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรค และเป็นพาหะนำโรคต่าง ๆ สู่มนุษย์ สัตว์ และพืช
- ทำลายทัศนียภาพ โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่ใช้ในการคมนาคมและแหล่งท่องเที่ยว

- เป็นปัญหาต่อกระบวนการผลิตน้ำประปา ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มมากขึ้น

### มลพิษทางน้ำ

ความหมายของน้ำเสีย น้ำเสียตาม พรบ. ส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ หมายถึงของเสียที่อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

ลักษณะของน้ำเสีย ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้ 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ

#### 1. ลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ เช่น

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Solids) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว แล้วนำน้ำไปที่กรองได้ ไประเหยจนแห้ง แล้วจึงนำไปอบ

- ของแข็งแขวนลอย หมายถึงปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยแก้ว

- ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง สมบัติทางแสงของสารแขวนลอยซึ่งทำให้แสงกระจายและดูดกลืนมากกว่าที่จะยอมให้แสงผ่านเป็นเส้นตรง ความขุ่นของน้ำเกิดการมีสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ดิน ดินตะกอน

#### 2. ลักษณะของน้ำเสียทางเคมี เช่น

- ออกซิเจนละลาย การหาดีไอ(DO) หรือออกซิเจนละลาย สามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมี และใช้เครื่องวัดโดยตรง

- บีโอดี(BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย

- ซีโอดี(COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรดให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ค่าซีโอดีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง การควบคุมระบบบำบัดน้ำทั้ง การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ค่า COD นี้มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

- ค่าความกรด-ด่าง(pH)มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำและน้ำเสีย ควบคุมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เพื่อไม่ให้เกิดการกัดกร่อนของท่อ เพื่อใช้ในการควบคุมสารเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปน้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง 5-8 ค่า pH เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ

- ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

- สารโลหะหนักชนิดต่างๆขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรม สารโลหะหนักยอมให้มีได้ในน้ำในปริมาณที่น้อยมากเนื่องจากบางตัวให้ความเป็นพิษสูง แต่บางชนิดหากมีปริมาณไม่มากนักจะมีผลดีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

#### 3. ลักษณะของเสียทางชีวภาพ เช่น

- แบคทีเรีย คือ จุลินทรีย์เซลล์เดียว มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เป็นผู้ย่อยสลายในแหล่งน้ำ

- รา เป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ รามีความสำคัญในการย่อยสลายพวกคาร์บอนที่มีค่า pH ต่ำ รามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียบางระบบ

การศึกษาริ้วยการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ในครั้งนี้ได้นำไม้สน จำนวน 5 ชนิด จากสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ได้แก่สนคาริเบีย (*Pinus caribaea* Morelet) สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh.&deVriese) สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) สนโอโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede) สนเทคูนูมานี่ [*Pinus patula* ssp.*tecunumanii* (Schwerdtfeger) Mittak and Styles] มาใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย เพื่อศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้สน ศึกษาการดูดซับสี กลิ่นและสารปนเปื้อน รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในน้ำทิ้งในชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม

## วิธีการศึกษา

### (Material and Methods)

#### 1. วัตถุดิบ

- 1.1 ไม้สนคาริเบีย(*Pinus caribaea*)
- 1.2 ไม้สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh.& de Vriese)
- 1.3 ไม้สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon)
- 1.4 ไม้สนโอโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede)
- 1.5 ไม้สนเทคูนูมานี่ [*Pinus patula* ssp.*tecunumanii* (Schwerdtfeger) Mittak and Styles]

#### 2. อุปกรณ์และสารเคมี

- 2.1 ตาชั่ง
- 2.2 เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร
- 2.3 เตาเผาถ่านกัมมันต์แบบสเปร์ย์น้ำ
- 2.4 น้ำทิ้งชุมชน/โรงงาน
- 2.5 ปีกเกอร์
- 2.6 หลอดทดลองแบบฝาปิด
- 2.7 ขวดเก็บน้ำทิ้ง
- 2.8 เทอร์โมมิเตอร์
- 2.9 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง



### 3. วิธีการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

การศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ได้แก่ สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอไคคาร์ปาในครั้งนี้ได้มาจากห้องที่จังหวัดเชียงใหม่ การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ดังกล่าว โดยนำมาเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ มีดังนี้ (Figure 1)

3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอไคคาร์ปา ไปเผาเป็นถ่านด้วยเตาอิฐก่อ

3.1.2 การกระตุ้นทางฟิสิกส์ นำถ่านตามข้อ 3.1 มาทำเป็นก้อนสี่เหลี่ยมให้มีขนาดประมาณ 1-3 นิ้ว ใส่ในกระป๋องสี่เหลี่ยมแล้วนำไปเผากระตุ้นในเตาเผาถ่านกัมมันต์ (ที่มีเครื่องฉีดละอองน้ำอยู่ภายใน) ที่อุณหภูมิ หัวเผา 400 องศาเซลเซียสแล้วฉีดละอองน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ออกจากเตา แล้วนำไปฟุ้งและอบให้แห้ง

3.1.3 นำถ่านและถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามข้อ 3.1 และ 3.2 ไปทดสอบความสามารถในการดูดซับไอโอดีน หรือค่าไอโอดีนโดยส่งให้กรมวิทยาศาสตร์บริการทำการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM D 4607-94(Reapproved 2011): Activated carbon, 2014, volume 15.01



Figure 1 Methods of activated carbon preparation from Pinus spp.

#### 3.2 การดูดซับสี กลิ่น และสารปนเปื้อน

นำถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอไคคาร์ปา ไปศึกษาการดูดซับสี กลิ่น และสารปนเปื้อนดังนี้

3.2.1 การดูดซับสี และกลิ่นของน้ำถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด กับน้ำสีสังเคราะห์มีวิธีการศึกษา ดังนี้

3.2.1.1 เหน้้ำลีสังเคราะห์จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1 (ไม่มีถ่านกัมมันต์) เพื่อเป็นหลอดควบคุม

3.2.1.2 ชั่งถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิด จำนวน 1,2 และ 3 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่ 2,3,4,5 และ 6 ตามลำดับ จากนั้นเหน้้ำลีสังเคราะห์ จำนวน 20 มิลลิลิตรลงในหลอดที่มีถ่านกัมมันต์ทั้ง 5 หลอด

3.2.1.3 จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นของเหน้้ำลีสังเคราะห์ดังกล่าวในหลอดทดลองทั้ง 6 หลอด บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทุก 1,2,3,4,5,6 และ 24 ชั่วโมง

3.2.2 การดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด กับน้ำทิ้งชุมชน

3.2.2.1 เหน้้ำทิ้งตัวอย่างจำนวน 20 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่ 1 (ไม่มีถ่านกัมมันต์) เพื่อเป็นหลอดควบคุม)

3.2.2.2 ชั่งถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย ไม้สนสองใบ ไม้สนสามใบ ไม้สนเทคนูมานี และไม้สนโอโอคาร์ปาแต่ละชนิดจำนวน 1, 2 และ 3 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 ตามลำดับ จากนั้นเหน้้ำทิ้งตัวอย่างจากชุมชน หรือโรงงาน จำนวน 20 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ทั้ง 5 หลอด

3.2.2.3 จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น ของน้ำทิ้งชุมชนดังกล่าวในหลอดทดลองทั้ง 6 หลอด บันทึกผลการเปลี่ยนแปลง ทุก 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้สเกลระดับกลิ่นดังนี้

สเกล		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีความรู้สึกรับกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจาง, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจางมาก ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามึกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ ระดับกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจเกิดปัญหารบกวนในชุมชนที่อาศัย
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญเรื่องกลิ่น
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

อ้างอิงจาก ([www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

3.2.3 การดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากไม้สน และน้ำ EM กับน้ำลีสังเคราะห์

นำถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา กับน้ำ EM มาศึกษาการดูดซับสีกับน้ำลีสังเคราะห์ ดังนี้

3.2.3.1 เหน้้ำลีสังเคราะห์จำนวน 40 มิลลิลิตร และ น้ำ EM จำนวน 0.8 มิลลิลิตร ลงในภาชนะที่ 1, 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

3.2.3.2 ชั่งถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิดจำนวน 1 กรัม ใส่ในภาชนะที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 ตามลำดับ

3.2.3.3 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสี ของน้ำสีสังเคราะห์ในภาชนะทั้ง 6 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทุก 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 17 , 18 และ 24 ชั่วโมง

3.2.3.4 ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.1-3.2.3.3 โดยเปลี่ยนเป็นใช้น้ำ EM จำนวน 2 มิลลิลิตร และใส่ถ่านกัมมันต์ แต่ละชนิด จำนวน 2 กรัม

3.2.4 การดูดซับสีและกลิ่นของถ่านจากไม้สน และน้ำ EM กับน้ำทิ้งชุมชน

3.2.4.1 เติมน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 และ 7

3.2.4.2 หยดน้ำ EM จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะที่ 2 , 3 , 4 , 5 , 6 และ 7

3.2.4.3 ชั่งถ่านไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิด จำนวน 10 กรัม ลงในภาชนะที่ 3 , 4 , 5 , 6 และ 7

3.2.4.4 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และลักษณะของน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะทั้ง 7 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่ 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง

3.2.5 การดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สน กับน้ำทิ้งชุมชน

นำถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา มาศึกษาการดูดซับสีและกลิ่น ดังนี้

3.2.5.1 เติมน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

3.2.5.2 ชั่งถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิด จำนวน 8 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

3.2.5.3 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะทั้ง 6 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่ 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง

3.2.6 การดูดซับสีและกลิ่นของถ่านจากไม้สนกับน้ำทิ้งชุมชน

นำถ่านไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา มาศึกษาการดูดซับสีและกลิ่น ดังนี้

3.2.6.1 เติมน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 และเติมน้ำกลั่น จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะที่ 7 และ 8

3.2.6.2 ชั่งถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิด จำนวน 8 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 และชั่งถ่านสนคาริเบีย จำนวน 8 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่ 8

3.2.6.3 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และลักษณะของน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะทั้ง 8 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงที่ 0 , 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง

3.2.7 การหาปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำทิ้งชุมชน และในน้ำทิ้งชุมชนที่ได้รับการบำบัดโดยใช้ถ่านจากไม้สนคาริเบียแล้ว

3.2.7.1 เติมน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

3.2.7.2 ชั่งถ่านจากไม้สนคาริเบีย จำนวน 2 กรัม ใส่ในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่า pH การนำไฟฟ้า ความเค็ม และสารปนเปื้อน

3.2.8 การหา DO ในน้ำที่ขุ่นและในน้ำที่ขุ่นที่ได้รับการบำบัดโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สนแล้ว

3.2.8.1 เหน้ที่ขุ่น จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในภาชนะที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

3.2.8.2 ชั่งถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคนูมานี และสนโอโอคาร์ปา แต่ละชนิด จำนวน 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่า pH การนำไฟฟ้า ค่า DO และความเค็ม

## ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

### (Results and Discussion)

#### 1. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์สามารถเขียนสรุปเป็นขั้นตอนที่สำคัญได้ 6 ขั้นตอนดังนี้ (Figure2)

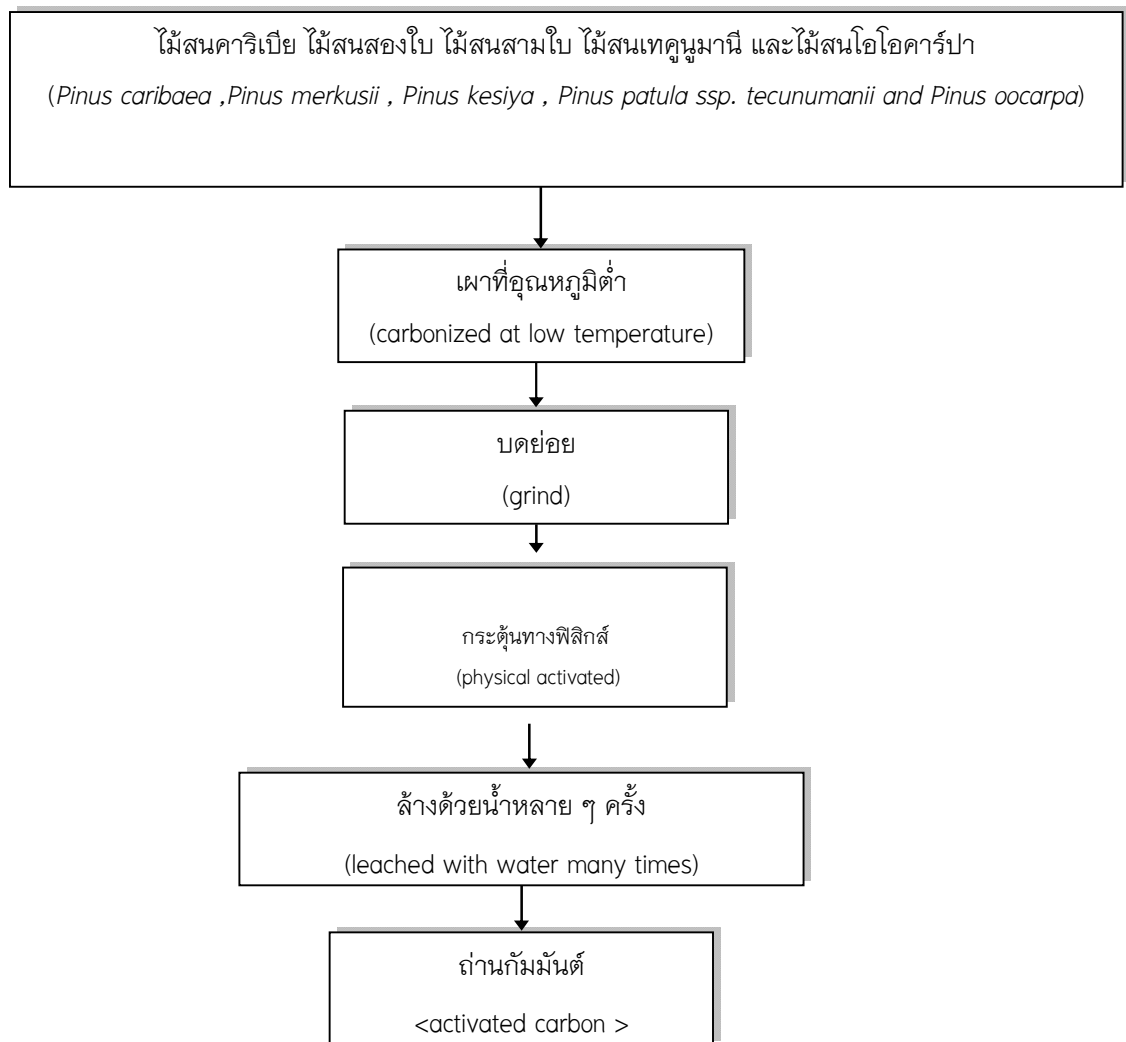


Figure 2 Activated carbon preparation from *Pinus spp.*

## 2. การหาค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

การหาค่าไอโอดีน หรือความสามารถในการดูดซับไอโอดีนของถ่านและถ่านกัมมันต์ โดยนำตัวอย่าง ถ่านและถ่านกัมมันต์ ส่งให้กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM D 4607-94 (Reapproved 2011) : Activated carbon, 2014, volume 15.01 ซึ่งผลของค่าไอโอดีนของ ถ่านและถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย, ไม้สนสองใบ, ไม้สนสามใบ , ไม้สนเทคูนูมานี และไม้สนโอโอคาร์ปา ที่ผ่านการกระตุ้น โดยการฉีดละอองน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Iodine value of charcoal and activated carbon from *Pinus spp.*

Type of specie	Iodine value (mg/g)	
	Charcoal	Activated carbon
<i>Pinus caribaea</i>	204	412
<i>Pinus merkusii</i>	110	389
<i>Pinus kesiya</i>	112	370
<i>Pinus tecunumanii</i>	250	400
<i>Pinus oocarpa</i>	150	380

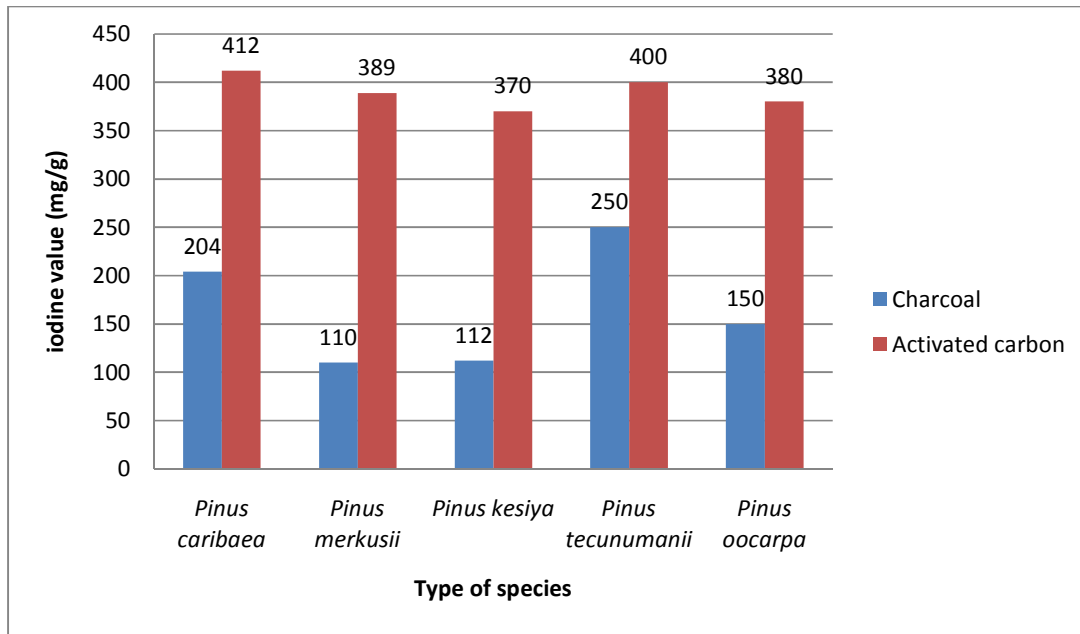


Figure 3 Comparative iodine value of charcoal and activated carbon from *Pinus spp.*

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 3 (Table 1 and Figure3) พบว่า

1. ถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทคูนูมานี และสนโอโอคาร์ปา ที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 204 , 110 , 112 , 250 และ 150 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

2. ถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนูมานี และสนโอโอคาร์ปา ที่ผ่านการกระตุ้นทางฟิสิกส์ คือ กระตุ้นโดยใช้ละอองน้ำในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ จะได้ค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 412 , 389 , 370 , 400 และ 380 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าไอโอดีนของถ่านที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นประมาณ 2.02 , 3.54 , 3.30 , 1.60 และ 2.53 เท่าตามลำดับ

### 3. การศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของถ่านและถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

#### 3.1 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนูมานี และสนโอโอคาร์ปาไปทดสอบกับน้ำสีสังเคราะห์

จากการศึกษาพบว่า น้ำสีสังเคราะห์ลักษณะสีฟ้าใส ไม่มีตะกอน ไม่มีกลิ่น และเมื่อนำน้ำสีสังเคราะห์จำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากสนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนูมานี และสนโอโอคาร์ปาที่มีปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1 , 2 และ 3 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำสีสังเคราะห์โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง (Figure 4) ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 1

เมื่อเทน้ำทิ้งลงในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์อยู่จะเกิดฟองอากาศขึ้น เนื่องจากน้ำทิ้งเข้าไปแทนที่อากาศที่อยู่ในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ยิ่งถ่านกัมมันต์มีปริมาณมากฟองอากาศจะฟุดออกมามากขึ้น เพราะถ่านกัมมันต์ไปดูดซับสารในน้ำสีสังเคราะห์ เช่น สี โดยฟองอากาศจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อถ่านกัมมันต์ดูดซับสารในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเต็ม โดยเฉลี่ยในเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงฟองอากาศก็จะไม่มี

จากตารางผนวกที่ 1 และ Figure 4 พบว่า

**3.1.1 ลักษณะของสี** สีของน้ำสีสังเคราะห์หลอดที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีฟ้าใส แต่สีของน้ำสีสังเคราะห์ในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สน จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้น ที่เวลาเท่ากัน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง พบว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนจะมีสีฟ้าอ่อนมากจนถึงไม่มีสีขึ้นกับชนิดของถ่านกัมมันต์ และปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ โดยพบว่า

3.1.1.1 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณ 1 กรัม ที่ 6 ชั่วโมงในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบ จะทำให้น้ำสีสังเคราะห์เปลี่ยนเป็นไม่มีสี และที่ 24 ชั่วโมง หลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนเทศุนูมานี และสนสามใบ จะทำให้น้ำสีสังเคราะห์เปลี่ยนแปลงเป็นใสไม่มีสี ส่วนหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโอคาร์ปา จะทำให้น้ำสีสังเคราะห์จางลงมาก

3.1.1.2 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณ 2 กรัม ที่ 6 ชั่วโมง ในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนเทศุนูมานี สนสองใบ และสนโอโอคาร์ปาจะทำให้น้ำสีสังเคราะห์เปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี ส่วนหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบจะทำให้น้ำสีสังเคราะห์จางลงมาก และที่ 24 ชั่วโมง ในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 หลอด จะทำให้น้ำสีสังเคราะห์เปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี

3.1.1.3 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณ 3 กรัม ที่ 6 และ 24 ชั่วโมง ในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 หลอด จะทำให้น้ำสีสังเคราะห์เปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี

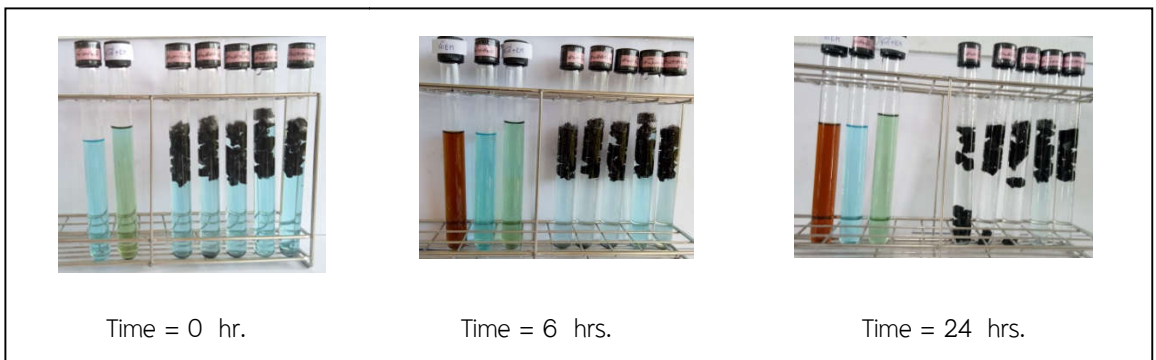
จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิด ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้และระยะเวลาีผลต่อการดูดซับสีของน้ำสีสังเคราะห์ โดยหากจะใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ในการดูดซับสี ควรใช้ปริมาณดังนี้

- ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบ ควรใช้ในปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำสี 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง
- ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนเทศุนูมานี และสนสามใบ ควรใช้ในปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำสี 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโศคาร์ปา ควรใช้ในปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำสี 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

**3.1.2 ลักษณะของความขุ่น** น้ำสีสังเคราะห์ในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะไม่มีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์ แต่ความขุ่นของน้ำสีสังเคราะห์ในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนจะมีผงถ่านแขวนลอยอยู่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงขึ้นไปก็ไม่พบผงถ่านแขวนลอย เนื่องจากผงถ่านจะตกตะกอนที่ก้นหลอดทดลองหรือในชั้นของถ่าน

**3.1.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)** pH ของน้ำสีสังเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 7.4 แต่ pH ของน้ำสีสังเคราะห์ในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สน จำนวน 1 , 2 และ 3 กรัม ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 7.1-7.7, 7.4 และ 7.2-7.4 ตามลำดับ ซึ่ง pH ที่เปลี่ยนไปนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

**3.1.4 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง** ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 6 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง



**Figure 4** Comparative activated carbon from *Pinus spp.* with food coloring water

**3.2 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบและสนโอโศคาร์ปา ไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากชุมชนคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่**

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งจากชุมชนคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะสีเหลืองอ่อนใสไม่มีตะกอนแขวนลอย กลิ่นแรงมากอยู่ในระดับ 5 และเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบ และสนโอโศคาร์ปาที่มีปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 2 และ Figure 5

จากตารางผนวกที่ 2 พบว่า

**3.2.1 ลักษณะของสี** สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองอ่อนใน แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามชนิดของถ่านกัมมันต์ และปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้นที่เวลาเท่ากัน โดย พบว่า

3.2.1.1 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโอคาร์ปา 3 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 6 , 24 และ 48 ชั่วโมง จะทำให้น้ำทิ้งเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี

3.2.1.2 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบ 2 และ 3 กรัมตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง จะทำให้น้ำทิ้งเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี

จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิดกันมีผลต่อการดูดซับสีของน้ำทิ้ง โดยหากใช้ ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบ ควรใช้ในปริมาณ 2 กรัม ต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ส่วน ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโอคาร์ปา ควรใช้ในปริมาณ 3 กรัมต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

**3.2.2 ลักษณะของกลิ่น** กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีกลิ่นแรงมากใน ระดับ 5 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กลิ่นลดลงเล็กน้อยอยู่ในระดับ 4 และเมื่อตั้งไว้ 48 ชั่วโมง กลิ่นลดลงอยู่ในระดับ 3 คือ มีกลิ่นที่รับได้ แต่กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ เมื่อเวลาผ่านไป 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า จะมีกลิ่นลดลงมากเหลือกลิ่นอ่อนมากอยู่ที่ระดับ 1ในหลอดที่มีถ่านกัมมันต์ โดยใน หลอดทดลองที่มีปริมาณถ่านกัมมันต์มากขึ้นคือ 2 และ 3 กรัม จะทำให้ไม่มีกลิ่น จะเห็นได้ว่าหากจะใช้ ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโอคาร์ปา และสนสองใบในการดูดกลิ่นน้ำทิ้ง ควรใช้ปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

**3.2.3 ลักษณะของความขุ่น** ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์บ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ก็ไม่พบสารแขวนลอยสำหรับในหลอดทดลองที่มี ถ่านกัมมันต์ จำนวน 1 และ 2 กรัม จะมีสารแขวนลอยอยู่บ้าง แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ก็ไม่พบสารแขวนลอย ส่วนในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 3 และ 4 กรัม นั้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง พบว่ามีเพียงผงถ่านแขวนลอยอยู่ ซึ่งผงถ่านนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงไป และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ผงถ่านจะตกตะกอนที่ก้นหลอดทดลองหรือในชั้นของถ่าน

**3.2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)** pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 6.7 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 6.7-7.2 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

**3.2.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง** ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 5 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง





**Figure 5** Comparative activated carbon from *Pinus merkusii* and *Pinus oocarpa* with waste water from Mae-Kha canal community, Chiangmai province

### 3.3 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบ และสนโอโศคาร์ปาไปทดสอบกับน้ำทิ้งหน้าโรงแรม จ.เชียงใหม่

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งจากหน้าโรงแรม จ.เชียงใหม่มีลักษณะสีเหลืองใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีตะกอนแขวนลอยและเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากสนสามใบและสนโอโศคาร์ปาที่มีปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 3 และ Figure 6

จากตารางผนวกที่ 3 พบว่า

**3.3.1 ลักษณะของสี** สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองใส แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามชนิดของถ่านกัมมันต์และปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้น ที่เวลาเท่ากัน โดย พบว่า

**3.3.1.1** เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโศคาร์ปา จำนวน 3 กรัม จะทำให้น้ำทิ้งมีสีจางลงมากๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง และเมื่อใส่ถ่านกัมมันต์ 2 กรัม แต่ต้องตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงจึงจะทำให้น้ำทิ้งสีจางลงมากๆ

**3.3.1.2** เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบ จำนวน 1, 2 และ 3 กรัม จะทำให้น้ำทิ้งใสไม่มีสี เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิดมีผลต่อการดูดซับสีของน้ำทิ้ง โดยหากใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบควรใช้ในปริมาณ 1 กรัม ต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโศคาร์ปา ควรใช้ในปริมาณ 3 กรัมต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้มากกว่า 48 ชั่วโมง

**3.3.2 ลักษณะของกลิ่น** กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะเหม็นแรงมากในระดับ 5 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 4 แต่น้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ทุกหลอด เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 1-3

**3.3.3 ลักษณะของความขุ่น** ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์บ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ไม่พบสารแขวนลอยอินทรีย์ สำหรับในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม จะมีผงถ่านแขวนลอยอยู่บ้างมากขึ้นตามปริมาณของถ่านที่ใส่ และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จนถึง 24 ชั่วโมง พบว่ามีเพียงผงถ่านแขวนลอยอยู่เหมือนเดิม ซึ่งผงถ่านนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงไป

3.3.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 6.8 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 7.7-8.5 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

3.3.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 5 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

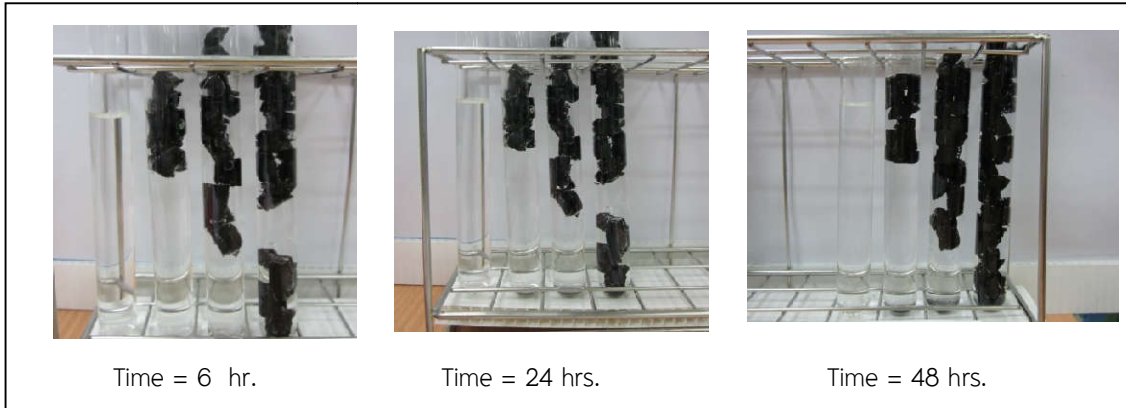


Figure 6 Comparative activated carbon from *Pinus kesiya* and *Pinus oocarpa* utilization with waste water from Hotel Chiangmai Province

3.4 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด และน้ำ EM ไปทดสอบกับน้ำสีสังเคราะห์

จากการศึกษา พบว่า น้ำสีสังเคราะห์ที่มีสีฟ้าใส ไม่มีตะกอนแขวนลอย เมื่อนำน้ำสีสังเคราะห์จำนวน 40 มิลลิลิตร มาใส่น้ำ EM ลงไป 0.8 และ 2.0 มิลลิลิตร แล้วนำมาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศนูมานี และสนโอโอคาร์ปา เพื่อศึกษาว่าน้ำ EM และถ่านกัมมันต์ จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีต่างกันหรือไม่ โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 17 , 18 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 4 , 5 และ Figure 7 , 8



Figure 7 Comparative activated carbon from *Pinus* spp. utilization with food color water and EM (0.8)



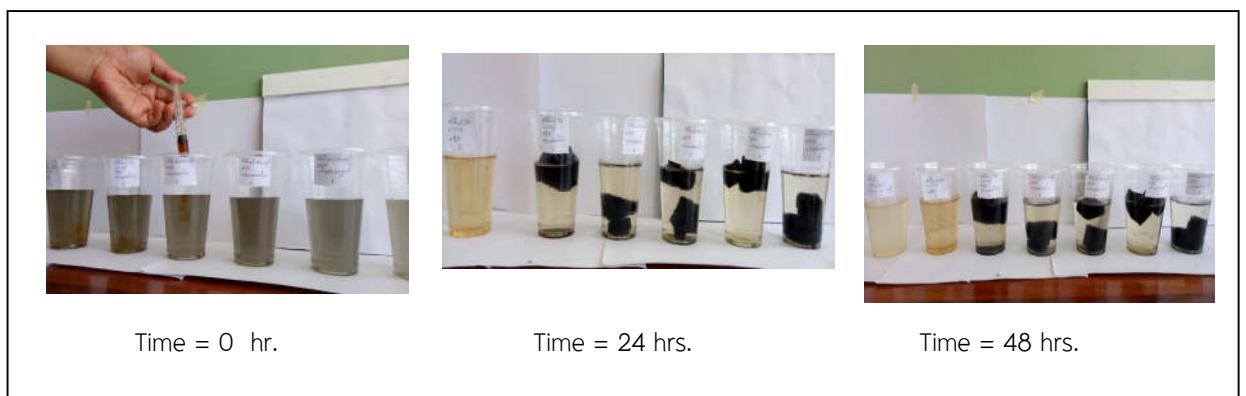
Figure 8 Comparative activated carbon from *Pinus* spp. utilization with food color water and EM (2.0)

จากตารางผนวกที่ 4 และ 5 พบว่า สีของน้ำสีสังเคราะห์กับน้ำ EM ในภาชนะที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนจะมีสีฟ้าน้ำตาล มีกลิ่นเหม็นจากน้ำ EM ไม่มีตะกอนแขวนลอย แต่ในภาชนะที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด น้ำจะมีสีฟ้าใส ไม่มีสารแขวนลอย

เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง น้ำสีสังเคราะห์ที่ใส่น้ำ EM ในปริมาณ 0.8 และ 2.0 มิลลิลิตร จะคงเป็นสีฟ้า น้ำตาลจางลงและกลิ่นหายไป เมื่อครบ 24 ชั่วโมง สีฟ้า น้ำตาลอ่อนเหมือนชั่วโมงแรก แต่ในภาชนะที่มีใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสีจะจางลงไปเรื่อยๆ มีฟองอากาศ มีผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของถ่านกัมมันต์ โดยภาชนะที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบและสนโอโคโนคาร์ปา น้ำสีจะเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสีใน 5 ชั่วโมง ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสามใบ และสนเทศูมมานี น้ำสีจะจางลงมาก(ตารางผนวกที่ 4) และใสไม่มีสีใน 22 , 11 และ 22 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 5) จะเห็นได้ว่า ถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิดสามารถดูดซับสีได้ต่างกัน และบางครั้งถ่านแต่ละก้อนก็มีความสามารถในการดูดซับต่างกันด้วย อีกทั้งถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดจะมีความสามารถในการดูดซับสีได้ดีกว่าน้ำ EM

### 3.5 การนำถ่านจากไม้สน 5 ชนิด และน้ำ EM ไปทดสอบกับน้ำทิ้งชุมชน จังหวัดราชบุรี

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งชุมชน จังหวัดราชบุรี มาจากบ่อน้ำทิ้งหน้าชุมชนมีสีเทาดำ มีหญ้าและสัดร์น้ำเล็กน้อย มีกลิ่นแรงมากระดับ 5 มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย เมื่อนำน้ำทิ้งชุมชนจำนวน 200 มิลลิลิตร มาทดสอบกับน้ำ EM และถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศูมมานี และสนโอโคโนคาร์ปา เพื่อเปรียบเทียบการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากไม้สนกับน้ำ EM โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 6 และFigure 9



**Figure 9** Comparative charcoal from Pinus spp. utilization with EM and waste water in Rachaburi province

จากตารางผนวกที่ 6 พบว่า

3.5.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านกัมมันต์และน้ำ EM จะมีสีเทาดำในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีสีเทาน้ำตาลอ่อน ในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิดจะมีสีน้ำตาล โดยเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง น้ำทิ้งชุมชนที่ไม่มีถ่านและน้ำ EM จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน ในภาชนะที่มีน้ำ EM จะเป็นสีน้ำตาลเหลือง ส่วนในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิดจะเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลอ่อนใส แตกต่างกันไปตามชนิดของถ่าน เมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนสามใบ และสนโอโคโนคาร์ปา น้ำจะเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี ซึ่งแสดงว่าถ่านจากสนทั้งสองชนิดนี้ดูดซับสีได้ดีกว่าถ่านจากสนชนิดอื่น

3.5.2 ลักษณะของกลิ่น กลิ่นของน้ำทิ้งชุมชนมีกลิ่นแรงมากที่ระดับ 5 ในภาชนะที่ใส่น้ำ EM จะไม่มีกลิ่น ส่วนในภาชนะที่ใส่น้ำจากไม้สนทั้ง 5 ชนิดน้ำทิ้งจะมีกลิ่นลดลงอยู่ที่ระดับ 3 แม้เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง น้ำทิ้งในทุกภาชนะจะไม่มีกลิ่น

จะเห็นได้ว่ากลิ่นของน้ำที่มาจากสารอินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำทิ้ง ซึ่งทั้งน้ำ EM และน้ำจากไม้สนทั้ง 5 ชนิดมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นจากน้ำทิ้งได้เหมือนกัน

3.5.3 ลักษณะของความขุ่น น้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและน้ำ EM จะมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย สำหรับในภาชนะที่ไม่มีถ่านจากไม้สนจะมีผงถ่านแขวนลอย แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในภาชนะที่ไม่มีถ่านและน้ำ EM จะมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย และจับที่ผิวหน้า ในภาชนะที่ใส่น้ำ EM จะมีตะกอนจับเป็นก้อนเล็กๆสีน้ำตาลเหลือง หรือในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด ตะกอนจะนอนกันหมดเนื่องจากผงถ่านจะช่วยดูดซับทำให้ตกตะกอนง่ายขึ้น จะเห็นได้ว่าถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด มีความสามารถในการทำให้ตะกอนหรือสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งตกตะกอนได้ง่ายขึ้น

3.5.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งชุมชนและในทุกภาชนะที่ใส่น้ำ EM มีค่าเท่ากับ 7.3 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ค่า pH เพิ่มขึ้น ในทุกภาชนะอยู่ระหว่าง 7.6-8.3

3.5.5 คุณภูมิของน้ำทิ้ง ค่าคุณภูมิของน้ำทิ้งในภาชนะที่ทำการศึกษาทั้ง 7 ภาชนะที่วัดได้นั้นเป็นค่าที่คุณภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

### 3.6 การนำถ่านจากไม้สน 5 ชนิด และน้ำ EM ไปทดสอบกับน้ำทิ้งชุมชนพระพุทธรบาท จ.สระบุรี

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งชุมชนพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี มีสีเหลืองเข้ม ขุ่นมีตะกอน ไม่มีกลิ่น เมื่อนำน้ำทิ้งชุมชน 200 มิลลิลิตร มาทดสอบกับน้ำ EM และถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนามานี และสนโอโคคาร์ปา เพื่อเปรียบเทียบการดูดซับของถ่านจากไม้สนกับน้ำ EM โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 7 และFigure 10

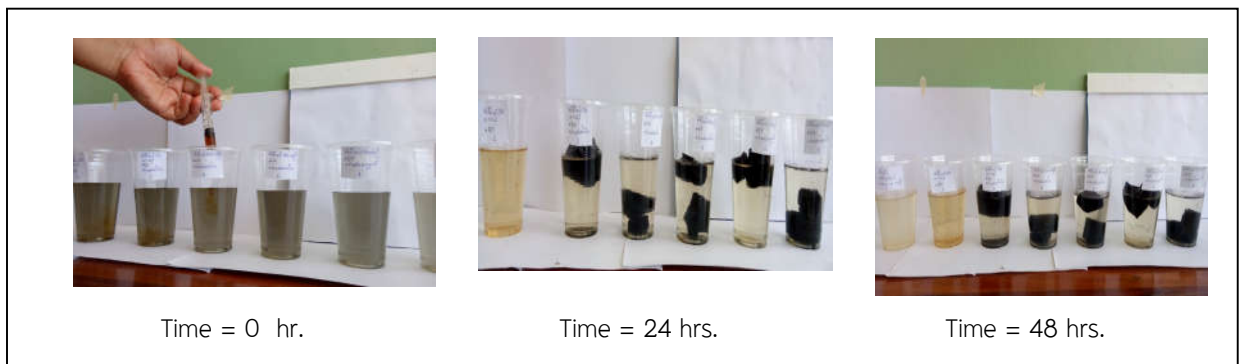


Figure 10 Comparative charcoal from Pinus spp. utilization with EM and waste water in Saraburi province

จากตารางผนวกที่ 7 พบว่า

3.6.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและน้ำ EM จะมีสีเหลืองเข้ม ในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีสีเหลืองเข้มมาก ส่วนในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนจะมีสีเทาเหลืองถึงเหลืองเข้ม โดยเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง น้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและน้ำ EM จะมีสีเหลืองอ่อนใส ในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีสีเหลืองเข้มใส ส่วนในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนจะมีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม เนื่องจากมีผงถ่านตกตะกอน และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนสามใบ และสนโอโคคาร์ปา น้ำทิ้งจะเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี แสดงว่าถ่านจากไม้สนทั้งสองชนิดนี้ดูดซับสีได้ดีกว่าจากสนชนิดอื่น และดีกว่าน้ำ EM

3.6.2 ลักษณะของกลิ่น น้ำทิ้งชุมชนไม่มีกลิ่นในทุกภาชนะ

3.6.3 ลักษณะของความขุ่น น้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีตะกอนแขวนลอยและขุ่น สำหรับภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะมีผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อยถึงมาก แตกต่างกันไปตามชนิดของถ่าน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง ตะกอนและผงถ่านในทุกภาชนะจะตกตะกอนนอนก้นหมด

3.6.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งชุมชนและในทุกภาชนะที่ค่าเท่ากับ 7.7 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า pH เพิ่มขึ้นทุกภาชนะอยู่ระหว่าง 8.0-8.3

3.6.5 คุณภูมิของน้ำทิ้ง ค่าคุณภูมิของน้ำทิ้งในภาชนะที่ทำการศึกษาทั้ง 7 ภาชนะที่วัดได้นั้นเป็นค่าคุณภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

3.7 การนำถ่านจากไม้สน 5 ชนิด และน้ำ EM ไปทดสอบกับน้ำทิ้งชุมชนเมือง จังหวัดสระบุรี

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งชุมชนเมือง จ.สระบุรี มีสีเหลืองอ่อนใส มีกลิ่นอ่อนที่ระดับ 1 ไม่มีตะกอนเมื่อนำน้ำทิ้งชุมชนจำนวน 200 มิลลิลิตร มาทดสอบกับน้ำของ EM และถ่านจากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศูมานี และสนโอโศคาร์ปา เพื่อเปรียบเทียบการดูดซับของถ่านจากไม้สนกับน้ำ EM โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 8 และ Figure 11

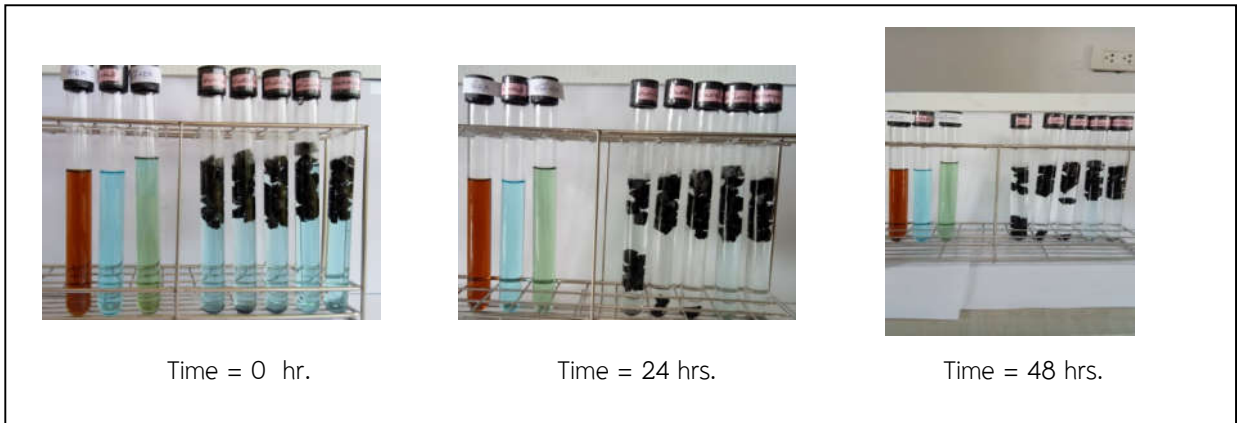


Figure 11 Comparative charcoal from Pinus spp. utilization with EM and waste water in Muang Saraburi

จากตารางผนวกที่ 8 พบว่า

3.7.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและน้ำEMจะมีสีเหลืองอ่อนใส ในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีสีเหลืองจะมีสีเหลืองเข้มใส ส่วนในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนจะมีสีเทาเหลืองเข้ม โดยเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สีของน้ำในภาชนะที่ไม่มีถ่านและในภาชนะที่มีน้ำ EM จะยังคงมีสีเช่นเดิม แต่ในภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนจะมีสีเทาเหลืองอ่อน ซึ่งสีจะจางลง เนื่องจากผงถ่านดูดซับสีได้ดี และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง น้ำทิ้งก็ยังมีสีเหลืองอ่อนเช่นเดิม ในภาชนะที่มีน้ำ EM จะมีสีเหลืองอ่อนซึ่งจางลงกว่า ส่วนถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิดมีความสามารถในการดูดซับสีได้ดีกว่าน้ำ EM

3.7.2 ลักษณะของกลิ่น น้ำทิ้งชุมชนไม่มีกลิ่นในทุกภาชนะ

3.7.3 ลักษณะของความขุ่น น้ำทิ้งชุมชนในภาชนะที่ไม่มีถ่านและในภาชนะที่มีน้ำ EM จะไม่มีตะกอนแขวนลอย สำหรับภาชนะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะมีผงถ่านแขวนลอยเพียงเล็กน้อย และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในภาชนะที่มีน้ำ EM และถ่านจะมีการตกตะกอนของสารอินทรีย์และผงถ่าน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ทุกภาชนะจะไม่มีตะกอนจากความขุ่นจากตะกอน คือตะกอนนอนก้นหมดหรือไม่มีตะกอน

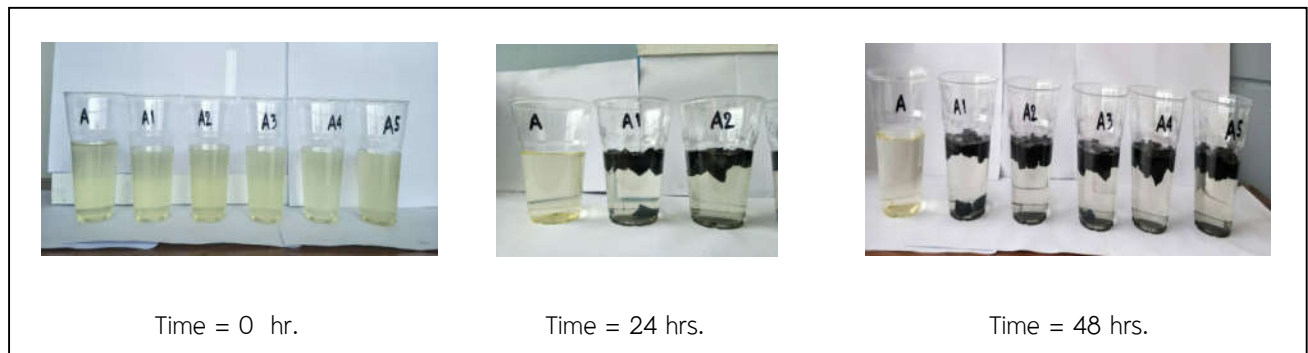


3.7.4 ลักษณะของค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งชุมชนและในทุภษาขณะมีค่าเท่ากับ 7.0 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง pH เพิ่มขึ้นในทุภษาขณะอยู่ระหว่าง 7.5-8.2

3.7.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในภษาขณะที่ทำการศึกษาทั้ง 7 ภษาขณะที่วัดได้นั้น เป็นค่าอุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

3.8 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ไปทดสอบกับน้ำทิ้งชุมชนใกล้โรงงาน จ.สมุทรสาคร

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งใกล้โรงงาน จ.สมุทรสาคร มีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น มีตะกอนแขวนลอยปานกลาง เมื่อนำน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 200 มิลลิลิตรมาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาร์บอนี่เบี่ย สนสองใบ สนสามใบ สนโอโศคาร์ปา และสนเตยุมมาณี เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิดกัน โดยตั้งทิ้งไว้ 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 9 และFigure 12



**Figure 12** Comparative activated carbon from Pinus spp. utilization with EM and waste water in near factory in Samutsakorn prornice

จากตารางผนวกที่ 9 พบว่า

3.8.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งชุมชนในภษาที่ไม่มีถ่านกัมมันต์และมีถ่านกัมมันต์เหมือนกัน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง สีของน้ำทิ้งในภษาที่มีถ่านกัมมันต์ของสนทั้ง 5 ชนิดจะเป็นสีเหลืองอ่อนและเหลืองอ่อนมาก ตามลำดับ ตามระยะเวลาที่นานขึ้น แต่สำหรับภษาที่ไม่มีถ่านสีของน้ำจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อตั้งทิ้งไว้ แสดงว่าถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดสามารถดูดซับสีได้

3.8.2 ลักษณะของกลิ่น น้ำทิ้งชุมชนไม่มีกลิ่นในทุภษาขณะ

3.8.3 ลักษณะของความขุ่น น้ำทิ้งชุมชนในภษาที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีตะกอนแขวนลอยปานกลาง เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจะมีตะกอนและตะไคร่ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงจะเริ่มมีตะกอนนอนก้นเล็กน้อย สำหรับน้ำทิ้งชุมชนในภษาที่มีถ่านกัมมันต์ทั้ง 5 ชนิดจะมีตะกอนและผงถ่านแขวนลอย และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง ผงถ่านจะตกตะกอนและนอนก้น แสดงว่าถ่านกัมมันต์ช่วยให้ตะกอนนอนก้นได้ง่ายและเร็วขึ้น เนื่องจากผงถ่านไปดูดซับตะกอนไว้และตกลงสู่ก้นภษา

3.8.4 ลักษณะ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งชุมชนในทุภษาขณะมีค่าเท่ากับ 7.7 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง pH อยู่ระหว่าง 7.4-8.2

3.8.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในภษาขณะที่ทำการศึกษาทั้ง 6 ภษาขณะที่วัดได้นั้น เป็นค่าอุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

3.9 การนำถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ไปทดสอบกับน้ำทิ้งโรงงาน จังหวัดสมุทรสาคร

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งหน้าโรงงาน จ.สมุทรสาคร มีสีเหลืองอ่อน มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย มีตะไคร่สีเขียว มีกลิ่นที่พอรับได้ที่ระดับ 3 เมื่อนำน้ำทิ้งโรงงานจำนวน 200 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศูมานี และสนไอศคาร์ปา เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากไม้สนต่างชนิดกัน โดยตั้งทิ้งไว้ 0 , 24 และ 48 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 10 และFigure 13



**Figure 13** Comparative activated carbon from Pinus spp. utilization with EM and waste water in front of factory in Samutsakorn province

จากตารางผนวกที่ 10 พบว่า

3.9.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งโรงงานในภาคเหนือที่มีและไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองอ่อนเหมือนกัน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สีของน้ำทิ้งโรงงานในภาคเหนือที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะยังไม่เปลี่ยนแปลงคือมีสีเหลืองอ่อนดังเดิม แต่ในภาคเหนือที่มีถ่านกัมมันต์สีของน้ำทิ้งโรงงานจะจางลงไปเรื่อยๆจนใสแล้วแต่ชนิดของถ่านกัมมันต์ โดยในภาคเหนือที่มีถ่านกัมมันต์จากสนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศูมานี และสนไอศคาร์ปา เมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง จะมีสีเหลืองอ่อนเกือบใส

3.9.2 ลักษณะของกลิ่น น้ำทิ้งโรงงานในภาคเหนือที่มีและไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีกลิ่นที่พอรับได้ที่ระดับ 3 แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในภาคเหนือที่ไม่มีถ่านกัมมันต์กลิ่นน้ำทิ้งจะลดลงเหลือที่ระดับ 1 คือ กลิ่นอ่อนมาก แต่ในภาคเหนือที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด น้ำทิ้งจะไม่มีกลิ่นเลย แสดงว่าถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด สามารถดูดซับกลิ่นได้ดี

3.9.3 ลักษณะของความขุ่น น้ำทิ้งโรงงานในภาคเหนือที่มีและไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อยและมีตะไคร่ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในภาคเหนือที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีตะกอนแขวนลอย แต่ในภาคเหนือที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะมีผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ในภาคเหนือที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีตะไคร่จับที่ผิวน้ำและนอนก้น ส่วนในภาคเหนือที่มีถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดมีตะกอนแขวนลอยและนอนก้น จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จะดูดซับตะกอนแล้วตกลงสู่ก้นภาชนะ

3.9.4 ลักษณะค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งโรงงานในทุกภาคเหนือมีค่าเท่ากับ 7.4 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 และ 48 ชั่วโมง pH จะอยู่ระหว่าง 7.4-8.6

3.9.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้งโรงงาน ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งโรงงานที่ทำการศึกษาทั้ง 6 ภาคเหนือที่วัดได้นั้น เป็นค่าอุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

### 3.10 การนำถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด มาทดสอบกับน้ำทิ้งหน้าบริษัท จ.ลพบุรี

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งหน้าบริษัท จ.ลพบุรี มีสีเขียวเหลือง มีฟองที่ผิวน้ำ มีลวดน้ำ มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย ไม่มีกลิ่น เมื่อนำน้ำทิ้งหน้าบริษัท จำนวน 200 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านจากไม้สนคาร์บอนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนมาณี และสนโอโศคาร์ปา เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านจากไม้สนต่างชนิดกัน โดยตั้งทิ้งไว้ 0 , 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 11 และFigure 14



**Figure 14** Comparative charcoal from Pinus spp. utilization with EM and waste water near factory in Samutsakorn Province

จากตารางผนวกที่ 11 พบว่า

3.10.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งหน้าบริษัทในภาวะที่มีและไม่มีถ่านจะมีสีเขียวเหลืองเหมือนกัน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในภาวะที่ไม่มีถ่านสีน้ำทิ้งจะยังคงมีสีเขียวเหลืองเหมือนเดิม แต่ในภาวะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด น้ำทิ้งจะมีสีจางลงโดยในภาวะที่ใส่ถ่านจากคาร์บอนสองใบจะจางลงมากกว่าถ่านชนิดอื่น และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงในภาวะที่ไม่มีถ่านสีจางลงเล็กน้อย แต่ในภาวะที่มีถ่านจากสนทั้ง 5 ชนิด จะมีสีจางลงมากเป็นสีเหลืองอ่อนมากๆ และเมื่อตั้งทิ้งไว้ต่อไปจนถึง 72 ชั่วโมง ในภาวะที่มีถ่านสนสามใบน้ำทิ้งจะมีสีเหลืองเกือบใส ส่วนในถ่านชนิดอื่นจะมีสีเหลืองอ่อนมาก จะเห็นได้ว่าหากตั้งทิ้งไว้ต่อไปอีกน้ำทิ้งในภาวะที่มีถ่านสนสามใบอาจจะใสไม่มีสีได้

3.10.2 ลักษณะของกลิ่น น้ำทิ้งหน้าบริษัทไม่มีกลิ่นในทุกภาวะ

3.10.3 ลักษณะความขุ่น น้ำทิ้งหน้าบริษัทในภาวะที่ไม่มีถ่านมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย แต่ในภาวะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะมีผงถ่านแขวนลอยและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง ในภาวะที่ไม่มีถ่านน้ำทิ้งจะมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย แต่ในภาวะที่มีถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะมีผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน

3.10.4 ลักษณะค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) pH ของน้ำทิ้งหน้าบริษัทในทุกภาวะมีค่าเท่ากับ 7.4 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง pH อยู่ระหว่าง 6.9-7.9

3.10.5 คุณภูมิของน้ำทิ้งโรงงาน ค่าคุณภูมิน้ำทิ้งในภาวะที่ทำการศึกษาทั้ง 6 ภาวะที่วัดได้นั้นเป็นค่าคุณภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง

3.11 การหาปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำทิ้งชุมชน และในน้ำทิ้งชุมชนที่ได้รับการบำบัดด้วยถ่านไม้สนคาร์บอนแล้ว โดยนำน้ำทิ้งชุมชน จำนวน 50 มิลลิลิตร มาวัดหาปริมาณสารปนเปื้อน เช่น  $Cl^-$  ,  $SO_4^-$  ,  $PO_4^{2+}$  ,  $Na^+$  ,  $NH_4$  ,  $K$  ,  $Mg$  ,  $Ca$  , TP , ความเป็นกรด-ด่าง , การนำไฟฟ้า และความเค็มแล้วนำไปใส่ถ่านจากไม้สนคาร์บอน จำนวน 2 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และบันทึกค่าต่างๆ ดังตารางที่ 2 (Table2)



Table 2 Volume of contaminant in waste water with charcoal of *Pinus caribaea*

	Waste water from community	Waste water with charcoal from <i>Pinus caribaea</i>
pH	6.89	
Conductivity	11.59	
Salinity	0.5	
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	60.28	65.84
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	3.16
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	73.22	80.00
PO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (mg/l)	5.44	5.95
Na <sup>+</sup> (mg/l)	51.87	56.89
NH <sub>4</sub> (mg/l)	35.82	15.73
K (mg/l)	13.05	25.21
Mg (mg/l)	8.17	7.95
Ca (mg/l)	34.63	29.89
TP (mg/l)	2.64	2.61

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่า น้ำเสียชุมชนประกอบด้วยสารปนเปื้อนหลายชนิด เช่น Cl<sup>-</sup> , NO<sub>3</sub><sup>-</sup> , SO<sub>4</sub><sup>-</sup> , PO<sub>4</sub><sup>2+</sup> , Na<sup>+</sup> , NH<sub>4</sub> , K , Mg , Ca และ TP โดยเมื่อใส่ถ่านสนคาริเบียเพื่อบำบัดน้ำเสีย พบว่า ถ่านสนคาริเบีย 2 กรัม สามารถดูดซับแอมโมเนีย(NH<sub>4</sub>) ได้มากถึง 20.09 มิลลิกรัม ดูดซับแคลเซียม(Ca)ได้ 4.74 มิลลิกรัม ดูดซับแมกนีเซียม(Mg) ได้ 0.24 มิลลิกรัม และดูดซับ TP ได้ 0.03 มิลลิกรัม สำหรับการเลือกนำถ่านสนคาริเบียไปบำบัดน้ำเสียชุมชนนั้น ถ่านสนคาริเบีย 1 กรัม สามารถดูดซับ แอมโมเนียได้มากถึง 10.045 มิลลิกรัม ดูดซับแคลเซียมได้ 2.37 มิลลิกรัม

3.12 การหาค่า DO ในน้ำทิ้งหน้าบริษัท และในน้ำทิ้งหน้าบริษัทที่ได้รับการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งหน้าบริษัทมีสีเขียว มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย โดยนำน้ำทิ้งหน้าบริษัทจำนวน 50 มิลลิลิตร มาวัดค่า pH อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ความเค็ม และค่า DO แล้วนำถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนเทศุนูมานี และสนโอโอคาร์ปา จำนวน 2 กรัม ใส่ลงไปในขวดแล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง บันทึกค่าต่างๆ ปรากฏผลดัง Table 3

Table 3 Dissolved Oxygen (DO) of waste water with activated carbon of *Pinus caribaea*

	T (°C)	pH	Conductivity(μs)	Salinity	DO
Waste water	23.4	6.90	532	0.3	4.93
Waste water with Activated carbon from <i>Pinus caribaea</i>	23.7	6.81	456.5	0.2	5.68
Waste water with Activated carbon from <i>Pinus merkusii</i>	24.2	6.84	479.9	0.2	5.02
Waste water with Activated carbon from <i>Pinus kesiya</i>	24.0	6.9	446.8	0.2	5.01
Waste water with Activated carbon from <i>Pinus oocarpa</i>	24.0	6.96	466.1	0.2	4.96
Waste water with Activated carbon from <i>Pinus patula ssp. tecunumani</i>	24.2	6.98	421.5	0.2	5.10

จาก Thable 3 จะเห็นได้ว่า

3.12.1 ลักษณะความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้งหน้าบริษัทในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 6.81 – 6.98 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ pH ของน้ำทิ้งที่ไม่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดที่มีค่าเท่ากับ 6.90 แสดงว่า ถ่านกัมมันต์ไม่ค่อยมีผล ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

3.12.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด จะมีค่าอยู่ระหว่าง 421.5–479.9 μs ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในหลอดที่ไม่ใส่ถ่านกัมมันต์

3.12.3 ค่าความเค็มของน้ำทิ้งในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ppt ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหลอดที่ไม่ใส่ถ่านกัมมันต์เพียงเล็กน้อย

3.12.4 ค่า DO ของน้ำทิ้งในหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนโอโศคาร์ปา และสนแทคคูนูมานี มีค่าเท่ากับ 5.68 , 5.02 , 5.01 , 4.96 และ 5.10 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าหลอดที่ไม่ใส่ถ่านกัมมันต์ และจะเห็นได้ว่าหลอดที่ใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย จะมีค่า DO เพิ่มขึ้นมากที่สุด การที่ DO มีค่ามากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากมีสาหร่ายสีเขียวที่สามารถสังเคราะห์แสงและให้ออกซิเจนแก่น้ำในขณะที่ทำการวัดค่า DO

## สรุปผล

### (Conclusion)

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้สน 5 ชนิด ได้แก่ สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนแทคคูนูมานี และสนโอโศคาร์ปา สามารถทำได้โดยนำไปเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิต่ำ บดย่อยคัดขนาด แล้วนำไปเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่มีสเปร์รียน้ำอยู่ภายในเตา แล้วนำมาล้างออกหลายๆ ครั้ง ฟึ่งหรืออบจนแห้ง จนได้ถ่านกัมมันต์

2. ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนสองใบ สนสามใบ สนแทคคูนูมานี และสนโอโศคาร์ปา มีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 412 , 389 , 370 , 400 , และ 380 มิลลิกรัมตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าไอโอดีนของถ่านประมาณ 2-3 เท่า

3. การดูดซับสี กลิ่น และสารปนเปื้อนของถ่านกัมมันต์ และถ่านจากไม้สน 5 ชนิด

3.1 น้ำสีสังเคราะห์ จำนวน 20 มิลลิลิตร ควรใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบ ปริมาณ 1 กรัม น้ำจะใสภายใน 6 ชั่วโมง ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบีย สนแทคคูนูมานี และสนโอโศคาร์ปา ควรใส่ปริมาณ 2 กรัม น้ำใสภายใน 6 ชั่วโมง สำหรับถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบให้ใส่ปริมาณ 2 กรัม น้ำจะใสภายใน 24 ชั่วโมง

3.2 น้ำทิ้งจากชุมชนคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 มิลลิลิตร ควรใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสองใบในปริมาณ 2 กรัม จะทำให้น้ำใสไม่มีสีและกลิ่น ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโศคาร์ปาควรใช้ในปริมาณ 3 กรัม จะทำให้น้ำใสไม่มีสีและกลิ่น

3.3 น้ำทิ้งหน้าโรงแรมจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 มิลลิลิตร ควรใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้สนสามใบในปริมาณ 1 กรัม จะทำให้น้ำใสภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้สนโอโศคาร์ปาควรใช้ปริมาณ 3 กรัม น้ำจะใสได้ต้องใช้เวลามากกว่า 48 ชั่วโมง ส่วนกลิ่นจะลดลงเมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

3.4 ถ่านกัมมันต์จากไม้สน ทั้ง 5 ชนิด สามารถดูดซับสีได้ดีกว่าน้ำ EM

3.5 น้ำทิ้งชุมชนที่มีกลิ่นแรงมาก จำนวน 200 มิลลิลิตร ควรใช้ถ่านจากไม้สนสามใบ และถ่านจากไม้สนโอโศคาร์ปา ปริมาณ 8 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง น้ำทิ้งจะใสไม่มีสีและกลิ่น

3.6 น้ำทิ้งชุมชนพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี จำนวน 200 มิลลิลิตร ควรใช้ถ่านจากไม้สนสามใบ และถ่านจากไม้สนโอโศคาร์ปา ปริมาณ 8 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง น้ำจะใสไม่มีสี ซึ่งถ่านจากไม้สนจะดูดซับสีได้ดีกว่าน้ำ EM

3.7 น้ำทิ้งชุมชนเมือง จังหวัดสระบุรี จำนวน 200 มิลลิลิตร พบว่าถ่านจากไม้สนทั้ง 5 ชนิด สามารถดูดซับสีได้ดีกว่าน้ำ EM

3.8 น้ำทิ้งชุมชนใกล้โรงงาน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งมีสีอ่อนและไม่มีกลิ่น เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด จะช่วยให้ตะกอนนอนก้นได้ง่ายและเร็วขึ้น

3.9 น้ำทิ้งโรงงาน จังหวัดสมุทรสาคร มีสีเหลืองอ่อน และมีกลิ่นที่ระดับ 3 เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สน ทั้ง 5 ชนิด ลงไปในน้ำทิ้งจะช่วยให้กลิ่นหายไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และสีเกือบใสภายใน 48 ชั่วโมง

3.10 น้ำทิ้งหน้าบริษัท จังหวัดลพบุรี มีสีเขียวเหลือง มีฟองที่ผิวน้ำ มีตะกอนแขวนลอย เมื่อใส่ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิดลงไป สีของน้ำทิ้งจะอ่อนลงจนเกือบใส ภายใน 72 ชั่วโมง

3.11 ถ่านสนคาริเบีย จำนวน 1 กรัม สามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ โดยดูดซับแอมโมเนีย ได้มากถึง 10.045 มิลลิกรัม ดูดซับแคลเซียมได้ 2.37 มิลลิกรัม

3.12 ถ่านกัมมันต์จากไม้สนทั้ง 5 ชนิด ไม่ค่อยมีผลต่อการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้ง แต่มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งลดลง ค่าความเค็มลดลงเพียงเล็กน้อย สำหรับค่า DO จะเพิ่มขึ้น โดยหลอดที่ใส่ ถ่านกัมมันต์จากไม้สนคาริเบียจะมีค่า DO เพิ่มขึ้นมากที่สุด

#### 4. ข้อเสนอแนะ

4.1 ควรเพิ่มตัวอย่างในการศึกษาการดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำทิ้งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึง การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

### กิตติกรรมประกาศ

#### (Acknowledment)

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากศูนย์ วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวัฒนวิจัยอินทิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ที่ช่วยสนับสนุนวัสดุดิบและสถานที่ในการ ศึกษาวิจัย รวมถึงพนักงานและเจ้าหน้าที่ของศูนย์และสถาบันทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจน ดร. วาสิกา เศวตโยธิน ดร. สุธา อธิธิสุภรณ์รัตน์ และทีมงานจากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่ช่วยให้คำปรึกษา แนะนำในการศึกษาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน และพนักงานเจ้าหน้าที่ ฝ่ายทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ซึ่งข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือจากทุกท่านดังกล่าวข้างต้นเป็น อย่างดี จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

### (References)

- กรมควบคุมมลพิษ. 2556. คุณภาพน้ำการจัดการ. (ออนไลน์).[www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th). (วันที่ค้นหาข้อมูล 13 กันยายน 2556).
- กรมควบคุมมลพิษ. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์.วิธีตรวจวัดกลิ่น. (ออนไลน์).[www.pcd.go.th/info\\_serv/Datasmell/P3.htm](http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm).  
วันที่ค้นข้อมูล 30 สิงหาคม 2553
- คณิดา วัฒนะกิจ, ฉัตรชัย คงเดชอุดมกุล และภาณุ มงคลขจรศิลป์. 2540. การดูดซับโลหะหนักโดยใช้ ถ่านกัมมันต์จากกากเมล็ดกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 62 น.
- จิราภรณ์ ธรรมศรี. 2545-46. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม , มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชลชา ไกรวิฒนุสรณ์ และคณะ.2538. การผลิตถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย . วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , กรุงเทพฯ
- ภมรรัตน์ แยมจรัส วัชรพงษ์ วาระรัมย์ นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์ และ คณิดา ตั้งคณานุกรักษ์. 2553. การดูดซับ ซัลไฟด์ไฮไดรเจนในน้ำเสียด้วยถ่านรูปถั่วและถ่านกะลามะพร้าว. การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, กรุงเทพฯ.
- วิชัย ธรรมสาธิต และ เกษม ฉัตรมณีฤกษ์. 2534. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ , ทินกร พิริโยธา , มนต์สุดา นันทสิริพร , ฐิติภรณ์ บุญแย้ม และ ประภัสสร ภาคอรรด. 2550. ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ *Acacia crassicaarpa* . สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ ทินกร พิริโยธา ฐิติภรณ์ บุญแย้ม และชนะภัย ไอสถ. 2557. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- อภิสิทธิ์ เจริญกุล และนิพนธ์ พงษ์คำ. 2533. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

**ภาคผนวก**

ตารางผนวกที่ 1 การศึกษาการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกัันกับน้ำสีสังเคราะห์

เวลา (ชั่วโมง)	ชนิด ถ่านกัมมันต์	ลักษณะของน้ำสีสังเคราะห์											
		ถ่านกัมมันต์ 1 กรัม				ถ่านกัมมันต์ 2 กรัม				ถ่านกัมมันต์ 3 กรัม			
		สี	ความขุ่น	pH	T	สี	ความขุ่น	pH	T	สี	ความขุ่น	pH	T
0	-	ฟ้าใส	-	7.4	26.8	ฟ้าใส	-	7.5	28.6	ฟ้าใส	-	7.4	27.0
	สนคาริเบีย	ฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน			เทาฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน			เทาฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้า	"			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
	สนสองใบ	ฟ้าเทา	" ++			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
	สนสามใบ	ฟ้า	"			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้า	"			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
1	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน			เทาฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน			เทาฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้า	"			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
	สนสองใบ	ฟ้าเทา	" ++			เทาฟ้า	" +			เทาฟ้า	"		
	สนสามใบ	ฟ้า	"			เทาฟ้า	" +			เทาฟ้า	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้า	"			เทาฟ้า	"			เทาฟ้า	"		
2	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน			ฟ้าอ่อนมาก	-			ฟ้าอ่อน	แขวนลอยผงถ่าน		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้า	" +			ฟ้าอ่อน	-			ฟ้าอ่อน	"		
	สนสองใบ	ฟ้าเทา	" ++			ฟ้าอ่อน	แขวนลอยผงถ่าน			ฟ้า	"		
	สนสามใบ	ฟ้า	"			ฟ้าอ่อน	-			ฟ้า	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้า	"			ฟ้าอ่อน	แขวนลอยผงถ่าน			ฟ้า	"		
3	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้า	แขวนลอยผงถ่าน เล็กน้อย			ฟ้าอ่อนมาก	แขวนลอยผงถ่าน เล็กน้อย			ฟ้าอ่อน มาก	แขวนลอยผงถ่าน เล็กน้อย		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้า	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"		
	สนสองใบ	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้า	"			ฟ้า	"		
	สนสามใบ	ฟ้า	"			ฟ้าอ่อนมาก	"			ฟ้า	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้า	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้า	"		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) การศึกษาการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกักับน้ำสีสังเคราะห์

เวลา (ชั่วโมง)	ชนิด ถ่านกัมมันต์	ลักษณะของน้ำสีสังเคราะห์											
		ถ่านกัมมันต์ 1 กรัม				ถ่านกัมมันต์ 2 กรัม				ถ่านกัมมันต์ 3 กรัม			
		สี	ความขุ่น	pH	T	สี	ความขุ่น	pH	T	สี	ความขุ่น	pH	T
4	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้าอ่อน	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย			ฟ้า	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย			ฟ้าอ่อนมาก	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"			"	"		
	สนสองใบ	ฟ้าเทา	"			ฟ้า	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย			"	"		
	สนสามใบ	ฟ้าเทา	"			ฟ้า	"			"	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"			"	"		
5	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้าอ่อน	แขวนลอยผงถ่านน้อยมาก			ฟ้าอ่อนมาก	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย			ฟ้าอ่อนมาก	แขวนลอยผงถ่านเล็กน้อย		
	สนแทคูนูมานี	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อนมาก	"		
	สนสองใบ	เทาใส	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อนมาก	"		
	สนสามใบ	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อนมาก	"		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อน	"			ฟ้าอ่อนมาก	"		
6	-	ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-			ฟ้าใส	-		
	สนคาริเบีย	ฟ้าอ่อนมาก	-			ใส	-			ใส	-		
	สนแทคูนูมานี	เทาใส	-			ใส	-			ใส	-		
	สนสองใบ	ใส	-			ใส	-			ใส	-		
	สนสามใบ	ฟ้าอ่อนมาก	-			ฟ้าอ่อนมาก	-			ใส	-		
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้าอ่อน	-			ใส	-			ใส	-		
24	-	ฟ้าใส	-	7.7	24.6	ฟ้าใส	-	7.4	26.0	ฟ้าใส	-	7.3	
	สนคาริเบีย	ใส	-	7.1	24.0	ใส	-	7.4	26.0	ใส	-	7.3	
	สนแทคูนูมานี	ใส	-	7.1	23.9	ใส	-	7.4	25.6	ใส	-	7.4	
	สนสองใบ	ใส	-	7.5	23.8	ใส	-	7.4	25.5	ใส	-	7.2	
	สนสามใบ	ใส	-	7.5	23.7	ใส	-	7.4	25.5	ใส	-	7.2	
	สนโอโอคาร์ปา	ฟ้าอ่อนมาก	-	7.7	23.5	ใส	-	7.4	25.5	ใส	-	7.2	



ตารางผนวกที่ 2 การศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกับน้ำทิ้งจากคคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำทิ้ง : ถ่านกัมมันต์ (มล./กรัม)	ลักษณะของน้ำทิ้ง									
		ถ่านกัมมันต์สนไอโอบาริปา					ถ่านกัมมันต์สนสามใบ				
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T
0	20 : 0	เหลืองอ่อนใส	ระดับ5	ไม่มี	6.7	27.3	เหลืองอ่อนใส	ระดับ 5	ไม่มี	6.7	26.4
	20 : 1	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	ผงถ่านแขวนลอย, มีฟองอากาศ		
	20 : 2	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	" "		
	20 : 3	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	" "		
1	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		" ผงถ่านแขวนลอย			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
2	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอย			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		" +			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
3	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		" +			"		"		
	20 : 3	"		" +			"		"		
4	20 : 0	"		ไม่มี			เหลืองอ่อนใส		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
5	20 : 0	เหลืองอ่อนใส		ไม่มี			เหลืองอ่อนใส		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	เหลืองอ่อนมาก		"			"		"		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) การศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกักับน้ำทิ้งจากคคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำทิ้ง : ถ่านกัมมันต์ (มล./กรัม)	ลักษณะของน้ำทิ้ง									
		ถ่านกัมมันต์สนโอโศคาร์ปา					ถ่านกัมมันต์สนสามใบ				
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T
5	20 : 0	เหลืองอ่อนใส		ไม่มี			เหลืองอ่อนใส		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตะกอน			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยและ ตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		" "		
	20 : 3	เหลืองอ่อนมาก		"			"		" "		
6	20 : 0	เหลืองอ่อนใส		ไม่มี			เหลืองอ่อนใส		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยและ ตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		" "		
	20 : 3	ใส		ไม่มี			"		" "		
24	20 : 0	เหลืองอ่อนใส	ระดับ 4	ไม่มี	6.7	25.4	เหลืองอ่อนใส	ระดับ 4	ไม่มี	6.8	26.1
	20 : 1	เหลืองอ่อนมาก	ระดับ 1	"	6.9	25.4	เทาใส	ระดับ 1	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	6.9	25.6
	20 : 2	"	ไม่มี	"	6.9	25.4	ใส	ไม่มี	"	6.9	25.6
	20 : 3	ใส	ไม่มี	"	7.1	25.4	ใส	ไม่มี	"	7.0	25.4
48	20 : 0	เหลืองอ่อนใส	ระดับ 3	"	6.8	25.6	เหลืองอ่อนใส	ระดับ 3	ไม่มี	7.1	26.2
	20 : 1	เหลืองอ่อนมาก	ระดับ 1	"	7.0	25.5	เทาใส	ระดับ 1	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	7.2	25.8
	20 : 2	"	ไม่มี	"	7.1	25.4	ใส	ไม่มี	"	7.2	25.7
	20 : 3	ใส	ไม่มี	"	7.2	25.3	ใส	ไม่มี	"	7.2	26.0

ตารางผนวกที่ 3 การศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกันกับน้ำทิ้งจากหน้าโรงแรมศิรินาถ จังหวัดเชียงใหม่

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำทิ้ง : ถ่านกัมมันต์ (มล./กรัม)	ลักษณะของน้ำทิ้ง									
		ถ่านกัมมันต์สนโอโศคารีปา					ถ่านกัมมันต์สนสามใบ				
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T
0	20 : 0	เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.5	27.2	เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.9	27.2
	20 : 1	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	"		
	20 : 3	"	"	" (มีฟองอากาศ)			"	"	"		
1	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
2	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
3	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
4	20 : 0	"		ไม่มี			"		ไม่มี		
	20 : 1	"		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) การศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของถ่านกัมมันต์จากไม้สนปริมาณต่างกันกับน้ำทิ้งจากหน้าโรงแรมศิรินาถ จังหวัดเชียงใหม่

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำทิ้ง : ถ่านกัมมันต์ (มล./กรัม)	ลักษณะของน้ำทิ้ง									
		ถ่านกัมมันต์สนโอโศคาร์ปา					ถ่านกัมมันต์สนสามใบ				
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T
5	20 : 0	เหลืองใส		ไม่มี			เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.9	27.2
	20 : 1	เหลืองอ่อนใส		"			เทาใส	"	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย		
	20 : 2	"		"			"	"	"		
	20 : 3	"		"			"	"	"		
6	20 : 0	เหลืองใส		ไม่มี			เหลืองใส		ไม่มี		
	20 : 1	เหลืองอ่อนใส		"			เทาใส		ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย		
	20 : 2	"		"			"		"		
	20 : 3	"		"			"		"		
24	20 : 0	เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.9	26.2	เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.7	26.8
	20 : 1	เหลืองอ่อนใส	"	"	7.0	25.9	เทาใส	"	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อยมาก	6.8	27.0
	20 : 2	"	"	"	7.1	25.9	"	"	"	7.0	26.9
	20 : 3	เหลืองอ่อนมาก	"	"	7.2	25.8	"	"	"	7.1	26.4
48	20 : 0	เหลืองใส	ไม่มี	ไม่มี	6.9	26.0	"	ไม่มี	ไม่มี	7.1	25.8
	20 : 1	เหลืองอ่อนใส	"	"	7.2	25.9	ใส	"	"	6.9	26.2
	20 : 2	เหลืองอ่อนมาก	"	"	7.3	25.7	"	"	"	7.2	25.9
	20 : 3	"	"	"	7.4	25.4	"	"	"	7.3	25.9

ตารางผนวกที่ 4 การศึกษาการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากไม้สนและน้ำ EM (0.8 ml) กับน้ำสีสังเคราะห์ (20 ml)

เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะน้ำสีสังเคราะห์											
	น้ำ EM		ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย		ถ่านกัมมันต์สนสองใบ		ถ่านกัมมันต์สนสามใบ		ถ่านกัมมันต์สนโอโศคาริปา		ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	
	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น
0	ฟ้าน้ำตาลมึนกลืนเหม็น	ไม่มี	ฟ้า	ไม่มี	ฟ้า	ไม่มี	ฟ้า	ไม่มี	ฟ้า	ไม่มี	เทาฟ้า	ไม่มี
1	ฟ้าน้ำตาลอ่อนไม่มีกลิ่น	"	เทาฟ้า	ผงถ่านแขวนลอย มีฟองอากาศ	เทาฟ้า	ผงถ่านแขวนลอย มีฟองอากาศ	เทาฟ้า	ผงถ่านแขวนลอย มีฟองอากาศ	เทาฟ้า	ผงถ่านแขวนลอย มีฟองอากาศ	"	ผงถ่านแขวนลอย มีฟองอากาศ
2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	"	"	"	"	เทาฟ้า อ่อน	ผงถ่านแขวนลอย เล็กน้อย	"	"	เทาฟ้าอ่อน	"	"	"
4	"	"	"	"	"	ผงถ่านแขวนลอย และตกตะกอน	"	ผงถ่านแขวนลอย และตกตะกอน	"	"	"	"
5	"	"	"	"	ใส	"	"	"	ใส	ผงถ่านตกตะกอน	"	"
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
17	"	"	ฟ้าอ่อน มาก	ผงถ่านแขวนลอย และตกตะกอน	"	ไม่มี	ฟ้าอ่อน มาก	"	"	"	ฟ้าอ่อน มาก	ผงถ่านตกตะกอน
18	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
24	"	"	"	ถ่านตกตะกอน	"	"	"	ผงถ่านแขวนลอย เล็กน้อย	"	"	"	"

ตารางผนวกที่ 5 การศึกษาการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์จากไม้สนและน้ำ EM (2 ml) กับน้ำสีสังเคราะห์ (20 ml)

เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะน้ำสีสังเคราะห์											
	น้ำ EM		ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย		ถ่านกัมมันต์สนสองใบ		ถ่านกัมมันต์สนสามใบ		ถ่านกัมมันต์สนโอเคคาร์ปา		ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	
	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น	สี	ความขุ่น
0	ฟ้าน้ำตาล อ่อน	ไม่มี	ฟ้า	มีฟองอากาศมากที่ ถ่าน	ฟ้า	มีฟองอากาศ ปานกลางที่ถ่าน	ฟ้า	มีฟองอากาศ มากที่ถ่าน	ฟ้า	มีฟองอากาศปาน กลางที่ถ่าน	ฟ้า	มีฟองอากาศ ปานกลางที่ถ่าน
1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	"	"	ฟ้าใสขึ้น	"	ฟ้าใสขึ้น	"	ฟ้าใสขึ้น	"	"	"	ฟ้าใสขึ้น	"
4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"	"	"	"	" +	"	"	"	"	"	"	"
6	"	"	ฟ้าอ่อนใสขึ้น	"	ฟ้าอ่อน	"	ฟ้าอ่อน	ฟองอากาศ ปานกลาง	ฟ้าอ่อน	"	ฟ้าอ่อน	"
7	"	"	"	"	" +	"	"	"	" +	"	"	"
8	"	"	" +	"	" ++	"	" +	"	" ++	"	"	"
9	"	"	" +	"	ฟ้าอ่อนมาก	"	ฟ้าอ่อนมาก	"	" ++	"	"	"
10	"	"	ฟ้าอ่อนมาก	"	"	"	" +	"	"	ฟองอากาศน้อย	ฟ้าอ่อนมาก	"
11	"	"	"	"	ใส	"	ใส	ฟองอากาศ น้อย	"	"	"	ฟองอากาศ น้อย
12	"	"	" +	ถ่านตกตะกอน	"	"	"	"	"	"	"	"
13	"	"	" +	"	"	"	"	"	ฟ้าอ่อนมาก	"	"	"
22	"	"	ใส	"	"	ฟองอากาศ น้อยลง	"	"	"	"	ใส	"
23	"	"	"	"	"	ถ่านตกตะกอน	"	ถ่านตกตะกอน	"	"	"	"
24	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
48	"	"	"	"	"	"	"	"	ใส	"	"	"

ตารางผนวกที่ 6 การศึกษาการดูดซับของถ่านจากไม้สนและน้ำ EM กับน้ำทิ้งชุมชนในจังหวัดราชบุรี

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งชุมชน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	1	ไม่มี	บ่อน้ำทิ้งหน้าชุมชน มีหญ้า สัตว์น้ำเล็กน้อย	เทาดำ	ระดับ 5	มีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อย	7.3	31.7
	2	น้ำ EM	"	เทาน้ำตาลอ่อน			7.3	32.2
	3	ถ่านสนคาริเบีย	"	เทาน้ำตาล	ระดับ 3	มีผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	7.3	32.2
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	7.3	32.2
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.3	32.2
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.3	32.2
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	"	7.3	32.2
24	1	ไม่มี	มีตะกอนเหลืองอ่อนที่ผิวหน้า	เหลืองอ่อน	ไม่มี	มีตะกอนแขวนลอย	7.6	32.0
	2	น้ำ EM	มีตะกอนแขวนลอยในน้ำ ผิวหน้าและตะกอนนอนกัน	น้ำตาลเหลือง	"	ตะกอนจับตัวกันแน่นก้อนๆเล็กๆ สีน้ำตาลอ่อน	8.0	31.5
	3	ถ่านสนคาริเบีย	มีตะกอนแขวนลอยในน้ำ สีน้ำตาลและตกตะกอน	น้ำตาลอ่อน	"	ตะกอนนอนกัน	7.9	32.0
	4	ถ่านสนสองใบ	มีตะกอนแขวนลอยน้อยมาก	"	"	ตะกอนนอนกันสีน้ำตาลอ่อน	8.1	31.5
	5	ถ่านสนสามใบ	มีตะกอนแขวนลอย	น้ำตาลอ่อนใส	"	ตะกอนนอนกัน	7.9	31.6
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	มีตะกอนแขวนลอยและนอนกัน	น้ำตาลอ่อน	"	"	8.0	32.4
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	มีตะกอนแขวนลอย	น้ำตาลอ่อนใส	"	"	8.0	32.0
48	1	ไม่มี	มีตะกอนแขวนลอยในน้ำและผิวหน้า	น้ำตาลเหลืองอ่อน	ไม่มี	เล็กน้อย	8.0	31.3
	2	น้ำ EM	มีตะกอนจับด้านข้างและนอนกัน	"	"	ตะกอนจับเป็นก้อนสีน้ำตาลเหลือง	8.2	30.8
	3	ถ่านสนคาริเบีย	น้ำใสขึ้น ตะกอนจับข้างและนอนกัน	น้ำตาลอ่อนมากๆ	"	มีตะกอนนอนกัน	8.1	31.7
	4	ถ่านสนสองใบ	น้ำใสขึ้น ตะกอนนอนกัน	"	"	"	8.3	31.1
	5	ถ่านสนสามใบ	น้ำใส	ใส	"	"	8.1	31.5
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	ตะกอนจับด้านข้างและนอนกัน	น้ำตาลอ่อน	"	"	8.2	31.4
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	น้ำใส	ใส	"	"	8.3	31.3

ตารางผนวกที่ 7 การศึกษาการดูดซับของถ่านจากไม้สนและน้ำ EM กับน้ำทิ้งชุมชนพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งชุมชน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	1	ไม่มี	ขุ่นมีตะกอน	เหลืองเข้ม	ไม่มี	มีตะกอนแขวนลอย	7.7	29.5
	2	น้ำ EM	"	เหลืองเข้มมาก	"	"	7.7	28.3
	3	ถ่านสนคาริเบีย	"	เทาเหลือง	"	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	7.7	28.3
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	ผงถ่านแขวนลอยมาก	7.7	28.3
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.7	28.3
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	เหลืองเข้ม	"	ผงถ่านแขวนลอย	7.7	28.3
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	เทาเหลือง	"	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	7.7	28.3
24	1	ไม่มี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	ไม่มี	ตะกอนนอนก้น	8.1	23.2
	2	น้ำ EM	เหลืองเข้มใส	เหลืองเข้ม	"	"	8.1	23.4
	3	ถ่านสนคาริเบีย	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	"	ผงถ่านตกตะกอน	8.0	23.9
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	8.1	23.4
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	8.0	23.7
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	เหลืองเข้มใส	เหลืองเข้ม	"	"	8.0	24.0
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	"	"	8.0	24.0
48	1	ไม่มี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	ไม่มี	ผงถ่านตกตะกอน	8.1	26.0
	2	น้ำ EM	เหลืองเข้มใส	เหลืองเข้ม	"	"	8.2	27.0
	3	ถ่านสนคาริเบีย	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	"	"	8.0	26.6
	4	ถ่านสนสองใบ	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อนมาก	"	"	8.3	26.2
	5	ถ่านสนสามใบ	ใส	ใส	"	"	8.1	26.1
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	"	"	8.1	26.0
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	ใส	ใส	"	"	8.2	25.7



ตารางผนวกที่ 8 การทดสอบการดูดซับของถ่านจากไม้สนและน้ำ EM กับน้ำทิ้งชุมชนเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งชุมชน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	1	ไม่มี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	ระดับ 1	ไม่มี	7.0	31.7
	2	น้ำ EM	เหลืองเข้มใส	เหลืองเข้ม	"	"	7.0	31.2
	3	ถ่านสนคาริเบีย	เทาเหลืองเข้ม มีผงถ่านแขวนลอย	เทาเหลืองเข้ม	"	ผงถ่านแขวนลอย	7.0	31.2
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	7.0	31.2
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.0	31.2
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.0	31.2
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	"	7.0	31.2
24	1	ไม่มี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	ไม่มี	ไม่มี	7.5	24.3
	2	น้ำ EM	เหลืองเข้มใส	เหลืองเข้ม	"	มีตะกอนนอนก้นเล็กน้อย	7.9	24.3
	3	ถ่านสนคาริเบีย	เทาเหลืองอ่อนค่อนข้างใส	เทาเหลืองอ่อน	"	ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน	7.6	24.6
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	7.7	24.3
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.9	24.1
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.8	24.3
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	"	8.0	24.3
48	1	ไม่มี	เหลืองอ่อนใส	เหลืองอ่อน	ไม่มี	ไม่มี	7.5	28.6
	2	น้ำ EM	" +	"	"	"	7.9	28.6
	3	ถ่านสนคาริเบีย	ใสมีตะกอนเหลืองจับด้านข้างและตกตะกอน	ใส	"	"	7.5	28.4
	4	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	8.0	28.1
	5	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	8.0	27.9
	6	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	"	8.0	27.6
	7	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	"	8.2	27.5

ตารางผนวกที่ 9 การทดสอบการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากไม้สน กับน้ำทิ้งชุมชนใกล้โรงงาน จังหวัดสมุทรสาคร

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งชุมชน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	A	ไม่มี	น้ำกร่อยสีเหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน	ไม่มี	มีตะกอนแขวนลอยปานกลาง	7.7	29.5
	A1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	"	"	"	มีตะกอนและผงถ่านแขวนลอย	7.7	29.5
	A2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	7.7	29.5
	A3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	"	"	"	"	7.7	29.5
	A4	ถ่านกัมมันต์สนโอโकार์ปา	"	"	"	"	7.7	29.5
	A5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.7	29.5
24	A	ไม่มี	"	"	"	มีตะกอนนอนก้นเล็กน้อยและตะไคร่	8.2	26.9
	A1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	"	เหลืองอ่อน	"	มีตะกอนแขวนลอยและนอนก้นเล็กน้อย	7.4	27.5
	A2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	7.4	27.3
	A3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	"	"	"	"	7.5	27.5
	A4	ถ่านกัมมันต์สนโอโकार์ปา	"	"	"	"	7.6	27.7
	A5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.7	27.6
48	A	ไม่มี	"	เหลืองอ่อน	"	ตะกอนนอนก้นเล็กน้อย	8.2	24.6
	A1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	"	เหลืองอ่อนมาก	"	ผงถ่านแขวนลอยและนอนก้น	7.6	25.0
	A2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	7.5	25.2
	A3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	"	"	"	"	7.6	25.2
	A4	ถ่านกัมมันต์สนโอโकार์ปา	"	"	"	"	7.7	25.2
	A5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.8	25.2

ตารางผนวกที่ 10 การทดสอบการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากไม้สน กับน้ำทิ้งใกล้โรงงาน จังหวัดสมุทรสาคร

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งโรงงาน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	B	ไม่มี	น้ำทิ้งหน้าโรงงานสีเหลืองอ่อน มีตะกอนและตะไคร่เขียว	เหลืองอ่อน	ระดับ 3	ตะกอนแขวนลอยเล็กน้อยและมีตะไคร่	7.4	29.0
	B1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	"	"	"	"	7.4	29.0
	B2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	7.4	29.0
	B3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	"	"	"	"	7.4	29.0
	B4	ถ่านกัมมันต์สนไอโอคาร์ปา	"	"	"	"	7.4	29.0
	B5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.4	29.0
24	B	ไม่มี	"	"	ระดับ 1	ตะกอนแขวนลอย	8.2	26.4
	B1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	สีเหลืองอ่อนมาก มีตะไคร่เล็กน้อย	เหลืองอ่อนมาก	ไม่มี	ผงถ่านแขวนลอยเล็กน้อย	8.0	26.8
	B2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	8.0	26.8
	B3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	"	"	"	"	7.7	26.8
	B4	ถ่านกัมมันต์สนไอโอคาร์ปา	"	"	"	"	8.1	26.8
	B5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.8	26.7
48	B	ไม่มี	สีเหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน	"	มีตะไคร่นอนก้นและจับผิวหน้า	8.6	25.2
	B1	ถ่านกัมมันต์สนคาริเบีย	สีเหลืองอ่อนมากๆ เกือบใส	เหลืองอ่อนเกือบใส	"	ตะกอนแขวนลอยและนอนก้น	7.4	25.3
	B2	ถ่านกัมมันต์สนสองใบ	"	"	"	"	8.4	25.2
	B3	ถ่านกัมมันต์สนสามใบ	ใส	ใส	"	"	8.1	25.2
	B4	ถ่านกัมมันต์สนไอโอคาร์ปา	เหลืองอ่อนมากๆ เกือบใส	เหลืองอ่อนเกือบใส	"	"	8.4	25.3
	B5	ถ่านกัมมันต์สนแทคูนูมานี	"	"	"	"	8.3	25.4

ตารางผนวกที่ 11 การทดสอบการดูดซับของถ่านจากไม้สน กับน้ำทิ้งหน้าบริษัท จังหวัดลพบุรี

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง ที่	ตัวดูดซับ	ลักษณะของน้ำทิ้งชุมชน					
			ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T (°C)
0	1	ไม่มี	น้ำมีสีเขียวเหลืองมีฟองผิวน้ำ มีสัตว์น้ำ	เขียวเหลือง	ไม่มี	ตะกอนแขวนลอยเล็กน้อยและมีตะไคร่	7.4	28.7
	2	ถ่านสนคาริเบีย	"	"	"	"	7.4	28.7
	3	ถ่านสนสองใบ	"	"	"	"	7.4	28.7
	4	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.4	28.7
	5	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	"	7.4	28.7
	6	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	"	7.4	28.7
	7	น้ำกลั่น	ใสไม่มีสี	ใส	"	ไม่มี	5.0	28.8
	8	น้ำกลั่น+ถ่านสนคาริเบีย	"	ใส	"	ผงถ่านแขวนลอย	8.9	28.7
24	1	ไม่มี	น้ำมีสีเขียวเหลือง	เขียวเหลือง	"	ตะกอนแขวนลอย	7.3	23.5
	2	ถ่านสนคาริเบีย	"	เขียวเหลืองอ่อน มาก	"	ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน	6.7	23.5
	3	ถ่านสนสองใบ	"	เขียวเหลืองอ่อน	"	"	7.5	23.5
	4	ถ่านสนสามใบ	"	"	"	"	7.9	23.5
	5	ถ่านสนแทคูนูมานี	"	"	"	ผงถ่านแขวนลอย	7.1	23.5
	6	ถ่านสนโอโอคาร์ปา	"	"	"	ผงถ่านแขวนลอยและตกตะกอน	6.9	23.5
	7	น้ำกลั่น	ใสไม่มีสี	ใส	"	ไม่มี	5.2	23.5
	8	น้ำกลั่น+ถ่านสนคาริเบีย	"	ใส	"	ผงถ่านแขวนลอย	5.3	23.5

