สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การหาความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ(คราบน้ำมัน)โดยวัสดุดูดซับชีวภาพโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก

1.1 การหาความชื้นเริ่มต้นของวัสดุดูดซับชีวภาพ

ผลการทดลองพบว่าใบสนมีค่าปริมาณความชื้นสูงสุด คือ 2.1% ในขณะที่เส้นผมและแกลบ มีค่าปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน คือ 1.91% และ 1.67 % ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 12 ซึ่งการที่แกลบมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าใบสนนั้นสามารถเนื่องมาจากโครงสร้างของแกลบประกอบด้วยชั้นของซิลิกา (opaline silica) อยู่ที่ผิวของแกลบร่วมกับการมีชั้นของ cutin และ wax ที่ประกอบกันเป็น biopolyester ที่สามารถป้องกันความชื้นได้ดี (Olivier, 2004) จึงทำให้มีความชื้นที่น้อยกว่าใบสนซึ่งมีองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสและเส้นใยที่สามารถดูดความชื้นได้ดี สำหรับเส้นผมนั้นมีองค์ประกอบหลักคือโปรตีน ประกอบกับภายนอกของเส้นผมมีการเคลือบด้วยน้ำมันด้วยที่สร้างขึ้นจากต่อมไขมันที่หนังศีรษะ ซึ่งทำให้เส้นผมไม่มีความสามารถในการดูดซับน้ำจึงทำให้เส้นผมมีค่าความชื้นต่ำ

1.2 การหาความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุดูดซับชีวภาพ

จากการทดลองการหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุทั้งสามที่อุณหภูมิ 20 25 และ 30 ^{o}C พบว่าเส้นผมและแกลบให้หาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าใบสนในทุกอุณหภูมิทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล โดยที่แกลบให้ค่าการดูดซับอยู่ในช่วง 2.79 - 2.96 g water / g sorbent (เฉลี่ย 2.882) เส้นผม 2.89 – 3.19 g water / g sorbent (เฉลี่ย 2.882) และ ใบสน 2.14 – 3.37 g water / g sorbent (เฉลี่ย 2.25) ในน้ำจืด และแกลบให้ค่าการดูดซับอยู่ในช่วง 1.93 - 2.15 g water / g sorbent (เฉลี่ย 2.05) เส้นผม 2.05 - 2.23 g water / g sorbent (เฉลี่ย 2.15) และ ใบสน 1.50 – 1.65 g water / g sorbent (เฉลี่ย 1.57) ในน้ำทะเล ดังแสดงในตารางที่ 4-5 และภาพที่ 13-14

อย่างไรก็ตามพบว่าผลการทดลองในการดูดซับน้ำไม่สอดคล้องกับผลของค่าปริมาณความชื้น รวมถึงความไม่สอดคล้องกับโครงสร้างและองค์ประกอบของวัสดุแต่ละชนิด แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการทดลองไม่ใช่ค่าการดูดซับน้ำที่แท้จริงของวัสดุแต่เป็นค่าการดูดซับน้ำร่วมกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ

(Water Holding Capacity: WHC) ซึ่งในวิธีการทดลองในงานวิจัยนี้ไม่ได้กำจัดน้ำที่ถูกจับอยู่ภายนอก (bounding water) ของวัสดุดูดซับ (ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุนั่นเอง) ก่อนทำการหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่แท้จริงของวัสดุที่สามารถทำโดยใช้วิธีการปั่นเหวี่ยงในความเร็วรอบสูงๆ ประมาณ 2000-6000 g นาน 15 – 20 นาทีโดยที่ความเร็วรอบและระยะเวลานั้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ (Ramanzim และคณะ 1994, Robertson และ Eastwood 1981) ดังนั้นจึงทำให้ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับค่าความชื้นของวัสดุนั่นเอง

จากผลการทดลองพบว่าแกลบและเส้นผมมีค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำ (ค่าการอุ้มน้ำและค่าการดูดซับน้ำ) ที่สูงกว่าใบสน ซึ่งเมื่อตรวจสอบเอกสารงานวิจัยย้อนกลับพบว่าแกลบเป็นวัสดุธรรมชาติมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีและนิยมใช้ในการปรับสภาพของดินให้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและเหมาะสมกับการเพาะปลูกมากขึ้น (Olivier, 2004, Bharadwaj และ Agarwal, 2009 และ Yamanaka และคณะ 2000) จึงทำให้ค่าจากการทดลองที่ได้ของแกลบจึงมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเส้นผมและใบสน

เมื่อเทียบค่าค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำที่ได้ระหว่างเส้นผมกับใบสนจะพบว่าเส้นผมให้ค่าที่สูงกว่าใบสนทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเลที่ทุกอุณหภูมิ ในกรณีนี้น่าจะเป็นเช่นเดียวกันกับแกลบ เพราะโครงสร้างของเส้นผมไม่เหมาะสมในการดูดซับน้ำแต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการทดลองที่มีค่าสูงนั้นน่าจะเป็นค่าที่ได้จากความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นผมร่วมกับค่าการดูดซับ ที่เกิดขึ้นเพราะเส้นผมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 17-181 μm (Elert.G, 2009) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าและมีน้ำหนักเบากว่าใบสนมาก จึงทำให้เส้นผมมีพื้นที่ผิวที่มากกว่าใบสนในน้ำหนักที่เท่ากันซึ่งเป็นเหตุให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีจึงทำให้ค่าค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำที่ได้สูงกว่าใบสนนั่นเอง

1.3 การหาความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับชีวภาพ

ผลการทดลองหาความสามารถในการดูดซับน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลของวัสดุดูดซับธรรมชาติโดยให้วัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดดูดซับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิ 20°C, 25°C และ 30°C พบว่าอุณหภูมิส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อการเพิ่มขึ้นของการเก็บกักน้ำมันวัสดุของวัสดุ (การอุ้มน้ำมันและค่าการดูดซับน้ำมัน) และพบว่าวัสดุทั้งสามชนิดสามารถเก็บกักน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าน้ำมันเบนซิน โดยที่แกลบมีความสามารถในการเก็บกัก

น้ำมันเบนซินในช่วง 0.83 - 0.95 g benzene / g sorbent (เฉลี่ย 0.87) ในขณะที่เส้นผมและ ใบสนมีความสามารถในการเก็บกักน้ำมันเบนซินในช่วง 1.35 – 1.52 g benzene / g sorbent (เฉลี่ย 1.44) 0.70 – 0.74 g benzene / g sorbent (เฉลี่ย 0.72) ตามลำดับ

สำหรับในน้ำมันดีเซลแกลบมีความสามารถในการเก็บกักน้ำมันดีเซลในช่วงอยู่ในช่วง 1.27 - 1.72 g diesel / g sorbent (เฉลี่ย 1.55) ในขณะที่เส้นผมและใบสนมีความสามารถในการเก็บกักน้ำมันดีเซลในช่วงอยู่ในช่วง 2.46 - 3.03 g diesel / g sorbent (เฉลี่ย 2.69) และ 1.08 – 1.40 g water / g sorbent (เฉลี่ย 1.25) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิต่างๆของวัสดุดูดซับทั้ง 3 ชนิดแสดงดังตารางที่ 6 - 7 และภาพที่ 15 – 16

จากผลการทดลองพบว่าที่วัสดุทั้ง 3 ชนิดสามารถเก็บกักน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าน้ำมันเบนซินนั้นอาจเกิดจากการที่น้ำมันเบนซินมีความสามารถในการระเหยได้ดีกว่าน้ำมันดีเซล (น้ำมันเบนซินมีจุดเดือดอยู่ที่ 40 -180 ^{o}C ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีจุดเดือดอยู่ที่ 230 - 305 ^{o}C) ประกอบกับวิธีการหาค่าความสามารในการเก็บกักน้ำมันจำเป็นต้องใช้การชั่งน้ำหนัก ดังนั้นจึงส่งผลให้น้ำหนักของน้ำมันเบนซินที่ชั่งได้มีค่าน้อยกว่านำหนักของน้ำมันดีเซล ซึ่งทำให้ดูเสมือนกับว่าวัสดุสามารถดูดซับน้ำมันดีเซลได้ดีกว่านั่นเอง

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บกักน้ำมันของวัสดุทั้ง 3 ชนิดพบว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เส้นผมให้ค่าการเก็บกักน้ำมันสูงที่สุดในขณะที่แกลบและใบสนให้ค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำมันได้รองลงมาตามลำดับ

1.4 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักน้ำและน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำจืดและน้ำทะเลของวัสดุดูดซับชีวภาพ

ผลศึกษาความสามารถในการเก็บกักน้ำและน้ำมันเบนซีน / ดีเซลที่ปนเปื้อนในน้ำจืดและน้ำทะเลด้วยวัสดุชีวภาพที่อุณหภูมิ 20°C , 25°C และ 30°C ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 – 11 และภาพที่ 17 - 20 ตามลำดับ พบว่าความสามารถในการเก็บกักน้ำ-น้ำมันเบนซิน / ดีเซล ของวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 1.19 - 2.87 g oil / g sorbent โดยพบว่าอุณหภูมิส่งผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำและน้ำมันในวัสดุทั้ง 3 ชนิดเล็กน้อยคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการเก็บกักน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิด

ของน้ำมันพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในเบื้องต้นคือวัสดุทั้ง 3 ชนิดสามารถเก็บกักน้ำและน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าน้ำและน้ำมันเบนซิน

สิ่งที่น่าสนใจคือความสามารถในการเก็บกักของวัสดุทั้ง 3 ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการเก็บกัก น้ำ-น้ำมัน กับค่าความสามารถในการเก็บกัก น้ำจืด หรือ น้ำทะเล เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่น้ำมันที่อลยอยู่บนผิวกหน้าของน้ำเข้าไปเคลือบอยู่โดยรอบวัสดุ หรือฉาบอยู่ที่ผิวภายนอกวัสดุในลักษณะแผ่นฟิล์มบางที่สามารถป้องกันการซึมของน้ำเข้าในเนื้อของวัสดุได้ (เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้วในขณะน้ำเป็นสารประกอบที่มีขั้ว) ทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุลดลงจึงส่งผลให้ค่าความสามารถการเก็บกักโดยรวมของวัสดุลดลงด้วย

2. **การหาความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของวัสดุดูดซับชีวภาพโดยวิธี** Fat oil and Grease: Standard methods for the examination of water and wastewater method 5502)

สรุปผลการทดลองหาค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเบนซินและดีเซลของวัสดุชีวภาพในน้ำจืดและน้ำทะเลโดยวิธีมาตรฐานสามารถแสดงดังตารางที่ 15

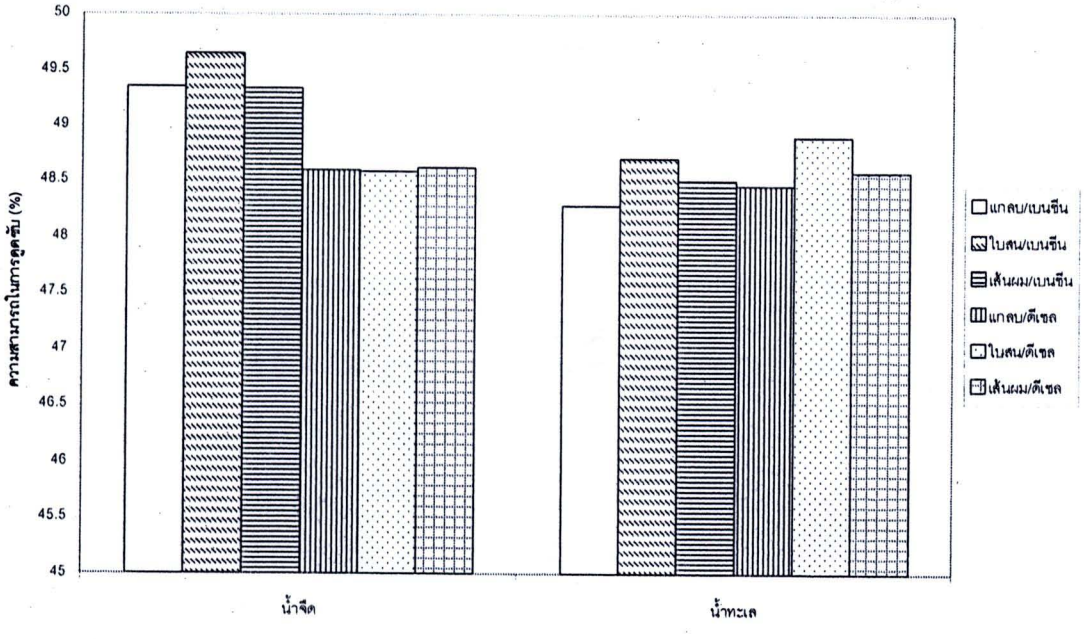
ตารางที่ 15: ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเบนซินและดีเซลของวัสดุทั้ง 3 ชนิดในน้ำจืดและน้ำทะเล

	แกลบ/เบนซิน/น้ำจืด	ในสน/เบนซิน/น้ำจืด	เส้นผม/เบนซิน/น้ำจืด	แกลบ/เบนซิน/น้ำทะเล	ใบสน/เบนซิน/น้ำทะเล	เส้นผม/เบนซิน/น้ำทะเล
	49.35	49.65	49.33	48.6	48.59	48.62
	แกลบ/ดีเซล/น้ำจืด	ใบสน/ดีเซล/น้ำจืด	เส้นผม/ดีเซล/น้ำจืด	แกลบ/ดีเซล/น้ำทะเล	แกลบ/ดีเซล/น้ำทะเล	แกลบ/ดีเซล/น้ำทะเล
	48.28	48.71	48.51	48.46	48.9	48.59
เฉลี่ย	48.82	49.18	48.92	48.53	48.75	48.62

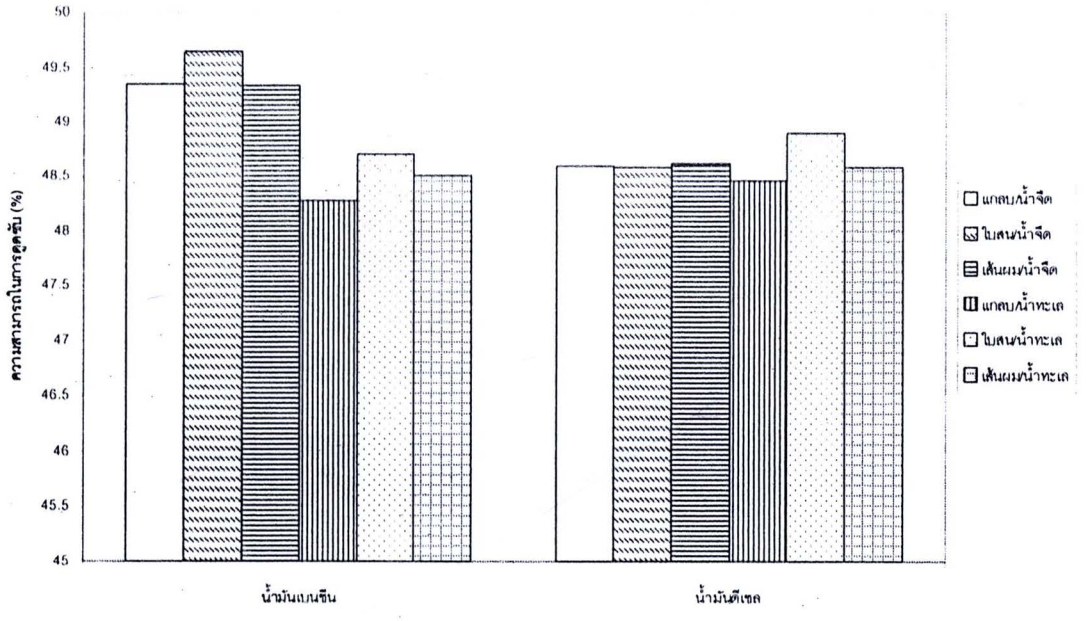
โดยพบว่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของวัสดุทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิต่างๆอยู่ในช่วงประมาณ 0.4804 – 0.5003 หรือ 48.04-50.03% (w/w) ดังแสดงในตารางที่ 12 และ 13 ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าโดยเฉลี่ยของการดูดซับทั้ง

3 อุณหภูมิพบว่าความสามารถในการดูดซับจะอยู่ในช่วง 48.28- 49.65 % (w/w) นอกจากนั้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันในน้ำจืดได้ดีกว่าในน้ำทะเล โดยค่าการดูดซับคราบน้ำมันในน้ำจืดมีค่าความสามารถในการดูดซับต่ำสุดอยู่ที่49.08 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 49.44 % (w/w) ตามลำดับ สำหรับค่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันในน้ำทะลจะมีค่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันต่ำสุดอยู่ที่ 48.50 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 48.65% (w/w) ดังแสดงในตารางที่ 12 และ 13 และเมื่อนำค่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันทั้ง 2 ชนิดในน้ำจืดและน้ำทะเลมาหาค่าการดูดซับเฉลี่ยพบว่าใบสนให้ค่าการดูดซับคราบน้ำมันเฉลี่ยสูงที่สุดคือ สามารถดูดซับคราบน้ำมันในน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลได้ 49.18 และ 48.75 % (w/w) ในขณะที่เส้นผมและแกลบให้ค่าการดูดซับที่รองลงมาตามลำดับ โดยที่เส้นผมให้ค่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเฉลี่ยในน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซละ 48.92 และ 48.62 % (w/w) และแกลบ ให้ค่าความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเฉลี่ย 48.82 และ 48.53 % (w/w) ดังแสดงในตารางที่ 15

เมื่อเปรียบเทียบค่าการถูกดูดซับของชนิดน้ำมัน (เบนซิน/ดีเซล) พบว่าค่าการถูกดูดซับของน้ำมันเบนซินมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซับถูกดูดซับได้ดีกว่าน้ำมันดีเซลซึ่งผลการทดลองสามารถแสดงดังภาพที่ 22 และ 23



ภาพที่ 22: เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับ(%) น้ำมันในน้ำจืดและน้ำทะเล



ภาพที่ 23: เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับ (%) น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล

3. การทดสอบความสามารถในการควบคุมการขยายตัวของคราบน้ำมันโดยใช้ทุ่นลอยที่ทำจากวัสดุดูดซับชีวภาพ

การทดสอบความสามารถในการควบคุมคราบน้ำมันเบนซินและดีเซลในน้ำจืดและน้ำทะเลโดยทุ่นลอยที่ทำจากวัสดุดูดซับชีวภาพพบว่าทุ่นลอยทั้ง 3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 21 พบว่าทุ่นลอยสามารถควบคุมการแพร่ขยายของน้ำมันเบนซินได้ดีทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล โดยสามารถควบคุมการแพร่ขยายของคราบน้ำมันนานถึงประมาณ 20-30 นาทีก่อนจะพบคราบน้ำมันภายนอกวงล้อมของทุ่นลอย แต่เมื่อนำมาทดสอบการควบคุมคราบน้ำมันดีเซลกลับพบว่าทุ่นลอยสามารถควบคุมคราบน้ำมันได้ประมาณ 5-10 ก่อนพบคราบน้ำมันดีเซลภายนอกวงล้อมของทุ่นลอย ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการเก็บกักคราบน้ำมันที่พบว่าวัสดุมีคามสามารถในการเก็บกักน้ำมันเบนซินได้ดีกว่าน้ำมันดีเซล

ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองควรในระบบที่ปิดทั้งนี้ไอน้ำมันมีผลกระทบต่อสุขภาพผู้ทำการทดลอง

2. การทดลองยังไม่ครอบคลุมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมัน

3. ควรคำนึงถึงอัตราการระเหยของน้ำมันแต่ละชนิดในแต่ละอุณหภูมิ

4. สิ่งที่นำมาเก็บกักคราบน้ำมันควรมีพื้นที่ผิวมากเพื่อให้สามารถให้ค่าการเก็บกักน้ำมันที่ดี

5. วัสดุที่ใช้ในการดูดซับกรือเก็บกักคราบน้ำมันไม่ควรมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี เพราะจะส่งผลให้ค่าการดูดซับ/การเก็บกักน้ำมันที่ปนอยู่ในน้ำลดลง