

## รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

### 1. ความเป็นมาของโครงการ

จากภาวะที่ราคาน้ำมันดีเซลในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลกระทบต่อภาคขนส่งและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเร่งพัฒนาพลังงานทดแทน ดังนั้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 คณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติเห็นชอบในแผนปฏิบัติการการพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล รวมทั้งมีการตั้งเป้าหมายในการส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 10 ทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2555 คิดเป็นปริมาณ 8.5 ล้านลิตร/วัน โดยใช้ปาล์ม น้ำมันเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งปริมาณที่มียังไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงควรมีการศึกษาศักยภาพของวัตถุดิบอื่นๆ ควบคู่กันไปด้วย และเนื่องจากสบูดำก็เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้ จึงเป็นพืชที่ควรให้ความสนใจ แต่ยังคงขาดข้อมูลสนับสนุนในด้านการศึกษารลงทุนการผลิตอย่างครบวงจรในการผลิตเป็นไบโอดีเซลชุมชนเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของสบูดำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ร่วมมือกับโครงการเคยู-ไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อศึกษาและกำหนดรูปแบบการจัดการสบูดำเป็นเชื้อเพลิงอย่างครบวงจร เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้น้ำมันสบูดำเป็นเชื้อเพลิงอย่างครบวงจรต่อไป

### 2. วิธีดำเนินโครงการ

ในการดำเนินงานของโครงการตามขั้นตอน เป็นลำดับโครงการ ดังนี้

2.1 สสำรวจ รวบรวม และทบทวนข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ของสบูดำให้สมบูรณ์เพียงพอต่อการศึกษา ตลอดจนเครื่องมือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปสบูดำ และรูปแบบการจัดการสบูดำเป็นเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพและครบวงจร ทั้งในและต่างประเทศ

2.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของส่วนต่างๆ ของต้นสบูดำ เช่น ลำต้น ก้าน ใบ ยาง เมล็ด เป็นต้น และศึกษาศักยภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล และ/หรือกำหนดแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าอย่างเหมาะสม

2.3 วิเคราะห์ความเป็นพิษของสบูดำ ทดสอบกำจัดความเป็นพิษ และการนำพิษของสบูดำไปใช้ประโยชน์

2.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกผล และกากสบูดำที่ได้จากการสกัดน้ำมันสบูดำทั้งด้านคุณสมบัติการใช้เป็นเชื้อเพลิงและการใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดิน หรือการเพิ่มมูลค่าด้วยวิธีอื่นๆ และกำหนดแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่า

2.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันสบูดำกับวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ปาล์ม น้ำมัน ไข่ ปาล์ม เป็นต้น ตลอดจนวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

2.6 วิเคราะห์คุณสมบัติของ by-products ต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการใช้ต่างเป็นแรงปฏิกิริยา และกำหนดแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่า

2.7 กำหนดรูปแบบการจัดการสบูดำเป็นเชื้อเพลิงอย่างครบวงจร ตั้งแต่การปลูก การเก็บเกี่ยว จนถึง product และ byproduct ดังนี้

2.7.1 กรณี การใช้น้ำมันสบูดำโดยตรงในระดับชุมชน ควรมีขั้นตอนและข้อควรระวังอะไรบ้าง

2.7.2 กรณี การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำในระดับชุมชน

โดยทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 2 กรณี ข้างต้นเปรียบเทียบกับการใช้ดีเซล

2.8 ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำการสบูดำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

2.9 จัดทำเครื่องต้นแบบการผลิตกระดาษจากเปลือกสบูดำพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด โดยที่ปรึกษาจะต้องสาธิตการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวผลิตกระดาษฯ ด้วย

2.10 จัดประชุมสัมมนาวิชาการ เพื่อรับฟังความคิดเห็นและแถลงผลงานโครงการอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมไม่ต่ำกว่า 100 คน

2.11 จัดทำเอกสารแผ่นพับ เพื่อเผยแพร่โครงการ จำนวนอย่างน้อย 2,000 ฉบับ

### 3. ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานของโครงการ มีดังนี้

### 3.1 ผลการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของสมุนไพร และแนวทางการนำส่วนต่างๆ ไปใช้ประโยชน์

จำแนกตามแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.1.1 ลำต้นและกิ่งก้าน พบว่าไม้สมุนไพรที่มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซลลูโลสประมาณ 50% เฮมิเซลลูโลส 25% ลิกนิน 20% และสารแทรกอื่นๆ 5% จึงจัดเป็นไม้ที่มีเยื่อใยยาว

แนวทางการเพิ่มมูลค่าลำต้นและกิ่งไม้สมุนไพร มีอยู่ 3 แนวทาง คือ

- ผลิตกระดาษสาจากเปลือกไม้สมุนไพร เพราะเปลือกไม้สมุนไพรประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งจัดเป็นเส้นใยชนิดยาวมากกว่าชนิดสั้น จึงเหมาะสำหรับการทำกระดาษ
- ผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากปริมาณไฮโดรเซลลูโลสที่มีอยู่มาก เมื่อนำมาเผาในที่อับอากาศจะได้ควัน ซึ่งเมื่อควบแน่นจะได้เป็นน้ำส้มควันไม้ และของแข็งคือถ่าน
- ผลิตแผ่นไม้ประกอบ เช่นกันกับน้ำส้มควันไม้คือมีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสสูง จึงสามารถผลิตเป็นแผ่นไม้ประกอบที่ได้ตามมาตรฐาน มอก. 876-2547



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากลำต้นและกิ่งไม้สมุนไพร ก.) กระดาษสวยงาม ข.) ถ่าน ค.) แผ่นไม้ประกอบ

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาศักยภาพในการเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล พบว่าค่าความร้อนจากไม้สมุนไพร มีค่า 4,101 แคลอรีต่อกรัม กล่าวได้ว่าไม้สมุนไพร 2.88 กก. ให้ความร้อนเท่ากับก๊าซ LPG 1 กก.

3.1.2 ใบ พบว่าใบสมุนไพรประกอบด้วย สารเคมีจำพวก Apigenin, Vitexin, Isovitexin, Glycosides Vitexin, Stigmasterol เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้เป็นประโยชน์สำหรับการผลิตยารักษาโรคชนิดต่างๆ แนวทางการเพิ่มมูลค่าใบสมุนไพร มี 2 แนวทาง ได้แก่

- ไบโสบูดำใช้เลี้ยงไหมไอรี่ เพราะไบโสบูดำมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับใบสำปะหลัง แต่จากการทดลองพบว่าไหมของไทยไม่นิยมกินไบโสบูดำนัก
- สารสกัดจากไบโสบูดำมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคชนิด *Staphylococcus auricularis*, *Bacillus subtilis*, และ *Aeromonas hydrophila* ได้

3.1.3 น้ำยาง จากการศึกษาค้นพบว่าน้ำยางมีองค์ประกอบของสารเคอร์ซีทิน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้เลือดแข็งตัวเร็ว นอกจากนี้ยางสบูดำยังมีสารพิษฟอรับอล เอสเทอร์ ซึ่งหากสัมผัสผิวหนังจะเกิดอาการระคายเคือง บวมแดง ปวดแสบปวดร้อนอย่างรุนแรงได้

แนวทางการใช้ประโยชน์น้ำยางสบูดำ พบว่าสามารถใช้เป็นยาฆ่าหอนพยาธิ ใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด แก้ปวดฟัน ลื่นเป็นฝ้าขาวได้

3.1.4 เปลือกผลสบูดำ พบว่าประกอบด้วยเส้นใยเป็นจำนวนมาก สามารถกักน้ำได้ดี จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ธาตุอาหารหลักสำหรับพืช ที่มีอยู่ในเปลือกผล ไม่พบไนโตรเจน แต่พบฟอสฟอรัสอยู่ 0.4% และโพแทสเซียม 9.1% จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นปุ๋ย

แนวทางการเพิ่มมูลค่าเปลือกผล สามารถทำได้ 3 แนวทาง ได้แก่

- การใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนเปลือกผลคือ 3,801 แคลอรีต่อกรัม ก็คือ เปลือกผล 3.1 กก. ให้ความร้อนเท่ากับก๊าซ LPG 1 กก. จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านไม้ สำหรับเตาหุงต้มได้ ดังรูปที่ 2 ก.
- การใช้เปลือกผลเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง พบว่าเปลือกผลสบูดำเมื่อนำมาผสมกับวัสดุธรรมชาติอื่นๆ สามารถนำมาใช้เพาะเห็ดฟางได้ ดังรูปที่ 2 ข.
- การใช้เป็นปุ๋ย เพราะเปลือกสบูดำมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูง แต่ก็ควรนำไปผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อชดเชยปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ขาดหายไป



ก.



ข.

รูปที่ 2 แนวทางการใช้ประโยชน์เปลือกผลสับุดำ ก.) เป็นเชื้อเพลิง ข.) เพาะเห็ดฟาง

3.1.5 เมล็ดสับุดำ ได้จากการแกะเปลือกผลของผลสับุดำออก โดย 1 ผลมีเมล็ดอยู่ 2-4 เมล็ดเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในเมล็ดสับุดำพบว่า มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบประมาณ 40-60% และเมื่อหีบด้วยเครื่อง Screw press จะได้น้ำมันประมาณ 25-30% และที่เหลือเป็นกาก ในอัตราส่วนเมล็ด 4 กก. ได้น้ำมัน 1 ลิตร และกาก 3 กก.

แนวทางการใช้ประโยชน์เมล็ดสับุดำ มักใช้ประโยชน์จากการหีบน้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือผลิตเป็นไบโอดีเซล

3.1.6 กากสับุดำ เป็นส่วนที่เหลือมาจากกระบวนการหีบน้ำมัน จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า กากสับุดำมีปริมาณโปรตีนอยู่ 23% ไขมัน 5% และเยื่อใยที่ย่อยสลายได้ 5% จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่า องค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนในกากสับุดำมีมากถึง 4.4% ฟอสฟอรัส 2.1% โพแทสเซียม 1.68% จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นปุ๋ยเช่นกัน

แนวทางการเพิ่มมูลค่ากากสับุดำ สามารถทำได้ 3 แนวทาง ได้แก่

- การใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนกาก ได้ค่าความร้อนคือ 5,327 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่าวัสดุธรรมชาติหลาย ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับก๊าซ LPG 1 กก. จะให้ความร้อนเท่ากับกากสับุดำ 2.2 กก. จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหุงต้มได้

- การใช้หมักเป็นปุ๋ย เนื่องจากกากสับุดำมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่นๆ รวมทั้งธาตุอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยชนิดอื่นด้วย

- การใช้เป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยที่ย่อยสลายได้อยู่มาก จึงเหมาะเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่ควรผ่านกระบวนการฉายรังสีเพื่อทำลายสารพิษฟอร์บอล เอสเทอร์ และสารยับยั้งเอนไซม์ที่รบกวนการย่อยอาหาร

### 3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำมันสบู้น้ำมันเทียบกับน้ำมันปาล์มดิบ

#### 3.2.1 คุณสมบัติน้ำมันดิบ

พบว่าน้ำมันสบู้น้ำมันประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถึง 76% มากกว่าน้ำมันปาล์มดิบที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่เพียง 40% จึงเหมาะสำหรับการผลิตเป็นไบโอดีเซล มากกว่าน้ำมันปาล์มดิบ เพราะจะทำให้ได้เมทิลเอสเทอร์ที่มีความหนืดต่ำกว่า รวมถึงจุดหมอกควันและจุดไหลเทที่น้อยกว่าด้วย

#### 3.2.2 แนวทางการใช้ประโยชน์น้ำมันสบู้น้ำมัน

สำหรับแนวทางการเพิ่มมูลค่าน้ำมันสบู้น้ำมัน ก็คือการนำน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง และการผลิตเป็นไบโอดีเซล

- การใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง พบว่าน้ำมันสบู้น้ำมันสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง ในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำ โดยไม่พบความแตกต่างเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลแต่อย่างใด
- การผลิตเป็นไบโอดีเซล พบว่าไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันสบู้น้ำมันด้วยการใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันแบบสองขั้นตอน จะมีคุณสมบัติตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนที่ประกาศโดยกรมธุรกิจพลังงาน และมีคุณภาพที่ดีกว่าไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยกระบวนการเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู้น้ำมัน กับน้ำมันปาล์มดิบ

คุณสมบัติต่างๆ	ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู้น้ำมัน	ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ	ค่ามาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน
เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์	99.69	97.33	ไม่ต่ำกว่า 96.5
ความหนืด@40°C (เซนติสโตก)	4.02	4.63	3.5-5.0
ความหนาแน่น@15°C (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	880	875	860-890
จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	220	240	มากกว่า 130
จุดไหลเท (องศาเซลเซียส)	1	13	-15 ถึง 10
จุดหมอกควัน (องศาเซลเซียส)	10	22	-3 ถึง 12

สำหรับคุณสมบัติอื่นๆ ของไบโอดีเซล ที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์นั้น มีเหตุผลดังนี้

- ปริมาณกำมะถัน โดยปกติน้ำมันพืชจะไม่มีปริมาณกำมะถันสูงอยู่แล้ว
- ซีเทน น้ำมันพืชทั่วไปจะมีค่าซีเทนที่สูงกว่า 55 อยู่แล้ว ฉะนั้นเมื่อนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล ค่าซีเทนย่อมต้องมากกว่า 55
- ค่าซัลเฟต สำหรับการทำปฏิกิริยาแบบทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่ง จะมีปริมาณเกลือซัลเฟตต่ำ ต่างกับกรณีใช้กรดเป็นตัวเร่ง
- น้ำและตะกอน มาตรฐานกำหนดว่าไม่ให้สูงเกิน 0.2% ซึ่งหากมีการตั้งทิ้งไว้ให้มีระยะเวลาในการแยกชั้นที่นานพอ ปริมาณน้ำในไบโอดีเซลจะมีน้อยกว่า 0.2%
- ค่าความเป็นกรด บ่งบอกถึงปริมาณกรดไขมันอิสระ ซึ่งปกติจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นสบู่ ซึ่งสามารถกำจัดออกได้ง่าย และถ้าทำปฏิกิริยานานเกินกว่า 1 ชั่วโมง ปริมาณกรดไขมันอิสระจะมีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน
- กลีเซอริน จะละลายไปกับน้ำ ในระหว่างขั้นตอนการล้างไบโอดีเซล หากทำการล้างไบโอดีเซลอย่างเหมาะสม ปริมาณกลีเซอรินที่ปนเปื้อนอยู่ในไบโอดีเซลย่อมมีปริมาณต่ำ

### 3.2.3 แนวทางการใช้ประโยชน์ Byproduct

จากการวิเคราะห์ในส่วนของ byproduct ที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน แบบใช้เบสเป็นตัวเร่ง ซึ่งก็คือกลีเซอรอล พบว่าประกอบไปด้วยกลีเซอรอล ประมาณ 58.25% เมทานอล 22.33% น้ำ 1.2% และองค์ประกอบอื่นๆ 18.22% แนวทางการเพิ่มมูลค่ากลีเซอรอลมี 4 แนวทางคือ

- การใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผากลีเซอรอล ค่าความร้อนของกลีเซอรอลคือ 3,837 แคลอรีต่อกรัม จึงสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผากลีเซอรอลได้ แต่มีข้อควรระวังคือต้องเผากลีเซอรอลที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °C เพื่อป้องกันการเกิดก๊าซพิษขึ้น
- ทำสบู่ กลีเซอรอลบริสุทธิ์สามารถนำมาใช้แทนแอลกอฮอล์ ในการผลิตสบู่ก้อน
- ใช้กลีเซอรอลเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์ผลิตสารตามที่ต้องการ
- การกลั่นกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์เพื่อจำหน่ายเป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป

### 3.3 พิษของสบูดำ

จากการศึกษาพบว่าความเป็นพิษของสบูดำเกิดได้ 2 ทางคือ จากการรับประทาน และการสัมผัสส่วนต่างๆ ของสบูดำ รายละเอียดมีดังนี้

#### 3.3.1 สารพิษในสบูดำ พบว่ามีด้วยกันทั้งหมด 4 ชนิด คือ

- เคอร์ซีน (Curcin) เป็นโปรตีนที่เป็นพิษ พบมากในเนื้อเมล็ดสบูดำ เป็นพิษที่จะทำให้เกิดอาการท้องร่วง หากรับประทานมากๆ อาจถึงแก่ความตายได้

- ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide) พบมากในใบและเปลือกผลแห้งของสบูดำ เป็นอันตรายหากรับประทานสารนี้เข้าไป

- ฟอর্বอลเอสเทอร์ (Phorbol ester) เป็นสารพิษที่พบมากในน้ำมันและกิ้งก้านของสบูดำ มีผลไปกระตุ้นให้เกิดการเป็นเนื้องอกหากสัมผัสถูก สร้างความระคายเคืองต่อผิวหนัง และเป็นอันตรายหากรับประทานเข้าไป

- สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin inhibitor) พบในเนื้อเมล็ดสบูดำ เป็นสารที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน ทำให้ร่างกายขาดสารอาหาร แต่ไม่มีผลร้ายแรงต่อร่างกายนัก

#### 3.3.2 การกำจัดพิษในสบูดำ

- ใช้ความร้อน ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C สามารถทำลายสารพิษในสบูดำได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นฟอর্বอลเอสเทอร์ ที่จะสลายตัวที่อุณหภูมิ 300 °C

- ใช้แป้งฟอกสีดูดซับฟอর্বอลเอสเทอร์ในน้ำมัน

- ใช้การฉายรังสีแกมมา ปริมาณความเข้มข้น 60 กิโลเรย์ สามารถทำลายฟอর্বอลเอสเทอร์ในกากสบูดำได้

สำหรับความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์จากสบูดำ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผากิ่งสบูดำ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 °C จึงไม่เหลือความเป็นพิษอยู่ แต่ตัวของน้ำส้มควันไม้เองมีความเป็นพิษในตัวของมันเองอยู่แล้ว ในการใช้งานจึงควรสวมถุงมือและสวมหน้ากากป้องกันปากและจมูก

- กระจกใสได้จากการต้มเยื่อด้วยเบสที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C ซึ่งสารละลายเบสสามารถล้างสารฟอর্বอลเอสเทอร์ออกไปได้ จึงไม่เหลือความเป็นพิษในกระจก

- เหน็ดฟางจากการเพาะด้วยเปลือกผลสบู่ดำ เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจน ไชยาไนต์พบว่ามีน้อยกว่าระดับที่เป็นอันตราย คือ 2 พีพีเอ็ม (ระดับอันตราย มากกว่า 10 พีพีเอ็ม) และควรปรุงเหน็ดฟางให้สุกก่อนรับประทาน เพราะไฮโดรเจนไชยาไนต์สลายตัวได้ด้วยความร้อน

- น้ำมันสบู่ดำ หรือไบโอดีเซลจากสบู่ดำ ยังมีสารฟอรับอลเอสเทอร์ตกค้างอยู่ จึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำมันโดยตรง โดยการสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน สำหรับความเป็นพิษ หลังการเผาไหม้ของน้ำมัน เนื่องจากอุณหภูมิการเผาไหม้ในห้องเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลจะสูงถึง 1,000 °ซ สารฟอรับอลเอสเทอร์จึงสลายตัวหมด

- กลีเซอรอล จากการตรวจสอบปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ พบปริมาณน้อยคือ 0.008% ซึ่งน้อยกว่าระดับที่เป็นอันตรายคือ 0.11%

- ปุ๋ยจากกากสบู่ดำ พืชในกากสบู่ดำจะสลายตัวไปเนื่องจากความร้อนในระหว่างกระบวนการหีบ และแม้ว่าจะยังมีพืชเหลืออยู่ในกากบ้าง แต่ก็เป็นส่วนน้อย ไม่เป็นอันตราย สำหรับการนำไปใช้เป็นปุ๋ย

### 3.3.3 การใช้ประโยชน์จากพืชสบู่ดำ

จากการศึกษาพบว่า การนำสารพิษที่มีในสบู่ดำไปใช้ประโยชน์ทำได้ยาก เนื่องจากสารพิษส่วนใหญ่มักจะอยู่ในส่วนของเมล็ดและน้ำมัน ซึ่งจะถูกทำลายไปในระหว่างกระบวนการหีบ ยกเว้นฟอรับอลเอสเทอร์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสารควบคุมป้องกันแมลง ได้ โดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วนำไปผสมน้ำเพื่อฉีดพ่นป้องกันแมลง พบว่าได้ผลในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่ได้นำมาใช้ในการกำจัดแมลงได้จริงๆ

## 3.4 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการกำหนดรูปแบบการจัดการสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงอย่างครบวงจร

แบ่งได้เป็นสองกรณีคือ กรณีการใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง และการผลิตไบโอดีเซล

3.4.1 กรณีใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง พบว่าถ้าทำการผลิตน้ำมันสบู่ดำเพียงอย่างเดียว ในระดับชุมชนจะไม่คุ้มทุน ต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากส่วนต่างๆ ของสบู่ดำควบคู่ไปด้วย จึงจะคุ้มทุน ดังนี้

- ลำต้นและกิ่งก้าน ให้ลอกเปลือกออกมาผลิตเป็นกระดาษ ส่วนที่เหลือนำไปผลิตถ่านกับน้ำส้มควันไม้

- เปลือกผล นำไปใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะเหน็ดฟาง

- น้ำมัน นำไปหีบเป็นน้ำมันสบู่ดำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง

- กาก นำไปผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ดชีวภาพ

นอกจากนี้ เปลือกผลและกากที่เหลือจากการผลิตยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหุงต้ม แทนถ่านไม้ได้อีกด้วย

ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการผลิตแบบครบวงจร จะได้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 3,905,147.75 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.27 และมีระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 7.52 ปี หรือประมาณ 7 ปี 6 เดือน

3.4.2 กรณีใช้น้ำมันสบู่ดำผลิตเป็นไบโอดีเซล พบว่าการผลิตไบโอดีเซลเพียงอย่างเดียวในระดับชุมชนจะไม่คุ้มทุน ต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ควบคู่ไปด้วย จึงจะคุ้มทุน ดังนี้

- ลำต้นและกิ่งก้าน ให้ลอกเปลือกออกมาผลิตเป็นกระดาษสา ส่วนที่เหลือนำไปผลิตถ่านกับน้ำส้มควันไม้

- เปลือกผล นำไปใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะเห็ดฟาง

- น้ำมัน นำไปผลิตเป็นไบโอดีเซล

- กาก นำไปผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ดชีวภาพ

- กลีเซอรอล จำหน่ายในราคา 3 บาทต่อกก.

ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการผลิตแบบครบวงจร จะได้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 9,708,392.97 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.37 และมีระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 7.39 ปี หรือประมาณ 7 ปี 5 เดือน

สำหรับการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำมันสบู่ดำ และไบโอดีเซล เทียบกับน้ำมันดีเซลที่ลิตรละ 29 บาท พบว่าต้นทุนการผลิตน้ำมันสบู่ดำคือ 75.78 บาทต่อลิตร ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลต้นทุนลิตรละ 85.67 บาทต่อลิตร

### 3.5 การจัดทำเครื่องต้นแบบผลิตกระดาษสาจากเปลือกสบู่ดำ

ที่ปรึกษาได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบผลิตกระดาษสาจากเปลือกสบู่ดำ พร้อมคู่มือและสถิติการใช้งานต่อคณะกรรมการฯ เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2551 โดยเครื่องผลิตกระดาษสาจาก

เปลือกไม้สบู่อัดนี้เป็นเครื่องที่ใช้วิธีการผลิตแบบช้อน เป็นระบบ Batch และมีอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. อ่างแช่เยื่อ ทำจากสแตนเลสสตีล ปริมาตร 700 ลิตร ใช้สำหรับแช่เปลือกสบู่อัดเพื่อให้เปลือกอ่อนตัวลง
2. ถังต้มเยื่อ ทำจากสแตนเลสสตีล ปริมาตร 1,100 ลิตร มีฝาปิดและขาตั้ง พร้อมหัวจ่ายแก๊สทางด้านล่าง ใช้สำหรับต้มเปลือกสบู่อัดที่ผ่านการแช่เยื่อมาแล้ว
3. เครื่องตีเยื่อ ทำจากสแตนเลสสตีล มีมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า และสายพาน ใช้สำหรับตีเยื่อที่ผ่านการต้มแล้ว
4. อ่างล้างเยื่อ ทำจากสแตนเลสสตีล ปริมาตร 700 ลิตร ใช้สำหรับล้างสารเคมีออกจากเยื่อที่ตีเสร็จแล้ว
5. อ่างช้อนเยื่อ ทำจากสแตนเลสสตีล ปริมาตร 300 ลิตร ใช้ร่วมกับตะแกรงเพื่อการทำแผ่น
6. ตะแกรง มีขนาด 0.72x0.84 ม. ขอบไม้สัก ตาข่ายสานไนลอนขนาด 9-14 มม (1-2 มม.)



อ่างแช่เยื่อ



ถังต้มเยื่อ



เครื่องตีเยื่อ



อ่างล้างเยื่อ



อ่างช้อนเยื่อ



ตะแกรง

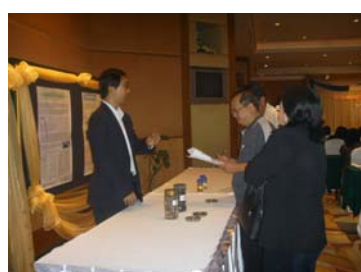
รูปที่ 3 อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบผลิตกระดาษจากเปลือกสบู่อัด

สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องผลิตกระดาษนี้คือ 22% เทียบกับน้ำหนักเปลือกสบูดำที่เป็นวัตถุดิบ โดยถ้าใช้เปลือกสบูดำเริ่มต้น 20 กก. จะได้เยื่อกระดาษสาประมาณ 4.4 กก. และสามารถผลิตเป็นกระดาษสาขนาด 70x80 ซม. ได้ประมาณ 200-220 แผ่น

### 3.6 การจัดสัมมนาเผยแพร่โครงการ

การจัดสัมมนาเผยแพร่โครงการ จัดขึ้นเมื่อวันอังคารที่ 19 กุมภาพันธ์ 2551 ที่ห้องเมจิก 2 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ กรุงเทพมหานคร โดยมีผู้เข้าร่วมงานทั้งสิ้น 122 คน แบ่งเป็นหน่วยงานรัฐบาล 47 คน เอกชน 20 คน และสถานศึกษาอีก 45 คน ภายในงานมีการจัดแสดงนิทรรศการเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสบูดำ และการบรรยายในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์น้ำมันสบูดำ
2. การใช้ประโยชน์กากสบูดำ
3. การใช้ประโยชน์ใบสบูดำ
4. การใช้ประโยชน์กิ่งก้านสบูดำ
5. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์จากการนำสบูดำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 4 บรรยายภาคีในงานสัมมนา

จากนั้นได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับสบู่ดำ สามารถสรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ได้ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นพิษของสบู่ดำ ควรมีการเผยแพร่และชี้แจงให้ชัดเจนต่อสาธารณชน เพื่อประชาชนจะได้รับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนี้
2. ควรมีการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับสายพันธุ์ และเขตกรรมของสบู่ดำให้มากกว่าที่เป็นอยู่ เพื่อเพิ่มผลผลิตของสบู่ดำ
3. ควรมีตลาดเพื่อรองรับผลผลิตสบู่ดำได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเกษตรกรที่ปลูกจะได้อยู่ได้
4. ควรทำการวิจัยในเรื่องของการใช้น้ำมันสบู่ดำ ในการผลิตไบโอดีเซล เพื่อใช้กับเครื่องยนต์การเกษตร(ไบโอดีเซลชุมชน)และการใช้ไบโอดีเซล (B100) ถึงคุณสมบัติผลกระทบต่อเครื่องยนต์ เพื่อใช้เป็นทางเลือกในเรื่องของพลังงานทดแทน

### 3.7 บทสรุปโครงการและข้อเสนอแนะ

ผลจากการดำเนินโครงการทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทุกส่วนของต้นสบู่ดำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้
  - ลำต้นและกิ่งก้าน สามารถผลิตเป็นกระดาษสา ผลิตแผ่นไม้ประกอบ เมาถ่านและน้ำส้มควันไม้
  - ใบ ใช้เลี้ยงไหมไอร์รี่ และสกัดสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้
  - น้ำยาง ใช้เป็นยาฆ่าหนอนพยาธิยาห้ามเลือด และรักษาโรคปากนกกระจอก
  - เปลือกผล ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มได้โดยตรง เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง และทำปุ๋ยได้
  - เมล็ด นำไปหีบเป็นน้ำมันสบู่ดำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
  - กาก ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้ม ทำเป็นปุ๋ย และใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ แต่ต้องผ่านกระบวนการทำลายสารพิษก่อน
2. น้ำมันสบู่ดำ เมื่อนำไปเทียบกับน้ำมันปาล์มดิบ พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซล เพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้ไบโอดีเซลที่ได้มีความหนืด จุดหมอกควัน และจุดไหลเทต่ำกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ
3. กลีเซอรอล ที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผา กลีเซอรอลได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นสารทดแทนแอลกอฮอล์ ในการผลิตสบู่ก้อนใส ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ หรือกลั่นให้บริสุทธิ์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไปได้

4. สารพิษในสบู่ดำ พบอยู่ 4 ชนิด คือ เคอร์ซีน ฟอร์บอลเอสเทอร์ ไฮโดรเจนไซยาไนด์ และ สารยับยั้งทริบซิน โดยส่วนใหญ่พบในเมล็ดและน้ำมันสบู่ดำ และสามารถทำลายได้ด้วยความร้อน ยกเว้นสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ต้องทำลายด้วยการสกัดหรือฉายรังสี ส่วนการใช้ประโยชน์สารพิษ พบว่าฟอร์บอลเอสเทอร์สามารถนำไปใช้เป็นสารยับยั้งป้องกันแมลงได้ในห้องปฏิบัติการ

5. ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าทั้งสองกรณีคือ กรณีการใช้น้ำมัน สบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง และกรณีผลิตเป็นไบโอดีเซล พบว่า ทั้งสองกรณีจะให้ผลตอบแทนที่ คุ้มค่า เมื่อทำการผลิตแบบครบวงจร ดังนี้

- ลำต้นและกิ่งสบู่ดำ นำเปลือกไปผลิตเป็นกระดาษสา และส่วนที่เหลือผลิตเป็นถ่านกับ น้ำส้มควันไม้

- เปลือกผล ใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง
- กาก ผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ด
- น้ำมัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือผลิตไบโอดีเซล
- กลีเซอรอล (กรณีผลิตไบโอดีเซล) จำหน่ายโดยตรง

โดยกรณีผลิตเป็นน้ำมันสบู่ดำ มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,905,147 อัตราส่วน ผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) 1.27 และระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 6 เดือน ส่วนกรณีผลิตไบโอดีเซลมี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 9,708,392 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) 1.37 และ ระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 5 เดือน

6. การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำมันสบู่ดำและไบโอดีเซล กับน้ำมันดีเซลพบว่าต้นทุน การผลิตน้ำมันสบู่ดำและน้ำมันไบโอดีเซลจากสบู่ดำมีค่า 75.78 และ 85.67 บาทต่อลิตร สูงกว่า ราคาน้ำมันดีเซลที่ลิตรละ 29 บาท ณ เดือนพฤศจิกายน 2550 จึงต้องผลิตแบบครบวงจรจึงจะมี ความคุ้มค่าในการผลิต

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการศึกษาในอนาคต มีดังนี้

1. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาสายพันธุ์ หรือเขตกรรมของสบู่ดำ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ มากขึ้น และจะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตลงด้วย
2. ศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับผลจากการนำน้ำมันสบู่ดำไปใช้โดยตรง สำหรับเครื่องยนต์ การเกษตร และไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ สำหรับเครื่องยนต์ของรถยนต์
3. พัฒนาระบบการกลั่นกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ ในระดับของชุมชน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า กลีเซอรอล ให้สามารถใช้งานได้อย่างครบวงจร