

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและน้ำที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน แล้วนำไปหาแนวทางการจัดการเพื่อลดปริมาณการใช้ที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้นำหลักการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ในรูปแบบค่าพลังงานสุทธิมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงาน และนำหลักการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชและผลิตภัณฑ์ตามแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าการใช้น้ำ โดยผลการศึกษาวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ในรูปค่าพลังงานสุทธิตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพลังงานในรูปของค่าพลังงานสุทธิตลอดวัฏจักรชีวิต โดยครอบคลุมการพิจารณาตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน กระบวนการขนส่ง (วัตถุดิบจากแหล่งเพาะปลูกไปยังโรงงาน) กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยผลการศึกษากการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร แสดงรายละเอียดดังนี้

5.1.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

- ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคเหนือมีการใช้พลังงานสูงกว่าการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้เท่ากับ 25.81 และ 5.46 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร ตามลำดับ โดยขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการดูแลรักษา คิดเป็นร้อยละ 95.85 และ 96.06 ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยและยากำจัดวัชพืช

- ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบวัตถุดิบปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคเหนือมีการใช้พลังงานสูงสุดเท่ากับ 3.85 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร ส่วนการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ภาคใต้เท่ากับ 0.30 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร

- ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ มีการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไอน้ำเท่ากับ 8.09 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร คิดเป็นร้อยละ 92.61 รองลงมาคือ พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล ร้อยละ 7.35 และร้อยละ 0.04 ส่วนพลังงานที่ผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการซึ่งได้จากการนำเอาเปลือกแห้งไปเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นค่าพลังงาน -7.76 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร ดังนั้นพลังงานรวมในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร มีค่าเท่ากับ 8.74 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร

- ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน มีการใช้พลังงานในรูปของพลังงานจากสารเคมีเท่ากับ 9.24 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร หรือร้อยละ 89.10 มาจากการใช้เมทานอล (MeOH) ในขั้นตอนของการการลดกรดและการทำปฏิกิริยาทรานเอสเตอร์ิเฟชัน รองลงมาคือ พลังงานจาก น้ำ และไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 1.06 และร้อยละ 0.15 ตามลำดับ

5.1.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

- การวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล โดยคิดเป็นร้อยละ 41.45 รองลงมาคือ ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ขั้นตอนการเพาะปลูก และขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน โดยคิดเป็นร้อยละ 34.91 ร้อยละ 22.46 และร้อยละ 1.18 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล ตามลำดับ

- การวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคเหนือ ขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน โดยคิดเป็นร้อยละ 52.92 รองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน โดยคิดเป็นร้อยละ 21.27 ร้อยละ 17.91 และร้อยละ 7.90 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล ตามลำดับ

- โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้และภาคเหนือ พบว่า การใช้วัตถุดิบปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคเหนือมาผลิตไบโอดีเซลมีการใช้พลังงานมากกว่าการใช้วัตถุดิบปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคใต้ เนื่องด้วยการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคเหนือมีการใช้ปุ๋ยและยากำจัดวัชพืชในปริมาณมาก เพราะ

เนื่องจากความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันในพื้นที่ในพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณสูง และอีกสาเหตุคือ การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคเหนือ 1 ไร่ ได้ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันต่ำกว่า

5.1.3 การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร โดยใช้ปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคใต้เป็นวัตถุดิบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 49.41 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร และมีค่าพลังงานสุทธิสูงสุดเท่ากับ 31.03 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร หรือกล่าวได้ว่า การผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคใต้มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงสุด เมื่อเทียบกับการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันจากพื้นที่ภาคใต้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 25.66 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร และมีค่าพลังงานสุทธิเท่ากับ 7.28 เมกะจูล/ไบโอดีเซล 1 ลิตร

5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

- การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน โดยทำการจำแนกตามพื้นที่เพาะปลูกแต่ละจังหวัดทั้งหมด 20 จังหวัด ในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ และประเภทของแหล่งน้ำใช้ พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ยในเขตพื้นที่ภาคใต้เท่ากับ 1,362.87 ลบ.ม./ตัน โดยค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55 รองลงมาคือ เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์คิดเป็นร้อยละ 44 และบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์คิดเป็นร้อยละ 1 ส่วนการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ยในเขตพื้นที่ภาคเหนือเท่ากับ 5,303.13 ลบ.ม./ตัน โดยเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46 รองลงมาคือ กรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ร้อยละ 30 และร้อยละ 24 ตามลำดับ ซึ่งผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษาในพื้นที่และเวลาที่แตกต่าง เป็นผลปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของพืช และคุณสมบัติดินมีความแตกต่างกัน

- การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร โดยทำการจำแนกตามประเภทของแหล่งน้ำใช้ พบว่า ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้มีค่าน้อยกว่าภาคเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,196.31 ลิตร/ลิตรของไบโอดีเซล โดยปริมาณกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงที่สุด คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 51.01% รองลงมาคือ เกรย์และบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 44.41% และ 0.31% ตามลำดับ และปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของ

การผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคเหนือมีค่าเท่ากับ 24,050.84 ลิตร/ลิตร ของไบโอดีเซล โดยปริมาณแก็วอเตอร์ฟุตพรีนที่มีค่าสูงที่สุด คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 44.41% รองลงมาคือ กรีนและบิวเออร์ฟรูอินท์ คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 29.53% และ 24.47% ตามลำดับ

ดังนั้นจากผลการศึกษาทั้ง 2 ด้าน คือ การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพรีนและวอเตอร์ฟุตพรีนที่ ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของการผลิต พบว่า การผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้ง 2 ด้าน คือ ประสิทธิภาพเชิงพลังงาน และประสิทธิภาพการใช้ ทรัพยากรน้ำ ดังนั้นเมื่อมีการกำหนดให้ความสำคัญของประสิทธิภาพทั้ง 2 ด้าน ให้มีความสำคัญเท่ากัน งานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้มี ประสิทธิภาพการผลิตไบโอดีเซลตลอดวัฏจักรชีวิตสูงสุด

5.3 สรุปและวิจารณ์แนวทางการจัดการพลังงานและน้ำตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์ม น้ำมันอย่างเหมาะสม

จากการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพรีนและวอเตอร์ฟุตพรีนของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์ม น้ำมัน 1 ลิตร การพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไปสู่ความยั่งยืนในด้านการจัดสรรทรัพยากรซึ่งมีอยู่อย่าง จำกัด จึงควรมุ่งเน้นไปที่ประเด็นการพัฒนาด้านการลดการใช้พลังงานและทรัพยากรที่เกิดขึ้นตลอดวัฏ จักรชีวิต โดยการใช้พลังงานควรมุ่งเน้นไปที่กระบวนการผลิตและการพัฒนาปรับปรุงการผลิตให้มี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่วนการใช้ทรัพยากรน้ำควรมุ่งเน้นไปที่การเพาะปลูก เนื่องจากผลการ วิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำเปรียบเทียบกันระหว่างภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่า การวางแผนการจัดการน้ำควรมุ่งเน้นที่ภาคการเกษตรเป็นส่วนสำคัญอันดับแรก โดยปัจจัยสำคัญหลักในการ ลดการใช้ทรัพยากรน้ำคือ การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยอาศัยการเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม ดัน กล้าปาล์มที่สมบูรณ์ พื้นที่ที่เหมาะสม ระยะเวลาการปลูก ช่วงเวลาการปลูก และปัจจัยรองลงมาที่มีผลต่อ การใช้ทรัพยากรน้ำ คือ การลดการใช้น้ำปุ๋ยเคมี โดยเปลี่ยนไปใช้น้ำอินทรีย์ หรืออาจจะใช้วิธีการ ตรวจสอบดินเพื่อให้ทราบถึงปริมาณปุ๋ยเคมีที่พืชต้องการใช้จริง และการจัดการและการดูแลรักษาหลัง การปลูกที่เหมาะสม โดยแนวทางการจัดการจะต้องไม่เพิ่มภาระให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นประเด็นที่ พึงหยิบยกขึ้นมาพิจารณาในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1) จากผลการศึกษาค่าการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซล อาจทำการศึกษาเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพลังงานว่าวัตถุดิบประเภทใดมีความเหมาะสมกับการผลิตในประเทศไทย

2) ควรมีการพัฒนาฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของปาล์มน้ำมันของประเทศไทย ด้วยเทคนิคการตรวจวัดจริงเพื่อนำมาคำนวณหาค่าจริงของประเทศไทย ซึ่งจะทำได้ค่าที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริง

3) การศึกษาค่าความต้องการใช้น้ำของปาล์มน้ำมันควรมีการวิเคราะห์แยกตามสายพันธุ์ เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของพืชที่มีอยู่ยังไม่ครอบคลุมกับชนิดพันธุ์พืช

4) การคิดค่าอัตราการชะล้างในงานวิจัยนี้ใช้ค่าอัตราการชะล้างของสหรัฐอเมริกาเป็นค่าอ้างอิง ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาค่าอัตราการชะล้างของประเทศไทย เนื่องจากอัตราการชะล้างในดินของไทยต่างจากของต่างประเทศ

5) จากผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซล อาจทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการใช้น้ำ เช่น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ สัตว์เศรษฐกิจ เป็นต้น

6) สามารถนำรูปแบบการประเมินของงานวิจัยนี้ ไปเป็นแนวทางในการพัฒนา เพื่อประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการวางแผนการผลิต รวมถึงควรมีการจัดทำฉลากฟุตพริ้นท์ (Water Footprint Label) ของประเทศด้วย