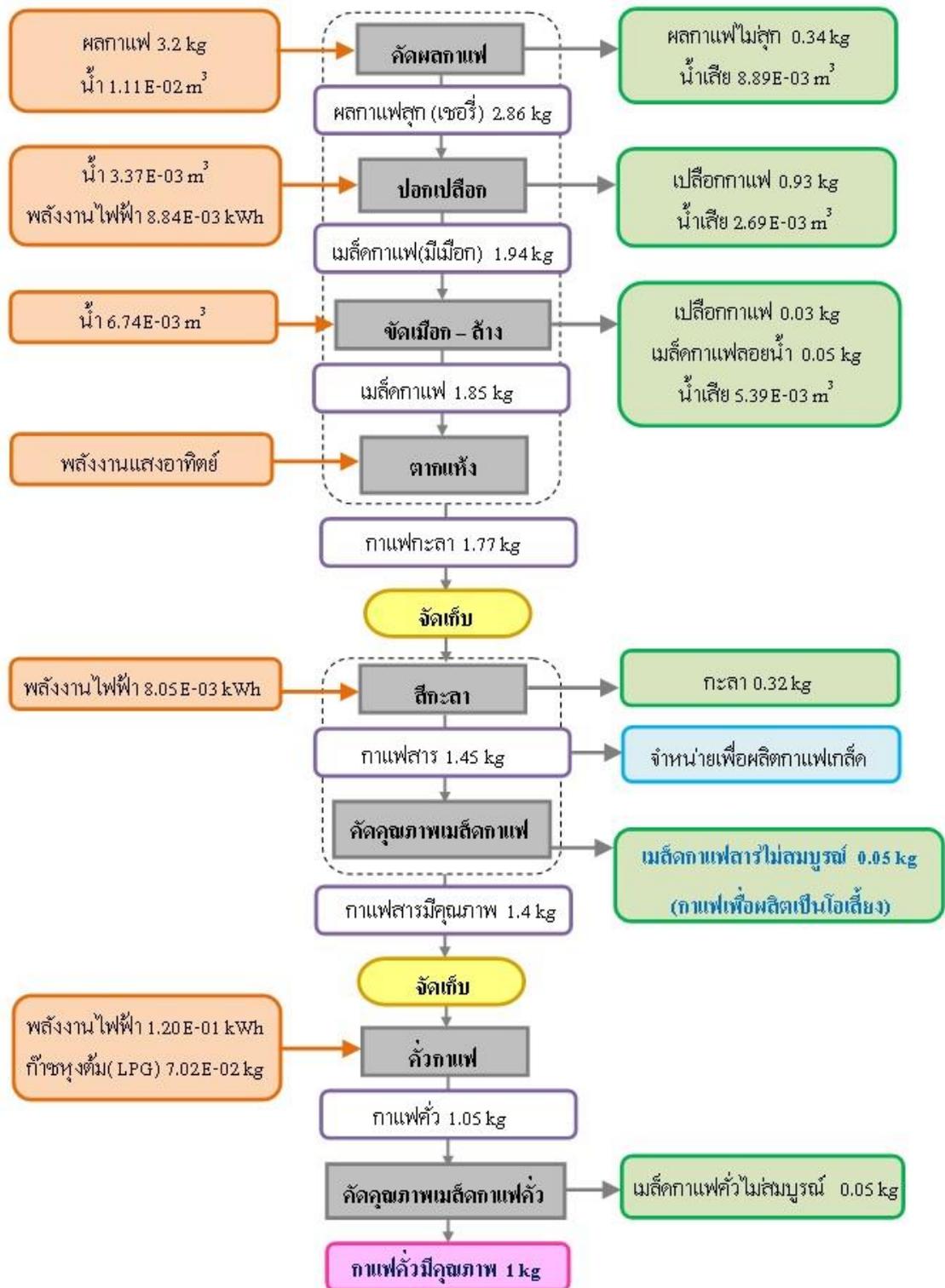


บทที่ 4 ผลการวิจัย

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในวิสาหกิจชุมชน ด้วยการวิเคราะห์แบบ Gate-to-Gate โดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตามขอบเขตการศึกษา โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ การรับผลกาแฟที่วิสาหกิจชุมชน เข้าสู่กระบวนการแปรรูปจนได้เป็นผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กาแฟคั่ว กาแฟคั่วบด และกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ (ภาพกิจกรรมการเก็บข้อมูลแสดงในภาคผนวก ง.) โดยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ไปประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วแปรผลข้อมูลเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ได้เลือกวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร เป็นตัวแทนอุตสาหกรรมแปรรูปเมล็ดกาแฟในระดับวิสาหกิจชุมชน เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนฯ ตั้งอยู่ในจังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นจังหวัดที่ปลูกกาแฟโรบัสต้ามากที่สุดในประเทศไทย (เขาวนั้วศ หอมชุ่ม และคณะ, 2553) อีกทั้งมีกระบวนการแปรรูปที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาและมีจุดแข็งเรื่องวัตถุดิบจากการรวบรวมผลกาแฟสดจากสมาชิกภายในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ซึ่งปลูกต้นกาแฟและมีเมล็ดกาแฟเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ได้รับแรงจูงใจและส่งเสริมให้สมาชิกและเกษตรกรอื่นๆ ปลูกกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของกระบวนการแปรรูปในระยะยาว โดยจำหน่ายผลิตภัณฑ์กาแฟภายใต้เครื่องหมายการค้า “ถ้ำสิงห์” ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการรับรองมาตรฐานหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) 5 ดาว และเครื่องหมายสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

4.1 ข้อมูลกิจกรรมและผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดเก็บตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและนำข้อมูลมาคำนวณสัดส่วนปริมาณสารขาเข้าต่อปริมาณสารขาออกในแต่ละกระบวนการแปรรูปที่ 1 กิโลกรัม (สัดส่วนปริมาณสารขาเข้าต่อปริมาณสารขาออก 1 กิโลกรัมแสดงในภาคผนวก ข.) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้ทรัพยากร พลังงานและการเกิดวัสดุเหลือทิ้งต่อการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด โดยประเมินผลที่หน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว นอกจากนี้ยังสามารถสร้างผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว แสดงดังรูปที่



รูปที่ 4.1 แผนผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า เป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม

จากการสร้างแผนผังการไหลของวัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม ต้องใช้ผลกาแฟเฉลี่ย 3.2 กิโลกรัมเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากการแปรรูปเมล็ดกาแฟจะใช้เพียงแต่ส่วนเมล็ดเท่านั้น จึงต้องนำส่วนประกอบอื่นๆออกก่อน โดยการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดกาแฟตั้งแต่ขั้นตอนการคัดผลกาแฟ เข้าสู่กระบวนการแปรรูปต่างๆ จนได้เป็นเมล็ดกาแฟคั่ว แสดงดังรูปที่ 4.2

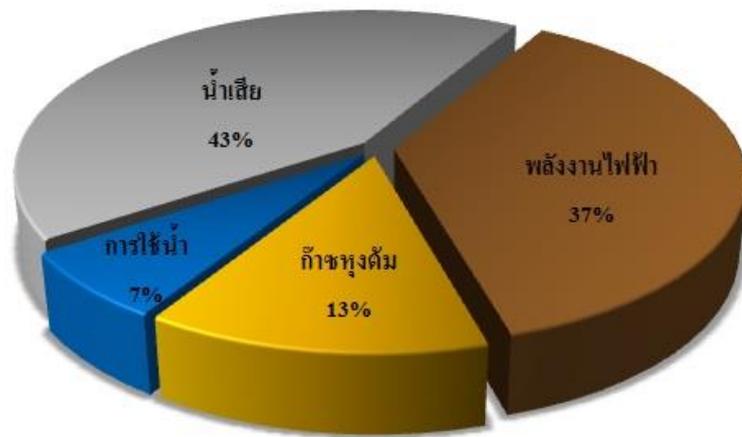


รูปที่ 4.2 ลักษณะกาแฟเชอร์รี่ เมล็ดกาแฟมีเปลือก เมล็ดกาแฟกะลา เมล็ดกาแฟสารและเมล็ดกาแฟคั่ว

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยรายละเอียดการประเมินในแต่ละกระบวนการแปรรูป แสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วมีค่าเท่ากับ 223 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำให้ทราบว่ากระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า มีแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ (Hot Spot) จากกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและความคุมอุณหภูมิ ถังคั่วกาแฟรวมกับการใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับถังคั่วกาแฟ ส่งผลให้กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 45.99 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ กระบวนการคัดผลกาแฟ กระบวนการขัดเปลือก-ล้าง กระบวนการปอกเปลือกและกระบวนการสีกะลา ตามลำดับ ส่วนกระบวนการที่ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กระบวนการตากแห้ง กระบวนการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟและกระบวนการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟคั่ว เนื่องจากกระบวนการตากแห้งใช้แรงงานคนในการตากเมล็ดกาแฟให้แห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กระบวนการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟใช้แรงงานคนคัดแยกเมล็ดกาแฟแตกหักและเมล็ดกาแฟเสีย ซึ่งเป็นเมล็ดกาแฟที่มีสีดำเกิดจากเชื้อรา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) และกระบวนการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟคั่วใช้แรงงานคนคัดเมล็ดกาแฟคั่วที่แตกหักออก โดยเมล็ดกาแฟคั่วที่แตกหักจะถูกเก็บรวบรวมและสามารถนำไปผลิตเป็นกาแฟบดต่อไป

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟแก้ว 1 กิโลกรัม

กระบวนการ	ปัจจัย	ปริมาณ	หน่วย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ e)	ร้อยละ
คัสดอกกาแฟ	น้ำ	1.11E-02	m ³	7.82	3.50
	น้ำเสีย	8.89E-03	m ³	50.0	22.38
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคัสดอกกาแฟ				57.8	25.88
ปอกเปลือก	น้ำ	3.37E-03	m ³	2.37	1.06
	น้ำเสีย	2.69E-03	m ³	15.1	6.78
	พลังงานไฟฟ้า	8.84E-03	kWh	5.39	2.41
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปอกเปลือก				22.9	10.25
ขัดเมือก-ล้าง	น้ำ	6.74E-03	m ³	4.75	2.12
	น้ำเสีย	5.39E-03	m ³	30.3	13.57
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขัดเมือก-ล้าง				35.1	15.69
สีกะลา	พลังงานไฟฟ้า	8.05E-03	kWh	4.90	2.19
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสีกะลา				4.90	2.19
คั่วกาแฟ	พลังงานไฟฟ้า	1.20E-01	kWh	73.1	32.70
	ก๊าซหุงต้ม	7.02E-02	kg	29.7	13.29
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคั่วกาแฟ				103	45.99
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟแก้ว 1 กิโลกรัม				223	100

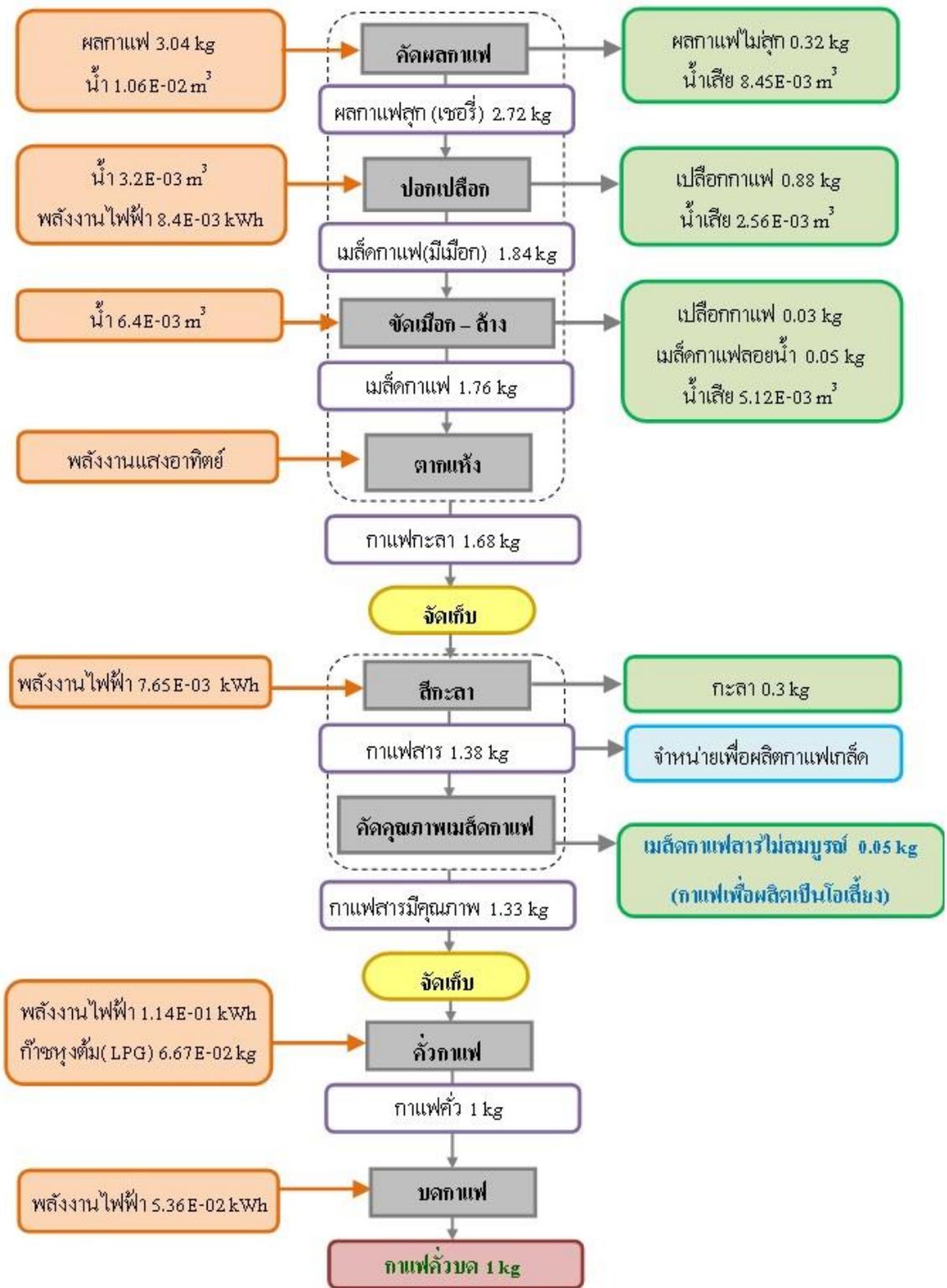


รูปที่ 4.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม

จากการจัดเก็บข้อมูลตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและนำข้อมูลมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว พบว่าน้ำเสียมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 43 โดยน้ำเสียเกิดจากกระบวนการคัดผลกาแฟ กระบวนการปอกเปลือก และกระบวนการขัดเมล็ดกาแฟ รongลงมาได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า ก๊าซหุงต้มและการใช้น้ำตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.3

4.2 ข้อมูลกิจกรรมและผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว

จากการจัดเก็บข้อมูลตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว พบว่ามีบางกระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วเหมือนกับผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว แต่มีบางกระบวนการที่แตกต่างกัน เนื่องจากการแปรรูปกาแฟคั่วไม่ต้องคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟคั่ว ดังนั้นเมื่อเมล็ดกาแฟผ่านกระบวนการคั่วกาแฟแล้วสามารถนำไปบดเพื่อผลิตเป็นกาแฟคั่วบด โดยไม่ต้องแยกเมล็ดที่แตกหรือหักออกก่อน ทั้งนี้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด และสามารถสร้างฝังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด แสดงดังรูปที่ 4.4



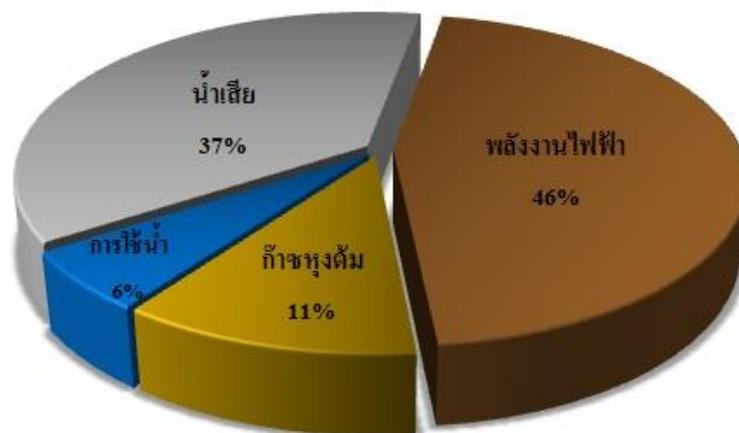
รูปที่ 4.4 แผนผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า เป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม

จากการสร้างแผนผังการไหลของวัตถุดิบและพลังงานในแต่ละกระบวนการแปรรูป แสดงดังรูปที่ 4.4 ทำให้ทราบว่า การแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดต้องใช้ผลกาแฟเฉลี่ย 3.04 กิโลกรัมเป็นวัตถุดิบ โดยผลกาแฟจะต้องผ่านกระบวนการแปรรูปหลายขั้นตอนเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จัดเก็บสามารถนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูป แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม

กระบวนการ	ปัจจัย	ปริมาณ	หน่วย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ e)	ร้อยละ
คัสดผลกาแฟ	น้ำ	1.06E-02	m ³	7.46	3.04
	น้ำเสีย	8.45E-03	m ³	47.5	19.39
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคัสดผลกาแฟ				55	22.43
ปอกเปลือก	น้ำ	3.2E-03	m ³	2.25	0.92
	น้ำเสีย	2.56E-03	m ³	14.4	5.88
	พลังงานไฟฟ้า	8.4E-03	kWh	5.12	2.09
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปอกเปลือก				21.8	8.89
ขัดเมือก-ล้าง	น้ำ	6.4E-03	m ³	4.51	1.84
	น้ำเสีย	5.12E-03	m ³	28.8	11.76
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขัดเมือก-ล้าง				33.3	13.60
สีกะลา	พลังงานไฟฟ้า	7.65E-03	kWh	4.66	1.9
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสีกะลา				4.66	1.9
คั่วกาแฟ	พลังงานไฟฟ้า	1.14E-01	kWh	69.4	28.34
	ก๊าซหุงต้ม	6.67E-02	kg	28.2	11.52
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคั่วกาแฟ				97.6	39.86
บดกาแฟ	พลังงานไฟฟ้า	5.36E-02	kWh	32.6	13.32
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบดกาแฟ				32.6	13.32
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม				245	100

ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า พบว่าผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดมีค่าเท่ากับ 245 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับกิโลกรัม เมื่อประเมินแต่ละกระบวนการแปรรูปจะทำให้ทราบว่ากระบวนการคั่วกาแฟเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ (Hot Spot) จากการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มคิดเป็นร้อยละ 39.86 มีค่าเท่ากับ 97.6 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับกิโลกรัม กระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมา ได้แก่ กระบวนการคัดผลกาแฟ กระบวนการขัดเมล็ด-ล้าง กระบวนการบดกาแฟ กระบวนการปอกเปลือกและกระบวนการสีกะลา ตามลำดับ ส่วนกระบวนการที่ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กระบวนการตากแห้งที่ใช้แรงงานคนในการตากเมล็ดกาแฟให้แห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และกระบวนการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟที่ใช้แรงงานคนคัดแยกเมล็ดกาแฟสารไม่สมบูรณ์ออก ทั้งนี้เมล็ดกาแฟสารไม่สมบูรณ์สามารถรวบรวมและจำหน่ายเพื่อผลิตเป็นกาแฟโอเลี้ยง จากการเก็บข้อมูลตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและนำข้อมูลมาประเมินสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้ามีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดร้อยละ 46 จากกระบวนการปอกเปลือก กระบวนการสีกะลา กระบวนการคั่วกาแฟและกระบวนการบดกาแฟ รองลงมาได้แก่ น้ำเสีย ก๊าซหุงต้มและการใช้น้ำ ร้อยละ 37 11 และ 6 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.5



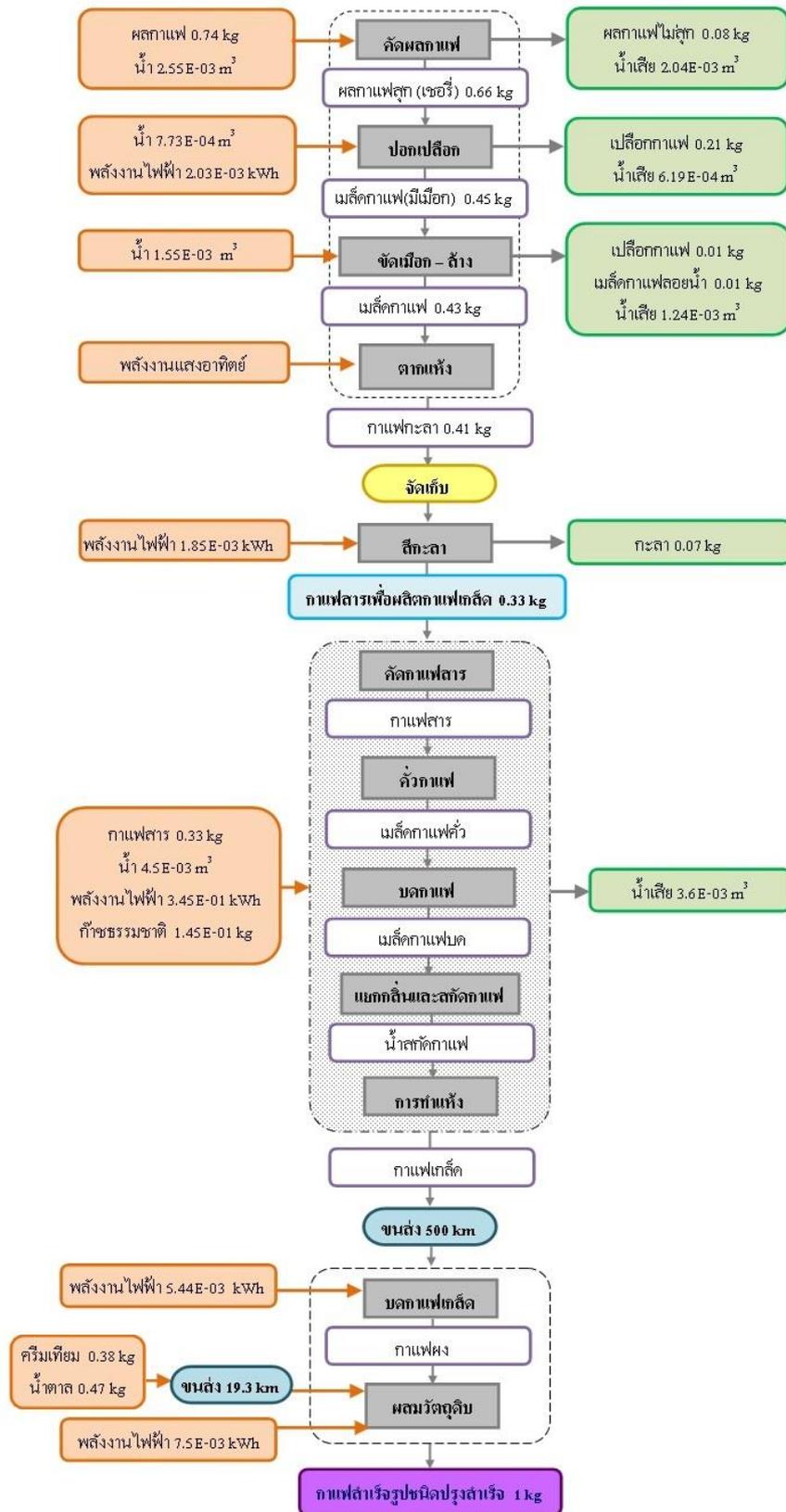
รูปที่ 4.5 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม

4.3 ข้อมูลกิจกรรมและผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก กระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูป ชนิดปรุงสำเร็จ

จากกรณีศึกษากระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน พบว่ากระบวนการแปรรูปบางส่วนสามารถเก็บข้อมูลได้ที่วิสาหกิจชุมชนฯ ได้แก่ กระบวนการคั่วผลกาแฟ กระบวนการปอกเปลือก กระบวนการขัดเมือก-ล้าง กระบวนการตากแห้ง กระบวนการสีกะลา กระบวนการบดกาแฟเมล็ดและกระบวนการผสมวัตถุดิบ ส่วนกระบวนการที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จากวิสาหกิจชุมชน ได้แก่ กระบวนการผลิตกาแฟเมล็ด เนื่องจากไม่มีกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดภายในวิสาหกิจฯ โดยเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดมีราคาสูง ซึ่งไม่คุ้มต่อการลงทุนเทียบกับยังขาดเงินทุนในการสนับสนุน ดังนั้นข้อมูลของกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดได้อ้างอิงผลงานวิจัยของ (Humbert และคณะ, 2009) ซึ่งผลการวิจัยได้แสดงปริมาณการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานสำหรับการผลิตกาแฟเมล็ด 1 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 4.3 ทั้งนี้เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนตามกระบวนการผลิต จะสามารถสร้างผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ แสดงดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยในการผลิตกาแฟเมล็ด 1 กิโลกรัม (Humbert และคณะ, 2009)

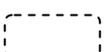
ข้อมูล	ปริมาณ	หน่วย
กาแฟสาร (Green coffee)	2.22	kg
พลังงานไฟฟ้า (Electricity)	2.3	kWh
ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas)	0.8	Nm ³
กาแฟคั่วบด (Coffee ground burned)	1.3	kg
น้ำ (Water)	30	liter



รูปที่ 4.6 แผนผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต์ดำ

เป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำร้ง 1 กิโลกรัม

หมายเหตุ  กระบวนการผลิตกาแฟถกสัลด (Humbert และคณะ, 2009)

 กระบวนการผลิตกาแฟจากวิสากิจชุมชนฯ

ข้อมูลที่ระบุในแผนผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ แสดงดังรูปที่ 4.6 นั้นเป็นข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานและวัสดุเหลือทิ้งในแต่ละกระบวนการแปรรูปอย่างละเอียด ซึ่งกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม ต้องใช้ผลกาแฟจำนวน 0.74 กิโลกรัมเป็นวัตถุดิบ โดยผลกาแฟจะต้องผ่านกระบวนการคัดผลกาแฟ กระบวนการปอกเปลือก กระบวนการขัดเมื่อก-ล้าง กระบวนการตากแห้งและกระบวนการสีกะลา เพื่อนำกาแฟสารไปแปรรูปเป็นกาแฟเกล็ด โดยกาแฟเกล็ดที่ได้จะต้องนำไปบดให้ละเอียดเป็นผงก่อนจะนำไปผสมวัตถุดิบอื่นๆ เนื่องจากกาแฟที่มีลักษณะเป็นผงจะมีความสามารถในการละลายน้ำร้อนได้ดี (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2557) ส่วนกระบวนการผสมวัตถุดิบจะผสมกาแฟผงกับวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ ครีมเทียมและน้ำตาล โดยผสมวัตถุดิบตามสูตรกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนฯ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้อ้างอิงสัดส่วนของวัตถุดิบตามที่ระบุไว้บนบรรจุภัณฑ์ ด้านการขนส่งวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ ได้แก่ การขนส่งกาแฟเกล็ดด้วยรถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็กมีน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน มีระยะทางระหว่างโรงงานผลิตกาแฟเกล็ด จังหวัดสมุทรปราการ ถึง วิสาหกิจชุมชนฯ 500 กิโลเมตร การขนส่งน้ำตาลและครีมเทียมด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็กมีน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน มีระยะทางระหว่างแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร ถึง วิสาหกิจชุมชนฯ 19.3 กิโลเมตร นอกจากนี้ น้ำเสียที่ผ่านการใช้ในแต่ละกระบวนการแปรรูป ทางวิสาหกิจชุมชนฯ จะนำไปรด ต้นกาแฟทั้งหมดโดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ (สันทัดศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549) กอปรกับการผลิตกาแฟเกล็ดไม่ได้รายงานเรื่องน้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงประเมินปริมาณน้ำเสียที่ร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จัดเก็บและรวบรวมสามารถนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูป แสดงดังตารางที่ 4.4

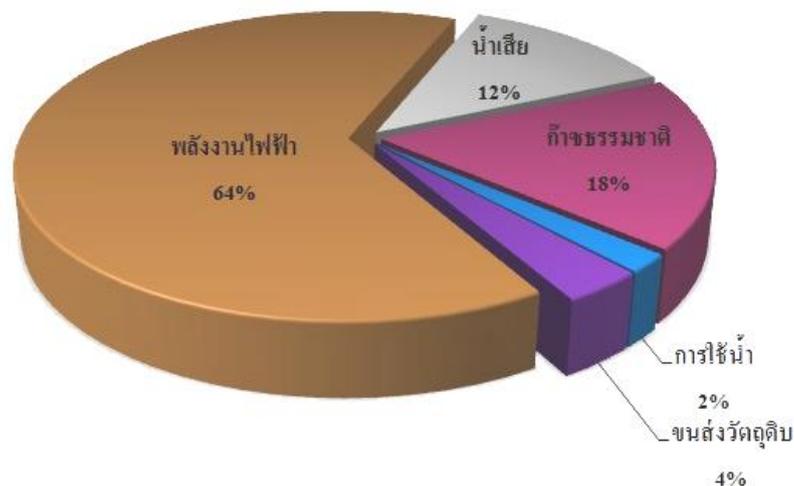
ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม

กระบวนการ	ปัจจัย	ปริมาณ	หน่วย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ e)	ร้อยละ
คัสดกาแฟ	น้ำ	2.55E-03	m ³	1.80	0.52
	น้ำเสีย	2.04E-03	m ³	11.5	3.35
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคัสดกาแฟ				13.3	3.87
ปอกเปลือก	น้ำ	7.73E-04	m ³	0.54	0.16
	น้ำเสีย	6.19E-04	m ³	3.48	1.02
	พลังงานไฟฟ้า	2.03E-03	kWh	1.24	0.36
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปอกเปลือก				5.26	1.54
ขัดเมือก-ล้าง	น้ำ	1.55E-03	m ³	1.09	0.32
	น้ำเสีย	1.24E-03	m ³	6.96	2.03
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขัดเมือก-ล้าง				8.05	2.35
สีกะลา	พลังงานไฟฟ้า	1.85E-03	kWh	1.13	0.33
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสีกะลา				1.13	0.33
ผลิตกาแฟ เกล็ด	น้ำ	4.5E-03	m ³	3.17	0.93
	น้ำเสีย	3.6E-03	m ³	20.3	5.91
	พลังงานไฟฟ้า	3.45E-01	kWh	210	61.38
	ก๊าซธรรมชาติ	1.45E-01	kg	61.4	17.93
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการ ผลิตกาแฟเกล็ด				295	86.15
ขนส่ง	กาแฟเกล็ด	500	km	8.80	2.57
	ครีมเทียม	19.3	km	1.68	0.40
	น้ำตาล	19.3	km	1.35	0.49
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง				11.8	3.46
บดกาแฟเกล็ด	พลังงานไฟฟ้า	5.44E-03	kWh	3.31	0.97
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการ บดกาแฟเกล็ด				3.31	0.97

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม (ต่อ)

กระบวนการ	ปัจจัย	ปริมาณ	หน่วย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ e)	ร้อยละ
ผสมวัตถุดิบ	พลังงานไฟฟ้า	7.5E-03	kWh	4.57	1.33
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผสมวัตถุดิบ				4.57	1.33
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม				342	100

ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 342 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับต่อกิโลกรัม จากการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ร้อยละ 64 รองลงมา ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ น้ำเสีย ขนส่งวัตถุดิบและการใช้น้ำ แสดงดังรูปที่ 4.7



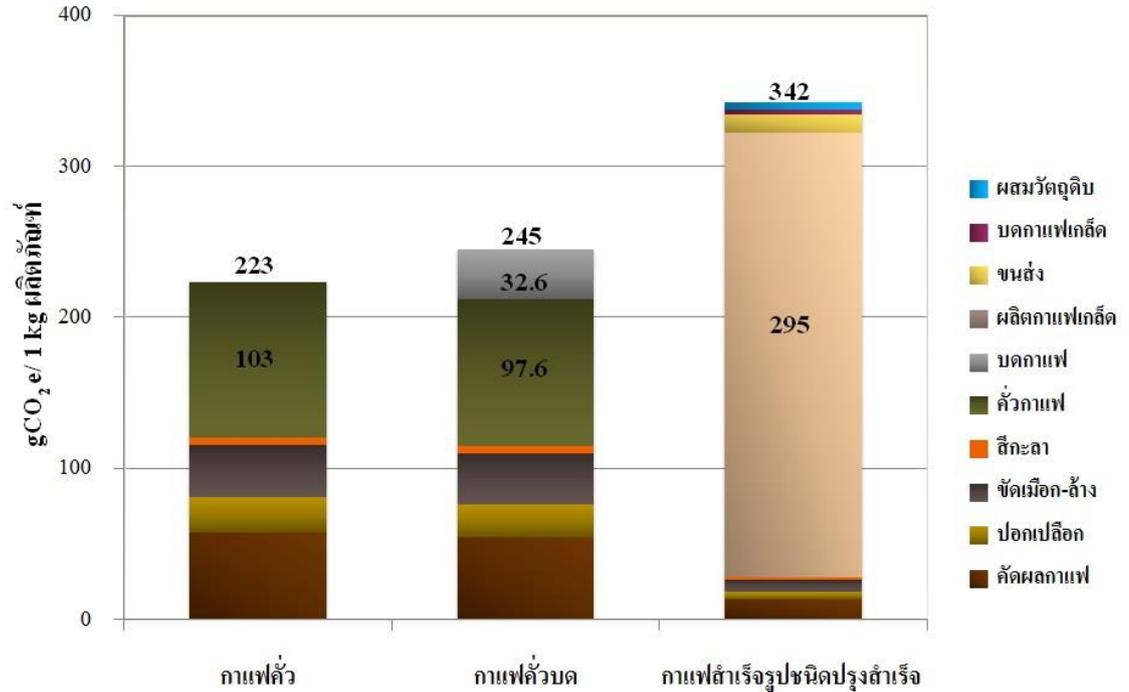
รูปที่ 4.7 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ 1 กิโลกรัม

4.4 ผลการเปรียบเทียบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.4.1 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างผลิตภัณฑ์กาแฟโรบัสต้า

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประเมินผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว กาแฟคั่วบด และกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามีทั้งทางตรง ทางอ้อม และทางอ้อมอื่นๆ โดยทางตรงเกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ของเชื้อเพลิงชนิดก๊าซหุงต้มในกระบวนการคั่วกาแฟ การเผาไหม้อยู่กับที่ของเชื้อเพลิงชนิดก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดและจากการขนส่งวัตถุดิบ ได้แก่ ครีมหีมและน้ำตาล ซึ่งเป็นการขนส่งด้วยยานพาหนะของวิสาหกิจชุมชนฯ จากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร จนถึงวิสาหกิจชุมชนฯ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบทางอ้อมเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการแปรรูป ได้แก่ กระบวนการปอกเปลือก กระบวนการสีกะลา กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ กระบวนการบดกาแฟ กระบวนการผลิตกาแฟเมล็ด กระบวนการบดกาแฟเมล็ดและกระบวนการผสมวัตถุดิบ ส่วนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ การขนส่งกาแฟเมล็ด ซึ่งเป็นการขนส่งโดยการจ้างเหมาหน่วยงานอื่นขนส่งกาแฟเมล็ดจากโรงงานผลิตกาแฟเมล็ดในจังหวัดสมุทรปราการ จนถึงวิสาหกิจชุมชนฯ

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 4.8 พบว่ากระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วและผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดมีแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ (Hot Spot) ที่กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและความคุ้มครองภูมิถึงคั่วกาแฟ ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับคั่วกาแฟ ส่งผลให้กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 45.99 ของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม และร้อยละ 39.86 ของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบด 1 กิโลกรัม เมื่อพิจารณากรณีศึกษากระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ พบว่ามีแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ (Hot Spot) จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ร้อยละ 64



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว กาแฟคั่วบด และกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จที่ 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์

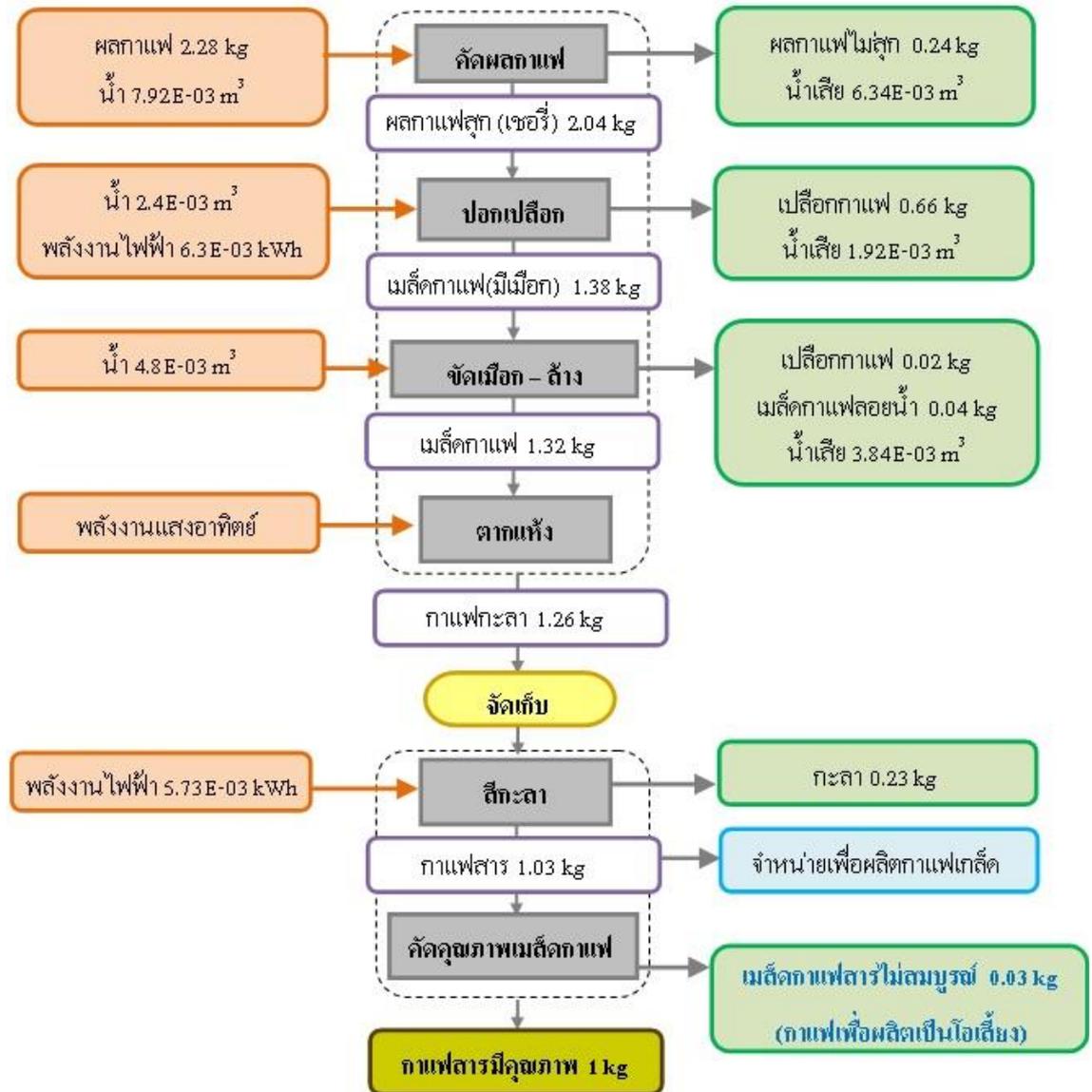
4.4.2 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กาแฟโรบัสต้ากับผลิตภัณฑ์กาแฟอื่นๆ

เมื่อนำผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว กาแฟคั่วบด และกาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จที่ 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่าการนำผลการวิจัยไปเปรียบเทียบค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากมีขอบเขตการวิจัยที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะกระบวนการแปรรูปเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่างานวิจัยของผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดอาราบิก้ากับกาแฟจากร้านค้าปลีกและโรงคั่วอบกาแฟ มีขอบเขตการวิจัยตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซาก และงานวิจัยของกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มมีขอบเขตการวิจัยตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน และการกำจัดซาก ส่วนงานวิจัยของผลิตภัณฑ์กาแฟกระป๋องและกาแฟสารอาราบิก้ามีขอบเขตการวิจัย ได้แก่ การได้มาของวัตถุดิบและการผลิต

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบขอบเขตการวิจัยของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ
ผลิตภัณฑ์กาแฟ

ขอบเขต การวิจัย	การได้มา ของวัตถุดิบ	การผลิต	การกระจาย สินค้า	การใช้งาน	การกำจัด ซาก
งานวิจัยนี้	-	✓	-	-	-
กาแฟสารอาราบิก้า (สถาบันวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556)	✓	✓	✓	-	-
กาแฟคั่วบดอาราบิก้า (องค์การบริหารจัดการ ก๊าซเรือนกระจก, 2555)	✓	✓	✓	✓	✓
กาแฟกระป๋อง (วศินญา สารปริง ,2553)	✓	✓	-	-	-
กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม (Hassard และคณะ, 2014)	✓	✓	-	✓	✓
กาแฟจากร้านค้าปลีกและ โรงคั่วอบกาแฟ (Starbucks, 2011)	✓	✓	✓	✓	✓

นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยด้านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกาแฟอาราบิก้า (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556) มีขอบเขตการศึกษาวิจัย ตั้งแต่ การเพาะต้นกล้า การปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว และกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว (การผลิตกาแฟสาร) ที่หน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมกาแฟสารอาราบิก้า ซึ่งการผลิตกาแฟสารอาราบิก้ามีกระบวนการผลิต คล้ายคลึงกับการผลิตกาแฟสาร โรบัสต้าด้วยวิธีเปียก (Wet Process) โดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟ จะต้องเตรียมเมล็ดกาแฟเป็นกาแฟสารก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว กาแฟคั่วบดและ กาแฟสำเร็จรูปชนิดปรุงสำเร็จ ทั้งนี้การจัดเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานและวัสดุเหลือทิ้ง ในแต่ละขั้นตอนการแปรรูป สามารถนำข้อมูลมาสร้างผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ โรบัสต้า แสดงดังรูปที่ 4.9

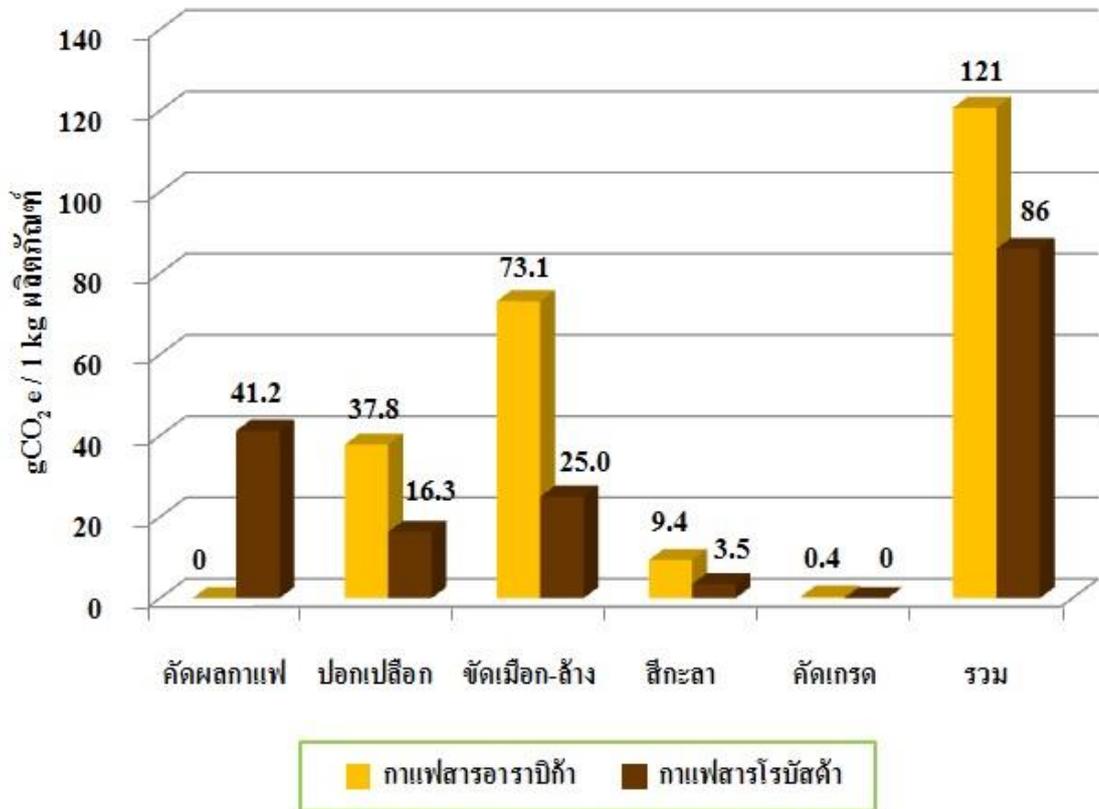


รูปที่ 4.9 แผนผังการไหลของกระบวนการแปรรูปเม็ลตกาแฟโรบัสต์
เป็นผลิตภัณฑ์กาแฟสาร 1 กิโลกรัม

จากการสร้างฝักรไหลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นกาแฟสาร ทำให้ทราบว่าการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นกาแฟสารต้องใช้ผลกาแฟเฉลี่ย 2.28 กิโลกรัมเป็นวัตถุดิบ ผลกาแฟต้องผ่านเข้าสู่กระบวนการคั่วผลกาแฟ กระบวนการปอกเปลือก กระบวนการขัดเมล็ด-ล้าง กระบวนการตากแห้งและกระบวนการสีกะลา เพื่อผลิตเป็นกาแฟสารโรบัสต้า 1 กิโลกรัม โดยข้อมูลการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูป แสดงดังตารางที่ 4.6 ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแปรรูปเป็นกาแฟสารระหว่างกาแฟสารอาราบิก้ากับกาแฟสารโรบัสต้าที่หน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมกาแฟสาร แสดงรายละเอียดการประเมินดังรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นกาแฟสาร 1 กิโลกรัม

กระบวนการ	ปัจจัย	ปริมาณ	หน่วย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ e)	ร้อยละ
คั่วผลกาแฟ	น้ำ	7.92E-03	m ³	5.58	6.48
	น้ำเสีย	6.34E-03	m ³	35.6	41.43
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคั่วผลกาแฟ				41.18	47.92
ปอกเปลือก	น้ำ	2.4E-03	m ³	1.69	1.96
	น้ำเสีย	1.92E-03	m ³	10.8	12.55
	พลังงานไฟฟ้า	6.3E-03	kWh	3.84	4.46
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปอกเปลือก				16.33	18.98
ขัดเมล็ด-ล้าง	น้ำ	4.8E-03	m ³	3.38	3.93
	น้ำเสีย	3.84E-03	m ³	21.6	25.11
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขัดเมล็ด-ล้าง				24.98	29.04
สีกะลา	พลังงานไฟฟ้า	5.73E-03	kWh	3.49	4.06
รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสีกะลา				3.49	4.06
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นกาแฟสาร 1 กิโลกรัม				86.01	100



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเป็นกาแฟระหว่างกาแฟอาราบิก้ากับกาแฟโรบัสต้า 1 กิโลกรัม

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเป็นกาแฟ 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 86 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกระบวนการคัดผลกาแฟปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการใช้น้ำและการเกิดน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟเป็นกาแฟอาราบิก้า 1 กิโลกรัม พบว่าปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 121 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการชัดเมือกและล้างมากที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้การแปรรูปเมล็ดกาแฟเป็นกาแฟอาราบิก้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากาแฟโรบัสต้า

4.5 แนวทางจัดการการใช้พลังงาน ทรัพยากร และวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

4.5.1 ลดการใช้พลังงาน

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่ว ทำให้ทราบว่า น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปเป็นสาเหตุสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นได้นำไปใช้รดน้ำต้นกาแฟที่ปลูกโดยรอบวิสาหกิจทั้งหมด ส่วนผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มในกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการเปลี่ยนเครื่องคั่วกาแฟ จะต้องใช้งบลงทุนจำนวนมาก เมื่อวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนแล้วพบว่าต้องใช้เวลาชดเชยยาวนาน ดังนั้น แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการปรับเปลี่ยนหัวเตาแก๊สหุงต้มเป็นแบบประหยัดพลังงานที่มีจำหน่ายจริง ซึ่งเป็นอีกแนวทางที่จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ได้แก่ การเปลี่ยนหัวเตาแก๊สหุงต้มเป็นแบบประหยัดพลังงาน ซึ่งประหยัดแก๊สหุงต้มได้สูงสุด ร้อยละ 69 (ไฮ-เซฟเวอร์, 2557) ที่แก๊สหุงต้ม 1 ถึง หรือ 15 กิโลกรัม โดยสามารถคั่วกาแฟได้สูงสุด 966 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ของวิสาหกิจชุมชนฯ ที่ 300 กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 5 เดือน (วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงานแสดงในภาคผนวก ก.)

4.5.2 การจัดการวัสดุเหลือทิ้ง

การแปรรูปเมล็ดกาแฟจะใช้เพียงแต่ส่วนเมล็ดเท่านั้น จึงต้องนำส่วนประกอบอื่นๆ ของเมล็ดกาแฟออกก่อน ทำให้มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ ได้แก่ ผลกาแฟไม่สุก เปลือกกาแฟสด กะลาหรือเปลือกกาแฟแห้ง และเมล็ดกาแฟสาร ไม่สมบูรณ์ โดยผลกาแฟไม่สุกเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากจากกระบวนการคัดผลกาแฟ โดยลักษณะของผลกาแฟไม่สุกจะมีผลสีเขียวและลอยน้ำ ซึ่งไม่สามารถนำไปแปรรูป เนื่องจากผลกาแฟไม่สุกมีคุณภาพด้อยกว่าผลกาแฟสุกที่มีลักษณะผิวสีส้มหรือสีแดงและจมน้ำ วิสาหกิจชุมชนฯ จึงได้คัดผลกาแฟไม่สุกออกและคืนให้เกษตรกร ทั้งนี้ เกษตรกรมีวิธีการจัดการผลกาแฟไม่สุกที่ได้รับคืนได้แก่ การทำปุ๋ยบำรุงต้นกาแฟ และพบผลกาแฟไม่สุกในกระบวนการขัดเมล็ด-ล้าง ซึ่งผลกาแฟไม่สุกปะปนในลักษณะเมล็ดกาแฟลอยน้ำ นอกจากนี้กาแฟสารที่ผ่านกระบวนการสีเพื่อเอากะลาออกด้วยเครื่องสีกะลาจะนำไปคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟ เพื่อเลือกเฉพาะเมล็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่แตกหัก แล้วนำไปแปรรูปเป็นกาแฟคั่วและกาแฟคั่วบดต่อไป ส่วนเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์จะคัดออกแล้วรวบรวมเพื่อจำหน่ายเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตโอเลี้ยง ดังนั้นเมล็ดกาแฟสาร ไม่สมบูรณ์จึงเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ

โรบัสต้า นอกจากนี้ใช้น้ำใช้ในแต่ละขั้นตอนการแปรรูปทางวิสาหกิจชุมชนฯ มีวิธีการโดยนำไปรดน้ำต้นกาแฟทั้งหมด จากวัสดุเหลือทิ้งข้างต้นสามารถหาแนวทางจัดการให้เกิดประโยชน์ ดังนี้



รูปที่ 4.11 เปลือกกาแฟสุก (ซ้าย) และกะลาหรือเปลือกกาแฟแห้ง (ขวา)

4.5.2.1 เปลือกกาแฟสด

เปลือกกาแฟสดเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.11 จากกระบวนการปอกเปลือก ขั้นตอนการล้างและขจัดเมือก เนื่องจากการแปรรูปเมล็ดกาแฟจะต้องนำผลกาแฟสุกไปเข้าเครื่องปอกเปลือก เพื่อขจัดเปลือกชั้นนอกออกก่อนนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป จึงเหลือเปลือกกาแฟสดในปริมาณมาก สามารถนำเปลือกกาแฟสดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ การใช้เปลือกกาแฟสดเป็นวัตถุดิบสำหรับทำไวน์ (เจนจิรา ชุมภูคำ และคณะ, 2557) เมื่อนำมาจำหน่ายในปริมาณและราคาเดียวกับท้องตลาดที่ 750 มิลลิลิตร ราคา 325 บาทต่อขวด (อาริบาบบา, 2557) จะสามารถผลิตขายสร้างรายได้ให้วิสาหกิจชุมชนฯ นอกจากนี้เปลือกกาแฟสดสามารถผลิตเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (มาลัยพร ดวงบาล, 2552) โดยเอนไซม์แทนเนสที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillusoryzae* ย่อยสลายไฮโดรไลซ์แทนนินที่เป็นองค์ประกอบของกาแฟ ได้กรดแกลลิกและกลูโคส ซึ่งกรดแกลลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดอัตราการเกิดโรคมะเร็ง โรคอัมพาต และลดสาเหตุแก่ก่อนวัย ซึ่งการผลิตกรดแกลลิกด้วยวิธีชีวภาพนี้เป็นการเพิ่มทางเลือกและช่วยลดต้นทุนจากการผลิตด้วยวิธีทางเคมี

4.5.2.2 กะลาหรือเปลือกกาแฟแห้ง

กะลาเป็นเปลือกชั้นในของกาแฟกะลาที่ผ่านการสีด้วยเครื่องสีกะลาเพื่อแยกกะลาออกจากเมล็ดกาแฟ กะลาจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งชนิดหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4.9 โดยสามารถนำไปใช้เพื่อต่อยอดให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ ใช้ทำปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2554) เนื่องจากกะลามีโปรแตสเซียมสูง ใช้ปรับปรุงดินได้ดี ช่วยให้ดินร่วนซุย สามารถนำกะลาไปใส่รอบโคนต้นกาแฟโดยตรง หรือนำกะลามาเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยหมัก จึงเป็นอีกแนวทางช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการจัดซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกร นอกจากนี้กะลาสามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (นพพร สุคใจธรรม, 2546) เนื่องจากกะลามีค่าความร้อน 6,038 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม มีค่าสูงกว่าฟืนซึ่งมีค่าความร้อน 4,436 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อนำไป

ลดความชื้นจะสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทันที มีค่าความร้อนใกล้เคียงน้ำมันเตา ถ้านำกะลาไปทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจะสะดวกต่อการใช้งาน สามารถผลิตขายในราคาตามท้องตลาด ที่ 20 บาทต่อกิโลกรัม (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้หลากหลายทั้งอุตสาหกรรมและครัวเรือน อีกทั้งยังสามารถสร้างรายได้ใช้วิสาหกิจชุมชนฯและช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปด้วยการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น