



สำนักหอสมุด

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ของอุตสาหกรรมน้ำตาล

Carbon Footprint for Energy and Environment Management
in Sugar Industry

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยราชภัฏ
วันลงทะเบียน..... 12 มิ.ย. 2558
เลขทะเบียน..... 1 6990921
เลขเรียกหนังสือ.....

โดย

ผศ.ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และคณะ

จ HD
9/100
ร45/
2557

กันยายน 2557

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ของอุตสาหกรรมน้ำตาล

Carbon Footprint for Energy and Environment Management
in Sugar Industry

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก

ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ

ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นายประมวล ปูนปั้น

บริษัท ไทยเอกלקซ์ จำกัด (มหาชน)

นายเอกวิทย์ ไยดี

ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2557

มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2557 ที่สนับสนุนงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ การผลิต และบุคลากร ในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านเครื่องมืออุปกรณ์การทดลอง และการเก็บข้อมูล งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย



รายงานการวิจัยเรื่อง	คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ของอุตสาหกรรมน้ำตาล Carbon Footprint for Energy and Environment Management in Sugar Industry
คณะผู้วิจัย	ผศ.ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ นายประมวล ปูนปั้น นายเอกวิทย์ ไยดี
ทุนสนับสนุนการวิจัย	งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๗

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม Simapro Version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

จากผลการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50-99.50 °z ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 kgCO₂e/kg และจากการวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบ Single Score นั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ เนื่องจาก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อย เป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอ รองลงมาเป็นกระบวนการผลิต

คำสำคัญ : อ้อย น้ำตาลทรายดิบ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และ การประเมินวัฏจักรชีวิต

บทที่	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1 – 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1 – 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1 – 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	1 – 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1 – 2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2 – 1
2.1 อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล	2 – 1
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	2 – 1
2.2 พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย	2 – 3
2.3 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	2 – 6
2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment	2 – 8
2.4.1 นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต	2 – 8
2.4.2 ประเภทของการประเมินวัฏจักรชีวิต	2 – 8
2.4.3 รูปแบบการประเมิน	2 – 9
2.4.4 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัด	2 – 9
2.2.5 บทนิยาม (Terms and Definitions)	2 – 10
2.5 การประมวลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต	2 – 11
2.5.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis: LCI)	2 – 12
2.5.2 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)	2 – 13
2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	2 – 13
2.6.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์	2 – 14
2.6.2 การตรวจวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์	2 – 15
2.6.3 ฉลากคาร์บอนในต่างประเทศ	2 – 15
2.7 การจัดทำมาตรการทางพลังงาน ตามมาตรฐาน ISO 50001	2 – 16
2.7.1 ประโยชน์ของ ISO 50001	2 – 17
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2 – 18

บทที่	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3 – 1
3.1 อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล.....	3 – 1
3.2 ขอบเขตการวิจัย.....	3 – 1
3.3 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.....	3 – 2
3.4 การเก็บข้อมูลแต่ละขั้นตอนในตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย.....	3 – 4
3.4.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....	3 – 4
3.4.2 รายการข้อมูลที่ต้องรวบรวมขึ้น.....	3 – 6
3.4.3 สถานการณ์สมมติ (Scenario setting).....	3 – 7
3.4.4 กระบวนการผลิต.....	3 – 7
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	3 – 8
3.5.1 กระบวนการเตรียมอ้อย.....	3 – 8
3.5.2 กระบวนการหีบสกัด.....	3 – 9
3.5.3 กระบวนการพรมน้ำอ้อย.....	3 – 10
3.5.4 การทำความสะอาด หรือทำใส่น้ำอ้อย.....	3 – 10
3.5.5 กระบวนการต้ม.....	3 – 11
3.5.6 กระบวนการเคี้ยว.....	3 – 11
3.5.7 การปั่นแยกผลึกน้ำตาล.....	3 – 12
3.5.8 การขนส่งและกระจายสินค้า.....	3 – 12
3.6 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	3 – 13
3.6.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life cycle inventory).....	3 – 13
3.6.2 กระบวนการผลิต.....	3 – 14
3.6.3 ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ.....	3 – 15
3.6.4 ขั้นตอนการจัดจำหน่าย.....	3 – 15
3.6.5 ขั้นตอนการใช้งาน.....	3 – 16
3.6.6 การขนส่ง.....	3 – 16
3.6.7 การวิเคราะห์การจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม.....	3 – 17
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	4 – 1
4.1 สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec.....	4 – 2

บทที่	หน้า
4.2 การจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 3
4.2.1 บัญชีรายการของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย).....	4 – 3
4.2.2 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย.....	4 – 3
4.2.3 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี้ยว ปั่น.....	4 – 4
4.2.4 แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....	4 – 5
4.2.5 แผนผังกระบวนการขนส่ง.....	4 – 6
4.2.6 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 7
4.2.7 แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 8
4.3 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 8
4.3.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 9
4.3.2 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 11
4.4 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆ ของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	4 – 13
4.5 กระบวนการขนส่ง.....	4 – 18
4.5.1 สัดส่วนการขนส่งของการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย.....	4 – 18
4.6 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2.....	4 – 28
4.6.1 การวิเคราะห์แบบ Single Score.....	4 – 30
บทที่ 5 บทสรุป.....	5 – 1
5.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี.....	5 – 1
5.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environment Indicators).....	5 – 1
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	5 – 2

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพ 2.1	บริเวณปลูกอ้อยของโลก.....2 – 2
ภาพ 2.2	แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาล.....2 – 7
ภาพ 2.3	ตัวอย่างบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....2 – 12
ภาพ 2.4	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.....2 – 14
ภาพ 2.5	ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่างๆ.....2 – 16
ภาพ 3.1	แผนผังกระบวนการการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์.....3 – 4
ภาพ 3.2	แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....3 – 5
ภาพ 3.3	แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....3 – 7
ภาพ 3.4	กระบวนการเตรียมอ้อย.....3 – 8
ภาพ 3.5	กระบวนการหีบสกัดอ้อย.....3 – 9
ภาพ 3.6	กระบวนการพรมน้ำอ้อย.....3 – 10
ภาพ 3.7	ตะแกรงกรองน้ำอ้อยใส.....3 – 10
ภาพ 3.8	หม้อต้ม.....3 – 11
ภาพ 3.9	หม้อเคี้ยว.....3 – 11
ภาพ 3.10	หม้อปั่น.....3 – 12
ภาพ 3.11	แผนผังกระบวนการการขนส่ง.....3 – 12
ภาพ 4.1	การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 2
ภาพ 4.2	แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....4 – 6
ภาพ 4.3	แผนผังกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ.....4 – 6
ภาพ 4.4	แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 7
ภาพ 4.5	แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 8
ภาพ 4.6	การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์.....4 – 9
ภาพ 4.7	ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 10
ภาพ 4.8	แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 12
ภาพ 4.9	สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....4 – 12
ภาพ 4.10	การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย.....4 – 18

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพ 4.11 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	4 – 27
ภาพ 4.12 กราฟเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของอ้อยสด อ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	4 – 28
ภาพ 4.14 ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมา จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	4 – 31



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 2.1 ลักษณะของอ้อย.....	2 – 1
ตาราง 2.2 พื้นที่และผลผลิตอ้อยของประเทศต่างๆ.....	2 – 2
ตาราง 2.3 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (รายภูมิภาค) ของประเทศไทย.....	2 – 3
ตาราง 2.4 รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายปีการผลิต 2555/2556.....	2 – 3
ตาราง 2.5 โรงงานน้ำตาลตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย.....	2 – 4
ตาราง 2.6 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต.....	2 – 12
ตาราง 2.7 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต และคำศักราณในการทำให้โลกร้อน.....	2 – 14
ตาราง 3.1 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	3 – 2
ตาราง 3.2 เครื่องมือที่ใช้ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....	3 – 5
ตาราง 3.3 การเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044.....	3 – 17
ตาราง 4.1 คุณสมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	4 – 1
ตาราง 4.2 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย).....	4 – 3
ตาราง 4.3 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย.....	4 – 4
ตาราง 4.4 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี้ยว บั่น.....	4 – 5
ตาราง 4.5 การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์.....	4 – 9
ตาราง 4.6 ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 10
ตาราง 4.7 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	4 – 11
ตาราง 4.8 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	4 – 13
ตาราง 4.9 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....	4 – 14
ตาราง 4.10 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิต.....	4 – 15
ตาราง 4.11 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	4 – 16

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 4.12 การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย.....	4 – 18
ตาราง 4.13 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของการขนส่งวัตถุดิบจากไร่อ้อย – โรงงานน้ำตาล.....	4 – 19
ตาราง 4.14 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล.....	4 – 21
ตาราง 4.15 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	4 – 25
ตาราง 4.16 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง ของกระบวนการบำรุงรักษาของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	4 – 25
ตาราง 4.17 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์.....	4 – 26
ตาราง 4.18 การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2.....	4 – 28
ตาราง 4.19 การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบแบบSingle Score.....	4 – 30

การขยายตัวของความต้องการสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดภาระทางด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม และขนส่ง ซึ่งเป็นภาคที่มีสัดส่วนการใช้ทรัพยากร และพลังงานมากที่สุดเพื่อผลิตสินค้าและบริการแก่ผู้บริโภค ปัจจุบันทั่วโลกมีการตระหนักถึงปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเรื่องของสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก โดยมีทั้งหน่วยงาน ความร่วมมือต่างๆ ทั้งการส่งเสริม และกีดกัน ทั้งด้านการค้าและบริการเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ดังนั้นการตระหนักและรับผิดชอบต่อของผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงเข้ามามีบทบาทในการกำหนดตำแหน่งทางการตลาด จึงมีการแสดงความรับผิดชอบต่อในด้านสิ่งแวดล้อมออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น ฉลากสิ่งแวดล้อม ฉลากคาร์บอน การวิเคราะห์การใช้พลังงานและทรัพยากรอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งช่วยให้ผู้ซื้อสินค้าตัดสินใจในด้านของการช่วยรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นการพัฒนาในภาคส่วนอุตสาหกรรมสู่การเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรมสะอาดอีกทางหนึ่ง

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมน้ำตาลซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศด้านการส่งออกเป็นอันดับ 3 รองจากข้าวและยางพารา แบ่งเป็นสัดส่วนเป็นการบริโภคภายในประเทศ 1,796,431.88 ตัน และส่งออก 6,468,145.41 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1.22 แสนล้านบาท มีพื้นที่ในการเพาะปลูกอ้อย จำนวน 9.48 ล้านไร่ มีโรงงานผลิตน้ำตาลรวมทั้งสิ้น 47 โรงงานทั่วประเทศ [1] และในกระบวนการผลิตน้ำตาลเป็นกระบวนการหลายขั้นตอน และค่อนข้างซับซ้อนจึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานและสารเคมีสูง รวมถึง มีการปลดปล่อยของเสียที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมสูงตามมาด้วย ซึ่งในปัจจุบันขอบข่ายการค้าที่การตระหนักถึงเรื่องพลังงานและสิ่งแวดล้อมนั้น มีบทบาทเข้ามามีส่วนกีดกันด้านการค้า เช่น ฉลากสิ่งแวดล้อม หรือ ฉลากพลังงาน เป็นต้น เพื่อบ่งบอกการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นอุตสาหกรรมจึงต้องมีการแสดงผลและการรับรองทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจที่ให้ความสำคัญในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) [2] เป็นแนวทางหนึ่งในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงชีวิต โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียประเภทต่างๆ ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

ดังนั้น นักวิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดทำการศึกษาวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลซึ่งได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม มีหน่วยเป็น $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ น้ำตาลทรายดิบ ซึ่งทำการประเมินที่โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตรับปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในหน่วยเทียบเท่า

คาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตตลอดกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งจะจัดทำบัญชีรายการผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งสามารถตรวจสอบได้ และนำผลการศึกษามาวิเคราะห์แนวทางในการจัดการกระบวนการผลิตให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อจัดทำบัญชีรายการกระบวนการผลิตน้ำตาล เพื่อใช้ในการวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
2. ศึกษาวัฏจักรชีวิตและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล
3. เพื่อวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาล

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

เพื่อจำแนกประเด็นปัญหาด้านพลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.2 วิธี Eco-Indicator 95 เพื่อให้ได้แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และได้ฐานข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต

1. โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี
2. ศึกษาการผลิตน้ำตาลทรายขาว
3. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน วัตถุดิบ และของเสียที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ตามมาตรฐาน ISO 14044
4. ทำการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตแบบ Cradle-to-gate ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการผลิตน้ำตาลทรายด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาล
2. ทราบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในอุตสาหกรรมน้ำตาล

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยอยู่ในฐานะผู้ผลิตและผู้ส่งออกเป็นอันดับต้นของตลาดการส่งออกน้ำตาล และปัจจุบันมีการแข่งขันทางการตลาดสูงขึ้น ดังนั้นการบริหารจัดการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย จึงต้องมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านพลังงานและวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้น จากกระบวนการปลูกอ้อยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการปลูกอ้อย ดังนั้นการประเมินวัฏ จักรชีวิตจึงมีความสำคัญในการวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

2.1 อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และสามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อบริโภคภายในประเทศและเป็นสินค้าส่งออก ของประเทศ

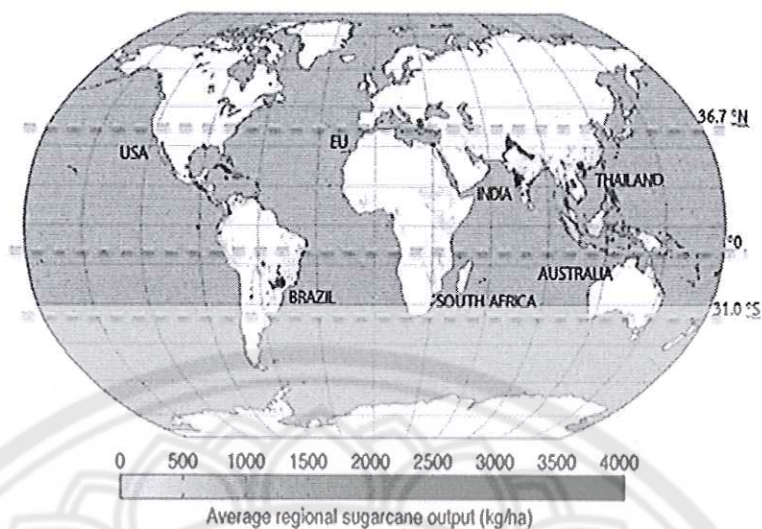
ตาราง 2.1 ลักษณะของอ้อย

ชื่อไทย (Location Name)	อ้อย
ชื่อสามัญ (Common Name)	Sugar Cane
ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific Name)	Saccharum officinarum Linn.
ชื่อวงศ์ (Family Name)	POACEAE

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [3]

อ้อยเป็นพืชไม้ล้มลุกสูงประมาณ 2 - 5 เมตร ขึ้นเป็นกอลำต้นแข็งแรง ต้นมีลักษณะสีม่วงแดงถึง ดำ มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ลำต้นกลมยาว เห็นข้อและปล้องชัดเจน มักมีรากอากาศอยู่ประปรายใบ เดี่ยว ออกที่ข้อแบบเรียงสลับ และร่วงง่าย พบได้เฉพาะปลายยอด โดยมีกาบใบโอบหุ้มข้ออยู่ ใบรูปขอบ ขนาน แคบยาวเรียว มีขนสากคายทั้งสองด้านของใบ แผ่นใบสีม่วงเข้ม มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน กว้าง 2.5 - 5 เซนติเมตร ยาว 100 - 150 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบหุ้มลำต้น กลางใบเป็นร่อง ขอบใบ จักจี้และคม เส้นกลางใบใหญ่ เป็นสีขาวมีขนดอกเป็นดอกช่อใหญ่ ออกที่ปลายยอด ลำต้นจะออก ดอกเมื่อแก่เต็มที ช่อดอกตั้งยาว 40 - 80 เซนติเมตร ในช่อหนึ่งมีดอกย่อยสีขาวครีม จำนวนมาก และมีขน ยาว เมื่อแก่จะมีฟูปลายเมล็ดปลิวตามลมได้ง่ายผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก จะออกเมื่อต้นแก่จัด

การผลิตอ้อยของโลกมีพื้นที่โดยรวม 20.42 ล้านเฮกเตอร์ (127.62 ล้านไร่) พื้นที่ การเพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่แถบเส้นศูนย์สูตร เขตร้อนชื้น หรือใกล้เคียง รวมถึงประเทศไทยด้วย ซึ่งจะเห็นการกระจายตัวของพื้นที่ปลูกอ้อย ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 บริเวณปลูกอ้อยของโลก [4]

พื้นที่การปลูกอ้อย ผลผลิต และผลผลิตต้น/ไร่ ของปีการปลูกอ้อย 2011 ของทั้งโลก มีดังต่อไปนี้ พื้นที่การปลูกอ้อยในปี ค.ศ. 2011 ทั้งหมดของโลกมีพื้นที่ 158,981,000 ไร่ ผลผลิต 1,794,359,000 ตัน และผลผลิตน้ำตาลที่ผลิตได้ 11.29 ตัน/ไร่ ซึ่งประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 4 ของโลก มีพื้นที่การปลูกอ้อยทั้งหมดของประเทศไทย ปีการปลูกอ้อย 2011 ทั้งหมด 7,870,000 ไร่ ผลผลิต 95,950,000 ตัน และผลผลิตน้ำตาลที่ผลิตได้ 12.19 ตัน/ไร่ ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 พื้นที่และผลผลิตอ้อยของประเทศต่างๆ [4]

Country	Areas (1,000 rais)			Product (1,000 ton)			Product Sugarcane (ton/rais)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Total world	148,869	147,903	158,981	1,687,027	1,694,505	1,794,359	11.33	11.46	11.29
Brazil	53,860	56,729	60,008	691,606	717,464	734,006	12.84	12.65	12.23
India	27,596	26,091	30,902	285,029	292,302	342,382	10.33	11.20	11.08
China	10,672	10,599	10,817	116,251	111,501	115,124	10.89	10.52	10.64
Thailand	6,023	6,310	7,870	66,816	68,808	95,950	11.09	10.90	12.19
Pakistan	6,434	5,893	6,173	50,045	49,373	55,309	7.78	8.38	8.96
Mexico	4,441	4,400	4,461	49,493	50,422	49,735	11.15	11.46	11.15
Philippines	2,525	2,218	2,748	32,500	34,000	34,000	12.87	15.33	12.37
USA	2,210	2,219	2,207	27,608	24,821	26,656	12.49	11.19	12.08

Country	Areas (1,000 rais)			Product (1,000 ton)			Product Sugarcane (ton/rais)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Australia	2,446	2,531	1,926	30,284	31,457	25,182	12.38	12.43	13.08
Argentina	21,056	2,188	2,188	25,580	25,000	25,000	11.87	11.43	11.43
Others	30,506	28,725	29,681	20,221	289,357	291,015	10.22	10.07	9.81

2.2 พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย [4]

พื้นที่การเพาะปลูกอ้อยของประเทศไทยมีทั้งหมด 9,487,320 ไร่ ได้ผลผลิตอ้อยทั้งหมด 107,442,468 ตัน เฉลี่ยประมาณ 11.32 ตัน/ไร่ ซึ่งแบ่งพื้นที่ปลูกตามภูมิภาคได้ดังนี้ภาคเหนือ 10 จังหวัด มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 2,164,085 ไร่ ภาคกลาง 12 จังหวัด มีพื้นที่ 2,903,408 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด มีพื้นที่ 3,936,371 ไร่ ภาคตะวันออก 6 จังหวัด มีพื้นที่ 483,456 ไร่ ซึ่งในประเทศไทย พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง ทั้งนี้สภาพการเพาะปลูกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และปริมาณน้ำ ซึ่งมีพื้นที่แบ่งตามจังหวัดต่างๆ ดังตาราง 2.3 – 2.4

ตาราง 2.3 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (รายภูมิภาค) ของประเทศไทย

ภาค	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
เหนือ	2,164,085	25,043,715	11.57
กลาง	2,903,408	33,607,949	11.58
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3,936,371	43,647,866	11.09
ตะวันออก	483,456	5,142,938	10.64
รวม	9,487,320	107,442,468	11.32

ตาราง 2.4 รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายปีการผลิต 2555/2556 [5]

ภาค	ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)			ปริมาณน้ำตาล ทราย (ตัน)	น้ำตาลทราย ต่อตันอ้อย (กก.)
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้	รวม		
เหนือ	7,036,524.80	17,561,645.33	24,598,170.13	2,351,246.39	95.59
กลาง	9,309,499.32	21,189,075.51	30,498,574.83	2,929,052.15	96.04
ตะวันออก	16,908,815.17	23,310,981.41	40,219,796.580	4,314,941.77	107.28

ภาค	ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)			ปริมาณน้ำตาลทราย (ตัน)	น้ำตาลทรายต่อตันอ้อย (กก.)
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้	รวม		
เฉิงเหินอู๋					
เตวันออก	954,806.37	3,731,166.95	4,685,973.32	432,520.89	92.30
รวมทั้งประเทศ	34,209,645.66	65,792,869.20	100,002,514.86	10,027,761.21	100.28

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้กำหนดราคาอ้อยขึ้นต้นปีการผลิต 2555/2556 ตันละ 950 บาท ที่ 10 C.C.S บวกเงินช่วยเหลือค่าอ้อยขึ้นต้น 160 บาท/ตัน ให้แก่ชาวไร่อ้อยในฤดูการผลิต ปี 2555/56 รวมเป็น 1,110 บาท สูงกว่าราคาอ้อยขึ้นสุดท้ายปี 2554/2555 ที่ราคาตันละ 1,074.54 บาท ที่ 10 C.C.S และผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทราย ขึ้นต้นฤดูการผลิตปี 2555/2556 ราคาตันละ 407.14 บาท ต่อตัน อ้อยส่วนผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทรายขึ้นสุดท้ายปี 2554/2555 ที่ตันละ 460.52 บาท ต่อตัน อ้อยเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการเพาะปลูกอ้อยฤดูการผลิต 2555/2556 เพิ่มขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา(ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย)

โรงงานน้ำตาลประเทศไทย [6]

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 47 โรงงาน ซึ่งตั้งอยู่ตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ แบ่งเป็น ภาคเหนือ 9 โรงงาน ภาคกลาง 17 โรงงาน ภาคตะวันออก 5 โรงงาน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 16 โรงงาน ดังตาราง 2.5

ตาราง 2.5 โรงงานน้ำตาลตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย

ภาคเหนือ	โรงงาน	จังหวัด	กำลังการผลิตที่ได้รับอนุญาต
			(ตันอ้อย/วัน)
	โรงงานน้ำตาลเชียงใหม่	เชียงใหม่	1,538
	โรงงานน้ำตาลแม่วัง	ลำปาง	2,936
	โรงงานน้ำตาลอุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์	1,736
	โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	อุตรดิตถ์	18,000
	โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	พิษณุโลก	11,994
	โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	8,000
	โรงงานน้ำตาลนครเพชร	กำแพงเพชร	24,000

โรงงานน้ำตาลรวมผลอุตสาหกรรมนครสวรรค์	นครสวรรค์	8,800
โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย	นครสวรรค์	40,000
โรงงานน้ำตาลไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม	เพชรบูรณ์	24,000
ภาคกลาง		
โรงงานน้ำตาลปราณบุรี	ปราณบุรี	7,000
โรงงานน้ำตาลราชบุรี	ราชบุรี	12,000
โรงงานน้ำตาลบ้านโป่ง	ราชบุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลมิตรเกษตร	กาญจนบุรี	11,890
โรงงานน้ำตาลไทยกาญจนบุรี	กาญจนบุรี	11,764
โรงงานน้ำตาลนิวกุ้งไทย	กาญจนบุรี	8,385
โรงงานน้ำตาลท่ามะกา	กาญจนบุรี	18,038
โรงงานน้ำตาลประจวบอุตสาหกรรม	กาญจนบุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม	กาญจนบุรี	9,635
โรงงานน้ำตาลวังขนาย	กาญจนบุรี	15,453
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี	4,228
โรงงานน้ำตาลมิตรผล	สุพรรณบุรี	21,511
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมอุทัย	สุพรรณบุรี	17,731
โรงงานน้ำตาลสิงห์บุรี	สิงห์บุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลสระบุรี	สระบุรี	22,970
โรงงานน้ำตาล ที.เอ็น.	ลพบุรี	18,000
ภาคตะวันออก		
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลชลบุรี	ชลบุรี	6,838
โรงงานน้ำตาลนิวกุ้งสันหล้า	ชลบุรี	6,479
โรงงานน้ำตาลสหการน้ำตาลชลบุรี	ชลบุรี	4,051
โรงงานน้ำตาลตะวันออก	สระแก้ว	17,978
โรงงานน้ำตาลระยอง	ระยอง	2,560
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		
โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	บุรีรัมย์	12,000
โรงงานน้ำตาลสหเรือง	มุกดาหาร	6,000
โรงงานน้ำตาลเกษตรผล	อุดรธานี	10,211

โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	อุดรธานี	12,000
โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	อุดรธานี	20,582
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	กาฬสินธุ์	6,000
โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์	18,000
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	ขอนแก่น	20,400
โรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง	ขอนแก่น	15,162
โรงงานน้ำตาลรวมเกษตรกรรมอุตสาหกรรม	ชัยภูมิ	18,000
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมโคราช	นครราชสีมา	24,000
โรงงานน้ำตาลราชสีมา	นครราชสีมา	36,000
โรงงานน้ำตาล เอ็น.วาย.ชูการ์	นครราชสีมา	13,690

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

2.3 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ [8]

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการใช้เครื่องจักรหนักหลากหลาย และมีการบริโภคพลังงานและสารเคมีสูงด้วย ดังนั้น ในการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายจึงจำเป็นต้องพิจารณากระบวนการย่อยในทุกส่วนของกระบวนการผลิต ดังนี้

กระบวนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction) ทำการสกัดน้ำอ้อยโดยผ่านอ้อยเข้าไปในชุดลูกทึบ (4-5 ชุด) และกากอ้อยที่ผ่านการสกัดน้ำอ้อยจากลูกทึบชุดสุดท้ายจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในเตาหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำมาใช้ในการกระบวนการผลิตและน้ำตาลทราย

การทำความสะอาดหรือทำใส่น้ำอ้อย (Juice Purification) น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำใสเนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆจึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีการกลั่นผ่านเครื่องกรองต่างๆ และวิธีการเคมีเช่นโดยให้ความร้อนและผสมปูนขาว

การต้ม (Evaporation) น้ำอ้อยที่ผ่านการทำใสแล้วจะถูกนำไปเข้าสู่ชุดหม้อต้ม (Multiple Evaporator) เพื่อระเหยเอาน้ำออก (ประมาณ 70 %) โดยน้ำอ้อยข้นที่ออกมาจากหม้อต้มลูกสุดท้ายเรียกว่าน้ำเชื่อม (Syrup)

การเคี้ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มจะถูกนำไปเข้าหม้อเคี้ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัวที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมาโดยที่ผลึกน้ำตาลและกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี้ยวนี้รวมเรียกว่าเมสเสคิวิท (Messequite)

การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifuging) เมสเสคิวิทที่ได้จากการเคี้ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลดิบ ดังภาพ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์

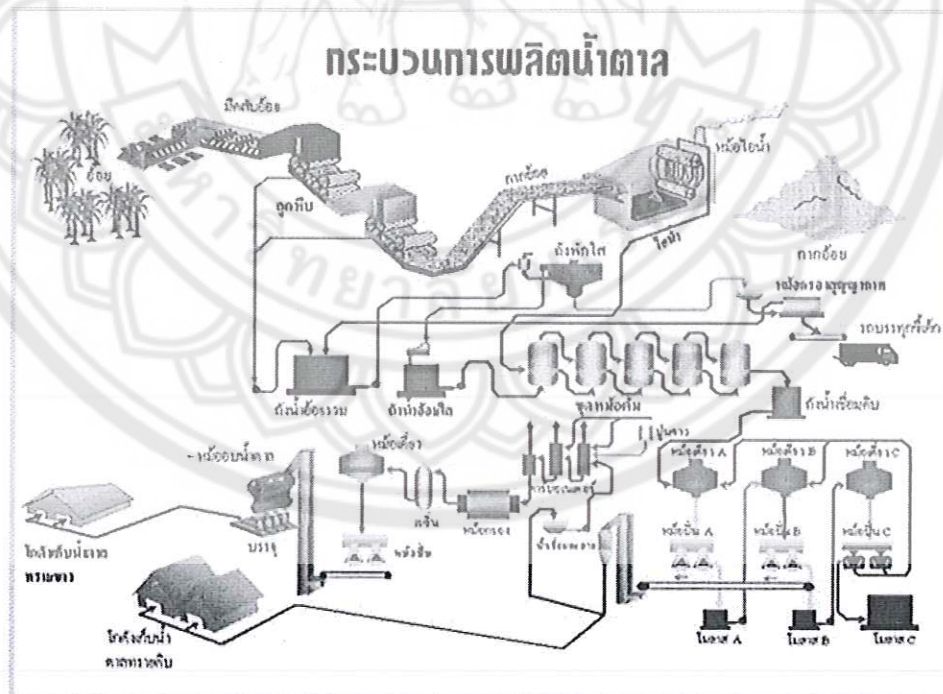
น้ำตาลทรายดิบถูกนำไปละลายน้ำแล้วถูกผ่านเข้า 5 ขั้นตอนการผลิต ดังนี้

การปั่นละลาย (Affinated Centrifugaling) นำน้ำตาลดิบมาผสมกับน้ำร้อน หรือน้ำเหลือจากการปั่นละลาย (Green Molasses) น้ำตาลดิบที่ผสมนี้เรียกว่า แมกมา (Magma) และแมกมานี้จะถูกนำไปปั่นละลายเพื่อล้างคราบน้ำเหลือง หรือกากน้ำตาลออก

การทำความสะอาดและฟอกสี (Clarification) น้ำเชื่อมที่ได้จากหม้อปั่นละลาย (Affinated Syrup) จะถูกนำไปละลายอีกครั้งเพื่อละลายผลึกน้ำตาลบางส่วนที่ยังละลายไม่หมดจากการปั่นและผ่านตะแกรงกรองเข้าผสมกับปูนขาวเข้าฟอกสีโดยผ่านเข้าไปในหม้อฟอก (ปัจจุบันนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอก) จากนั้นจะผ่านเข้าสู่การกรองโดยหม้อกรองแบบใช้แรงดัน (Pressure Filter) เพื่อแยกตะกอนออกและน้ำเชื่อมที่ได้จะผ่านไปฟอกเป็นครั้งสุดท้ายโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) จะได้น้ำเชื่อมรีไฟน์ (Fine Liquor)

การอบ (Drying) ผลึกน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาวที่ได้จากการปั่นก็จะเข้าหม้ออบ (Dryer) เพื่อไล่ความชื้นออกแล้วบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่าย

กากอ้อย (Bagasses) เป็นส่วนของชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายโดยปัจจุบันบริษัทใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลนอกจากนี้กากอ้อยยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอธิลแอลกอฮอล์และเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์



ภาพ 2.2 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาล [8]

2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ วิธีการประเมินเชิงปริมาณของการใช้ทรัพยากรมลพิษที่เกิดขึ้นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการผลิต ผลิตภัณฑ์และบริการโดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งการใช้ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการนำไปกำจัด

2.4.1 นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตมาจากคำในภาษาอังกฤษ คือ Life Cycle Assessment หรือ LCA คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่าเป็น “การเก็บรวบรวมและทำการประเมินค่าของสารขาเข้าและขาออก รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิต”

2.4.2 ประเภทของการประเมินวัฏจักรชีวิต

1. Cradle-to-grave คือการประเมินวัฏจักรชีวิตขั้นตอนการผลิตถึงขั้นตอนการใช้งานและขั้นตอนการกำจัด
2. Cradle-to-gate คือการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์บางส่วนของขั้นตอนการผลิตก่อนที่จะขนส่งไปยังผู้บริโภคซึ่งจะยกเว้นขั้นตอนการใช้งานและขั้นตอนการกำจัด
3. Cradle-to-Cradle คือลักษณะเฉพาะเจาะจงของการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบCradle-to-grave นั้นหมายความว่าเมื่อสิ้นสุดของวงจรชีวิตสำหรับผลิตภัณฑ์ของเสียที่เกิดขึ้นที่สามารถนำมารีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
4. Gate-to-gate คือบางส่วนของ การประเมินวัฏจักรชีวิตที่กระบวนการที่เพิ่มมูลค่าเพียงหนึ่งในห่วงโซ่การผลิตทั้งหมดเพื่อให้เกิดกระบวนการผลิตที่สมบูรณ์ที่สุด
5. Well-to-wheel คือลักษณะเฉพาะเจาะจงการประเมินวัฏจักรชีวิตของศักยภาพของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งทางถนน
6. Economic input-output life cycle assessment คือการประเมินวัฏจักรชีวิตของเศรษฐกิจการนำเข้าและการส่งออกซึ่งเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลในแต่ละภาคส่วนเกี่ยวกับวิธีการรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำมาประกอบกับภาคเศรษฐกิจของแต่ละส่วนและของแต่ละภาคการซื้อสินค้า

7. Ecologically-based LCA คือมันถูกออกแบบมาเพื่อให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการที่ชาญฉลาดของกิจกรรมของมนุษย์โดยการทำความเข้าใจผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อมต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศโดยรอบ

2.4.3 รูปแบบการประเมิน [15]

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีดังต่อไปนี้

แบบCradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิตการขนส่งและกระจายสินค้าการใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

แบบCradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B)

ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิตจนถึง หน้าที่โรงงานพร้อมส่งออกหรือจนถึงที่เป็นสาขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไปตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

2.4.4 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัด

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน(HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อนประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริงและแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปีของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ตัวอย่างเช่นก๊าซมีเทนมีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัมดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นต้น

ระยะเวลาที่ใช้ทำการประเมิน

ในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ให้คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100

ปีหลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยกเว้นช่วงกำจัดซาก (Final Disposal) ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี

สำหรับช่วงการกำจัดซากใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาทุกปีตลอดช่วงเวลา 100 ปีโดยคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของช่วงเวลาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วง 100 ปี ซึ่งเท่ากับ0.76

2.2.5 บทนิยาม (Terms and Definitions)

การเก็บกักคาร์บอน (Carbon storage)

การเก็บกักคาร์บอนโดยกระบวนการทางชีวภาพหรือที่มีอยู่ในอากาศให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่ใช่ก๊าซที่พบในชั้นบรรยากาศ

การชดเชย (Offsetting)

การนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ขององค์กรซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินมาหักลบเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

การปันส่วน (Allocation)

การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้าหรือสารขาออกของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงต้นน้ำ (Upstream Emissions)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนเข้าสู่วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขององค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงปลายน้ำ (Downstream Emissions)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายออกจากองค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กร หรือกิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่องค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent, CO₂e)

ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อนซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศโดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product)

ผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเดียวกันและมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์

หน่วยผลิตภัณฑ์ (Product Unit)

หน่วยของผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจกำหนดแยกตามน้ำหนักปริมาตรหรือขนาดบรรจุจำนวนย่อยพื้นที่หรือตามรูปแบบที่วางจำหน่ายอื่นๆ

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material Contribution)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากกว่าร้อยละ 1 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

การตัดออก (Cut off)

การไม่นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากระบบมาใช้ในการคำนวณหรือประเมิน

2.5 การประมวลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

ปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้โปรแกรมหนึ่ง คือ โปรแกรม SimaPro ซึ่งพัฒนาโดยประเทศเนเธอร์แลนด์ โปรแกรมประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ 1) ฐานข้อมูลบัญชีรายการ และ 2) ข้อมูลในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยทั้ง 2 ส่วนได้มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไว้มากมาย แต่ผู้ที่นำโปรแกรมไปใช้งานไม่สามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใดๆ ได้

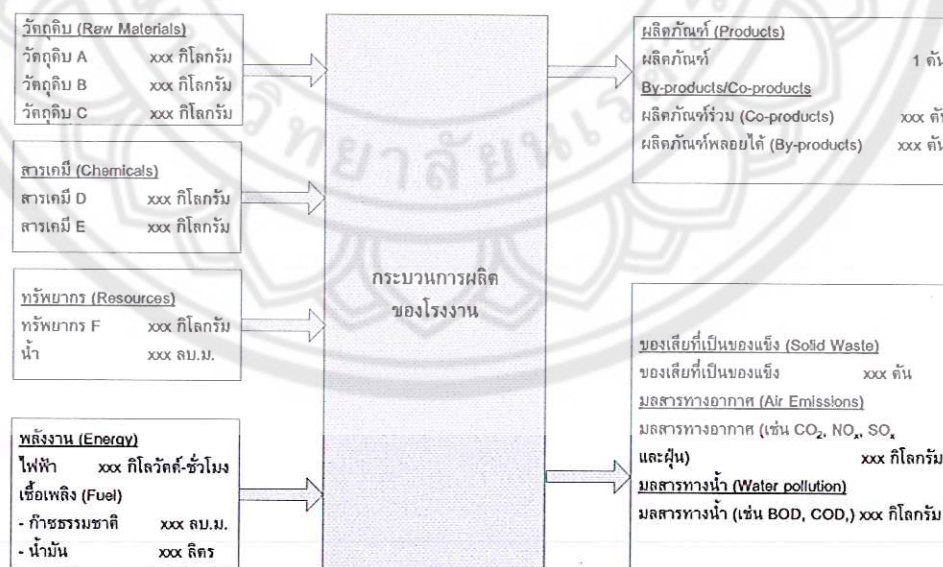
ถึงเวลาแล้วที่ประเทศไทยจะต้องจัดให้มีฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามสถานการณ์ในปัจจุบันของประเทศไทยยังต้องมีความร่วมมือจากทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่จะทำให้มีฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งฐานข้อมูลเหล่านี้ จะทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ฐานข้อมูลจริงภายในประเทศ รวมไปถึงการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารทดแทนสารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้ตามมาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการต่างๆ คือการที่ประชาชนในประเทศจะมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นดังตาราง 2.6

ตาราง 2.6 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

โปรแกรมสำเร็จรูป	ผู้ผลิตโปรแกรม	ประเทศผู้ผลิต
SimaPro	Pre' Consultants	เนเธอร์แลนด์
GaBi 3.2	IKP Stuttgart	เยอรมนี
TEAM 3.0	Ecobilan	ฝรั่งเศส
LCAIT	Chalmers	สวีเดน
KCL - Eco	KCL	ฟินแลนด์
Umberto 4.1	Ifu / ifeu	เยอรมนี
EcoPro	EMPA, Sinum	สวิตเซอร์แลนด์
Boustead	Boustead	อังกฤษ
NIRE - LCA	NIRE / AIST	ญี่ปุ่น
JEMAI - LCA	JEMAI	ญี่ปุ่น

2.5.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis: LCI)

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ การคำนวณหาปริมาณสารขาเข้า(Input) และสารขาออก (Output) จากการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต รวมไปถึงการปล่อยของเสียหรือมลพิษต่าง ๆ ออกสู่อากาศ น้ำ และดิน ดังภาพ 2.3



ภาพ 2.3 ตัวอย่างบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

2.5.2 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ การนำข้อมูลจากขั้นตอนในการจัดทำบัญชีรายการ (LCI) มาประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ข้อมูลการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะวิเคราะห์การเกิดสภาวะโลกร้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และ การใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี

2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [16]

การส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นจากการใช้พลังงาน การเกษตร การพัฒนา และขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดภาวะโลกร้อน จึงเป็นหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมในฐานะผู้ผลิต ภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภค

การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย จึงเป็นทางหนึ่ง que ผู้บริโภคจะมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และยังเป็นกลไกทางการตลาด ในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้า ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความต้องการของผู้บริโภคด้วย

ผู้บริโภคจำเป็นต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำ แก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จึงได้พัฒนาโครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดประกอบการตัดสินใจ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันในตลาดโลก

"คาร์บอนฟุตพริ้นท์" หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังภาพ 2.3 ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด เมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น การใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังช่วยเพิ่มขีด

ความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้ในหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย นอกจากนี้ หากประเทศไทยมีการดำเนินโครงการและเก็บข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจน จะช่วยให้เรามีอำนาจในการต่อรองมากขึ้นในการประชุมระดับโลกเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหามลภาวะโลกร้อน



ภาพ 2.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

2.6.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือที่เรียกว่า Carbon Profile (ข้อมูลรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) คือ ปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ อาทิ ก๊าซมีเทน เป็นต้น ที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ (ตามข้อกำหนด ISO 14040) ตลอดวัฏจักรชีวิต ทั้งนี้ แหล่งกำเนิดของก๊าซมาจากกิจกรรมต่างๆ อาทิ การใช้ไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กระบวนการในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณโดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ทั้งนี้ องค์การ Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC ได้กำหนดค่า GWP ของก๊าซต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลาที่กำหนด อาทิ 20, 100, 500 ปี ทั้งนี้ โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี ดังตาราง 2.7

ตาราง 2.7 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโดและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน

Species	Chemical formula	GWP100
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298
Hydrofluorocarbon	HFCs	4,750 – 14,400
Sulphur hexafluoride	SF ₆	22,800
Perfluorocarbon	PFCs	7,390 – 10,300

ที่มา : Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

2.6.2 การตรวจวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นหลักการตามมาตรฐานสากล ISO 14040 และ ISO 14044 ที่ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตโดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จัดเป็นหัวข้อหนึ่งของหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต

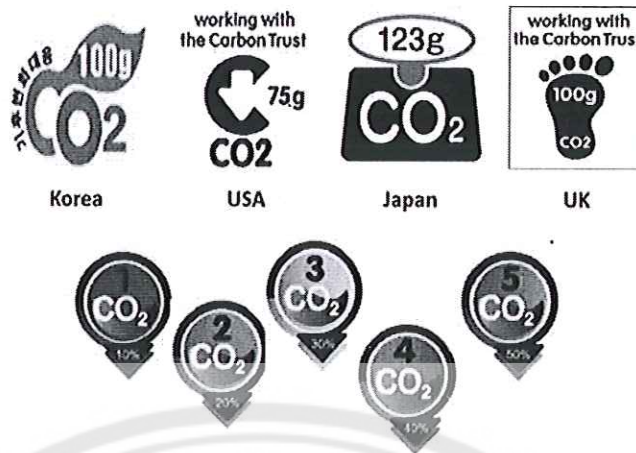
ข้อควรระวังการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงอย่างเดียวดังนั้นผู้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องระวังในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลเนื่องจากอาจเกิด Burden Shift หรือการโอนย้ายผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านอื่นสูงขึ้น

2.6.3 ฉลากคาร์บอนในต่างประเทศ

สืบเนื่องจากพิธีสารเกียวโตที่ประเทศสมาชิกวางเป้าหมายที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือ ก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกลงให้ได้ร้อยละ 5.2 ภายในปี พ.ศ. 2555 จากปริมาณที่ปล่อยในปีฐาน พ.ศ. 2533 ทำให้เกิดการค้าคาร์บอนเครดิตขึ้น ซึ่งประเทศ/บริษัท ที่ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมาย มีความจำเป็นต้องซื้อคาร์บอนเครดิตจากประเทศที่มีเครดิตเหลือ ผลของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงเริ่มกลายเป็นธุรกิจการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ระหว่างประเทศ และเชื่อว่าจะมีมูลค่ามหาศาลในระยะต่อไป โดยธุรกิจชนิดนี้จะแพร่กระจายเป็นวงกว้าง ทำให้หลายประเทศสนใจการสร้างความตระหนักต่อปัญหาการเกิดสภาวะโลกร้อนทั้งในหมู่ผู้ผลิตและผู้บริโภค จนมีหลายประเทศให้ความสนใจในการศึกษาค้นคว้าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขึ้นเพื่อบอกจำนวนก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลิตต่อหนึ่งหน่วยสินค้าโดยวิธีการคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะเริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบแล้วนำไปแปรรูปผลิต จนถึงการจัดจำหน่ายและย่อยสลาย ทำให้ผู้บริโภคทราบถึงความใส่ใจของผู้ผลิตต่อปัญหาโลกร้อน อีกทั้งยังสามารถสร้างความตื่นตัวในกลุ่มผู้บริโภคให้เลือกซื้อสินค้าที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการผลิตน้อยกว่าสินค้าชนิดเดียวกันแต่ต่างตราสินค้า

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นตัวเลขที่บ่งบอกปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kCO_2e หรือ TCO_2e) ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมและตลาดการค้าให้ความสนใจด้านนี้เป็นสำคัญโดยเฉพาะตลาดส่งออก ดังนั้น เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมให้แข่งขันได้ในตลาด จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของตัวเอง คือ การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั่นเอง โดยทั่วไปปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจะบอกเป็นตัวเลขที่ติดอยู่กับฉลากของผลิตภัณฑ์นั่นเอง มี 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. ฉลาก Low-Carbon-Seal เป็นฉลากที่ไม่แสดงจำนวนคาร์บอนที่ปลดปล่อย
2. ฉลาก Carbon Score เป็นฉลากที่มีการแสดงจำนวนคาร์บอนติดไว้บนตัวผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคสามารถเปรียบเทียบสินค้าได้
3. ฉลาก Carbon Rating เป็นฉลากลักษณะจัดระดับคล้ายฉลากประหยัดพลังงาน



ภาพ 2.5 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่างๆ

สำหรับประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้วจำนวน 188 บริษัท [17] ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์แม้ว่าจะเป็นมาตรการสมัครใจแต่มีแนวโน้มจะกลายเป็นมาตรการที่ส่งผลต่อการค้าอย่างแน่นอน โดยเฉพาะการส่งออกกับคู่ค้าในต่างประเทศซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของสินค้าอย่างเดียว แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมามีอิทธิพลต่อการสร้างจุดขายที่เหนือกว่าคู่แข่งได้ ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถผลักดันให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการภายในองค์กรอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.7 การจัดทำมาตรการทางพลังงาน ตามมาตรฐาน ISO 50001 [18]

วิกฤติพลังงานเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเนื่องจากต้นทุนพลังงานปัจจุบันปรับตัวสูงขึ้น และมีแนวโน้มที่พลังงานจะหมดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ควบคุมการใช้พลังงานในองค์กรเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่แล้วองค์กรจะให้ความสำคัญกับการจัดการต้นทุนด้านอื่นมากกว่า เช่น วัตถุดิบ ยอดขาย แต่เมื่อราคาพลังงานสูงขึ้นทำให้องค์กรต่างๆ หันมาพัฒนาควบคุมการใช้พลังงานในองค์กรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากปัจจัยดังกล่าวทำให้องค์กรระหว่างประเทศหลายๆ องค์กรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและพลังงานต่างหามาตรการแล้วกำหนดขึ้นมารองรับกับภาวะโลกที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างเช่น องค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้มองถึงปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงจัดทำมาตรฐาน ISO 50001 ซึ่งเป็นมาตรฐานระบบการจัดการพลังงานให้้องค์กรต่างๆ ได้นำไปใช้ เพื่อช่วยควบคุมและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน รองรับกับวิกฤติด้านพลังงานและลดการส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

โดย ISO 50001 นั้นได้เริ่มประกาศใช้มาตั้งแต่ปี 2554 และในปี 2555 กระทรวงอุตสาหกรรมได้ประกาศใช้ มอก.50001- 2555 ระบบการจัดการพลังงาน รวมถึงออกข้อกำหนดและข้อแนะนำในการใช้สมทบเสริมออกมาให้้องค์กร เพื่อให้องค์กรต่างๆ มีแนวทางพัฒนาระบบการจัด

การพลังงานได้สะดวกขึ้น ทั้งกลุ่มธุรกิจและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมให้ความสำคัญ และได้รับรองมาตรฐาน ISO 50001 กันมากขึ้น

2.7.1 ประโยชน์ของ ISO 50001

ประโยชน์ต่อองค์กร

1. เกิดการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งหมายถึงทราบสภาพการใช้พลังงานของตนเอง รู้ว่าจะจัดการหรือควบคุมพื้นที่ใดที่ใช้พลังงานสูงหรือเกินค่าที่กำหนด จนเป็นผลให้เกิดการวางแผนในการปรับปรุงโดยการสร้างมาตรการต่างๆ ต่อไป

2. เกิดดัชนีชี้วัดสมรรถนะขององค์กร (Company Performance Indicator) ในด้านพลังงาน เพิ่มขึ้นให้กับองค์กร นอกเหนือจากดัชนีชี้วัดอื่นๆ ที่ผู้บริหารมีอยู่แล้ว เช่น ด้านการเงิน ด้านยอดขาย ด้านบุคลากร เป็นต้น ซึ่งดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (Energy Performance Indicator; EnPI) นี้ จะเข้ามามีบทบาทในการที่ผู้บริหารสามารถใช้ติดตามการปฏิบัติต่างๆ ของทั่วพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานในการควบคุมและจัดการการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี

3. เกิดการควบคุมการปฏิบัติงาน (Standard Operation Control ; SOP) ในเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบการควบคุมให้เครื่องจักร/อุปกรณ์ทำงานในสภาวะที่เหมาะสม และสามารถเฝ้าติดตาม รวมถึงปรับปรุงได้ในทันที

4. เกิดการตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือ ประสิทธิภาพ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเฝ้าติดตาม หรือควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

5. เกิดการยอมรับในระดับสากลเป็นการเสริมภาพลักษณ์ให้กับองค์กรในด้าน CSR อีกทางหนึ่ง

6. เกิดการลดต้นทุนด้านพลังงานอย่างยั่งยืน ทำให้องค์กรสามารถเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด และ เป็นการเพิ่มความสามารถในการผลิตและบริการ

7. เกิดการติดตามกฎหมายที่องค์กรต้องปฏิบัติตามในด้านพลังงานต่างๆ อย่างเป็นระบบ รวมถึงการควบคุมการปฏิบัติให้สอดคล้องและครบถ้วนตามที่กฎหมายกำหนด

8. เกิดความตระหนักและมีส่วนร่วมในการควบคุมและอนุรักษ์พลังงานในพนักงานทุกระดับ อันเป็นผลมาจากการมีกำหนดดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน เป้าหมายและแผนงานต่างๆ ในแต่พื้นที่ที่มีการใช้พลังงานอย่างเป็นระบบ

ประโยชน์ต่อพนักงาน

เกิดการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบทั้งด้านข้อกำหนด ด้านเทคนิค และ ด้านจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงานเป็นเพิ่มความรู้ความสามารถให้กับพนักงานที่เกี่ยวข้องที่ต้องปฏิบัติตามระบบจัดการพลังงานที่กำหนดเอาไว้

ประโยชน์ต่อประเทศไทยและประโยชน์ต่อโลก

1. เกิดการควบคุม การลดใช้พลังงาน และ การเปลี่ยนมาใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆ อย่างเป็นระบบ และยั่งยืนขององค์กรต่างๆ ทำให้ประเทศสามารถลดการนำเข้าพลังงาน และเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานอีกทางหนึ่งด้วย
2. เกิดกลไกในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากกลไกอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มี การศึกษาไว้อย่างหลากหลาย ทั้งในและนอกประเทศ และมีการเผยแพร่ทั้งหนังสือ คู่มือและบทความทาง วิชาการ โดยในงานวิจัยนี้สนใจการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเพื่อนำไปสู่การจัดทำฉลากคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ จึงได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

M. Yuttitham, et al. [19] ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CFP) ของน้ำตาลที่ผลิตได้จาก อ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก (CO_2 , CH_4 และ N_2O) ในช่วงการเพาะปลูกอ้อยและช่วงการผลิตของโรงงานน้ำตาลซึ่งโรงงานมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลปุ๋ยเคมีปุ๋ย อินทรีย์ชีวมวลจากอ้อยและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการปลูกจากการสำรวจตามแบบสอบถามและ การสัมภาษณ์การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการผลิตน้ำตาลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา $0.55 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$ ซึ่งเป็นการปลดปล่อยมาจาก กระบวนการปลูกอ้อย $0.49 \text{ kgCO}_2\text{e}$ และมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย $0.06 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$ ส่วนของ การปลูกอ้อยจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากการใช้ปุ๋ยที่มีเชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวล จากการเผาไหม้และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีความไวต่อการเลือก ชนิดของข้อมูลโดยคำนวณจากปัจจัยการเปลี่ยนแปลงระหว่างการปลูกอ้อยของไร่ซึ่งไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขนาดของไร่ถึงแม้ว่าจะเป็นไร่ขนาดเล็กก็มีแนวโน้มของคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ค่อนข้างสูงกว่าที่ไร่ขนาดกลางและขนาดใหญ่

วิทยา กันยา [20] ได้ทำการศึกษการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้งานวิจัยจึงทำการประเมินวัฏจักร ชีวิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน เพื่อศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro version 7.1 วิธีการ Eco-indicator 99 จากการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ 9.27×10^{-4} DALY ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา $34.34 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ และผลกระทบต่อการลดลงของ ทรัพยากร 1.85×10^3 MF surplus และการตกผลึกยังก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในกระบวนการผลิต น้ำตาลทรายแดง

ชาครีย์ ธา [21] ได้ทำการศึกษาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบ่งปันสำปะหลังซึ่งแบ่งการประเมินตามแหล่งกำเนิด ออกเป็น 6 ส่วน คือการใช้ประโยชน์ที่ดินการเพาะปลูกมันสำปะหลังการขนส่งจากไร่ไปยังโรงงานการ

ผลิตแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียและระบบก๊าซชีวภาพการศึกษาได้ดำเนินการโดยรวบรวมปัจจัยการผลิตทั้งข้อมูลปฐมภูมิข้อมูลทุติยภูมิคิดค้นวิธีการคำนวณและคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการคำนวณคือค่าแฟคเตอร์ (Emission Factor) และค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งใช้ค่าจากฐานข้อมูลด้านก๊าซเรือนกระจกที่ได้ทำการรวบรวมไว้และเป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น Simple LCA หรือองค์กรที่ทำการศึกษารองก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะ เช่น Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization : TGO) เป็นต้นซึ่งในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ซึ่งผลได้จะอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน โดยจากผลการศึกษาทำให้ได้วิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการทั้ง 6 ส่วนวิธีการคำนวณที่จัดทำขึ้นได้นำมาทดลองใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากโรงงานกรณีศึกษา 4 แห่ง ผลการประเมินพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้ง 4 แห่ง มีค่าเฉลี่ย 2,154.21, 962.92, 172.81 และ 2,336.07 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันแป้ง ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีสาเหตุหลักมาจากการเพาะปลูกแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียกระบวนการผลิตการขนส่งระบบก๊าซชีวภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินตามลำดับ

Kazuhiro, et al. [22] ได้ทำการศึกษการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอ้อยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต ณ ประเทศญี่ปุ่นเพื่อใช้ในการพัฒนาเกษตรกรรม โดยพิจารณาจากการคาดการณ์ทางเศรษฐกิจระยะยาว แต่ไม่ได้การถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นในการศึกษครั้งนี้ประกอบไปด้วยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในกระบวนการปลูกอ้อยก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

Ramjeawon Toolseeram [23] ได้ทำการศึกษการประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยบนเกาะมาริเชียสซึ่งทำการศึกษตั้งแต่การปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การใส่ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกากอ้อย โดยศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ การเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ และสุขภาพของมนุษย์ ศึกษาปริมาณอ้อย 1 ตัน จากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 160 กิโลกรัม พบว่าการปลูกอ้อยและการเก็บเกี่ยวมีผลกระทบมากที่สุด

ดารณี แฉงหทัยกุล [24] ได้ทำการศึกษการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตน้ำตาลทรายเป็นพลังงาน ซึ่งได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานน้ำตาลราชสีมา มีอัตราการใช้อ้อย 30,000 ตัน/วัน มีปริมาณกากอ้อย 238.14 ตัน/วัน ใช้ในการผลิตไอน้ำที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส ทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการเผาเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่า ปัญหาสภาวะโลกร้อน และปัญหาด้านสภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีผลกระทบค่อนข้าง

น้อยมากจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นถ้าใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดสภาวะโลกร้อนและเป็นการนำเอาของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นเรศ ไหญ่วงศ์ [25] ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง พบว่าการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง จำนวน 1 กระป๋อง ขนาด 12 ออนซ์ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด $246 \text{ kgCO}_2\text{e}$ ซึ่งมาจากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ $232 \text{ kgCO}_2\text{e}$ หรือคิดเป็นร้อยละ 92 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

วิจิตรา วิทยาไพโรจน์ [26] ได้ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จากอ้อย 1 ตัน ทำการประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกจนถึงกระบวนการผลิตน้ำตาล และการนำผลพลอยได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้แก่เอทานอลจากกากน้ำตาล พลังงานไฟฟ้าและปาร์ติเกิลบอร์ดจากขานอ้อย ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดส่งผลกระทบต่อด้านสภาวะโลกร้อนมากที่สุด กระบวนการปลูกอ้อยส่งผลกระทบต่อด้านภาวะความเป็นกรดมากที่สุดและกระบวนการผลิตน้ำตาลส่งผลกระทบต่อด้านสารก่อมะเร็งและด้านการใช้พลังงานมากที่สุด

Renouf [27] ได้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการปลูกอ้อยในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างการเพาะปลูกแบบส่งผลกระทบต่ำ (Low-impact) กับแบบส่งผลกระทบสูง (High-impact) ที่คำนึงถึงการใช้พลังงานการใช้น้ำ และการเกิดยูโทรฟิเคชัน พบว่าการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 MJ/kg โดยระดับการใช้พลังงานสูงสุด 1.39 MJ/kg และต่ำสุด 0.14 MJ/kg ซึ่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนการผลิตปุ๋ย (เฉลี่ย 0.161 MJ/kg) ขั้นตอนการใช้น้ำมันในไร่ (0.12 MJ/kg) และขั้นตอนการสูบน้ำ (0.10 MJ/kg) ตามลำดับ การใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 65.6 ลิตรต่อตันอ้อย โดยระดับการใช้น้ำสูงสุด 487 ลิตรต่อตันอ้อยและต่ำสุด 3.8 ลิตรต่อตันอ้อย ซึ่งจำนวนปั้มน้ำที่ใช้ในระบบชลประทานจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการใช้พลังงาน สำหรับก๊าซเรือนกระจกมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในไร่อ้อย โดยคำนวณหาปริมาณ N_2O ที่ปล่อยสู่บรรยากาศจากอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนศักยภาพในการเกิดยูโทรฟิเคชันเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 กรัม ฟอสเฟตต่อกิโลกรัมตันอ้อย ($\text{PO}_4^{3-}(\text{e}) \text{ g/kg cane}$) โดยค่าสูงสุดคือ $1.43\text{PO}_4^{3-}(\text{e}) \text{ g/kg cane}$ และต่ำสุดคือ $0.07 \text{PO}_4^{3-}(\text{e}) \text{ g/kg cane}$

Eduardo Barretto de Figueiredo [28] ได้ทำการศึกษากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากระบวนการผลิตน้ำตาลของภาคใต้ของประเทศบราซิล ตั้งแต่การปลูกอ้อย การผลิต การเก็บเกี่ยว ปีการเพาะปลูก 2006/2007 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $241 \text{ kgCO}_2\text{e/ton sugar}$ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเก็บเกี่ยวอ้อย $2,406 \text{ kgCO}_2\text{e/ha}$ กระบวนการปลูกอ้อยจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา $26 \text{ kgCO}_2\text{e/ton sugar}$ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเป็นผลมาจาก สารตกค้างการเผาไหม้ประมาณ (44%) ผลจากการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ประมาณ 20 % และจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงฟอสซิล 18%

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เริ่มเข้าสู่ประเทศไทยในปี พ.ศ.2551จึงได้มีการศึกษาหลากหลายคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากประเทศต่างๆ ซึ่งในต่างประเทศมีกฎหมายที่ออกบังคับสำหรับภาคธุรกิจ การออกหลากหลายคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีปัจจัยที่สำคัญคือการให้ข้อมูลกับผู้บริโภค ผู้ผลิตที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น

ประเทศไทยจึงได้มีการออกฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อส่งเสริมการส่งออกและยังเป็นการตระหนักถึงความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิตและผู้บริโภค M. Yuttitham ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลที่ผลิตได้จากอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งการผลิตน้ำตาลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 0.55 kgCO₂e/kg ซึ่งเป็นการปลดปล่อยมาจากกระบวนการปลูกอ้อย 0.49 kgCO₂e และมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย 0.06 kgCO₂e/kg วิทยา กันยา ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน โดยศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา และผลกระทบต่อการศึกษาการลดลงของทรัพยากร ชาติริย์ ธา ได้ทำการศึกษาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังซึ่งประเมินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินการเพาะปลูกมันสำปะหลังการขนส่งจากไร่มันไปยังโรงงานการผลิตแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียและระบบก๊าซชีวภาพ Eduardo Barretto de Figueiredo ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลของภาคใต้ของประเทศไทยบราซิล ตั้งแต่การปลูกอ้อย การผลิต การเก็บเกี่ยว ปีการเพาะปลูก 2006/2007 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 241kgCO₂e/ton sugar

ดังนั้น ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จึงมีการจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ รวมถึงการขนส่งทั้งหมดของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด จากนั้นทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล รวมถึงจัดทำมาตรการทางด้านพลังงานของบริษัทน้ำตาลไทย เอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ และรวมถึงการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 และกรอบการพิจารณา environment indicator ปรากฏการเกิดภาวะเรือนกระจก การใช้พลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบให้เกิดความคุ้มค่าทางพลังงาน และการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้

3.1 อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

อุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่เป็นอันดับต้นๆ ของโลก และมีการบริโภคอย่างแพร่หลายและปริมาณที่สูง ซึ่งปัจจุบันสินค้าหรือบริการได้รับการจับตาและตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการบวนการผลิต และเนื่องจากการแข่งขันและเกิดการกีดกันด้านการค้าจากความขัดแย้งด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายจึงจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบทางด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และการขนส่ง รวมถึงกิจกรรมสนับสนุนต่างๆ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์

3.2 ขอบเขตการวิจัย

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ตามกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม ดังที่กล่าวมานั้น ต้องมีการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต เพื่อเป็นข้อกำหนดและแนวทางในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดง ดังนี้

1. ขอบเขต และรายละเอียดผลิตภัณฑ์

เพื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยการพิจารณาหมายรวมถึง ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบหมายถึง น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ที่มีค่าโพราไลเซชัน (Porolization) 97.30-99.50 %z และค่าสีตั้งแต่ 1001-3800 หน่วย ICMSA ซึ่งมีสมบัติดังตาราง 16 และรวมถึงวัตถุดิบร่วมอื่นๆ (สารเคมี หรือองค์ประกอบอื่นๆ ในกระบวนการผลิต) และบรรจุภัณฑ์



สำนักหอสมุด

ตาราง 3.1 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (°z)	ความชื้น (%)
ทรายดิบ Hi-pol	1001-2000	98.50-99.50	≤ 1.0
ทรายดิบ J-spec	2001-3800	97.30-98.0	≤ 1.0

2. หน่วยของผลิตภัณฑ์

กำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ ให้กำหนดตามขนาดผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบที่วางจำหน่าย โดยหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ 1 กิโลกรัมน้ำตาลทรายดิบ

3. ขอบเขตของระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการขนส่งสินค้า รวมถึงกระบวนการของส่วนสนับสนุนต่างๆ เป็นการประเมินแบบ Business to Business (B2B)

4. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง โดยการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ด้วยวิธี Eco indicator 95

5. การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็น ต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งได้แก่

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน เป็นต้น
2. ปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากรต่างๆ
3. ปริมาณการใช้สารเคมี
4. ปริมาณของเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ฯลฯ

3.3 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งกำหนดให้เป็น $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ น้ำตาลทรายแดงซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาในส่วนของการคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

เพื่อจำแนกประเด็นปัญหาด้านพลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Indicators) ของการผลิตน้ำตาลทรายโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.2 เพื่อให้ได้แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และได้ฐานข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต

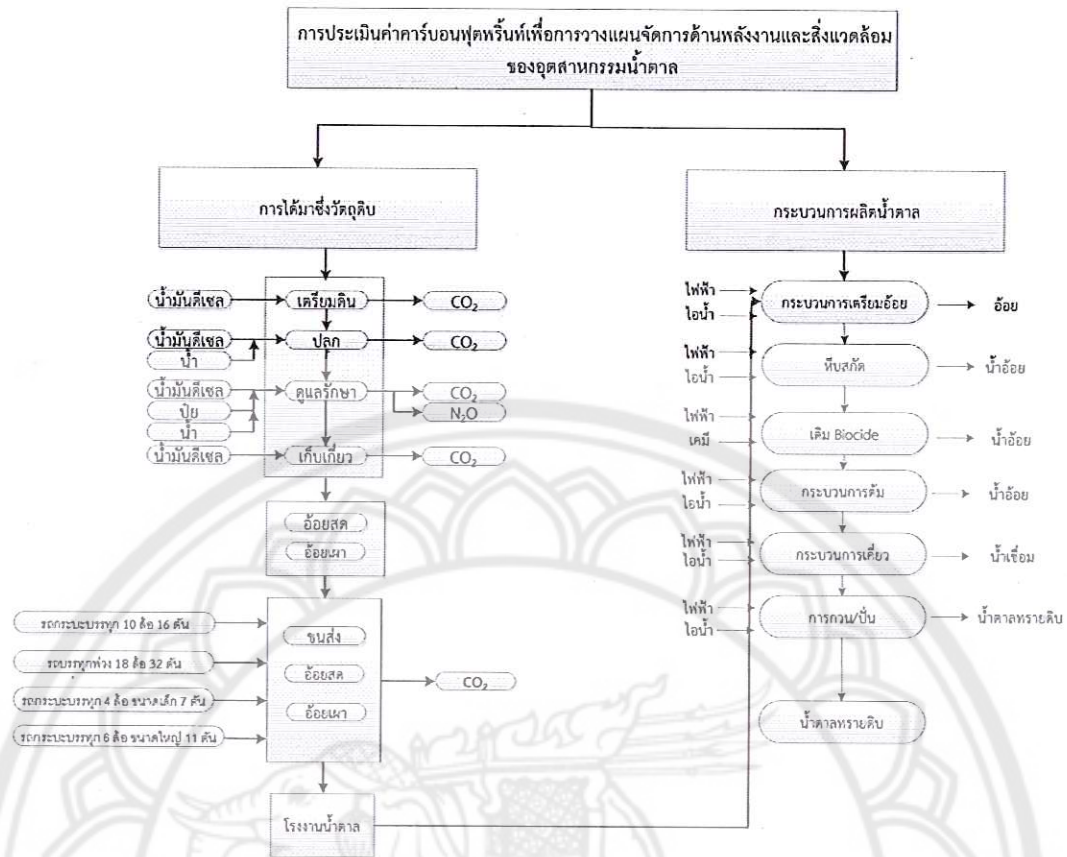
ขอบเขตวัฏจักรชีวิตในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ นับรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิตวัตถุดิบ
2. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์และการบรรจุภัณฑ์
3. การกระจายสินค้า
4. การกำจัดซากหลังจากการบริโภค
5. กระบวนการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่นการซ่อมบำรุง การจัดการน้ำเสีย/ของเสียจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

ขอบเขตวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ไม่นับรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

1. กิจกรรมสำนักงาน
2. การบริโภค
3. การขนส่งโดยสัตว์
4. การเดินทางของพนักงาน
5. การเดินทางของผู้บริโภคไปยังร้านค้าปลีก

โดยมีแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดง ดังภาพ 3.1



ภาพ 3.1 แผนผังกระบวนการการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.4 การเก็บข้อมูลแต่ละขั้นตอนในตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

ขอบเขตวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ นับรวม ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

3.4.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

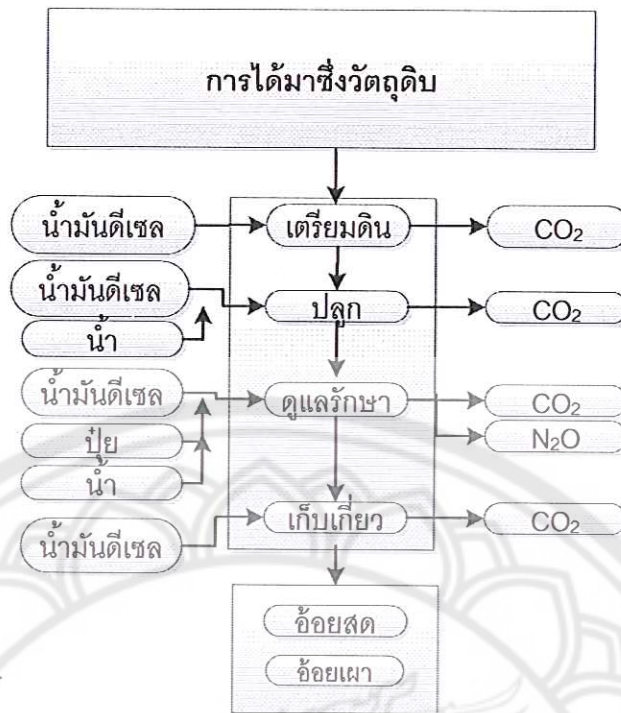
1.1 ขอบเขตการจัดเก็บข้อมูล

การปลูกอ้อย จนถึง การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน

1.2 กระบวนการ

แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ขอบเขตของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือการได้มาซึ่งอ้อย ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการเตรียมดิน กระบวนการปลูก กระบวนการดูแลรักษาและกระบวนการการเก็บเกี่ยวผลผลิตดังภาพ 20 ซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปุ๋ย และน้ำ และมีการใช้เครื่องมือในกระบวนการดังตาราง 3.2 การใช้ทรัพยากรเหล่านี้ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ



ภาพ 3.2 แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ตาราง 3.2 เครื่องมือที่ใช้ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

เครื่องมือที่ใช้	เครื่องจักร	หน่วย	จำนวน	รายละเอียดของตัวอย่าง
รถไถ 1 เพลา ผาน 7		ลิตร/ไร่	2	ไถได้ 35 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผาน 3		ลิตร/ไร่	4	ไถได้ 15 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผานซักร่อง อ้อย		ลิตร/ไร่	4	ซักร่องได้ 20 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา เครื่องปลูก		ลิตร/ไร่	4	ปลูกได้ 10 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 2 เพลา ผาน 7		ลิตร/ไร่	3	ไถได้ 43 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
รถไถ 2 เพลา ผาน 3		ลิตร/ไร่	5	ไถได้ 18 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า

เครื่องมือที่ใช้ ปลูกอ้อย	เครื่องจักร	หน่วย	จำนวน	รายละเอียดของตัวอย่าง
ผานซักร่อง อ้อย รถไถ 2 เพล		ลิตร/ไร่	5	ซักร่องได้ 24 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
เครื่องปลูก อ้อย รถไถ 2 เพล		ลิตร/ไร่	5	ปลูกได้ 14 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
รถบรรทุก		ลิตร	36.4	น้ำหนักบรรทุก 18 ตัน บรรทุกอ้อย 13 ตัน ระยะทางเฉลี่ย 80 Km
เครื่องสูบน้ำ ขนาดใหญ่ ขนาด 60 แรง		ลิตร/ไร่	6	เครื่องยนต์ติดปั๊มหอยโข่ง ขนาด 4 นิ้ว
เครื่องสูบน้ำ ขนาดเล็ก ขนาด 9 แรง		ลิตร/ไร่	2	เครื่องยนต์ติดปั๊มหอยโข่ง ขนาด 3 นิ้ว
รถตัดอ้อย		ลิตร/ไร่	26	รถตัดอ้อยขนาด 320 แรงม้า
รถฉีดยาอ้อย		ลิตร/ไร่	2	แทรคเตอร์ขนาด 60 แรงม้า หัวฉีดยา 4 หัว

3.4.2 รายการข้อมูลที่ต้องรวบรวมขึ้น

1. การปลูกอ้อย (ในกรณีที่สามารถเข้าถึงข้อมูล ตัวอย่างเช่น ไร่อ้อยที่ปลูกเอง)
ทำการศึกษาการปลูกอ้อยที่ หมู่ที่ 5 ตำบลบึงสามัคคี อำเภอบึงสามัคคี จังหวัด

กำแพงเพชร

2. การปลูกอ้อย (ในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูล)
ข้อมูลจากบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ทำการเก็บข้อมูล

ปีการเพาะปลูก 2555/2556

3. การขนส่งที่เกี่ยวข้อง
4. การจัดการในการเพาะปลูก เช่นปริมาณการใช้ปุ๋ย และสารเคมี เป็นต้น
5. การผลิตปุ๋ยและสารเคมี
6. การน้ำมันเชื้อเพลิง

7.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะในระหว่างการขนส่ง

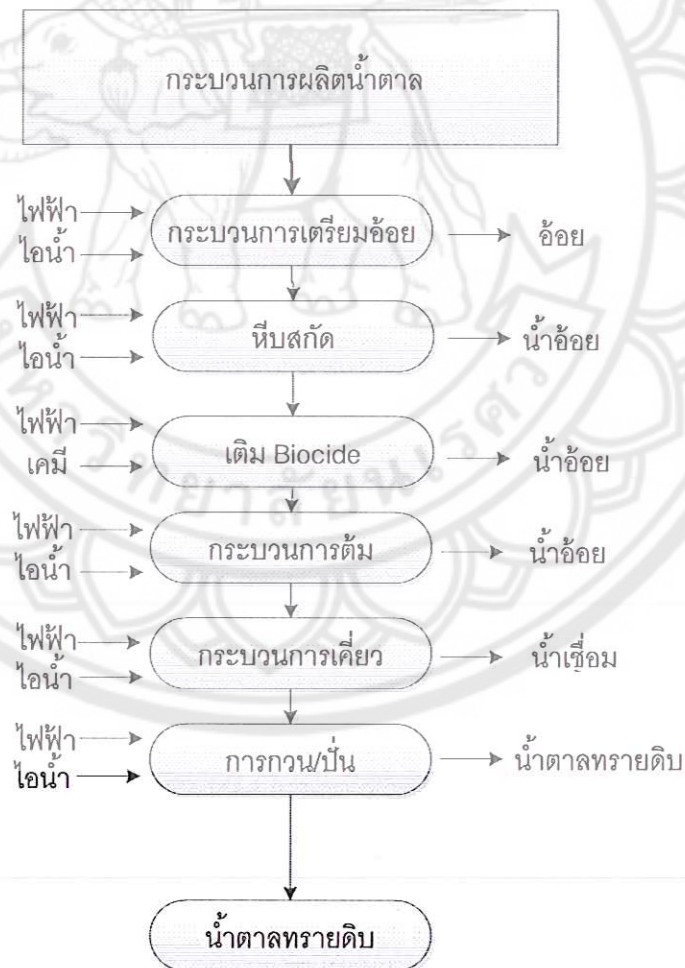
3.4.3 สถานการณ์สมมติ (Scenario setting)

1. กำหนดให้พื้นที่เพาะชำต้นพันธุ์อ้อยอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก ให้ยกเว้นการขนส่งมายังเกษตรกร
2. ปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี และปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม
3. การขนส่งวัตถุดิบ (อ้อยสด) จากพื้นที่เพาะปลูกสู่โรงงานผลิตอยู่ในรัศมีเฉลี่ย 70 กิโลเมตร การขนส่งใช้รถบรรทุกแบบพ่วง 18 ล้อ 32 ต้น เชื้อเพลิงดีเซล
4. น้ำหนักบรรทุก 100%

3.4.4 กระบวนการผลิต

แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี จะมีการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำในกระบวนการต่างๆ ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังภาพ 21 ซึ่งพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจะได้อาจจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ ซึ่งไฟฟ้าที่ได้จะนำมาใช้ในทุกส่วนของโรงงานที่มีการใช้ไฟฟ้า

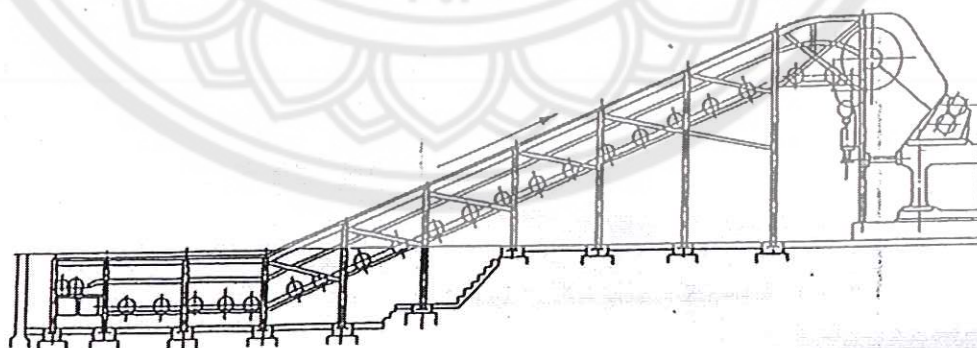
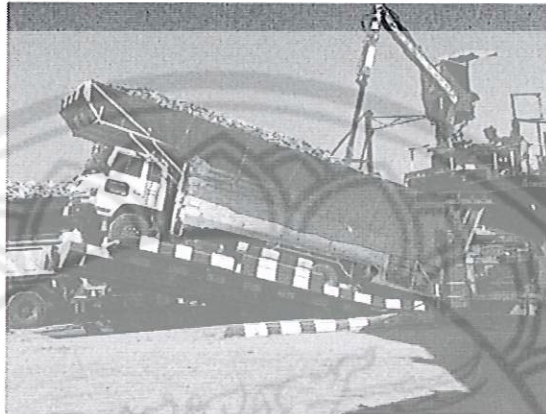


ภาพ 3.3 แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

3.5.1 กระบวนการเตรียมอ้อย

เป็นกระบวนการเริ่มต้นของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ การเตรียมอ้อยก่อนเข้าหีบเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมาก โดยการเตรียมอ้อยที่จะทำการหีบให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้การสูญเสียน้ำอ้อยน้อยที่สุด และช่วยให้ลูกหีบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 3.4

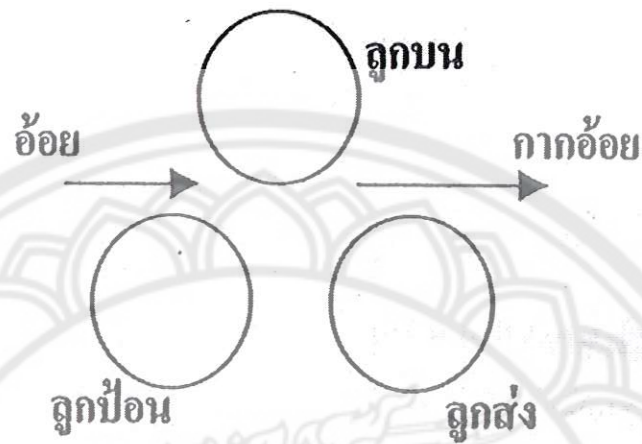


Cane carrier (Fives Lille-Cail).

ภาพ 3.4 กระบวนการเตรียมอ้อย

3.5.2 กระบวนการหีบสกัด

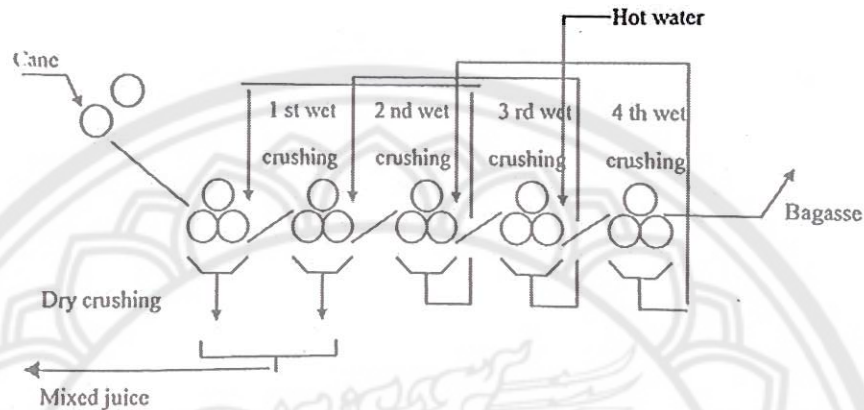
กระบวนการหีบสกัดน้ำอ้อยเป็นกระบวนการที่ต่อมาจากกระบวนการเตรียมอ้อย โดยกระบวนการหีบสกัดอ้อยจะมีชุดลูกหีบอยู่ 7 ชุดซึ่งประกอบไปด้วยลูกกลิ้งขนาดใหญ่ 3 ลูก วางเรียงกันในลักษณะสามเหลี่ยม ดังภาพ 3.5



ภาพ 3.5 กระบวนการหีบสกัดอ้อย

3.5.3 กระบวนการพรมน้ำอ้อย

การพรมน้ำลงบนกากอ้อยเป็นการเพิ่มการสกัดน้ำอ้อย โดยทั่วไปจะใช้น้ำร้อนพรมกากอ้อยที่หน้าลูกหีบชุดสุดท้ายเพื่อสกัดความหวานทั้งหมดออกมา และน้ำพรมอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายก็จะนำไปพรมลงบนหน้าลูกหีบชุดถัดมา ยกเว้นลูกหีบชุดที่ 1 ซึ่งน้ำพรมอ้อยที่ซ้มนักจะเป็นน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังภาพ 3.6



ภาพ 3.6 กระบวนการพรมน้ำอ้อย

3.5.4 การทำความสะอาด หรือทำใส่น้ำอ้อย

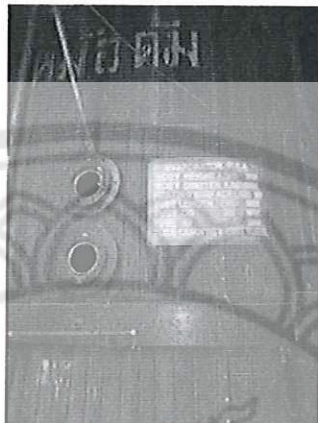
น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำใส เนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆ จึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกล เช่น ผ่านเครื่องกรองต่างๆ และวิธีทางเคมี เช่น โดยให้ความร้อน และผสมปูนขาว ดังภาพ 3.7



ภาพ 3.7 ตะแกรงกรองน้ำอ้อยใส

3.5.5 กระบวนการต้ม

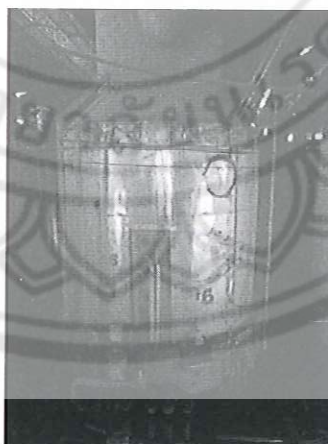
กระบวนการต้มน้ำอ้อยเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อน และเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากในการผลิตน้ำตาล ดังนั้นการระเหยเอาน้ำออก (ประมาณ 70 %) โดยน้ำอ้อยชั้นที่ออกมาจากหม้อต้มลูกสุดท้าย เรียกว่า น้ำเชื่อม ที่มีความเข้มข้นประมาณ 65 บริกส์ ดังภาพ 3.8



ภาพ 3.8 หม้อต้ม

3.5.6 กระบวนการเคี้ยว

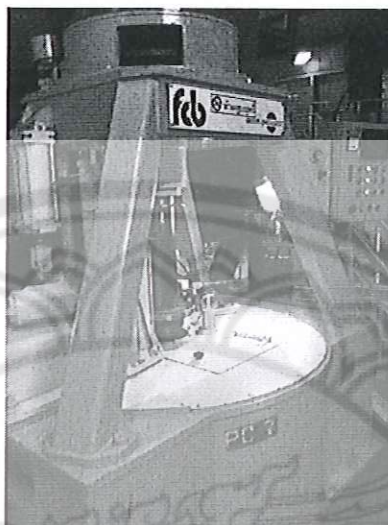
น้ำเชื่อมที่ได้จากกระบวนการต้มจะถูกนำเข้าหม้อเคี้ยวเพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว ที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมา โดยที่ผลึกน้ำตาล และกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี้ยวนี้รวมเรียกว่า แผลสิควิท ดังภาพ 3.9



ภาพ 3.9 หม้อเคี้ยว

3.5.7 การปั่นแยกผลึกน้ำตาล

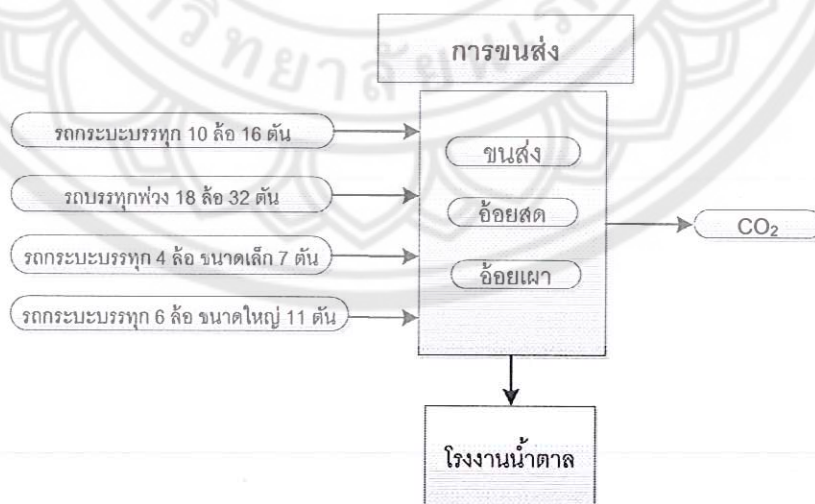
แมสคิวทที่ได้จากการเคี้ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจาก กากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น ดังภาพ 3.11 และผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลดิบ



ภาพ 3.10 หม้อปั่น

3.5.8 การขนส่งและกระจายสินค้า

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเป็นการขนส่งทางรถยนต์โดยใช้รถบรรทุกที่แตกต่างกันไปตามระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง ดังจะพบว่าการขนส่งด้วย รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ จะมีระยะทางขนส่งที่ใกล้เคียงบริเวณของโรงงาน และรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ จะมีระยะทางที่ไกลออกไปจากโรงงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอ้อยที่บรรทุกมาส่งโรงงานน้ำตาล ดังภาพ 3.11



ภาพ 3.11 แผนผังกระบวนการการขนส่ง

3.6 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน และของเสีย) กับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ แต่ละกิจกรรม (ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยคูณกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละชนิด) [29] สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$\text{Carbon footprint of a given activity} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor} \dots\dots\dots(1).$$

Activity data = ข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน)

Emission factor = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม

3.6.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life cycle inventory)

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์บัญชีรายการจะดำเนินการตามขอบเขตและข้อกำหนดที่กล่าวในตอนต้น โดยจัดทำแผนภาพวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Flow Chart) อันเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และพิจารณาข้อมูลด้านกิจกรรมที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนย่อยตลอดวัฏจักรชีวิตตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขต พร้อมตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้อง

ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บข้อมูลที่ต้องจัดเก็บมี 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ข้อมูลทั่วไป หมายถึง ข้อมูลเกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เช่น ชื่อบริษัท ชื่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ชื่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินรูปลักษณ์ ลักษณะทั่วไปและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินเทคโนโลยีการผลิต ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ประกอบด้วย ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity Data) และข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากแต่ละกิจกรรม หรือค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor: GHG EF).

ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity Data) คือ ข้อมูลที่บ่งบอกถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เช่น การผลิตวัตถุดิบ การผลิตพลังงาน การผลิตสารอนุภาค การขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งของเสีย การขนส่งผลิตภัณฑ์ การบำบัดและกำจัดของเสียที่ปล่อยออก เป็นต้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแต่ละกิจกรรมมักขึ้นกับผลผลิตของกิจกรรมนั้นๆ ดังนั้นข้อมูลด้านกิจกรรมอาจอยู่ในรูปของปริมาณวัตถุดิบ สารเคมี และสารอนุภาค ที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีการเก็บข้อมูลเป็นหน่วยต่อการใช้งาน โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยตลอดวัฏจักร ดังนี้

ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ คือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบหรือส่วนผสมต่างๆ ของผลิตภัณฑ์รวมไปถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต้นน้ำ คือค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นั่นเอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าว

อาจเป็นข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบดังกล่าวที่ได้รับจากผู้จัดหาวัตถุดิบโดยตรงในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีข้อมูลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของตนเองอยู่แล้ว หรืออาจได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบ ในกรณีที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ หรืออาจเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงที่มีอยู่ก็ได้ เช่น คู่มือการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือเอกสารงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับ เป็นต้น ในกรณีที่ต้องจัดเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฯ เอง ขอบเขตการเก็บข้อมูลจะจัดเก็บตามขอบเขตการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้เบื้องต้นเช่นเดียวกันทั้งห่วงโซ่ การจัดเก็บแบบปฐมภูมิจะเพิ่มความถูกต้องในการ วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อีกทั้งทำให้ผู้ผลิตสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการจัดการ สายโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการจัดเก็บข้อมูลการ

เมื่อเก็บข้อมูลปฐมภูมิของพลังงานและการผลิตระดับโรงงานแบบ Top down สามารถใช้ได้ถ้ากระบวนการเฉพาะได้ถูกวิเคราะห์สามารถแยกออกไปได้ เช่น โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีความต้องการพลังงานเท่าๆ กันนอกจากนี้อาจเป็นไปได้ที่จะได้รับค่าประมาณแบบ Bottom up สำหรับความต้องการพลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่แต่ละชั้นของเครื่องมือสามารถวัดได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ วิธีการนี้อาจเหมาะสมแต่ต้องระวังว่าผลอาจเป็นตัวแทนของเพียงหน่วยเดียวซึ่งไม่ใช่ตัวแทนของทั้งโรงงาน หากมีการตรวจวัดกระบวนการที่แยกออกไป จำเป็นต้องนับรวมทุกกระบวนการในโรงงานในการคำนวณแบบ Bottom up

3.6.2 กระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิตเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบต่างๆ สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เข้าสู่โรงงานผู้ผลิต จากนั้นวัตถุดิบต่างๆ ถูกส่งต่อยังขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจำหน่ายออกมา ดังนั้นขอบเขตที่พิจารณาในขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย การรับวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุหีบห่อ การจัดเก็บสินค้า รวมถึงระบบสนับสนุนต่างๆ ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของโรงงาน เช่น การผลิตพลังงาน การปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ การบำบัดและกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต เช่น น้ำเสีย อากาศเสีย กากของเสียและระบบอำนวยความสะดวกอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น การขนย้าย การทำความสะอาด การซ่อมบำรุง ระบบส่องสว่าง ระบบความร้อน ระบบความเย็น การระบายอากาศ ตลอดจนระบบอื่นใดที่มีส่วนสำคัญเกี่ยวข้องกับการผลิต แต่ไม่รวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับส่วนสำนักงาน

ข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ จะประกอบด้วย

1. ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ พลังงาน และสารมลพิษในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน
2. ชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน
3. ชนิดและปริมาณของมลสารที่ปล่อยสู่อากาศ มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ กากของเสียในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน

4. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งสารขาเข้าแต่ละรายการ (ยกเว้นการขนส่งผ่านท่อส่งหรือส่งผ่านสายไฟฟ้า) ทั้งที่เกี่ยวกับวัตถุดิบเข้าโรงงานและที่วิ่งออกจากโรงงาน

ข้อมูลในขั้นตอนการผลิตสามารถจัดเก็บได้และละเอียด เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เข้าถึงได้เพราะเป็นข้อมูลที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของโรงงานผู้ผลิต ข้อมูลที่จัดเก็บในขั้นตอนการผลิตคือ ข้อมูลทั้งหมดต้องเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกไว้จริงและเป็นข้อมูลที่จัดเก็บในช่วงเวลาเดียวกัน การจัดเก็บข้อมูลในขั้นตอนการผลิตมักเก็บข้อมูลแยกตามกระบวนการย่อย เพื่อหลีกเลี่ยงการปันส่วนโดยไม่จำเป็นและช่วยให้สามารถบ่งบอกขั้นตอนสำคัญที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิต และนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.6.3 ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ

ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบที่พิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบโดยวิธีการใดก็ตาม ทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เครื่องบิน เรือ หรือ รถไฟ โดยจะพิจารณาดังแต่โรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบมายังโรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งภายในและภายนอกประเทศ ทั้งทางบก ทางเรือ และทางอากาศ ข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วย

1. ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้จริงซึ่งอาจได้จากใบเสร็จค่าน้ำมันต่างๆ โดยต้องครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบที่ขนส่งมาจากภายนอกโรงงาน และครอบคลุมทั้งที่เกี่ยวกับวัตถุดิบเข้าโรงงานผู้ผลิตและที่วิ่งออกจากโรงงานผู้ผลิต

2. หากไม่มีการจัดเก็บข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้จริง หรือมีแต่ไม่ครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบหรือไม่ครอบคลุมทุกที่ที่ขนส่ง ให้คำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยอาศัยข้อมูลประเภทพาหนะ รวมกับข้อมูลระยะทางการขนส่ง และอัตราบรรทุก พาหนะทั้งหมดควรมีสมาชิกการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องให้กรอกข้อมูลทุกครั้งที่มีการเติมเชื้อเพลิง สมาชิกควรต้องมีข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 วันที่

2.2 ผู้ปฏิบัติงาน ผู้ควบคุมพาหนะ ผู้ใช้พาหนะ

2.3 ระยะทางเริ่มต้น

2.4 ปริมาณเชื้อเพลิงที่เติม

2.5 ราคาเชื้อเพลิงต่อลิตร

2.6 สถานที่ซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง

2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการซ่อมบำรุง

3.6.4 ขั้นตอนการจัดจำหน่าย

โดยปกติขั้นตอนการจัดจำหน่ายจะประเมินเฉพาะกรณีที่ขอบเขตการศึกษาเป็น B2C เท่านั้น ขั้นตอนการจัดจำหน่ายจะพิจารณาดังแต่การขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังตัวแทนจำหน่าย (Distributor) หรือผู้ค้าส่ง (Dealer) จนกระทั่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภค ดังนั้นขอบเขตที่พิจารณาในขั้นตอนการจัดจำหน่ายจึงประกอบด้วย การขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังตัวแทนจำหน่าย หรือผู้ค้าส่งการขนส่ง

ผลิตภัณฑ์จากตัวแทนจำหน่าย (Distributor) หรือผู้ค้าส่งไปยังผู้ค้าปลีก (Retailer) การจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย ข้อมูลประกอบด้วย

1. ชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย

2. วิธีการจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย

3. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังตัวแทนจำหน่าย (Distributor) หรือผู้ค้าส่ง (Dealer) ซึ่งอาจเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริงที่ได้มีการบันทึกไว้ หรือได้จากใบเสร็จค่าเชื้อเพลิง หรืออาจคำนวณจากประเภทพาหนะอัตราบรรทุก และระยะทางในการขนส่งผลิตภัณฑ์แทนในกรณีที่ไม่มีทราบปริมาณเชื้อเพลิง

4. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งจากตัวแทนจำหน่าย หรือผู้ค้าส่งไปยังผู้ค้าปลีกซึ่งอาจเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริงที่ได้มีการบันทึกไว้ หรือได้จากใบเสร็จค่าเชื้อเพลิง หรืออาจคำนวณจากประเภทพาหนะ อัตราบรรทุก และระยะทางในการขนส่งผลิตภัณฑ์แทนในกรณีที่ไม่มีทราบปริมาณเชื้อเพลิง

5. ชนิดและปริมาณของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในการจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

6. ชนิดและปริมาณของก๊าซเรือนกระจกและของเสียที่เกิดขึ้นขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่าย และขณะวางจำหน่าย

3.6.5 ขั้นตอนการใช้งาน

สำหรับขั้นตอนการใช้งานจะประเมินเฉพาะกรณีที่ขอบเขตการศึกษาเป็น B2C เท่านั้นเช่นกัน ขั้นตอนการใช้งานจะพิจารณาตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ออกจากร้านขายไปถึงผู้บริโภคจนกระทั่งผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน ดังนั้นขอบเขตที่พิจารณาในขั้นตอนการใช้งานจึงประกอบด้วย การขนส่งผลิตภัณฑ์จากร้านขายไปถึงผู้บริโภค การเตรียมการสำหรับการติดตั้งผลิตภัณฑ์ การติดตั้ง การใช้งานหรือการบริโภคสินค้าตามสภาพปกติ การบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการใช้งาน จนกระทั่งผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน

3.6.6 การขนส่ง

ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งโดยใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทที่ใช้ขนส่งสำหรับการขนส่งเพื่อกระจาย เทียบไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนซากกลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ทั้งนี้ หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-gate ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน

คำนวณได้ดังนี้ [30]

$$ET = EF \times \text{load rate} [\%] \times \text{transportation load} \dots \dots \dots (2)$$

โดย

$$ET = \text{ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง}$$

$$(\text{kg eq-CO}_2)$$

$$EF = \text{แฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg eq-CO}_2/\text{ton-km)}$$

$$\text{Load rate} = \text{อัตราการบรรทุก (\%)}$$

$$\text{Transportation load} = \text{ภาระการขนส่ง (ton-km)}$$

ในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งสามารถหาได้จากสมการข้างต้น โดยต้องมีการเก็บข้อมูลการขนส่งได้แก่ ชนิดของรถบรรทุก ระยะทาง น้ำหนักบรรทุก จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ และพิจารณาใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ตรงกับลักษณะของการขนส่ง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการโดยใช้ข้อกำหนดและระเบียบการเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044 ดังแสดงรายละเอียดของรูปแบบที่ดำเนินการเก็บข้อมูลดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 การเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044

วัตถุดิบนำเข้า	ไร่	จำนวนต้น	รายละเอียดของตัวอย่าง
Material inputs		อ้อย/ไร่	Description of sampling
อ้อย	1		
พลังงานและทรัพยากร	ไร่	จำนวน	รายละเอียดของตัวอย่าง
Energy and Resource		(ลิตร)	Description of sampling
น้ำ	1		
พลังงานและทรัพยากร	ไร่	จำนวนปุ๋ย	รายละเอียดของตัวอย่าง
Energy and Resource		(Kg)	Description of sampling
ปุ๋ย	1		

3.6.7 การวิเคราะห์การจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์กระบวนการ เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยมลภาวะตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายดิบแล้วนั้น จะนำมาสู่การวิเคราะห์กระบวนการโดยละเอียดในด้านของการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยจะมีการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน สัดส่วนการใช้ และการเกิดภาระด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต เพื่อจัดทำแนวทางและมาตรการในการจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อใช้ข้อมูลในการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการจัดทำมาตรการทางพลังงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อลดผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ และรวมถึงการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec ที่มีสมบัติดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 คุณสมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (°z)	ความชื้น (%)
ทรายดิบ Hi-pol	1001-2000	98.50-99.50	≤ 1.0
ทรายดิบ J-spec	2001-3800	97.30-98.0	≤ 1.0

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตการเพาะปลูกอ้อยปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1kg ซึ่งผลการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง โดยการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B (Business-to-Business) โดยประกอบไปด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิต กระบวนการขนส่งพร้อมทั้งหาแนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

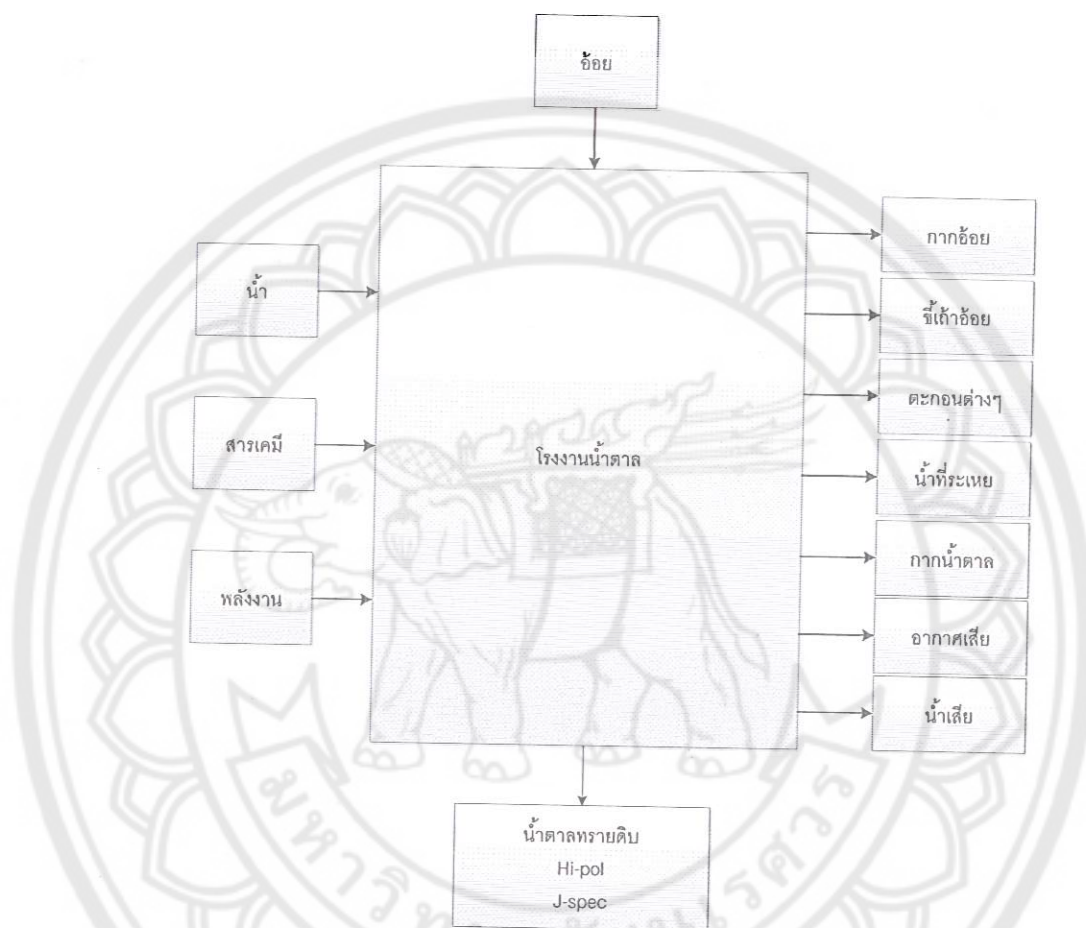
การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งได้แก่

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน เป็นต้น
2. ปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากรต่างๆ
3. ปริมาณการใช้สารเคมี
4. ปริมาณของเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น ฯลฯ

4.1 สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec

การเก็บข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์จังหวัดอุดรธานีมีสารขาเข้า น้ำ สารเคมี พลังงาน สารขาออกมี กากอ้อย ชี๊ไถ้อ้อย ตะกอนต่างๆ น้ำที่ระเหย กากน้ำตาล อากาศเสีย และน้ำเสีย แสดงดังภาพ 30



ภาพ 4.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญและจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและขาออกของแต่ละกระบวนการ โดยจะแสดงบัญชีรายการของแต่ละกระบวนการ ดังตาราง 4.2 – 4.3

4.2 การจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

4.2.1 บัญชีรายการของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย)

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการปลูกอ้อย 1 ไร่ ของการเพาะปลูกอ้อย ปี พ.ศ.2555/2556 ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีการผลิต พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย)

ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ปุ๋ยยูเรีย สูตร (46-0-0)	20.00	kg	อ้อย	15,000	kg
ปุ๋ยสูตร (16-20-0)	40.00	kg			
ปุ๋ย สูตร (15-7-18)	40.00	kg			
คำนวณปริมาณการใช้ปุ๋ยตามการ แยกแร่ธาตุ					
ไนโตรเจน (N)	12.40	kg			
การปลดปล่อย N ₂ O จากการใช้ปุ๋ย		kg			
ไนโตรเจน	12.40				
ฟอสฟอรัส (P)	10.80	kg			
โปแทสเซียม (K)	7.20	kg			
น้ำมันดีเซล(การได้มา)	35.78	kg			
น้ำมันดีเซล(การเผาไหม้)	43.00	Liter			

4.2.2 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของกระบวนการหีบ
เต็มสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของกระบวนการหีบ กระบวนการเต็มสารเคมี กระบวนการทำใสของน้ำอ้อย ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานีซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้อง

ใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย

ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
อ้อยสด	262,966,056	kg	กากอ้อย	104,085,823	kg
อ้อยเผา	254,174,664	kg	ดิน /ทราย	1,535,607	kg
ปูนขาว	261,197	kg	ไอเสีย	112,337,876	kg
Biocide (Allkyl Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride)	1,860	kg	น้ำเสีย	1,265,238	kg
Flocculant	1,277	kg			
น้ำร้อนพรหมอ้อย	97,948,889	kg			
ไฟฟ้า (ชีวมวล)	923,796	kWh			
ไอน้ำ (ชีวมวล)	113,538,096	kg			
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	1,265,238	kg			

4.2.3 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี้ยว ปั่น

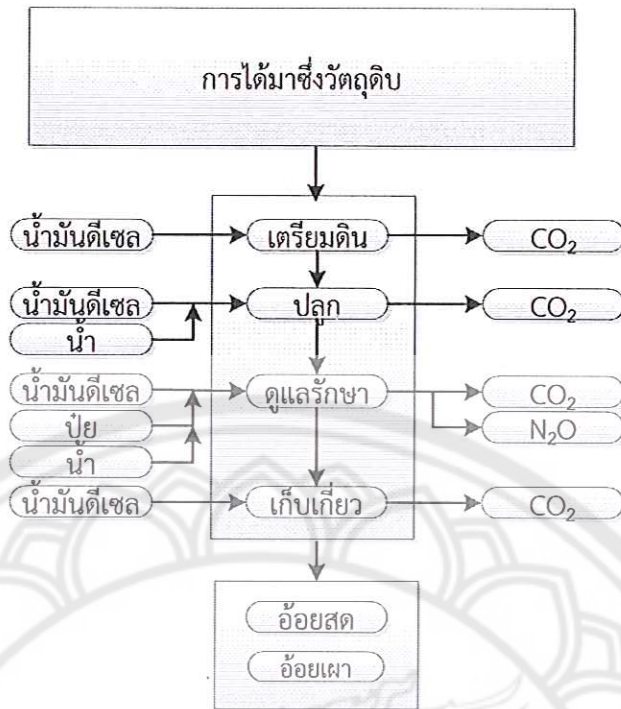
บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของกระบวนการต้มกระบวนการเคี้ยวกระบวนการปั่นน้ำตาลซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี้ยว ปั่น

ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำอ้อย	318,791,373	kg	น้ำตาลดิบ J-Spec	98,025,030	kg
Molasses Refine	1,789,199	kg	น้ำตาลดิบ Hi-Pol	54,637,160	kg
น้ำร้อน (Condensate)	47,139,120	kg	Final Molasses	13,594,840	kg
ไอเสีย	5,055,204	kg	Fillter Cake (กากหม้อกรอง)	18,036,260	kg
โซดาไฟน้ำ 50%	48,234	kg	ไอระเหยออก คอนเดนเซอร์	46,811,960	kg
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	1,320	kg	น้ำ Condensate	5,055,204	kg
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	2,418	kg	น้ำเสีย	10,224,581	kg
Soda Ash	1,120	kg			
ไฟฟ้า (ชีวมวล)	2,404,766	kWh			
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อ เย็น	10,224,581	kg			

4.2.4 แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

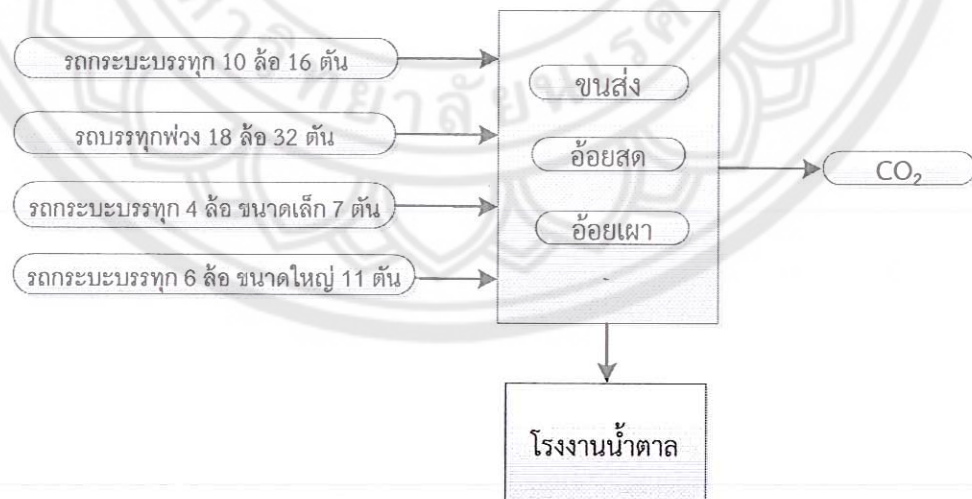
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะมีขั้นตอนการเตรียมดิน ซึ่งการเตรียมดินก็จะใช้เครื่องจักรการเกษตร เช่น รถไถ การปลูกอ้อยก็จะมีการใช้เครื่องปลูกอ้อย การดูแลรักษาก็จะมีการให้น้ำอ้อย การใส่ปุ๋ย การเก็บเกี่ยวก็จะใช้รถตัดอ้อย ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีการใช้น้ำมันดีเซล น้ำ ปุ๋ย เพื่อที่จะได้อ้อยที่สมบูรณ์และมีน้ำหนักที่สมบูรณ์ทำการน้ำตาลทราย ดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

4.2.5 แผนผังกระบวนการขนส่ง

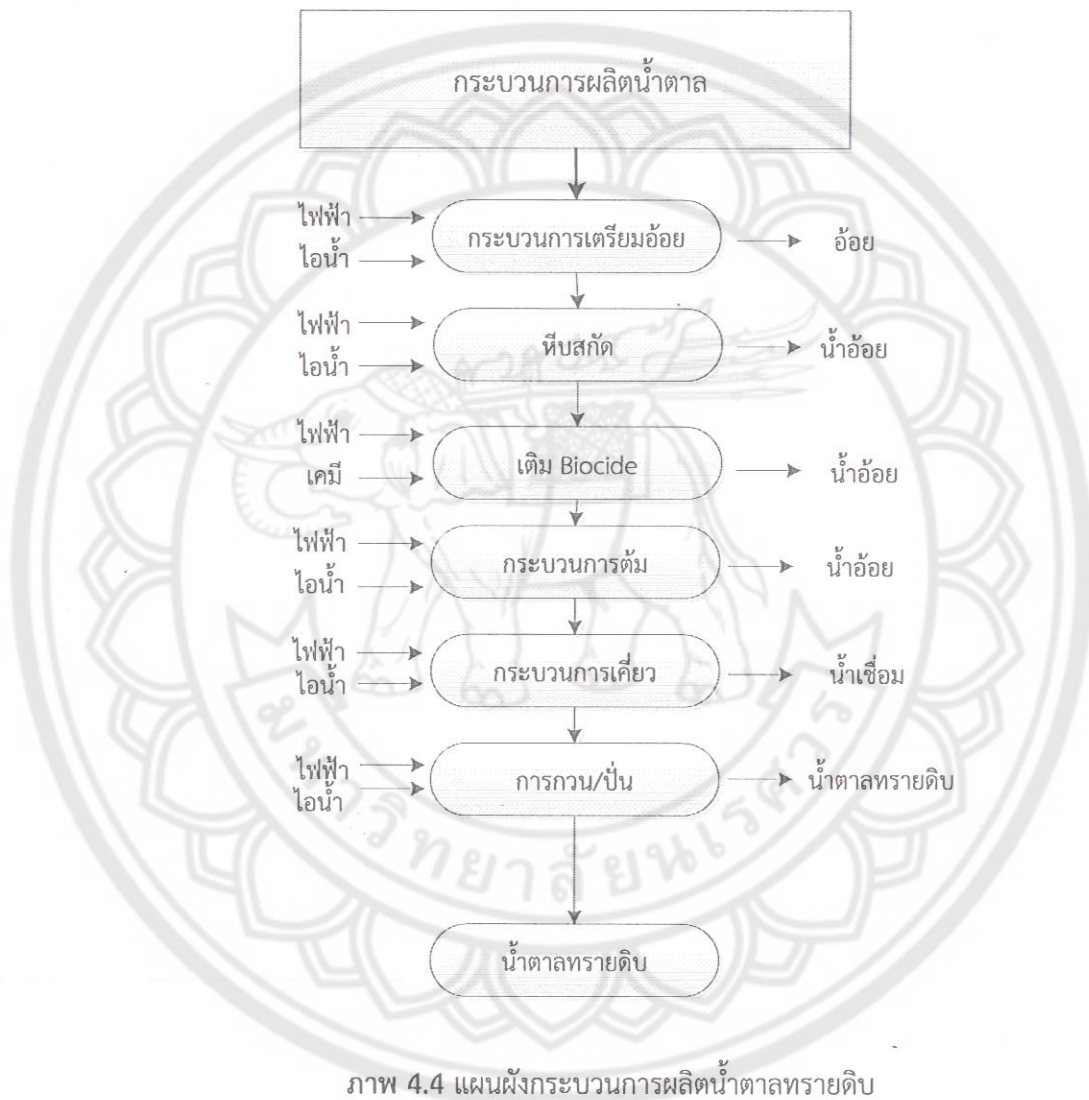
กระบวนการขนส่งผลผลิตจะประกอบไปด้วย รถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน รถบรรทุก 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 32 ตัน รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 7 ตัน และรถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 11 ตัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ระยะทางในการขนส่งประมาณ 70 km ซึ่งรถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน คิดเป็น 92% ของการขนส่งทั้งหมด ดังภาพ 4.3



ภาพ 4.3 แผนผังกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ

4.2.6 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

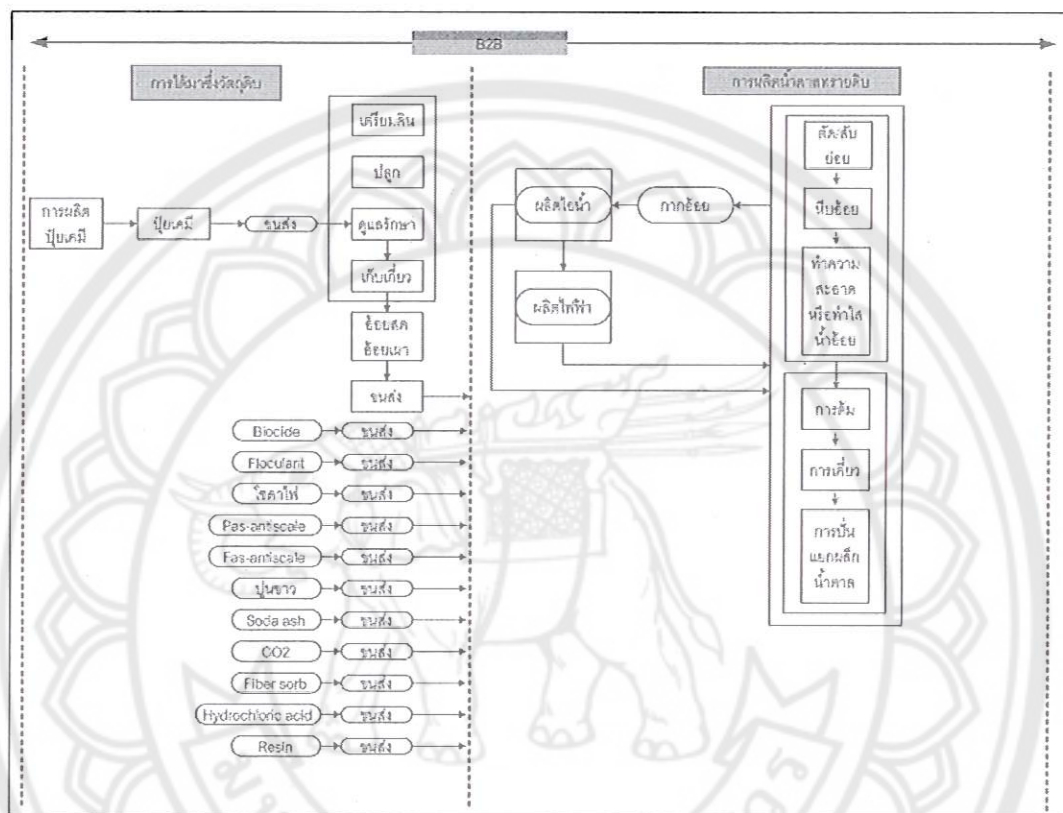
กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ประกอบด้วย กระบวนการเตรียมอ้อย กระบวนการหีบ กระบวนการเติมสารเคมี กระบวนการต้ม กระบวนการเคี้ยว กระบวนการปั่น ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนที่ใช้ได้มาจากโรงไฟฟ้าของโรงงาน ซึ่งใช้กากอ้อยที่ได้มาจากการบวนการหีบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

4.2.7 แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ

การประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบผู้ผลิตรายต่อไป ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์



ภาพ 4.5 แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ

4.3 ผลผลิตน้ำตาลทรายดิบ

การปันส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำการปันส่วนโดยน้ำหนักของผลผลิตของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ช่วงการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ซึ่งทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วน of น้ำตาลทรายดิบ J-spec และน้ำตาลทรายดิบ Hi-polแสดงรายละเอียดดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

น้ำตาลทรายดิบ	ปริมาณ	หน่วย	ปันส่วนโดยน้ำหนัก
น้ำตาลดิบ J-Spec	98,025,030	kg	25%
น้ำตาลดิบ Hi-Pol	54,637,160	kg	14%
น้ำตาลทราย W3	5,902,600	kg	2%
Molasses	97,106,000	kg	25%
น้ำตาลทรายดิบ	129,734,828	kg	34%
รวม	385,405,618	kg	100%

จากตาราง 4.5 สามารถจำแนกเป็นน้ำตาลทรายดิบ, น้ำตาลดิบ J-spec, น้ำตาลดิบ Hi-pol, น้ำตาลทรายดิบ W3 และโมลาส เมื่อคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักจะได้สัดส่วนเท่ากับ 129,734,828kg (34%), 98,025,030kg (25%), 54,637,160kg (14%), 5,902,600kg (2%), 97,106,000kg (25%) ตามลำดับ ดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

4.3.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

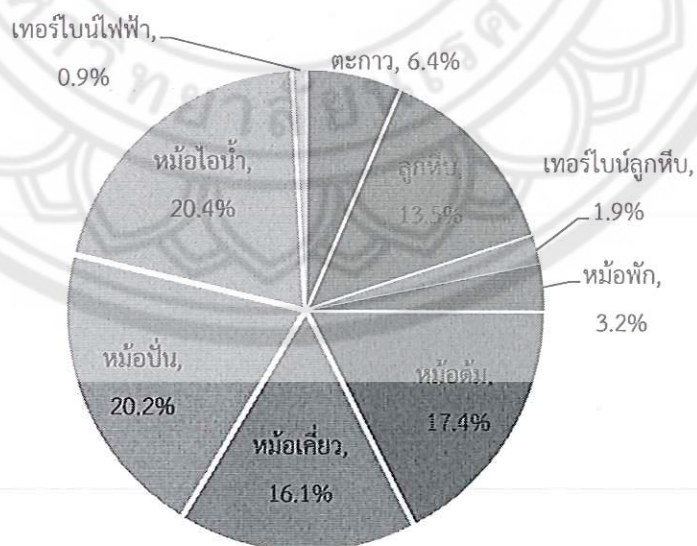
กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี มีการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ของโรงงานมาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตพลังงาน และใช้ในส่วนของหม้อไอน้ำใช้ถึง 20.4% รองลงมาเป็นกระบวนการปัน20.2% หม้อต้ม 17.4% ตามลำดับ

ตาราง 4.6 ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการ	เครื่องมือ	ปริมาณไฟฟ้า (kWh/y)	(%)
เตรียม	ตะกาว	1,410,506.90	6.4%
กระบวนการหีบ	ลูกหีบ	2,956,062.32	13.5%
	เทอร์โบลูกหีบ	420,150.99	1.9%
กระบวนการทำใส	หม้อพัก	690,248.06	3.2%
กระบวนการต้ม	หม้อต้ม	3,814,370.77	17.4%
กระบวนการเคี้ยว	หม้อเคี้ยว	3,535,270.47	16.1%
กระบวนการปั่น	หม้อปั่น	4,420,588.63	20.2%
หม้อไอน้ำ	หม้อไอน้ำ	4,459,602.65	20.4%
เทอร์โบไฟฟ้า	เทอร์โบไฟฟ้า	204,073.34	0.9%
	รวม	21,910,874.13	100%

จากตาราง 4.6 สามารถจำแนกพลังงานที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆได้ ดังนี้ ตะกาว 6.4%, ลูกหีบ 13.5%, เทอร์โบ ลูกหีบ 1.9%, หม้อพัก 3.2%, หม้อต้ม 17.4%, หม้อเคี้ยว 16.1%, หม้อปั่น 20.2%, หม้อไอน้ำ 20.4%, เทอร์โบไฟฟ้า 0.9% ตามลำดับ ดังแสดงภาพ 36 ซึ่งไฟฟ้าที่นำมาใช้ในกระบวนการต่างๆ ทางโรงงานน้ำตาลได้ทำการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในโรงงาน โดยใช้กากอ้อยที่ได้จากกระบวนการหีบอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์



ภาพ 4.7 ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

4.3.2 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

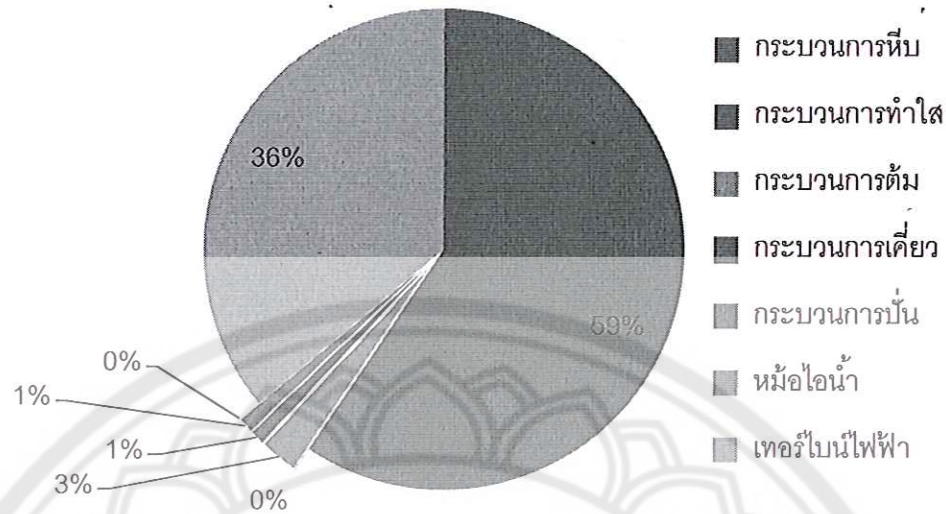
กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ มีการใช้พลังงานไอน้ำ โดยไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ของโรงงานมาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน และใช้ในส่วนของการไอน้ำลูกหีบใช้ถึง 59.39% รองลงมาเป็นการไอน้ำไฟฟ้า 36.11% หม้อต้ม 2.50% ตามลำดับ

ตาราง 4.7 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการ	เครื่องมือ	kg	%
เตรียม	ตะกาว	0.00	0%
กระบวนการหีบ	ลูกหีบ	0.00	0%
	เทอร์โบไอน้ำลูกหีบ	10,154,734.41	59.39%
กระบวนการทำใส	หม้อพัก	0.00	0%
กระบวนการต้ม	หม้อต้ม	427,459.78	2.50%
กระบวนการเคี้ยว	หม้อเคี้ยว	170,983.91	1%
กระบวนการปั่น	หม้อปั่น	170,983.91	1%
หม้อไอน้ำ		0.00	0%
เทอร์โบไอน้ำไฟฟ้า		6,174,228.99	36.11%

จากตาราง 4.7 สามารถจำแนกพลังงานที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆได้ดังนี้ กระบวนการที่มีการใช้ไอน้ำส่วนหลักๆ เป็นส่วนของเทอร์โบไอน้ำลูกหีบ 59.39% ซึ่งทำหน้าที่ในการบีบอัดอ้อยโดยใช้ไอน้ำขับเคลื่อนกระบวนการหีบ รองลงมาเป็นการเทอร์โบไอน้ำไฟฟ้า 36.11% และหม้อต้ม 2.50% ส่วนกระบวนการอื่นๆ ก็ใช้ไอน้ำเป็นจำนวนที่น้อยมาก ตามลำดับ แสดงดังภาพ 4.8

สัดส่วนการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ



ภาพ 4.8 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ



ภาพ 4.9 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

จากตาราง 4.7 เป็นการใช้พลังงานไอน้ำตามกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีทั้งกระบวนการเตรียมอ้อย กระบวนการหีบ กระบวนการทำใส กระบวนการต้ม กระบวนการเคี้ยว กระบวนการปั่น หม้อไอน้ำ เทอร์ไบน์ไฟฟ้า ซึ่งเทอร์ไบน์ไฟฟ้ามีหน้าที่ใช้พลังงานไอน้ำไปปั่นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาใช้ในโรงงานมากที่สุดถึง 36.11% แสดงดังภาพ 4.8 และ 4.9

4.4 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆ ของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

จากการเก็บข้อมูลวัตถุดิบสารเคมีพลังงานและทรัพยากรต่างๆสามารถนำมาคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทย เอกลักษณ์และทำการคิดสัดส่วนของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol 14% ของผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.8 – 4.9

ตาราง 4.8 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (°z)	ความชื้น (%)
ทรายดิบ Hi-pol	1001-2000	98.50-99.50	≤ 1.0



ตาราง 4.9 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ
			kgCO ₂ e/หน่วย		kgCO ₂ e/หน่วย
กระบวนการหีบสกัด (Milling)					
อ้อยสด	21.7047	kg	0.0110	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.033730
อ้อยเผา	20.9790	kg	0.0152	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.045082
ปูนขาว	0.0341	kg	0.0025	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000012
Bactericide (antibiotic)	0.0002	kg	1.1500	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000040
Flocculant	0.0002	kg	1.4300	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000034
จารบี	0.0003	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000040
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0002	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000018
กระบวนการทำน้ำตาลดิบ (Raw Sugar)					
Molasses Refine	0.2339	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0063	kg	1.1148	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000997
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000048
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0003	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000087
Soda Ash	0.0001	kg	1.3015	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000027
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000006
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.08012kgCO ₂ e					.

ตาราง 4.10 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิต

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ
			kgCO ₂ e/หน่วย		kgCO ₂ e/หน่วย
Milling (เตรียม>>หีบ>>เติมสารเคมี>>กรอง)					
Input					
น้ำร้อนพรมอ้อย	12.8051	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000000
ไฟฟ้า (ชีวมวล)	0.1208	kWh	0.0371	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000636
ไอน้ำ (ชีวมวล)	14.8431	kg	0.0264	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.055583
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	0.1654	kg	0.0003	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000007
ดีเซล (การขนดิน-ทราย)	0.0000	L	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000002
ดีเซล(การขนดิน-ทราย) -การเผาไหม้	0.0000	kg	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000001
Output					
กากอ้อย	13.6074	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ไอลี	14.6862	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ดิน/ทราย	0.2008	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
น้ำเสีย	0.1654	kg	0.0002	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000004

ตาราง 4.11 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ (kgCO ₂ e/หน่วย)
Raw Sugar (ต้ม>เคี้ยว>ปั่น)					
Input					
น้ำร้อน (Condensate)	6.1626	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไอลี	0.6609	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไฟฟ้า (ชีวมวล)	0.3144	kWh	0.0371	คำนวณการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล	0.001654
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	1.3367	kg	0.0003	คำนวณการผลิตน้ำอ่อน	0.000055
Output					
Final Molasses	1.7773	kg		ไม่นำมาคิด (เป็นส่วนออกแล้ว)	
Fillter Cake (กากหม้อกรอง)	2.3579	kg	0.0000	ให้เกษตรกร (มารับเอง)	0.000000
ไอระเหยออกคอนเดนเซอร์	6.1198	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำ Condensate	0.6609	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำเสีย	1.3367	L	0.0002	คำนวณการบำบัดน้ำเสีย	0.000035

ตาราง 4.11 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ
					(kgCO ₂ e/หน่วย)
บำรุงรักษา					
ไฟฟ้า(Grid)	0.04905	kWh	0.6093	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.029884
จารบี	0.00009	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000094
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00007	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000042
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิต 0.08786 kgCO ₂ e					
การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัสดุดิบ พลังงาน และทรัพยากร 0.16798 kgCO ₂ e					

4.5 กระบวนการขนส่ง

ในการศึกษาการขนส่งไปยังโรงงานของการผลิตเป็นน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีรายละเอียด คือ การขนส่งอ้อยที่มาจากไร่อ้อยจากจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดอุตรดิตถ์โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง 18 ล้อ รถไถบรรทุกพ่วง รถไทยแลนด์ และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจากคลังสินค้าที่ จังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดอุตรดิตถ์จนถึงหน้าบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง 18 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 4 ล้อ ตามลำดับ [31]

4.5.1 สัดส่วนการขนส่งของการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

ตาราง 4.12 การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

ประเภทรถ	น้ำหนัก(ton)	ระยะทาง (km)	สัดส่วนการขนส่ง
รถ 10 ล้อ	28	70	92%
รถพ่วง	50	70	5%
รถไถบรรทุกพ่วง	18	30	2%
รถไทยแลนด์ (อีแต่น)	4	20	1%

จากตาราง 4.12 การขนส่งอ้อย >95% มาจากจังหวัดสุโขทัย (ระยะทาง 70 km) ที่เหลือมาจากพื้นที่ จังหวัดอุตรดิตถ์หรือพื้นที่ใกล้เคียง บริเวณโรงงานน้ำตาล (ระยะทาง 20-30 km) ซึ่งสัดส่วนของการขนส่ง 92% มาจากรถบรรทุก 10 ล้อ 5% มาจากรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 2% มาจากรถไถบรรทุกพ่วง และ 1% มาจากรถไทยแลนด์ แสดงดังภาพ 4.10

สัดส่วนการขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบ



ภาพ 4.10 การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

ซึ่งการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol แสดงดัง ตาราง 4.13 – 4.14

กระบวนการขนส่ง

ตาราง 4.13 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ย่อย – โรงงานน้ำตาล

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง			ค่า EF kgCO ₂ e/หน่วย	ผลคูณ kgCO ₂ e/หน่วย
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาระ		
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)					
กระบวนการที่บอ้อย					
อ้อยดิบ	21.7047	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	1.46506	0.07765
			รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	1.46506	0.05369
			รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.16278	0.00718
			รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.16278	0.00439

ตาราง 4.13 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง			ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	kgCO ₂ e/หน่วย
อ้อยเผา	20.9790	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	1.41609	0.07505
		75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	1.41609	0.05189
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.11014	0.00486
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.11014	0.00297
	20	20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00420	0.00059
		20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00420	0.00019
	30	30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.01259	0.00077

ตาราง 4.13 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง		ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก tkm	
อ้อยเผา	4.6520	30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.01259
				0.4892
				0.00056

ตาราง 4.14 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง		ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก tkm	
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)				
กระบวนการหีบอ้อย				
ปูนขาว				
	0.0341	439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.01499
				0.0530
				0.00079
		439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.01499
				0.5863
				0.00055

ตาราง 4.14 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง			ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	kgCO ₂ e/หน่วย
Biocide (Alkyl Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00011	0.00001
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00011	0.00000
Flocculant	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00007	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00007	0.00000
จารบี	0.0003	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00001	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00001	0.00000

ตาราง 4.14 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาระ	ค่า EF	
				kgCO ₂ e/หน่วย	ผลคูณ
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0002	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	0.00001	0.00000
			11 ตัน (วิ่งปกติ) No load		
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0063	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	0.00000	0.00000
			11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load		
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.0028	0.00015
			(วิ่งปกติ) Full load		
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.0028	0.00010
			(วิ่งปกติ) No load		
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.00001	0.00000
			(วิ่งปกติ) Full load		
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.00000	0.00000
			(วิ่งปกติ) No load		

ตาราง 4.14 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง		ค่า EF		ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทยานพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0001	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0001	0.00000
Soda Ash	0.0007	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0003	0.00002
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0003	0.00001
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.00000
			รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.00000

ตาราง 4.15 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

กระบวนการ การผลิต	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง		ค่า EF	ผลคูณ
			ประเภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	KgCO ₂ e/หน่วย	
การผลิตร้อย	0.0000	5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก	0.0000	0.0672	0.0000
			8.5 ตัน (วิ่งปกติ) Full load			
ดีเซล	5	5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก	0.0000	0.4238	0.0000
			8.5 ตัน (วิ่งปกติ) No load			

ตาราง 4.16 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของกระบวนการบำรุงรักษาของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

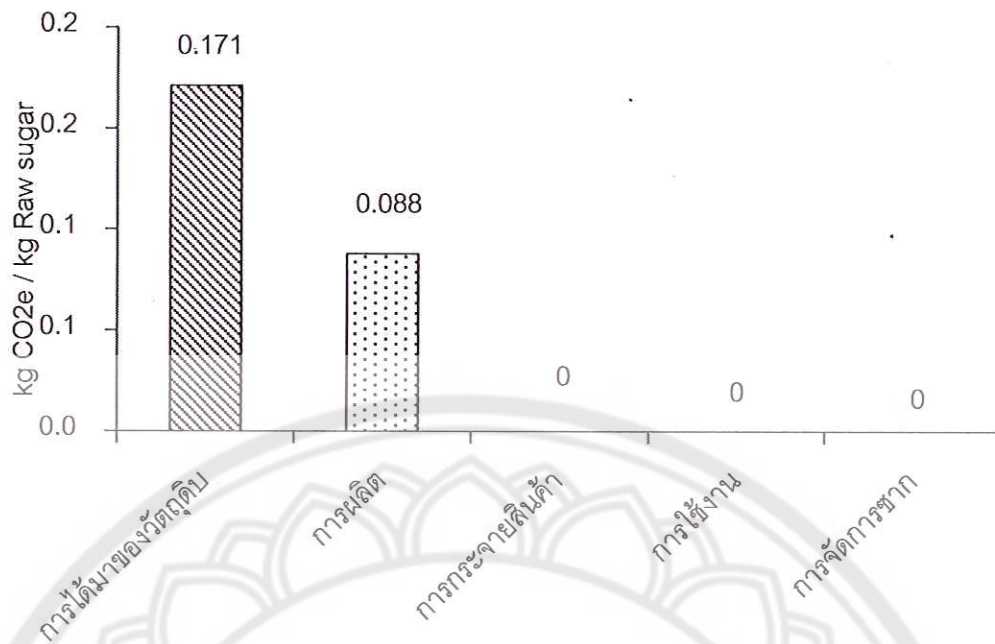
กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง		ค่า EF	ผลคูณ
			ประเภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm		
การบำรุงรักษา						
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00007	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00000	0.0610	0.00000
			รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00000	0.4892	0.00000
			การปล่อย GHG ของการขนส่งทั้งหมด 0.28 kgCO ₂ e			

จากการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ โดยรายละเอียดแสดงดังตาราง 4.10 – 4.11 และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol แสดงดังตาราง 4.13 – 4.16 มีผลคำนวณดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

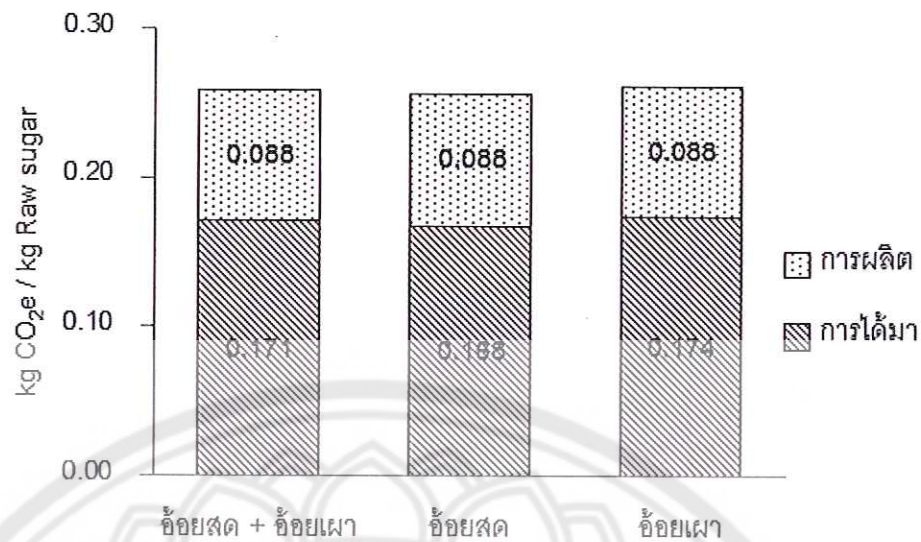
ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของ การได้มาและการใช้ ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (kgCO ₂ e)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (kgCO ₂ e)	ผลรวม (kgCO ₂ e)	สัดส่วน (%)
การได้มาของวัตถุดิบ	0.019	0.152	0.171	66
การผลิต	0.088	0	0.088	34
การกระจายสินค้า	0	0	0	0
การใช้งาน	0	0	0	0
การจัดการซาก	0	0	0	0
รวม	0.107	0.152	0.259	100.00

จากตาราง 4.17 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.259 kgCO₂e แยกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่า 0.171 kgCO₂e คิดเป็น 66% และในส่วนของการผลิตพบที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่า 0.088 kgCO₂e คิดเป็น 34% และในส่วนการกระจายสินค้า การใช้งาน การกำจัดซาก ที่มีค่าเท่ากับ 0 kgCO₂e เพราะเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B (Business-to-Business) ซึ่งจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต เท่านั้น ซึ่งแสดงได้ดังภาพ 4.11



ภาพ 4.11 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ที่มีการใช้อ้อยสดและอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด + อ้อยเผา อ้อยสด และอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ซึ่งค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด+ อ้อยเผาที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายดิบมีค่าเท่ากับ 0.259 kgCO₂/kg อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 0.256 kgCO₂/kg และของอ้อยเผอย่างเดียวนั้นมีค่าเท่ากับ 0.262 kgCO₂/kg ดังภาพ 43 ดังนั้นการใช้อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าการใช้อ้อยเผา ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการใช้อ้อยสดมาผลิตน้ำตาลทรายดิบ เพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและลดการเกิดภาวะก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาอีกด้วย



ภาพ 4.12 กราฟเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของ อ้อยสดอ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

4.6 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญที่ได้รับความสนใจจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องรวมทั้งประชาชนทั่วไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ แทบทุกทวีปทั่วโลก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบเริ่มตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต น้ำตาลทรายดิบ และกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

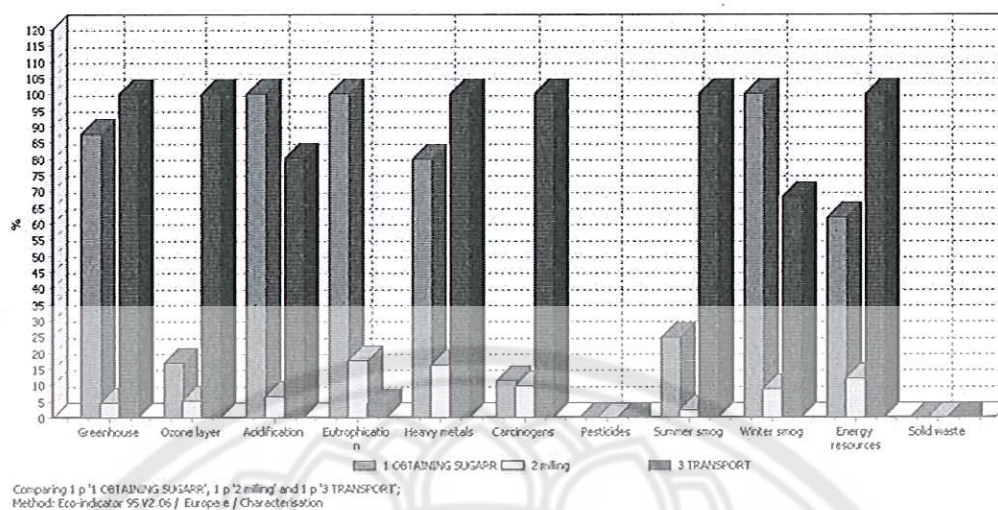
ตาราง 4.18 การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2

Impact category	Unit	OBTAINING SUGARR	MILLING	TRANSPORT
Greenhouse	kg CO ₂	0.42577490	0.02232540	0.48459803
Ozone layer	kg CFC11	0.00000002	0.00000001	0.00000010
Acidification	kg SO ₂	0.00228341	0.00015174	0.00183319
Eutrophication	kg PO ₄	0.00725606	0.00127779	0.00031400
Heavy metals	kg Pb	0.00000322	0.00000065	0.00000404
Pesticides	kg act.subst	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Summer smog	kg C ₂ H ₄	0.00005683	0.00000505	0.00022819

Impact category	Unit	OBTAINING SUGARR	MILLING	TRANSPORT
Winter smog	kg SPM	0.00103454	0.00009081	0.00070502
Energy resources	MJ LHV	5.16291044	1.00483879	8.32149139
Solid waste	kg	0.00000000	0.00000000	0.00000000

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบของแต่ละกลุ่มที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Characterization) จากตาราง 4.18 เป็นผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ การขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน ผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

จากตาราง 4.18 แสดงผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เลือกพิจารณาเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบมากในประเทศไทย มี 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 2) การลดลงของชั้นโอโซน 3) ภาวะความเป็นกรด 4) โลหะหนัก 5) สารก่อมะเร็ง และ 6) การใช้พลังงาน ซึ่งแสดงผลดังภาพ 47 ซึ่งผลการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.425775 kgCO₂ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.022325 kg CO₂ กระบวนการขนส่ง 0.484598 kgCO₂ การลดลงของชั้นโอโซนของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000002 kgCFC11 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000001 kgCFC11 กระบวนการขนส่ง 0.00000010 kgCFC11 ภาวะความเป็นกรดของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00228341 kgSO₂ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00015174 kgSO₂ กระบวนการขนส่ง 0.00183319 kg SO₂ โลหะหนักของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000322 kgPb กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000065 kgPb กระบวนการขนส่ง 0.00000404 kgPb สารก่อมะเร็งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000000 kgB(a)P กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000000 kgB(a)P กระบวนการขนส่ง 0.00000003 kgB(a)P การใช้พลังงานของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 5.16291044 MJLHV กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1.00483879 MJLHV กระบวนการขนส่ง 8.32149139 MJLHV ตามลำดับ



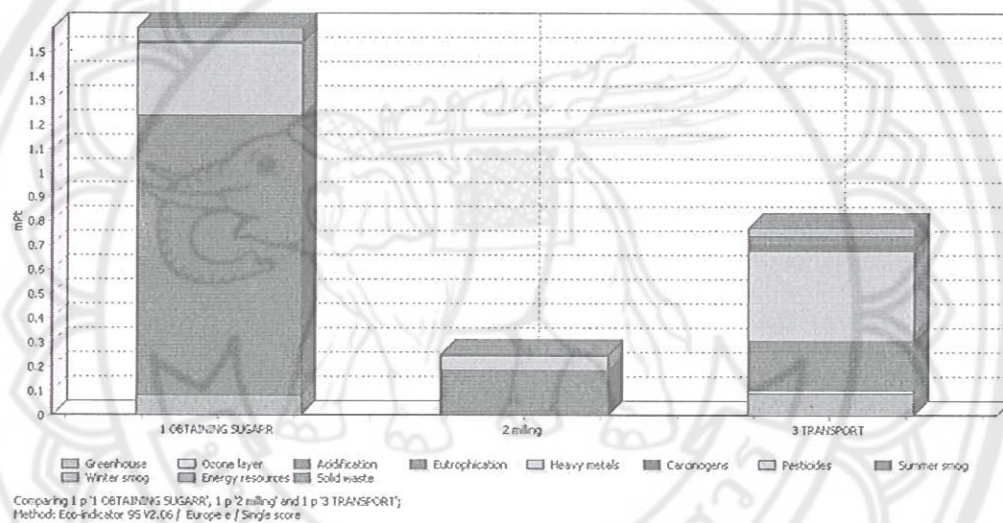
ภาพ 4.13 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 ด้วยวิธี
Eco-Indicator 95 ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1 kg

4.6.1 การวิเคราะห์แบบ Single Score

ตาราง 4.19 การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบแบบ Single Score

Impact category	Unit	OBTAINING SUGARR	Milling	TRANSPORT
Total	Pt	0.0015992	0.0002540	0.0007765
Greenhouse	Pt	0.0000814	0.0000043	0.0000927
Ozone layer	Pt	0.0000019	0.0000006	0.0000111
Acidification	Pt	0.0002028	0.0000135	0.0001628
Eutrophication	Pt	0.0009505	0.0001674	0.0000411
Heavy metals	Pt	0.0002966	0.0000600	0.0003718
Carcinogens	Pt	0.0000032	0.0000027	0.0000278
Summer smog	Pt	0.0000079	0.0000007	0.0000318
Winter smog	Pt	0.0000548	0.0000048	0.0000374
Energy resources	Pt	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Solid waste	Pt	0.0000000	0.0000000	0.0000000

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบ Single Score ที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต จากตาราง 48 เป็นผล การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต น้ำตาลทรายดิบ การขนส่งวัตถุดิบจากโรงถึงโรงงาน ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดในการผลิต น้ำตาลทรายดิบ การประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาล ทรายดิบ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลกระทบที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะ พิจารณาในส่วน 1) การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 2) การลดลงของชั้นโอโซน 3) ภาวะความเป็นกรด 4) โลหะหนัก 5) สารก่อมะเร็ง และ 6) การใช้พลังงาน ซึ่งแสดงผลดังภาพ 4.14 จะเห็นว่ากระบวนการได้มา ซึ่งวัตถุดิบจะมีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการใช้ เชื้อเพลิงดีเซล ปู๋ย น้ำรวมทั้งการขนส่งผลิตมาถึงโรงงาน ซึ่งผลการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.0015992 Pt กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบทั้งหมดมี ค่าเท่ากับ 0.0002540 Pt และกระบวนการขนส่งทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.0007765 Pt



ภาพ 4.14 ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ ผลิตน้ำตาลทรายดิบ

งานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัชน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานีโดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง และทำการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์การผลิตน้ำตาลทรายกับประเทศบราซิล ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม Simapro Version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และจัดทำมาตรการทางด้านพลังงาน และวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

5.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัชน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุดรธานี

ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัชน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50 - 99.50 °z พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 kgCO₂e/kg แยกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 0.171 kgCO₂e คิดเป็น 66% และส่วนของกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.088 kgCO₂e คิดเป็น 34%

เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำตาลของภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.55 kgCO₂e/kg ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ากรณีศึกษา ทั้งนี้ความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกันในแต่ละกระบวนการย่อย เช่น การผลิตอ้อยสด มีผลมาจากการปลูก พื้นที่ การใช้สารเคมี วิธีการเก็บเกี่ยว หรือ ในกระบวนการผลิต มีเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน การใช้พลังงาน และประสิทธิภาพเครื่องจักร เป็นต้น ตัวแปรต่างๆ ที่ประกอบอยู่ในกระบวนการย่อยนั้น มีความสำคัญต่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

5.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environment Indicators)

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบของแต่ละกระบวนการย่อยที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.42 และ 0.48 kgCO₂e/kg ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบ Single Score นั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ เนื่องจาก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อยจากการใช้คนงานตัดอ้อยเป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังไม่มี

เพียงพอแต่ในอนาคตคาดการณ์ว่าจะมีการใช้เครื่องจักร 100% จึงจะทำให้ผลกระทบของการได้มาซึ่งวัตถุดิบลดลงตามไปด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บข้อมูลที่ทำให้การประเมินควรเก็บตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิต รวมถึงกระบวนการขนส่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดที่ใช้คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์
2. การเก็บข้อมูลของบริษัทควรจัดให้มีแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลประจำปีของการผลิต เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำบัญชีรายการและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิต
3. ในการประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ควรเก็บข้อมูลเป็นข้อมูลจริง และเป็นปีที่ผลิตในปีที่ทำการประเมิน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน
4. ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีการผลิตออกมาเช่น น้ำตาลทรายขาว กากน้ำตาล



บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลปีการผลิต 2555/2556 ฉบับปิดหีบ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- [2] หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต. (ม.ป.ป.). ขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555, จาก www.mtec.or.th
- [3] ลักษณะของอ้อย. (ม.ป.ป.). อ้อย. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://th.wikipedia.org/wiki>
- [4] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2556). รายงานพื้นที่การปลูกอ้อยปีการผลิต 2554/55 - 2555/56. กรุงเทพฯ: กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย.
- [5] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). รายงานสรุปผลการประชุมคณะมนตรีองค์การน้ำตาลระหว่างประเทศ ครั้งที่ 41 – 42. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- [6] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). รายงานสถานที่ตั้งโรงงานน้ำตาลของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- [7] เกษม สุขสถาน. (ม.ป.ป.). ขั้นตอนการปลูกอ้อย. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555, จาก <http://guru.sanook.com/>
- [8] ไทยชูการ์มิลเลอร์ จำกัด. (2555). กระบวนการผลิตน้ำตาล. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2556, จาก <http://www.thaisugarmillers.com/home.html>
- [9] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). น้ำตาลทรายดิบ. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>
- [10] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). น้ำตาลทรายขาว. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>
- [11] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>
- [12] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). โมลาส. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>
- [13] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). เอทานอล. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>
- [14] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). ไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก <http://www.ktisgroup.com/>

- [15] พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, รุ่งนภา ทองพูล, กิตตินันท์ อันนายนนท์, อธิวัตร จริยาเวช, พรพิมล บุญคุ้ม, สุดกล้า บุญญนันท์ และคณะ (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีวัสดุแห่งชาติ.
- [16] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2556). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อ 18 มกราคม 2556, จาก <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/>
- [17] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2555). รายชื่อบริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2555, จาก <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/>
- [18] นิตยสารรางวัลดีเด่น Energy saving. (2556). การจัดทำมาตรการทางพลังงานตามมาตรฐานISO 50001. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2556, จาก <http://www.energysavingmedia.com/>
- [19] M.Yuttitham, ShabbirH.Gheewala and A.Chidthaisong. (2011). Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19 (2011), 2119-2127.
- [20] วิทยา กันยา. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [21] ชาศรีย์ ธา. (2554). การจัดทำข้อกำหนดเฉพาะในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ แป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- [22] Kazuhito Sakai and AnshunYoshinaga. (2006). Estimation of CO₂ emission from sugar cane product of okinawa by the life cycle assessment. USA.: American society of agricultural and biology engineers.
- [23] Ramjeawon Toolseeram. (2004). Life cycle assessment of cane-sugar on the Island of Mauritius. *International of life cycle assessment*, 9, 254-260.
- [24] ดารณี แจ้งหทัยกุล. (2546). การประเมินวัฏจักรชีวิตของกากอ้อยในการผลิตน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [25] นเรศ ใหญ่วงศ์. (2554). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีคัดกรองตัวแปร. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [26] วิจิตรา วิทยาไพโรจน์. (2553). การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำตาลจากอ้อย โดยหลักการประเมินวงจรชีวิต. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- [27] Renouf,M. (2006). Life cycle assessment (LCA) of sugar production in Queensland interim results of work part of broader research project – evaluating the environmental implication of product diversification in the Australian Sugar industry. Australia: Australian Society of Sugar Cane Technologists.

- [28] Eduardo Barretto de Figueiredo. (2010). Greenhouse gas emission associated with sugar production in southern Brazil. Retrieved January 30, 2013, from <http://www.cbmjournals.com/content/5/1/3>
- [29] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- [30] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). รายละเอียดการวิเคราะห์ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์. ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การขนส่ง. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- [31] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). การผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555-2556. อุดรดิตถ์: น้ำตาลไทยเอกลักษณ์.
- [32] สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2554). มาตรการประหยัดพลังงาน. นครราชสีมา: สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.



การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6

THE 6th SCIENCE RESEARCH CONFERENCE

SCIENCE
RESEARCH
CONFERENCE

6th



กำหนดการและบทคัดย่อ

20-21 มีนาคม 2557

ณ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี



การนำเสนอแบบบรรยาย

ฟิลิปปินส์ (PY) ห้อง KB-302

หัวข้อ Energy/Physics	วันศุกร์ที่ 21 มีนาคม 2557 เวลา 10.35-12.05 น.	คณาจารย์
ประธาน: ผศ. ดร. อุษาวดี ดันดิรานันท์ ประธานร่วม: ดร.เอกสิทธิ์ วงศ์ราษฎร์ อาจารย์วิโรจน์ เครือญาติ	10.35-10.50	ผศ. ดร. อุษาวดี ดันดิรานันท์
การศึกษาค้นคว้าแบบผสมผสานของข้อมูลเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบการอบแห้ง	10.50-11.05	สมชาย เลียจิตต์สวัสดิ์
การศึกษาค้นคว้าแบบไม่ได้อาศัยความรู้ก่อนร่วมสัมผัสความรู้ด้านผลผลิตโซลาร์เซลล์โดยตรง	11.05-11.20	ธัญญา อุดอ้าย
ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบคอนกรีตสำหรับผลิตน้ำร้อนในกระบวนการเพาะเห็ด	11.20-11.35	สมชาย กฤตพลวิวัฒน์
การศึกษาระบบผลิตพลังงานร่วมไฟโตโวลตาอิก/ความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์	11.35-11.50	เปรมิกา มณีทาเพ็ญ
การศึกษาระบบผลิตพลังงานร่วมของเครื่องกลั่นน้ำพาลังงานแสงอาทิตย์	11.50-12.05	กัญญา ปิ่นทอง
การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลบริเวณชุมชนวัดเกาะหงษ์		

การนำเสนอแบบบรรยาย

ฟิลิปปินส์ (PY) ห้อง KB-303

หัวข้อ Theoretical Physics & Physics Education	วันศุกร์ที่ 21 มีนาคม 2557 เวลา 10.35-11.35 น.	คณาจารย์
ประธาน: ผศ.ดร.กรรณิการ์ รัตนพิสัย ประธานร่วม: ดร.ปิยชนัน เกษสุวรรณ ดร. สรไกร ศรีสุภผล	10.35-10.50	อรรถกร ทองทา
การศึกษาค้นคว้าของระบบกลศาสตร์ที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคและความแข็งแรงของวัสดุแบบไม่ได้อาศัยความรู้ก่อนร่วมสัมผัสความรู้ด้านผลผลิตโซลาร์เซลล์โดยตรง	10.50-11.05	เลอติศพงศ์ งามสมฤทธิ์
การประเมินค่าของเครื่องวัดพื้นที่เพื่อการจัดการน้ำในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล	11.05-11.20	เอกวิทย์ ใจดี
การประเมินค่าของเครื่องวัดพื้นที่เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล	11.20-11.35	ปฐมพงศ์ ใจดี

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล
Carbon Footprint for Energy and Environment Management in Sugar Industry

เอกวิทย์ ไชยดี¹, สมชาย มณีวรรณ¹, อันทนา พันธุ์เหล็ก¹, ประมวล บุญนั้ง¹ และ สาคร ลอยสังวาลย์²

¹ ศูนย์วิจัยและจัดการด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดพิษณุโลก 65000

² บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด เลขที่ 42/1 หมู่ 8 คลองละหาน เมือง จ. อุตรดิตถ์ 53000

³ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง จากการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50-99.50 % ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 kgCO₂e/kg ส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าสี 2001-3800 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 97.30-98.0 % มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 0.312 kgCO₂e และผลกระทบที่เกิดมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ
คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินวัฏจักรชีวิต ข้อ้อย และน้ำตาลทราย

Abstract

The purpose of research was to estimate carbon footprint for energy and environment management in sugar industry of Thai Identity Sugar, Uttaradit province, by estimating carbon footprint of Hi-pol and J-spec raw sugar products with considering in B2B form from raw material making procession, manufacture procession and transport. The result showed that the greenhouse gas emissions of Hi-pol raw sugar producing procession of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 1001-2000 ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 98.50-99.50 %, the quantity of the greenhouse gas emissions was 0.259 kgCO₂e/kg and the greenhouse gas emissions J-spec raw sugar products of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 2001-3800 ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 97.30-98.0 %, the quantity of the greenhouse gas emissions was 0.312 kgCO₂e. and the most effects was raw material making procession, raw material transport procession from farm to manufactory and raw sugar producing procession

Keywords: carbon footprint / life-cycle assessment / sugar cane and raw sugar

*Corresponding author. E-mail : Chantlanap@nu.ac.th



เลขทะเบียน.....93

หนังสือยินยอมการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการบนเว็บไซต์
ฐานข้อมูล NU Digital Repository (<http://obj.lib.nu.ac.th/media/>)
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตามที่ข้าพเจ้า ผศ.ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ได้ส่งผลงานทางวิชาการการรายงานการวิจัย (เรื่อง) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล

ปีที่พิมพ์ 2557

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานทางวิชาการเป็นลิขสิทธิ์ของข้าพเจ้า ผศ.ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก (ผู้วิจัยร่วม) และท่านอื่น ๆ เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ร่วม และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน จึงอนุญาตให้เผยแพร่ผลงาน ดังนี้



อนุญาตให้เผยแพร่



ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ เนื่องจาก.....

ลงชื่อ

(ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก)

วันที่.....

หมายเหตุ ลิขสิทธิ์ใดๆ ที่ปรากฏอยู่ในผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของเจ้าของผลงาน ไม่ใช่ของสำนักหอสมุด