

การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง

โดย

นายวิทยา กันยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายวิทยา กันยา

เรื่อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2551

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.หาญพล ฟุ้งรัมย์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.วรรัตน์ ปัตตประกร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.อาทิตย์ เนรมิตตกพงศ์)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุยา วิสกุล)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่สำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งออกสินค้าบางประเภทไปยังผู้บริโภคในสหภาพยุโรป อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมหลักที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับ 3 ของโลกในปี 2549 และจากผลผลิตอ้อยและน้ำตาลของประเทศในปี พ.ศ. 2549-2550 มีปริมาณผลผลิตอ้อย 63.79 ล้านตันและผลผลิตน้ำตาล 3.47 ล้านตัน (จากคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2550) ซึ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้นักวิจัยนี้ได้นำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน เพื่อศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1 และวิธีการ Eco-indicator 99 ในการประเมินผลกระทบ จากผลการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ 9.27×10^{-4} DALY ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา 34.34 PDF $\cdot m^2 \cdot yr$ และผลกระทบต่อกรดของทรัพยากร 1.85 $\times 10^3$ MF surplus และยังแสดงให้เห็นว่ากระบวนการตกผลึกยังก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง

Abstract

Present of problem environmental essential to maintain, especially to European Union, the precautions against environmental impacts. The sugarcane and sugar industry had been an important part of economy of Thailand was the 3rd world's exporter of brown sugar. And the cultivation in year 2006-2007 of sugarcane was estimated at 63.8 million tons, and the production of sugar was at 6.7 million tons (Office of the cane and sugar board, 2007) the sugarcane and sugar industry of environment impacts were taken into the research of life cycle assessment of brown sugar 1 ton of environment impact assessment using the software of SimaPro version 7.1 with Eco-indicator 99 method environment impact were evaluated. The result found of Human health 9.27×10^{-4} DALY Ecosystem quality 34.34 PDF $\cdot m^2$ yr and Resource depletion 1.85×10^3 MJ surplus and indicated Crystallization to assess environment impact in production of brown sugar.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีได้รับคำชี้แนะและความช่วยเหลือจากทุกท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.หาญพล พึ่งรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้ให้แนวทางในการทำวิจัยให้สมบูรณ์อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นุรักษ์ กฤษดาณุกษ์ อาจารย์ ดร.วรรัตน์ ปัตตประกร และอาจารย์ ดร.อาทิตย์ เนรมิตตกพงศ์ ที่ได้แนะนำข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์และแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณการสนับสนุนทางด้านเครื่องมือโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 ในการทำวิจัยและศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติ ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย เครือข่ายมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ขอขอบพระคุณบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกท่านในบริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางด้านข้อมูลและให้คำปรึกษา

ขอขอบพระคุณ บริษัท วินนี่เม็กซ์อุตสาหกรรม จำกัด ได้ให้ช่วยเหลือการสนับสนุนและส่งเสริมที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้คำชี้แนะและข้อคิดในการทำวิจัย รวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่น่ารักและให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ น้องๆ ได้ให้กำลังใจ ชื่นชมแนะนำ สนับสนุนและสิ่งที่ดีตลอดมา

ประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พึงมีเพียงใด ขอมอบแด่ครูบาอาจารย์และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนามทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

นายวิทยา กันยา

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	(1)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญตาราง.....	(7)
สารบัญภาพประกอบ.....	(9)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.....	6
2.2.1 หลักการและการประยุกต์ใช้ LCA.....	7
2.2.2 หลักการสำคัญของ LCA.....	8
2.2.3 ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์...	8
2.3 กระบวนการปลูกอ้อย.....	12
2.4 กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย.....	13
2.4.1 การเตรียมอ้อย.....	13
2.4.2 การสกัดน้ำตาลจากอ้อย.....	14
2.4.3 การทำน้ำอ้อยให้บริสุทธิ์.....	16
2.4.4 การต้มน้ำอ้อยเป็นน้ำเชื่อม.....	17
2.4.5 การตกผลึกน้ำตาลทราย.....	18
2.4.6 การปั่นแยกเม็दन้าตาลทราย.....	19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3. การดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition).....	23
3.1.1 กระบวนการปลูกอ้อย.....	25
3.1.2 กระบวนการขนส่งอ้อย.....	26
3.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Data Inventory).....	28
3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	28
3.2.2 การปันส่วน (Allocation).....	28
3.2.3 สมมติฐานและวิธีการคำนวณการปริมาณมลพิษจากการ ตรวจวัด.....	29
3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment).....	30
3.3.1 การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ.....	30
3.3.2 การกำหนดบทบาท.....	31
3.3.3 โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1.....	32
3.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation).....	36
4. ผลการวิจัย.....	37
4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลน้ำตาลทรายแดง.....	37
4.1.1 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการปลูกอ้อย.....	37
4.1.2 กระบวนการหีบสกัด.....	41
4.1.3 กระบวนการทำใส.....	42
4.1.4 กระบวนการต้มระเหย.....	43
4.1.5 กระบวนการตกผลึก.....	44
4.1.6 กระบวนการปั่นแยก.....	45
4.2 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน....	46
4.3 การแปลผลการศึกษา.....	54
4.3.1 การเกิดภาวะโลกร้อน.....	54

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.2 การเกิดฝนกรด.....	54
4.3.3 การเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ.....	54
4.3.4 การทำลายชั้นโอโซน.....	55
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	58
ภาคผนวก ก ตารางบัญชีเครื่องจักร.....	61
ภาคผนวก ข ตารางบัญชีรายการการจัดเก็บข้อมูล.....	72
ภาคผนวก ค รายงานผลการตรวจวิเคราะห์น้ำและอากาศ.....	75
ประวัติการศึกษา.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การใช้ทรัพยากรในการผลิตอ้อย 1 ไร่ของกรอบโรงงานน้ำตาล.....	25
3.2 น้ำหนักบรรทุกทุกและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกอ้อย ประเภทต่างๆ.....	26
3.3 ความสัมพันธ์ของกลุ่มเป้าหมายที่ถูกทำลาย.....	33
4.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการปลูกอ้อยสำหรับ การผลิตน้ำตาล.....	40
4.2 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการหีบสกัด.....	41
4.3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการทำใส.....	42
4.4 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการต้มระเหย.....	43
4.5 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการตกผลึก.....	44
4.6 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของการปั่นแยก.....	45
4.7 ค่าแสดงน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย.....	46
4.8 การกำหนดตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มผลกระทบ.....	46
4.9 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน..	53
4.9 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน.....	53
ก.1 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ.....	61
ก.2 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการหีบสกัด.....	66
ก.3 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำใส.....	67
ก.4 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการต้มระเหย.....	68
ก.5 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการตกผลึก.....	69
ก.6 อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการปั่นแยก.....	70
ข.1 การจัดเก็บข้อมูล.....	72
ค.1 ค่าแสดงวิธีการวิเคราะห์น้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียสุดท้าย.....	75
ค.2 ค่าแสดงน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียสุดท้าย.....	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.3 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศ จากแหล่งกำเนิด.....	77
ค.4 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 1).....	78
ค.5 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 2).....	79
ค.6 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 3).....	80
ค.7 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 4).....	81
ค.8 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 5).....	82
ค.9 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 6).....	83
ค.10 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 7).....	84

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1.1 ขอบเขตการศึกษาวัฏจักรชีวิตการผลิตน้ำตาลทรายแดงจากอ้อย.....	3
2.1 กรอบการดำเนินงาน LCA จากอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040.....	12
2.2 การแสดงการสกัดน้ำตาลจากอ้อยโดยใช้ลูกหีบ.....	15
2.3 การทำใส่น้ำตาลทรายจากน้ำอ้อยรวม.....	20
3.1 ขอบเขตการศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง.....	24
3.2 แผนผังแสดงขอบเขตการศึกษาการผลิตน้ำตาลทรายแดง.....	27
4.1 สมดุลมวลสารของกระบวนการปลูกอ้อย.....	38
4.2 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของกระบวนการ ปลูกอ้อย.....	39
4.3 สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง.....	40
4.4 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการหีบสกัด.....	47
4.5 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการทำใส.....	48
4.6 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการต้มระเหย.....	49
4.7 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการตกผลึก.....	50
4.6 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการปั่นแยก.....	51
4.7 ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการผลิต น้ำตาลทรายแดง 1 ตัน.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่อันดับต้นๆ ของโลก จากการประมาณผลผลิตอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549-2550 มีปริมาณผลผลิตจากอ้อยประมาณ 63.8 ล้านตันและผลผลิตน้ำตาล 6.7 ล้านตัน (คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2550) จึงนับได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลถือว่าเป็นสินค้าส่งออกหลักสำคัญชนิดหนึ่งที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 44,527 ล้านบาทและปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมได้มีการตื่นตัวขึ้นกันเป็นอย่างมาก จึงทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นและหนึ่งในนั้นคือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์หรือเรียกว่า life cycle assessment (LCA)

อย่างไรก็ตามประเทศไทยเริ่มมีการตื่นตัวทางด้านการจัดทำทำการประเมิน LCA กันมากขึ้นและมีการดำเนินงานจากหน่วยงานหลายฝ่ายในการสร้างให้เกิดฐานข้อมูลสำหรับการประเมิน LCA ของผลิตภัณฑ์และการบริการพื้นฐานหลายประเภท เช่น LCA ของการผลิตไฟฟ้า (โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย) การผลิตวัสดุก่อสร้างหลายประเภท (โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย) การผลิตน้ำประปา (โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, AIT) การทำเหมืองถ่านหิน (สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) นอกจากนี้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ยังได้ร่วมมือกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (สวทช.) ในการศึกษาพัฒนากรอบการดำเนินงานเพื่อรองรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้แนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิต

LCA เป็นส่วนหนึ่งขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization, 14040) ในอนุกรมมาตรฐาน 14040 ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตหรือแม้แต่การบริการนั้นๆ ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตนับตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (raw material acquisition) กระบวนการผลิต (manufacturing) การขนส่ง (distribution) การนำไปใช้งาน (use) และการ

กำจัดซากผลิตภัณฑ์ (end of life) ซึ่งอาจจะมีการนำกลับไปใช้ใหม่ (recycle) การเผา (incineration) หรือการฝังกลบ (landfill) เป็นต้น เครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตคือ โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1 โดยหลักการคือการประเมินมวลสารขาเข้าและสารขาออกจากผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาด้วยวิธีการ LCA จำเป็นต้องใช้ข้อมูลและตัวเลขจำนวนมากในการคำนวณจึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านนี้เข้ามาช่วยในการทำงานซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมนี้เป็นที่ยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย

จากประเด็นดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายแดงเพราะว่าเป็นผลผลิตน้ำตาลเพื่อการส่งออกเป็นหลัก โดยทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตันของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งของจังหวัดนครสวรรค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้คือฐานข้อมูลสำหรับโรงงานผลิตน้ำตาลทรายแดงเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับนโยบายสินค้าครบวงจร (IPP, integrated product policy) แนวคิดด้านนโยบายสิ่งแวดล้อมแบบใหม่ที่มีแนวคิดเชิงป้องกันและแก้ไขผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบครบวงจร อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์รวมทั้งข้อมูลการประเมินผลกระทบสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเพื่อจะปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

1.2 วัตถุประสงค์

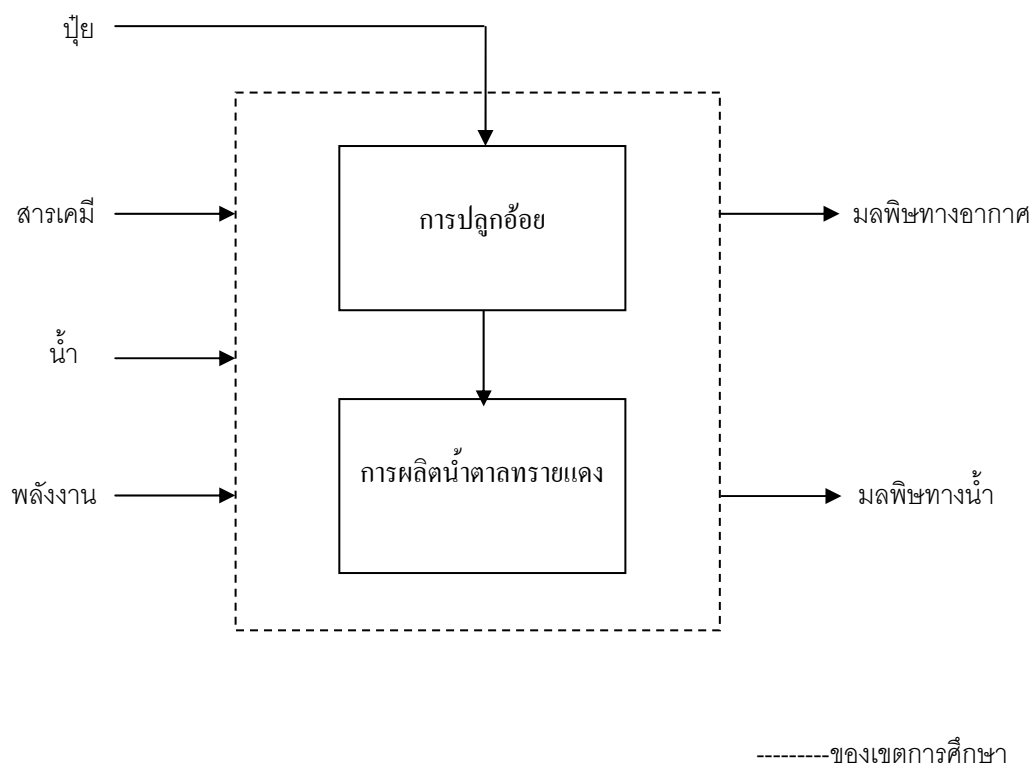
1.2.1 เพื่อทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำตาลทรายแดง

1.2.2 เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการประเมินในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายแดง โดยพิจารณาตั้งแต่การปลูกอ้อย การขนส่งอ้อย การผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยพิจารณาในขั้นตอนเฉพาะการผลิตน้ำตาลทรายแดงเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณสารขาเข้า (input) และสารขาออก (output) ที่ออกจากกระบวนการที่ศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษาวัจจกรชีวิตการผลิตน้ำตาลทรายแดงจากอ้อย



บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kazuhito Sakai, Anshun Yoshinaga (2006) ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอ้อยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต ณ ประเทศญี่ปุ่นเพื่อใช้ในการพัฒนาเกษตรกรรม โดยพิจารณาจากการคาดการณ์ทางเศรษฐกิจระยะยาวแต่ไม่ได้คาดการณ์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าประกอบไปด้วยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในกระบวนการปลูกอ้อยก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

Ramjeawon Toolseeram (2004) ได้ทำการศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยบนเกาะมารีเชียสซึ่งทำการศึกษาดังแต่การปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การใส่ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยโดยได้เก็บข้อมูลและศึกษาผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและสุขภาพของมนุษย์ขอบเขตในการศึกษาคือ ปริมาณอ้อย 1 ตัน จากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 160 กิโลกรัมต่อตันอ้อยพบว่าการปลูกอ้อยและการเก็บเกี่ยวก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด (44%) รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช (22%) การนำกากอ้อยไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (20%) การขนส่ง (13%) และการเผาอ้อย (1%)

Ramjeawon Toolseeram (2007) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรการผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยบนเกาะมารีเชียสโดยการกำหนดหน่วยทำงานในการศึกษา (Functional unit) คือ ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 GWh โดยใช้วิธีการกำหนดบทบาท (Characterization) ในการประเมินเปรียบเทียบระหว่างการผลิตจากกากอ้อยและจากถ่านหิน ผลการศึกษาพบว่าการใช้กากอ้อยก่อให้เกิดผลกระทบจากการเกิดฝนกรดและการใช้พื้นที่แต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำน้อยมาก

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2550) ได้ทำการศึกษาสารมลพิษจากการเผาไหม้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาล ได้แก่ ฝุ่นละอองจากสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการเก็บตัวอย่างในสภาวะขั้นตอนการเผาไหม้ ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างที่เก็บหลังจากที่เตาเผากากอ้อยถูกทำความสะอาดแล้ว จะมีปริมาณของสารมลพิษของฝุ่นละออง สารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่าตัวอย่างที่เก็บก่อนที่เตาเผาจะถูกทำความสะอาด นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นและอัตราการปลดปล่อยของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดแปรผันตามปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณของฝุ่นละออง สำหรับรูปแบบของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ศึกษาพบว่าสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในรูปของของฝุ่นละออง โดยเฉลี่ยจะพบว่ามีฟลูออแรนทีนมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาเป็นไพรีน (ทั้งสองตัวเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง) ส่วนสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในรูปของก๊าซโดยเฉลี่ยพบว่ามีปริมาณแนพทาซีนมากเป็นอันดับหนึ่งรองลงมาเป็นพีแนนทรีน (ทั้งสองตัวเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง)

ดารณี แฉงนัทกุล (2546) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกากอ้อยในการผลิตน้ำตาลทรายในการผลิตเป็นพลังงาน ได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานน้ำตาลราชสีมา มีอัตราการใช้อ้อย 30,000 ตันต่อวัน มีปริมาณกากอ้อย 238.14 ตันต่อวัน ใช้ในการผลิตไอน้ำที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียสในการผลิตน้ำตาลและผลิตกระแสไฟฟ้า ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเผาเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจนซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละอองโดยทำการประเมินปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) ปัญหาด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ปัญหาด้านชั้นโอโซนถูกทำลาย (Photochemical Ozone Formation) จากการแสดงผลให้เห็นว่า ปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) และปัญหาด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีผลกระทบค่อนข้างน้อยมากจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ในขณะที่ปัญหาด้านชั้นโอโซนถูกทำลายมีผลกระทบที่ค่อนข้างสูงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผากากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง มีผลต่อสภาวะโลกร้อนและภาวะความเป็นกรดจากการปลดปล่อย

ออกไซด์ของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณน้อยมากในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นถ้าใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดภาวะโลกร้อนและเป็นการนำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย (2550) ได้ทำการศึกษาและสามารถสรุปได้ว่าการส่งเสริมการผลิตเอทานอลสำหรับเป็นเชื้อเพลิงและการส่งเสริมการผลิตและใช้งานแก๊สโซฮอล์ของภาครัฐ เป็นนโยบายที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์และช่วยก่อให้เกิดประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศเนื่องจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตและการใช้งานแก๊สโซฮอล์ 95 พบว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านที่ลดลงเมื่อเทียบกับการผลิตและการใช้น้ำมันเบนซิน 95 เช่น การทำลายทรัพยากร (Abiotic Depletion) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) ปัญหาด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) และความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Humantoxicity) แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอีก 2 ประเด็นสำคัญที่ยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมเพื่อลดผลกระทบ ได้แก่ ปัญหาด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ณ การผลิตและการใช้แก๊สโซฮอล์ 95 เทียบกับเบนซิน ในปัจจุบันก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนใกล้เคียงกันในขณะที่การผลิตและการใช้งานแก๊สโซฮอล์ มีโอกาสก่อปัญหาด้านธาตุอาหารพืชในน้ำสูงเกินสมดุล (Eutrophication) สูงกว่าเมื่อเทียบกับเบนซิน เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากช่วงการผลิตเอทานอลมีปริมาณมากและรูปแบบการจัดการของเสียและการนำไปใช้ประโยชน์ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรซึ่งจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาที่ถูกต้องตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตและใช้แก๊สโซฮอล์

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้

ใหม่/แปรรูปและการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อมและสารเคมี (Society of Environment Toxicology And Chemical : SETAC) ได้ให้นิยามของ LCA ว่า “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การตัดแยก การบำรุงรักษาและการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศน์ สุขอนามัยและการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก” ส่วนองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization : ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 ว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออกรวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต”

2.2.1 หลักการและการประยุกต์ใช้ LCA

เทคนิคและการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอยู่ กล่าวคือ LCA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลด้านเชิงปริมาณชัดเจนจึงทำให้การศึกษามีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพราะจะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้นและให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไปและสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมาแต่ LCA จะเป็นการมองทางผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นมากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา

2.2.2 หลักการสำคัญของ LCA

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อม (Environmental loads) ในทุกๆ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องและที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น พลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ การปล่อยของเสียและการแพร่กระจายของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
2. การประเมินและการหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environment impacts) ที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณภาระทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ถูกบ่งชี้มาในขั้นตอนแรก
3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมและใช้ข้อมูลที่มีการแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ

2.2.3 ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การศึกษาศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษาศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนแรก ประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

- การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal)

เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุด การตั้งเป้าหมายจะต้องชัดเจน โดยรวมถึงเหตุผลของการศึกษา ผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้และผู้ใช้ผลการศึกษา

- การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope)

เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมินผลและรายละเอียดภายในระบบซึ่งรวมถึงวิธีการประเมินโดยการกำหนดขอบเขตต้องครอบคลุมถึงหน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ ระบบที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา คุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น

- การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit)

เป็นการใช้ตัวอ้างอิงหรือพื้นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออกจากระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบควรจะมีการระบุอย่างชัดเจนและสามารถวัดค่าได้ ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ การเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของหลายผลิตภัณฑ์ เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติพื้นฐาน

- ขอบเขตของระบบ (System Boundaries)

เป็นการกำหนดขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมโดยระบบ ผลิตภัณฑ์ คือ หน่วยที่รวบรวมวัสดุและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงานต่างๆ ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ

- คุณภาพของข้อมูล (Data Quality)

ข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาชี้รายการย่อมมีผลต่อคุณภาพของบทสรุปของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่น่าสนใจ คุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้คือ คุณภาพของข้อมูลในบัญชีรายการ ช่วงเวลาในการศึกษาระดับพื้นที่ของการศึกษา เช่นระดับโลก ระดับภูมิภาค เทคโนโลยีของการศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูลวิธีการในการได้มาของข้อมูลความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูล

2. การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

เป็นขั้นตอนที่สองของการประเมินวัฏจักรชีวิตซึ่งประกอบไปด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

- การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection)

การวิเคราะห์ปัญหาชี้รายการจะรวมถึงการคัดเลือกข้อมูลและการจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ของการใช้วัตถุดิบของเสียของมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมดของวัฏจักรชีวิต

- การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining System Boundaries)

ขอบเขตของระบบจะถูกกลั่นกรองหลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรก ตัวอย่างของผลในการกลั่นกรองข้อมูล เช่น การตัดสินใจในการเลือกหรือตัดกระบวนการใดออกไป การตัดวัตถุดิบบางส่วนออกไป การเพิ่มหน่วยการผลิตซึ่งแสดงว่ามีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ผล

- วิธีการคำนวณ (Calculation Procedures)

การคำนวณผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้โดยวิธีซึ่งอาจอยู่ในรูปอิเล็กทรอนิกส์หรือโปรแกรมสำเร็จรูป การเลือกโปรแกรมให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้อมูล

- การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation Data)

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ต้องดำเนินการในระหว่างการเก็บรวบรวมหรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูลหรือข้อมูลนั้นมีความใกล้เคียงกันกับกระบวนการอื่นๆ

- การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating Data to the Specific System)

พื้นฐานของข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออก บ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในหน่วยงานที่กำหนดเอง เช่น พลังงาน ในหน่วยเมกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์หรือของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่น น้ำหนักของโลหะต่อปริมาตรน้ำเสียซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษาแต่บ่อยครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงนั้นมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

- การปันส่วน (Allocation)

เมื่อต้องทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบที่มีความซับซ้อนจึงเป็นไปได้ที่จะจัดการเพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบและผลที่ได้จากขอบเขตของระบบได้หมดสามารถแก้ปัญหาทำได้ 2 วิธี คือ

1. การเพิ่มขอบเขตของระบบ
2. การจัดสรรผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ตรงปัญหาการศึกษา

ซึ่งการจัดสรรเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบ เนื่องจากเป็นการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

3 การประเมินผลกระทบวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

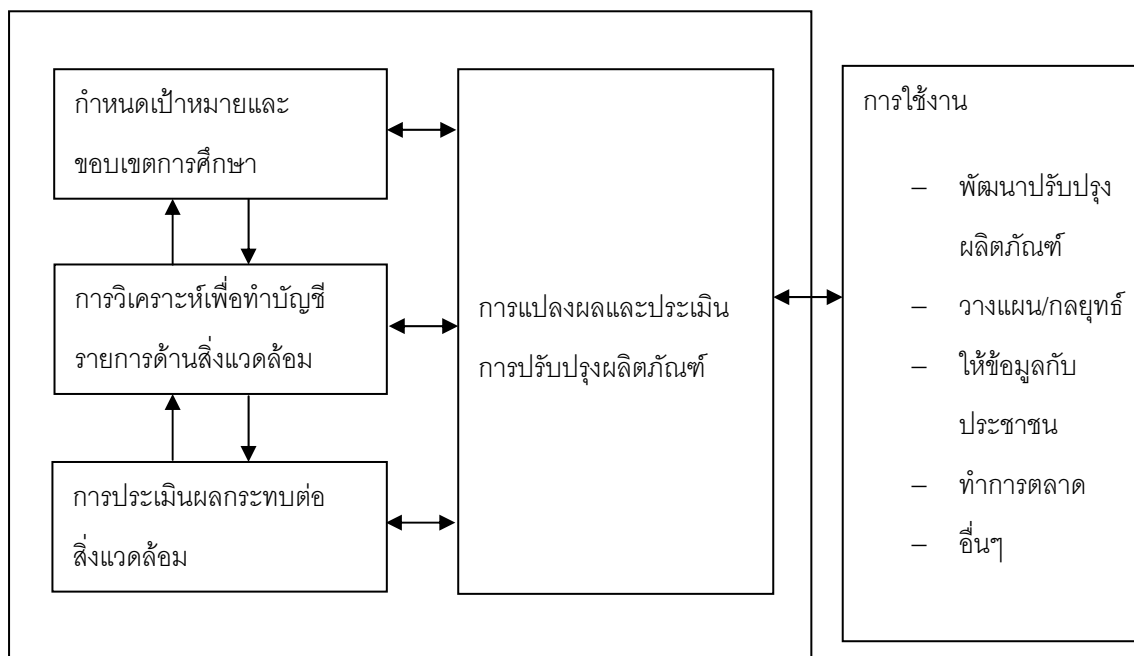
จัดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพ และปริมาณเพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลกระทบนั้นมีขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ ประกอบด้วย การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ (Classification) และการกำหนดบทบาท (Characterization) และขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

4 การแปลผล (Interpretation)

ขั้นการแปลผลเป็นการนำผลการศึกษา ที่ได้รับการวิเคราะห์ปัญหารายการด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA รวมถึงจัดทำรายงานสรุปการแปลและขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้

การแปลผลการศึกษาประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การจำแนกประเด็นที่สำคัญที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นการวิเคราะห์ LCI และ LCIA ของการทำ LCA (2) การประเมินค่า (evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องของข้อมูล และ (3) การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะและรายงานผล

ภาพที่ 2.1 กรอบการดำเนินงาน LCA จากอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040



ที่มา : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547

2.3 กระบวนการปลูกอ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกมากในประเทศไทยทั้งนี้เนื่องจากมีตลาดรับซื้อที่แน่นอนและมีระบบจัดการผลประโยชน์ที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐานภายใต้สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล โดยทั่วไปแล้วอ้อยมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 12 เดือนเกษตรกรจึงนิยมปลูกอ้อยให้อายุการเก็บเกี่ยวตรงกับฤดูหีบอ้อยของโรงงานที่อยู่ในพื้นที่คือ ประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมของทุกปี (กำหนดการที่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละปี)

อ้อยเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีการเจริญเติบโตเป็นวัฏจักร กล่าวคือ เมื่อปลูกอ้อยจนเจริญเติบโตจนสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตคือต้นไปได้แล้ว ส่วนที่เหลืออยู่ใต้ดิน (Rhizome) จะสามารถพัฒนาและเจริญเติบโตจนเป็นต้นอ้อยและให้ผลผลิตได้อีก โดยอ้อยที่ปลูกในลักษณะนี้จะ

เรียกว่าอ้อยตอ จำนวนครั้งของการเลี้ยงตอของเกษตรกรไทยจะขึ้นอยู่กับการเตรียมดินในการปลูก ครั้งแรกรวมทั้งการดูแลรักษาในขณะที่อ้อยกำลังเจริญเติบโต

2.4 กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 การเตรียมอ้อย

หมายถึง การแปรรูปอ้อยให้เหมาะสมกับการสกัดน้ำตาลจากอ้อยโดยมีขั้นตอนดังนี้
การตัดอ้อย

ปกติเมื่ออ้อยครบกำหนดอายุเหมาะสมที่จะทำการหีบสกัดน้ำตาลจากการตัดหรือทำการเก็บเกี่ยวจะต้องกระทำโดยใช้เวลาที่สั้นที่สุด และทำให้เกิดบาดแผลแก่ลำอ้อยน้อยที่สุด เนื่องจากเมื่อตัดอ้อยจากพื้น กระบวนการสังเคราะห์แสงหรือผลิตน้ำตาลในลำต้นจะไม่เกิดขึ้น (หรือสามารถเกิดได้น้อยมาก) แต่จะมีการหายใจและใช้น้ำตาลซูโครสอยู่ตลอดเวลา การเผาอ้อยเพื่อที่จะทำให้การเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นนั้น จะกระทำได้ต่อเมื่อมีแผนการตัดขนส่งและอ้อยจะต้องถูกหีบทันที การตัดโดยเครื่องจักรหรือรถตัดนั้นจะทำให้เกิดบาดแผลบ้างแต่มีการตัดได้รวดเร็ว เหมาะสมสำหรับการวางแผนในระบบอุตสาหกรรมของประเทศไทยที่เราใช้แรงงานตัดอ้อยเป็นส่วนใหญ่ อ้อยตัดได้มีบาดแผลเล็กน้อยและสะอาดแต่เกิดความล่าช้าซึ่งมีผลต่อคุณภาพอ้อยเป็นอย่างมาก สำหรับการขนส่ง ปกติจะบรรทุกโดยรถยนต์ขนาดสิบล้อหรือสิบล้อพ่วงมีน้ำหนักบรรทุกได้ประมาณ 15-35 ตันต่อคันรถ เนื่องจากตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาลทุกโรงจะต้องมีการเทอ้อยลงสะพานอ้อยโดยระบบไฮดรอลิค สามารถยกท่ามูมเอียงได้ 50 องศา ยกได้ครั้งละ 2-4 ตัน ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของแต่ละโรงงานการตัดอ้อย และขนส่งอ้อยนั้นมีปัจจัยที่สำคัญคือเวลาและระยะทาง การขนส่งดังได้กล่าวมาแล้วว่าอ้อยที่ถูกตัดแล้วจะมีการเสื่อมคุณภาพตลอดเวลาก่อนที่จะถูกหีบ การเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนก็คือ การสูญเสียน้ำหนักอ้อยค่าร้อยละของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (บริกส์) จะสูงขึ้นขณะเดียวกันค่า “โพลาไรเซชัน” จะลดลงเมื่อคิดว่า

ความบริสุทธิ์จะพบว่าลดลงเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิภาคที่ปลูกอ้อย คือ ร้อนและชื้น การสูญเสียที่เกิดโดยจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ผลพลอยได้ในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยว คือ ชีวมวล (Biomass) เช่น ยอด ใบการเก็บเกี่ยว แบบเผาไฟจะทำให้ชีวมวลเหล่านี้สูญเสียไป โดยเปลี่ยนรูปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์

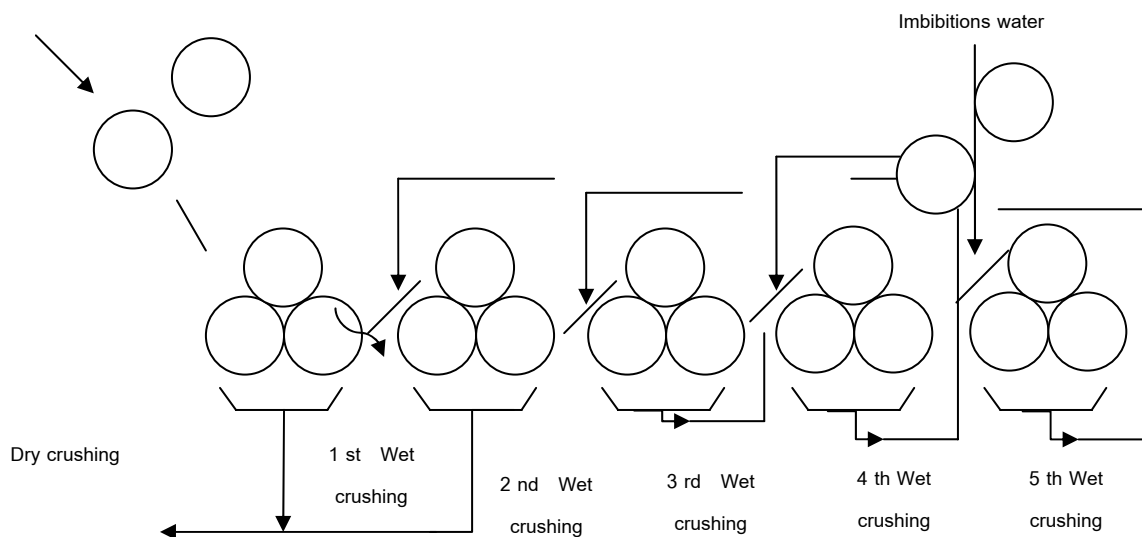
การเตรียมอ้อย

อ้อยจะถูกเทลงในสายพาน ซึ่งจะนำเข้าสู่สายพานอ้อยเคลื่อนที่เข้าโรงงานการปฏิบัติต่ออ้อยในครั้งแรก คือ การตีระดับอ้อยโดยเหล็ก (Leveller) เพื่อให้อ้อยมีขนาดความสูงพอเหมาะ จากนั้นจะถูกตัดโดยใบมีดซึ่งมีตั้งแต่ 2-4 ชุด เพื่อให้อ้อยถูกตัดเป็นท่อนเล็ก ๆ การเตรียมที่สำคัญที่สุดต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำตาลจากอ้อย คือ การย่อยอ้อยโดยเครื่องย่อยอ้อย (Shredder) ประกอบด้วยฮ้อนหมุนเหวี่ยง (Revolving and Swinging Hammers) อยู่ในลักษณะประชิดกับท่อนเหล็กซึ่งติดอยู่กับที่ ชิ้นอ้อยที่ถูกป้อนเข้ามาจะถูกตีให้ขาดกระจายเป็นเส้น (Fibrous Structure) ทำให้การสกัดน้ำตาลของลูกหีบง่ายขึ้น

2.4.2 การสกัดน้ำตาลจากอ้อย

การสกัดน้ำตาลอ้อยโดยใช้ลูกหีบ 4-6 ชุด ๆ ละ 3 ลูกกลิ้ง จำนวน 1-2 แถว หมายถึง การใช้แรงกดบนลูกหีบ

ภาพที่ 2.2 การแสดงการสกัดน้ำตาลจากอ้อยโดยใช้ลูกหีบ



ที่มา : กล้าณรงค์ (2536)

จากภาพที่ 2.2 จะเห็นว่าการนำน้ำอุ่นประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เข้ามาพรมหน้าลูกหีบชุดสุดท้าย ซึ่งหมายถึงมีการใช้หลักการของการสกัดโดยชีวภาพเข้ามาช่วย น้ำพรมนี้เรียกว่า “Imbibition water” ซึ่งจะถูกพรมลงไปบนเนื้อเซลล์ของกากอ้อย ความหวานที่เหลืออยู่ในกากอ้อยจะละลายกับน้ำออกมาเมื่อถูกบีบอัดโดยชุดลูกหีบชุดสุดท้าย น้ำที่ถูกสกัดออกมาจะมีน้ำตาลที่ละลายออกมาด้วย คุณสมบัติของน้ำพรมมีผลต่อการละลายน้ำตาล คุณสมบัติสูงการละลายน้ำตาลจะออกมาได้ดีกว่าคุณสมบัติต่ำ น้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 5 ซึ่งมีความหวานน้อยจะนำไปพรมหน้าลูกหีบชุดที่ 4 น้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 4 ก็จะถูกนำไปผ่านหน้าลูกหีบชุดที่ 3 และน้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 3 จะนำไปพรมหน้าลูกหีบชุดที่ 2 ลูกหีบชุดที่ 1 จะไม่มีการพรมน้ำอ้อยทั้งนี้ก็เป็นชุดที่มีการสกัดดีอยู่แล้วและเป็นชุดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง น้ำอ้อยสกัดออกมาจากลูกหีบชุดที่ 5 หรือชุดสุดท้ายของกระบวนการหีบเรียกว่า ชานอ้อยหรือกากอ้อย (Bagasse) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่สำคัญของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลปกติจะมีปริมาณกากอ้อยที่ผลิตได้อยู่ 25-30 % ของปริมาณน้ำหนักร้อย โดยมีความชื้นอยู่ประมาณ 45-55 %

ปริมาณน้ำที่ใช้พรมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเส้นใยในอ้อยโดยเอาค่าเส้นใยหารด้วยน้ำที่จะใช้พรมออกมาเป็นค่าแลมด้า (λ) ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2

นำอ้อยที่สกัดจากลูกหีบชุดที่หนึ่งจะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าโพลและค่าบริกซ์ แล้วนำไปคำนวณหาค่า ซีซีเอส จากสูตร

$$CCS = \frac{0.9433 P(100-F)}{100} - (0.5) \frac{0.9660 B_1(100-F)}{100} - \frac{0.9433 P_1(100-F)}{100}$$

เมื่อ P_1 = ค่าโพลของน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดที่ 1
 B_1 = ค่าบริกซ์ของน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดที่ 1
 F = ค่าร้อยละของไฟเบอร์

ค่า CCS หมายถึง ร้อยละของน้ำตาลที่สามารถผลิตได้จากอ้อยหลังจากการคิดเรื่องการสูญเสียระหว่างการผลิตแล้ว

นำอ้อยจากลูกหีบชุดที่ 1 และ 2 รวมกันเรียกว่า น้ำอ้อยรวม (Mixed Juice) จะถูกกรองแล้วนำไปสู่ระบบการผลิตต่อไป กากอ้อยที่ติดอยู่กับตะแกรงกรอง เรียกว่า Cush-Cush Bagasses จะถูกนำไปปล่อยลงหน้าลูกหีบชุดที่ 2 (ห้ามลงหน้าลูกหีบชุดที่ 1) เพื่อทำการสกัดน้ำอ้อยต่อไป ส่วนการสกัดน้ำตาลจากอ้อยโดย Diffuser มีหลักการสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อย โดยน้ำอุ่นที่มีปริมาณมากกว่าน้ำพรม ใช้หลักการ Diffusion น้ำตาลออกจากเซลล์พืช ปกติต้องติดตั้งลูกหีบประกอบก้นกับ Diffuser โดยนำอ้อยซึ่งถูกสกัดจากลูกหีบชุดที่ 1 และ 2 แล้ว เข้าไปพรมน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส

2.4.3 การทำน้ำอ้อยให้บริสุทธิ์

น้ำอ้อยรวมที่ผ่านตะแกรงแยกผงกากอ้อยจะถูกผ่านกรรมวิธีแยกสิ่งสกปรกออกมา เทคโนโลยีที่ใช้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแบบต่าง ๆ กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

ดิบจะใช้กรรมวิธีแยกสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ออกด้วยการทำให้ตกตะกอนซึ่งในที่นี้จะอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี และฟิสิกส์โดยไม่มุ่งหวังการฟอกสีโดยตรงเริ่มต้นด้วยการผ่านน้ำอ้อยเข้าหม้ออุ่นน้ำอ้อยให้มี อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียสที่ไม่ใช้อุณหภูมิสูงก็เพื่อลดสีที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของ น้ำตาลในอ้อย น้ำอ้อยอุ่นจะเข้าผสมน้ำปูนขาวซึ่งใช้ความเข้มข้นปูนขาวอยู่ในช่วง 46-84 กรัมต่อ ลิตร การผสมไม่ควรใช้เวลานานเกิน 3 นาทีเพราะถ้านานกว่านี้อาจทำให้เกิดสีได้หรือเกิดปฏิกิริยา ทำให้ได้สารอื่นขึ้นและจะทำให้ได้ระดับ pH ตามที่กำหนดไว้ แล้วจึงส่งผ่านเข้าหม้อต้มน้ำอ้อยให้ เดือด (อุณหภูมิประมาณ 102 – 105 องศาเซลเซียส) แล้วนำไปผสมกับสารรวมตะกอน (Flocculant) แล้วผ่านเข้าถังระบายไอ (Flash tank) เพื่อแยกไอหรือฟองอากาศหรือก๊าซที่มีอยู่ใน น้ำอ้อยไม่ให้ไปติดรบกวนการตกตะกอนในถังตกตะกอน

2.4.4 การต้มน้ำอ้อยเป็นน้ำเชื่อม

น้ำอ้อยใสที่ผ่านกรรมวิธีที่ทำให้บริสุทธิ์ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นจะถูกส่งเข้าสู่ชุด หม้อต้มซึ่งทำงานต้มระเหยต่อเนื่องจนออกมาเป็นน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นตามต้องการ หม้อต้มที่ ใช้อาจเป็นระบบ 4 – 6 ชุด ซึ่งชุดหนึ่งๆ อาจประกอบด้วยหม้อต้ม 1 ใบหรือมากกว่านั้นหม้อต้มชุด แรกหรือใบแรกจะใช้ไอลเสียจากความร้อนเครื่องจักรกลชนิดใช้น้ำ ส่วนไอลระเหยของน้ำอ้อยที่ เกิดขึ้นในหม้อต้มชุดแรกหรือใบแรกจะถูกป้อนเข้าถังไอลของหม้อต้มชุดต่อไปเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องกัน ไปจนถึงหม้อต้มชุดสุดท้ายหรือใบสุดท้าย โดยวิธีการนี้ความร้อนจากการควบแน่นไอน้ำ 1 กิโลกรัม อาจใช้ระเหยน้ำได้ถึง 4 หรือ 5 กิโลกรัม เพราะไอน้ำที่ได้จากการระเหยน้ำในหม้อต้มชุดแรกนำไป ทำให้ควบแน่นและคายความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยน้ำจากน้ำอ้อยชุดถัดไป การทำงานในชุด หม้อต้มนี้อยู่ภายใต้สุญญากาศเพื่อให้จุดเดือดของน้ำอ้อยต่ำลงเป็นการป้องกันการเสื่อมของ น้ำตาลในอ้อย การทำน้ำเชื่อมให้บริสุทธิ์น้ำเชื่อมที่ได้จากชุดหม้อต้มจะส่งเข้าไปถึงพักในการผลิต น้ำตาลทรายดิบโดยทั่วไปน้ำเชื่อมจะถูกป้อนเข้าหม้อเคี้ยวโดยตรง ยกเว้นในกรณีที่ต้องการน้ำตาล ทรายดิบคุณภาพสูงและเพื่อเพิ่มความสะอาดในการเคี้ยวและปั่นแยกเมืมน้ำตาลจะมีการทำ น้ำเชื่อมให้บริสุทธิ์เฉพาะ การแยกสารไม่บริสุทธิ์จำพวกสารของแข็งแขวนลอยซึ่งเป็นต้นเหตุให้ น้ำเชื่อมขุ่นมัวและมีความหนืดสูง ส่วนการผลิตน้ำตาลทรายขาวโดยตรงจากอ้อยและกรณีการ

ผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์จากน้ำตาลทรายดิบจะใช้กรรมวิธีการฟอกสีน้ำเชื่อมแบบต่าง ๆ เทคโนโลยีที่ใช้มีหลายวิธีแตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีกระบวนการอื่น ๆ อีกมากมายซึ่งอาศัยสารเคมีที่ทำขึ้นเป็นพิเศษสำหรับกระบวนการนี้โดยเฉพาะ

2.4.5 การตกผลึกน้ำตาลทราย

น้ำเชื่อมที่ผ่านกรรมวิธีที่ทำให้บริสุทธิ์หรือบางกรณีอาจจะไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์แล้วแต่ละชนิดและคุณภาพของน้ำตาลที่ผลิตนั้น จะถูกนำมาบ่อนหม้อเคี้ยวให้เป็นเม็ดน้ำตาลทรายต่อไปตามระบบการเคี้ยวซึ่งมีหลายแบบ เช่น ระบบเคี้ยวน้ำตาล 2 ชั้น หรือระบบเอ ซี (น้ำตาลทรายดิบ) ซึ่งเป็นการตกผลึกน้ำตาลสองครั้งเป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันมากเพราะง่ายต่อการควบคุม นอกจากนี้ยังมีระบบเคี้ยวน้ำตาล 2 ชั้นครึ่งหรือ 3 ชั้น ซึ่งให้ปริมาณอัตราส่วนน้ำตาลที่ได้จากการตกผลึกน้ำตาลชั้นต่าง ๆ กัน (น้ำตาล เอ บี ซี)

การทำงานของหม้อเคี้ยวน้ำตาลจะอาศัยความร้อนต่ำภายในระบบสุญญากาศ เช่น เคี้ยวกับหม้อต้มแต่แตกต่างกันที่หม้อเคี้ยวทำงานเป็นอิสระแยกหม้อไม่ต่อเนื่องกันเป็นชุด เช่น กรณีหม้อต้มนอกจากนั้นอุปกรณ์ส่วนที่ใช้ถ่ายเทความร้อนจากไอร้อนที่บ่อนเข้าไปจะมีแบบแตกต่างกันบ้าง รวมทั้งชนิดของไอร้อนและขนาดความดันไป การเคี้ยวน้ำเชื่อมให้เป็นเม็ดหรือผลึกน้ำตาลจะดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือได้ผลดียิ่งขึ้นถ้าหากกฎเกณฑ์พื้นฐานของการเกิดผลึกน้ำตาลซึ่งมีความสัมพันธ์กับภาวะความเข้มข้นในชั้นต่างๆ ของน้ำเชื่อมมาประกอบ

โดยธรรมชาติน้ำเชื่อมเป็นสารละลายน้ำตาลเข้มข้นเมื่อนำมาเคี้ยวระเหยนํ้าออกไป ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นพร้อม ๆ กับจุดเดือดจะสูงขึ้นไปด้วยจนกระทั่งเลยจุดอิ่มตัวเป็นภาวะเหนือจุดอิ่มตัวซึ่งขั้นนี้จะทำให้น้ำตาลที่ละลายตัวอยู่แยกออกมาเป็นของแข็ง โดยอาจจะอยู่ในสภาพที่ต้องไปเกาะพอกผลึกน้ำตาลที่มีอยู่เดิมหรืออาจอยู่ในสภาพอิสระเกิดเป็นผลึกใหม่ต่างหาก ขึ้นอยู่กับระดับของภาวะเหนือจุดอิ่มตัวนั้น ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ กล่าวคือ

- ระดับแรกเป็นภาวะซึ่งน้ำตาลที่แยกตัวจากสารระเหยของมันจะเกาะพอกเม็ดหรือผลึกน้ำตาลที่มีอยู่เดิมให้เติบโตขึ้น โดยไม่แยกเป็นเม็ดหรือละอองผลึกอิสระขึ้นมาใหม่

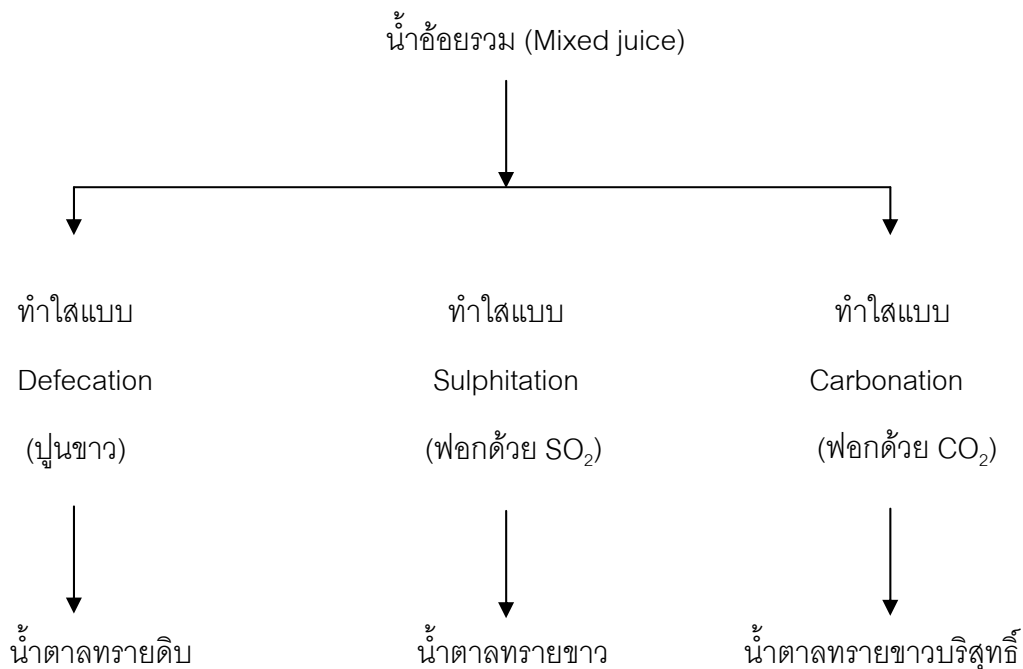
- ระดับกลางเป็นภาวะน้ำตาลที่แยกตัวจากสารละลายของมันจะมีการเกาะพอกเม็ดหรือผลึกน้ำตาลที่มีอยู่เดิมให้เติบโตขึ้น แต่บางส่วนอาจแยกออกเป็นเม็ดหรือละอองผลึกอิสระขึ้นมาใหม่เรียกว่าเม็ดเสีย
- ระดับสูงสุดของภาวะเหนือจุดอิ่มตัวเป็นภาวะน้ำตาลที่แยกตัวออกจากสารละลายของมันจะกลายเป็นเม็ดหรือละอองผลึกอิสระขึ้นมาอย่างมากมาย ทั้งๆ ที่ไม่มีเม็ดหรือผลึกน้ำตาลเดิมอยู่เลย

โดยทั่วไปการเคี่ยวน้ำเชื่อมให้เกิดเม็دنําน้ำตาลมีอยู่ 3 วิธี กล่าวคือ วิธีแรกเคี่ยวให้เกิดเม็دنําน้ำตาลขึ้นมาเอง ซึ่งจะต้องเคี่ยวจนกระทั่งความเข้มข้นน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นถึงภาวะเหนือจุดอิ่ม (ระดับสูงสุด) ดังกล่าวข้างต้นแล้วจึงลดความเข้มข้นลงมาอยู่ในระดับกลางเลี้ยงเม็دنําน้ำตาลที่เกิดขึ้นให้เติบโตจนถึงขนาดต้องการ ปัจจุบันไม่นิยมวิธีนี้เพราะการควบคุมปริมาณและขนาดสม่ำเสมอของเม็دنําน้ำตาลที่จะเกิดขึ้นกระทำได้ยากจึงหันมาใช้วิธีกระตุ้นให้เกิดแกนผลึกน้ำตาลโดยใส่ผงเชื่อนําน้ำตาล ซึ่งได้จากการบดน้ำตาลทรายขาวที่อบแห้งแล้วให้เป็นผงละเอียดลงในน้ำเชื่อมซึ่งอยู่ในภาวะเหนือจุดอิ่มตัวระดับกลางเพื่อเป็นจุดตั้งต้นของการตกผลึกของน้ำตาลทราย

2.4.6 การปั่นแยกเม็دنําน้ำตาลทราย

การแยกเม็دنําน้ำตาลออกจาก Masseculite ชนิดต่างๆ นั้นอาศัยการทำงานของหม้อปั่นน้ำตาลซึ่งมีหลายแบบหลายชนิด โดยทั่วไปหม้อนําน้ำตาลมักจะทำด้วยเหล็กอ่อนหรือเหล็กกล้าหรือโลหะผสมนิกเกิลหรือเหล็กกล้าไร้สนิมมีรูที่ข้างหม้อเป็นแถวสำหรับระบายกากน้ำตาลขณะหม้อปั่นทำงาน โดยกากน้ำตาลจะแยกตัวจาก Masseculite ด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทั้งเม็دنําน้ำตาลให้ค้างบนตะแกรงหม้อปั่นแล้วลอดผ่านแผ่นโครงรองรับตะแกรงซึ่งอยู่ระหว่างแผ่นตะแกรงกับผนังด้านข้างของตัวหม้อปั่นออกไปปะทะกับถังหุ้มหม้อปั่นรวมตัวกันไหลออกจากช่องระบายกากน้ำตาลหลังหม้อปั่น การล้างเม็دنําน้ำตาลและการล้างเลี้ยงเม็دنําน้ำตาลทรายออกจากหม้อปั่นแตกต่างกันตามชนิดของน้ำตาลทราย (น้ำตาลทราย เอ บี หรือซี)

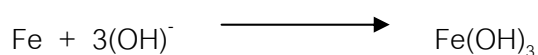
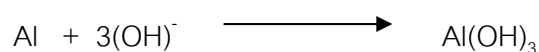
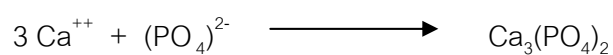
ภาพที่ 2.3 การทำใส่น้ำตาลทรายจากน้ำอ้อยรวม



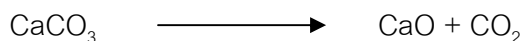
ที่มา : กล้าณรงค์ (2536)

การทำใสสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

(ก) การผลิตน้ำตาลทรายดิบ (Raw sugar) แบบ Defecation คือ การทำใสน้ำอ้อยโดยใช้ปูนขาว (Lime) กับความร้อนเป็นวิธีทำความสะอาดน้ำอ้อยที่ง่ายที่สุดและผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการต้มเคี่ยว ตกผลึก คือ น้ำตาลทรายดิบ หลักการนั้นคือการจับตัวของอนุมูลแคลเซียมกับหมู่กรดอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำอ้อย รวมทั้งการเปลี่ยนแปลง pH และหมู่ (OH) ที่ทำปฏิกิริยากับโลหะ เช่น

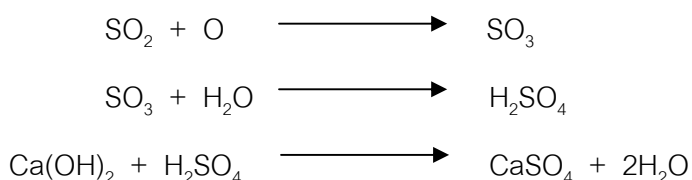


ต่างที่ใช้อาจจะได้มาจาก 2 วิธี คือ ใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งเรียกว่า Quick Lime ซึ่งผลิตจากการเผา CaCO_3



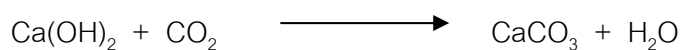
หรือใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ Ca(OH)_2 ซึ่งเรียกว่า Hydrated lime อย่างไรก็ตามเมื่ออยู่ในสารละลายไม่ว่าใช้ Quick lime หรือไม่ว่าจะได้ Ca(OH)_2 ที่ผสมในน้ำอ้อย ลักษณะที่สำคัญสำหรับการละลายของ CaO ก็คือความร้อนและความเข้มข้นประมาณ 15-18 spindle Brix ส่วนผสมระหว่างน้ำอ้อยกับปูนขาวโดยใช้อ้อย 1 ตันต่อปูนขาวประมาณ 1.2 กิโลกรัมขึ้นอยู่กับคุณภาพอ้อยและความเข้มข้นของน้ำตาล ซึ่งถ้าความร้อนสูงและความเข้มข้นของน้ำตาลสูงการละลายของ CaO ละลายได้ไม่ดีระหว่างที่ Ca ตกตะกอนลงมาในรูปของเกลือนั้น จะทำให้สารจำพวก Colloid จับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ตกติดลงมาด้วย รวมทั้งเมื่อมีการให้ความร้อน Ca^{++} ที่เหลืออยู่ก็จะตกตะกอน เนื่องจากความร้อน รวมทั้งโปรตีนและสารประกอบโมเลกุลใหญ่ๆ ก็ จะตกตะกอนพร้อมกัน

(ข) การผลิตน้ำตาลทรายขาว (White Sugar) ระบบ Sulphitation คือ การทำใสที่มีการฟอกสีน้ำอ้อยโดยใช้ SO_2 เข้าไปช่วยการทำงานของปูนขาว ทำให้เกิดเกลือแคลเซียมซัลเฟตมากขึ้น ทำให้การตกตะกอนในระบบเร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการฟอกสีโดยวิธีนี้จะเป็นน้ำตาลทรายขาว (Plantation white sugar)



SO_2 ยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีด้วย จึงทำให้น้ำอ้อยมีสีขาวขึ้น รวมทั้งปฏิกิริยาต่อเนื่องยังเกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตด้วย จึงมีปริมาณเกลือแคลเซียมในรูปลักษณะต่างๆ กัน ปัจจุบันนี้ไม่ปฏิบัติกันในงานแล้วเพราะจะผลิตน้ำตาลทรายขาวจากน้ำตาลทรายดิบสะดวกกว่า

(ค) การผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refine sugar) ระบบ Carbonation หลักการเช่นเดียวกันกับ Sulphitation เพียงแต่ใช้ CO_2 แทน SO_2



ปัจจุบันยังใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์อยู่

(ง) กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

น้ำตาลดิบที่ผลิตได้จะถูกนำมาละลายและทำการฟอกสีน้ำเชื่อม Fine Syrup ทำให้ได้ความบริสุทธิ์ของผลึกเกิน 99.7 ได้เป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ส่วนน้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่านี้ (99.5-99.7) จัดได้ว่าเป็นน้ำตาลทรายขาว (Plantation white sugar)

บทที่ 3

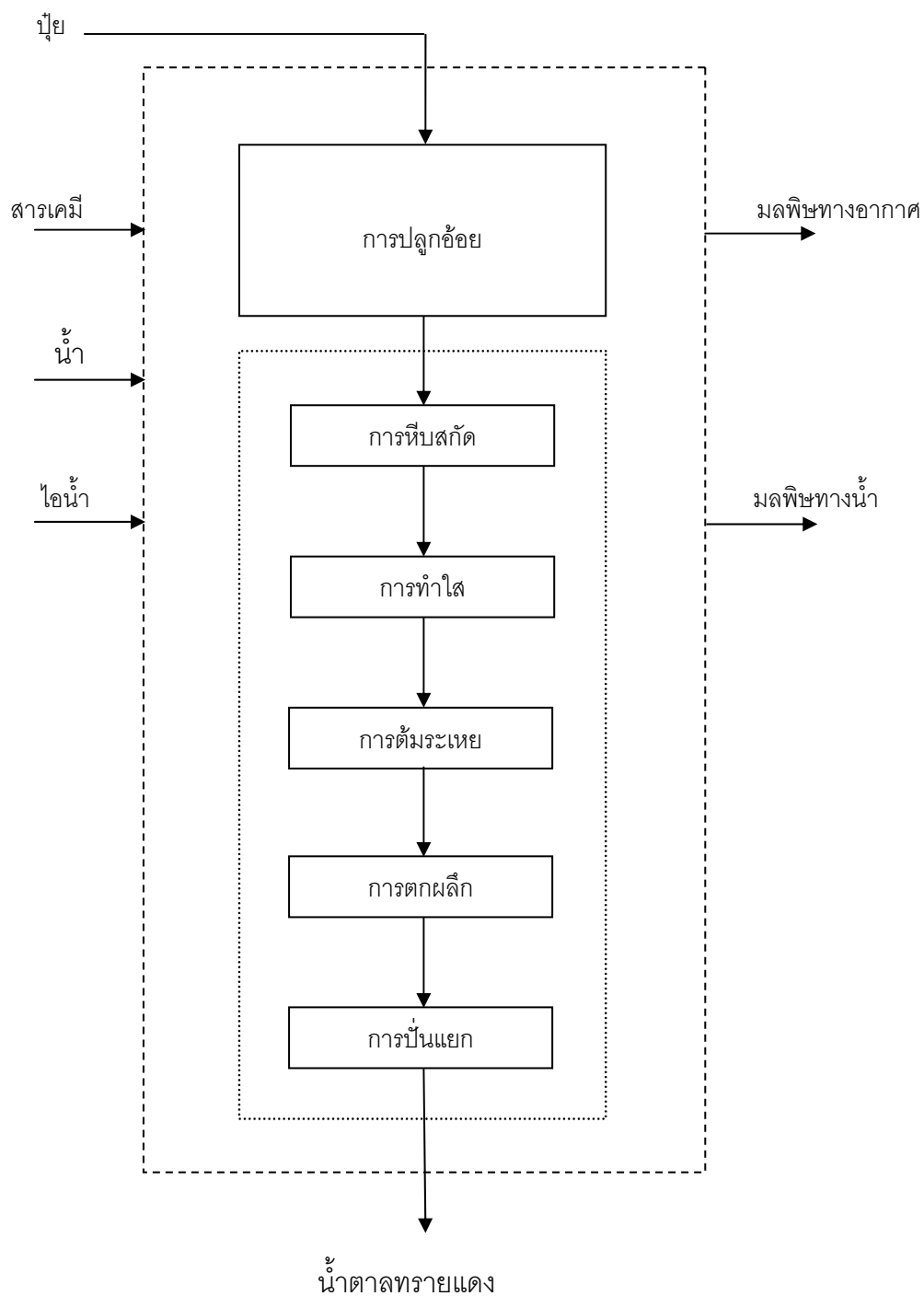
การดำเนินการวิจัย

วิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีจุดประสงค์เพื่อที่ประเมินศักยภาพของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory analysis) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) และการแปลผล (Interpretation) อนุกรมมาตรฐาน (ISO,14040) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคือ SimaPro 7.1 ด้วยวิธีประมวลผลแบบ Eco-Indicator 99 เพื่อทำประมวลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการผลิตน้ำตาลทรายแดง

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

1. เพื่อทำการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลการใช้ทรัพยากรและพลังงานรวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่อากาศและน้ำจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง
2. เพื่อทำการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายแดง
3. การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit) น้ำตาลทรายแดงจำนวน 1 ตัน ในการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้า (Input) และปริมาณสารขาออก (Output) จากกระบวนการที่ศึกษา
4. การกำหนดขอบเขตการศึกษาของน้ำตาลทรายแดงเริ่มตั้งแต่การปลูกอ้อยตลอดจนถึงการผลิตน้ำตาลทรายแดง (Cradle to grave) ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ขอบเขตการศึกษาระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง



3.1.1 กระบวนการปลูกอ้อย

ขอบเขตการศึกษาของกระบวนการปลูกอ้อย ครอบคลุมตั้งแต่ การเตรียมแปลงปลูก การปลูก การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยพิจารณาครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของการปลูกอ้อยในส่วนของ การใช้ทรัพยากรสำคัญ ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ปุ๋ยเคมี สารเคมี น้ำและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในกิจกรรมต่างๆ เช่น การไถปรับแต่งพื้นที่ก่อนปลูกและการตัดอ้อยโดยใช้เครื่องรวมถึงการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวและการใส่ปุ๋ยเคมีประเภทไนโตรเจนยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง การประเมินข้อมูลด้านผลผลิตอ้อย การใช้พลังงานและทรัพยากรต่างๆ ทำได้โดยการพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยจนครบรอบวงจรชีวิตการปลูกอ้อยของไทย ครอบคลุมกิจกรรมตั้งแต่การปลูกอ้อยใหม่ การปลูกต่อ การเตรียมพื้นที่ การบำรุงรักษาและการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 3.1 ทรัพยากรในการผลิตอ้อย 1 ไร่ ของเกษตรกร

รายการข้อมูล	หน่วย	ปริมาณ
ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย	ตัน/ไร่	13.27
การใช้ปุ๋ยเคมี	กิโลกรัม/ไร่	100.06
การใช้น้ำมันดีเซล	ลิตร/ไร่	23.84
การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	กิโลกรัม/ไร่	0.806

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจาก

มันสำปะหลังและอ้อย (2550)

3.1.2 กระบวนการขนส่งอ้อย

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเป็นการขนส่งทางรถยนต์โดยใช้รถบรรทุกซึ่งมีหลายรูปแบบ การใช้งานขึ้นอยู่กับระยะทางและปริมาณการขนส่ง ดังจะพบว่าเกษตรกรที่อยู่ใกล้โรงงานหรือมีปริมาณอ้อยไม่มากจะใช้รถลากพ่วงและรถบรรทุกหกล้อในการขนส่ง เกษตรกรที่อยู่ไกลหรือมีปริมาณผลผลิตมากก็มีความจำเป็นต้องใช้รถบรรทุกสิบล้อหรือรถพ่วง 18 ล้อซึ่งรถบรรทุกทั้ง 4 ประเภทมีน้ำหนักบรรทุกตั้งแต่ 10 ตันถึง 40 ตัน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดเรียงอ้อยขึ้นรถ น้ำหนักบรรทุกอ้อยของรถบรรทุกอ้อยประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.2

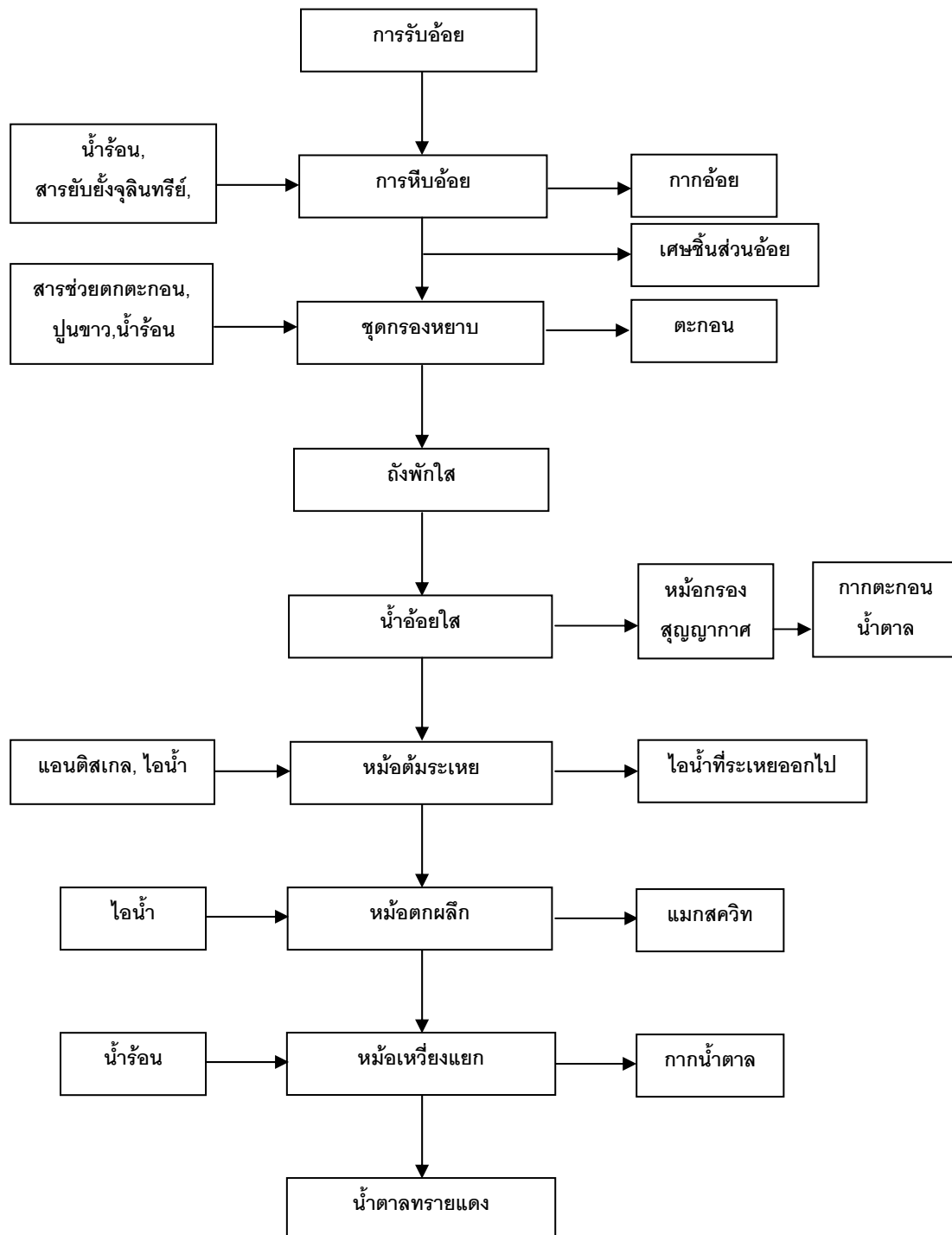
ตารางที่ 3.2 น้ำหนักบรรทุกและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกอ้อยประเภทต่างๆ

ประเภทรถ	ปริมาณการขนส่ง (ตัน/คัน)		การสิ้นเปลืองน้ำมันของ รถเปล่า(กิโลเมตร/ลิตร)		การสิ้นเปลืองน้ำมันขณะ ขนส่ง(กิโลเมตร/ลิตร)	
	ช่วง	ค่าที่ใช้ คำนวณ	ช่วง	ค่าที่ใช้ คำนวณ	ช่วง	ค่าที่ใช้ คำนวณ
รถล้อยลากพ่วง	25-35	29.75	3.00-3.50	3.25	2.50-3.00	2.75
รถบรรทุกหกล้อ	10-15	12.50	3.42-3.98	3.70	2.15-2.97	2.56
รถบรรทุกสิบล้อ	18-25	21.50	2.50-3.50	3.00	2.28-2.65	2.47
รถบรรทุกสิบแปดล้อ	32-40	36.00	4.13-5.97	5.05	1.70-3.98	2.84

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจาก

มันสำปะหลังและอ้อย (2550)

ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงขอบเขตการศึกษาการผลิตน้ำตาลทรายแดง



3.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Data Inventory)

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิคือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและการลงพื้นที่ การศึกษาคำนวณและวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สำคัญ ปริมาณการใช้พลังงาน ผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-product) ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มวลสารทางอากาศที่เกิดขึ้น กระบวนการแต่ละขั้นตอนในวงจรชีวิตเฉพาะการผลิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าจากรายงานการวิจัยต่างๆ เช่น คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของสารเคมีจากองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (USEPA) ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (UNFCCC) คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (IPCC)

3.2.2 การปันส่วน (Allocation)

ในการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมสามารถเชื่อมกระบวนการย่อยๆ ที่อยู่ในระบบผลิตภัณฑ์โดยใช้ปริมาณอ้างอิงของวัตถุดิบหรือพลังงาน อย่างไรก็ตามในกระบวนการย่อยภายในระบบที่กำลังศึกษา อาจเกิดผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป แต่มีผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งชนิดที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่อไปภายในระบบ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปแปรใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการอื่นๆ หรือถูกทิ้งไป ดังนั้นผู้วิจัยต้องทำการปันส่วนปริมาณวัตถุดิบและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมเข้าไปในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

3.2.3 สมมติฐานและวิธีการคำนวณการปริมาณมลพิษจากการตรวจวัด

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำนั้นมลสารที่ปล่อยออกจากปล่อง จะทำการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐฯ (USEPA) โดยใช้วิธีการของ US.EPA Method 1 ถึง US.EPA Method 4 ดังนี้

US.EPA Method 1 : “Sample and Velocity Traverse for Stationary Source”

US.EPA Method 2 : “Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric

Flow Rate (Type S Pitot Tube)”

US.EPA Method 3 : “Gas Analysis for the Determination of Dry Molecular Weight”

US.EPA Method 4 : “Determination of Moisture Content in Stack Gases”

สมการการคำนวณปริมาณมลสารทางอากาศต่างๆ ที่เกิดขึ้น (คำนวณจากผลตรวจวัด)

$$E_i = (C * MW * Q_{st} * 3600) / [22.4 * ((T + 273) / 273) * 10^6] \quad (3-1)$$

โดยที่

E_i = Emissions of pollutant i, kg/hr

C = Pollutant concentration, ppm_{v,d}

MW = Molecular weight of the pollutant, kg/kg-mole

Q_{st} = Actual stack gas volumetric flow rate, m³/s

3600 = Conversion factor, s/hr

22.4	=	Volume occupied by one mole of gas at standard temperature and Pressure (0 °C and 101.3 kPa), m ³ /kg-mole
T	=	Temperature of gas sample, °C
10 ⁶	=	Conversion factor, ppm.kg/kg

3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสียหรือสารเข้าและขาออก ในแต่ละกระบวนการที่ได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ซึ่งการประเมินผลกระทบของการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง (Mid point)

โดยวิธีการประเมินผลกระทบชั้นกลางดังกล่าวนี้มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ (Classification) และการกำหนดบทบาท (Characterization)

3.3.1 การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ

เป็นขั้นตอนการจำแนกข้อมูลเข้าและขาออกผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ เช่น มีเทน (CH₄) ถูกจัดอยู่ในผลกระทบประเภทการทำให้โลกร้อนขึ้น (Climate change) ในขณะที่สารสามารถเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท การจัดการกับปัญหานี้สามารถทำได้โดยกรณีแรก เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถเป็นปัจจัยให้เกิดผลกระทบทั้งสุขภาพมนุษย์และภาวะความเป็นกรด (ไม่ได้เกิดผลกระทบในเวลาเดียวกัน) ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ร้อยละ 50 เป็นผลกระทบของสุขภาพมนุษย์และร้อยละ 50 เป็นผลกระทบทางด้านของภาวะความเป็นกรด กรณีที่สองนั้นเพราะไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิด

ผลกระทบทั้งการลดลงของชั้นโอโซนและภาวะความเป็นกรด (เกิดผลกระทบในเวลาเดียวกัน) ปริมาณของไนโตรเจนไดออกไซด์จะคิดเป็น 100% ของการลดลงของชั้นโอโซนและ 100% ของภาวะความเป็นกรด

3.3.2 การกำหนดบทบาท

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลปริมาณสารต่างๆ ที่ได้จากการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งจากการประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มของผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกถึงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกันจึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน โดยดูจากค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential environment impact) ซึ่งคำนวณจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคนิค ซึ่งการคำนวณและการจำแนกกลุ่มของผลกระทบชั้นกลางในการศึกษานี้ จะยึดตามวิธีคำนวณมาตรฐานสากลที่นิยมใช้กันอยู่ปัจจุบัน เช่น Eco-indicator 99 เป็นต้น ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สนใจคือ ภาวะโลกร้อน (Global warming) การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification) การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้เกิดจากการปลดปล่อยของมลสารต่างๆ การคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะใช้สมการดังต่อไปนี้ (Daranee, 2003)

$$EP(j)_i = Q_i \times EF(j) \quad (3-2)$$

โดยที่

$EP(j)_i$ = the emission's potential contribution to the environmental impact (j)

Q_i	=	the magnitude of emission of substance (i)
$EF(j)$	=	the substance's equivalency factor for the environmental impact category (j)
j	=	Global warming, Acidification, Eutrophication and Ozone layer depletion

ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็น Commercial Software เช่น SimaPro มาช่วยสำหรับการศึกษาการวิจัย

3.3.3 โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1

โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มีการวิเคราะห์ผลกระทบตามระบบ ISO มีการเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเปรียบเทียบมีฐานข้อมูลมีการแสดงผลในรูปแบบตารางหรือกราฟเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับวิศวกรสิ่งแวดล้อม วิศวกรออกแบบความยืดหยุ่นในการเพิ่มข้อมูลใหม่ใช้ระยะในการศึกษามากในการปรับปรุงฐานข้อมูล นอกจากนี้แล้วยังสามารถสังเกตได้ว่ามีโปรแกรม LCA อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ SimaPro แต่ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือราคาและการยอมรับของผู้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณลิขสิทธิ์ที่ขายได้ของโปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของกลุ่มเป้าหมายที่ถูกทำลาย

ประเภทของผลกระทบและสารที่เป็นปัจจัยของผลกระทบ

กลุ่มเป้าหมายของ การทำลาย ; (หน่วย)	ประเภทของผลกระทบ	สารที่เป็นปัจจัยของ ผลกระทบ
1. Human health; DALYs (Disability Adjusted Life Years)	1.1 Carcinogenic 1.2 Respiration of organic substance 1.3 Respiration of inorganic substance 1.4 Radiation 1.5 Climate change 1.6 Ozone depletion	Arsenic, cadmium, nickel Methane, benzene, xylene CO, SO _x , NH ₃ Nuclear energy production CO ₂ , methane, CFCs CFCs, HFCs
2. Ecosystem quality; PDF (Potentially Disappeared Fraction)	2.1 Acidification/ Eutrophication 2.2 Ecotoxicity 2.3 Land use	SO _x , NO _x , NH ₃ Heavy metal, benzene Grassland, woods
3. Resource depletion ; (MJ surplus energy)	3.1 Mineral 3.2 Fossil fuel	Copper, nickel, zinc Crude oil, coal

ที่มา : Philipsen (2000)

ขั้นตอนการหาค่าการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของวิธี Eco-Indicator 99

สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย

1.ผลกระทบต่อสุขภาพ (Damage to human health)

ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้ความคิดว่า มนุษย์ควรจะต้องไม่ได้รับผลกระทบที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ การผลิต และกิจกรรมใดๆ ทั้งในเวลาปัจจุบันและอนาคต ดังนั้นดัชนีผลกระทบต่อสุขภาพจึงพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือสารที่เกี่ยวข้องในวัฏจักรชีวิต โดยการคำนวณผลกระทบจะอยู่ในรูปของ จำนวนปีที่สูญเสียไป หรือ Disability-Adjusted Life Years, DALYs การคำนวณผลกระทบต่างๆ ในดัชนีนี้ Eco-Indicator 99 ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาทิศทางที่มลพิษต่างๆ สามารถกระจายตัวสู่สิ่งแวดล้อม (Fate models) ซึ่งรายละเอียดของแบบจำลองเหล่านี้จะไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้

2. ผลกระทบต่อการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อม (Damage to ecosystem quality)

ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้กรอบความคิดที่ว่า สิ่งมีชีวิตควรจะต้องไม่ได้รับผลกระทบทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณ และการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แสดงผลในรูปของ “สัดส่วนในการได้รับผลกระทบในระดับที่อันตราย (Potentially Affected Fraction, PAF) หรือสัดส่วนในการสูญหายไป (Potentially Disappeared Fraction, PDF) ของสิ่งมีชีวิตหนึ่งๆ ต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา” โดยการพิจารณาค่า PAF นั้นจะดูที่ผลกระทบของสารที่มีผลกระทบของสารที่มีความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) และจะคำนึงถึงสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำ (Aquatic) และในดิน (Benthic) เท่านั้น ส่วนการพิจารณาค่า PDF นั้นจะถูกผลกระทบของฝนกรด (Acidification) สารอาหารในแหล่งน้ำ (Eutrophication) และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ (Land use) เป็นหลัก และจะคำนึงถึงการหายไปของพืชเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการพิจารณาผลกระทบต่อการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อมของ Eco-Indicator 99 นั้นยังคงพิจารณาในวงแคบ กล่าวคือ ดูเพียงผลกระทบของสารที่เป็นสารพิษ ฝนกรด สารอาหารในแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ เท่านั้น ซึ่งไม่รวมถึงผลอื่นๆ เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก การเกิดรูรั่วของชั้นโอโซน ฯลฯ อย่างเช่นที่มีปรากฏใน Eco-Indicator 95 นอกจากนี้การพิจารณาผลกระทบในหัวข้อนี้ ยังเลือกใช้เฉพาะชนิดของสิ่งมีชีวิตที่มีข้อมูลจากห้องทดลองเท่านั้น โดยไม่รวมถึงสิ่งมีชีวิตชั้นสูง เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก ฯลฯ

เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีการดำรงชีวิตที่ค่อนข้างหลากหลายมากกว่าสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำมาก จึงไม่สามารถมองเห็นผลกระทบได้ชัดเจน ดังนั้นค่าดัชนีนี้จึงเหมาะใช้กับกลุ่มประเทศยุโรปเท่านั้น เพราะการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่ย่อมไม่เหมือนกัน ผลกระทบในหัวข้อนี้สำหรับประเทศที่มีความหลากหลายที่ชีวภาพมากเช่นดังประเทศไทยมีระดับสูงกว่าที่พบในประเทศยุโรป

3.ผลกระทบต่อทรัพยากร (Damage to mineral and fossil resources)

ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้ความคิดที่ว่า ธรรมชาติได้ให้ทรัพยากรแด่มนุษยชาติ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ควรจะต้องคงอยู่ต่อไปในอนาคต ดังนั้นการพิจารณาถึงผลกระทบส่วนนี้จะเป็นการคำนึงถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยคิดอยู่ในรูปของพลังงานที่จำเป็นสำหรับการหาทรัพยากรมาชดเชยที่สิ่งใช้ไปในปัจจุบัน (หน่วย MJ Energy Surplus) แต่เนื่องจากความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ ทำให้ยังไม่สามารถที่จะหาค่าดัชนีที่ถูกต้องสำหรับทรัพยากรทุกประเภทได้ ดังนั้นในที่นี้ เราจะใช้เฉพาะทรัพยากรที่ให้พลังงาน กล่าวคือ หากมีการใช้พลังงานในวัฏจักรชีวิต ผลกระทบต่อทรัพยากรจะคำนวณในรูปของ “พลังงานที่ต้องการในการผลิตพลังงานในปริมาณเท่ากันในอนาคต (หน่วย MJ Energy Surplus)” ประเด็นของการใช้ดัชนีนี้อยู่ที่ความน่าเชื่อถือของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อชนิดของสาร สถานที่ ระยะเวลา เช่น พลังงานมีอยู่ในหลายรูปแบบเช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งพลังงานที่ต้องการในการผลิตเชื้อเพลิงเหล่านี้ย่อมมีค่าไม่เท่ากัน การผลิตเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันที่แหล่งผลิตในสถานที่ที่ต่างกันย่อมใช้พลังงานแตกต่างกัน และการผลิตเชื้อเพลิงในปัจจุบันย่อมใช้พลังงานในการผลิตที่แตกต่างจากการใช้พลังงานในการผลิตเชื้อเพลิงเดียวกันในอนาคต ฯลฯ ดังนั้นการใช้งานดัชนีนี้ยังคงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในรอบต่อไป (รศ.ดร.ประเสริฐ ภวสันต์และคณะ, 2547)

3.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

การแปลผลการศึกษาคือ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบายข้อจำกัด และการจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA ในขั้นตอนที่ผ่านมาข้างต้น ซึ่งการสรุปผลการศึกษา และการจัดทำข้อเสนอแนะของการศึกษานี้ จะมุ่งเน้นตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของงานวิจัย นั่นคือ การประเมินปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งวัฏจักรการผลิตน้ำตาลทรายแดง

อย่างไรก็ตาม ก่อนการแปลผลและสรุปผลของการศึกษาข้างต้น ยังมีความจำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis ของผลการศึกษาที่ได้ โดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่การวิเคราะห์ในประเด็นซึ่งจะช่วยให้สามารถนำผลของ Sensitivity Analysis มาวิเคราะห์และนำเสนอแนะที่เป็นทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในแต่ละส่วน นอกจากนี้ผลของการทำสมดุลมวลสารและพลังงานจะสามารถหาประสิทธิภาพของระบบการผลิต เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมในการจัดการระบบดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อันจะส่งผลให้เกิดความพร้อมของอุตสาหกรรมรองรับความผันผวนจากปัจจัยภายนอกได้มากที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

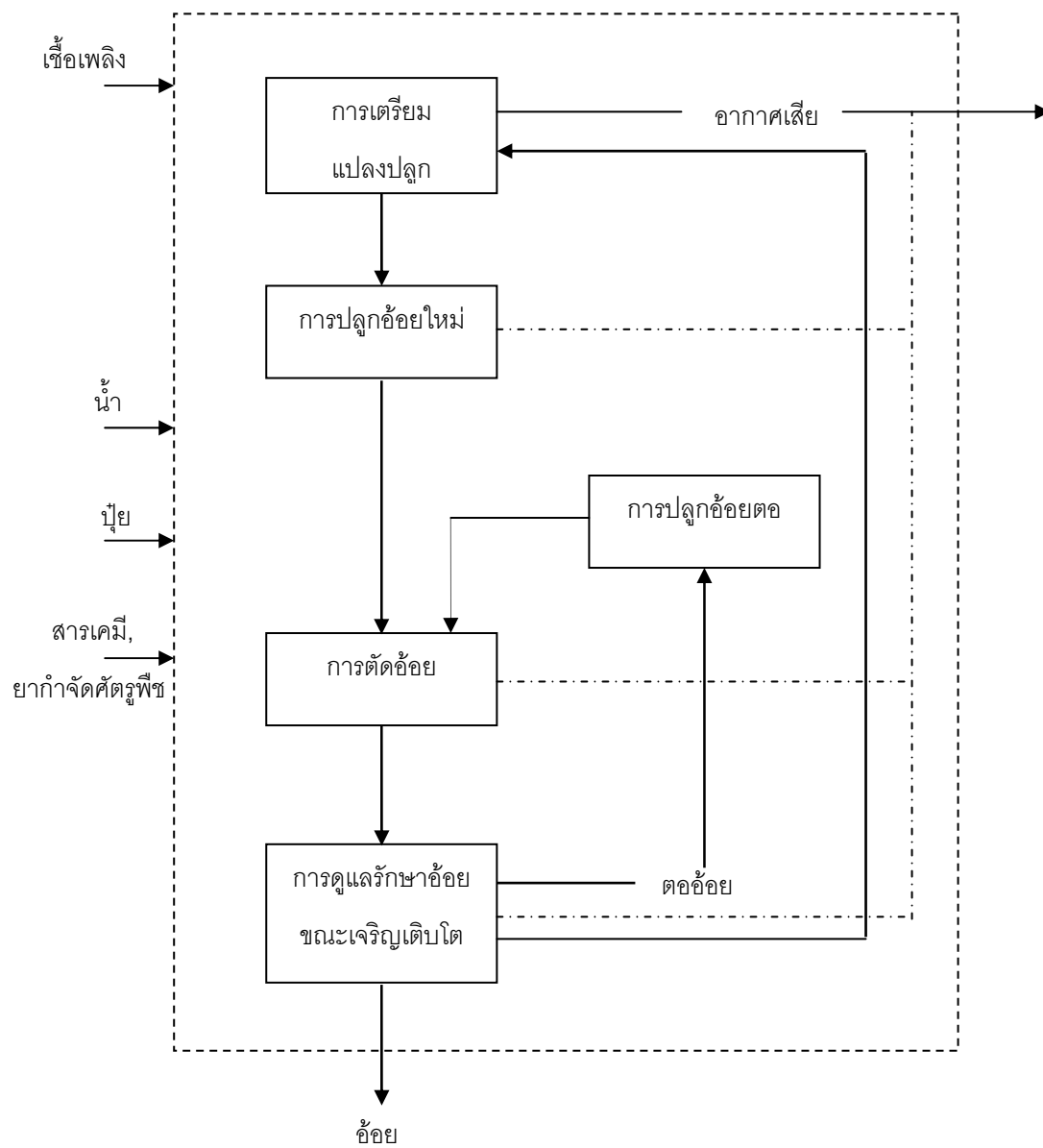
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในช่วงฤดูการหีบอ้อย ปี 2549-2550 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงจำนวน 1 ตัน

4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล

4.1.1 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการปลูกอ้อย

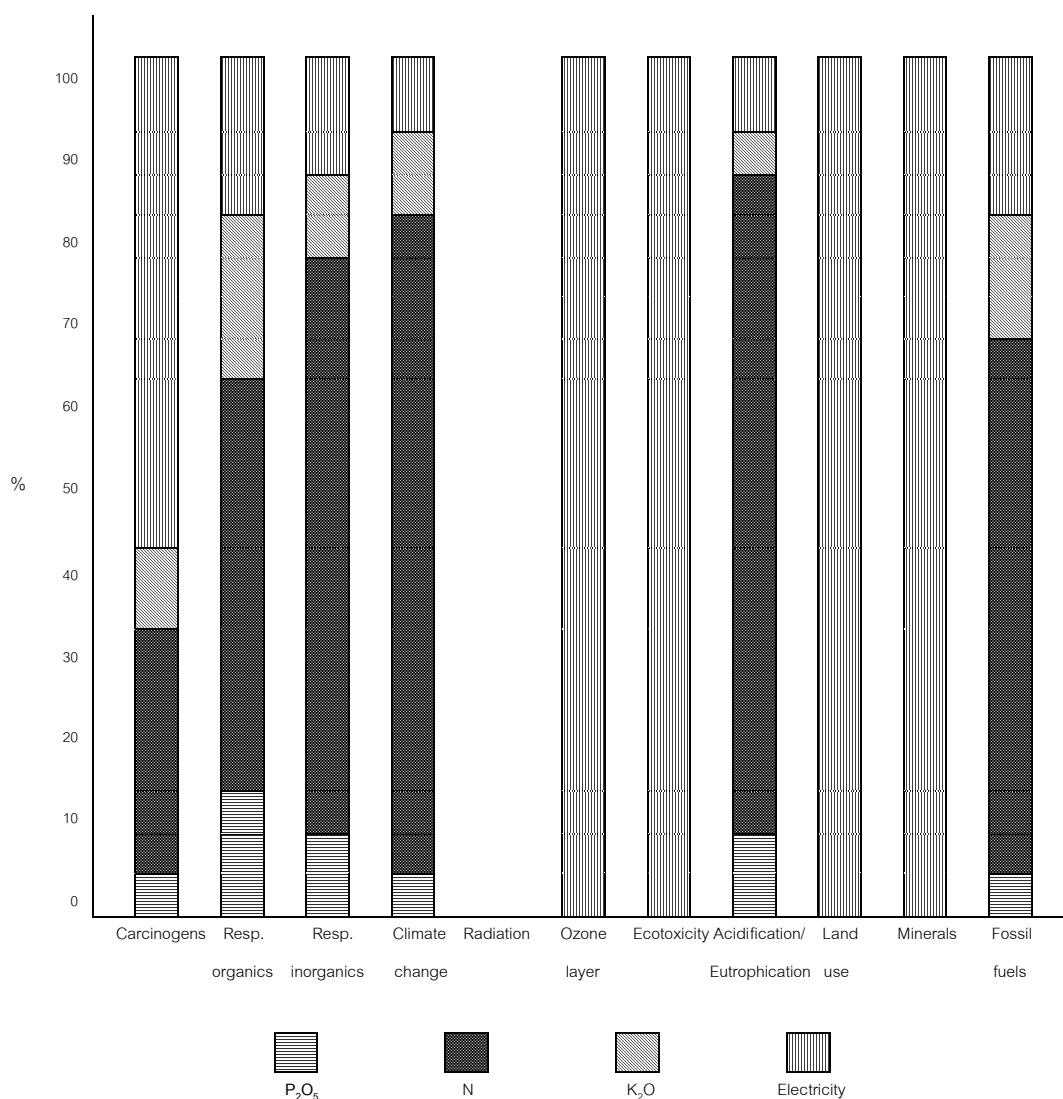
การประเมินข้อมูลข้อมูลของกระบวนการปลูกอ้อย โดยพิจารณาครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของการปลูกอ้อยและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากปริมาณอ้อย 9.147 ตันเพื่อทำการวิเคราะห์ (T.Ramjeawon, 2007) ในบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการปลูกอ้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 สมดุลมวลสารของกระบวนการปลูกอ้อย



ภาพที่ 4.2

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของกระบวนการปลูกอ้อย



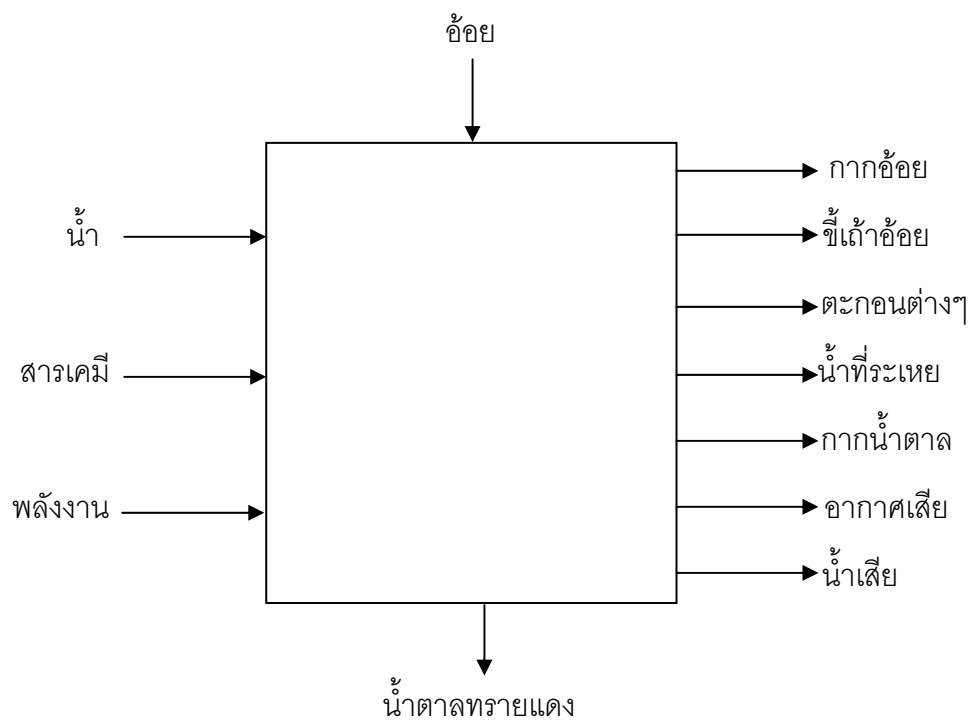
Analyzing 9.147 ton 'Sugar cane'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.2 ในกระบวนการปลูกอ้อยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกด้าน ยกเว้น ทางด้านการแผ่รังสี ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 3.37×10^{-5} DALY จากปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 1.31×10^{-13} DALY จากการใช้ไฟฟ้า นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารพืชในน้ำมีค่า $3.42 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ตารางที่ 4.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการปลูกอ้อยสำหรับการผลิตน้ำตาลทราย

ประเภทของผลกระทบ	หน่วย	ศักยภาพ
1. การเกิดภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ -eq.	238
2. การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ -eq.	0.877
3. การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำ	kg PO ₄ -eq.	0.132
4. การทำลายชั้นโอโซน	kg CFC-11-eq.	1.25X10 ⁻¹⁰

ภาพที่ 4.3 สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง



4.1.2 กระบวนการหีบสกัดอ้อย

อ้อยเมื่อผ่านกระบวนการเตรียมอ้อย โดยการตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดลูกหีบ โดยมีการพรมด้วยน้ำร้อนเพื่อให้การสกัดความหวานออกจากอ้อยมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ (Biocide) เพื่อกำจัดแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำอ้อย จากกระบวนการหีบอ้อยจะได้น้ำอ้อยและกากอ้อยออกมาในกระบวนการหีบอ้อยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการหีบสกัด

รายการ		หน่วย	ค่าเฉลี่ย
สารขาเข้า			
1. วัตถุดิบ	อ้อย	ตัน	9.147
	น้ำร้อน	ตัน	2.974
2. สารเคมี	*สารยับยั้งจุลินทรีย์	ตัน	7×10^{-6}
3. พลังงาน	ไอน้ำ	ตัน	0.75
	ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0.2034
สารขาออก			
1. ผลิตภัณฑ์	น้ำอ้อยผสม	ตัน	9.44
2. ผลพลอยได้	กากอ้อย	ตัน	2.678
3. มลพิษทางอากาศ	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ตัน	1×10^{-6}
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ตัน	3×10^{-6}
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ตัน	2.6×10^{-5}

*สารยับยั้งจุลินทรีย์ = Sodium dimethyl diithiocarbonate

4.1.3 กระบวนการทำใส

น้ำอ้อยผสมเมื่อผ่านกระบวนการหีบอ้อยเรียบร้อยแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการกรองเพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนและตะกอนต่าง ๆ ออกไปโดยจะมีการเติมปูนขาวและสารช่วยตกตะกอนเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบสและช่วยตกตะกอนแล้วนำไปเข้าถังพักใส เพื่อตกตะกอนและจะส่งตะกอนไปที่เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Rotary Vacuum Filter) เพื่อดึงความหวานจากการตกตะกอนของกระบวนการกรองนี้จะให้เกษตรกรเพื่อนำมาทำเป็นปุ๋ย น้ำอ้อยใสที่ผ่านถังพักใสแล้วจะเป็นน้ำอ้อยใสและวัดค่าต่างๆ ที่อยู่ในน้ำอ้อยก่อนเข้าสู่กระบวนการต้มและเคี่ยวต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการทำใส

รายการ		หน่วย	ค่าเฉลี่ย
สารขาเข้า			
1. วัตถุดิบ	น้ำอ้อยผสม	ตัน	9.44
2. สารเคมี	ปูนขาว	ตัน	0.015
	**สารช่วยตกตะกอน	ตัน	4.3×10^{-5}
3. พลังงาน	ไอน้ำ	ตัน	0.625
	ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	43.6014
สารขาออก			
1. ผลิตภัณฑ์	น้ำอ้อยใส	ตัน	9.135
2. ผลพลอยได้	ตะกอนต่างๆ	ตัน	0.323
3. มลพิษทางอากาศ	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ตัน	3.8×10^{-7}
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ตัน	6.3×10^{-7}
	ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	ตัน	1.08×10^{-5}

**สารช่วยตกตะกอน = Sodium acrylate

4.1.4 กระบวนการต้มระเหย

เมื่อน้ำอ้อยผ่านกระบวนการพอกไสแล้วจะลำเลียงไปสู่กระบวนการต้มระเหยเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำอ้อยในการต้มระเหยนั่น น้ำอ้อยจะทำการอุ่นสารเบื้องต้นก่อนที่จะเข้าสู่หม้อต้มระเหย (Evaporator) เพื่อให้ได้น้ำอ้อยที่มีความเข้มข้นให้มากที่สุด ในกระบวนการนี้จะใช้น้ำเป็นตัวช่วยให้ความร้อนของหม้อต้มระเหยจากนั้นน้ำอ้อยเมื่อได้รับความร้อนจะมีไอน้ำระเหยออกมาและไอน้ำที่ระเหยออกมานี้ไปเป็นตัวให้ความร้อนให้กับหม้อต่อไป เมื่อพิจารณาสมดุลมวลสารของระบบนี้จะได้น้ำอ้อยไสและไอน้ำจะเข้ามาในเครื่องอุ่นสารเบื้องต้นและหม้อต้มระเหยเมื่อขั้นตอนนี้สิ้นสุดลงจะได้ไอน้ำของน้ำอ้อยที่ระเหยออกมาพร้อมกับน้ำควบแน่นและน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นสูงออกมา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการต้มระเหย

รายการ		หน่วย	ค่าเฉลี่ย
สารขาเข้า			
1. วัตถุดิบ	น้ำอ้อยไส	ตัน	9.135
2. สารเคมี	***แอนติสเกล	ตัน	0.0059
3. พลังงาน	ไอน้ำ	ตัน	0.45
	ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	32.7938
สารขาออก			
1. ผลิตภัณฑ์	น้ำเชื่อม	ตัน	2.15
2. ผลพลอยได้	ไอน้ำที่ระเหยออก	ตัน	6.98
3. มลพิษทางอากาศ	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ตัน	4.6×10^{-7}
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ตัน	7.5×10^{-7}
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ตัน	1.27×10^{-5}

***แอนติสเกล = Polyacrylic acid

4.1.5 กระบวนการตกผลึก

เมื่อน้ำเชื่อมผ่านกระบวนการต้มระเหยจะนำไปเคี่ยวและทำการตกผลึกในกระบวนการแยกน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ออกจากน้ำเชื่อมที่ปฏิบัติกันคือ การต้มเคี่ยวจนน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นเกินกว่าสภาวะอิ่มตัวน้ำตาลซูโครสจะแยกเป็นผลึกออกมาจากน้ำเชื่อมในสภาพที่มีผลึกน้ำตาลซูโครสปนอยู่ในน้ำเชื่อมที่อิ่มตัวนี้เราจะเรียกว่าสารละลายผสมนี้ว่า แมกสควิท (Messecuite) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการตกผลึก

รายการ		หน่วย	ค่าเฉลี่ย
สารขาเข้า			
1. วัตถุดิบ	น้ำเชื่อม	ตัน	2.15
	น้ำร้อน	ตัน	0.406
2. สารเคมี	-	-	-
3. พลังงาน	ไอน้ำ	ตัน	1.385
	ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	52.0118
สารขาออก			
1. ผลิตภัณฑ์	แมกสควิท	ตัน	3.854
2. มลพิษทางอากาศ	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ตัน	1.163×10^{-6}
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ตัน	1.89×10^{-6}
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ตัน	3.241×10^{-5}

4.1.6 กระบวนการปั่นแยก

แมกสควิทผ่านกระบวนการตกผลึกแล้วเมื่อทำให้แมกสควิทนี้เย็นตัวลงผลึกน้ำตาลซูโครสจะยิ่งเติบโตได้ดีและแข็งเมื่อผลึกน้ำตาลมีขนาดได้ตามต้องการก็จะไปเหวี่ยงแยกโดยเครื่องปั่นแยกได้ผลึกน้ำตาลที่ต้องการและสารละลายน้ำเชื่อมที่แยกออกไป เรียกว่า โมลาสหรือกากน้ำตาล และน้ำตาลทรายแดงดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการปั่นแยก

รายการ		หน่วย	ค่าเฉลี่ย
สารขาเข้า			
1. วัตถุดิบ	แมกสควิท	ตัน	3.854
	น้ำร้อน	ตัน	0.385
2. สารเคมี	-	-	-
3. พลังงาน	ไอน้ำ	ตัน	1.184
	ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	52.6048
สารขาออก			
1. ผลิตภัณฑ์	น้ำตาลทรายแดง	ตัน	1
2. ผลพลอยได้	กากน้ำตาล	ตัน	0.423
3. มลพิษทางอากาศ	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ตัน	2.66×10^{-7}
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ตัน	4.12×10^{-7}
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ตัน	7.029×10^{-6}

ตารางที่ 4.7 ค่าแสดงน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

ดัชนี	หน่วย	ผลการติดตามตรวจสอบ
1. ความเป็นกรดและด่าง	-	7.8
2. สารแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	47.2
3. บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	17.4
4. ซีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	114

4.2 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1 มาช่วยในการประเมินและเลือกวิธีการ Eco-indicator 99 มาใช้ในการประเมินทางด้านการกำหนดบทบาท (Characterization) ผลจากการกำหนดบทบาทจะทำให้ได้ทราบว่ากระบวนการผลิตหรือวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ในการพิจารณา

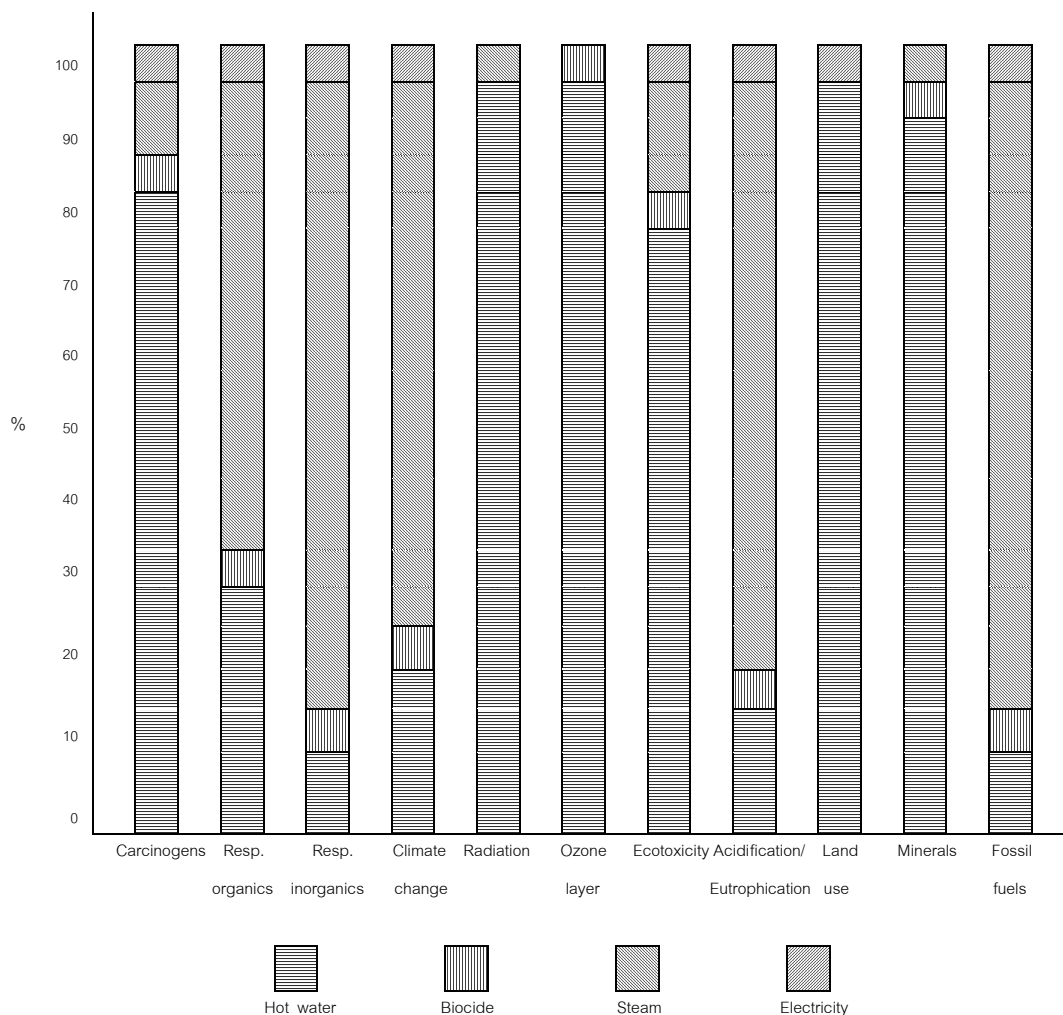
ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำแนกประเภทของผลกระทบซึ่งมีอิทธิพลและเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ประกอบไปด้วย การเกิดภาวะโลกร้อน การทำลายชั้นโอโซน การเกิดฝนกรดและการเพิ่มสารอาหารในแหล่งน้ำ

ตารางที่ 4.8 การกำหนดตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มผลกระทบ

ประเภท	ปัจจัย	ขอบเขต
การเกิดภาวะโลกร้อน	CO ₂ , CO	ระดับโลก
การทำลายชั้นโอโซน	NO ₂ , CO	ระดับภูมิภาคและท้องถิ่น
การเกิดฝนกรดและการเพิ่มสารอาหารในแหล่งน้ำ	SO ₂ , NO ₂	ระดับภูมิภาค

ภาพที่ 4.4

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการหีบสกัด

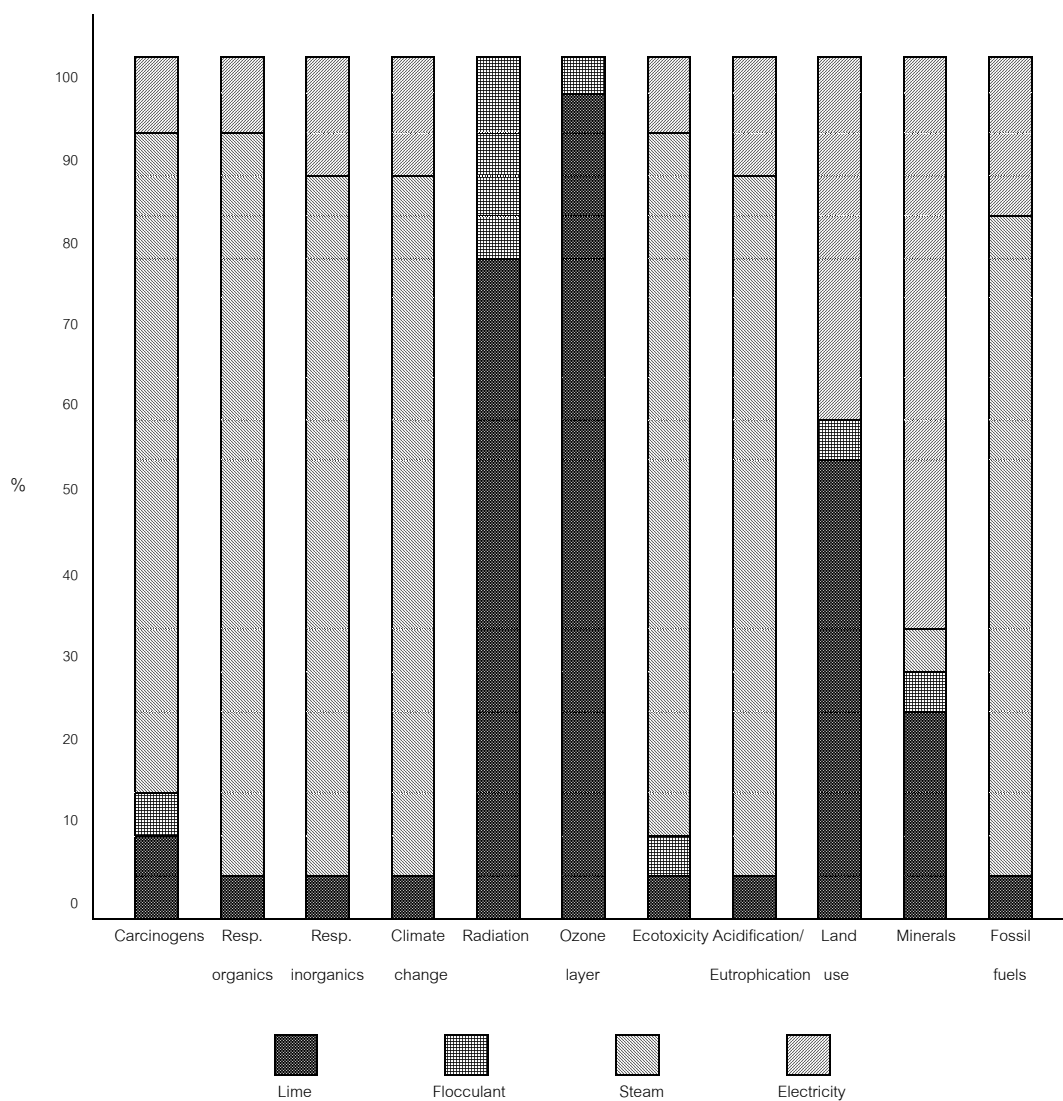


Analyzing 9.44 ton 'Mix Juice'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.4 ในขั้นตอนการหีบสกัดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกด้าน ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 3.35×10^{-5} DALY จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 2.78×10^{-8} DALY จากน้ำร้อนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารฟอสฟอรัสในน้ำมีค่า 3.26 $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ภาพที่ 4.5

ผลจากการกำหนดบทบาท(Characterization) ของการทำไ้

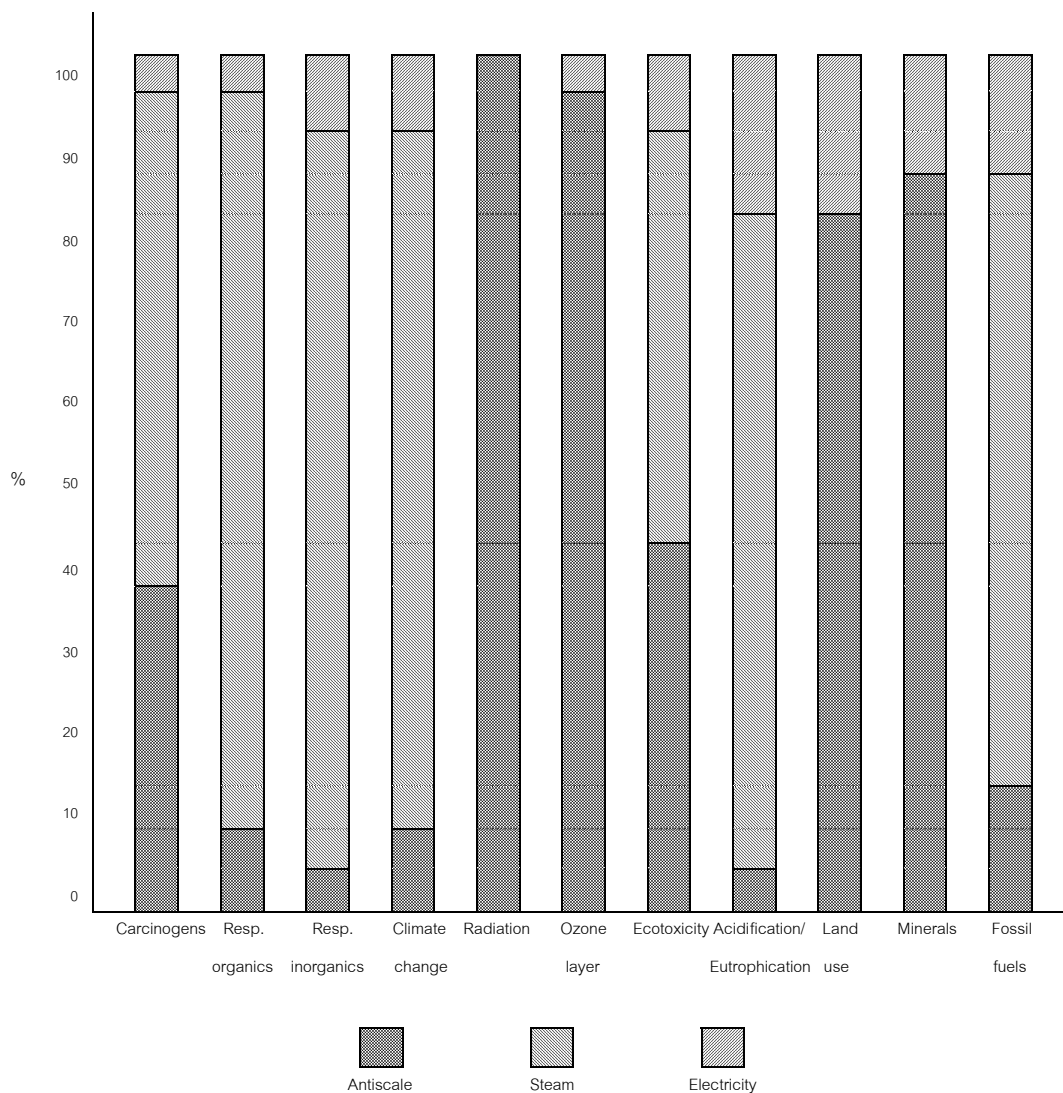


Analyzing 9.135 ton 'Juice'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.5 ในขั้นตอนการทำไ้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกด้าน ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 3.47×10^{-5} DALY จากไ้ที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 7.91×10^{-10} DALY จากปุ๋ยไนโตรเจนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารฟอสฟอรัสในน้ำมีค่า $3.37 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากไ้ที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ภาพที่ 4.6

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการต้มระเหย

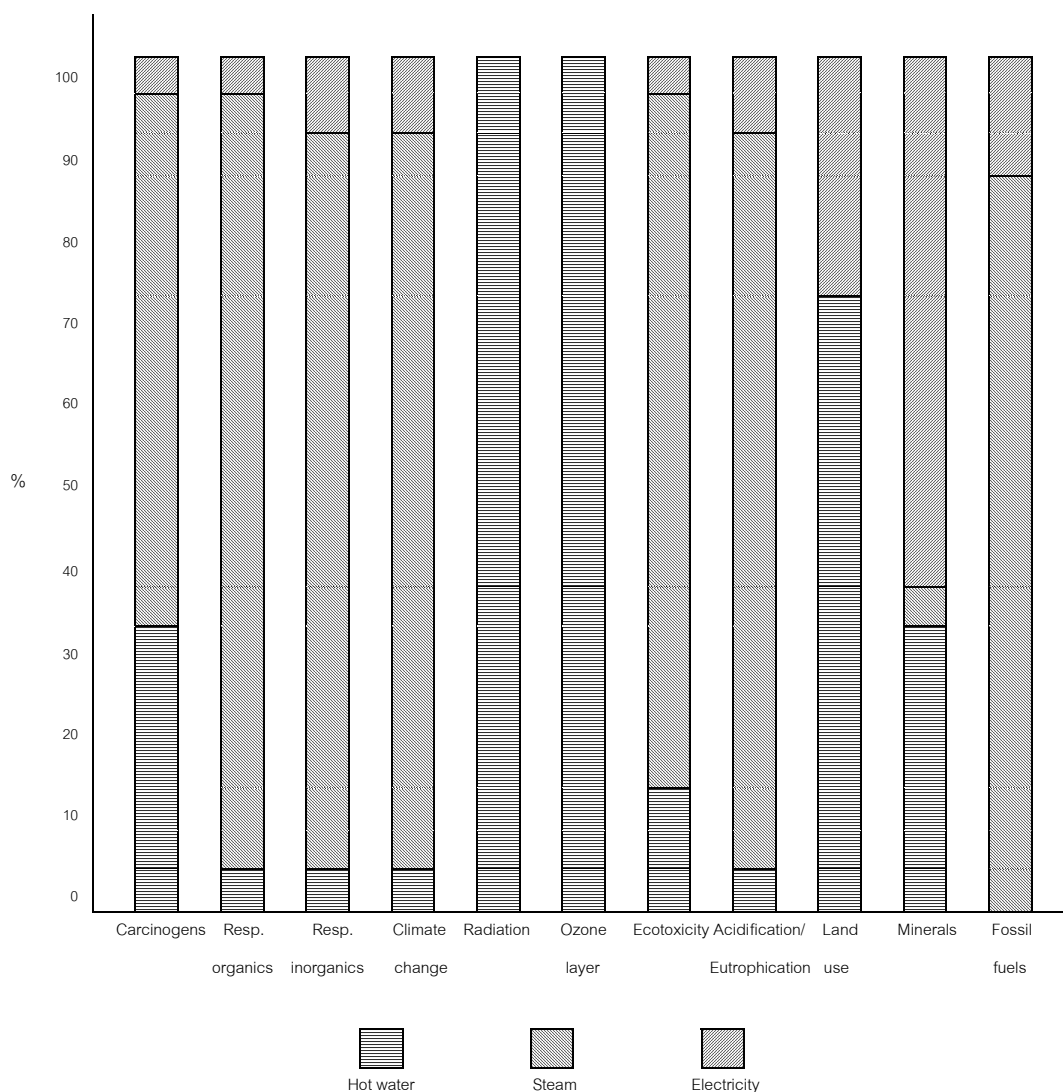


Analyzing 2.15 ton 'Syrup'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.6 ในขั้นตอนการต้มระเหยพบว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกด้าน ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 6.08×10^{-6} DALY จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 2.43×10^{-11} DALY จากแอนติสเกลที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารพืชในน้ำมีค่า $0.59 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ภาพที่ 4.7

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการตกผลึก

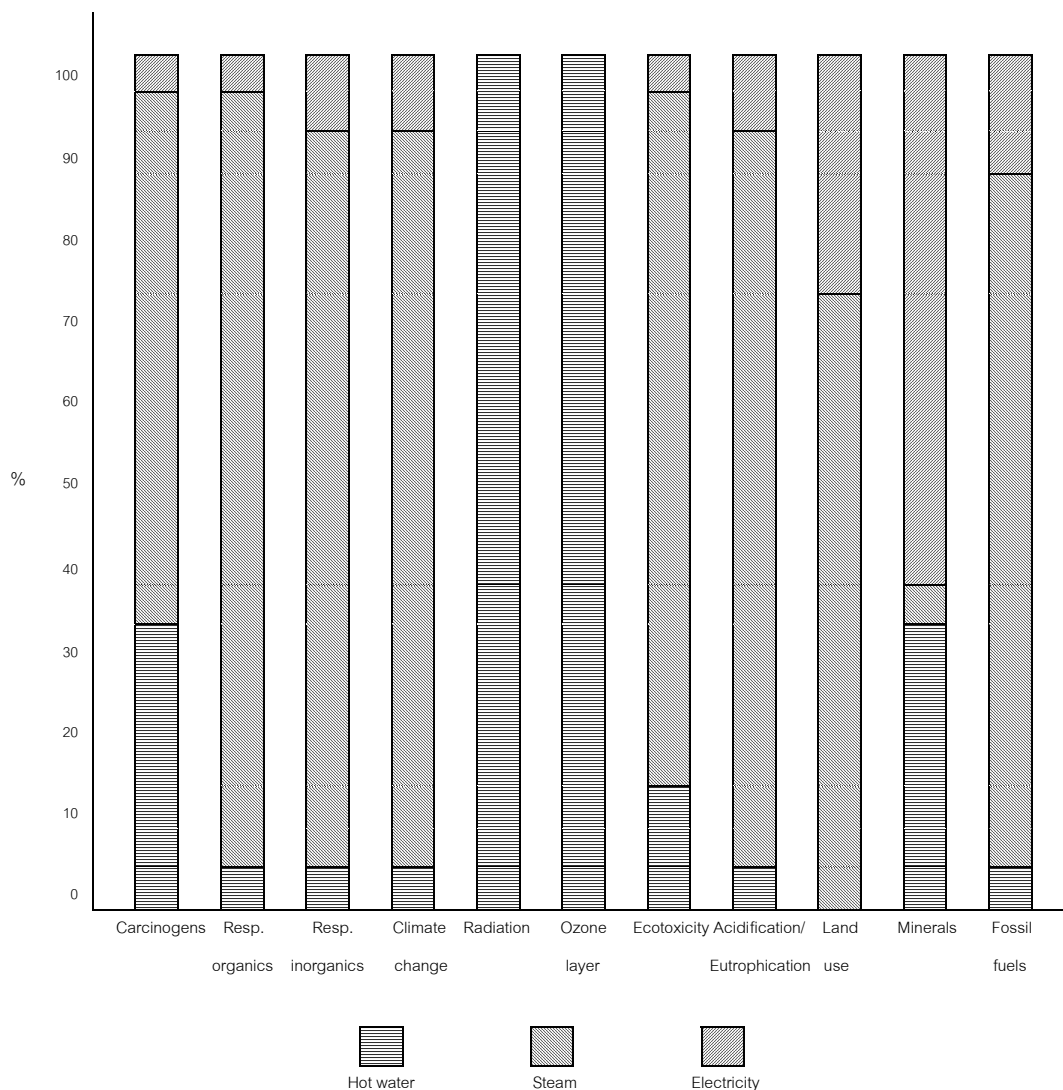


Analyzing 3.854 ton 'Messecuite'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.7 ในขั้นตอนการตกผลึกจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกด้าน ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 7.95×10^{-5} DALY จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 4.88×10^{-9} DALY จากน้ำร้อนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารพืชในน้ำมีค่า $7.72 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ภาพที่ 4.8

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการปั่นแยก

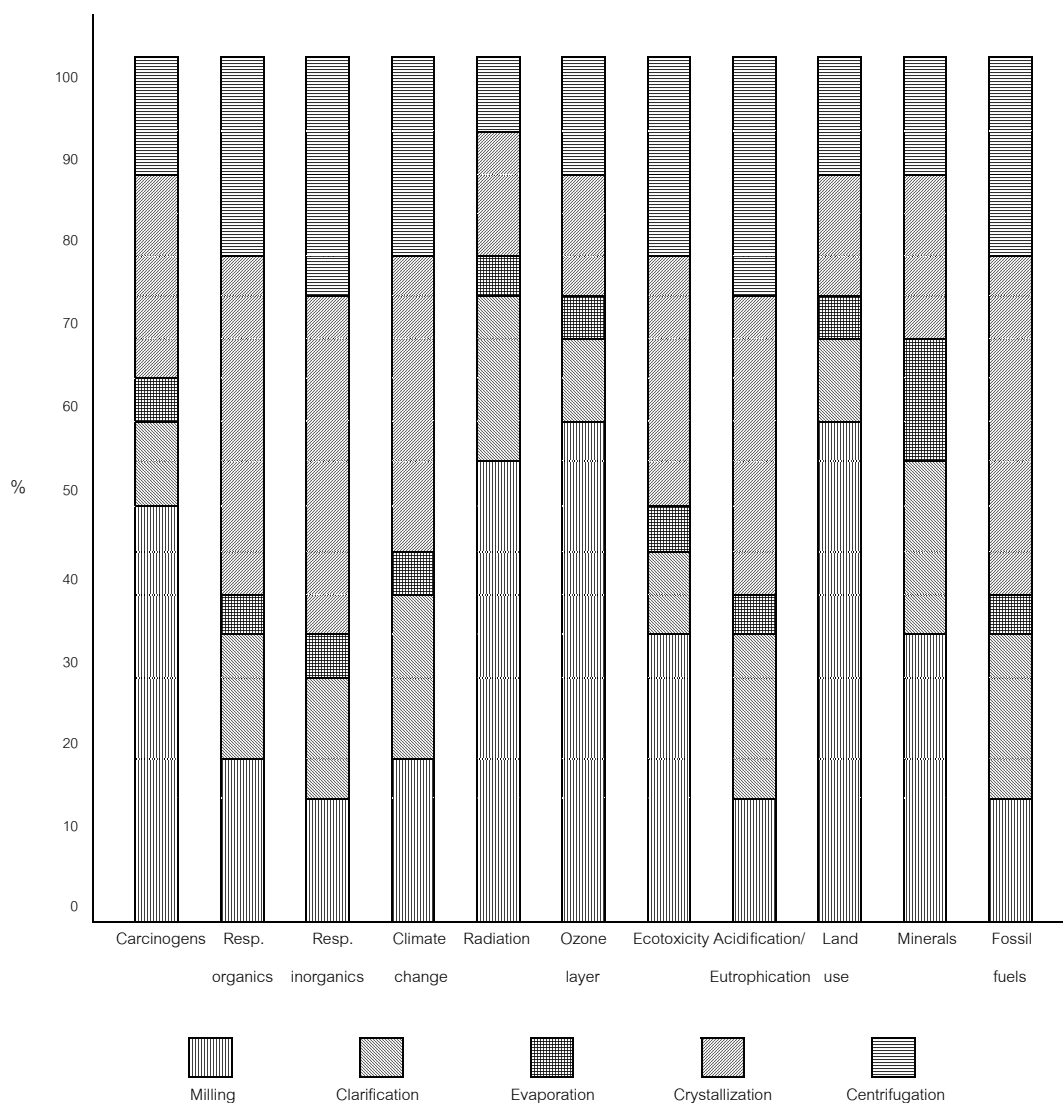


Analyzing 1 ton 'Brown Sugar'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.8 ในขั้นตอนการปั่นแยกจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกด้าน ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 4.78×10^{-5} DALY จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 3.25×10^{-9} DALY จากน้ำร้อนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารพืชในน้ำมีค่า $4.64 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากไอน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ภาพที่ 4.9

ผลจากการกำหนดบทบาท (Characterization) ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน



Analyzing 1 P 'Life cycle of sugar 1 ton'; Method:Eco-indicator 99(H) V2.06/Europe EI 99 H/H/characterization

จากภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าทุกขั้นตอนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีค่า 8.47×10^{-5} DALY จากขั้นตอนการตกผลึกที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด ทางด้านการก่อให้เกิดการทำลายชั้นโอโซนมีค่า 2.78×10^{-8} DALY จากขั้นตอนการหีบสกัดที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ทางด้านการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดและการเพิ่มธาตุสารอาหารฟอสฟอรัสในน้ำมีค่า $8.36 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ จากขั้นตอนการตกผลึกที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ตารางที่ 4.9 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนในการการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน

ประเภทของผลกระทบ	หน่วย	การหีบสกัด	การทำไผ่	การต้มระเหย	การตกผลึก	การปั่นแยก	รวม
1.การเกิดภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ -eq.	199	196	34.8	406	246	1.08X10 ³
2. การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ -eq.	1.52	1.48	0.268	3.28	1.98	8.53
3. การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำ	kg PO ₄ -eq.	0.0619	0.0648	0.0122	0.136	0.0831	0.358
4. การทำลายชั้นโอโซน	kg CFC-11-eq.	2.65E-5	3.35E-6	2.31E-8	4.64E-6	3.09E-6	3.76X10 ⁻⁵

ตารางที่ 4.10 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน

ประเภทของผลกระทบ	หน่วย	ศักยภาพ
1. การเกิดภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ -eq.	1.318X10 ³
2. การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ -eq.	9.407
3. การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำ	kg PO ₄ -eq.	0.49
4. การทำลายชั้นโอโซน	kg CFC-11-eq.	3.76X10 ⁻⁵

4.3 การแปลผลการศึกษา

การแปลผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มีรายละเอียดในการศึกษาผลกระทบดังกล่าวอันประกอบไปด้วย

4.3.1 การเกิดภาวะโลกร้อน

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการตกผลึกมีศักยภาพเท่ากับ 406 kg CO₂-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากที่สุดและขั้นตอนการต้มระเหยมีศักยภาพเท่ากับ 34.8 kg CO₂-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนน้อยที่สุด อันเนื่องมาจากสาเหตุจากการใช้ไอน้ำที่เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตน้ำตาลทรายแดงและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงอย่างไรก็ตามการใช้กากอ้อยยังเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและยังช่วยเพิ่มมูลค่าของของเสีย

4.3.2 การเกิดฝนกรด

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการตกผลึกมีศักยภาพเท่ากับ 3.28 kg SO₂-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะฝนกรดมากที่สุดและขั้นตอนการต้มระเหยมีศักยภาพเท่ากับ 0.268 kg SO₂-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะฝนกรดน้อยที่สุด อันเนื่องมาจากสาเหตุจากการใช้ไอน้ำเป็นแหล่งพลังงานและเนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา รวมไปถึงห่วงโซ่อาหาร

4.3.3 การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำ

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการตกผลึกมีศักยภาพเท่ากับ 0.136 kg PO₄-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำมากที่สุดและขั้นตอนการต้มระเหยมีศักยภาพเท่ากับ 0.0122 kg PO₄-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำน้อยที่สุด อัน

เนื่องมาจากสาเหตุจากการใช้น้ำเป็นเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศวิทยาในแหล่งน้ำ

4.3.4 การทำลายชั้นโอโซน

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการหีบสกัดมีศักยภาพเท่ากับ $2.65\text{E-}5$ kg CFC-11-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำลายชั้นโอโซนมากที่สุดและขั้นตอนการต้มระเหยมีศักยภาพเท่ากับ $2.31\text{E-}8$ kg CFC-11-eq. ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำลายชั้นโอโซนน้อยที่สุด อันเนื่องมาจากสาเหตุการใช้น้ำร้อนและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ

จากผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเป็นการสอดคล้องกับกับข้อกำหนดที่เป็นการส่งเสริมนโยบายทางด้านของการผลิตน้ำตาลทรายแดงอันมีเครื่องหมายให้กับผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อมผู้บริโภคจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าผลักดันให้ผู้ผลิตรายอื่นๆ ต้องแข่งขันกับปรับปรุงคุณภาพของสินค้าโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยอมรับของประชาชน คือ ฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco-Label) ในการส่งสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศและเป็นที่ยอมรับของนานาชาติในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและพิจารณาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน ในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1 มาช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผลการศึกษาได้ผลดังนี้

1. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านการเกิดภาวะโลกร้อนมีค่าศักยภาพเท่ากับ 1.318×10^3 kg CO₂-eq.
2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านการเกิดฝนกรดมีค่าศักยภาพเท่ากับ 8.53 kg SO₂-eq.
3. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำมีค่าศักยภาพเท่ากับ 0.358 kg PO₄-eq.
4. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านการทำลายชั้นโอโซนมีค่าศักยภาพเท่ากับ 3.76×10^{-5} kg CFC-11-eq.

จากผลการวิจัยโดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง พบว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระบวนการปลูกอ้อย นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงนั้นขั้นตอนการตกผลึกยังก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านการเกิดภาวะโลกร้อน ทางด้านการเกิดฝนกรด ทางด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำและขั้นตอนการหีบสกัดก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านการทำลายชั้นโอโซนและสาเหตุหลักของขั้นตอนการตกผลึกเกิดจากการใช้น้ำซึ่งใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง จากการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของน้ำตาลทรายแดงสามารถนำไปสร้างโอกาสในการปรับปรุงและคิดค้นพัฒนาเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมถ้าได้รับการสนับสนุนจะช่วยให้กระตุ้นให้เกิดผลดีทั้งด้านธุรกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมโดยสอดคล้องกับนโยบายสินค้าคาร์บอน (Green Paper on Integrated Policy, IPP) ซึ่งเป็นมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่สากลยอมรับโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) มาประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐ [แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)] เพื่อเป็นมาตรการ

ในการส่งสินค้าไปยังกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการสนับสนุนในการใช้พลังงานชีวมวลและเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ทำขึ้นภายใต้กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นผู้ทำการศึกษาควรคำนึงถึงบัญชีรายการข้อมูลที่ได้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เที่ยงตรงเพื่อนำไปสู่การประเมินผลต้องให้ความสำคัญกับจุดเริ่มต้นตรงจุดนี้

2. เนื่องจากข้อมูลของวัสดุที่ใช้ยังเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro ซึ่งเป็นของต่างประเทศ ดังนั้นควรมีการปรับปรุงและพัฒนาโดยการจัดทำฐานข้อมูลเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลให้ตรงกับประเทศไทยเพื่อให้การวิเคราะห์ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพและความถูกต้อง

บรรณานุกรม

บทความ

- วรรณภา เลาวกุล, นิตยา ไม่นี่, สุนทร กอดแก้ว และ ผกา สุขเกษม. (2550). โครงการศึกษามลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล : กรณีศึกษาการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (น.34-44).
- สุรเดช ภูพานา. (2546). รายงานการฝึกงานภาคฤดูร้อน ประจำปีการศึกษา 2546. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (น.18-43).

หนังสือ

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (พฤษภาคม 2550). รายงานการศึกษาระบบสมบูรณโครงการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2536). การศึกษาสารประกอบที่มีสีที่เกิดขึ้นระหว่างการนำตาลของปีการผลิต 2534/35 เปรียบเทียบการผลิต 2535/36. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม.
- นงศ์นุช พงษ์ชัยวิบูลย์. (2547). การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรตารีคอมเพรสเซอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
- บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2550). รายงานสรุปผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมและผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด ครั้งที่ 1 ประจำปี 2550.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (กันยายน 2545). รายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทกากขี้糠อ้อย บริษัท อุตสาหกรรมโคราช จำกัด.

รศ.ดร.ประเสริฐ ภาสันต์ และคณะ. (กันยายน 2547). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินวัฏจักรชีวิตกระดาษ ระยะที่ 1 การจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระดาษ. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2546). โครงการการเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมอาหารไทยโดยใช้วิธี Green Productivity. เชียงใหม่. สถาบันอาหาร.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติและสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (มิถุนายน 2549). การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: งานสื่อสิ่งพิมพ์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.(พฤษภาคม 2547). คู่มือการจัดการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. นนทบุรี: ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

Articles

Kazuhito Sakai and Anshun Yoshinaga. (2006). Estimation of CO₂ Emission from Sugar cane Product of Okinawa by the Life Cycle Assessment, *American Society of Agricultural and Biological Engineers*.

Ramjeawon Toolseeram. (2004). Life Cycle Assessment of Cane-Sugar on the Island of Mauritius. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 9, 254-260.

Ramjeawon Toolseeram. (2007). Life Cycle Assessment of Electricity Generation from Bagasse in Mauritius. *Journal of Cleaner Production*, 1-8.

Book

An De Schryver and Michiel Oele. (2006). *Introduction to LCA with Sima Pro 7*. Pre Consultants Mark Goedkoop.

Daranee Janghathaikul. (2003). *Life Cycle Assessment of Energy Production from Bagasse in a Sugar Mill : A Case Study in Thailand*. Unpublished master's thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Faculty of Science.

Kun-Mo Lee. (2004). *Life Cycle Assessment Best Practices of ISO 14040 Series*. Center for Ecodesign and LCA.

Phylipsen, D., M. Kerssemeeckers, K.Blok, M. Patel and J.de Beer. (2000). *Assessing the environmental Potential of Clean material Technologies*: European Commission, Joint Research.

Electronic Sources

กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดและผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2550). *การประเมินวัฏจักรชีวิต*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2551, จาก http://www.2.mtec.or.th/th/special/fcecolca/pdf/Life_Cycle_Assessment.pdf

รศ.ดร.อัครวัฒน์ มุ่งเจริญ. (2550). *การประเมินวัฏจักรชีวิต : เครื่องมือสำหรับ CDM*. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2551, จาก http://www.ttc.most.go.th/stvolunteer/UploadClinic/Seminar/files/B2-MTEC_Dr.Thumrongrut_LCA-for-CDM_final.pdf

Ana Margarita and Contreras Moya. (2007). *Life Cycle Assessment combined with Exergetic Analysis in cane sugar production analysis*. Retrieved May 14, 2008, from http://www.lcm2007.org/presentation/Tu_3.15-Contreras.pdf

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Retrieved May 14, 2008, from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5c.html>

ภาคผนวก ก

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
BAGGASSE FEEDER	9	17
CHEMICAL FEEDER (HIGH PRESSURE)	10	3
CHEMICAL FEEDER (LOW PRESSURE)	4	0.8
FEED WATER PUMP	10	2,239,982
OIL BURNING FAN	1	110
FUEL OIL PUMP	1	15
BAGASSE FEEDER FAN	5	339,520
PRIMARY FORCE DRAFT FAN	4	112,680
SECONDARY FORCE DRAFT FAN	10	46,085
ROTARY VALVE	8	162
INDUCED DRAFT FAN	1	280
ASH CONVEYOR	13	29,503

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
COAL SPREADER	4	6,188
TRAVELING STROKER	4	14,927.7
AIR COMPRESSOR	4	38,051.5
LONGRETRACTABLE SOOT BLOWER	1	1.5
COAL BELT CONVEYOR	3	31,332
ASH SCREW CONVEYOR	13	35,848
COAL FEEDER	3	8,952
PITH SCREW CONVEYOR	8	68,632
OIL PUMP STOKER	2	4,476
SOOT BLOWER	1	373
LIFT PUMP	11	696,764
CENTIFUGAL PUMP	21	865,733
MIETERING PUMP	1	37
ASH BELT CONVEYOR	9	121,225
BAGASSE CONVEYOR TO DEPITHER	1	55,950
BAGASSE CONVEYOR	8	902,660

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
BAGASSE CORSS CONVEYOR	1	130550
PITH CONVEYOR	2	59,680
FIBERS BELT IROM DEPITHER	1	7460
FIBER BELT	4	70870
BAGASSE BELT CONVEYOR	10	268,560
BELT CONVEYOR	6	152,930
BELT	4	186,500
FIBER BELT FROM RETURN	2	5,180
SCREW BAGASSE FEEDER	1	2,238
DEPITHER	1	164,120
OVERHEAD CRANE	1	3,730
BAGASSE DRIERS FAN	2	537,120
BAGASSE ROTARY VAVLE	1	7460
BELT BAGASSE DRIERS	1	22,380

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
BAGASSE DRIERS FEEDER	1	7,460
FIBER FEEDER	1	14,920
CONVEYOR	3	41,030
ROTARY FEED	5	18,650
PITH SCREW CONVEYOR	4	8,952
PITH CONVEYOR	1	37,300
BELT FIBER	1	22,380

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับหม้อไอน้ำ

เทอร์ไบน์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
FEED WATER PUMP	4	2,834,800
INDUCED DRAFT FAN	7	7,736,020
PRIMARY FORAFT FAN	4	3,983,640

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.2

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการหีบสกัด

เทอร์ไบน์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
SHINKO	1	2,238,000
EBARA	3	4,923,600
SHINNIPPON	11	49,609,000

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.3

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำไผ่

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
ปั๊มดีซูเปอร์ฮีต	3	298,400
ถังผสม	6	128,685
ปั๊มน้ำอ้อยผสมปูนขาว	7	604,260
ปั๊มโคลนขึ้นราง	5	111,900
พัดลมกากอ้อย	4	313,320
ถังผสมกากอ้อยโคลน	2	11,190
หม้อกรองโคลนน้ำอ้อย	18	46,998
สกรูลำเลียงกากหม้อกรอง	9	138,010
สะพานลำเลียงกากหม้อกรอง	3	24,245
ปั๊มน้ำอ้อยหม้อกรอง	4	89,520
โม้ปูนขาว	2	29,840
ปั๊มน้ำปูนขาวขึ้นไซโคลน	2	44,760
ถังพักน้ำปูนขาว	4	22,380
ปั๊มน้ำปูนขาว	2	44,760
สกรูลำเลียงปูนขาว	3	11,190

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.4

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการต้มระเหย

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
ปั้มน้ำอ้อยใส่เข้าหม้อต้ม	6	701,240
ปั้มแวกค์หม้อต้ม	7	652,750
ปั้มน้ำร้อน	15	1,119,000
ปั้มน้ำเชื่อม	4	496,090
ปั้มแวกค์หม้อกรอง	9	1.193,600

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.5

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการตกผลึก

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
Vacuum pan 54 m ³	6	335,700
Vacuum pan 100 m ³	17	951,150
Horizontal crystallizer (Magma) 30 m ³	4	22,380
Horizontal crystallizer (Magma) 44 m ³	2	8,206
Horizontal crystallizer (Magma) 49 m ³	3	22,380
Horizontal crystallizer (Magma) 65 m ³	15	111,900
Power unit hydraulic (100L)	8	17,904
Centifugal pump	2	93,250
Magma pump type rotary	3	111,900
Masseccuite pump type rotary	14	522,200
Horizontal crystallizer 65 m ³	32	238,720
Rotan gear pump 5" * 5"	2	37,300
Vertical crystallizer 440 m ³	9	167,850

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.6

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการปั่นแยก

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
หม้อปั่น KTS	5	559,500
หม้อปั่น BROADBENT	4	373,000
หม้อปั่น FCB	8	895,200
หม้อปั่น BALMAC	20	1,119,000
หม้อปั่น ROBERT	4	149,200
ปั๊มโรแทน, 8"X8"	5	111,900
ปั๊มโรแทน, 5"X5"	8	179,040
ถังผสมโมลาสปี	1	3,730
สายพานลำเลียงน้ำตาลปี ลง กระพ้อ	2	14,920
กะพ้อนน้ำตาลปี	1	37,300
รางกวนหัวหม้อ ปี	4	29,840
รางสกรู ปี	1	18,650
พัดลมระบายความร้อน TSK	2	22,380
รางผสม ซี	4	44,760
ถังผสมโมลาสซี	2	7460
รางรับโมลาสซี	2	7460

ที่มา: แผนกวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางบัญชีรายชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ ก.6 (ต่อ)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับการปั่นแยก

มอเตอร์	จำนวน	กำลังรวม (KW)
ปั้มน้ำร้อน	6	22,380
ปั้มน้ำเชื่อม	1	3,730
ปั้มโรตารี 8 12"	10	149,200
ปั้มแขก 8 12"	8	119,360

ที่มา: แผนวิศวกรรมโรงงานน้ำตาล, 2550

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างบัญชีรายการการจัดเก็บข้อมูล

Date	Unit	10-ธ.ค.- 49	11-ธ.ค.- 49	12-ธ.ค.- 49	13-ธ.ค.- 49	14-ธ.ค.- 49	15-ธ.ค.- 49	16-ธ.ค.- 49	17-ธ.ค.- 49	18-ธ.ค.- 49	19-ธ.ค.- 49
No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cane Wt.	Ton	14528.56	19055.69	18040.05	18720.54	19687.13	20691.73	20770.54	18771.79	20035.72	20302.48
C.C.S 1	%	10.5948	10.7922	10.8874	10.9527	10.9193	10.8348	10.8257	10.9955	11.0227	11.0328
C.C.S 2	%	0	10.7433	10.8051	10.8224	10.7948	10.7036	10.762	11.0162	10.9662	10.9476
C.C.S Total	%	10.5948	10.7817	10.8501	10.8946	10.8541	10.7661	10.7919	11.0071	10.9924	10.9872
Juice	Ton	12680.527	21162.016	28780.013	29480.074	36188.754	38012.494	38647.973	37302.804	37693.893	38146.934
Juice Brix	%	18.106	18.124002	18.135092	18.113494	18.089164	18.059097	18.049423	18.071501	18.08528	18.097389

ที่มา: โรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างบัญชีรายการการจัดเก็บข้อมูล (ต่อ)

Date	Unit	10-ธ.ค.- 49	11-ธ.ค.- 49	12-ธ.ค.- 49	13-ธ.ค.- 49	14-ธ.ค.- 49	15-ธ.ค.- 49	16-ธ.ค.- 49	17-ธ.ค.- 49	18-ธ.ค.- 49	19-ธ.ค.- 49
No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Final Molasse	Ton	0	62.859	844.253	1329.087	2488.577	3710.585	5076.505	6442.991	8089.274	9997.074
Raw Sugar	Ton	20	1030	1290	1885	1791.92	2589.98	2912.31	2945	2619.3	3132.73
Quick Lime	Ton	11.114348	18.548274	25.226105	50.217425	55.239291	67.205541	66.190532	67.740061	69.374784	69.080388
Bacteriocide	Ton	90	75	90	75	75	105	80	75	90	105
Floculant	Ton	54	83	104	88	110	126	135	136.5	126	136.5
E.Antiscale	Ton	55.2	143.7	164	164	164	164	164	164	164	164
Cane Fiber	Ton	12.72	12.72	12.72	12.72	12.41	12.48	12.66	12.64	12.7	12.65

ที่มา: โรงงานน้ำตาล, 2550

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างบัญชีรายการการจัดเก็บข้อมูล (ต่อ)

Date	Unit	10-ธ.ค.- 49	11-ธ.ค.- 49	12-ธ.ค.- 49	13-ธ.ค.- 49	14-ธ.ค.- 49	15-ธ.ค.- 49	16-ธ.ค.- 49	17-ธ.ค.- 49	18-ธ.ค.- 49	19-ธ.ค.- 49
No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mix Juice 1	Ton	15448.539	20524.375	19553.888	20212.58	21565.465	22895.199	23578.156	20136.102	21217.126	21096.88
Mix Juice 2	Ton	0	5321.6022	14784.168	14885.191	22074.482	22795.664	23618.127	23860.406	23194.751	23475.583
Mix Juice Total	Ton	15448.539	25845.978	34338.056	35097.77	43639.947	45690.863	47196.284	43996.509	44411.878	44572.463
Bagasse Wt.	Ton	4149.1532	4954.957	4718.0742	4964.8627	5000.4139	5281.9143	5318.4365	4875.8306	5198.1799	5302.2175

ที่มา: โรงงานน้ำตาล, 2550

ภาคผนวก ค

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตากถ้ำ จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126
 สถานที่เก็บตัวอย่าง : ตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียป่อสุดท้าย
 วันที่เก็บ : 14 มิถุนายน 2550 วันที่รับตัวอย่าง : 14 มิถุนายน 2550
 เวลาที่เก็บ : 13.40 น. วันที่วิเคราะห์ : 14-27 มิถุนายน 2550
 วิธีเก็บ : จ้วงเก็บ 1 ครั้ง หมายเลขปฏิบัติการ : LG735/2007
 ผู้เก็บตัวอย่าง : เจ้าหน้าที่ยูเออี เลขที่ใบรายงาน : LO7806/2007

ตารางที่ ค.1 ค่าแสดงวิธีการวิเคราะห์น้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียป่อสุดท้าย

ดัชนี	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ บ่อบำบัดน้ำเสียป่อ สุดท้าย LG735/2007
pH at 25°C	-	IN-HOUSE METHOD UAE.TP.PH.01* (ELECTROMETRIC METHOD)	7.8
TOTAL SUSPENDED SOLIDS	mg/L	IN-HOUSE METHOD UAE.TP.SS.01* (TOTAL SUSPENDED SOLID DRIED AT 103-105°C)	47.2
BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)	mg/L	AZIDE MODIFICATION METHOD	17.1
CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)	mg/L	DICHROMATE REFLUX METHOD	114
.FAT, OIL AND GREASE	mg/l	SOXHLET EXTRACTION METHOD	ND
สภาพตัวอย่าง	-	-	เขียวใส ตะกอนสีเขียว

ที่มา: United Analyst and Engineering Consultant Co.,Ltd

*: BASED ON STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND
WASTEWATER, APHA, AWWA, WEF, 21st EDITION 2005.

ND : NON-DETECTABLE (FAT, OIL AND GREASE < 1.0 mg/L).

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126
สถานที่เก็บตัวอย่าง : ตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม
วันที่เก็บ : 14 มิถุนายน 2550 วันที่รับตัวอย่าง : 14 มิถุนายน 2550
เวลาที่เก็บ : 13.40 น. วันที่วิเคราะห์ : 14-27 มิถุนายน 2550
วิธีเก็บ : จ้วงเก็บ 1 ครั้ง หมายเลขปฏิบัติการ : LG735/2007
ผู้เก็บตัวอย่าง : เจ้าหน้าที่ยูเออี เลขที่ใบรายงาน : LO7806/2007

ตารางที่ ค.2 ค่าแสดงน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

ดัชนี	หน่วย	ผลการติดตามตรวจสอบ	ค่ามาตรฐาน*
1. ความเป็นกรดและด่าง	-	7.8	5.5-9.0
2. สารแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	47.2	50
3. น้ำมันและไขมัน	มิลลิกรัมต่อลิตร	ND**	5
4. บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	17.1	20
5. ซีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	114	120

หมายเหตุ : *มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตาม

ความในพระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งระบายออกจาก
โรงงาน

: **Non-Detectable (น้ำมันและไขมัน < 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

ตารางที่ ค.3 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด

แหล่งตรวจวัด	รายการตรวจวัด	วิธีการเก็บตัวอย่าง
ปล่องไอน้ำ(Boiler)	ปริมาณฝุ่น(TSP)	Isokinetic stack sampling,US.EPA Method 5
	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO ₂)	Chemical Absorption,US.EPA Method 6
	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์(NO ₂)	Chemical Absorption,US.EPA Method 7
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO)	Electrochemical Method

ผลการตรวจวัด

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ(Boiler) จำนวน 7 ปล่อง ของบริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด ซึ่งทำการตรวจวัดในวันที่ 16-18 มกราคม 2550 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงานพ.ศ.2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนที่ระบายออกจากโรงงาน ดังสรุปในตารางที่ 2,3,4,5,6,7 และ 8

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 1)

วันที่ทำการตรวจวัด : 16 มกราคม 2550
 เวลา : 11.30 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633131 E, 1700007 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 5.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 138.3°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 9.25 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 7,693.79 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 12.1
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 5.1
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 12.4

ตารางที่ ค.4 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 1)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	284.36	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	0.97	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.34	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	68.84	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 2)

วันที่ทำการตรวจวัด : 16 มกราคม 2550
 เวลา : 13.30 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633099 E, 1699970 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 3.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 160.5°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 9.48 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 2,732.96 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 12.9
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 54.6
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 12.7

ตารางที่ ค.5 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 2)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	308.44	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	1.65	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.86	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	33.01	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 3)

วันที่ทำการตรวจวัด : 17 มกราคม 2550
 เวลา : 10.45 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633070 E, 1699936 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 3.0 m
 ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 159°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 8.88 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 3,767.83 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 11.9
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 5.1
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 16.2

ตารางที่ ค.6 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 3)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	296.04	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	1.35	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.88	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	81.49	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 4)

วันที่ทำการตรวจวัด : 17 มกราคม 2550
 เวลา : 12.25 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633038 E, 1699919 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 5.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 150°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 8.77 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 7,108.93 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 12.3
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 4.9
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 15.1

ตารางที่ ค.7 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 4)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	117.85	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	1.32	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.71	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	22.01	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 5)

วันที่ทำการตรวจวัด : 17 มกราคม 2550
 เวลา : 14.00 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633159 E, 1700057 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 5.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 155.8°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 11.54 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 9,322.94 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 12.2
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 5.0
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 15.3

ตารางที่ ค.8 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 5)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	234.53	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	1.24	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.52	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	79.03	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 6)

วันที่ทำการตรวจวัด : 18 มกราคม 2550
 เวลา : 12.20 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633143 E, 1700088 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 5.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 126.8°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 10.24 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 8,653.41 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 14.1
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 3.9
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 15.0

ตารางที่ ค.9 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 6)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	218.01	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	0.84	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.36	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	62.2	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ใบรายงานผลการวิเคราะห์

ชื่อลูกค้า : บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
 ที่อยู่ : 1/1 หมู่ 14 ตำบลหนองโพ อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ 60410
 โทรศัพท์ 0-5633-8123-5 โทรสาร 0-5633-8126

แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 7)

วันที่ทำการตรวจวัด : 18 มกราคม 2550
 เวลา : 10.50 น.
 ชนิดของเชื้อเพลิง : กากอ้อย
 ประเภทของแหล่งกำเนิด : หม้อไอน้ำ
 ตำแหน่งพิกัด : 633076 E, 1700092 N
 เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง : 6.0 m

ผลการตรวจวัด

- อุณหภูมิภายในปล่อง : 151.0°C
- ความเร็วลมเฉลี่ย : 12.43 m/s
- ปริมาตรอากาศที่ออกจากปล่อง : 14,442.48 m³/min
- ร้อยละของออกซิเจน : 14.4
- ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 3.8
- ร้อยละของความชื้นภายในปล่อง : 14.1

ตารางที่ ค.10 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอน้ำ (Boiler 7)

รายการตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณฝุ่น(TSP)@Excess Oxygen 7%	mg/m ³	288.28	320
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	0.95	60
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	ppm	2.76	200
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	170.88	690

หมายเหตุ

- สภาวะอ้างอิงที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 760 mmHg หรือความดัน 1 บรรยากาศ สภาวะความชื้นเป็นศูนย์หรือสภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจน(%excess air) ร้อยละ 50 หรือมีปริมาตรอากาศเสียที่ ออกซิเจน (%oxygen) ร้อยละ 7
- ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นายวิทยา กันยา
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2521
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ.2548
ตำแหน่ง	นักศึกษาปริญญาโท
ทุนการศึกษา	-
ผลงานทางวิชาการ	การตีพิมพ์วารสารระดับนานาชาติ Agricultural Journal 3 (6): 472-475, 2008 ISSN: 1816- 9155 “Economic-Environmental Evaluation for Sugar Production in Thailand Using LCA Approach การตีพิมพ์วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร เรื่อง “การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการ การผลิตของน้ำตาลทรายแดง”
ประสบการณ์การทำงาน	Winimex Industry Co.,Ltd :2005-Present