อภินันทนาการ

รายงานฉบับสมบูรณ์

คาร์บอนฟุตปริ้นต์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของ Carbon Footprint for Energy and Environment Management in Sugar Industry

โดย

ดร.ฉันทนา	พันธุ์เหล็ก	หัวหน้าโครงการ
ผศ.ดร.สมชาย	มณีวรรณ์	ผู้ร่วมวิจัย
นายประมวล	ปุนปัน	ผู้ร่วมวิจัย
นายเอกวิทย์	ใยดี	ผู้ร่วมวิจัย

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 31 ส.ค. 2558
เลขทะเบียน 1 6824663
เลขเรียกหนังสือ

สนับสนุนทุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ 2557

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ 2557 บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด ที่สนับสนุนทางด้านงบประมาณในการศึกษาวิจัย และให้ข้อมูล สถานที่ในการทดลองในการวิจัยในครั้งนี้

ชื่อเรื่อง คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล

คำสำคัญ อ้อย น้ำตาลทรายดิบ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และ การประเมินวัฏจักรชีวิต

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม Simapro Version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

จากผลการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50-99.50 °z ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ ส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าสี 2001-3800 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 97.30-98.0 °z มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ และจากการวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบ Single Score นั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดมากขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับเนื่องจาก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อยจากการใช้คนงานตัดอ้อย เป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอ แต่ในอนาคตคาดการณ์ว่าจะมีการใช้เครื่องจักร 100% จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับมาตรการและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ตามลำดับ

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลเพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล ทำให้ทราบค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol น้ำตาลทรายดิบ J-spec และยังทราบถึงมาตรการการประหยัดพลังงาน เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า

Title	CARBON FOOTPRINT FOR ENERGY AND ENVIRONMENT MANAGEMENT IN SUGAR INDUSTRY
Keywords	sugar cane, raw sugar, carbon footprint and life-cycle assessment

ABSTRACT

The purpose of research was to estimate carbon footprint for energy and environment management in sugar industry of Thai Identity Sugar, Uttaradit province, by estimating carbon footprint of Hi-pol and J-spec raw sugar products with considering in B2B form from raw material making procession, manufacture procession and transport procession and estimating the environmental effects by Simapro Version 7.2 program with Eco-indicator 95 method to analyzing the occurring environmental effects.

The result showed that the greenhouse gas emissions of Hi-pol raw sugar producing procession of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 1001-2000 ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 98.50-99.50 °z, the quantity of the greenhouse gas emissions was 0.259 $kgCO_2e/kg$ and the greenhouse gas emissions J-spec raw sugar products of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 2001-3800ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 97.30-98.0 °z, the quantity of the greenhouse gas emissions was 0.312 $kgCO_2e$, analyzed the environmental effect by Single Score showed that the order of the most effects was raw material making procession, raw material transport procession from farm to manufactory and raw sugar producing procession as raw material making procession that had the effect from cane burning by man who did cane cutting, so the cane cutting machine wasn't enough to use, but in the future the extrapolation will be one hundred percent to use the cane cutting machine and analyzed the appropriation for measure and the economic possibility of raw sugar producing procession by analysis payback period (Payback Period: PBP), net present value (Net Present Value: NPV) and internal rate of return (Internal Rate of Return: IRR) respectively.

The carbon footprint estimation of sugar producing procession for planning to manage energy and environment of sugar industry helped to know the greenhouse gas

emitting evaluation of the Hi-pol raw sugar production, J-spec raw sugar production and energy saving measure to be aware to importance of the environment and the worthily resource using.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	แนวทางการดำเนินการวิจัย	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล	6
	พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย	8
	โรงงานน้ำตาลประเทศไทย	13
	การปลูกอ้อย	15
	กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	23
	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย	25
	การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment	30
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	36
	การจัดทำมาตรการทางพลังงาน ตามมาตรฐาน ISO 50001	40
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	47
	อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล	47
	ขอบเขตการวิจัย	47
	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	49
	การเก็บข้อมูลแต่ละขั้นตอนในตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	54
	ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์	60
	วิธีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	66
4	ผลการวิจัย	68
	สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec	69
	การจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	70
	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ	77
	ผลของดัชนีพลังงาน (Specific Energy Consumption: SEC) ของกระบวนการผลิตน้ำตาล	82
	การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆ ของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol	85
	กระบวนการขนส่ง	90
	การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆ ของน้ำตาลทรายดิบ J-spec	101
	การลงทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต	115
	การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2	116
	การจัดทำมาตรการทางพลังงานและการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	119
5	บทสรุป	128
	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์	128

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environment Indicators).....	129
	มาตรการและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตน้ำตาล.....	129
	ข้อเสนอแนะ.....	130
บรรณานุกรม		131
ภาคผนวก		136
ประวัติผู้วิจัย		153

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์	3
2	ลักษณะของอ้อย	6
3	พื้นที่และผลผลิตอ้อยของประเทศต่าง ๆ	8
4	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (รายภูมิภาค) ของประเทศไทย	9
5	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคเหนือ)	9
6	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคกลาง)	10
7	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	10
8	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคตะวันออก)	11
9	รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายปีการผลิต 2555/2556	12
10	โรงงานน้ำตาลตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย	13
11	สมบัติน้ำตาลทรายสีรำ	26
12	สมบัติน้ำตาลทรายขาวธรรมดา	27
13	สมบัติน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	27
14	โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)	35
15	ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน	38
16	สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์	48
17	เครื่องมือที่ใช้ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	51
18	การเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044	65
19	คุณสมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์	68
20	บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย)	70
21	บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
22	บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี่ยว ปั่น.....	72
23	การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์.....	77
24	ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	78
25	สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ.....	80
26	ค่าความร้อนต่อหน่วย.....	82
27	สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	85
28	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ.....	86
29	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิต.....	87
30	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	88
31	การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย.....	90
32	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบ จากไร่อ้อย – โรงงานน้ำตาล.....	92
33	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล.....	94
34	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการผลิต น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	98
35	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของกระบวนการบำรุงรักษา ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol.....	98
36	ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์.....	99
37	สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ J-spec ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
38	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	102
39	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิต	103
40	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากร และพลังงานของการผลิต	104
41	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบจากไร่อ้อย – โรงงานน้ำตาลของน้ำตาลทรายดิบ J-spec	106
42	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล	108
43	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการผลิต น้ำตาลทรายดิบ J-spec	111
44	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการบำรุงรักษา ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec	111
45	ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	112
46	การลงทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต	115
47	การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2	116
48	การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ แบบSingle Score	118
49	ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการประหยัดไฟฟ้าจากหม้อปั่น	122
50	สรุปผลการวิเคราะห์การประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาล	123
51	ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

52 สรุปผลการวิเคราะห์มาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่..... 124

53 ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็น หลอดไฟ LED 18 W..... 126

54 สรุปผลการวิเคราะห์มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36W เป็นหลอดไฟ LED 18W..... 126

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	บริเวณปลูกอ้อยของโลก	7
2	การไถ	17
3	การชักร่องอ้อย	18
4	การปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อย	20
5	การปลูกอ้อยด้วยแรงงานคน	21
6	การตัดอ้อยด้วยรถตัดอ้อย	22
7	อ้อยที่ตัดจากรถตัดอ้อย	23
8	แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาล	25
9	น้ำตาลทรายดิบ	25
10	น้ำตาลทรายสีรำ	26
11	น้ำตาลทรายขาวธรรมดา	27
12	น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	28
13	โมลาส	28
14	โรงงานผลิตเอทานอล	29
15	โรงไฟฟ้าชีวมวล	30
16	ตัวอย่างบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	36
17	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	38
18	ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่างๆ	40
19	แผนผังกระบวนการการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์	50
20	แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	51
21	แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	54
22	กระบวนการเตรียมอ้อย	55
23	กระบวนการหีบสกัดอ้อย	56
24	กระบวนการพรมน้ำอ้อย	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
25	ตะแกรงกรองน้ำอ้อยใส	57
26	หม้อต้ม	58
27	หม้อเคี่ยว	58
28	หม้อปั่น	59
29	แผนผังกระบวนการการขนส่ง	60
30	การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	69
31	แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	73
32	แผนผังกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ	74
33	แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	75
34	แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ	76
35	การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	77
36	ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	79
37	แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	81
38	สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	81
39	ผลของดัชนีพลังงานช่วง Milling	83
40	ผลของดัชนีพลังงานช่วง Raw Sugar	84
41	การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย	91
42	กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	100
43	กราฟเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของอ้อยสดอ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	101
44	กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	113
45	กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec อ้อยสดอ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำตาลทราย..... 115

47 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1kg..... 117

48 ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ..... 119

49 ตำแหน่งการทำงานของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter..... 121

อักษรย่อ

Acidification	=	ฝนกรด ($kgSO_2$)
Activity data	=	ข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน)
C.C.S	=	หน่วยวัดความหวานของอ้อย
Carcinogens	=	สารก่อมะเร็ง(kgact.subst)
Emission factor	=	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม
Energy resources	=	การใช้พลังงาน (MJLHV)
Eutrophication	=	การเจริญเติบโตของพืช ($kgPO_4$)
Greenhouse	=	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$)
Heavy metals	=	โลหะหนัก(kgPb)
i	=	อัตราดอกเบี้ย (%)
I	=	เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)
ICUMSA	=	ค่าสีของน้ำตาลตามมาตรฐานสากล
IRR	=	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
$kgCO_2e/kg$	=	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก/kg
n	=	อายุการใช้งานเครื่องจักร (ปี)
NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
Ozone layer	=	การทำลายชั้นบรรยากาศ (kgCFC11)
PBP	=	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
Pol	=	ค่าความหวานน้ำตาล (^oz)
R_n	=	กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)
SEC	=	ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ
Smog	=	หมอกควัน (kgC2H4)

บทที่ 1

บทนำ

การขยายตัวของความต้องการสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ส่งผลให้เกิดภาระทางด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม และขนส่ง ซึ่งเป็นภาคที่มีสัดส่วนการใช้ทรัพยากร และพลังงานมากที่สุดเพื่อผลิตสินค้าและบริการแก่ผู้บริโภค ปัจจุบันทั่วโลกมีการตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเรื่องของสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก โดยมีทั้งหน่วยงาน ความร่วมมือต่าง ๆ ทั้งการส่งเสริม และกีดกัน ทั้งด้านการค้าและบริการเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ดังนั้นการตระหนักและรับผิดชอบของผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงเข้ามามีบทบาทในการกำหนดตำแหน่งทางการตลาด จึงมีการแสดงความรับผิดชอบในด้านสิ่งแวดล้อมออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น ฉลากสิ่งแวดล้อม ฉลากคาร์บอน การวิเคราะห์การใช้พลังงานและทรัพยากรอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งช่วยให้ผู้ซื้อสินค้าตัดสินใจในด้านของการช่วยรับผิดชอบสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นการพัฒนาในภาคส่วนอุตสาหกรรมสู่การเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรมสะอาดอีกทางหนึ่ง

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

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

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

ดังนั้น นักวิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลซึ่งได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม มีหน่วยเป็น $kgCO_2e/kg$ น้ำตาลทรายดิบ ซึ่งทำการประเมินที่โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ระบุปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในหน่วยเทียบเท่าคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตตลอดกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งจะจัดทำบัญชีรายการผลกระทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งสามารถตรวจสอบได้ และนำผลการศึกษามาวิเคราะห์แนวทางในจัดการกระบวนการผลิตให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลดิบโดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสามส่วนหลักๆ คือ

1. เพื่อจัดทำบัญชีรายการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลเพื่อใช้ในการวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต
2. วิเคราะห์วัฏจักรชีวิตและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล
3. วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาล

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และยังได้จัดทำมาตรการทางพลังงานเพื่อปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. **การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา**

เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ตั้งแต่การได้มาวัตถุดิบกระบวนการผลิต การบรรจุผลิตภัณฑ์ รวมถึงการขนส่งตลอดกระบวนการ

2. การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการคือขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญและจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายดิบซึ่งได้แก่

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงเช่นน้ำมันเป็นต้น
2. ปริมาณวัตถุดิบวัสดุและทรัพยากรต่างๆ
3. ปริมาณการใช้สารเคมี
4. ปริมาณของเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ฯลฯ

3. ขอบเขตของระบบ

วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และJ-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ประกอบด้วยกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบและการขนส่งสินค้าเป็นการประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งการผลิตจนถึง ณ คลังสินค้า

ตาราง 1 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

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

4. หน่วยการทำงาน (Functional unit)

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งกำหนดให้เป็น $kgCO_2e/kg$ น้ำตาลทรายดิบซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาในส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

เพื่อจำแนกประเด็นปัญหาด้านพลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทราย โดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.2 เพื่อให้ได้แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และได้ฐานข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Carbon Footprint หมายถึง คาร์บอนฟุตพริ้นท์
2. Life Cycle Assessment: LCA หมายถึง การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
3. Hi-pol Sugar หมายถึง น้ำตาลทรายดิบ ที่มีค่าสี 1001-2000ICUMSA
4. J-spec Sugar หมายถึง น้ำตาลทรายดิบ ที่มีค่าสี 2001-3800ICUMSA
5. ICUMSA หมายถึงหน่วยที่ใช้วัดค่าสีของน้ำตาลตามมาตรฐานสากล
6. Pol หมายถึงค่าความหวานน้ำอ้อย

แนวทางการดำเนินการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยมีแนวทางการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-specบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์
2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน วัตถุดิบ และของเสียที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ตามมาตรฐาน ISO 14044
3. จัดทำบัญชีรายการการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตย่อย รวมถึงการขนส่งตลอดกระบวนการ
4. ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์
5. ทำการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตแบบ B2B ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการผลิตน้ำตาลทรายด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2
6. จัดทำมาตรการทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐาน ISO 50001
7. ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล เป็นการพัฒนากระบวนการผลิตและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ จะเกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ได้บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาล

2. ทราบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในอุตสาหกรรมน้ำตาล

3. มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลชนิดอื่นๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยอยู่ในฐานะผู้ผลิตและผู้ส่งออกเป็นอันดับต้นของตลาดการส่งออกน้ำตาล และปัจจุบันมีการแข่งขันทางการตลาดสูงขึ้น ดังนั้นการบริหารจัดการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย จึงต้องมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านพลังงานและวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการปลูกอ้อยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการปลูกอ้อย ดังนั้นการการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงมีความสำคัญในการวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และสามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อบริโภคภายในประเทศและเป็นสินค้าส่งออกของประเทศ

ตาราง 2 ลักษณะของอ้อย

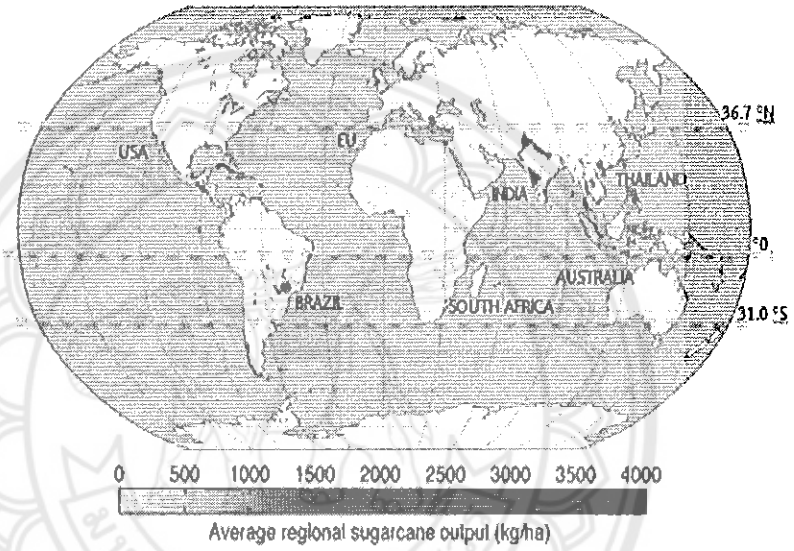
ชื่อไทย (Location Name)	อ้อย
ชื่อสามัญ (Common Name)	Sugar Cane
ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific Name)	Saccharum officinarum Linn.
ชื่อวงศ์ (Family Name)	POACEAE

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [3]

อ้อยเป็นพืชไม้ล้มลุกสูงประมาณ 2 - 5 เมตร ขึ้นเป็นกอลำต้นแข็งแรง ต้นมีลักษณะสีม่วงแดงถึงดำ มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ลำต้นกลมยาว เห็นข้อและปล้องชัดเจน มักมีรากอากาศอยู่ประปรายใบเดี่ยว ออกที่ข้อแบบเรียงสลับ และร่วงง่าย พบได้เฉพาะปลายยอด โดยมีกาบใบโอบหุ้มข้ออยู่ ใบรูปขอบขนาน แคบยาวเรียว มีขนสากคายทั้งสองด้านของใบ แผ่นใบสีม่วงเข้ม มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน กว้าง 2.5 - 5 เซนติเมตร ยาว 100 - 150 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบหุ้มลำต้น กลางใบเป็นร่อง ขอบใบจักละเอียดและคม เส้นกลางใบใหญ่ เป็นสีขาวมีขน

ดอกเป็นดอกช่อใหญ่ ออกที่ปลายยอด ลำต้นจะออกดอกเมื่อแก่เต็มที่ ช่อดอกตั้งยาว 40 - 80 เซนติเมตร ในช่อหนึ่งมีดอกย่อยสีขาวครีม จำนวนมาก และมีขนยาว เมื่อแก่จะมีฟูปลายเมล็ดปลิวตามลมได้ง่ายผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก จะออกเมื่อต้นแก่จัด

การผลิตอ้อยของโลกมีพื้นที่โดยรวม 20.42 ล้านเฮกเตอร์ (127.62 ล้านไร่) พื้นที่การเพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่แถบเส้นศูนย์สูตร เขตร้อนชื้น หรือใกล้เคียง รวมถึงประเทศไทยด้วย ซึ่งจะเห็นการกระจายตัวของพื้นที่ปลูกอ้อย ดังภาพ 1



ภาพ 1 บริเวณปลูกอ้อยของโลก [4]

พื้นที่การปลูกอ้อย ผลผลิต และผลผลิตตัน/ไร่ ของปีการปลูกอ้อย 2011 ของทั่งโลกมีดังต่อไปนี้ พื้นที่การปลูกอ้อยในปี ค.ศ. 2011 ทั้งหมดของโลกมีพื้นที่ 158,981,000 ไร่ ผลผลิต 1,794,359,000 ตัน และผลผลิตน้ำตาลที่ผลิตได้ 11.29 ตัน/ไร่ ซึ่งประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 4 ของโลก มีพื้นที่การปลูกอ้อยทั้งหมดของประเทศไทย ปีการปลูกอ้อย 2011 ทั้งหมด 7,870,000 ไร่ ผลผลิต 95,950,000 ตัน และผลผิตน้ำตาลที่ผลิตได้ 12.19 ตัน/ไร่ ดังตาราง 3

ตาราง 3 พื้นที่และผลผลิตอ้อยของประเทศต่าง ๆ [4]

Country	Areas (1,000 rais)			Product (1,000 ton)			Product Sugarcane (ton/rais)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Total world	148,869	147,903	158,981	1,687,027	1,694,505	1,794,359	11.33	11.46	11.29
Brazil	53,860	56,729	60,008	691,606	717,464	734,006	12.84	12.65	12.23
India	27,596	26,091	30,902	285,029	292,302	342,382	10.33	11.20	11.08
China	10,672	10,599	10,817	116,251	111,501	115,124	10.89	10.52	10.64
Thailand	6,023	6,310	7,870	66,816	68,808	95,950	11.09	10.90	12.19
Pakistan	6,434	5,893	6,173	50,045	49,373	55,309	7.78	8.38	8.96
Mexico	4,441	4,400	4,461	49,493	50,422	49,735	11.15	11.46	11.15
Philippines	2,525	2,218	2,748	32,500	34,000	34,000	12.87	15.33	12.37
USA	2,210	2,219	2,207	27,608	24,821	26,656	12.49	11.19	12.08
Australia	2,446	2,531	1,926	30,284	31,457	25,182	12.38	12.43	13.08
Argentina	21,056	2,188	2,188	25,580	25,000	25,000	11.87	11.43	11.43
Others	30,506	28,725	29,681	20,221	289,357	291,015	10.22	10.07	9.81

พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย [4]

พื้นที่การเพาะปลูกอ้อยของประเทศไทยมีทั้งหมด 9,487,320 ไร่ ได้ผลผลิตอ้อยทั้งหมด 107,442,468 ตัน เฉลี่ยประมาณ11.32 ตัน/ไร่ ซึ่งแบ่งพื้นที่ปลูกตามภูมิภาคได้ดังนี้ภาคเหนือ 10 จังหวัด มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 2,164,085 ไร่ ภาคกลาง 12 จังหวัด มีพื้นที่ 2,903,408 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด มีพื้นที่ 3,936,371 ไร่ ภาคตะวันออก 6 จังหวัด มีพื้นที่ 483,456 ไร่ ซึ่งในประเทศไทย พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง ทั้งนี้สภาพการเพาะปลูกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และปริมาณน้ำซึ่งมีพื้นที่แบ่งตามจังหวัดต่างๆ ดังตาราง 4 - 9

ตาราง 4 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (รายภูมิภาค) ของประเทศไทย

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

ตาราง 5 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคเหนือ)

ภาคเหนือ (จังหวัด)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
ลำปาง	28,763	284,467	9.89
แพร่	2,650	26,735	10.09
อุตรดิตถ์	89,777	1,052,182	11.72
สุโขทัย	226,692	2,618,293	11.55
ตาก	7,125	76,025	10.67
กำแพงเพชร	598,707	6,933,027	11.58
นครสวรรค์	679,877	7,852,579	11.55
พิษณุโลก	115,038	1,332,137	11.58
พิจิตร	62,927	733,105	11.65
เพชรบูรณ์	352,529	4,135,165	11.73
รวม	2,164,085	25,043,715	11.57

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตาราง 6 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคกลาง)

ภาคกลาง (จังหวัด)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
อุทัยธานี	302,193	3,454,065	11.43
ชัยนาท	145,737	1,693,462	11.62
สิงห์บุรี	80,840	978,976	12.11
ลพบุรี	636,523	7,555,530	11.87
สระบุรี	129,667	1,515,806	11.69
อ่างทอง	19,158	232,191	12.12
สุพรรณบุรี	578,644	6,718,061	11.61
กาญจนบุรี	678,556	7,749,115	11.42
นครปฐม	83,248	953,184	11.45
ราชบุรี	163,458	1,794,765	10.98
เพชรบุรี	33,144	377,180	11.38
ประจวบฯ	52,240	585,614	11.21
รวม	2,903,408	33,607,949	11.58

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตาราง 7 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัด)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
เลย	144,342	1,638,286	11.35
หนองบัวลำภู	166,457	1,895,941	11.39
อุดรธานี	612,521	6,725,475	10.98
หนองคาย	9,799	112,390	11.47
บึงกาฬ	2,852	32,508	11.40
สกลนคร	65,808	725,207	11.02
นครพนม	7,235	80,665	11.15
ชัยภูมิ	527,261	6,037,141	11.45
ขอนแก่น	578,631	6,521,166	11.27

ตาราง 7 (ต่อ)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัด)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
มหาสารคาม	146,820	1,578,318	10.75
ร้อยเอ็ด	89,564	969,086	10.82
กาฬสินธุ์	312,928	3,426,563	10.95
มุกดาหาร	149,883	1,680,192	11.21
อำนาจเจริญ	30,767	335,054	10.89
ยโสธร	29,296	315,811	10.78
นครราชสีมา	640,508	6,968,731	10.88
บุรีรัมย์	188,946	2,095,410	11.09
สุรินทร์	200,172	2,173,868	10.86
ศรีสะเกษ	18,921	195,078	10.31
อุบลราชธานี	13,660	140,976	10.32
รวม	3,936,371	43,647,866	11.09

ตาราง 8 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2555/2556 (ภาคตะวันออก)

ภาคตะวันออก (จังหวัด)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
ปราจีนบุรี	20,586	219,245	10.65
สระแก้ว	252,022	2,739,475	10.87
ฉะเชิงเทรา	55,072	592,020	10.75
ชลบุรี	134,199	1,379,567	10.28
ระยอง	6,692	65,714	9.82
จันทบุรี	14,885	146,917	9.87
รวม	483,456	5,142,938	10.64

ตาราง 9 รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายปีการผลิต 2555/2556 [5]

ภาค	ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)			ปริมาณน้ำตาลทราย (ตัน)	น้ำตาลทรายต่อตันอ้อย (กก.)
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้	รวม		
เหนือ	7,036,524.80	17,561,645.33	24,598,170.13	2,351,246.39	95.59
กลาง	9,309,499.32	21,189,075.51	30,498,574.83	2,929,052.15	96.04
ตะวันออกเฉียงเหนือ	16,908,815.17	23,310,981.41	40,219,796.580	4,314,941.77	107.28
ตะวันออก	954,806.37	3,731,166.95	4,685,973.32	432,520.89	92.30
รวมทั้งประเทศ	34,209,645.66	65,792,869.20	100,002,514.86	10,027,761.21	100.28

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้กำหนดราคาอ้อยขั้นต้นปีการผลิต 2555/2556 ตันละ 950 บาท ที่ 10 C.C.S บวกเงินช่วยเหลือค่าอ้อยขั้นต้น 160 บาท/ตัน ให้แก่ชาวไร่อ้อยในฤดูการผลิต ปี 2555/56 รวมเป็น 1,110 บาท สูงกว่าราคาอ้อยขั้นสุดท้ายปี 2554/2555 ที่ราคาตันละ 1,074.54 บาท ที่ 10 C.C.S และผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทราย ขั้นต้นฤดูการผลิต ปี 2555/2556 ราคาตันละ 407.14 บาท ต่อตัน อ้อยส่วนผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทรายขั้นสุดท้ายปี 2554/2555 ที่ตันละ 460.52 บาท ต่อตัน อ้อยเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการเพาะปลูกอ้อยฤดูการผลิต 2555/2556 เพิ่มขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา(ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย)

โรงงานน้ำตาลประเทศไทย [6]

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 47 โรงงาน ซึ่งตั้งอยู่ตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ แบ่งเป็น ภาคเหนือ 9 โรงงาน ภาคกลาง 17 โรงงาน ภาคตะวันออก 5 โรงงาน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 16 โรงงาน ดังตาราง 10

ตาราง 10 โรงงานน้ำตาลตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

โรงงาน	จังหวัด	กำลังการผลิตที่ได้รับอนุญาต (ตันอ้อย/วัน)
ภาคเหนือ		
โรงงานน้ำตาลเชียงใหม่	เชียงใหม่	1,538
โรงงานน้ำตาลแม่วัง	ลำปาง	2,936
โรงงานน้ำตาลอุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์	1,736
โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์	อุตรดิตถ์	18,000
โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	พิษณุโลก	11,994
โรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	8,000
โรงงานน้ำตาลนครเพชร	กำแพงเพชร	24,000
โรงงานน้ำตาลรวมผลอุตสาหกรรมนครสวรรค์	นครสวรรค์	8,800
โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย	นครสวรรค์	40,000
โรงงานน้ำตาลไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม	เพชรบูรณ์	24,000
ภาคกลาง		
โรงงานน้ำตาลปราณบุรี	ปราณบุรี	7,000
โรงงานน้ำตาลราชบุรี	ราชบุรี	12,000
โรงงานน้ำตาลบ้านโป่ง	ราชบุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลมิตรเกษตร	กาญจนบุรี	11,890
โรงงานน้ำตาลไทยกาญจนบุรี	กาญจนบุรี	11,764
โรงงานน้ำตาลนิวกรุงไทย	กาญจนบุรี	8,385

ตาราง 10 (ต่อ)

โรงงาน	จังหวัด	กำลังการผลิตที่ได้รับอนุญาต (ตันอ้อย/วัน)
ภาคกลาง (ต่อ)		
โรงงานน้ำตาลท่ามะกา	กาญจนบุรี	18,038
โรงงานน้ำตาลประจวบอุตสาหกรรม	กาญจนบุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม	กาญจนบุรี	9,635
โรงงานน้ำตาลวังขนาย	กาญจนบุรี	15,453
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี	4,228
โรงงานน้ำตาลมิตรผล	สุพรรณบุรี	21,511
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมอู่ทอง	สุพรรณบุรี	17,731
โรงงานน้ำตาลสิงห์บุรี	สิงห์บุรี	9,131
โรงงานน้ำตาลสระบุรี	สระบุรี	22,970
โรงงานน้ำตาล ที.เอ็น.	ลพบุรี	18,000
ภาคตะวันออก		
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลชลบุรี	ชลบุรี	6,838
โรงงานน้ำตาลนิวกว้างสุ้นหลี	ชลบุรี	6,479
โรงงานน้ำตาลสหการน้ำตาลชลบุรี	ชลบุรี	4,051
โรงงานน้ำตาลตะวันออก	สระแก้ว	17,978
โรงงานน้ำตาลระยอง	ระยอง	2,560
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		
โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	บุรีรัมย์	12,000
โรงงานน้ำตาลสหเรือง	มุกดาหาร	6,000
โรงงานน้ำตาลเกษตรผล	อุดรธานี	10,211
โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	อุดรธานี	12,000
โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	อุดรธานี	20,582
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	กาฬสินธุ์	6,000

ตาราง 10 (ต่อ)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ต่อ)		
โรงงาน	จังหวัด	กำลังการผลิตที่ได้รับอนุญาต (ตันอ้อย/วัน)
โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์	18,000
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	ขอนแก่น	20,400
โรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง	ขอนแก่น	15,162
โรงงานน้ำตาลรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม	ชัยภูมิ	18,000
โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมโคราช	นครราชสีมา	24,000
โรงงานน้ำตาลราชสีมา	นครราชสีมา	36,000
โรงงานน้ำตาล เอ็น.วาย.ซูการ์	นครราชสีมา	13,690

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

การปลูกอ้อย [7]

อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน เช่น สภาพน้ำท่วมหรือแห้งแล้ง เป็นต้น การปลูกอ้อยเพียงเพื่อให้ขึ้นนั้นทำได้ไม่ยากนัก แต่การปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีด้วยทำได้ค่อนข้างยาก ผู้ปลูกจะต้องมีทั้งความรู้และเงินทุนอย่างพอเพียง

ฤดูของการปลูกอ้อย

การเลือกเวลาปลูกที่เหมาะสมนับว่ามีความสำคัญมาก เพราะเวลาปลูกมีอิทธิพลถึงการเตรียมดิน การดูแลรักษา การเจริญเติบโตและผลผลิต การปลูกอ้อยในประเทศไทยส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน ซึ่งแบ่งการปลูกอ้อยออกเป็น 2 พวก คือ

1. **ปลูกต้นฝน** ปลูกประมาณเดือนพฤษภาคม- กรกฎาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเริ่มต้นของฤดูฝนชาวไร่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางส่วนมากนิยมปลูกในช่วงเวลานี้ การปลูกต้นฝนมักประสบกับปัญหาวัชพืช ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ในแง่ของการใช้น้ำ การปลูกต้นฝนไม่สามารถใช้น้ำฝนได้อย่างเต็มที่ เพราะในระยะ 1-3 เดือนแรก ซึ่งอ้อยยังเล็กอยู่นั้นต้องการน้ำน้อยฝนที่ตกลงมาส่วนมากเกินความต้องการของอ้อย จึงสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ พอถึงระยะที่อ้อยต้องการน้ำมาก คือ เมื่ออายุ 4-8 เดือน ก็ใกล้เวลาที่ฝนจะหมดแล้ว ทำให้มีเวลา

ในการใช้น้ำสั้นมีการเจริญเติบโตน้อย และให้ผลผลิตต่ำเพราะน้ำไม่พอ นอกจากนี้การปลูกต้นฝนไม่สามารถตัดได้ตอนต้นฤดูหีบเพราะอ้อยยังไม่แก่ จึงต้องตัดตอนปลายฤดูหีบ

2. **ปลูกปลายฝน** ปลูกประมาณเดือนธันวาคม- กุมภาพันธุ์ ชาวไร่ในภาคตะวันออก คือ ชลบุรีและระยอง ได้ทำการปลูกกันมานานแล้ว ส่วนชาวไร่ ในภาคอื่นๆ โดยเฉพาะภาคกลางกำลังให้ความสนใจเพิ่มขึ้นโดยลำดับ การปลูกปลายฝนมีข้อดี คือลดปัญหาวัชพืช อ้อยได้ใช้น้ำฝนเต็มที่และมีเวลาในการเจริญเติบโตนานกว่า จึงให้ผลผลิตสูงกว่านอกจากนั้น ยังสามารถตัดอ้อยได้ตั้งแต่ต้นฤดูหีบอีกด้วย ข้อสำคัญในการปลูกปลายฝนนั้นจะต้องมีการเตรียมดินให้ดีกว่าการปลูกต้นฝน

การเตรียมพื้นที่และการเตรียมดิน

1. **การเตรียมพื้นที่** หมายถึงการทำให้พื้นที่อยู่ในสภาพที่จะใช้เครื่องมือทำไร่อ้อยได้สะดวกพื้นที่ดังกล่าวอาจเป็นพื้นที่ป่า ที่รกร้างว่างเปล่า ที่เคยปลูกพืชอื่นมาก่อน หรือพื้นที่ซึ่งปลูกอ้อยอยู่แล้ว วิธีการเตรียม เครื่องมือ แรงงาน และทุนตอนที่ต้องการใช้แตกต่างกันไปตามสภาพ

2. **การปรับปรุงสมบัติของดิน** ดินที่ปลูกอ้อยหรือพืชอื่นนอกจากพืชตระกูลถั่วติดต่อกันมาเป็นเวลานาน มักจะมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลงและสภาพทางกายภาพของดินเลวลงด้วย ทำให้ผลผลิตพืชที่ปลูกต่ำลง วิธีที่จะปรับปรุงให้ดินดีขึ้นกระทำได้ด้วยการใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะพวกปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ หรือโดยวิธีปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งได้แก่ กากตะกอนน้ำตาล (filter-cake) และชานอ้อย (bagasse) เมื่อใส่สารอินทรียวัตถุเหล่านี้ลงดินจะช่วยทำให้ดินนั้นมีสมบัติทางเคมี ทางกายภาพและทางชีวภาพดีขึ้น เป็นผลให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จึงจำเป็นอย่างมาก

3. **การเตรียมดิน** เนื่องจากอ้อยเป็นพืชอายุยืนและมีรากหยั่งลึกมาก และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถไว้ตอหรือเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งตลอดจนความยาวนานของการไว้ตอ นอกจากจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพลมฟ้าอากาศแล้ว การเตรียมดินนับว่ามีบทบาทสำคัญมากชาวไร่ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษ

4. **การไถ** สำหรับการเตรียมพื้นที่ ซึ่งปลูกอ้อยอยู่แล้ว และต้องการรื้อตอเก่าเพื่อปลูกใหม่ก็เริ่มต้นด้วยการเผาเศษที่เหลืออยู่บนดินโดยเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว เพราะขณะนั้นดินยังมีความชื้นพอที่จะปฏิบัติไถพรวนได้สะดวก ก่อนใช้ไถบุกเบิกรื้อตอเก่า ควรใช้เครื่องไถระเบิดดินดาน (subsoiler) หรือไถสิ่ว (ripper) ไถแบบตาหมากรุกเพื่อให้ดินชั้นล่างแยกออกเสียก่อน ซึ่งนอกจากจะช่วยให้ดินนั้นเก็บน้ำไว้มากขึ้นภายหลังฝนตกและดินระบายน้ำได้ดีแล้ว ยังทำให้รากสามารถหยั่งลึกได้มากขึ้นอีก ขณะเดียวกัน ถ้าพื้นดินอยู่ในสภาพที่ขาดน้ำก็จะเป็น ทางให้อ้อยใช้น้ำใต้ดินได้อีกด้วย

เมื่อไถระเบิดดินชั้นล่างแล้วก็ตามด้วยไถจาน 3 อีก 3-4 ครั้ง คือ ไถดะ 1 ครั้ง แล้วไถแปรอีก 1-2 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและฤดูกาลที่ปลูก สำหรับการปลูกต้นฝน อาจไม่จำเป็นต้องเตรียมดินให้ละเอียดมากนัก แต่ถ้าเป็นการปลูกปลายฝนการเตรียมดินให้ละเอียดเป็นสิ่งจำเป็น การไถควรไถให้ลึกมากๆ เพื่อให้สามารถเปิดร่องได้ลึกและปลูกได้ลึกด้วย ดังภาพ 2

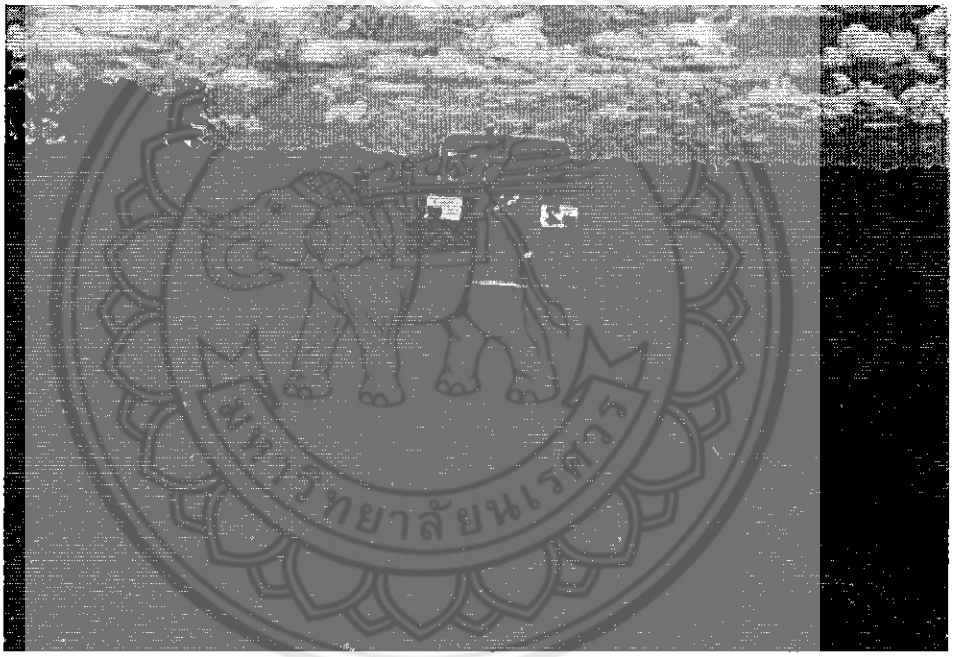
ภาพ 2 การไถ

ข้อที่ต้องระวังในการเตรียมดินก็คือ ไถในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ วิธีง่ายที่สุดที่จะทราบว่าดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะหรือไม่ก็คือเอาดินในชั้นที่จะมีการไถใส่ฝ่ามือ แล้วกำพอแน่นแบมือออก ถ้าดินมีความชื้นพอเหมาะ จะจับกันเป็นก้อนในลักษณะพร้อมที่จะแตกออกเมื่อมีอะไรมากระทบ ดินที่มีความชื้นน้อยเกินไปก็จะแข็งมากไถลำบาก ถ้าดินมีความชื้นมากเกินไปก็จะจับกันเป็นก้อน นอกจากนี้ถ้าเป็นพื้นที่ลาดเอียง การปฏิบัติต่างๆ ในการเตรียมดินต้องกระทำในทิศทางตั้งฉากกับความลาดเอียงเสมอ ทั้งนี้เพื่อช่วยลดการกร่อนของดินเนื่องจากน้ำ

5. **การปรับระดับ** เมื่อไถเสร็จแล้วควรปรับระดับพื้นที่ให้ราบเรียบพอสมควร และให้มีความลาดเอียงเล็กน้อยทางใดทางหนึ่งที่จะสะดวกต่อการให้น้ำและระบายน้ำ ในกรณีที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนการปรับระดับจะทำให้น้ำไหลช้าลงช่วยลดการชะกร่อนได้อีกทางหนึ่งด้วยในที่บางแห่งซึ่งมีความลาดเอียงค่อนข้างมากอาจต้องทำคันดินกั้นน้ำเป็นตอนๆ ตัดขวางทางลาดเอียง พร้อมทั้ง

มีร่องระบายน้ำด้วย ทั้งคันดินและร่องน้ำควรให้มีความลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อให้น้ำไหลช้าลง บริเวณที่ลาดเอียงมากไม่ควรใช้ปลูกอ้อย

6. **การยกร่อง** การยกร่องหรือการเปิดร่องสำหรับปลูกอ้อยเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากจะสะดวกแก่การปฏิบัติต่างๆ เช่น การปลูก การให้น้ำ และการระบายน้ำแล้ว ยังทำให้ปลูกได้ลึกอีกด้วย การปลูกลึกช่วยให้อ้อยไม่ล้มง่าย ทนแล้งได้ดี และสามารถไว้ตอได้นานกว่าการปลูกตื้น เครื่องยกร่องอาจเป็นผานหัวหมู หรือหางยกร่องซึ่งใช้สำหรับยกร่องโดยเฉพาะ แนวร่องที่ยกควรให้ตัดกับความลาดเอียงของพื้นที่ ระยะระหว่างร่องประมาณ 90-140 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้และวัตถุประสงค์ในการปลูก ดังภาพ 3



ภาพ 3 การชักร่องอ้อย

การเตรียมอ้อยพันธุ์และเตรียมท่อนพันธุ์

การเตรียมอ้อยพันธุ์

การเตรียมพันธุ์อ้อยไว้สำหรับปลูกเอง นับว่ามีความจำเป็นสำหรับชาวไร่ ทั้งนี้เพราะนอกจากจะได้พันธุ์ที่ดีตามเวลาที่ต้องการแล้ว ยังได้อ้อยที่มีความสมบูรณ์ ในขณะเดียวกันช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย วิธีการก็คือเมื่อต้องการจะปลูกอ้อยพันธุ์ใด ก็หาพันธุ์มาปลูกไว้ล่วงหน้าประมาณ 6-7 เดือน เพื่อให้อ้อยเติบโตหรือโตเต็มที่ก่อนตัด 2-3 สัปดาห์ควรลอกกาบออกเพื่อให้

ตาแข็งแรง อ้อยที่ปลูกไว้ทำพันธุ์ในเนื้อที่ 1 ไร่จะใช้ปลูกได้ 10-20 ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะปลูกและอัตราปลูก จะพิจารณาถึงลักษณะอ้อยที่เหมาะสำหรับใช้ทำพันธุ์ ได้ดังนี้

1. ต้องเป็นอ้อยปลูกที่ได้รับน้ำและปุ๋ยอย่างเพียงพอ มีการเจริญเติบโตดีปราศจากโรคและแมลงรบกวน ไม่ควรใช้อ้อยตอทำพันธุ์

2. ต้องไม่แก่หรืออ่อนเกินไป อายุที่เหมาะสมคือ 5-8 เดือน อ้อยที่อ่อนเกินไปมักจะแห้งง่ายและมีความงอกต่ำ โดยเฉพาะถ้าปลูกในฤดูแล้ง และดินมีความชื้นไม่พอ อ้อยที่แก่เกินไปก็มีความงอกต่ำเช่นเดียวกัน

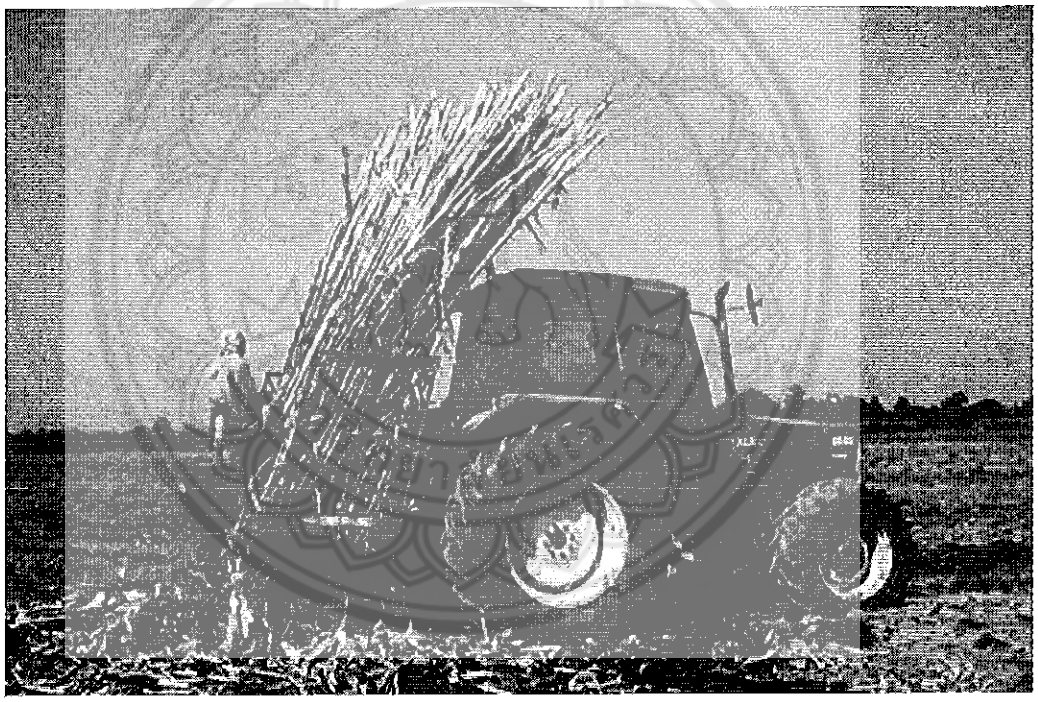
3. ลำต้นควรเป็นขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ อ้อยที่ลำเล็กเกินไปจะให้ต้นอ่อนที่ไม่ค่อยแข็งแรง ตั้งตัวได้ช้าการใช้ส่วนยอดของลำต้นที่ตัดเข้าหีบทำพันธุ์นั้นได้ผลน้อยกว่าอ้อยที่ปลูกไว้ทำพันธุ์โดยเฉพาะและมักจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับเวลาตัดและเวลาปลูกไม่สัมพันธ์กัน

นอกจากนี้การปลูกอ้อยที่ได้ผลดีควรจะปลูกอ้อยหลายๆ พันธุ์ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในเวลาต่างๆ กัน คือ มีทั้งพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวต้นฤดู กลางฤดู และปลายฤดูหีบ ทั้งนี้เพื่อจะได้อ้อยที่มีคุณภาพดีส่งโรงงานตลอดฤดูหีบ การปลูกอ้อยเพียง 1-2 พันธุ์ในพื้นที่จำนวนมากๆ อาจมีปัญหาเรื่องคุณภาพในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ยาวนานนับเป็นเดือน ท่อนพันธุ์ที่ดีจำเป็นสำหรับการงอกที่ดีและการเจริญเติบโตที่ดีด้วย ท่อนพันธุ์ที่ดีต้องมีตาที่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้อย่างน้อยท่อนละหนึ่งตา โดยทั่วไปชาวไร่ใช้ท่อนพันธุ์ที่มี 2 ตาปลูก แต่ถ้าใช้ท่อนที่มี 3 ตาจะให้ผลดีกว่าทั้งในด้านความงอก และการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในระยะแรก ชาวไร่โดยทั่วไปมักจะขาดความระมัดระวังเรื่องท่อนพันธุ์ ทำให้ความงอกต่ำ จึงต้องมีการชดเชยโดยใช้ท่อนพันธุ์เกินความจำเป็นทำให้ต้องเสียค่าใช้เพิ่มขึ้นโดยใช่เหตุการณ์เตรียมท่อนพันธุ์ที่ดีกระทำได้ดังนี้

1. ตัดท่อนพันธุ์ให้มี 3 ตา ตัดกึ่งกลางปล้อง
2. ระวังอย่าให้ตาถูกกระทบกระเทือน มิฉะนั้นอาจไม่งอก
3. แช่ท่อนพันธุ์ด้วยยาฆ่าเชื้อราทันที ภายหลังตัดเป็นท่อน
4. ถ้าสงสัยว่าจะมีโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสต้องแช่น้ำร้อน 50-52 องศาเซลเซียส
5. ถ้าต้องขนส่งพันธุ์อ้อย ควรขนส่งทั้งโดยไม่ลอกกาบ
6. ไม่ควรลอกกาบท่อนพันธุ์ เพราะจะทำให้ตาอ้อยขาดเครื่องป้องกัน ซึ่งอาจทำให้มีความงอกน้อย
7. ถ้าต้องเก็บท่อนพันธุ์ที่ได้สับเป็นท่อนแล้วไว้หลายวัน ควรกองไว้ในร่ม คลุมด้วยหญ้าแห้งฟาง หรือใบอ้อยแห้งรดน้ำให้ชุ่มนอกจากปลูกด้วยท่อนพันธุ์แล้ว อาจใช้ชิ้นตาซึ่งเป็นส่วนของข้อที่มีตาและปุ่มรากปลูกโดยตรงในไร่ หรือชำให้งอกแล้วย้ายปลูกก็ได้

วิธีปลูกอ้อย

ปลูกด้วยเครื่องปลูกเป็นเครื่องมือที่ติดกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่างไปพร้อมๆ กัน นับตั้งแต่การเปิดร่อง ตัดลำต้นอ้อยออกเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร วางท่อนพันธุ์ในร่อง ใส่ปุ๋ยและกลบท่อนพันธุ์ การปลูกด้วยเครื่องต้องใช้แรงงาน 3 คน คนหนึ่งทำหน้าที่ขับ และควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ส่วนอีกสองคนทำหน้าที่ป้อนอ้อยทั้งลำ การปลูกด้วยเครื่องไม่ต้องมีการเปิดร่องหรือยกร่องไว้ก่อนเพียงแต่ไถให้ดินร่วนซุยดีเท่านั้น ชาวไร่รายใหญ่นิยมใช้เครื่องปลูกเพราะทุ่นค่าใช้จ่าย และมีความงอกสม่ำเสมอดี เพราะความชื้นในดินสูญเสียไปน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงคนซึ่งต้องยกร่องไว้ล่วงหน้า วันหนึ่งปลูกได้ประมาณ 15-20 ไร่ ดังภาพ 4



ภาพ 4 การปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อย

ปลูกด้วยแรงคน ในทางทฤษฎีแนะนำให้เปิดร่องแล้วปลูกทันที แต่ในทางปฏิบัติชาวไร่มักจะเตรียมดินแล้วยกร่องคอยฝน เมื่อฝนตกมากพอก็จะรอจนดินหมาด แล้วจึงลงมือปลูก ก่อนปลูกควรใส่ปุ๋ยรองพื้นแล้วกลบปุ๋ยก่อนวางท่อนพันธุ์ การปลูกก็ใช้วิธีวางท่อนพันธุ์ให้ราบกับพื้นร่อง แล้วกลบดินให้หนาประมาณ 5-15 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูปลูก ถ้าปลูกหน้าฝนกลบบางหน้าแล้งกลบหนา ขณะปลูกต้องมีการคัดเลือกท่อนพันธุ์ไปด้วยควรปลูกเฉพาะท่อนพันธุ์ที่มีตา

สมบูรณ์เท่านั้น ระยะปลูกแตกต่างกันไปตามสถานที่ โดยทั่วไปใช้ระยะระหว่างแถวตั้งแต่ 90-140 เซนติเมตร ส่วนระยะระหว่างท่อนห่างกัน 30-50 เซนติเมตรวัดจากกึ่งกลางท่อนหนึ่งถึงกึ่งกลางของอีกท่อนหนึ่งเนื่องจากชาวไร่ขาดความระมัดระวังเกี่ยวกับท่อนพันธุ์ ทำให้ความงอกต่ำจึงต้องใช้ท่อนพันธุ์มากขึ้น เช่น ปลูกโดยวางท่อนพันธุ์เป็นคู่ติดต่อกันไป หากชาวไร่ใช้ท่อนพันธุ์ 3 ตา และมีการระวังในการเตรียมท่อนพันธุ์แล้วจะใช้ท่อนพันธุ์ประมาณ 2000-4000ท่อนต่อไร่เท่านั้น แทนที่จะใช้ 6000-8000 ท่อนต่อไร่ อย่างเช่นที่ปฏิบัติกัน ดังภาพ 5

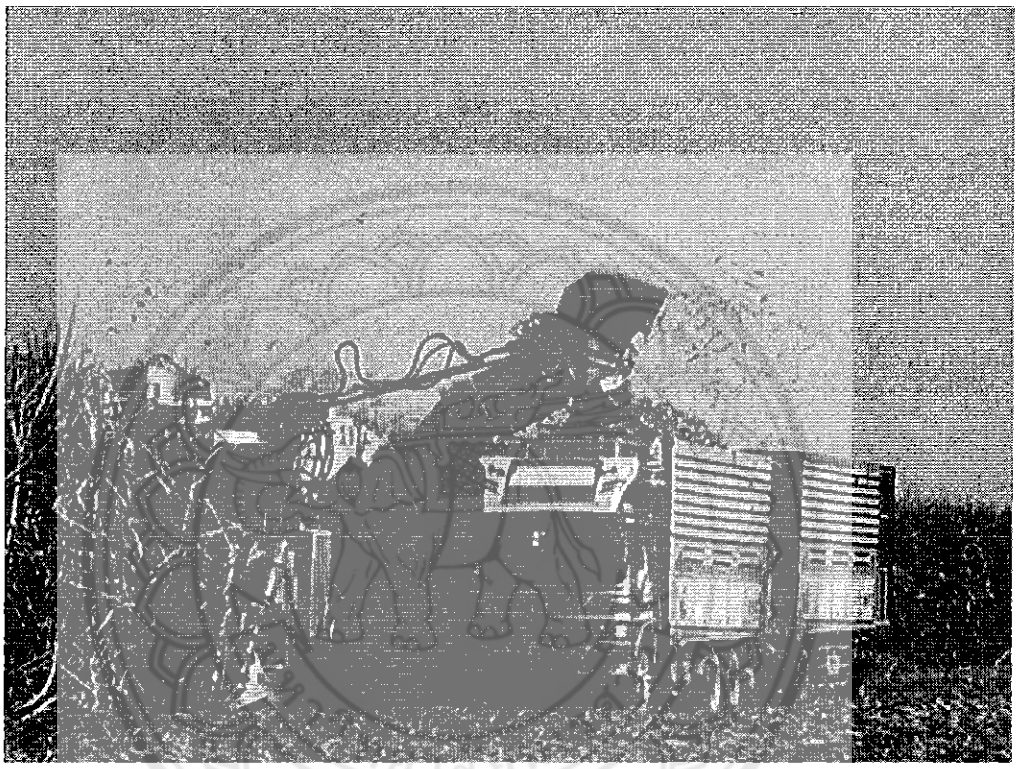
ภาพ 5 การปลูกอ้อยด้วยแรงงานคน

นอกจากนี้ ก็มีชาวไร่บางรายที่นิยมปลูกโดยวางอ้อยทั้งลำลงในร่อง โดยมิได้สับให้ขาดจากกันเป็นท่อนๆ วิธีนี้ไม่ถูกต้องเพราะอ้อยจะงอกเฉพาะ ปลายกับโคนเท่านั้น วิธีที่ถูกคือ เมื่อวางอ้อยทั้งลำแล้วใช้มีดสับให้ขาดเป็นท่อนๆ ละ 2-3 ตา วิธีนี้จะช่วยประหยัดแรงงานได้มาก แต่อ้อยที่ใช้ทำพันธุ์ ต้องมีอายุระหว่าง 5-8 เดือนจึงจะได้ผลดี

ในกรณีที่ดินแฉะหรือมีน้ำขังเล็กน้อย ควรปลูกโดยวิธีปักท่อนพันธุ์ให้เอียงประมาณ 45 องศากับแนวดิ่ง และควรฝังให้ลึกประมาณสองในสามของความยาวท่อนพันธุ์

วิธีการตัดอ้อย

การใช้รถตัดอ้อยต้องใช้งานร่วมกับรถบรรทุก ซึ่งรถตัดอ้อยจะตัดอ้อยและรถบรรทุกอ้อยวิ่งขนานกับรถตัดอ้อย เพื่อรองรับอ้อยที่ตัดได้ รถตัดอ้อยจะต้องมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีเมื่อมีการเตรียมแปลงอ้อยสำหรับรถตัด และมีจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสม ดังภาพ 6



ภาพ 6 การตัดอ้อยด้วยรถตัดอ้อย

ความสามารถในการทำงาน

ตัดอ้อยประมาณ 100 – 300 ตันต่อวัน ซึ่งการตัดอ้อยจะมีลักษณะเป็นท่อนๆ ดังภาพ 7

อัตราสิ้นเปลืองใช้น้ำมัน 1.5 – 2 ลิตรต่อไร่ พื้นที่ตัดอ้อย 10 ตันต่อไร่ เท่ากับ แรงงาน 1 – 2 คน

ภาพ 7 อ้อยที่ตัดจากรถตัดอ้อย

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ [8]

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการใช้เครื่องจักรหนักหลากหลาย และมีการบริโภคพลังงานและสาธารณูปโภคสูงด้วย ดังนั้น ในการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายจึงจำเป็นต้องที่การพิจารณากระบวนการย่อยในทุกส่วนของกระบวนการผลิต ดังนี้

กระบวนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction) ทำการสกัดน้ำอ้อยโดยผ่านอ้อยเข้าไปในชุดลูกหีบ (4-5 ชุด) และกากอ้อยที่ผ่านการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในเตาหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำมาใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำตาลทราย

การทำความสะอาดหรือทำใสน้ำอ้อย (Juice Purification) น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำใสเนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆจึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกลเช่นผ่านเครื่องกรองต่างๆ และวิธีทางเคมีเช่นโดยให้ความร้อนและผสมปูนขาว

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

การเคี่ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มจะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัวที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมาโดยที่ผลึกน้ำตาลและกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี่ยวนี้รวมเรียกว่าแมสิควิท (Messecuite)

การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling) แมสิควิทที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลดิบ ดังภาพ 8

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์

น้ำตาลทรายดิบถูกนำไปละลายน้ำแล้วถูกผ่านเข้า 5 ขั้นตอนการผลิต ดังนี้

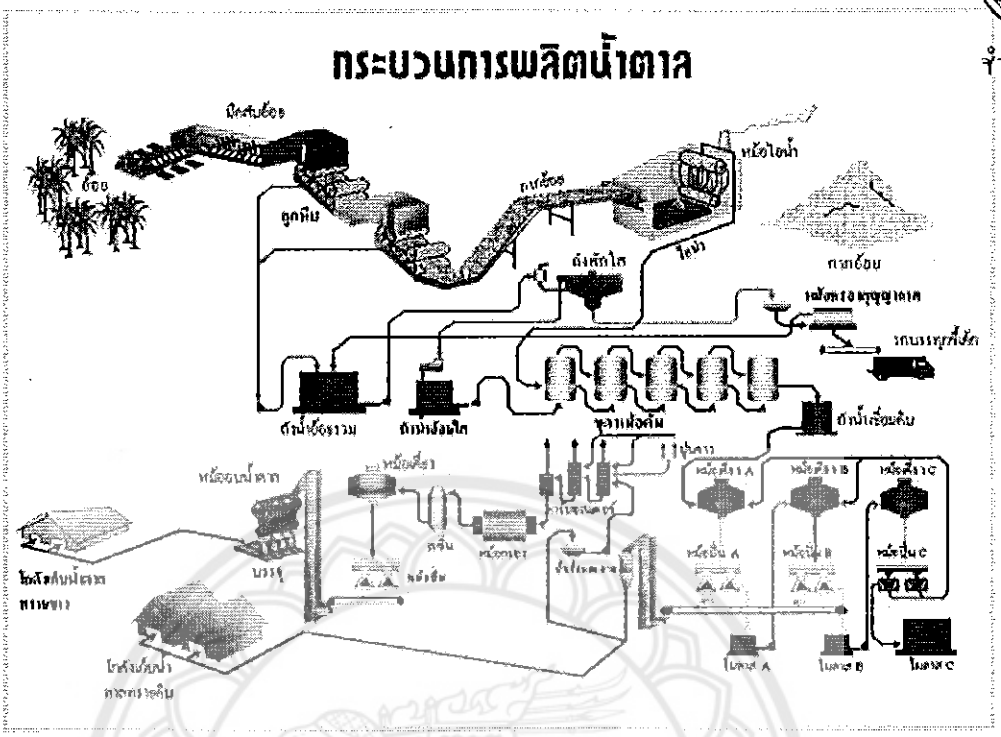
การปั่นละลาย (Affinated Centrifugaling) นำน้ำตาลดิบมาผสมกับน้ำร้อน หรือน้ำเหลืองจากการปั่นละลาย (Green Molasses) น้ำตาลดิบที่ผสมนี้เรียกว่า แมกม่า (Magma) และแมกม่านี้จะถูกนำไปปั่นละลายเพื่อล้างคราบน้ำเหลือง หรือกากน้ำตาลออก

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

การอบ (Drying) ผลึกน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาวที่ได้จากการปั่นก็จะเข้าหม้ออบ (Dryer) เพื่อไล่ความชื้นออกแล้วบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่าย

กากอ้อย (Bagasses) เป็นส่วนของชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายโดยปัจจุบันบริษัทฯใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลนอกจากนี้กากอ้อยยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษและเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์

i 6824663
31 ส.ค. 2558
สำนักหอสมุด

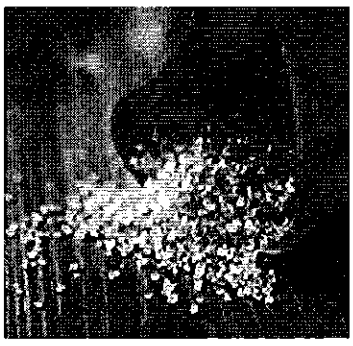


ภาพ 8 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาล [8]

ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย

น้ำตาลทรายดิบ [9]

น้ำตาลทรายดิบ คือน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการผลิตขั้นต้น โดยกระบวนการเคี่ยวและตกผลึกน้ำตาลโดยมีค่าสีสูงกว่า 1000 IACUMSA ซึ่งน้ำตาลที่ได้ถือเป็นต้นกำเนิดน้ำตาลดังภาพ 9 เมื่อนำไปผ่านกระบวนการรีไฟน์ จะได้น้ำตาลทรายขาวน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์พิเศษต่อไป



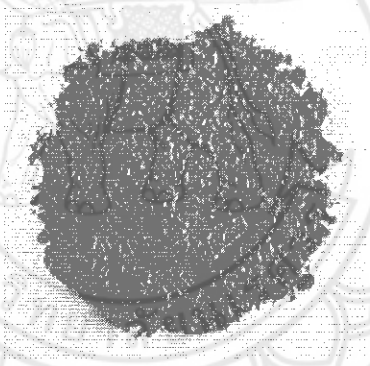
ภาพ 9 น้ำตาลทรายดิบ

น้ำตาลทรายสีรำ

น้ำตาลทรายสีรำ คือน้ำตาลจากอ้อยเกรดคุณภาพดีที่นำผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แต่ไม่ได้ผ่านกระบวนการลดสีเพื่อให้คงสีทองธรรมชาติหรือค่าสีไม่เกิน 1000 ICUMSA และยังคงความหอมหวานตามธรรมชาติ ดังภาพ 10 ใช้ใส่ในเครื่องดื่ม ร้อน-เย็น เพื่อเพิ่มรสหวานหอมกลมกล่อม หรือใช้ในการปรุงอาหารทำขนมต่างๆ ได้สมบัติของน้ำตาลทรายสีรำดังตาราง 11

ตาราง 11 สมบัติน้ำตาลทรายสีรำ

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (z)	**ความชื้น (%)**
น้ำตาลทรายขาวสีรำ	ไม่เกิน 1000	ไม่น้อยกว่า 99.20	ไม่เกิน 0.10



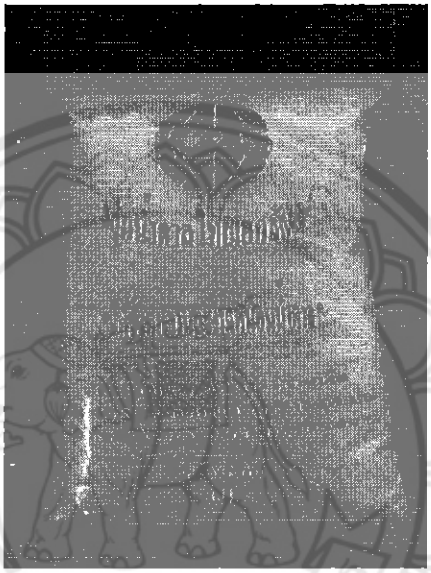
ภาพ 10 น้ำตาลทรายสีรำ

น้ำตาลทรายขาวธรรมดา [10]

น้ำตาลทรายขาวธรรมเป็นน้ำตาลจากอ้อยคุณภาพผ่านกระบวนการที่ทันสมัยปราศจากสารฟอกขาวขจัดสิ่งปนเปื้อนการขจัดค่าสีด้วยวิธีการกรองและตกตะกอนจนได้น้ำตาลคุณภาพและได้มาตรฐานน้ำตาลทรายขาวธรรมดาจะเป็นน้ำตาลที่มีค่าสีไม่เกิน100 ICUMSA ซึ่งสามารถใช้บริโภคได้ทั่วไป ดังภาพ 11 เช่นเดียวกันกับน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์และนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตของภาคอุตสาหกรรมอาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบเช่น กลุ่มเครื่องดื่ม เครื่องดื่มชูกำลัง นมข้นหวาน นมเปรี้ยว เป็นต้น สมบัติของน้ำตาลทรายขาวธรรมดา ดังตาราง 12

ตาราง 12 สมบัติน้ำตาลทรายขาวธรรมดา

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (z)	ความชื้น (%)
น้ำตาลทรายขาวธรรมดา	ไม่เกิน 100	ไม่น้อยกว่า 99.70	ไม่เกิน 0.04



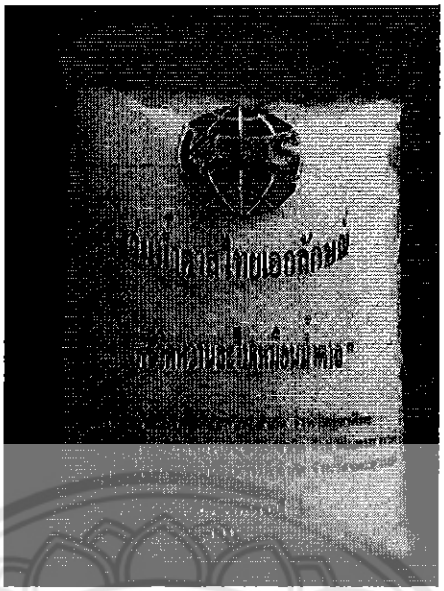
ภาพ 11 น้ำตาลทรายขาวธรรมดา

น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ [11]

น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์เป็นน้ำตาลคุณภาพสูงที่ผ่านกระบวนการที่ทันสมัยปราศจากสารฟอกขาวเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีในการแยกสิ่งปนเปื้อนการขจัดค่าสีด้วยวิธีการกรองและตกผลึกจนใสสะอาดไร้สิ่งเจือปนจนได้น้ำตาลคุณภาพดีและมีมาตรฐานที่สุดก่อนถึงมือผู้บริโภค ดังภาพ 12 สมบัติของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ดัง ตาราง 13

ตาราง 13 สมบัติน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

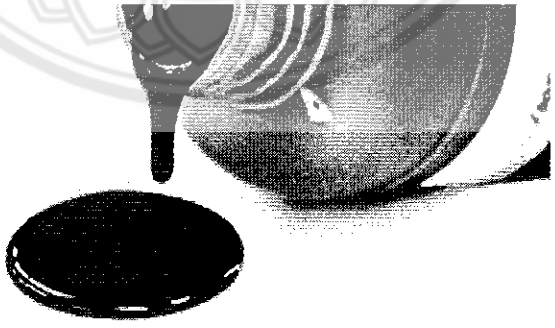
ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (z)	ความชื้น (%)
น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	ไม่เกิน 45	ไม่น้อยกว่า 99.80	ไม่เกิน 0.04



ภาพ 12 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

โมลาส [12]

ผลิตภัณฑ์โมลาสหรือกากน้ำตาล เป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากผลพลอยได้ในกระบวนการเคี่ยวน้ำตาล โดยโมลาสที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำ เหนียวข้น และมีความหวาน ดังภาพ 13 ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงนำไปผลิตเป็นเอทานอล



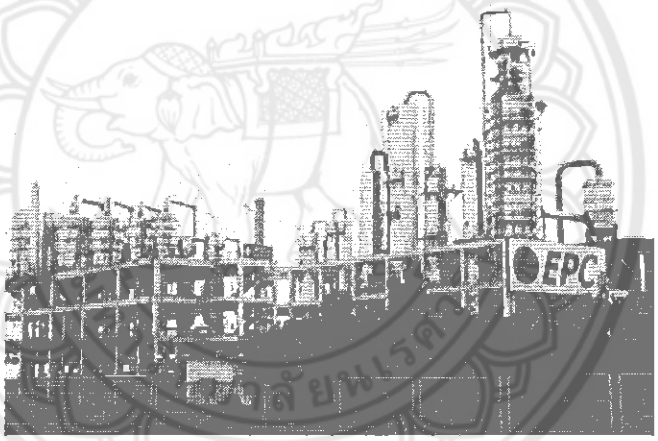
ภาพ 13 โมลาส

เอทานอล [13]

ผลิตภัณฑ์เอทานอลทำจากวัตถุดิบโมลาส (กากน้ำตาล) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เอทานอลเกรดอุตสาหกรรม เอทานอลเกรดเชื้อเพลิง และโรงงานผลิตเอทานอลมีลักษณะดังภาพ 14

1. เอทานอลเกรดอุตสาหกรรมเป็นเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 95.5 สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตสารเคมี

2. เอทานอลเกรดเชื้อเพลิงเป็นเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 เกิดจากการนำเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95.5 ไปผ่านกระบวนการแยกน้ำออก เหมาะสำหรับการทำเป็นเชื้อเพลิง เป็นพลังงานทางเลือกทดแทนการใช้น้ำมันเบนซิน เช่น นำไปผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนของเอทานอล ร้อยละ 10 และน้ำมันเบนซินอีกร้อยละ 90 เรียกว่า "**แก๊สโซฮอลล์**"



ภาพ 14 โรงงานผลิตเอทานอล

ไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงชีวมวล (กากอ้อย) [14]

ปัจจุบันพลังงานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการผลิตและการบริโภคของประเทศ โรงงานจึงได้นำชานอ้อยมาผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเพื่อใช้หมุนเวียนในโรงงานน้ำตาล ดังภาพ 15 และขายไฟฟ้าบางส่วนให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาดกำลังการผลิต 60 เมกะวัตต์ เพื่อจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยใช้เชื้อเพลิงชานอ้อยซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ภาพ 15 โรงไฟฟ้าชีวมวล

การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ วิธีการประเมินเชิงปริมาณของการใช้ทรัพยากรมลพิษที่เกิดขึ้นและผลกระทบสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการผลิต ผลิตภัณฑ์และบริการ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งการใช้ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการนำไปกำจัด

นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต

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

ประเภทของการประเมินวัฏจักรชีวิต

1. Cradle-to-grave คือการประเมินวัฏจักรชีวิตขั้นตอนการผลิตถึงขั้นตอนการใช้งานและขั้นตอนการกำจัด

2. Cradle-to-gate คือการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์บางส่วนของขั้นตอนการผลิตก่อนที่จะขนส่งไปยังผู้บริโภคซึ่งจะยกเว้นขั้นตอนการใช้งานและขั้นตอนการกำจัด

3. Cradle-to-Cradle คือลักษณะเฉพาะเจาะจงของการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle-to-grave นั่นหมายความว่าเมื่อสิ้นสุดของวงจรชีวิตสำหรับผลิตภัณฑ์ของเสียที่เกิดขึ้นที่สามารถนำมารีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

4. Gate-to-gate คือบางส่วนของการประเมินวัฏจักรชีวิตที่กระบวนการที่เพิ่มมูลค่าเพียงหนึ่งในห่วงโซ่การผลิตทั้งหมดเพื่อให้เกิดกระบวนการผลิตที่สมบูรณ์ที่สุด

5. Well-to-wheel คือลักษณะเฉพาะเจาะจงการประเมินวัฏจักรชีวิตของศักยภาพของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งทางถนน

6. Economic input–output life cycle assessment คือการประเมินวัฏจักรชีวิตของเศรษฐกิจการนำเข้าและการส่งออกซึ่งเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลในแต่ละภาคส่วนเกี่ยวกับวิธีการรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำมาประกอบกับภาคเศรษฐกิจของแต่ละส่วนและของแต่ละภาคการซื้อสินค้า

7. Ecologically-based LCA คือมันถูกออกแบบมาเพื่อให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการที่ชาญฉลาดของกิจกรรมของมนุษย์โดยการทำความเข้าใจผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อมต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศโดยรอบ

รูปแบบการประเมิน [15]

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีดังต่อไปนี้

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

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิตการขนส่งและกระจายสินค้าการใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

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

ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งการผลิตจนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออกหรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไปตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัด

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

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

ระยะเวลาที่ใช้ทำการประเมิน

ในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ให้คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100 ปีหลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยกเว้นช่วงกำจัดซาก (Final Disposal) ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี

สำหรับช่วงการกำจัดซากใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาทุกปีตลอดช่วงเวลา 100 ปีโดยคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของช่วงเวลาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วง 100 ปี ซึ่งเท่ากับ0.76

บทนิยาม (Terms and Definitions)

การเก็บกักคาร์บอน (Carbon storage)

การเก็บกักคาร์บอนโดยกระบวนการทางชีวภาพหรือที่มีอยู่ในอากาศให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่ใช่ก๊าซที่พบในชั้นบรรยากาศ

การชดเชย (Offsetting)

การนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ขององค์กรซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินมาหักลบเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

การปันส่วน (Allocation)

การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้าหรือสารขาออกของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงต้นน้ำ (Upstream Emissions)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนเข้าสู่วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขององค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงปลายน้ำ (Downstream Emissions)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายออกจากองค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กร หรือกิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่องค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent, CO_2e)

ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อนซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆในบรรยากาศโดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ไบโอเจนิก (Biogenic)

สารที่มาจากชีวมวลแต่ยังไม่เป็นฟอสซิลหรือมาจากฟอสซิล

สินค้าทุน (Capital Goods)

เครื่องจักรอุปกรณ์และอาคารสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product)

ผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเดียวกันและมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์

หน่วยผลิตภัณฑ์ (Product Unit)

หน่วยของผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจกำหนดแยกตามน้ำหนักปริมาตรหรือขนาดบรรจุจำนวนย่อยพื้นที่หรือตามรูปแบบที่วางจำหน่ายอื่นๆ

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material Contribution)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากกว่าร้อยละ1ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

การตัดออก (Cut off)

การไม่นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากระบบมาใช้ในการคำนวณหรือประเมิน

การประมวลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

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

ถึงเวลาแล้วที่ประเทศไทยจะต้องจัดให้มีฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามสถานการณ์ในปัจจุบันของประเทศไทยยังต้องมีความร่วมมือจากทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่จะทำให้มีฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งฐานข้อมูลเหล่านี้ จะทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ฐานข้อมูลจริงภายในประเทศ รวมไปถึงการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารทดแทนสารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้ตามมาจาก

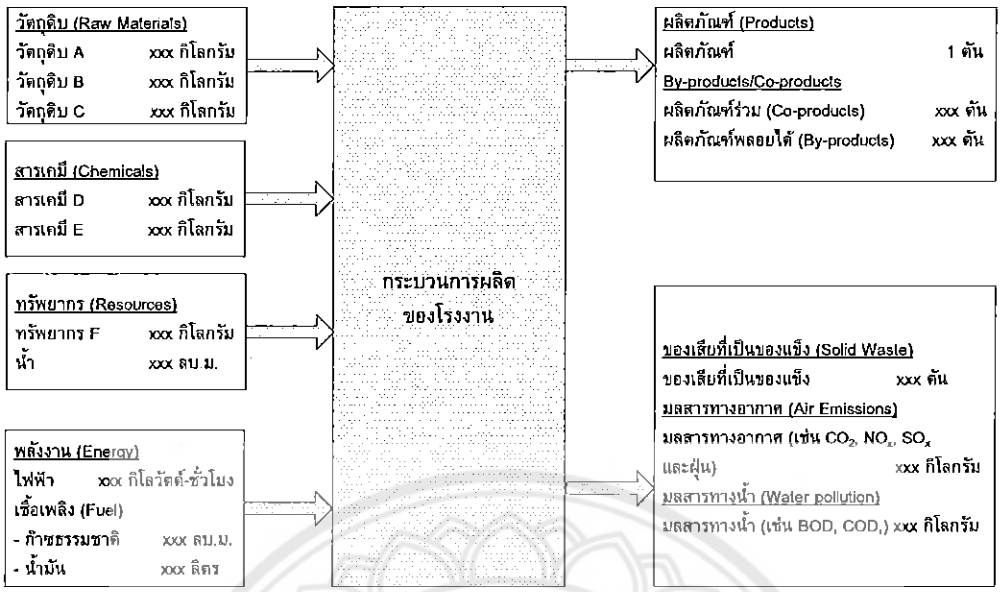
การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการต่างๆ คือการที่ประชาชนในประเทศจะมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นดังตาราง 14

ตาราง 14 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

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

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis: LCI)

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ การคำนวณหาปริมาณสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตรวมไปถึงการปล่อยของเสียหรือมลพิษต่าง ๆ ออกสู่อากาศ น้ำ และดิน ดังภาพ 16



ภาพ 16 ตัวอย่างบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ การนำข้อมูลจากขั้นตอนในการจัดทำบัญชีรายการ (LCI) มาประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ข้อมูลการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะวิเคราะห์การเกิดสภาวะโลกร้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [16]

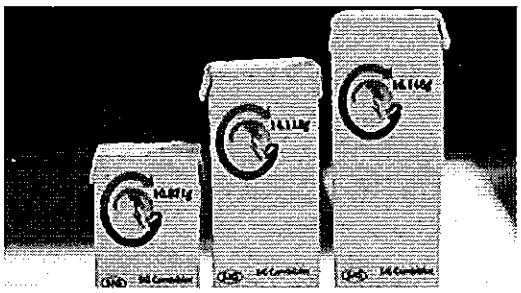
การส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นจากการใช้พลังงาน การเกษตร การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน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

การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย จึงเป็นทางหนึ่งที่ผู้บริโภคจะมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และยังเป็นกลไกทางการตลาด ในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้า ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความต้องการของผู้บริโภคด้วย

ผู้บริโภคจำเป็นต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จึงได้พัฒนาโครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดประกอบการตัดสินใจ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันในตลาดโลก

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

เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังภาพ 17 ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นเป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไหร่ ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น การใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้ในหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย นอกจากนั้น หากประเทศไทยมีการดำเนินโครงการและเก็บข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจน จะช่วยให้เรามีอำนาจในการต่อรองมากขึ้นในการประชุมระดับโลกเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน



ภาพ 17 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือที่เรียกว่า Carbon Profile (ข้อมูลรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) คือ ปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ อาทิก๊าซมีเทนเป็นต้นที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ (ตามข้อกำหนด ISO 14040) ตลอดวัฏจักรชีวิตทั้งนี้แหล่งกำเนิดของก๊าซมาจากกิจกรรมต่างๆอาทิการใช้ไฟฟ้าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลกระบวนการในภาคอุตสาหกรรม กสิกรรมเป็นต้น

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณโดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ทั้งนี้องค์กร Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC ได้กำหนดค่าGWP ของก๊าซต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลาที่กำหนดอาทิ 20, 100, 500 ปี ทั้งนี้ โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา100 ปี ดังตาราง 15

ตาราง 15 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน

Species	Chemical formula	GWP100
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous oxide	N_2O	298
Hydrofluorocarbon	HFCs	4,750 – 14,400
Sulphur hexafluoride	SF_6	22,800
Perfluorocarbon	PFCs	7,390 – 10,300

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

การตรวจวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นหลักการตามมาตรฐานสากล ISO 14040 และ ISO 14044 ที่ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตโดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จัดเป็นหัวข้อหนึ่งของหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต

ข้อควรระวังการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงอย่างเดียวดังนั้นผู้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องระวังในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลเนื่องจากอาจเกิด Burden Shift หรือการโอนย้ายผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านอื่นสูงขึ้น

ฉลากคาร์บอนในต่างประเทศ

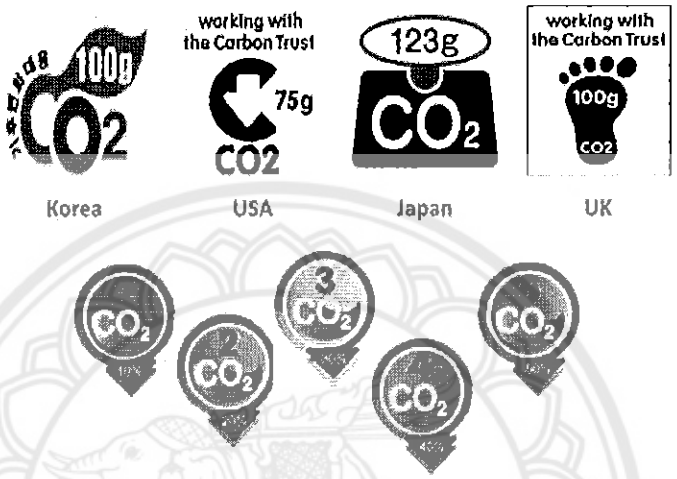
สืบเนื่องจากพิธีสารเกียวโตที่ประเทศสมาชิกวางเป้าหมายที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือ ก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกลงให้ได้ร้อยละ 5.2 ภายในปี พ.ศ. 2555 จากปริมาณที่ปล่อยในปีฐาน พ.ศ. 2533 ทำให้เกิดการค้าคาร์บอนเครดิตขึ้น ซึ่งประเทศ/บริษัท ที่ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมายมีความจำเป็นต้องซื้อคาร์บอนเครดิตจากประ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

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

1. ฉลาก Low-Carbon-Seal เป็นฉลากที่ไม่แสดงจำนวนคาร์บอนที่ปลดปล่อย

2. ฉลากCarbon Score เป็นฉลากที่มีการแสดงจำนวนคาร์บอนติดไว้บนตัวผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคสามารถเปรียบเทียบสินค้าได้

3. ฉลากCarbon Rating เป็นฉลากลักษณะจัดระดับคล้ายฉลากประหยัดพลังงาน



ภาพ 18 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่าง ๆ

สำหรับประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้ว จำนวน 188 บริษัท [17] ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์แม้ว่าจะเป็นมาตรการสมัครใจแต่มีแนวโน้มจะกลายเป็นมาตรการที่ส่งผลต่อการค้าอย่างแน่นอน โดยเฉพาะการส่งออกกับคู่ค้าในต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของสินค้าอย่างเดียว แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมามีอิทธิพลต่อการสร้างจุดขายที่เหนือกว่าคู่แข่งได้ ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถผลักดันให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการภายในองค์กรอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การจัดทำมาตรการทางพลังงาน ตามมาตรฐาน ISO 50001 [18]

วิกฤติพลังงานเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเนื่องจากต้นทุนพลังงานปัจจุบันปรับตัวสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่พลังงานจะหมดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ควบคุมการใช้พลังงานในองค์กรเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่แล้วองค์กรจะให้ความสำคัญกับการจัดการต้นทุนด้านอื่นมากกว่า เช่น วัตถุดิบ

ยอดขาย แต่เมื่อราคาพลังงานสูงขึ้นทำให้องค์กรต่างๆ หันมาพัฒนาควบคุมการใช้พลังงานในองค์กรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

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

โดย ISO 50001 นั้นได้เริ่มประกาศใช้มาตั้งแต่ปี 2554 และในปี 2555 กระทรวงอุตสาหกรรมได้ประกาศใช้ มอก.50001- 2555 ระบบการจัดการพลังงาน รวมถึงออกข้อกำหนดและข้อแนะนำในการใช้สมทบเสริมออกมาให้องค์กร เพื่อให้องค์กรต่างๆ มีแนวทางพัฒนาระบบการจัดการพลังงานได้สะดวกขึ้น ทั้งกลุ่มธุรกิจและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมให้ความสำคัญ และได้รับรองมาตรฐาน ISO 50001 กันมากขึ้น

ประโยชน์ของ ISO 50001

ประโยชน์ต่อองค์กร

1. เกิดการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งหมายถึงทราบสภาพการใช้พลังงานของตนเอง รู้ว่าจะจัดการหรือควบคุมพื้นที่ใดที่ใช้พลังงานสูงหรือเกินค่าที่กำหนด จนเป็นผลให้เกิดการวางแผนในการปรับปรุงโดยการสร้างมาตรการต่างๆ ต่อไป

2. เกิดดัชนีชี้วัดสมรรถนะขององค์กร (Company Performance Indicator) ในด้านพลังงานเพิ่มขึ้นให้กับองค์กร นอกเหนือจากดัชนีชี้วัดอื่นๆ ที่ผู้บริหารมีอยู่แล้ว เช่น ด้านการเงิน ด้านยอดขาย ด้านบุคลากร เป็นต้น ซึ่งดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (Energy Performance Indicator; EnPI) นี้จะเข้ามามีบทบาทในการที่ผู้บริหารสามารถใช้ติดตามการปฏิบัติต่างๆ ของทั่วพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานในการควบคุมและจัดการการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี

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

4. เกิดการตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือ ประสิทธิภาพ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเฝ้าติดตาม หรือควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

5. เกิดการยอมรับในระดับสากลเป็นการเสริมภาพลักษณ์ให้กับองค์กรในด้าน CSR อีกทางหนึ่ง

6. เกิดการลดต้นทุนด้านพลังงานอย่างยั่งยืน ทำให้องค์กรสามารถเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด และ เป็นการเพิ่มความสามารถในการผลิตและบริการ

7. เกิดการติดตามกฎหมายที่องค์กรต้องปฏิบัติตามในด้านพลังงานต่างๆ อย่างเป็นระบบ รวมถึงการควบคุมการปฏิบัติให้สอดคล้องและครบถ้วนตามที่กฎหมายกำหนด

8. เกิดความตระหนักและมีส่วนร่วมในการควบคุมและอนุรักษ์พลังงานในพนักงานทุกระดับ อันเป็นผลมาจากการมีกำหนดดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน เป้าหมายและแผนงานต่างๆ ในแต่พื้นที่ที่มีการใช้พลังงานอย่างเป็นระบบ

ประโยชน์ต่อพนักงาน

เกิดการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบทั้งด้านข้อกำหนด ด้านเทคนิค และ ด้านจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงานเป็นเพิ่มความรู้ความสามารถให้กับพนักงานที่เกี่ยวข้องที่ต้องปฏิบัติตามระบบจัดการพลังงานที่กำหนดเอาไว้

ประโยชน์ต่อประเทศไทยและประโยชน์ต่อโลก

1. เกิดการควบคุม การลดใช้พลังงาน และ การเปลี่ยนมาใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆ อย่างเป็นระบบและยั่งยืนขององค์กรต่างๆ ทำให้ประเทศสามารถลดการนำเข้าพลังงาน และเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานอีกทางหนึ่งด้วย

2. เกิดกลไกในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากกลไกอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีการศึกษาไว้อย่างหลากหลาย ทั้งในและนอกประเทศ และมีการเผยแพร่ทั้งหนังสือ คู่มือ และบทความทางวิชาการ โดยใจงานวิจัยนี้สนใจการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเพื่อนำไปสู่การจัดทำฉลากคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ จึงได้รวมรวบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

M. Yuttitham, et al. [19] ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CFP) ของน้ำตาลที่ผลิตได้จากอ้อยในภาคตะวันออกของประเทศไทยประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก (CO_2, CH_4 และ N_2O) ในช่วงการเพาะปลูกอ้อยและช่วงการผลิตของโรงงานน้ำตาลซึ่งโรงงานมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลปุ๋ยเคมีปุ๋ยอินทรีย์ชีวมวลจากอ้อยและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการปลูกจากการสำรวจตามแบบสอบถามและการสัมภาษณ์การหีบอ้อยจะใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียซึ่งการผลิตน้ำตาลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 0.55 $kgCO_2e/kg$ ซึ่งเป็นการปลดปล่อยมาจากกระบวนการปลูกอ้อย 0.49 $kgCO_2e$ และมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย 0.06 $kgCO_2e/kg$ ส่วนของการปลูกอ้อยจะมีการปลดปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกมากสุดมาจากการใช้ปุ๋ยที่มีเชื้อเพลิงฟอสซิลและซีวมวลจากการเผาไหม้และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาคตะวันออกของประเทศไทยมีความไวต่อการเลือกชนิดของข้อมูลโดยคำนวณจากปัจจัยการเปลี่ยนแปลงระหว่างการปลูกอ้อยของไร่ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขนาดของไร่ถึงแม้ว่าจะเป็นไร่ขนาดเล็กก็มีแนวโน้มของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่อนข้างสูงกว่าที่ไร่ขนาดกลางและขนาดใหญ่

วิทยา กันยา [20] ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้งานวิจัยจึงทำการประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน เพื่อศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro version 7.1 วิธีการ Eco-indicator 99 จากการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ $9.27x10^{-4}$ DALY ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา 34.34 PDF*m^2yr และผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากร $1.85x10^{3}$ MF surplus และการตกผลึกยังก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง

ชาคริย์ รถา [21] ได้ทำการศึกษาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังซึ่งแบ่งการประเมินตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 6 ส่วน คือการใช้ประโยชน์ที่ดินการเพาะปลูกมันสำปะหลังการขนส่งจากไร่มันไปยังโรงงานการผลิตแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียและระบบก๊าซชีวภาพการศึกษาได้ดำเนินการโดยรวบรวมปัจจัยการผลิตทั้งข้อมูลปฐมภูมิข้อมูลทุติยภูมิคิดค้นวิธีการคำนวณและคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการคำนวณคือค่าแฟคเตอร์ (Emission Factor) และค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งใช้ค่าจากฐานข้อมูลด้านก๊าซเรือนกระจกที่ได้ทำการรวบรวมไว้และเป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น Simple LCA หรือองค์กรที่ทำการศึกษาเรื่องก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะ เช่น Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization: TGO) เป็นต้นซึ่งในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ซึ่งผลได้จะอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง1ตันโดยจากผลการศึกษานี้ทำให้ได้วิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการทั้ง 6 ส่วนวิธีการคำนวณที่จัดทำขึ้นได้นำมาทดลองใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากโรงงานกรณีศึกษา 4 แห่ง ผลการประเมินพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทั้ง 4 แห่ง มีค่าเฉลี่ย

2,154.21, 962.92, 172.81 และ 2,336.07 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันแป้ง ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีสาเหตุหลักมาจากการเพาะปลูกแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียกระบวนการผลิตการขนส่งระบบก๊าซชีวภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินตามลำดับ

Kazuhito, et al. [22] ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอ้อย โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต ณ ประเทศญี่ปุ่นเพื่อใช้ในการพัฒนาเกษตรกรรม โดยพิจารณาจากการคาดการณ์ทางเศรษฐกิจระยะยาว แต่ไม่ได้การถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในกระบวนการปลูกอ้อยก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

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

ดารณี แจ้งหทัยกุล [24] ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตน้ำตาลทรายเป็นพลังงาน ซึ่งได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานน้ำตาลราชสีมา มีอัตราการใช้อ้อย 30,000 ตัน/วัน มีปริมาณกากอ้อย 238.14 ตัน/วัน ใช้ในการผลิตไอน้ำที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส ทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการเผาเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่า ปัญหาสภาวะโลกร้อน และปัญหาด้านสภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีผลกระทบค่อนข้างน้อยมากจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นถ้าใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดสภาวะโลกร้อนและเป็นการนำเอาของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นเรศ ใหญ่วงศ์ [25] ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง พบว่าการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง จำนวน 1 กระป๋อง ขนาด 12 ออนซ์ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 246 $kgCO_2e$ ซึ่งมาจากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 232 $kgCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 92 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

วิจิตรา วิทยาไพโรจน์ [26] ได้ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จากอ้อย 1 ตัน ทำการประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกจนถึงกระบวนการผลิตน้ำตาล และการนำผลพลอยได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้แก่เอทานอลจากกากน้ำตาล พลังงานไฟฟ้าและปาร์ติเกิลบอร์ดจากชานอ้อย ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด

ส่งผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนมากที่สุด กระบวนการปลูกอ้อยส่งผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดมากที่สุดและกระบวนการผลิตน้ำตาลส่งผลกระทบด้านสารก่อมะเร็งและด้านการใช้พลังงานมากที่สุด

Renouf [27] ได้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการปลูกอ้อยในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างการเพาะปลูกแบบส่งผลกระทบต่ำ (Low-impact) กับแบบส่งผลกระทบสูง (High-impact) ที่คำนึงถึงการใช้พลังงานการใช้น้ำ และ การเกิดยูโทรฟิเคชั่น พบว่าการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 MJ/kg โดยระดับการใช้พลังงานสูงสุด 1.39 MJ/kg และต่ำสุด 0.14 MJ/kg ซึ่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนการผลิตปุ๋ย (เฉลี่ย 0.161 MJ/kg) ขั้นตอนการใช้น้ำมันในไร่ (0.12 MJ/kg) และขั้นตอนการสูบน้ำ (0.10 MJ/kg) ตามลำดับ การใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 65.6 ลิตรต่อตันอ้อย โดยระดับการใช้น้ำสูงสุด 487 ลิตรต่อตันอ้อยและต่ำสุด 3.8 ลิตรต่อตันอ้อย ซึ่งจำนวนปั๊มน้ำที่ใช้ในระบบชลประทานจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการใช้พลังงาน สำหรับก๊าซเรือนกระจกมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในไร่อ้อย โดยคำนวณหาปริมาณ N_2O ที่ปล่อยสู่บรรยากาศจากอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนศักยภาพในการเกิดยูโทรฟิเคชั่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 กรัม ฟอสเฟตต่อกิโลกรัมตันอ้อย ($PO4^{-3}$ (e) g/kg cane) โดยค่าสูงสุดคือ 1.43$PO4^{-3}$ (e) g/kg cane และต่ำสุดคือ 0.07 $PO4^{-3}$ (e) g/kg cane

Eduardo Barretto de Figueiredo [28] ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลของภาคใต้ของประเทศบราซิล ตั้งแต่การปลูกอ้อย การผลิต การเก็บเกี่ยว ปีการเพาะปลูก 2006/2007 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 241 $kgCO_2e$/ton sugar ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเก็บเกี่ยวอ้อย 2,406 $kgCO_2e$/ha กระบวนการปลูกอ้อยจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 26 $kgCO_2e$/ton sugar การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เป็นผลมาจาก สารตกค้างการเผาไหม้ประมาณ (44%) ผลจากการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ประมาณ 20 % และจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงฟอสซิล 18%

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เริ่มเข้าสู่ประเทศไทยในปี พ.ศ.2551 จึงได้มีการศึกษาฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากประเทศต่างๆ ซึ่งในต่างประเทศมีกฎหมายที่ออกบังคับสำหรับภาคธุรกิจ การออกฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีปัจจัยที่สำคัญคือการให้ข้อมูลกับผู้บริโภค ผู้ผลิตที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นประเทศไทยจึงได้มีการออกฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อส่งเสริมการส่งออกและยังเป็นการตระหนักถึงความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิตและผู้บริโภค M. Yuttitham ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลที่ผลิตได้จากอ้อยในภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งการผลิตน้ำตาลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 0.55 $kgCO_2e$/kg

ซึ่งเป็นการปลดปล่อยมาจากกระบวนการปลูกอ้อย 0.49 $kgCO_2e$ และมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย 0.06 $kgCO_2e/kg$ วิทยา กันยา ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน โดยศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา และผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากร ชาคริย์ รถา ได้ทำการศึกษาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังซึ่งประเมินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินการเพาะปลูกมันสำปะหลังการขนส่งจากไร่มันไปยังโรงงานการผลิตแป้งมันสำปะหลังระบบบำบัดน้ำเสียและระบบก๊าซชีวภาพ Eduardo Barretto de Figueiredo ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลของภาคใต้ของประเทศบราซิล ตั้งแต่การปลูกอ้อย การผลิต การเก็บเกี่ยว ปีการเพาะปลูก 2006/2007 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 241$kgCO_2e$/ton sugar

ดังนั้น ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จึงมีการจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ รวมถึงการขนส่งทั้งหมดของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด จากนั้นทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2 และยังจัดทำมาตรการทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐาน ISO 50001

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล รวมถึงจัดทำมาตรการทางด้านพลังงานของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ และรวมถึงการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบและประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 และกรอบการพิจารณา environment indicator ปรากฏการเกิดภาวะเรือนกระจก การใช้พลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบให้เกิดความคุ้มค่าทางพลังงาน และการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้

อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

อุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่เป็นอันดับต้นๆของโลก ซึ่งปัจจุบันทั่วโลกมีการตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นและเนื่องจากการส่งออกของน้ำตาลทรายจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิตและการขนส่ง ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ขอบเขตการวิจัย

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ตามกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมดังที่กล่าวมานั้น ต้องมีการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเพื่อเป็นข้อกำหนด และแนวทางในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดงดังนี้

1. ขอบเขต และรายละเอียดผลิตภัณฑ์

เพื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยการพิจารณาหมายรวมถึง ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบหมายถึง น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ที่มีค่าโพราไลเซชั่น (Poralization) 97.30-99.50 °z และค่าสีตั้งแต่ 1001-3800 หน่วย ICMSA ซึ่งมีสมบัติดังตาราง 16 และรวมถึงวัตถุดิบร่วมอื่น ๆ (สารเคมี หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ในกระบวนการผลิต) และบรรจุภัณฑ์

ตาราง 16 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

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

2. หน่วยของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

การกำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ ให้กำหนดตามขนาดผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายที่วางจำหน่าย โดยหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นน้ำหนัก

3. ขอบเขตของระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง และการขนส่งสินค้า เป็นการประเมินแบบ B2B เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ คลังสินค้า

4. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง โดยการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ตั้งแต่การได้มาวัตถุดิบ การใช้งานพร้อมทั้งหาแนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

5. การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งได้แก่

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

ฯลฯ

หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

การกำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ให้กำหนดตามบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่าย โดยผลิตภัณฑ์เป็นน้ำหนัก (สุทธิ)

วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งกำหนดให้เป็น $kgCO_2e/kg$ น้ำตาลทรายแดงซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาในส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

เพื่อจำแนกประเด็นปัญหาด้านพลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Indicators) ของการผลิตน้ำตาลทรายโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.2 เพื่อให้ได้แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และได้ฐานข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต

ขอบเขตวัฏจักรชีวิตในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ **นับรวม**ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

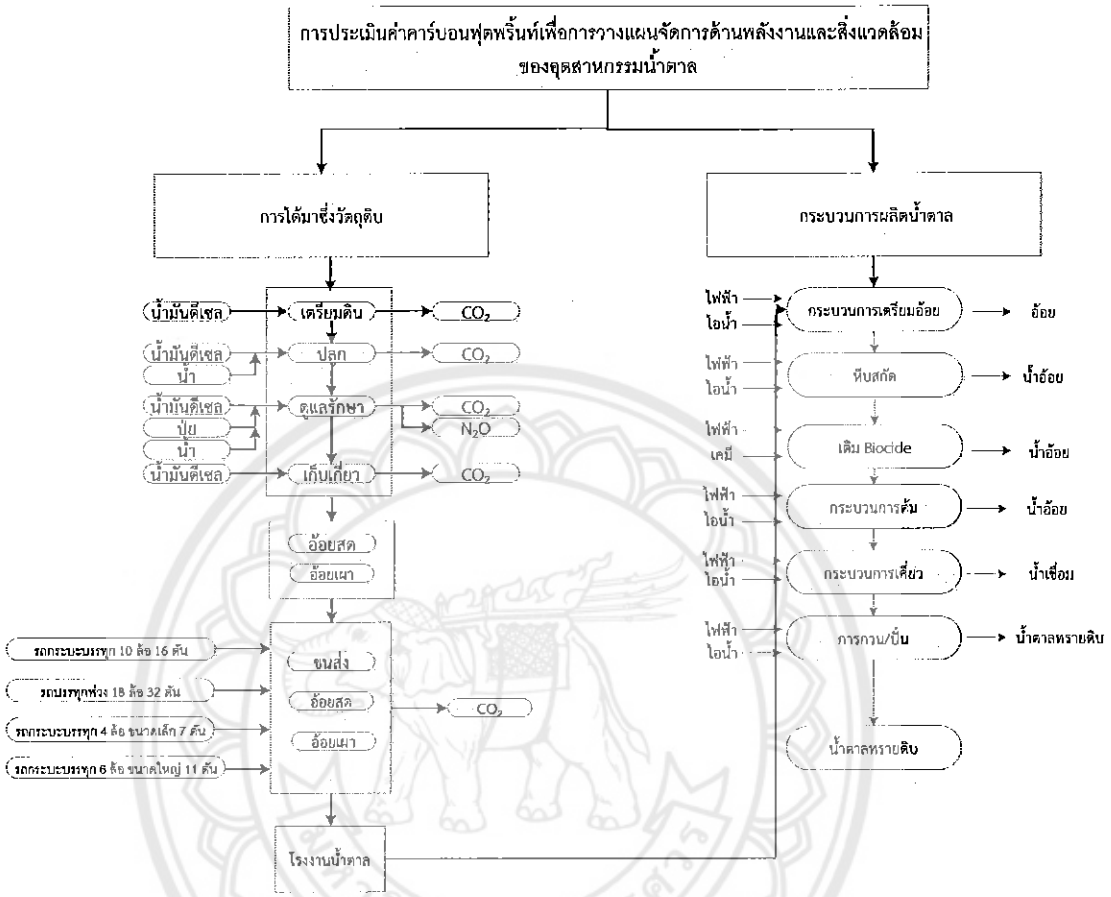
1. กระบวนการผลิตวัตถุดิบ
2. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์และการบรรจุภัณฑ์
3. การกระจายสินค้า
4. การกำจัดซากหลังจากการบริโภค
5. กระบวนการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่นการซ่อมบำรุง การจัดการน้ำเสีย/ของเสียจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

ขอบเขตวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ **ไม่นับรวม**ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

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

โดยมีแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดง ดังภาพ 19

แผนผังกระบวนการการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์



ภาพ 19 แผนผังกระบวนการการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเก็บข้อมูลแต่ละขั้นตอนในตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

ขอบเขตวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ **นับรวม** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่อไปนี้

1. **การได้มาซึ่งวัตถุดิบ**

1.1 ขอบเขตการจัดเก็บข้อมูล

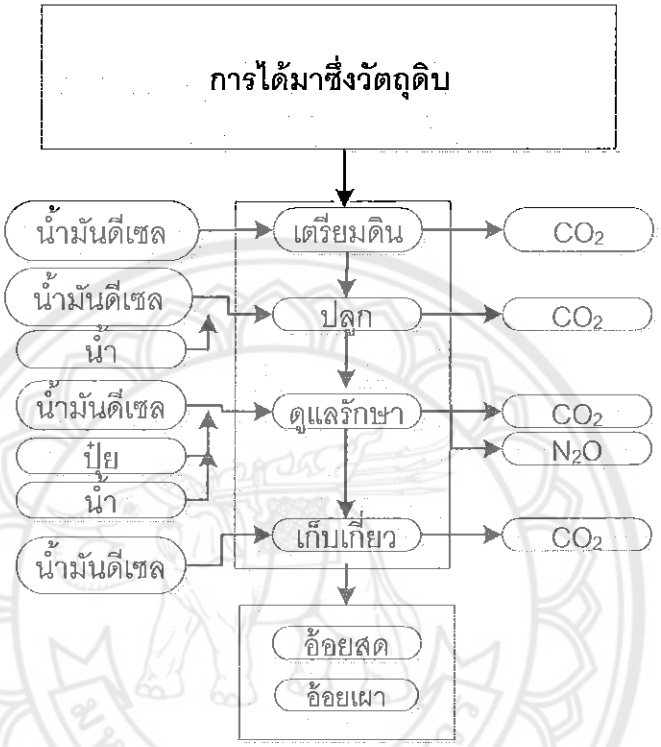
การปลูกอ้อย จนถึงการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน

1.2 กระบวนการ

แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ขอบเขตของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือการได้มาซึ่งอ้อย คลอบคลุมตั้งแต่กระบวนการเตรียมดิน กระบวนการปลูก กระบวนการดูแลรักษาและกระบวนการการเก็บเกี่ยว

ผลผลิตดังภาพ 20 ซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปุ๋ย และน้ำ และมีการใช้เครื่องมือในกระบวนการดังตาราง 17 การใช้ทรัพยากรเหล่านี้ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ



ภาพ 20 แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ตาราง 17 เครื่องมือที่ใช้ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

เครื่องมือที่ใช้ปลูกอ้อย	เครื่องจักร	หน่วย	จำนวน	รายละเอียดของตัวอย่าง
รถไถ 1 เพลา ผาน 7		ลิตร/ไร่	2	ไถได้ 35 ไร่/วัน รถไถเครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผาน 3		ลิตร/ไร่	4	ไถได้ 15 ไร่/วัน รถไถเครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผานชักร่องอ้อย		ลิตร/ไร่	4	ชักร่องได้20 ไร่/วัน รถไถเครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า

ตาราง 17 (ต่อ)

เครื่องมือที่ใช้ปลูกอ้อย	เครื่องจักร	หน่วย	จำนวน	รายละเอียดของตัวอย่าง
รถไถ 1 เพลา เครื่องปลูก		ลิตร/ไร่	4	ปลูกได้ 10 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 90 แรงม้า
รถไถ 2 เพลา ผาน 7		ลิตร/ไร่	3	ไถได้ 43 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
รถไถ 2 เพลา ผาน 3		ลิตร/ไร่	5	ไถได้ 18 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
ผานซักร่องอ้อย รถไถ 2 เพลา		ลิตร/ไร่	5	ซักร่องได้ 24 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
เครื่องปลูกอ้อย รถไถ 2 เพลา		ลิตร/ไร่	5	ปลูกได้ 14 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 6 สูบ 110 แรงม้า
รถบรรทุก		ลิตร	36.4	น้ำหนักรถบรรทุก 18 ตัน บรรทุกอ้อย 13 ตัน ระยะทางเฉลี่ย 80 Km
เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ขนาด 60 แรง		ลิตร/ไร่	6	เครื่องยนต์ติดปั๊มหอยโข่ง ขนาด 4 นิ้ว
เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก ขนาด 9 แรง		ลิตร/ไร่	2	เครื่องยนต์ติดปั๊มหอยโข่ง ขนาด 3 นิ้ว
รถตัดอ้อย		ลิตร/ไร่	26	รถตัดอ้อยขนาด 320 แรงม้า
รถฉีดยาอ้อย		ลิตร/ไร่	2	แทรคเตอร์ขนาด 60 แรงม้า หัวฉีดยา 4 หัว

รายการข้อมูลที่ต้องรวบรวมขึ้น

1. การปลูกอ้อย (ในกรณีที่สามารถเข้าถึงข้อมูล ตัวอย่างเช่น ไร่อ้อยที่ปลูกเอง)

ทำการศึกษาการปลูกอ้อยที่ หมู่ที่ 5 ตำบลบึงสามัคคี อำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร

2. การปลูกอ้อย (ในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูล)

ข้อมูลจากบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ทำการเก็บข้อมูลปีการเพาะปลูก 2555/2556

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

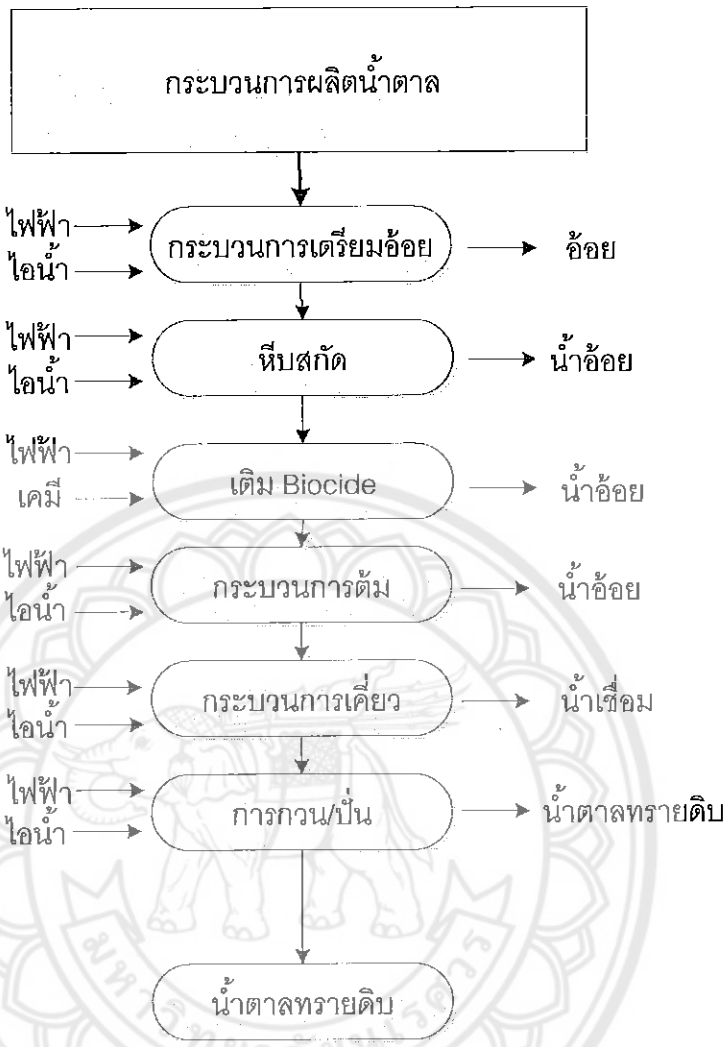
สถานการณ์สมมติ (Scenario setting)

1. กำหนดให้พื้นที่เพาะชำต้นพันธ์อ้อยอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก ให้ยกเว้นการขนส่งมายังเกษตรกร
2. ปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี และปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม
3. การขนส่งวัตถุดิบ (อ้อยสด) จากพื้นที่เพาะปลูกสู่โรงงานผลิตอยู่ในรัศมีเฉลี่ย 70 กิโลเมตรการขนส่งใช้รถบรรทุกแบบพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน เชื้อเพลิงดีเซล
4. น้ำหนักบรรทุก 100%

2. **กระบวนการผลิต**

แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ จะมีการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำในกระบวนการต่างๆ ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังภาพ 21 ซึ่งพลังงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจะได้มาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ ซึ่งไฟฟ้าที่ได้จะนำมาใช้ในทุกส่วนของโรงงานที่มีการใช้ไฟฟ้า

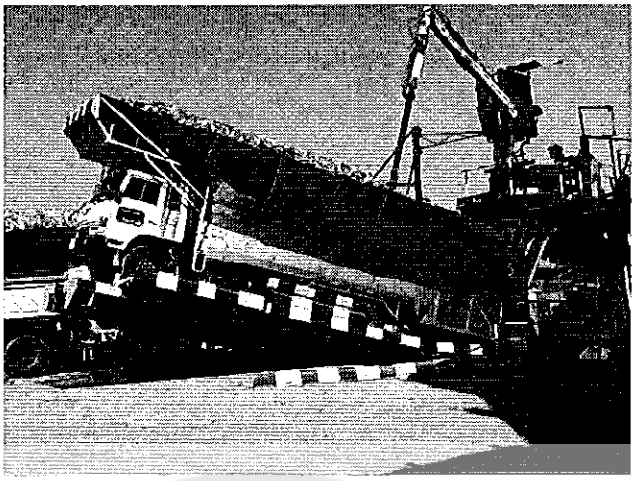


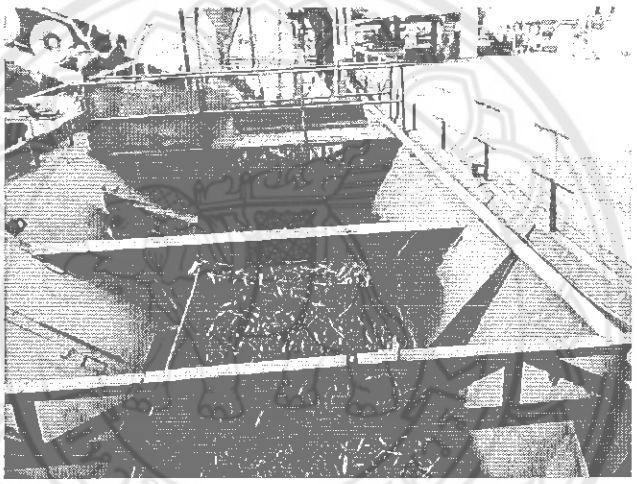
ภาพ 21 แผนผังกระบวนการการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

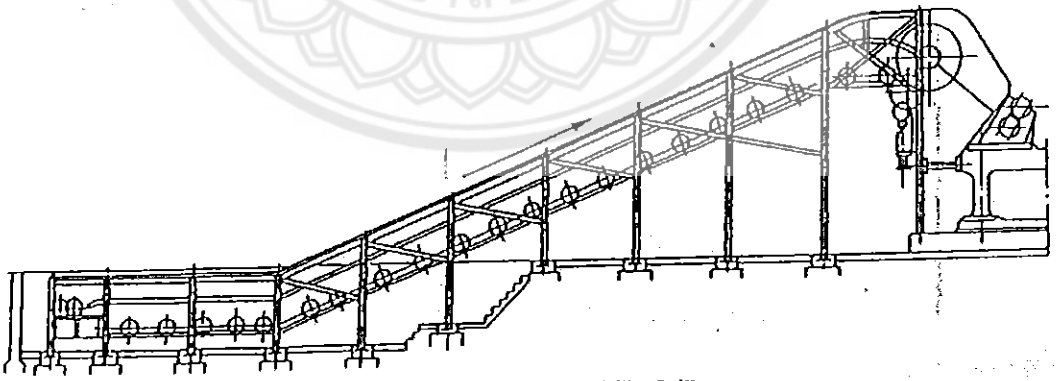
เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการเตรียมอ้อย

เป็นกระบวนการเริ่มต้นของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ การเตรียมอ้อยก่อนเข้าหีบเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมาก โดยการเตรียมอ้อยที่จะทำการหีบให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้การสูญเสียน้ำอ้อยน้อยที่สุด และช่วยให้ลูกหีบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 22





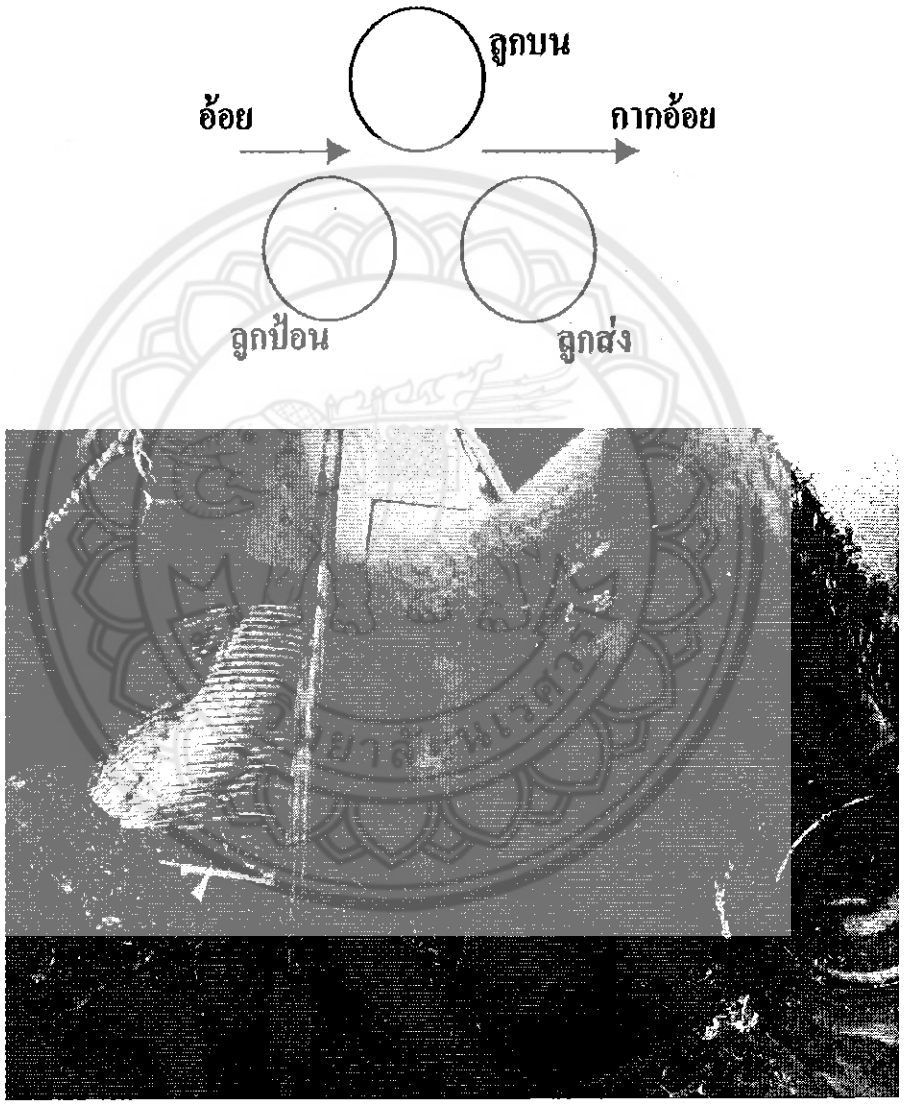


Cane carrier (Fives Lille-Cail).

ภาพ 22 กระบวนการเตรียมอ้อย

กระบวนการหีบสกัด

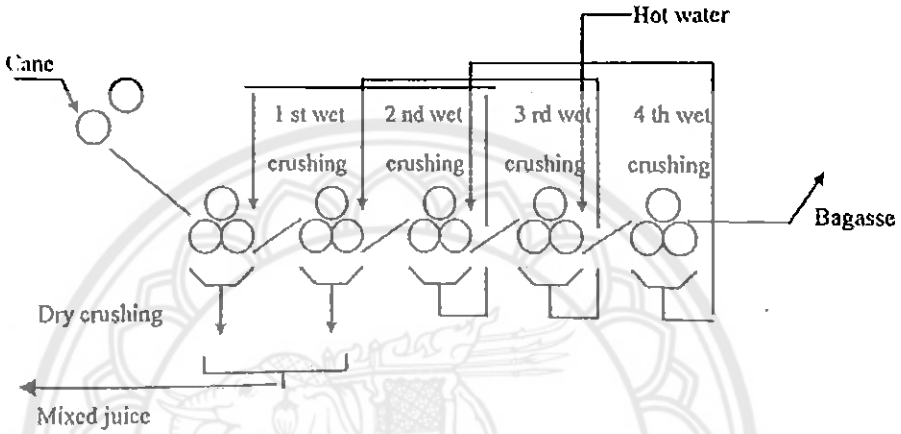
กระบวนการหีบสกัดน้ำอ้อยเป็นกระบวนการที่ต่อมาจากกระบวนการเตรียมอ้อย โดยกระบวนการหีบสกัดอ้อยจะมีชุดลูกหีบอยู่ 7 ชุดซึ่งประกอบไปด้วยลูกกลิ้งขนาดใหญ่ 3 ลูก วางเรียงกันในลักษณะสามเหลี่ยม ดังภาพ 23



ภาพ 23 กระบวนการหีบสกัดอ้อย

กระบวนการพรมน้ำอ้อย

การพรมน้ำลงบนกากอ้อยเป็นการเพิ่มการสกัดน้ำอ้อย โดยทั่วไปจะใช้น้ำร้อนพรมกากอ้อยที่หน้าลูกหีบชุดสุดท้ายเพื่อสกัดความหวานทั้งหมดออกมา และน้ำพรมอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายก็จะนำไปพรมลงบนหน้าลูกหีบชุดถัดมา ยกเว้นลูกหีบชุดที่ 1 ซึ่งน้ำพรมอ้อยที่ใช้มักจะเป็นน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังภาพ 24



ภาพ 24 กระบวนการพรมน้ำอ้อย

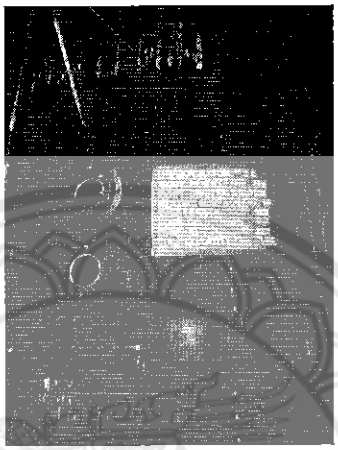
การทำความสะอาด หรือทำใสน้ำอ้อย

น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำใส เนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่างๆ จึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกล เช่น ผ่านเครื่องกรองต่างๆ และวิธีทางเคมี เช่น โดยให้ความร้อน และผสมปูนขาว ดังภาพ 25

ภาพ 25 ตะแกรงกรองน้ำอ้อยใส

กระบวนการต้ม

กระบวนการต้มน้ำอ้อยเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อน และเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากในการผลิตน้ำตาล ดังนั้นการระเหยเอาน้ำออก (ประมาณ 70 %) โดยน้ำอ้อยข้นที่ออกมาจากหม้อต้มลูกสุดท้าย เรียกว่า น้ำเชื่อม ที่มีความเข้มข้นประมาณ 65 บริกส์ ดังภาพ 26



ภาพ 26 หม้อต้ม

กระบวนการเคี่ยว

น้ำเชื่อมที่ได้จากกระบวนการต้มจะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวเพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว ที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมา โดยที่ผลึกน้ำตาล และกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี่ยวนี้รวมเรียกว่า แมสคิวิท ดังภาพ 27

ภาพ 27 หม้อเคี่ยว

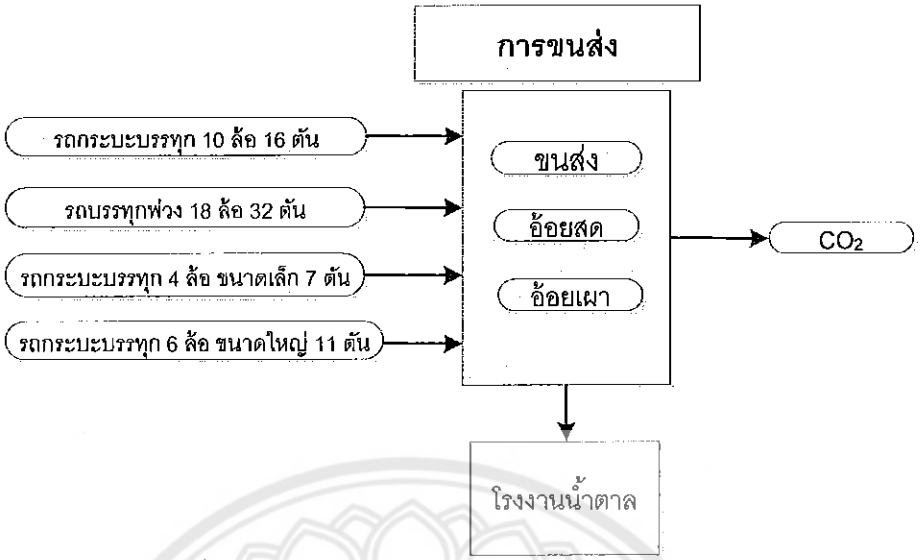
การปั่นแยกผลึกน้ำตาล

แมสิควิทที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจาก กากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น ดังภาพ 28 และผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลดิบ

ภาพ 28 หม้อปั่น

การขนส่งและกระจายสินค้า

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเป็นการขนส่งทางรถยนต์โดยใช้รถบรรทุกที่แตกต่างกันไปตามระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง ดังจะพบว่าการขนส่งด้วย รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ จะมีระยะทางขนส่งที่ใกล้บริเวณของโรงงาน และรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ จะมีระยะทางที่ไกลออกไปจากโรงงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอ้อยที่บรรทุกมาส่งโรงงานน้ำตาล ดังภาพ 29



ภาพ 29 แผนผังกระบวนการการขนส่ง

ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์คารบอนฟุตพริ้นท์ได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน และของเสีย) กับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม (ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยคูณกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละชนิด) [29] สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

Carbon footprint of a given activity = Activity data x Emission factor.....(1)

Activity data = ข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน)

Emission factor = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม

การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life cycle inventory)

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์บัญชีรายการจะดำเนินการตามขอบเขตและข้อกำหนดที่กล่าวในตอนต้น โดยจัดทำแผนภาพวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Flow Chart) อันเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และพิจารณาข้อมูลด้านกิจกรรมที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนย่อยตลอดวัฏจักรชีวิตตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขต พร้อมตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้อง

ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บข้อมูลที่ต้องจัดเก็บมี 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ข้อมูลทั่วไป หมายถึง ข้อมูลเกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เช่น ชื่อบริษัท ชื่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ชื่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินรูปลักษณ์ลักษณะทั่วไปและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินเทคโนโลยีการผลิต ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

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

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

ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ คือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบหรือส่วนผสมต่างๆ ของผลิตภัณฑ์รวมไปถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต้นน้ำ คือค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นั่นเอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจเป็นข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบดังกล่าวที่ได้รับจากผู้จัดหาวัตถุดิบโดยตรงในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีข้อมูลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของตนเองอยู่แล้ว หรืออาจได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบ ในกรณีที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ หรืออาจเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงที่มีอยู่ก็ได้ เช่น คู่มือการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือเอกสารงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับ เป็นต้น ในกรณีที่ต้องจัดเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฯ เอง ขอบเขตการเก็บข้อมูลจะจัดเก็บตามขอบเขตการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้เบื้องต้นเช่นเดียวกันทั้งห่วงโซ่ การจัดเก็บแบบปฐมภูมิจะเพิ่มความถูกต้องในการ วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อีกทั้งทำให้ผู้ผลิตสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการจัดการสายโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการจัดเก็บข้อมูลการ

เมื่อเก็บข้อมูลปฐมภูมิของพลังงานและการผลิตระดับโรงงานแบบ Top down สามารถใช้ได้ถ้ากระบวนการเฉพาะได้ถูกวิเคราะห์สามารถแยกออกไปได้ เช่น โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์

เพียงชนิดเดียวและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีความต้องการพลังงานเท่าๆ กันนอกจากนี้อาจเป็นไปได้ที่จะได้รับค่าประมาณแบบ Bottom up สำหรับความต้องการพลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่แต่ละชิ้นของเครื่องมือสามารถวัดได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ วิธีการนี้อาจเหมาะสมแต่ต้องระวังว่าผลอาจเป็นตัวแทนของเพียงหน่วยเดียวซึ่งไม่ใช่ตัวแทนของทั้งโรงงาน หากมีการตรวจวัดกระบวนการที่แยกออกไป จำเป็นต้องนับรวมทุกกระบวนการในโรงงานในการคำนวณแบบ Bottom up

กระบวนการผลิต

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

ข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ จะประกอบด้วย

1. ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ พลังงาน และสาธารณูปโภคในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน

2. ชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน

3. ชนิดและปริมาณของมลสารที่ปล่อยสู่อากาศ มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ กากของเสียในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน

4. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งสารขาเข้าแต่ละรายการ (ยกเว้นการขนส่งผ่านท่อส่งหรือส่งผ่านสายไฟฟ้า) ทั้งเที่ยวที่ขนวัตถุดิบเข้าโรงงานและเที่ยวที่วิ่งออกจากโรงงาน

ข้อมูลในขั้นตอนการผลิตสามารถจัดเก็บได้และละเอียด เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เข้าถึงได้เพราะเป็นข้อมูลที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของโรงงานผู้ผลิต ข้อมูลที่จัดเก็บในขั้นตอนการผลิตคือ ข้อมูลทั้งหมดต้องเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกไว้จริงและเป็นข้อมูลที่จัดเก็บในช่วงเวลาเดียวกัน การจัดเก็บข้อมูลในขั้นตอนการผลิตมักเก็บข้อมูลแยกตามกระบวนการย่อย เพื่อหลีกเลี่ยงการปันส่วนโดยไม่จำเป็นและช่วยให้สามารถบ่งบอกขั้นตอนสำคัญที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปลดปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกในการผลิต และนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ

ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบที่พิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบโดยวิธีการใดก็ตาม ทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เครื่องบิน เรือ หรือ รถไฟ โดยจะพิจารณาตั้งแต่โรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบมายังโรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งภาย นอกและภายในประเทศ ทั้งทางบก ทางเรือ และทางอากาศ ข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วย

1. ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้จริงซึ่งอาจได้จากใบเสร็จค่าน้ำ มันต่างๆ โดยต้องครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบที่ขนส่งมาจากภายนอกโรงงาน และครอบคลุมทั้งเที่ยวที่ขนวัตถุดิบเข้าโรงงานผู้ผลิตและเที่ยวที่วิ่งออกจากโรงงานผู้ผลิต

2. หากไม่มีการจัดเก็บข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้จริง หรือมีแต่ไม่ครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบหรือไม่ครอบคลุมทุกเที่ยวที่ขนส่ง ให้คำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยอาศัยข้อมูลประเภทพาหนะรวมกับข้อมูลระยะทางการขนส่ง และอัตราบรรทุก พาหนะทั้งหมดควรมีสมุดบันทึกการปฏิบัติงานซึ่งต้องให้กรอกข้อมูลทุกครั้งที่มีการเติมเชื้อเพลิง สมุดบันทึกควรต้องมีข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 วันที่

2.2 ผู้ปฏิบัติงาน ผู้ควบคุมพาหนะ ผู้ใช้พาหนะ

2.3 ระยะทางเริ่มต้น

2.4 ปริมาณเชื้อเพลิงที่เติม

2.5 ราคาเชื้อเพลิงต่อลิตร

2.6 สถานที่ซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง

2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการซ่อมบำรุง

ขั้นตอนการจัดจำหน่าย

โดยปกติขั้นตอนการจัดจำหน่ายจะประเมินเฉพาะกรณีที่ขอบเขตการศึกษาเป็น B2C เท่านั้น ขั้นตอนการจัดจำหน่ายจะพิจารณาตั้งแต่การขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังตัวแทนจำหน่าย (Distributor) หรือผู้ค้าส่ง (Dealer) จนกระทั่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภค ดังนั้นขอบเขตที่พิจารณาในขั้นตอนการจัดจำหน่ายจึงประกอบด้วย การขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังตัวแทนจำหน่าย หรือผู้ค้าส่งการขนส่งผลิตภัณฑ์จากตัวแทนจำหน่าย (Distributor) หรือผู้ค้าส่งไปยังผู้ค้าปลีก (Retailer) การจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย ข้อมูลประกอบด้วย

1. ชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย

2. วิธีการจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย

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

4. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งจากตัวแทนจำหน่าย หรือผู้ค้าส่งไปยังผู้ค้าปลีกซึ่งอาจเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริงที่ได้มีการบันทึกไว้ หรือได้จากใบเสร็จค่าเชื้อเพลิง หรืออาจคำนวณจากประเภทพาหนะ อัตราบรรทุก และระยะทางในการขนส่งผลิตภัณฑ์แทนในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิง

5. ชนิดและปริมาณของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในการจัดเก็บและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่ายและขณะวางจำหน่าย เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

6. ชนิดและปริมาณของก๊าซเรือนกระจกและของเสียที่เกิดขึ้นขณะขนส่ง ก่อนวางจำหน่าย และขณะวางจำหน่าย

ขั้นตอนการใช้งาน

สำหรับขั้นตอนการใช้งานจะประเมินเฉพาะกรณีที่ขอบเขตการศึกษาเป็น B2C เท่านั้น เช่นกัน ขั้นตอนการใช้งานจะพิจารณาตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ออกจากร้านขายไปถึงผู้บริโภคจนกระทั่งผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน ดังนั้นขอบเขตที่พิจารณาในขั้นตอนการใช้งานจึงประกอบด้วย การขนส่งผลิตภัณฑ์จากร้านขายไปยังผู้บริโภค การเตรียมการสำหรับการติดตั้งผลิตภัณฑ์ การติดตั้ง การใช้งานหรือการบริโภคสินค้าตามสภาพปกติ การบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการใช้งาน จนกระทั่งผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน

การขนส่ง

ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งโดยให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่งสำหรับการขนส่งเพื่อกระจาย เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนขากลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟคเตอร์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ทั้งนี้ หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-gate ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน

คำนวณได้ดังนี้ [30]

ET = EF × load rate [%] × transportation load.....(2)

โดย

ET = ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (kg eq-CO_2)

EF = แฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg eq-CO_2/ton-km)

Load rate = อัตราภาระบรรทุก (%)

Transportation load = ภาระการขนส่ง (ton-km)

ในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งสามารถหาได้จากสมการข้างต้น โดยต้องมีการเก็บข้อมูลการขนส่งได้แก่ ชนิดของรถบรรทุก ระยะทาง น้ำหนักบรรทุก จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ และพิจารณาใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ตรงกับลักษณะของการขนส่ง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการโดยใช้ข้อกำหนดและระเบียบการเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044 ดังแสดงรายละเอียดของรูปแบบที่ดำเนินการเก็บข้อมูลดังตาราง 18

ตาราง 18 การเก็บข้อมูลตามมาตรฐานสากล ISO 14044

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

การวิเคราะห์การจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์กระบวนการ เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ปริมาณการปลอดปล่อยมลภาวะตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายดิบแล้วนั้น จะนำมาสู่การวิเคราะห์กระบวนการโดยละเอียดในด้านของการจัดการพลังงงานและสิ่งแวดล้อมของตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยจะมีการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน สัดส่วนการใช้ และการเกิดภาระด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต เพื่อจัดทำแนวทางและมาตรการในการจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}}$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุนมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ดังสมการต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+i)^n} - I$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

I = เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ย (%)

n = อายุการใช้งานเครื่องจักร (ปี)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

คืออัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงินเป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ดังสมการต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+IRR)^n}$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (%)

n = อายุการใช้งานเครื่องจักร (ปี)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อใช้ข้อมูลในการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการจัดทำมาตรการทางพลังงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อลดผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ และรวมถึงการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบHi-polและ J-spec ที่มีสมบัติดังตาราง 19

ตาราง 19 คุณสมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

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

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตการเพาะปลูกอ้อยปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1kgซึ่งผลการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

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

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

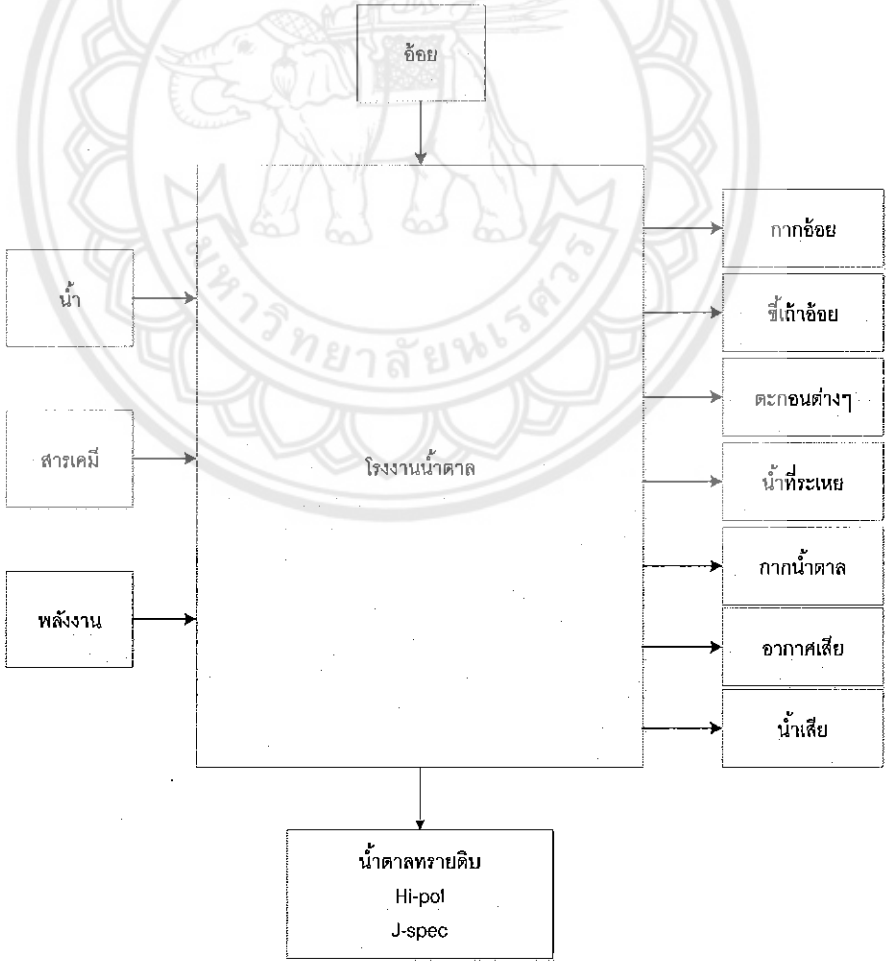
การจัดทำบัญชีรายการ คือขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งได้แก่

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

ฯลฯ

สมดุลมวลสารทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และ J-spec

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



ภาพ 30 การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและขาออกของแต่ละกระบวนการ โดยจะแสดงบัญชีรายการของแต่ละกระบวนการ ดังตาราง 20 - 22

การจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

บัญชีรายการของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย)

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการปลูกอ้อย 1 ไร่ ของการเพาะปลูกอ้อย ปี พ.ศ.2555/2556 ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีการผลิต พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ดังตาราง 20

ตาราง 20 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (อ้อย)

ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
รายการ	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**รายการ**	**ปริมาณ**	**หน่วย**
ปุ๋ยยูเรีย สูตร (46-0-0)	20.00	kg	อ้อย	15,000	kg
ปุ๋ยสูตร (16-20-0)	40.00	kg			
ปุ๋ย สูตร (15-7-18)	40.00	kg			
คำนวณปริมาณการใช้ปุ๋ยตามการแยกแร่ธาตุ					
ไนโตรเจน (N)	12.40	kg			
การปลดปล่อย N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน	12.40	kg			
ฟอสฟอรัส (P)	10.80	kg			
โปแทสเซียม (K)	7.20	kg			
น้ำมันดีเซล(การได้มา)	35.78	kg			
น้ำมันดีเซล(การเผาไหม้)	43.00	Liter			

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของกระบวนการหีบ กระบวนการเติมสารเคมี กระบวนการทำใสของน้ำอ้อย ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบดังตาราง 21

ตาราง 21 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการหีบ เติมสารเคมี การทำใสของน้ำอ้อย

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

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี่ยว ปั่น

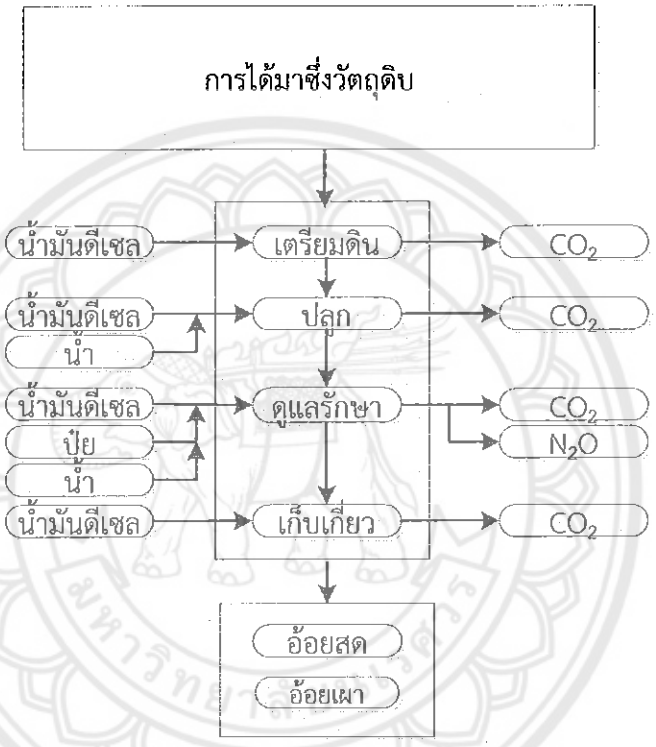
บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของกระบวนการต้มกระบวนการเคี่ยวกระบวนการปั่นน้ำตาลซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตน้ำตาลทรายดิบดังตาราง 22

ตาราง 22 บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการต้ม เคี่ยว ปั่น

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

แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

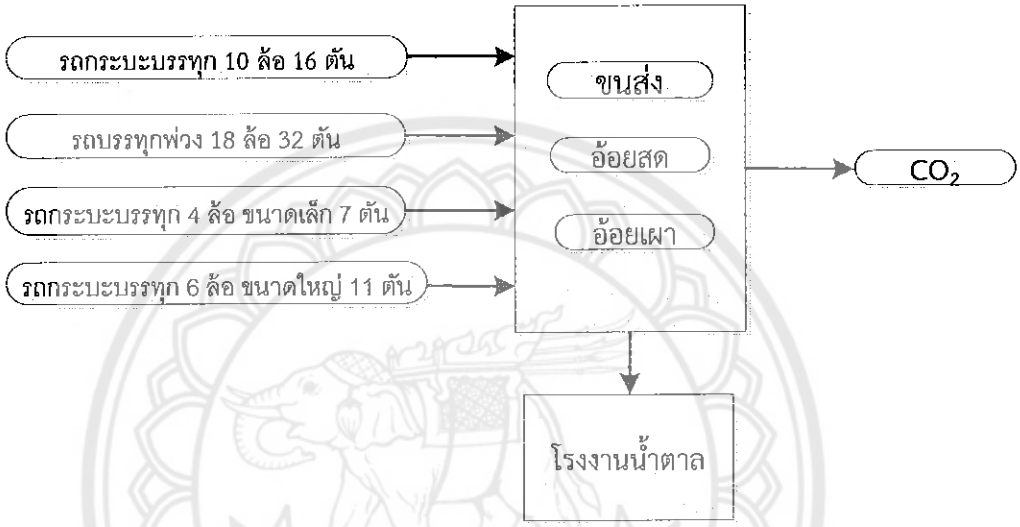
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะมีขึ้นตอนการเตรียมดิน ซึ่งการเตรียมดินก็จะใช้เครื่องจักรการเกษตร เช่น รถไถ การปลูกอ้อยก็จะมีการใช้เครื่องปลูกอ้อย การดูแลรักษาก็จะมีการให้น้ำอ้อย การใส่ปุ๋ย การเก็บเกี่ยวก็จะใช้รถตัดอ้อย ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีการใช้น้ำมันดีเซล น้ำ ปุ๋ย เพื่อที่จะได้อ้อยที่สมบูรณ์และมีน้ำหนักที่สมบูรณ์ทำการน้ำตาลทราย ดังภาพ 31



ภาพ 31 แผนผังกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

แผนผังกระบวนการขนส่ง

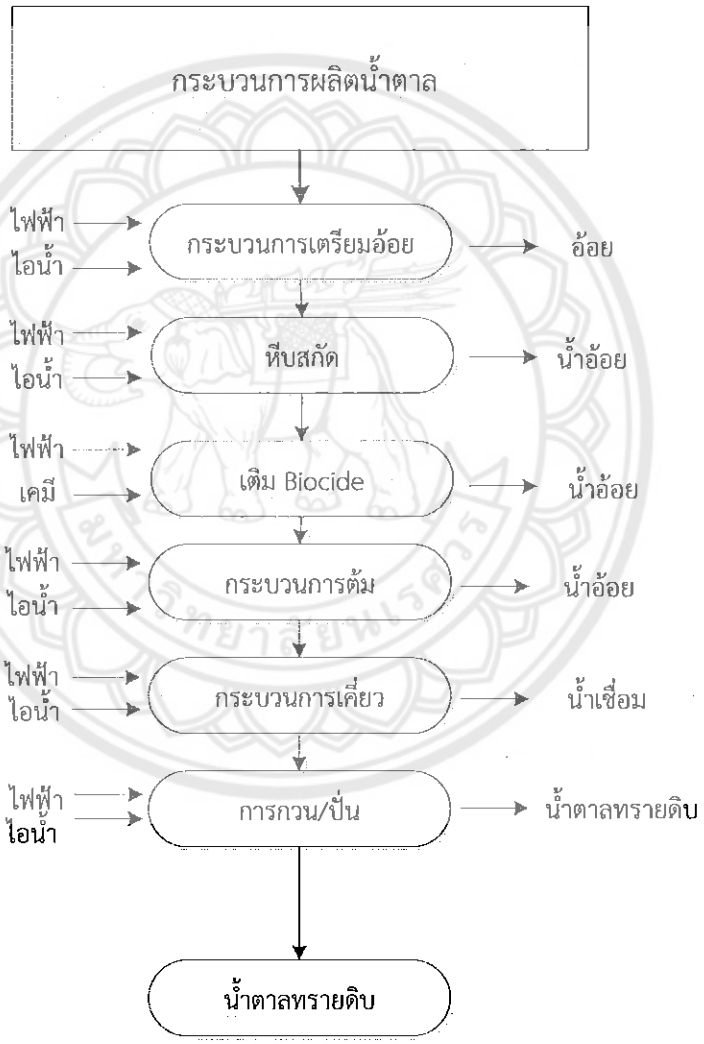
กระบวนการขนส่งผลผลิตจะประกอบไปด้วย รถบบรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน รถบรรทุก 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 32 ตัน รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 7 ตัน และรถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 11 ตัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ระยะทางในการขนส่งประมาณ 70 km ซึ่งรถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบบรทุก 16 ตัน คิดเป็น 92% ของการขนส่งทั้งหมด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



ภาพ 32 แผนผังกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ

แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

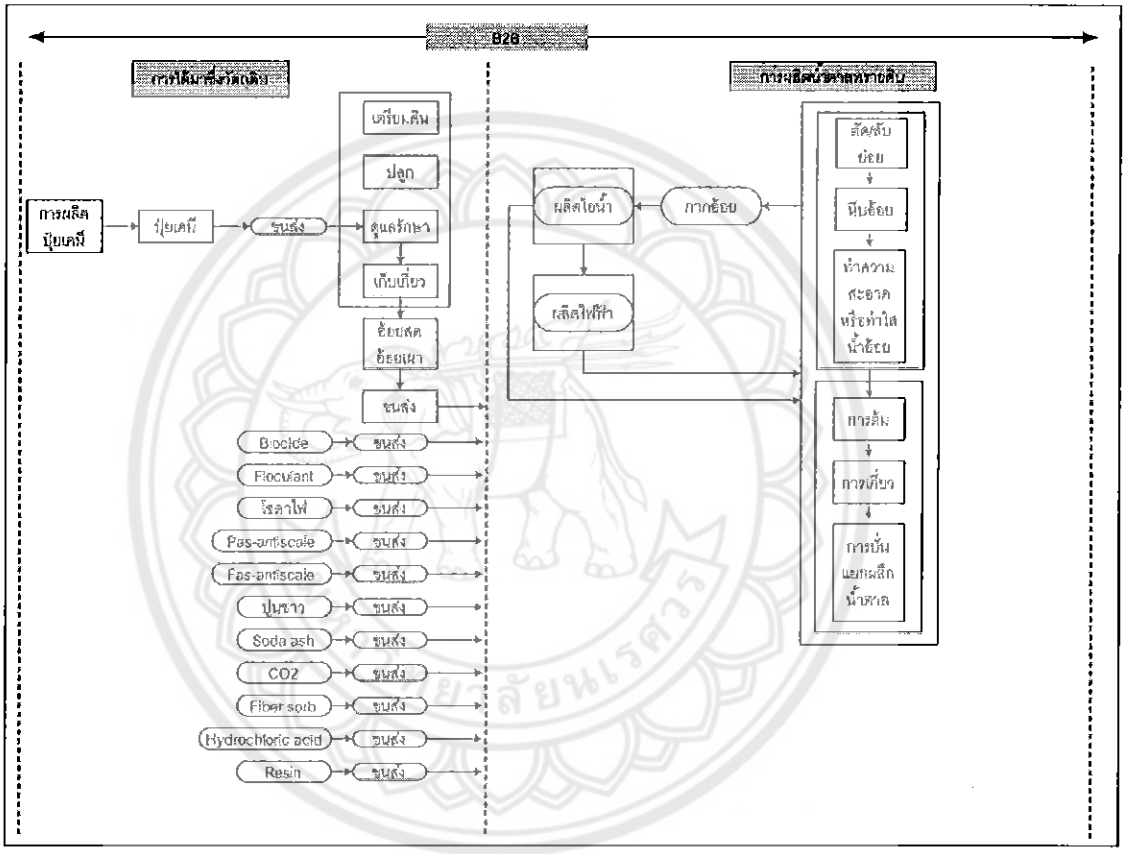
กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ประกอบด้วยกระบวนการเตรียมอ้อย กระบวนการหีบ กระบวนการเติมสารเคมี กระบวนการต้ม กระบวนการเคี่ยว กระบวนการปั่น ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนที่ใช้ได้มาจากโรงไฟฟ้าของโรงงาน ซึ่งใช้กากอ้อยที่ได้มาจากกระบวนการหีบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ดังภาพ 33



ภาพ 33 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ

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



ภาพ 34 แผนผังกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำตาลทรายดิบ

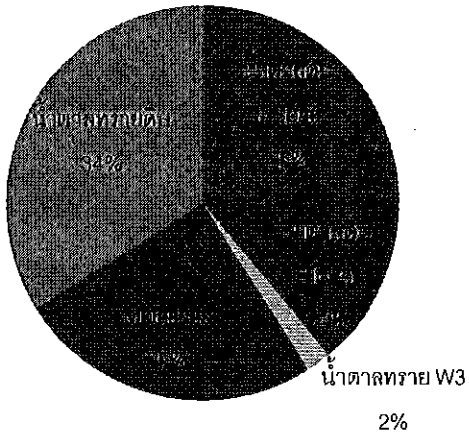
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ

การปันส่วนของผลิตภัณฑ์ ทำการปันส่วนโดยน้ำหนักของผลผลิตของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ช่วงการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555/2556 ซึ่งทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของน้ำตาลทรายดิบ J-spec และน้ำตาลทรายดิบ Hi-polแสดงรายละเอียดดังตาราง 23

ตาราง 23 การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

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

จากตาราง 23 สามารถจำแนกเป็นน้ำตาลทรายดิบ, น้ำตาลดิบ J-spec, น้ำตาลดิบ Hi-pol, น้ำตาลทรายดิบ W3 และโมลาส เมื่อคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักจะได้สัดส่วนเท่ากับ 129,734,828kg (34%), 98,025,030kg (25%), 54,637,160kg (14%), 5,902,600kg (2%), 97,106,000kg (25%) ตามลำดับ ดังภาพ 35



ภาพ 35 การปันส่วนผลิตภัณฑ์ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

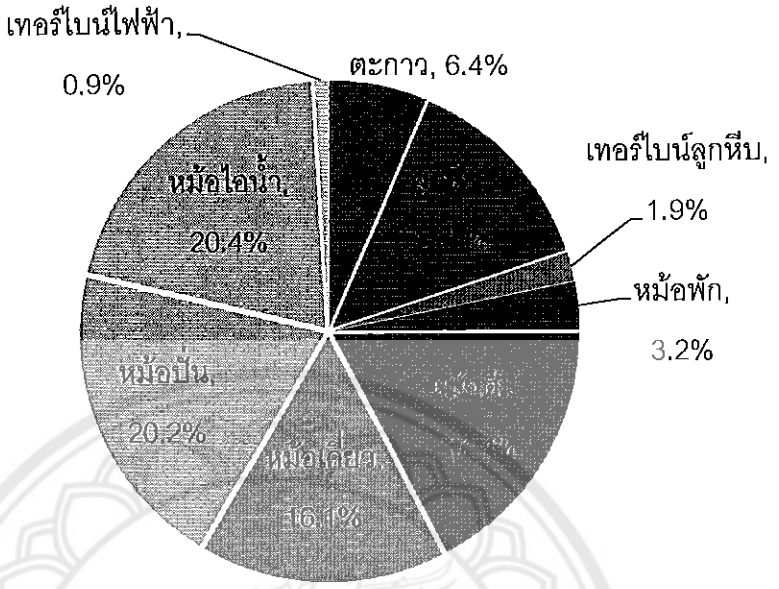
กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ของโรงงานมาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน และใช้ในส่วนของหม้อไอน้ำใช้ถึง 20.4% รองลงมาเป็นกระบวนการปั่น 20.2% หม้อต้ม 17.4% ตามลำดับ

ตาราง 24 ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

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

จากตาราง 24 สามารถจำแนกพลังงานที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆได้ ดังนี้ ตะกาว 6.4%, ลูกหีบ 13.5%, เทอร์ไบน์ ลูกหีบ 1.9%, หม้อพัก 3.2%, หม้อต้ม 17.4%, หม้อเคี่ยว 16.1%, หม้อปั่น 20.2%, หม้อไอน้ำ 20.4%, เทอร์ไบน์ไฟฟ้า 0.9% ตามลำดับ ดังแสดงภาพ 36 ซึ่งไฟฟ้าที่นำมาใช้ในกระบวนการต่างๆ ทางโรงงานน้ำตาลได้ทำการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในโรงงาน โดยใช้กากอ้อยที่ได้จากกระบวนการหีบอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่าง ๆ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์



ภาพ 36 ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

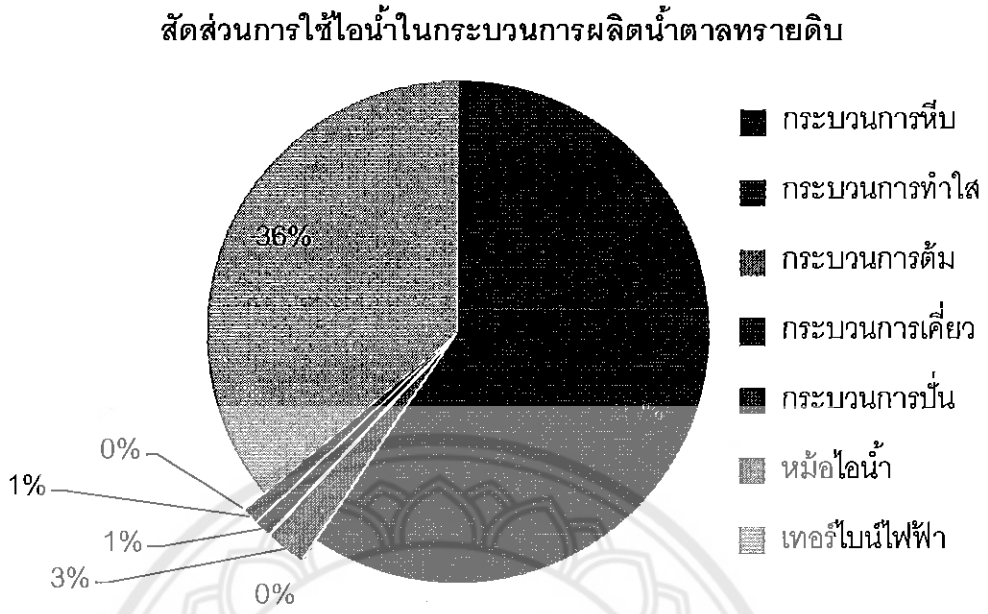
สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีการใช้พลังงานไอน้ำ โดยไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ของโรงงานมาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน และใช้ในส่วนของเทอร์ไบน์ลูกหีบใช้ถึง 59.39% รองลงมาเป็นเทอร์ไบน์ไฟฟ้า 36.11% หม้อต้ม 2.50% ตามลำดับ

ตาราง 25 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

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

จากตาราง 25 สามารถจำแนกพลังงานที่ใช้ในเครื่องมือต่างๆได้ดังนี้ กระบวนการที่มีการใช้ไอน้ำส่วนหลักๆ เป็นส่วนของเทอร์ไบน์ลูกหีบ 59.39% ซึ่งทำหน้าที่ในการบีบอัดอ้อยโดยใช้ไอน้ำขับเคลื่อนกระบวนการหีบ รองลงมาเป็นกระบวนการเทอร์ไบน์ไฟฟ้า 36.11% และหม้อต้ม 2.50% ส่วนกระบวนการอื่นๆ ก็ใช้ไอน้ำเป็นจำนวนที่น้อยมาก ตามลำดับ แสดงดังภาพ 37



ภาพ 37 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ภาพ 38 สัดส่วนการใช้ไอน้ำของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

จากตาราง 25 เป็นการใช้พลังงานไอน้ำตามกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีทั้งกระบวนการเตรียมอ้อย กระบวนการหีบ กระบวนการทำใส กระบวนการต้ม กระบวนการเคี่ยว กระบวนการปั่น หม้อไอน้ำ เทอร์ไบน์ไฟฟ้า ซึ่งเทอร์ไบน์ไฟฟ้ามีหน้าที่ใช้พลังงานไอน้ำไปปั่นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาใช้ในโรงงานมากที่สุดถึง 36.11% แสดงดังภาพ 37 และ 38

ผลของดัชนีพลังงาน (Specific Energy Consumption : SEC) **ของกระบวนการผลิตน้ำตาล**

จากสมการดัชนีพลังงาน (SEC)

$$SEC = \frac{\sum E}{\sum P}$$

เมื่อ

SEC	;	ดัชนีพลังงานต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์
$\sum E$	;	ปริมาณพลังงานที่ใช้ (MJ)
$\sum P$	;	ปริมาณผลผลิต (ton)

หมายเหตุ: ปริมาณพลังงานที่ใช้ (MJ) ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

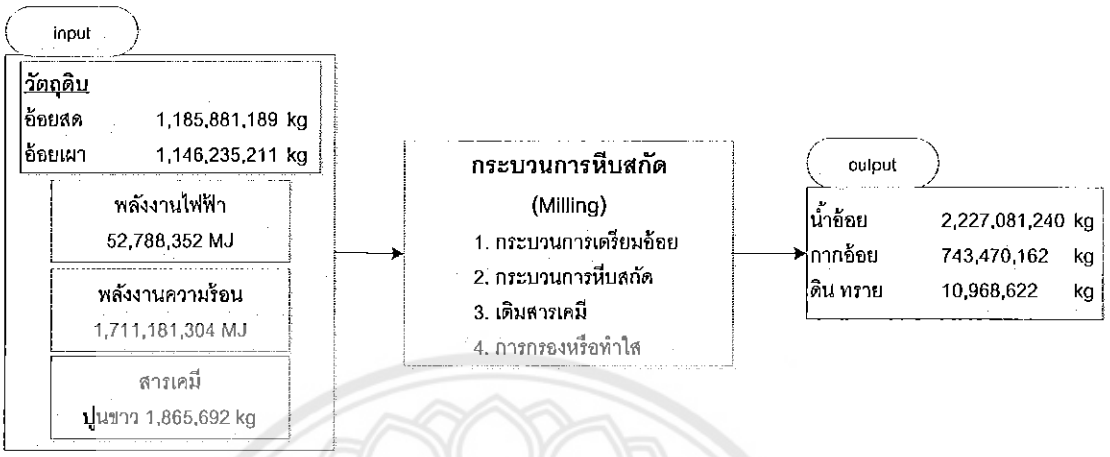
พลังงานไฟฟ้า (MJ) = (ไฟฟ้าที่ใช้ (Kwh) x ค่าความร้อน (MJ/KWh)) / *ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า

พลังงานความร้อน (MJ) = ปริมาณเชื้อเพลิง (ton) x ค่าความร้อน (MJ/ton)

ตาราง 26 ค่าความร้อนต่อหน่วย

ค่าความร้อนต่อหน่วย		หน่วย
ไฟฟ้า	3.6	MJ/KWh
ไอน้ำ	2,110	MJ/ton
ไอเสีย	2,838	MJ/ton

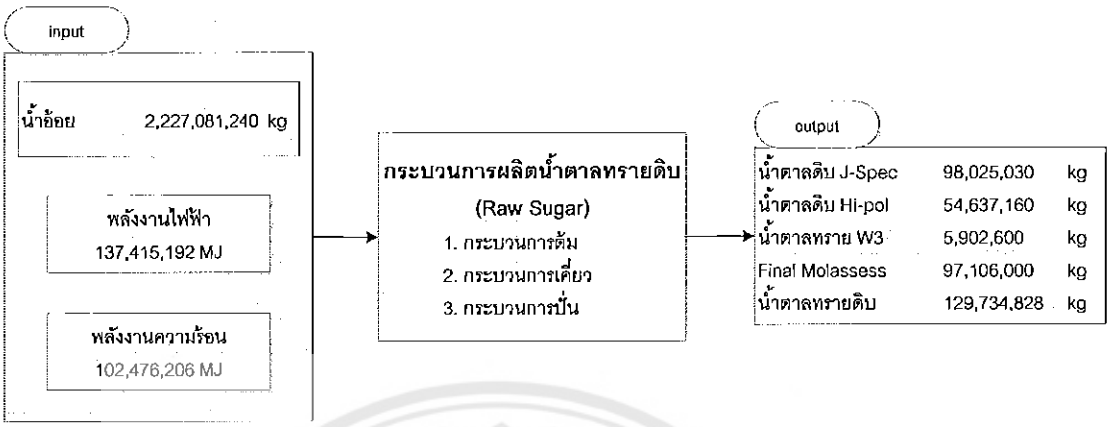
ส่วนที่ 1 กระบวนการในช่วงหีบสกัด (Milling)



ภาพ 39 ผลของดัชนีพลังงานช่วง Milling

จากผลการศึกษาค่าดัชนีพลังงานในช่วงกระบวนการหีบสกัด (Milling) พบว่า มีปริมาณอ้อยเข้าไปจำนวน 2,332,116,400 kg โดยสามารถแบ่งอ้อยได้ 2 ชนิด คือ อ้อยสด 1,185,881,189 kg และอ้อยเผา 1,146,235,211 kg แล้วนำเข้าสู่ กระบวนการเตรียมอ้อย เป็นกระบวนการแรกของกระบวนการผลิตน้ำตาล มีหน้าที่ทำความสะอาดอ้อย โดยแยก ดิน ทราย กาก ใบ ออกจากอ้อยสดและอ้อยเผา แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการหีบสกัดเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดของกระบวนการผลิตน้ำตาล มีหน้าที่ สกัดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย ได้ปริมาณน้ำอ้อย 2,227,081,240 kg และกากอ้อย 743,470,162 kg โดยกากอ้อยจะถูกส่งไปยังกระบวนการผลิตไอน้ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ ไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไปแล้วส่งต่อไปยังกระบวนการเติมสารเคมีเพื่อทำการฆ่าเชื้อแบคทีเรียน้ำอ้อย แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการกรองหรือทำใส มีหน้าที่ กรองน้ำอ้อยหรือทำใสให้น้ำอ้อยมีความสะอาดมากที่สุด แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบต่อไปซึ่งในช่วงกระบวนการนี้ มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 2 ชนิด ดังนี้ พลังงานไฟฟ้า 52,788,352 MJ และพลังงานความร้อน 1,711,181,304 MJ ดังภาพ 39

ส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตในช่วงน้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar)



ภาพ 40 ผลของดัชนีพลังงานช่วง Raw Sugar

จากผลการศึกษาค่าดัชนีพลังงานในช่วงน้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar) ได้รับอ้อยมาจากกระบวนการในช่วง Milling พบว่า มีปริมาณน้ำอ้อยจำนวน 2,227,081,240 kg แล้วนำเข้าสู่กระบวนการต้มน้ำอ้อย มีหน้าที่ ต้มน้ำอ้อย เพื่อฆ่าเชื้อต่างๆ และป้องกันการเน่าเสียของน้ำอ้อย แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการเคี่ยว มีหน้าที่ เคี่ยวน้ำอ้อยให้เป็นน้ำเชื่อม แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการปั่น ทำหน้าที่ ปั่นน้ำเชื่อมให้ได้เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ ตามค่าสี (ICUMSA) และความชื้นของน้ำตาลที่กำหนดไว้ ได้เป็นน้ำตาลจำนวน 385,405,618 kg โดยสามารถแบ่งน้ำตาลออกได้เป็น 5 ชนิด น้ำตาลดิบ J-spec จำนวน 98,025,030 kg, น้ำตาลดิบ Hi-pol จำนวน 54,637,160 kg, น้ำตาลทราย W3 จำนวน 5,902,600 kg, โมลาส จำนวน 97,106,000 kg, น้ำตาลทรายดิบ 129,734,828 kg ในส่วนของน้ำตาลทราบดิบนี้จะถูกนำไปทำละลายเพื่อผลิตน้ำตาลทรายขาวต่อไป ซึ่งในช่วงกระบวนการนี้ มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 2 ชนิด ดังนี้ พลังงานไฟฟ้า 137,415,192 MJ และพลังงานความร้อน 102,476,206 MJ ดังภาพ 40

จากผลการศึกษาค่าดัชนีพลังงานการผลิตน้ำตาลทราบดิบ พบว่า ในช่วงกระบวนการหีบสกัด (Milling) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 52,788,352 MJ และพลังงานความร้อน 1,711,181,304 MJ ซึ่งปริมาณสารขาออกที่ได้คือ น้ำอ้อย 2,227,081,240 kg ค่าดัชนีพลังงานในช่วงกระบวนการหีบสกัด (Milling) เท่ากับ 792.05 MJ/ton และในช่วงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 137,415,192 MJ และพลังงานความร้อน 102,476,206 MJ ซึ่งปริมาณสารขาออกที่ได้คือ น้ำตาลดิบ J-spec, น้ำตาลดิบ Hi-pol, น้ำตาลทราย W3, โมลาสและน้ำตาลทรายดิบ ค่าดัชนีพลังงานในช่วงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar) เท่ากับ 5,199 MJ/ton

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่าง ๆ ของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

จากการเก็บข้อมูลวัตถุดิบสารเคมีพลังงานและทรัพยากรต่างๆสามารถนำมาคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์และทำการคิดสัดส่วนของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol 14% ของผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 28 - 30

ตาราง 27 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol **ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์**

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

ตาราง 28 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
กระบวนการหีบสกัด (Milling)					
อ้อยสด	21.7047	kg	0.0110	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.033730
อ้อยเผา	20.9790	kg	0.0152	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.045082
ปูนขาว	0.0341	kg	0.0025	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000012
Bacteriocide (antibiotic)	0.0002	kg	1.1500	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000040
Flocculant	0.0002	kg	1.4300	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000034
จารบี	0.0003	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000040
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0002	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000018
กระบวนการทำน้ำตาลดิบ (Raw Sugar)					
Molasses Refine	0.2339	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0063	kg	1.1148	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000997
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000048
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0003	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000087
Soda Ash	0.0001	kg	1.3015	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000027
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000006
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ0.08012$kgCO_2e$					

ตาราง 29 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิต

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
Milling (เตรียม>>หีบ>>เติมสารเคมี>>กรอง)					
Input					
น้ำร้อนพรมอ้อย	12.8051	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000000
ไฟฟ้า (ชีวมวล)	0.1208	kWh	0.0371	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000636
ไอน้ำ (ชีวมวล)	14.8431	kg	0.0264	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.055583
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	0.1654	kg	0.0003	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000007
ดีเซล (การขนดิน-ทราย)	0.0000	L	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000002
ดีเซล(การขนดิน-ทราย) -การเผาไหม้	0.0000	kg	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปี พ.ศ. 2555	0.000001
Output					
กากอ้อย	13.6074	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ไอเสีย	14.6862	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ดิน/ทราย	0.2008	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
น้ำเสีย	0.1654	kg	0.0002	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000004

ตาราง 30 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
Raw Sugar (ต้ม>เคี่ยว>ปั่น)					
Input					
น้ำร้อน (Condensate)	6.1626	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไอเสีย	0.6609	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไฟฟ้า (ซีวมวล)	0.3144	kWh	0.0371	คำนวณการผลิตไฟฟ้าจากซีวมวล	0.001654
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	1.3367	kg	0.0003	คำนวณการผลิตน้ำอ่อน	0.000055
Output					
Final Molasses	1.7773	kg		ไม่นำมาคิด (ปันส่วนออกแล้ว)	
Fillter Cake (กากหม้อกรอง)	2.3579	kg	0.0000	ให้เกษตรกร (มารับเอง)	0.000000
ไอระเหยออกคอนเดนเซอร์	6.1198	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำ Condensate	0.6609	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำเสีย	1.3367	L	0.0002	คำนวณการบำบัดน้ำเสีย	0.000035

ตาราง 30 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
บำรุงรักษา					
ไฟฟ้า(Grid)	0.04905	kWh	0.6093	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.029884
จารบี	0.00009	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000094
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00007	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000042
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิต 0.08786 $kgCO_2e$					
การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร0.16798 $kgCO_2e$					

กระบวนการขนส่ง

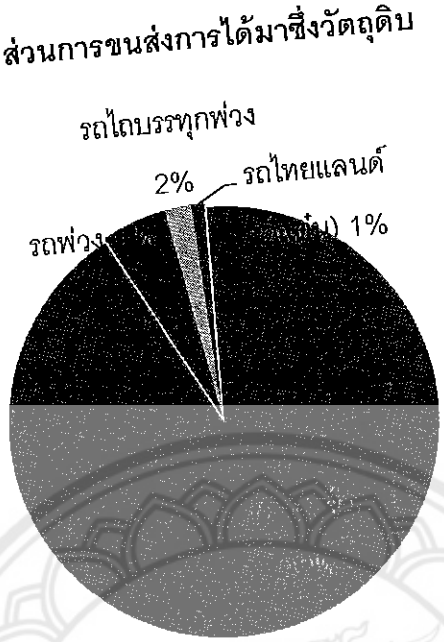
ในการศึกษาการขนส่งอ้อยไปถึงโรงงานของการผลิตเป็นน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีรายละเอียดคือ การขนส่งอ้อยที่มาจากไร่อ้อยจากจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดอุตรดิตถ์โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง 18 ล้อ รถไถบรรทุกพ่วง รถไทยแลนด์ และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจากคลังสินค้าที่จังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดอุตรดิตถ์จนมาถึงหน้าบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง 18 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 4 ล้อ ตามลำดับ [31]

สัดส่วนการขนส่งของการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

ตาราง 31 การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

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

จากตาราง 31 การขนส่งอ้อย >95% มาจากจังหวัดสุโขทัย (ระยะทาง 70 km) ที่เหลือมาจากพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์หรือพื้นที่ใกล้ๆ บริเวณโรงงานน้ำตาล (ระยะทาง 20-30 km) ซึ่งสัดส่วนของการขนส่ง 92% มาจากรถบรรทุก 10 ล้อ 5% มาจากรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 2% มาจากรถไถบรรทุกพ่วง และ 1% มาจากรถไทยแลนด์ แสดงดังภาพ 41



ภาพ 41 การขนส่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบอ้อย

ซึ่งการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol แสดงดังตาราง 32 - 35

กระบวนการขนส่ง

ตาราง 32 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบจากไร่อ้อย – โรงงานน้ำตาล

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง				ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	$kgCO_2e$/หน่วย	$kgCO_2e$/หน่วย
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)						
กระบวนการหีบอ้อย						
อ้อยดิบ	21.7047	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	1.46506	0.0530	0.07765
		75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	1.46506	0.5863	0.05369
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.16278	0.0441	0.00718
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.16278	0.8629	0.00439

ตาราง 32 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	รูปแบบการขนส่ง ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
อ้อยเผา	20.9790	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	1.41609	0.0530	0.07505
		75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	1.41609	0.5863	0.05189
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.11014	0.0441	0.00486
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.11014	0.8629	0.00297
		20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00420	0.1402	0.00059
		20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00420	0.3111	0.00019
		30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.01259	0.0610	0.00077

ตาราง 32 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
อ้อยเผา	4.6520	30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.01259	0.4892	0.00056

ตาราง 33 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)						
กระบวนการหีบอ้อย						
ปูนขาว	0.0341	439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.01499	0.0530	0.00079
		439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.01499	0.5863	0.00055

ตาราง 33 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง				ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	$kgCO_2e$/หน่วย	$kgCO_2e$/หน่วย
Biocide (Ailkyl Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00011	0.0530	0.00001
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00011	0.5863	0.00000
Flocculant	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00007	0.0530	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00007	0.5863	0.00000
จารบี	0.0003	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00001	0.0610	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00001	0.4892	0.00000

ตาราง 33 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาหนะ		ค่า EF	ผลคูณ
					$kgCO_2e$/หน่วย	$kgCO_2e$/หน่วย
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0002	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00001	0.4892	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00000	0.0610	0.00000
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0063	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0028	0.0530	0.00015
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0028	0.5863	0.00010
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00001	0.4892	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00000	0.0610	0.00000

ตาราง 33 (ต่อ)

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง				ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	$kgCO_2e$/หน่วย	$kgCO_2e$/หน่วย
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0001	0.0530	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0001	0.5863	0.00000
Soda Ash	0.0007	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0003	0.0530	0.00002
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0003	0.5863	0.00001
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0610	0.00000
			รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4892	0.00000

ตาราง 34 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง				ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	$KgCO_2e$/หน่วย	($kgCO_2e$/หน่วย)
การผลิต						
กระบวนการหีบอ้อย						
ดีเซล	0.0000	5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก 8.5 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0672	0.0000
		5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก 8.5 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4238	0.0000

ตาราง 35 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของกระบวนการบำรุงรักษาของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol

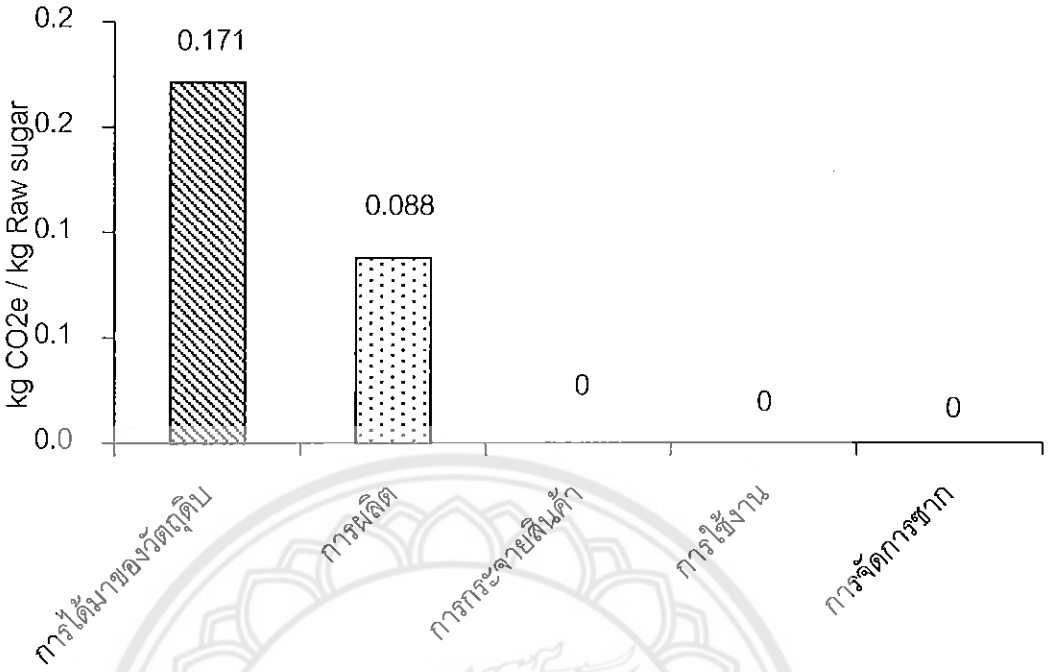
กระบวนการ	รูปแบบการขนส่ง				ค่า EF	ผลคูณ
	ปริมาณ	ระยะทาง	ประภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	$KgCO_2e$/หน่วย	($kgCO_2e$/หน่วย)
การบำรุงรักษา						
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00007	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.00000	0.0610	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00000	0.4892	0.00000
การปล่อย GHG ของการขนส่งทั้งหมด 0.28 $kgCO_2e$						

จากการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ โดยรายละเอียดแสดงดังตาราง 28 - 30 และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol แสดงดังตาราง 32 – 35 มีผลคำนวณดังตาราง 36

ตาราง 36 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

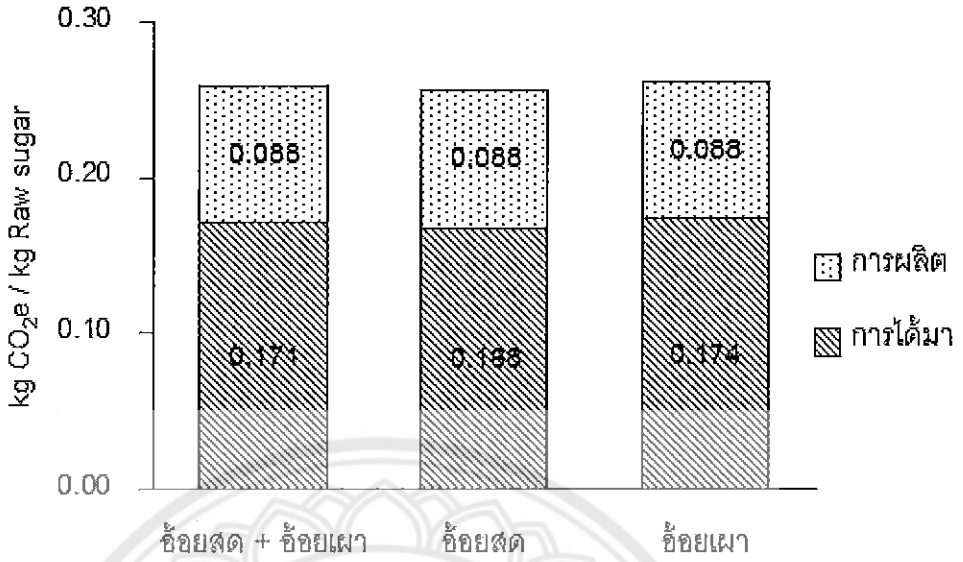
ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($kgCO_2e$)	การปล่อย GHG ของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($kgCO_2e$)	**ผลรวม** ($kgCO_2e$)	**สัดส่วน (%)**
การได้มาของวัตถุดิบ	0.019	0.152	0.171	66
การผลิต	0.088	0	0.088	34
การกระจายสินค้า	0	0	0	0
การใช้งาน	0	0	0	0
การจัดการซาก	0	0	0	0
รวม	0.107	0.152	0.259	100.00

จากตาราง 36 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่า 0.171 $kgCO_2e$ คิดเป็น 66% และในส่วนของกระบวนการผลิตพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่า 0.088 $kgCO_2e$ คิดเป็น 34% และในส่วนการกระจายสินค้า การใช้งาน การกำจัดซาก ที่มีค่าเท่ากับ 0 $kgCO_2e$ เพราะเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B (Business-to-Business) ซึ่งจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต เท่านั้น ซึ่งแสดงได้ดังภาพ 42



ภาพ 42 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ที่มีการใช้อ้อยสดและอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด + อ้อยเผา อ้อยสด และอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ซึ่งค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด+ อ้อยเผาที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายดิบมีค่าเท่ากับ 0.259 $kgCO_2/kg$ อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 0.256 $kgCO_2/kg$ และของอ้อยเผาอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 0.262 $kgCO_2/kg$ ดังภาพ 43 ดังนั้นการใช้อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าการใช้อ้อยเผา ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการใช้อ้อยสดมาผลิตน้ำตาลทรายดิบ เพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและลดการเกิดภาวะก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาอีกด้วย



ภาพ 43 กราฟเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทราย**ดิบ** Hi-pol **ของ** อ้อยสดอ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่าง ๆ ของน้ำตาลทรายดิบ J-spec

จากการเก็บข้อมูลวัตถุดิบสารเคมีพลังงานและทรัพยากรต่างๆสามารถนำมาคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทราย**ดิบ**J-specของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์และทำการคิดสัดส่วนของน้ำตาลทรายดิบ J-spec25% ของผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด โดยรายละเอียดแสดงดังตาราง 38 – 40 และการขนส่งของการได้มาของน้ำตาลทรายดิบ J-spec แสดงดังตาราง 41 - 44

ตาราง 37 **สมบัติของน้ำตาลทรายดิบ** J-spec **ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์**

ชนิดน้ำตาล	ค่าสี (ICUMSA)	Pol ค่าความหวานน้ำตาล (°z)	ความชื้น (%)
ทรายดิบ J-spec	2001-3800	97.30-98.0	≤ 1.0

ตาราง 38 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
กระบวนการหีบสกัด (Milling)					
อ้อยสด	12.0977	kg	0.0110	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.03373
อ้อยเผา	11.6933	kg	0.0152	ข้อมูลจากศูนย์วิจัยฝ่ายไร่ของบริษัทผู้ผลิต	0.04508
ปูนขาว	0.0190	kg	0.0025	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.00001
Bacteriocide (antibiotic)	0.0001	kg	1.1500	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.00004
Flocculant	0.0001	kg	1.4300	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.00003
จารบี	0.0001	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.00004
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.00002
กระบวนการทำน้ำตาลดิบ (Raw Sugar)					
Molasses Refine	0.1304	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0035	kg	1.1148	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000997
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0001	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000048
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	kg	1.9493	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000087
Soda Ash	0.0001	kg	1.3015	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000027
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0000	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000006
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.08 $kgCO_2e$					

ตาราง 39 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิต

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
Milling (เตรียม>หีบ>เติมสารเคมี>กรอง)					
น้ำร้อนพรมอ้อย	7.1373	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ไฟฟ้า (ซีวมวล)	0.0673	kWh	0.0371	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000339
ไอน้ำ (ซีวมวล)	8.2733	kg	0.0264	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.030981
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	0.0922	kg	0.0003	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000004
ดีเซล (การขนดิน-ทราย)	0.0000	L	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000001
ดีเซล(การขนดิน-ทราย) -การเผาไหม้	0.0000	kg	0.3282	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000001
Output					
กากอ้อย	7.5845	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ไอเสีย	8.1858	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
ดิน/ทราย	0.1119	kg	0.0000	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000000
น้ำเสีย	0.0922	kg	0.0002	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000002

ตาราง 40 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ สารเคมี ทรัพยากรและพลังงานของการผลิต

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
Raw Sugar (ต้ม>เคี่ยว>ปั่น)					
Input					
น้ำร้อน (Condensate)	3.4349	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไอเสีย	0.3684	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
ไฟฟ้า (ซีวมวล)	0.1752	kWh	0.0371	คำนวณการผลิตไฟฟ้าจากซีวมวล	0.001585
น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	0.7450	kg	0.0003	คำนวณการผลิตน้ำอ่อน	0.000055
Output					
Final Molasses	0.9906	kg		ไม่นำมาคิด (บันส่วนออกแล้ว)	
Fillter Cake (กากหม้อกรอง)	1.3143	kg	0.0000	ให้เกษตรกร (มารับเอง)	0.000000
ไอระเหยออกคอนเดนเซอร์	3.4111	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำ Condensate	0.3684	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ	0.000000
น้ำเสีย	0.7450	L	0.0002	คำนวณการบำบัดน้ำเสีย	0.000035

ตาราง 40 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
บำรุงรักษา					
ไฟฟ้า(Grid)	0.02734	kWh	0.6093	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.016657
จารบี	0.00005	kg	1.0547	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000052
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00004	kg	0.6157	ข้อมูลการผลิตน้ำตาลทรายดิบปีพ.ศ. 2555	0.000024
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของการผลิตน้ำตาล J-spec 0.07 $kgCO_2e$					
การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร 0.154 $kgCO_2e$					

กระบวนการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ J-spec

ตาราง 41 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบจากไร่อ้อย – โรงงานน้ำตาลของน้ำตาลทรายดิบJ-spec

กระบวนการ	ปริมาณ	รูปแบบการขนส่ง ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)						
กระบวนการหีบอ้อย						
อ้อยสด	12.0977	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.8166	0.0530	0.04328
		75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.8166	0.5863	0.02992
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0907	0.0441	0.00400
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0907	0.8629	0.00245
อ้อยเผา	11.6933	75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.7893	0.0530	0.04183
		75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.7893	0.5863	0.02892

ตาราง 41 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	รูปแบบการขนส่ง ระยะทาง	ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)						
กระบวนการหีบอ้อย						
อ้อยเผา	11.6933	75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0614	0.0441	0.00271
		75	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0614	0.8629	0.00166
		20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0023	0.1402	0.00033
		20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 7 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0023	0.3111	0.00010
		30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0070	0.0610	0.00043
		30	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0070	0.4892	0.00031

ตาราง 42 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากโรงงานผู้ผลิต – โรงงานน้ำตาล

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
การขนส่ง(การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)						
กระบวนการทำน้ำตาลดิบ (Raw Sugar)						
ปูนขาว	0.0190	439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0084	0.0530	0.00044
		439	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0084	0.5863	0.00031
Biocide (Allkyl Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride)	0.0001	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0001	0.0530	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0001	0.5863	0.00000
Flocculant	0.0001	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0530	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.00001	0.5863	0.0000004

ตาราง 42 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
จารบี	0.0001	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0610	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4892	0.00000
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0001	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0610	0.00000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4892	0.00000
โซดาไฟน้ำ 50%	0.0035	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0016	0.0530	0.00008
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0016	0.5863	0.00006
PAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0001	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0530	0.00000

ตาราง 42 (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประเภทภาหนะ	น้ำหนักบบทุก tkm	ค่า EF $kgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ $kgCO_2e$/หน่วย
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.5863	0.00000
FAS...(ป้องกันตะกรัน)	0.0002	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0001	0.0530	0.00000
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0001	0.5863	0.00000
Soda Ash	0.0007	442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0003	0.0530	0.00002
		442	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0003	0.5863	0.00001
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.0000	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0610	0.00000
			รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4892	0.00000

ตาราง 43 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	ค่า EF $KgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
การผลิต						
กระบวนการหีบอ้อย						
ดีเซล	0.0000	5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก 8.5 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0672	0.0000
		5	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก 8.5 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4238	0.0000

ตาราง 44 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งในกระบวนการบำรุงรักษาในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec

กระบวนการ	ปริมาณ	ระยะทาง	รูปแบบการขนส่ง ประภทพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก tkm	ค่า EF $KgCO_2e$/หน่วย	ผลคูณ ($kgCO_2e$/หน่วย)
การบำรุงรักษา						
น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	0.00004	20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) Full load	0.0000	0.0610	0.0000
		20	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน (วิ่งปกติ) No load	0.0000	0.4892	0.0000
การปล่อย GHG ของการขนส่งทั้งหมด 0.16 $kgCO_2e$						

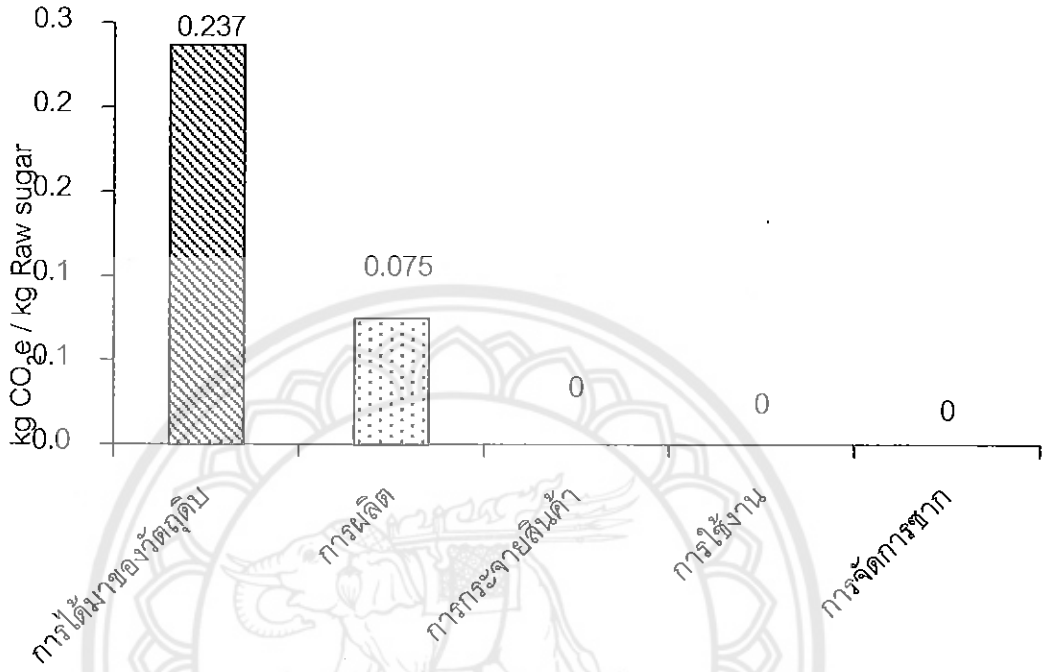
จากการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ โดยรายละเอียดแสดงดังตาราง 37 – 39 และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งของน้ำตาลทรายดิบ J-spec แสดงดังตาราง 40 – 43 มีผลคำนวณดังตาราง 45

ตาราง 45 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($kgCO_2e$)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($kgCO_2e$)	ผลรวม ($kgCO_2e$)	สัดส่วน (%)
การได้มาของวัตถุดิบ	0.080	0.157	0.237	76
การผลิต	0.075	0	0.075	24
การกระจายสินค้า	0	0	0	0
การใช้งาน	0	0	0	0
การจัดการซาก	0	0	0	0
รวม	0.155	0.157	0.312	100.00

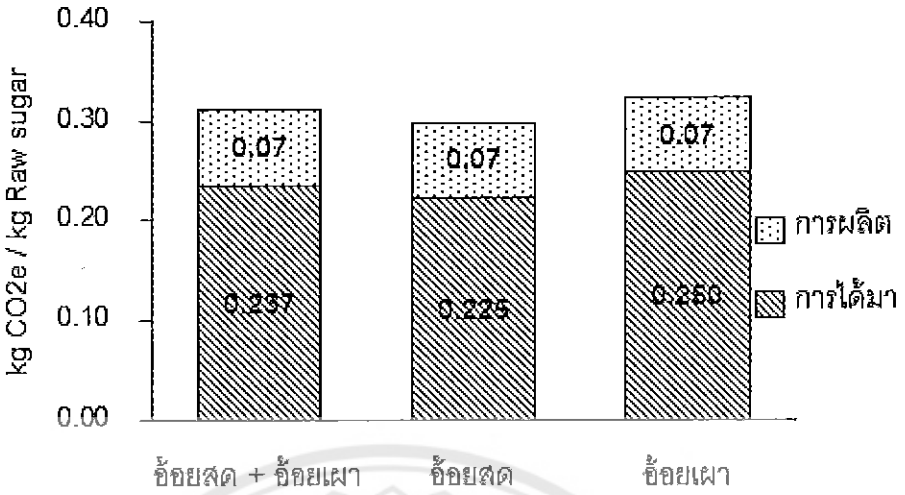
จากตาราง 45 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่า 0.237 $kgCO_2e$ คิดเป็น 76% และในส่วนของกระบวนการผลิตพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่า 0.075 $kgCO_2e$ คิดเป็น 24% และจากการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าต่างกัน ทั้งนี้ความแตกต่างของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ประสิทธิภาพเครื่องจักร ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบเป็นต้นและในส่วนการกระจายสินค้า การใช้งาน การกำจัดซาก ที่มีค่าเท่ากับ 0

$kgCO_2e$ เพราะเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B(Business-to-Business) ซึ่งจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต เท่านั้น ซึ่งแสดงได้ดังภาพ 44



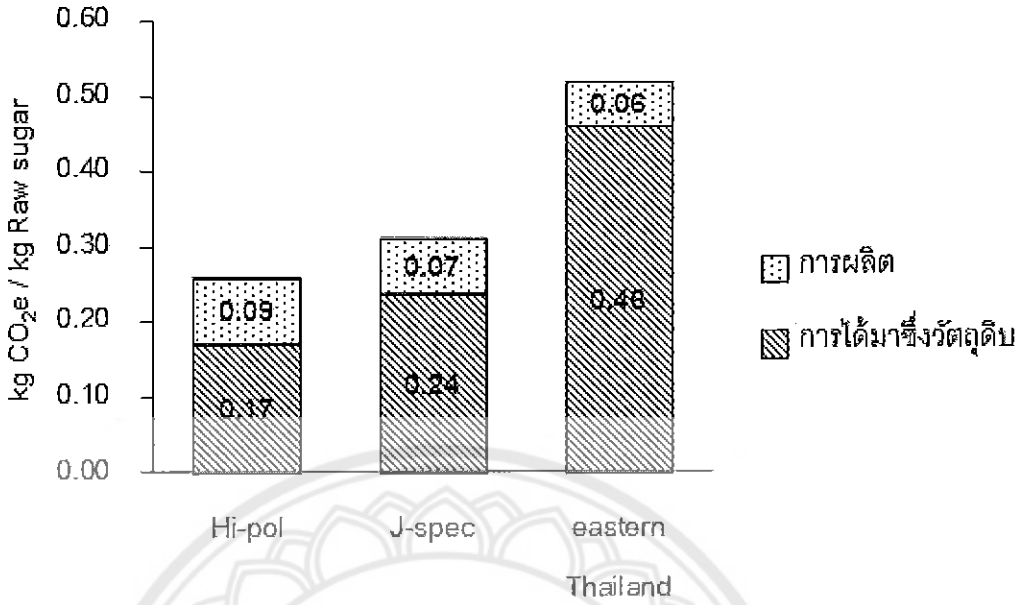
ภาพ 44 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ที่มีการใช้อ้อยสดและอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด + อ้อยเผา อ้อยสด และอ้อยเผาที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ซึ่งค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอ้อยสด + อ้อยเผาที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายดิบมีค่าเท่ากับ 0.312 $kgCO_2/kg$ อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 0.299 $kgCO_2/kg$ และของอ้อยเผาอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 0.325 $kgCO_2/kg$ ดังภาพ 45 ดังนั้นการใช้อ้อยสดอย่างเดียวมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าการใช้อ้อยเผา จึงควรส่งเสริมให้มีการใช้อ้อยสดมาผลิตน้ำตาลทรายดิบ เพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและลดการเกิดภาวะก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาอีกด้วย



ภาพ 45 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec **อ้อยสด อ้อยเผา ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์**

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ เปรียบเทียบกับภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีค่าเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e/kg$ และการผลิตน้ำตาลทรายดิบของภาคตะวันออกของประเทศไทยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.55 $kgCO_2e/kg$ ทั้งนี้ความแตกต่างของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันประสิทธิภาพเครื่องจักร ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบเป็นต้น ซึ่งแสดงรายละเอียดดังภาพ 46



ภาพ 46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ของการผลิต**น้ำตาลทราย

การลงทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ตาราง 46 การลงทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

กระบวนการ	เงินลงทุน/ตัน (บาท)
รถตัดอ้อย + การขนส่ง	370
คนตัดอ้อย + การขนส่ง	370

ในการลงทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยมีทั้งการใช้รถตัดอ้อย และการใช้แรงงานคน ซึ่งในกระบวนการตัดอ้อยก็จะประกอบไปด้วย การตัดอ้อย + การขนส่ง ราคาตันละ 370 บาท เท่ากับราคาการใช้แรงงานคนตัดอ้อยแต่การใช้แรงงานคนตัดจำเป็นต้องมีการเผาอ้อยเพื่อให้ง่ายต่อการตัดอ้อย จึงส่งผลกระทบในด้านของการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมาก จากราคาที่เท่ากันนี้การใช้รถตัดอ้อยมีข้อได้เปรียบและยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้คนตัด ดังนั้นในอนาคตจึงควรส่งเสริมให้มีการใช้รถตัดอ้อยเพื่อเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาอ้อย และยังเป็นการลดมลพิษที่ทำให้เกิดสภาวะของโลกร้อนได้อีกด้วย

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2

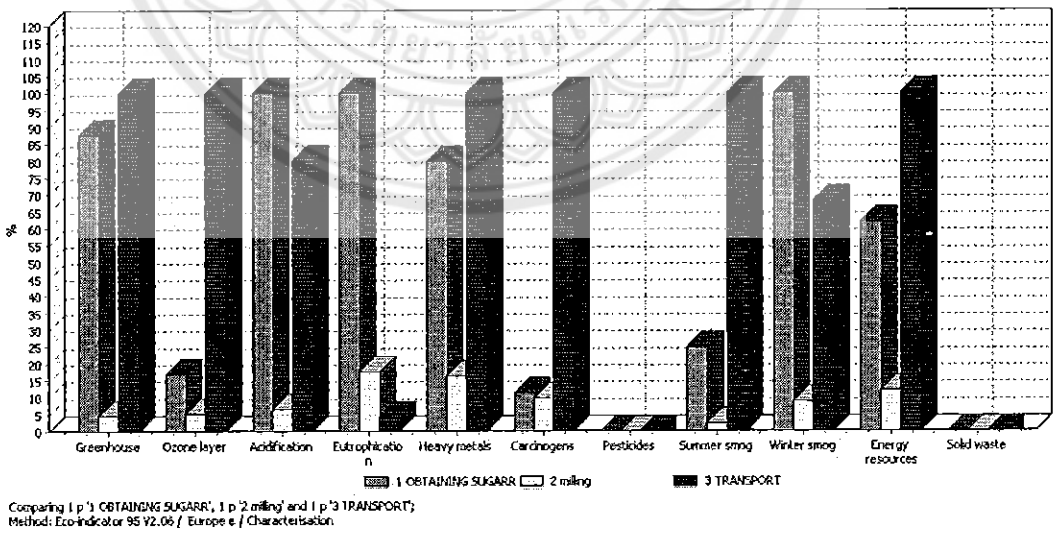
ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญที่ได้รับความสนใจจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งประชาชนทั่วไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ แทบทุกทวีปทั่วโลก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ตาราง 47 การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2

Impact category	Unit	OBTAINING SUGARR	MILLING	TRANSPORT
Greenhouse	kg CO_2	0.42577490	0.02232540	0.48459803
Ozone layer	kg CFC11	0.00000002	0.00000001	0.00000010
Acidification	kg SO_2	0.00228341	0.00015174	0.00183319
Eutrophication	kg PO_4	0.00725606	0.00127779	0.00031400
Heavy metals	kg Pb	0.00000322	0.00000065	0.00000404
Pesticides	kg act.subst	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Summer smog	kg C2H4	0.00005683	0.00000505	0.00022819
Winter smog	kg SPM	0.00103454	0.00009081	0.00070502
Energy resources	MJ LHV	5.16291044	1.00483879	8.32149139
Solid waste	kg	0.00000000	0.00000000	0.00000000

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบของแต่ละกลุ่มที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Characterization) จากตาราง 47 เป็นผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ การขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน ผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

จากตาราง 47 แสดงผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เลือกพิจารณาเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบมากในประเทศไทย มี 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 2) การลดลงของชั้นโอโซน 3) ภาวะความเป็นกรด 4) โลหะหนัก 5) สารก่อมะเร็ง และ 6) การใช้พลังงาน ซึ่งแสดงผลดังภาพ 47 ซึ่งผลการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.425775 kgCO_2 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.022325 kg CO_2 กระบวนการขนส่ง 0.484598 kgCO_2 การลดลงของชั้นโอโซนของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000002 kgCFC11 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000001 kgCFC11 กระบวนการขนส่ง 0.00000010 kgCFC11 ภาวะความเป็นกรดของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00228341 kgSO_2กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00015174 kgSO_2 กระบวนการขนส่ง 0.00183319 kg SO_2โลหะหนักของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000322 kgPb กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000065 kgPb กระบวนการขนส่ง 0.00000404 kgPb สารก่อมะเร็งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 0.00000000 kgB(a)P กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 0.00000000 kgB(a)P กระบวนการขนส่ง 0.00000003 kgB(a)P การใช้พลังงานของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 5.16291044 MJLHV กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1.00483879 MJLHV กระบวนการขนส่ง 8.32149139 MJLHV ตามลำดับ



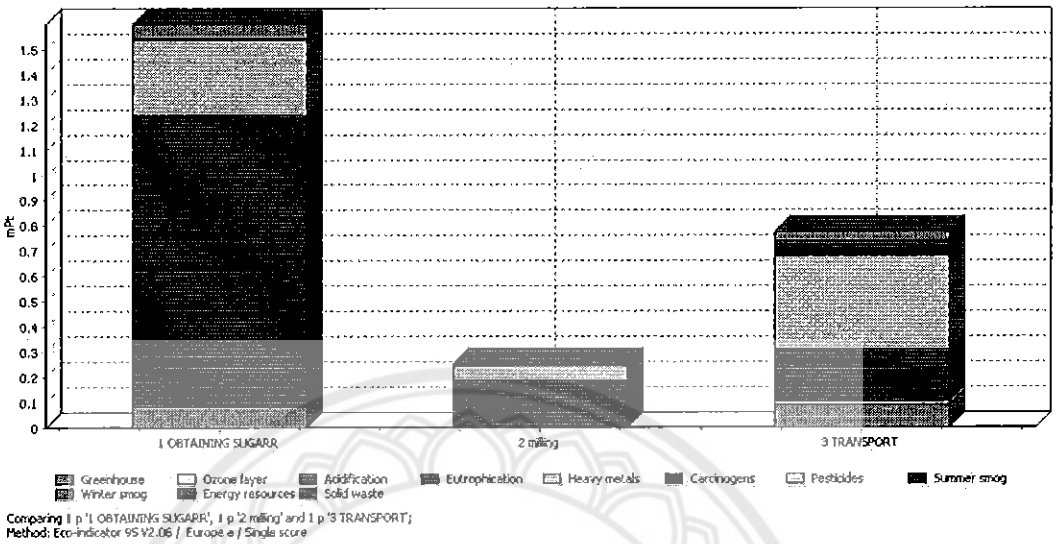
ภาพ 47 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม Simapro 7.2 ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 1 kg

การวิเคราะห์แบบ Single Score

ตาราง 48 การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบแบบ Single Score

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

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบ Single Score ที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต จากตาราง 48 เป็นผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตน้ำตาลทรายดิบ การขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดในการผลิตน้ำตาลทรายดิบ การประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลกระทบที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะพิจารณาในส่วน 1) การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 2) การลดลงของชั้นโอโซน 3) ภาวะความเป็นกรด 4) โลหะหนัก 5) สารก่อมะเร็ง และ 6) การใช้พลังงาน ซึ่งแสดงผลดังภาพ 48 จะเห็นได้ว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะมีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการใช้ เชื้อเพลิงดีเซล ปุ๋ย น้ำรวมทั้งการขนส่งผลิตมาถึงโรงงาน ซึ่งผลการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.0015992 Pt กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.0002540 Pt และกระบวนการขนส่งทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.0007765 Pt



ภาพ 48 ผลการประเมินผลกระทบที่เกิดมากที่สุดที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

การจัดทำมาตรการทางพลังงานและการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากวิกฤติพลังงานเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเนื่องจากต้นทุนพลังงานปัจจุบันมีการปรับตัวสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่พลังงานจะหมดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ควบคุมการใช้พลังงานในองค์กรเกิดประโยชน์สูงสุด จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานแต่ละกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ กระบวนการที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดจะอยู่ในส่วนของกระบวนการปั่น ดังนั้นนักวิจัยจึงได้จัดทำมาตรการการประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาลและมาตรการการลดเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ โดยการนำน้ำร้อนกลับมาใช้ใหม่มาตรการการเปลี่ยหลอดไฟ FLU 36W เป็นหลอดไฟ LED 18Wมาตรการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ เป็นต้น มาช่วยในการปรับปรุงระบบกระบวนการผลิตน้ำตาล จะช่วยให้เพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจได้ว่าการลงทุนในมาตรการการทางพลังงาน จะช่วยสร้างผลการประหยัดและมูลค่าเพิ่มให้กับผู้ประกอบการโดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}}$$

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+i)^n} - I = 0$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

I = เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยคิดที่ 12%

n = ระยะเวลาการดำเนินมาตรการคิดที่ 10 ปี

3. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา

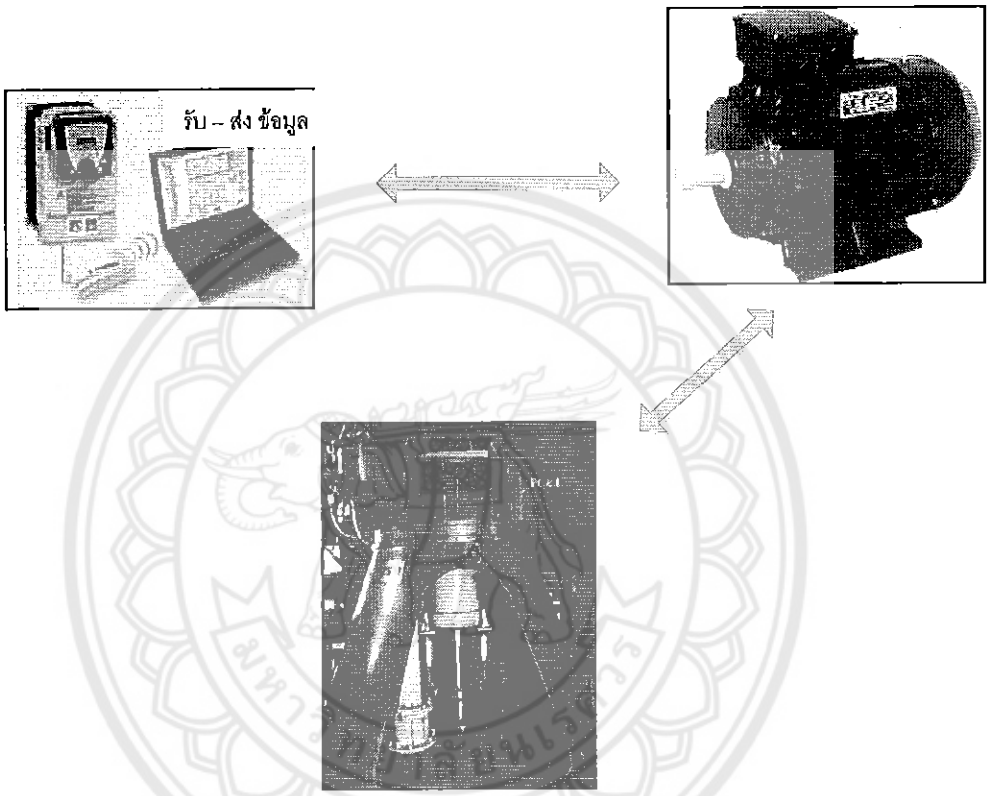
$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+IRR)^n} = 0$$

จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า สัดส่วนของการใช้ไฟฟ้าจากกระบวนการปั่นน้ำตาลทรายดิบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้คิดมาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในกระบวนการปั่นน้ำตาล

มาตรการที่ 1 การประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาล

เป็นมาตรการที่ช่วยให้ประหยัดพลังงาน โดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ที่สามารถช่วยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความต้องการปริมาณการใช้จะสามารถพลังงานได้ประมาณ 10-30% เมื่อเทียบกับการใช้หม้อปั่นที่มีความเร็วคงที่ [32] โดย Frequency Inverter นั้นมีหลายขนาดและรูปแบบตามการใช้งานเช่น ควบคุมเครื่องกลมอร์เตอร์ขนาดเล็ก (0.37 – 75 kW, 0.18 – 2.2kW, 0.18 – 15 kW) ควบคุมเครื่องที่มีความซับซ้อนที่ใช้พลังงานสูง (0.37 – 630 kW) ควบคุมปริมาณการปั่นของหม้อปั่นที่ทำงาน ดังภาพ 49

เนื่องจาก บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด เป็นบริษัทขนาดใหญ่มีปริมาณหม้อปั่นที่ใช้ในกระบวนการปั่นแยกน้ำตาลเป็นจำนวนมาก และมีกำลังการผลิตน้ำตาลประมาณ 18,000 ตัน/วัน จึงควรใช้เครื่อง Frequency Inverter ขนาดใหญ่ เช่น 500 kW ราคา 1,502,700 บาท และ 630 kW ราคา 1,839,200 บาท ฯลฯ เป็นต้น



ภาพ 49 ตำแหน่งการทำงานของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์กับระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ (วิธีการคำนวนสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เท่ากับ 2.9 ปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งคือต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (วิธีการคำนวณสามารถ

ดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 870,000 บาท ดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรนำระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา (วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากภาคผนวก) โดยจากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เพื่อการประหยัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าพบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มีค่าเท่ากับ 0.3232 หรือ 32% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรและมีความคุ้มค่าแก่การลงทุนเพื่อนำระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

ซึ่งมาตรการนี้มีเงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการเพื่อซื้อระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter ประมาณ 9,352,700 บาท โดยก่อนปรับปรุงจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 6,054,771 kWh/year และหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 4,843,817 kWh/year ทำให้ได้กระแสเงินที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละปีเท่ากับ 3,209,029 บาท แสดงให้เห็นดังตาราง 49

ตาราง 49 ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการประหยัดไฟฟ้าจากหม้อปั่น

ข้อมูล	ปริมาณการใช้จริง		หน่วย	เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (บาท)	กระแสเงินสดที่ประหยัดได้ในแต่ละปี (บาท)
	ก่อนปรับปรุง	ผลการประหยัดหลังปรับปรุง			
ไฟฟ้า	6,054,771	1,210,954	(kWh/y)	9,352,700	3,209,029

ตาราง 50 สรุปผลการวิเคราะห์การประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาล

รายการ	หน่วย	ระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter
1. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	2.9
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	บาท	870,000
3. อัตราผลตอบแทนภายใน	%	32

มาตรการที่ 2.การนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

เป็นมาตรการที่ช่วยให้ประหยัดพลังงานความร้อน โดยการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ สามารถช่วยปริมาณเชื้อเพลิงที่ผลิตไอน้ำได้ 20% ในกรณีที่คอนเดนเสทมีสิ่งเจือปนแม้ไม่สามารถส่งเข้าหม้อไอน้ำได้โดยตรง ควรนำคอนเดนเสทมาถ่ายเทความร้อนกับของไหลอื่น ซึ่งความร้อนที่เหลืออยู่คอนเดนเสทก็ยังสามารถใช้แลกเปลี่ยนให้ความร้อนกับของไหลอื่นได้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

เนื่องจาก บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด เป็นบริษัทขนาดใหญ่มีปริมาณการผลิตไอน้ำเป็นจำนวนมาก และมีกำลังการผลิตน้ำตาลประมาณ 18,000 ตัน/วัน จึงควรมีการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ เพื่อจะได้เป็นการประหยัดค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำอีกด้วย

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์กับการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ (วิธีการคำนวนสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เท่ากับ 5ปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งคือต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 43.92 ล้านบาทดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา (วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากภาคผนวก) โดยจากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพื่อการประหยัดค่าเชื้อเพลิงการผลิตไอน้ำ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มีค่าเท่ากับ 0.15 หรือ 15% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรและมีความคุ้มค่าแก่การการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

ซึ่งมาตรการนี้ไม่ต้องมีเงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ โดยก่อนปรับปรุงจะมีการใช้น้ำร้อน (Condensate) เท่ากับ 336,708,000 kg/ปี และหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 303,037,200 kg/ปี ทำให้ได้กระแสเงินที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละปีเท่ากับ 67,582,200 บาท แสดงให้เห็นดังตาราง 51

ตาราง 51 ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

ข้อมูล	ปริมาณการใช้จริง			เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (Bath)	กระแสเงินสดที่ประหยัดได้ในแต่ละปี (Bath)
	ก่อนปรับปรุง	ผลการประหยัดหลังปรับปรุง	หน่วย		
ไอน้ำ	336,708,000	303,037,200	kg/ปี	337,911,000	67,582,200

ตาราง 52 สรุปผลการวิเคราะห์มาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

รายการ	หน่วย	การนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่
1. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	5
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	ล้านบาท	43.92
3. อัตราผลตอบแทนภายใน	%	15

มาตรการที่ 3 มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

การเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W โดยในเบื้องต้นควรเปลี่ยนจุดที่มีชั่วโมงใช้งานสูงก่อน เช่น เกิน 16 ชั่วโมงขึ้นไป ใช้บัลลาสต์ชนิด Low loss หรือ อิเล็กทรอนิกส์ และในส่วนโรงจักรควรใช้แสงธรรมชาติช่วยโดยการติดกระเบื้องใสในส่วนของโรงจักรที่ทำการผลิตน้ำตาลทราย การติดกระเบื้องใสประมาณ 5% ของพื้นที่หลังคา จะให้แสงสว่างเพียงพอโดยไม่ต้องเปิดใช้หลอดไฟฟ้าและปิดเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้ ควรมีสวิตช์แยกสำหรับพื้นที่ต่างๆ เพื่อให้สามารถปิดไฟส่วนที่ไม่ได้ใช้งานได้ และสวิตช์ควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเปิดปิดได้โดยง่าย ควรติดตั้งสวิตช์กระตุกสำหรับไฟแสงสว่างในสำนักงานที่พนักงานไม่ค่อยได้นั่งประจำโต๊ะตลอดเวลา เพื่อให้เปิดปิดได้อย่างสะดวกตามความจำเป็น โดยต้องมีการรณรงค์ควบคู่ไปด้วย

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์กับการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ (วิธีการคำนวนสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W เท่ากับ 2.04 ปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งคือต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 160,310 บาท ดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา (วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากภาคผนวก) โดยจากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W เพื่อการประหยัดค่าไฟฟ้า พบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W มีค่าเท่ากับ 0.48 หรือ 48% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุน

ที่ต้องการคือ 12% ดังนั้น นักวิจัยเห็นว่าสมควรและมีความคุ้มค่าแก่การเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

ซึ่งมาตรการนี้ต้องมีเงินลงทุนตอนเริ่มการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W โดยก่อนปรับปรุงจะมีการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 218.11 kWh/y และหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 81.79 kWh/y ทำให้ได้กระแสเงินที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละปีเท่ากับ 136.32 kWh/y แสดงให้เห็นดังตาราง

ตาราง 53 ผลการประหยัดหลังปรับปรุงตามมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

ข้อมูล	ปริมาณการใช้จริง			เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (Bath)	กระแสเงินสดที่ประหยัดได้ในแต่ละปี (Bath)
	ก่อนปรับปรุง	ผลการประหยัดหลังปรับปรุง	หน่วย		
ไฟฟ้า	218.11	81.79	kWh/y	90,000	44,031

ตาราง 54 สรุปผลการวิเคราะห์มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

รายการ	หน่วย	การเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W
1. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	2.04
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	บาท	160,310
3. อัตราผลตอบแทนภายใน	%	48

มาตรการที่ 4 มาตรการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ

เป็นมาตรการที่ตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ โดยทำการตรวจสอบหาจุดที่ชำรุดหรือส่วนที่เกิดความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น เครื่องจักรที่อยู่ในแผนกต่างๆ ทั้งในส่วนเครื่องกลและส่วนบริการที่สนับสนุนกระบวนการผลิต เป็นต้น เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานรวมอันเนื่องมาจากอุปกรณ์และครื่องจักรต่างๆ เกิดรอยรั่วหรือเกิดความชำรุดเสียหายในระหว่าง

กระบวนการผลิตน้ำตาล แล้วทำการซ่อมแซมแก้ไขจุดที่รั่วหรือชำรุดเสียหายเพื่อให้อุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งควรทำการตรวจสอบอย่างน้อย 1 ครั้งต่อฤดูการผลิต ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์กับมาตรการการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการข้างต้น ซึ่งในมาตรการการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ นี้ไม่มีการลงทุน เนื่องจากสามารถให้พนักงานของบริษัทเข้าทำการตรวจสอบ เพื่อหารอยรั่วหรือจุดที่เกิดความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ได้ เพื่อทำการซ่อมแซมให้ใช้งานได้ตามปกติ ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน (PBP) ของมาตรการนี้จึงมีค่าเท่ากับศูนย์

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งคือต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุนโดยสมการการคำนวณสามารถดูได้จากข้างต้นซึ่งในมาตรการการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ นี้ไม่มีการลงทุน เนื่องจากสามารถให้พนักงานของบริษัทเข้าทำการตรวจสอบ เพื่อหารอยรั่วหรือจุดที่เกิดความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ได้ เพื่อทำการซ่อมแซมให้ใช้งานได้ตามปกติ ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของมาตรการนี้จึงมีค่าเท่ากับศูนย์

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา สามารถดูสมการการคำนวณได้จากข้างต้น ซึ่งในมาตรการการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ นี้ไม่มีการลงทุน เนื่องจากสามารถให้พนักงานของบริษัทเข้าทำการตรวจสอบ เพื่อหารอยรั่วหรือจุดที่เกิดความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ได้ เพื่อทำการซ่อมแซมให้ใช้งานได้ตามปกติ ดังนั้น อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของมาตรการนี้จึงมีค่าเท่ากับศูนย์

ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรและมีความเป็นไปได้สำหรับมาตรการ การตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ ที่จะนำมาตรการนี้มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานทั้งปริมาณไฟฟ้าและลดปริมาณการใช้ไอน้ำน้ำ อันเนื่องมากจากเกิดความชำรุดเสียหายในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาล เพื่อทำการแก้ไขซ่อมแซมให้งานได้ตามปกติและเต็มประสิทธิภาพซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลทั้งด้านปริมาณและด้านคุณภาพเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

บทที่ 5

บทสรุป

งานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง และทำการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์การผลิตน้ำตาลทรายกับประเทศบราซิล ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม Simapro Version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และจัดทำมาตรการทางด้านพลังงานและวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50 - 99.50 °z พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 0.171 $kgCO_2e$ คิดเป็น 66% และส่วนของกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.088 $kgCO_2e$ คิดเป็น 34%

ส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าสี 2001-3800 ICUMSAค่าความหวานน้ำตาล 97.30-98.0 °z มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 0.237 $kgCO_2e$ คิดเป็น 76% และในส่วนของกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.075 $kgCO_2e$ คิดเป็น 24%

เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำตาลของภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.55 $kgCO_2e/kg$ ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ากรณีศึกษา ทั้งนี้ความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกันในแต่ละกระบวนการย่อย เช่น การผลิตอ้อยสด มีผลมาจากการปลูก พื้นที่ การใช้สารเคมี วิธีการเก็บเกี่ยว หรือ ในกระบวนการผลิต มีเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน การใช้พลังงาน และประสิทธิภาพเครื่องจักร เป็นต้น ตัวแปรต่างๆ ที่ประกอบอยู่ในกระบวนการย่อยนั้น มีความสำคัญต่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environment Indicators)

การวิเคราะห์ค่าผลกระทบของแต่ละกระบวนการย่อยที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.420.02 และ 0.48 $kgCO_2e/kg$ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบ Single Score นั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดมากขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบตามลำดับ เนื่องจาก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อยจากการใช้คนงานตัดอ้อยเป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอแต่ในอนาคตคาดการณ์ว่าจะมีการใช้เครื่องจักร 100% จึงจะทำให้ผลกระทบของการได้มาซึ่งวัตถุดิบลดลงตามไปด้วย

มาตรการและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตน้ำตาล

จากการประเมินวัฏจักรชีวิต และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการย่อยต่างๆ สามารถนำมาจัดทำมาตรการด้านพลังงานและส่งแวดล้อม โดยมีการวิเคราะห์กระบวนกระผลิตซึ่งสามารถวางมาตรการการการจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งหมด 4 มาตรการในแต่ละกระบวนย่อย โดยประเมินความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุน ดังนี้

มาตรการมาตรการประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาล มีระยะเวลาคืนทุน (PBP) ประมาณ 2.9 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 870,000 บาท และผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 32%

มาตรการการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 43.92 ล้านบาท และผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 15%

มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.04 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ใหม่เท่ากับ 43.92 ล้านบาท และผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 48%

มาตรการตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ นั้น สามารถทำได้โดยตรงจากส่วนของโรงงานโดยการตรวจสอบประจำอย่างน้อย 1 ครั้ง/สัปดาห์ และถ้าเกิดข้อบกพร่องก็สามารถใช้เครื่องมือที่มีอยู่ของโรงงานซ่อมแซมได้ทันที จึงสมมุติว่าไม่มีเงินทุนในการดำเนินมาตรการซึ่งทำให้มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์มีค่า 100%

จากการทำมาตรการทางพลังงานต่างๆ มีผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรและคุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อพัฒนาระบบการผลิตน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บข้อมูลที่ทำการประเมินควรเก็บตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิต รวมถึงกระบวนการขนส่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดที่ใช้คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. การเก็บข้อมูลของบริษัทควรจัดให้มีแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลประจำปีของการผลิต เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำบัญชีรายการและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิต

3. ในการประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ควรเก็บข้อมูลเป็นข้อมูลจริง และเป็นปีที่ผลิตในปีที่ทำการประเมินเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน

4. ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีการผลิตออกมาเช่น น้ำตาลทรายขาว กากน้ำตาล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). **รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาล ปีการผลิต 2555/2556 ฉบับปิดหีบ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

[2] หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต. (ม.ป.ป.). **ขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์**. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555, จาก www.mtec.or.th

[3] ลักษณะของอ้อย. (ม.ป.ป.). **อ้อย**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม.2556, จาก http://th.wikipedia.org/wiki

[4] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2556). **รายงานพื้นที่การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2554/55 - 2555/56**. กรุงเทพฯ: กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย.

[5] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). **รายงานสรุปผลการประชุมคณะมนตรีองค์การน้ำตาลระหว่างประเทศ ครั้งที่ 41 – 42**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

[6] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555). **รายงานสถานที่ตั้งโรงงานน้ำตาลของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

[7] เกษม สุขสถาน. (ม.ป.ป.). **ขั้นตอนการปลูกอ้อย**. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555, จาก http://guru.sanook.com/

[8] ไทยชูการ์มิลเลอร์ จำกัด. (2555). **กระบวนการผลิตน้ำตาล**. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2556, จาก http://www.thaisugarmillers.com/home.html

[9] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555).**น้ำตาลทรายดิบ**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.ktisgroup.com/

[10] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **น้ำตาลทรายขาว**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.ktisgroup.com/

[11] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จากhttp://www.ktisgroup.com/

[12] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **โมลาส**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม.2556, จาก http://www.ktisgroup.com/

[13] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **เอทานอล.** สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.ktisgroup.com/

[14] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **ไฟฟ้า.** สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.ktisgroup.com/

[15] พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, รุ้งนภา ทองพูล, กิตตินันท์ อันนานนท์, อธิวัตร จริยาเวช, พรพิมล บุญคุ้ม, สุดกล้า บุญญนันท์ และคณะ (2554). **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์.** ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีลัวัสดุแห่งชาติ.

[16] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2556). **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์.** สืบค้นเมื่อ 18 มกราคม 2556, จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/

[17] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2555). **รายชื่อบริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์.** สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2555, จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/

[18] นิตยสารรางวัลดีเด่น Energy saving. (2556). **การจัดทำมาตรการทางพลังงานตามมาตรฐานISO 50001.** สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2556, จาก http://www.energysavingmedia.com/

[19] M.Yuttitham, ShabbirH.Gheewala and A.Chidthaisong. (2011). Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand. Journal of Cleaner Production, 19 (2011), 2119-2127.

[20] วิทยา กันยา. (2551). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[21] ชาคริย์ รถา. (2554). **การจัดทำข้อกำหนดเฉพาะในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[22] Kazuhito Sakai and AnshunYoshinage. (2006). Estimation of CO_2 emission from sugar cane product of okinawa by the life cycle assessment. USA.: American society of agricultural and biology engineers.

[23] Ramjeawon Toolseeram. (2004). Life cycle assessment of cane-sugar on the Island of Mauritius. International of life cycle assessment, 9, 254-260.

[24] ดารณี แจ้งหทัยกุล. (2546). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของกากอ้อยในการผลิตน้ำตาล.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[25] นเรศ ใหญ่วงศ์. (2554). **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีคัดกรองตัวแปร.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[26] วิจิตรา วิทยาไพโรจน์. (2553). **การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิ9น้ำตาลจากอ้อยโดยหลักการประเมินวงจรชีวิต.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[27] Renouf,M. (2006). Life cycle assessment (LCA) of sugar production in Queensland interim results of work part of broader research project – evaluating the environmental implication of product diversification in the Australian Sugar industry. Australia: Australian Society of Sugar Cane Technologists.

[28] Eduardo Barretto de Figueiredo. (2010). Greenhouse gas emission associated with sugar production in southern Brazil. Retrieved January 30, 2013, from http://www.cbmjournal.com/content/5/1/3

[29] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). **ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

[30] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). **รายละเอียดการวิเคราะห์ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การขนส่ง.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

[31] น้ำตาลไทยเอกลักษณ์. (2555). **การผลิตน้ำตาลทรายดิบ ปี พ.ศ.2555-2556.** อุตรดิตถ์: น้ำตาลไทยเอกลักษณ์.

[32] สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2554). **มาตรการประหยัดพลังงาน.** นครราชสีมา: สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภาคผนวก

มาตรการการประหยัดไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ของกระบวนการปั่นน้ำตาล

เป็นมาตรการที่ช่วยให้ประหยัดพลังงาน โดยใช้เทคโนโลยี Frequency Inverter ที่สามารถช่วยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความต้องการปริมาณการใช้จะสามารถพลังงานได้ประมาณ 10-30% เมื่อเทียบกับการใช้หม้อปั่นที่มีความเร็วคงที่ (ที่มา: มาตรการประหยัดพลังงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สิทธิชัย แสงอาทิตย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) โดย Frequency Inverter นั้นมีหลายขนาด และรูปแบบตามการใช้งาน เช่น ควบคุมเครื่องกลมอร์เตอร์ขนาดเล็ก (0.37 – 75 kW, 0.18 – 2.2 kW, 0.18 – 15 kW) ควบคุมเครื่องที่มีความซับซ้อนที่ใช้พลังงานสูง (0.37 – 630 kW) ควบคุมปริมาณการปั่นของหม้อปั่นที่ทำงาน

เนื่องจาก บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด เป็นบริษัทขนาดใหญ่มีปริมาณหม้อปั่นที่ใช้ในกระบวนการปั่นแยกน้ำตาลเป็นจำนวนมาก และมีกำลังการผลิตน้ำตาลประมาณ 18,000 ตัน/วัน จึงควรใช้เครื่อง Frequency Inverter ขนาดใหญ่ เช่น 500 kW ราคา 1,502,700 บาท และ 630 kW ราคา 1,839,200 บาท ฯลฯ เป็นต้น (ที่มา: บริษัท ซไนเดอร์ (ประเทศไทย) จำกัด)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{9,372,700}{3,209,029}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 2.9 \text{ปี}$$

ดังนั้นจากผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.9 ปี และสามารถประหยัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 20% เท่ากับ 1,210,954 kWh/years คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 3,209,029 บาท

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+i)^n} - I = 0$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

I = เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยคิดที่ 12%

n = ระยะเวลาการดำเนินมาตรการคิดที่ 10 ปี

ตาราง 55 **ข้อมูลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (NPV)

ปีที่	กระแสเงินสดรับสุทธิ (ล้านบาท)	อัตราดอกเบี้ย (%)	เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (ล้านบาท)	*มูลค่าซาก (บาท)	*ซ่อมบำรุง (บาท)
1	3.2	12	9.3	-	-
2	3.2	12	9.3	-	-
3	3.2	12	9.3	-	-
4	3.2	12	9.3	-	-
5	3.2	12	9.3	-	-
6	3.2	12	9.3	-	-
7	3.2	12	9.3	-	-
8	3.2	12	9.3	-	-
9	3.2	12	9.3	-	-
10	3.2	12	9.3	-	-

หมายเหตุ: *มูลค่าซากและซ่อมบำรุง ไม่นำมาคำนวณ

ดังนั้น จะได้ว่า

$$NPV = \frac{3.2}{(1+0.12)^1} + \frac{3.2}{(1+0.12)^2} + \frac{3.2}{(1+0.12)^3} + \ldots + \frac{3.2}{(1+0.12)^{10}}$$

$$NPV = [(2.85 + 2.55 + 2.27 + \ldots + 1.03) - 9.3]$$

NPV = 874,000 บาท

ดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เท่ากับ 874,000 บาทซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรนาระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+IRR)^n} = 0$$

$$NPV = \frac{3.2}{(1+0.3232)^1} + \frac{3.2}{(1+0.3232)^2} + \frac{3.2}{(1+0.3232)^3} + \ldots + \frac{3.2}{(1+0.3232)^{10}}$$

NPV = 874,000– 874,000

NPV = 0

IRR = 0.32%

หรือ IRR = 32.%

จากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เพื่อการประหยัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าพบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของระบบเทคโนโลยี

Frequency Inverter มีค่าเท่ากับ 32% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นจึงควรแก่การลงทุน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter พบว่าผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนระยะเวลาคืนทุน (PBP) ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.9 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เท่ากับ 870,000 บาทผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter เพื่อการประหยัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการใช้น้ำพบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มีค่าเท่ากับ 32% ซึ่งมากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรแก่การลงทุนเพื่อนำระบบเทคโนโลยี Frequency Inverter มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

มาตรการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

การใช้ไอน้ำในอุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นการใช้ความร้อนแฝง ส่วนความร้อนสัมผัสที่อยู่ในคอนเดนเสทซึ่งมีประมาณ 10-20% จะไม่ได้ใช้ประโยชน์ ไอน้ำที่ใช้งานแล้วยังสะอาดอยู่สามารถนำกลับมาป้อนเข้าหม้อไอน้ำได้อีกครั้งโดยตรง ถ้าการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ได้ทั้ง 100% จะลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 20% ในกรณีที่คอนเดนเสทมีสิ่งเจือปนแม้ไม่สามารถส่งเข้าหม้อไอน้ำได้โดยตรง ควรนำคอนเดนเสทมาถ่ายเทความร้อนกับของไหลอื่น ซึ่งความร้อนที่เหลืออยู่คอนเดนเสทก็ยังสามารถใช้แลกเปลี่ยนให้ความร้อนกับของไหลอื่นได้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การคำนวณมาตรการ

น้ำร้อน (Condensate) ที่ใช้ทั้งหมด 336,708,000 kg/ปี

น้ำร้อน (Condensate) ที่ใช้ไม่ได้ประมาณ 10% คิดเป็น 33,670,800 kg/ปี

น้ำร้อน (Condensate) ที่ใช้ได้ประมาณ 90% คิดเป็น 303,037,200 kg/ปี

ประหยัดเชื้อเพลิง (กากอ้อย) 20% คิดเป็น 135,164,400 kg/ปี

ราคากากอ้อย ตันละ 500 บาท

ราคาเชื้อเพลิงทั้งหมด 675,822 x 500 = 337,911,000 บาท/ปี

ผลการประหยัดเชื้อเพลิง 135,164 x 500 = 67,582,200 บาท/ปี

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์กับระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{337,911,000}{67,582,200}$$

ระยะเวลาคืนทุน =5ปี

ดังนั้นจากผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 ปีและสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ประมาณ 20% เท่ากับ 67,582,200 บาท/ปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+i)^n} - I = 0$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

I = เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยคิดที่ 12%

n = ระยะเวลาการดำเนินมาตรการคิดที่ 10 ปี

ข้อมูลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

ปีที่	กระแสเงินสดรับสุทธิ (ล้านบาท)	อัตราดอกเบี้ย (%)	เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (ล้านบาท)	*มูลค่าซาก (บาท)	*ซ่อมบำรุง (บาท)
1	67.58	12	337.91	-	-
2	67.58	12	337.91	-	-
3	67.58	12	337.91	-	-
4	67.58	12	337.91	-	-
5	67.58	12	337.91	-	-
6	67.58	12	337.91	-	-
7	67.58	12	337.91	-	-
8	67.58	12	337.91	-	-
9	67.58	12	337.91	-	-
10	67.58	12	337.91	-	-

หมายเหตุ: *มูลค่าซากและซ่อมบำรุง ไม่นำมาคำนวณ

ดังนั้น จะได้ว่า

$$NPV = \frac{67.58}{(1+0.12)^1} + \frac{67.58}{(1+0.12)^2} + \frac{67.58}{(1+0.12)^3} + \ldots + \frac{67.58}{(1+0.12)^{10}}$$

NPV = [(60.33 + 53.87 + 48.10 + 42.95 + 38.35 + 34.24 + 30.57 + 27.29 + 24.37 + 21.76) -337.91]

NPV = 43.92 ล้านบาท

ดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 43.92 ล้านบาทซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรนำระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+IRR)^n} = 0$$

$$NPV = \frac{67.58}{(1+0.1510)^1} + \frac{67.58}{(1+0.1510)^2} + \frac{67.58}{(1+0.1510)^3} + \ldots + \frac{67.58}{(1+0.1510)^{10}}$$

NPV	=	43.92 - 43.92
NPV	=	0
IRR	=	0.15%
หรือ IRR	=	15%

จากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มีค่าเท่ากับ 15% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้น จึงควรแก่การลงทุน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่พบว่าผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนระยะเวลาคืนทุน (PBP) ของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 43.92 ล้านบาทผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไอน้ำ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มีค่าเท่ากับ 15% ซึ่งมากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรแก่การลงทุนเพื่อนำระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

การเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18Wโดยในเบื้องต้นควรเปลี่ยนจุดที่มีชั่วโมงใช้งานสูงก่อน เช่น เกิน 16 ชั่วโมงขึ้นไป ใช้บัลลาสต์ชนิด Low Loss หรือ อิเล็กทรอนิกส์ และในส่วนโรงจักรควรใช้แสงธรรมชาติช่วยโดยการติดกระเบื้องใสในส่วนของโรงจักรที่ทำการผลิตน้ำตาลทราย การติดกระเบื้องใสประมาณ 5% ของพื้นที่หลังคา จะให้แสงสว่างเพียงพอโดยไม่ต้องเปิดใช้หลอดไฟฟ้า และปิดเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้ ควรมีสวิตช์แยกสำหรับพื้นที่ต่างๆเพื่อให้สามารถปิดไฟส่วนที่ไม่ได้ใช้งานได้ และสวิตช์ควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเปิดปิดได้โดยง่าย ควรติดตั้งสวิตช์กระตุกสำหรับไฟแสงสว่างในสำนักงานที่พนักงานไม่ค่อยได้นั่งประจำโต๊ะตลอดเวลา เพื่อให้เปิดปิดได้อย่างสะดวกตามความจำเป็น โดยต้องมีการรณรงค์ควบคู่ไปด้วย

การคำนวณมาตรการ

การเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W

การใช้พลังงานของหลอดไฟ FLU 36W

หน้าหีบ หลอดไฟ FLU 36 W ใช้ไฟฟ้า 0.048 kW ทำงาน 24 hr 120 วัน = 138.24 kWh/ปี/หลอด

หน้าซ่อมบำรุง หลอดไฟ FLU 36 W ใช้ไฟฟ้า 0.048 kW ทำงาน 8 hr 208 วัน = 79.87 kWh/ปี/หลอด

การใช้พลังงานของหลอดไฟ LED 18 W

หน้าหีบ หลอดไฟ LED 18 W ใช้ไฟฟ้า 0.018 kW ทำงาน 24 hr 120 วัน = 51.84 kWh/ปี/หลอด

หน้าซ่อมบำรุง หลอดไฟ LED 18 W ใช้ไฟฟ้า 0.018 kW ทำงาน 8 hr 208 วัน = 29.95 kWh/ปี/หลอด

ผลการประหยัด

หลอดไฟ FLU 36 W- หลอดไฟ LED 18 W= 136.32 kWh/ปี/หลอด

ส่วน office ของโรงงงานมีหลอดไฟ 100 หลอด

ราคาค่าไฟที่ประหยัดได้ 136.32 x 3.23 x 100 = 44,031 บาท/ปี

เงินลงทุนซื้อหลอด LED 18 W หลอดละ 900 บาท = 900 x 100 = 90,000 บาท

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36W เป็นหลอดไฟ LED 18W

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดลงทุนสุทธิตอนเริ่มมาตรการสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{90,000}{44,031}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 2.04 \text{ ปี}$$

ดังนั้นจากผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนของการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.04ปีและสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 44,031 บาท/ปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

หมายถึง ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายโดยนำมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+i)^n} - I = 0$$

เมื่อ

R_n = กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)

I = เงินลงทุนตอนเริ่มมาตรการสุทธิ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยคิดที่ 12%

n = ระยะเวลาการดำเนินมาตรการคิดที่ 10 ปี

ข้อมูลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

ปีที่	กระแสเงินสดรับสุทธิ (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (%)	เงินทุนตอนเริ่มมาตรการ (บาท)	*มูลค่าซาก (บาท)	*ซ่อมบำรุง (บาท)
1	44,031	12	90,000	-	-
2	44,031	12	90,000	-	-
3	44,031	12	90,000	-	-
4	44,031	12	90,000	-	-
5	44,031	12	90,000	-	-
6	44,031	12	90,000	-	-
7	44,031	12	90,000	-	-
8	44,031	12	90,000	-	-
9	44,031	12	90,000	-	-
10	44,031	12	90,000	-	-

หมายเหตุ: *มูลค่าซากและซ่อมบำรุง ไม่นำมาคำนวณ

ดังนั้น จะได้ว่า

$$NPV = \frac{44,031}{(1+0.12)^{1}} + \frac{44,031}{(1+0.12)^{2}} + \frac{44,031}{(1+0.12)^{3}} + \ldots + \frac{44,031}{(1+0.12)^{10}}$$

$$NPV = \left[(39,554 + 35,316 + 31,532 + \ldots + 14,263) - 90,000\right]$$

NPV = 160,310 บาท

ดังนั้นจากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W เท่ากับ 160,310 บาท ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจึงสมควรการเปลี่ยนหลอดไฟ FLU 36 W เป็นหลอดไฟ LED 18 W มาใช้ในห้องสำนักงานต่างๆ ของโรงงาน

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงิน เป็นอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา

$$NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{R_n}{(1+IRR)^n} = 0$$

$$NPV = \frac{44,031}{(1+0.1510)^1} + \frac{44,031}{(1+0.1510)^2} + \frac{44,031}{(1+0.1510)^3} + \ldots + \frac{44,031}{(1+0.1510)^{10}}$$

NPV = 160,310– 160,310

NPV = 0

IRR = 0.48%

หรือ IRR = 48%

จากผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายในของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W เป็นการช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าให้กับโรงงาน พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W มีค่าเท่ากับ 48% ซึ่งมีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นจึงควรแก่การลงทุน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W พบว่าผลการประเมินระยะเวลาคืนทุนระยะเวลาคืนทุน (PBP) ของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18W พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.04 ปีผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 160,310 บาทผลการประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W เป็นการประหยัดค่าไฟฟ้า พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W มีค่าเท่ากับ 48% ซึ่งมากกว่าต้นทุนของเงินทุนที่ต้องการคือ 12% ดังนั้นนักวิจัยเห็นว่าสมควรแก่การลงทุนการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 18 W มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล

ความหมายตัวแปรจากโปรแกรม Simapro 7.2

ตัวแปร	ความหมาย
Greenhouse	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Ozone layer	การทำลายชั้นบรรยากาศ
Acidification	ฝนกรด
Eutrophication	การเจริญเติบโตของพืช
Heavy metals	โลหะหนัก
Carcinogens	สารก่อมะเร็ง
Smog	หมอกควัน
Energy resources	การใช้พลังงาน

ที่มา: โปรแกรม Simapro 7.2

ผลผลิตอ้อยเปรียบเทียบกับต่างประเทศ

ประเทศ	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
ไทย	10.2
บราซิล	13-14
ออสเตรเลีย	12.5

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ค่าความหวาน (CCS) ของไทย เปรียบเทียบต่างประเทศ

ประเทศ	ค่าความหวาน (C.C.S)
ไทย	11-12
บราซิล	13-15
ออสเตรเลีย	13-15

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ค่า Emission Factor

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kgCO2e/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
กระบวนการหีบสกัด (Milling)				
1	อ้อยสด	kg	0.0110	Fr-06 การปลูกอ้อย
2	อ้อยเผา	kg	0.0152	Fr-06 การปลูกอ้อย
3	ปูนขาว	kg	0.0025	Calcium Carbonate ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น
4	Bacteriocide (antibiotic)	kg	1.1500	Enzyme (Amylase), จากงานวิจัย Cradle-to-Gate Environmental Assessment of Enzyme Products Produced Industrially in Denmark by Novozymes A/S Per H. Nielsen1, et al., Int J LCA 2006

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kgCO2e/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
5	Flocculant	kg	1.4300	cation polymer (WWT), Ecoinvent 2.0
6	จารบี	kg	1.0547	จารบี/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
7	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	kg	0.6157	น้ำมันหล่อลื่น/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
8	โซดาไฟน้ำ 50%	kg	1.1148	Sodium hydroxide,Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid + น้ำอ่อน (Tap water m3) Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
9	PAS...(ป้องกันตะกรัน)	kg	1.9493	Acrylic acid, Ecoinvent 2.0, IPCC 2007
10	FAS...(ป้องกันตะกรัน)	kg	1.9493	Acrylic acid, Ecoinvent 2.0, IPCC 2007
11	Soda Ash	kg	1.3015	เคมีอุตสาหกรรม/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
12	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	kg	0.6157	น้ำมันหล่อลื่น/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
13	ไฟฟ้า (ซีวมวล)	kWh	0.0371	Fr-06 คำนวณการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kgCO2e/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
14	ไอน้ำ (ชีวมวล)	kg	0.0264	Fr-06 คำนวณการผลิตไอน้ำ
15	น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	kg	0.0003	Fr-06 คำนวณการผลิตน้ำอ่อน
16	ดีเซล (การขนดิน-ทราย)	L	0.3282	ดีเซล (Diesel)/น้ำมันโซล่าร์, Thai LCI data
17	ดีเซล (การขนดินทราย) -การเผาไหม้	kg	0.3282	ดีเซล - การเผาไหม้, IPCC 2007
18	กากอ้อย	kg	0.0000	ใช้ในการผลิตไอน้ำ
19	ไอเสีย	kg	0.0000	นำกลับมาใช้ในกระบวนการ
20	ดิน/ทราย	kg	0.0000	ให้เกษตรกร (ขนกองไว้หลังโรงงาน ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ)
21	น้ำเสีย	kg	0.0002	Fr-06 คำนวณการบำบัดน้ำเสีย
Raw Sugar (ต้ม>>เคี่ยว>>ปั่น)				
22	ไอเสีย	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ
23	ไฟฟ้า (ชีวมวล)	kWh	0.0371	Fr-06 คำนวณการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล
24	น้ำใช้ทั่วไป-น้ำหล่อเย็น	kg	0.0003	Fr-06 คำนวณการผลิตน้ำอ่อน
25	Final Molasses	kg		ไม่นำมาคิด (ปันส่วนออกแล้ว)
26	Fillter Cake (กากหม้อกรอง)	kg	0.0000	ให้เกษตรกร (มารับเอง)

ลำดับที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kgCO2e/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
27	ไอระเหยออก คอนเดนเซอร์	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ
28	น้ำ Condensate	kg	0.0000	นำกลับไปใช้ในกระบวนการ
29	น้ำเสีย	kWh	0.0002	Fr-06 คำนวณการบำบัดน้ำเสีย
บำรุงรักษา				
30	จารบี	kg	1.0547	จารบี/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
31	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร	kg	0.6157	น้ำมันหล่อลื่น/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
การขนส่ง				
32	รถกระบะบรรทุก10 ล้อ 16 ตัน No Load	km	0.5863	การขนส่ง/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
33	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน Full Road	tkm	0.0441	การขนส่ง/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
34	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน No Load	km	0.8629	การขนส่ง/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554
35	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน Full Road	tkm	0.0610	การขนส่ง/แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ 2554

ภาคผนวก

บทความวิชาการ

ที่ ศธ 0521.1.0908/0088

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
90112

12 พฤษภาคม 2557

เรื่อง ตอบรับบทความได้รับการเข้าร่วมนำเสนอในงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10

เรียน คุณเฉันทนา พันธุ์เหล็ก

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. โครงการจัดประชุมวิชาการ จำนวน 1 ชุด
2. กำหนดการการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง *"การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการแปรรูปสุกร"* และ **"การประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมน้ำตาล กรณีศึกษา: อุตสาหกรรมน้ำตาลในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง"** เพื่อนำเสนอในงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10 (Conference on Energy Technology Network of Thailand; ENETT) ระหว่างวันที่ 4–6 มิถุนายน 2557 ณ ห้องสัมมนา BSc4 อาคารเรียนรวม BSc คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ในการนี้ คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ ขอขอบคุณในความสนใจในการนำเสนอบทความของท่านในงานประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ และทางคณะกรรมการฯ ได้ตรวจสอบและพิจารณาบทความของท่านเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยบทความของท่านได้ผ่านการคัดเลือกเพื่อให้นำเสนอในแบบการบรรยาย (Oral presentation) จึงเรียนมาเพื่อทราบ และบทความของท่านจะได้รับการตีพิมพ์บทคัดย่อในเล่มหนังสือบทคัดย่อ ตลอดจนบทความฉบับเต็มจะได้รับการบรรจุไว้ในแผ่นดิสเก็ตต์ของงานประชุมฯ โดยในการจัดประชุมครั้งนี้ข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจจากส่วนราชการต่าง ๆ ที่ได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วสามารถเข้าร่วมประชุมฯ ได้โดยไม่ถือเป็นวันลา และมีสิทธิ์เบิกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ตามระเบียบราชการ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล)
ประธานการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
โทร 074-288735, 074-288775
โทรสาร 074-558849

โครงการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10

(Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT)

วันที่ 4-6 มิถุนายน 2557

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบัน พลังงานจัดเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ การกำหนดทิศทาง นโยบาย การวิจัยและพัฒนาทางด้านพลังงาน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาภายในประเทศ และสามารถทำให้ประเทศไทยแข่งขันกับตลาดโลกในระบบยุคการค้าเสรีแบบไร้พรมแดน หรือแม้กระทั่งการลดอัตราความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานภายในประเทศ ก็จัดได้ว่าเป็นหนึ่งในกลไกที่มีบทบาทสำคัญไม่น้อยไปกว่าการหาแหล่งพลังงาน เชื้อเพลิงฟอสซิลและการนำพลังงานทดแทนมาใช้งาน และเป็นที่ทราบกันดีว่าพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลในปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งในประเทศไทยเองไม่มีแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงมากพอต่อความต้องการในการบริโภคภายในประเทศ ประกอบกับมีการขยายแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยจากรอบ 15 ปี เป็น 2 ปี ในต้นปี 2556 ที่ผ่านมา ทำให้บุคลากรด้านพลังงานจำเป็นต้องระดมสมองกันในการนำเสนอโจทย์วิจัยและพัฒนากระบวนการด้านพลังงานต่าง ๆ จนทำให้เกิดเป็นรูปธรรม และมีการนำเสนอเพื่อให้เกิดการต่อยอดทางปัญญาต่อไป

สำหรับการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย (Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT) จะจัดขึ้นทุกปี โดยมีสมาชิกเครือข่ายหมุนเวียนกันเป็นเจ้าภาพในการจัดประชุม โดยในครั้งที่ 1 คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยศิลปากร เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 6 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 8 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นเจ้าภาพ ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยมหานคร เป็นเจ้าภาพ และสำหรับในปี พ.ศ. 2557 นี้ นับเป็นปีที่ 10 ของการจัดการประชุมฯ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมร่วมกับหน่วยงานด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมภายในสถาบัน ซึ่งตลอดระยะเวลาการจัดประชุมวิชาการที่ผ่านมานั้น จำนวนของผู้เข้าร่วมสัมมนามีมากขึ้นในทุกปี นับได้ว่าสมาชิกของเครือข่ายพลังงานในประเทศที่ประกอบด้วยสถาบันการศึกษาต่าง ๆ มีความเข้มแข็งทั้งงานวิจัยและการสร้างนวัตกรรมด้านพลังงานมากขึ้นตามลำดับ และแม้ว่าหน่วยงานสถาบันการศึกษาจะมีการพัฒนาและวิจัยด้านพลังงานทดแทนมาอย่างต่อเนื่องยาวนานก็ตาม ในปัจจุบันยังมีหน่วยงานเอกชนและภาครัฐอีกจำนวนไม่น้อยที่ให้ความสำคัญต่อการทำวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นมา รวมไปถึงการออกมาตรการต่าง ๆ รวมทั้งการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน

ทุกภาคส่วน ดังจะเห็นได้จากโครงการสร้างโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของเอกชน การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และชีวมวลจากฟาร์มขนาดใหญ่ การนำระบบประหยัดพลังงานอัจฉริยะมาใช้ควบคุมการใช้พลังงานในตัวอาคาร การพัฒนาระบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมเกษตรเกษตรกรรม การปลูกพืชไม้โตเร็วเพื่อการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังเหลือใช้หรือพลังงานที่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการใช้พลังงาน การทำวัสดุฉลาดเพื่อทำความสะอาดตัวเองการฆ่าเชื้อโรคเพื่อลดความสิ้นเปลืองพลังงานในอาคารสูง ตลอดจนการทำฉลากคาร์บอนฟุตพรินท์ในสินค้าและการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น

ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น,การจัดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่สิบนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันและเสริมสร้างศักยภาพการพัฒนาขีดความสามารถด้านการวิจัยของบุคลากรด้านพลังงานประเทศไทยให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ และเพื่อต้องการเผยแพร่วิทยาการทางด้านพลังงานในรูปของบทความวิจัยต่าง ๆ ที่นำเสนอในที่ประชุมต่อสาธารณชน เพื่อเป็นการเตรียมตัวและปรับตัวด้านการทำงานด้านพลังงานดั้งเดิมและพลังงานทดแทนในการก้าวเข้าสู่ตลาดการค้าเสรีในกลุ่มประเทศอาเซียน พ.ศ. 2558 ที่จะถึงนี้

ทั้งนี้คณะวิทยาศาสตร์ และสถาบันระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จึงได้ร่วมกับผู้ผลิต ผู้ใช้ และหน่วยงานวิจัยทางด้านพลังงานในประเทศไทยจัดการประชุมวิชาการนี้ขึ้นและคาดหวังว่าการประชุมเครือข่ายพลังงานครั้งที่สิบที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ นี้จะสร้างโอกาสและประโยชน์ต่อนักวิจัย บุคลากรทางด้านพลังงาน และประเทศไทยโดยรวม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งของสมาชิกเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ที่ประกอบด้วยนักวิจัยทางด้านพลังงานและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน และรวบรวมผลงานวิจัยทางด้านพลังงานในประเทศในรอบปีที่ผ่านมา
2. เพื่อให้มีเวทีนำเสนอผลงานวิจัยทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ ตลอดจนงานวิจัยสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี บัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ และบุคลากรผู้สนใจ และเพื่อเปิดโอกาสให้บุคลากรนักวิจัยได้มีโอกาสฟังการบรรยายพิเศษจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านพลังงานต่าง ๆ ในประเทศไทย อันนำไปสู่การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิชาการ พหุวัฒนธรรม และภูมิปัญญาพื้นบ้านจากผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ต่าง ๆ
3. เพื่อจัดแสดงนิทรรศการเผยแพร่ผลงานวิจัยของโครงการที่ได้รับทุนวิจัยทางด้านพลังงานจากหน่วยงานภาครัฐ

วิธีการดำเนินการ

บรรยายให้ความรู้จากวิทยากรรับเชิญ นำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์จากผู้เข้าร่วมประชุมและแสดงนิทรรศการเผยแพร่ผลงานวิจัยของโครงการที่ได้รับทุนวิจัยทางด้านพลังงานจากหน่วยงานภาครัฐ

วัน เวลา และสถานที่

วันที่ 4-6 มิถุนายน 2557 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

วิทยากร

ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานและพลังงานทดแทนของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนในประเทศไทย

กลุ่มเป้าหมาย

นักวิชาการ บุคลากร จากหน่วยงานราชการและเอกชน เช่น นักวิชาการ นักศึกษาระดับปริญญาตรี บัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ และบุคลากรผู้สนใจ

จำนวน 200 คน โดยประมาณ

หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สถาบันระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้เข้าร่วมประชุมจะได้มีโอกาสรับรู้ เผยแพร่ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกิดจากการทำการวิจัย และก่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างนักวิจัย นักศึกษา และหน่วยงานที่สนใจงานทางด้านพลังงานเพื่อทำการศึกษาวิจัยทางด้านพลังงานในอนาคต

ค่าลงทะเบียน

ประเภท	ภายใน 19 พฤษภาคม 2557	หลัง 19 พฤษภาคม 2557
นิสิต/นักศึกษา	1,500 บาท	1,800 บาท
บุคคลทั่วไป	2,500 บาท	3,000 บาท

กำหนดการ
การจัดประชุมสัมมนาวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
วันที่ 4-6 มิถุนายน 2557 ณ อาคารเรียนรวม BSc คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

วันพุธที่ 4 มิถุนายน 2557

8:00 - 9:00 น.	ลงทะเบียน	โถงทางเข้าห้องสัมมนา BSc4 ชั้น 4 อาคาร BSc
9:00 - 9:15 น.	กล่าวต้อนรับผู้เข้าร่วมประชุมและกล่าวรายงาน โดย *รองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ ลิ่มสกุลหรือผู้แทน* อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสงขลานครินทร์	ห้องสัมมนา BSc4
9:15 - 10:30 น.	ประธานในพิธีกล่าวเปิดการประชุมและบรรยายพิเศษ โดย *ผู้ทรงคุณวุฒิด้านพลังงาน* เรื่อง **นโยบายและแผนพลังงานทดแทนในประเทศไทย ในศตวรรษหน้า ก้าวสู่ประชาคมอาเซียน**	ห้องสัมมนา BSc4
10:30 - 10:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง เยี่ยมชมนิทรรศการ	โถงหน้าห้องสัมมนา BSc4
10:45 - 12:00 น.	นำเสนอบทความ	ห้องประชุมย่อย 1-3 ชั้น 4 อาคาร BSc
12:00 - 13:00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	โถงชั้นล่างอาคาร BSc
13:00 - 14:45 น.	นำเสนอบทความ	ห้องประชุมย่อย 1-3 ชั้น 4 อาคาร BSc
14:45 - 15:00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องสัมมนา BSc4
15:00 - 16:45 น.	นำเสนอบทความ	ห้องประชุมย่อย 1-3 ชั้น 4 อาคาร BSc
17:00 - 18:30 น.	ทัศนศึกษาภายในมหาวิทยาลัย ฯ ด้วยรถไฟฟ้า	
18:30 - 21:00 น.	ร่วมงานเลี้ยงรับรอง	กำหนดสถานที่ภายหลัง

วันพฤหัสบดีที่ 5 มิถุนายน 2557

8:30 - 9:15 น.	บรรยายพิเศษเรื่อง : **ทิศทางงานวิจัยและการใช้พลังงานหมุนเวียน ในพื้นที่ภาคใต้และความร่วมมือกับสถาบันอื่น ๆ ในพื้นที่** โดย ***รองศาสตรจารย์ ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล*** รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย ม.สงขลานครินทร์	ห้องสัมมนา BSc4
9:15 - 10:30 น.	บรรยายพิเศษเรื่อง : **พลังงานทดแทนจากน้ำทิ้งโรงงานปาล์ม**	ห้องสัมมนา BSc4

10:30 - 10:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องสัมมนา BSc4
10:45 - 12:00 น.	**นำเสนอบทความ**	ห้องประชุมย่อย 1-3 น 4 อาคาร BSc
12:00 - 13:00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	โถงชั้นล่างอาคาร BSc
13:00 - 18:00 น.	ทัศนศึกษา : **เยี่ยมชมโรงงานไบโอดีเซล และโรงไฟฟ้าจะนะหรือโรงไฟฟ้ากังหันลม กฟภ. สทิงพระ**	
18:00 - 21:00 น.	อาหารเย็น (บุฟเฟต์)	กำหนดสถานที่ภายหลัง

วันศุกร์ที่ 6 มิถุนายน 2557

8:30 - 9:45 น.	นำเสนอบทความ	ห้องประชุมย่อย 1-3
9:45 - 10:00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องสัมมนา BSc4
10:00 - 10:45 น.	บรรยายพิเศษ พลังงานนิวเคลียร์กับประเทศไทย โดย *ผู้ทรงคุณวุฒิจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต*	ห้องสัมมนา BSc4
10:45 - 11:30 น.	นำเสนอบทความรับเชิญ เรื่อง ทิศทางงานวิจัยด้านพลังงานกับตลาดอาเซียน โดย *ผู้ทรงคุณวุฒิด้านพลังงาน*	ห้องสัมมนา BSc4
11:30 - 12:00 น.	พิธีปิดการประชุมสัมมนา โดย *รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลวรรณ โชติเกียรติ* คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ห้องสัมมนา BSc4
12:00 - 13:00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	โถงชั้นล่างอาคาร BSc
13:00 - 15:00 น.	ประชุมคณะกรรมการบริหารเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย (E-NETT)	ห้องประชุมย่อย 1
13:00 - 18:00 น.	ทัศนศึกษา : (ตามความสมัครใจโดยมีค่าใช้จ่าย)	

สามารถติดตามข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.enett2014.sci.psu.ac.th/

การประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมน้ำตาล กรณีศึกษา: อุตสาหกรรมน้ำตาลในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

Life-cycle assessment of Sugar Industry Case study: Sugar Industry of Lower Northern Provinces Area

เอกวิทย์ ใยดี[1], สมชาย มณีวรรณ์[1] ฉันทนา พันธุ์เหล็ก[1*] ประมวล ปุนปัน[2] และ สาคร สร้อยสังวาลย์[3]

[1] ศูนย์วิจัยและจัดการด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
[2] บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด เลขที่ 42/1 หมู่ 8 ต.คุ้งตะเภา อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์ 53000
[3] คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก 65000
*ผู้ติดต่อ E-mail chantanap@nu.ac.th *โทร 0-5596-3553 โทรสาร 0-5596-3552*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec โดยพิจารณาแบบ B2B ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่ง จากการศึกษาพบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50-99.50 °z ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ ส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าสี 2001-3800 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 97.30-98.0 °z มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ และผลกระทบที่เกิดมากขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ

คำหลัก: *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินวัฏจักรชีวิต อ้อย และน้ำตาลทราย*

Abstract

The purpose of research was to estimate carbon footprint for energy and environment management in sugar industry of Thai Identity Sugar, Uttaradit province, by estimating carbon footprint of Hi-pol and J-spec raw sugar products with considering in B2B form from raw material making procession, manufacture procession and transport. The result showed that the greenhouse gas emissions of Hi-pol raw sugar producing procession of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 1001-2000 ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 98.50-99.50 °z, the quantity of the greenhouse gas emissions was 0.259 $kgCO_2e/kg$ and the greenhouse gas emissions J-spec raw sugar products of Thai Identity Sugar, the color evaluation was 2001-3800 ICUMSA, the sugar sweet evaluation was 97.30-98.0 °z, the

quantity of the greenhouse gas emissions was 0.312 $kgCO_2e$. and the most effects was raw material making procession, raw material transport procession from farm to manufactory and raw sugar producing procession

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

1. บทนำ

ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมน้ำตาลซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศ ด้านการส่งออกเป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากบราซิล แบ่งเป็นสัดส่วนเป็นการบริโภคภายในประเทศ 1,796,431.88 ตัน และส่งออก 6,468,145.41 ตันคิดเป็นมูลค่า 1.22 แสนล้านบาท [1] มีพื้นที่ในการเพาะปลูกอ้อย จำนวน 9.48 ล้านไร่ มีโรงงานผลิตน้ำตาลรวมทั้งสิ้น 47 โรงงานทั่วประเทศ และในกระบวนการผลิตน้ำตาลเป็นกระบวนการหลายขั้นตอน และค่อนข้างซับซ้อนจึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานและสาธารณูปโภคสูง รวมถึงมีการปลดปล่อยของเสียที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมสูงตามมาด้วย ซึ่งในปัจจุบันขอบข่ายการค้าที่การตระหนักถึงเรื่องพลังงานและสิ่งแวดล้อมนั้นมีบทบาทเข้ามามีส่วนกีดกันด้านการค้า เช่น ฉลากสิ่งแวดล้อม หรือ ฉลากพลังงานเป็นต้น เพื่อบ่งบอกการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นอุตสาหกรรมจึงต้องมีการแสดงผลและการรับรองทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจที่ให้ความสำคัญในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น "คาร์บอนฟุตพริ้นท์" เป็นตัวเลขที่บ่งบอกปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$ หรือ $TonCO_2e$) ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมและตลาดการค้าโลกให้ความสนใจด้านนี้เป็นสำคัญโดยเฉพาะตลาดส่งออก เพื่อช่วยโลกในด้านของสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นนักวิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลซึ่งได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม มีหน่วยเป็น $kgCO_2e/kg$ ซึ่งทำการประเมินที่โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ระบุปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในหน่วยเทียบเท่าคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์ และนำผลการศึกษามาวิเคราะห์แนวทางในจัดการกระบวนการผลิตให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. นิยามและวิธีการ Carbon Footprint [2]

"คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นตัวเลขที่บ่งบอกปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$ หรือ $TonCO_2e$) ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมและตลาดการค้าให้ความสนใจด้านนี้เป็นสำคัญโดยเฉพาะตลาดส่งออก ดังนั้น เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมให้แข่งขันได้ในตลาด จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

สำหรับประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้วมีจำนวน 896 ผลิตภัณฑ์ 203 บริษัท [3] (ข้อมูล มกราคม 2557) ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์แม้ว่าจะเป็นมาตรการสมัครใจแต่มีแนวโน้มจะกลายเป็นมาตรการที่ส่งผลต่อการค้าอย่างแน่นอน โดยเฉพาะการส่งออกกับคู่ค้าในต่างประเทศซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของสินค้าอย่างเดียว แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมามี

อิทธิพลต่อการสร้างจุดขายที่เหนือกว่าคู่แข่งได้ ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถผลักดันให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการภายในองค์กรอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการการประเมิน Carbon footprint การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง และการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำตาลทรายดิบตามกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมดังที่กล่าวมานั้น ต้องมีการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต เพื่อเป็นข้อกำหนด และแนวทางในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ ดังนี้

ขอบเขตและรายละเอียดผลิตภัณฑ์

เพื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตน้ำตาลทรายดิบ โดยการพิจารณาหมายรวมถึงผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ หมายถึง น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol และน้ำตาลทรายดิบ J-spec ที่มีค่าโพราไลเซชั่น (Poralization) 97.30-99.50 %z และค่าสีตั้งแต่ 1001-3800 หน่วย ICMSA ซึ่งมีสมบัติดังตารางที่ 1 และรวมถึงวัตถุดิบร่วมอื่น ๆ (สารเคมี หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ในกระบวนการผลิต) และบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 1 สมบัติของน้ำตาลทรายดิบที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

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

หน่วยของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

การกำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ ให้กำหนดตามขนาดผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายที่วางจำหน่าย โดยหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นน้ำหนัก

ขอบเขตของระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง Hi-pol และ J-spec ของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ ประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง และการขนส่งสินค้า เป็นการประเมินแบบ B2B เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ คลังสินค้า

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายแดง โดยการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ตั้งแต่การได้มาวัตถุดิบ การใช้งานพร้อมทั้งหาแนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นต้องใช้สำหรับการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบของการผลิตน้ำตาลทรายแดง ซึ่งได้แก่

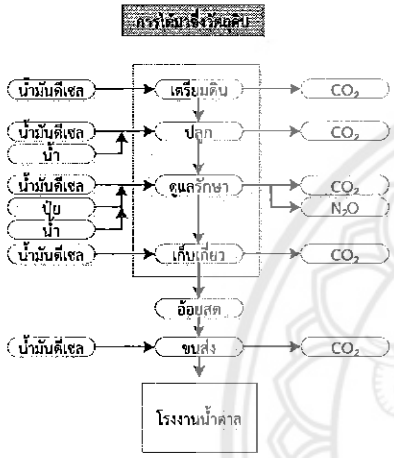
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน เป็นต้น
- ปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากรต่างๆ
- ปริมาณการใช้สารเคมี
- ปริมาณของเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น
- ฯลฯ

หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

การกำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ให้กำหนดตามบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่าย โดยผลิตภัณฑ์เป็นน้ำหนัก (สุทธิ)

กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

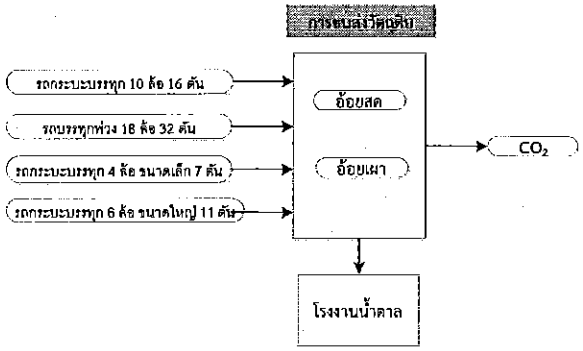
ขอบเขตของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือการได้มาซึ่งอ้อย คลอบคลุมตั้งแต่กระบวนการเตรียมดิน กระบวนการปลูก กระบวนการดูแลรักษาและกระบวนการการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปุ๋ย และน้ำ ในกระบวนการต่างๆ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการขนส่งวัตถุดิบ

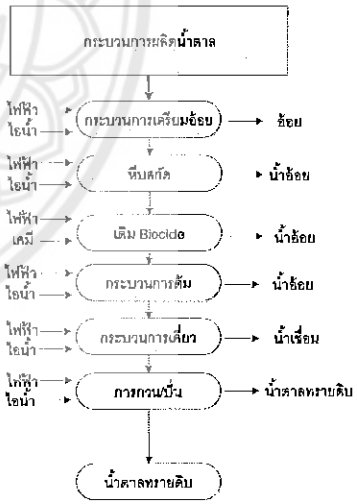
การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเป็นการขนส่งทางรถยนต์โดยใช้รถบรรทุกที่แตกต่างกันไปตามระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง ดังจะพบว่าการขนส่งด้วย รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ จะมีระยะทางขนส่งที่ใกล้บริเวณของโรงงาน และรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ จะมีระยะทางที่ไกลออกไปจากโรงงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอ้อยที่บรรทุกมาส่งโรงงานน้ำตาล ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังการขนส่งวัตถุดิบ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ จะมีการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำในกระบวนการต่างๆ ของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ดังภาพที่ 3 ซึ่งพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจะได้มาจากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ ซึ่งไฟฟ้าที่ได้จะนำมาใช้ในทุกส่วนของโรงงานที่มีการใช้ไฟฟ้า



ภาพที่ 3 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ [4]

การคำนวณคาร์คารบอนฟุตพริ้นท์ได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรม (ปริมาณของวัสดุ พลังงาน และของเสีย) กับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ แต่ละกิจกรรม (ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จาก

ตารางที่ 3 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบพลังงานและทรัพยากร ($kgCO_2e$)	การปล่อย GHG ของการขนส่งวัตถุดิบพลังงานและทรัพยากร (kgCO2e)	ผลรวม $kgCO_2e$	สัดส่วน (%)
การได้มาของวัตถุดิบ	0.019	0.152	0.171	66
การผลิต	0.088	0	0.088	34
การกระจายสินค้า	0	0	0	0
การใช้งาน	0	0	0	0
การจัดการซาก	0	0	0	0
รวม	0.107	0.152	0.259	100

จากตารางที่ 3 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่า 0.171 $kgCO_2e$ คิดเป็น 66% และในส่วนของกระบวนการผลิตพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่า 0.088 $kgCO_2e$ คิดเป็น 34% และในส่วนการกระจายสินค้า การใช้งาน การกำจัดซาก ที่มีค่าเท่ากับ 0 $kgCO_2e$ เพราะเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B (Business-to-Business) ซึ่งจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต เท่านั้น

ตารางที่ 4 ผลรวมของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์

ช่วงวัฏจักรชีวิต	GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบพลังงานและทรัพยากร ($kgCO_2e$)	GHG ของการขนส่งวัตถุดิบพลังงานและทรัพยากร (kgCO2e)	รวม $kgCO_2e$	ส่วน (%)
การได้มาของวัตถุดิบ	0.080	0.157	0.237	76
การผลิต	0.074	0	0.075	24
การกระจายสินค้า	0	0	0	0
การใช้งาน	0	0	0	0
การจัดการซาก	0	0	0	0
รวม	0.155	0.157	0.312	100

จากตารางที่ 4 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ J-spec มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่า 0.237 $kgCO_2e$ คิดเป็น 76% และในส่วนของกระบวนการผลิตพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่า 0.075 $kgCO_2e$ คิดเป็น 24% และในส่วนการกระจายสินค้า การใช้งาน การกำจัดซาก ที่มีค่าเท่ากับ 0 $kgCO_2e$ เพราะเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B (Business-to-Business) ซึ่งจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต เท่านั้น

4.บทสรุป

ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีค่าสี 1001-2000 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 98.50-99.50 °z พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 0.171 $kgCO_2e$ คิดเป็น 66%

และส่วนของกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.088 $kgCO_2e$ คิดเป็น 34% การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ J-spec มีค่าสี 2001-3800 ICUMSA ค่าความหวานน้ำตาล 97.30-98.0 °z มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 0.312 $kgCO_2e$ แยกได้เป็น 2 กระบวนการคือ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 0.237 $kgCO_2e$ คิดเป็น 76% และในส่วนของกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.075 $kgCO_2e$ คิดเป็น 24% จากการวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดมากขึ้นมากที่สุด คือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อยจากการใช้คนงานตัดอ้อย เป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอ แต่ในอนาคตคาดการณ์ว่าจะมีการใช้เครื่องจักร 100% จึงจะทำให้ผลกระทบของการได้มาซึ่งวัตถุดิบลดลงตามไปด้วย

5.เอกสารอ้างอิง

1.สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2555) รายงานสรุปผลการประชุมคณะมนตรีองค์การน้ำตาลระหว่างประเทศ ครั้งที่ 41 – 42.

2.ดร.พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ และคณะ. (2554). คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์, 3, 2554.

3.ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2557). รายชื่อบริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/

4.องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). รายละเอียดการวิเคราะห์ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์

5.องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). รายละเอียดการวิเคราะห์ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การขนส่ง

6.Yuttitham, M., H.Gheewala, Shabbir., Chidthaisong, A. (2011). Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production 19* 2119-2127

7.กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. (2556). สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.รายงานพื้นที่การปลูกอ้อยปีการผลิต 2554/55 - 2555/56..

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและจัดการทางด้านพลังงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัยในครั้งนี้ คุณพรศักดิ์ ตันติพูลผล ประธานฝ่ายวิชาการสมาคมชาวไร่อ้อยเขต 6 กำแพงเพชร ที่สนับสนุนข้อมูลการปลูกอ้อย และศูนย์วิจัยและจัดการทางด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี