# บทที่ 8

# ผลจากการผลิตเอทานอลจากอ้อยและมันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อม

## 8.1 การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง

การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เอทานอลจากกากน้ำตาล และมันสำปะหลัง โดยกำหนดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์คือ เป็นสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเชื้อเพลิง (Octane Enhancer) โดยมีเปรียบเทียบที่ปริมาณ 1,000 ลิตรเท่ากัน ได้ผลการศึกษา (ดัดแปลงจากมูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550) ดังนี้

### 8.1.1 ผลการประเมินระดับการใช้พลังงาน

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบการผลิตเอทานอลที่ผลิตจากกากน้ำตาลและเอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลัง ในปริมาณ 1,000 ลิตร โดยพิจารณาพลังงานตลอดทั้งสายการผลิต ตั้งแต่การเกษตร การขนส่ง รวมถึงการผลิตเอทานอล ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 8.1

ในตารางที่ 8.1 เป็นการเปรียบเทียบพลังงานขาเข้า (Energy Input) และพลังงานขาออก (Energy Output) ที่ต้องใช้สำหรับการผลิตเอทานอลปริมาณ 1,000 ลิตร โดยหากพิจารณาสัดส่วนของพลังงานที่ได้ออกมาต่อการใช้พลังงาน พบว่า สายการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าสูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพเชิงบวกที่ได้ในเชิงพลังงาน คือ พลังงานที่ได้ของผลิตภัณฑ์เอทานอล มีค่ามากกว่าพลังงานที่ต้องใช้สำหรับการผลิต ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากพลังงานเหลือใช้ที่ได้ออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาล (ไฟฟ้าเหลือขาย และกากอ้อยส่วนเกิน) โดยหากพิจารณาในสายการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในแง่ของพลังงานแล้วพบว่า สัดส่วนของพลังงานที่ได้ออกมาต่อการใส่พลังงานเข้าไปของโรงงานเอทานอลจากมันสำปะหลังในโครงการฯ นั้น มีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งนับว่าไม่คุ้มค่า เนื่องจากพลังงานที่ใส่เข้าไปในการผลิตยังมากกว่าพลังงานที่ได้ออกมาจากเอทานอล แต่หากโรงงานปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงแล้วสัดส่วนพลังงานที่ได้ออกมาจะมีประสิทธิภาพเชิงบวก ซึ่งถือว่ายังคุ้มค่าในการผลิตอยู่

**ตารางที่ 8.1** เปรียบเทียบระดับพลังงานตลอดสายการผลิตเอทานอล ในปริมาณ 1,000 ลิตร

| **ขั้นตอนตลอดวงจรการผลิต** | **หน่วย** | **เอทานอลจาก กากน้ำตาล*** | | **เอทานอลจากมันสำปะหลัง (กรณีค่าจริง)**** | | **เอทานอลจากมันสำปะหลัง (กรณีสมมติฐาน)***** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Input** | **Output** | **Input** | **Output** | **Input** | **Output** |
| การเกษตร | MJ | 2,117 | - | 3,771 | - | 3,771 | - |
| การขนส่งเกษตร | MJ | 144 | - | 70 | - | 70 | - |
| การผลิตวัตถุดิบขั้นต้น | MJ | - | 9,228 | - | - | - | - |
| -ไฟฟ้าเหลือขาย Grid Mix | MJ | - | 357 | - | - | - | - |
| -กากอ้อยส่วนเกิน | MJ | | 8,871 | - | - | - | - |
| การขนส่งวัตถุดิบขั้นต้น(กากน้ำตาล) | MJ | ท่อ = 442<br>รถ = 908 | - | - | - | - | - |
| การผลิตเอทานอล | MJ | 22,650 | 21,100 | 31,870 | 21,100 | 15,935 | 21,100 |
| **Total Energy** | **MJ** | **ท่อ = 25,353**<br>**รถ = 25,820** | **30,328** | 35,711 | 21,100 | 19,776 | 21,100 |
| **Ratio of Energy** | | **1.20 (ขนส่งทางท่อ)** | | **0.59** | | **1.07** | |
| **(Output : Input)** | | **1.17 (ขนส่งทางรถ)** | | | | | |

หมายเหตุ: * ปันส่วนด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์

** สภาพการผลิตจริง ณ ปัจจุบันของโรงงาน

*** กรณีที่โรงงานผลิตเต็มกำลังการผลิต โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไอน้ำและไฟฟ้า

### 8.1.2 ผลการประเมินระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและเอทานอลจากมันสำปะหลัง ในปริมาณ 1,000 ลิตร โดยพิจารณาตลอดทั้งวงจรการผลิต ตั้งแต่การเกษตร การขนส่ง รวมถึงการผลิตเอทานอล โดยผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 8.2

**ตารางที่ 8.2** เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดสายการผลิตเอทานอลในปริมาณ 1,000 ลิตร

| ขั้นตอนตลอดวงจรการผลิต | หน่วย | เอทานอล (กากน้ำตาล) | | เอทานอล (มันสำปะหลัง) กรณีค่าจริง | เอทานอล (มันสำปะหลัง) กรณีค่าจริง |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Input | Output | Input | Input |
| การเกษตร | Kg $CO_2$ eq. | 321 | | 208 | 208 |
| การขนส่งเกษตร | Kg $CO_2$ eq. | 27 | | 10 | 10 |
| การผลิตกากน้ำตาล | Kg $CO_2$ eq. | 0 | -78 | | |
| การขนส่งกากน้ำตาล | Kg $CO_2$ eq. | 100 | | | |
| การผลิตเอทานอล | Kg $CO_2$ eq. | 12 | | 2,068 | 1 |
| รวมทั้งหมด | | 382 | | 2,286 | 219 |

**หมายเหตุ:**

1) Input หมายถึง ก๊าซเรือนกระจกที่ขึ้นจากกิจกรรมนั้นๆ และ Output หมายถึง ก๊าซเรือนกระจกที่ชดเชยได้ (กรณีที่มีการใช้ประโยชน์ของเสีย เช่น การใช้ประโยชน์กากอ้อยส่วนเกินผลิตไฟฟ้าขายคืน เป็นต้น) ซึ่งจะทำให้มีค่าเป็นลบ หรืออีกนัยหนึ่งคือเป็นผลบวกต่อสิ่งแวดล้อม

2) ผลการศึกษาเป็นค่าเฉลี่ยการผลิตของโรงงานตัวอย่าง และอาศัยการปันส่วนกากน้ำตาลโดยเศรษฐศาสตร์

3) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตเอทานอลของโรงงานในโครงการฯ นี้ ยังไม่ได้คิดรวมเรื่องการใช้ประโยชน์ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเอทานอล

4) กรณีค่าจริง หมายถึง สภาพการผลิต ณ ปัจจุบันของโรงงาน (ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและซื้อไฟฟ้าจากภายนอกมาใช้ในกระบวนการผลิต กรณีสมมติฐาน หมายถึง โรงงานผลิตเต็มกำลังการผลิตและใช้เชื้อเพลิงแบบชีวมวล

จากตารางที่ 8.2 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดสายการผลิตเอทานอล ในปริมาณ 1,000 ลิตร พบว่า การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง (กรณีจริง) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด โดยช่วงที่เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ช่วงการผลิตเอทานอลเนื่องมาจากโรงงานใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไอน้ำ และใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง (Grid Mix) จากการไฟฟ้าฯ อีกด้วย ซึ่งพบว่าหากโรงงานปรับปรุงโดยหันมาใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไอน้ำและไฟฟ้าไว้ใช้ในกระบวนการผลิต (ตามกรณีสมมติฐาน) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีค่าน้อยกว่าการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

โดยหากเปรียบเทียบเฉพาะช่วงการทำการเกษตรพบว่า การปลูกมันสำปะหลังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการปลูกอ้อย เนื่องจากในการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น เกษตรกรมีการเผาใบอ้อยเพื่อสะดวกในการเก็บเกี่ยว ทำให้ส่งผลกระทบด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการปลูกมันสำปะหลังนั่นเอง

### 8.1.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการประเมินเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์เอทานอลจากกากน้ำตาล เอทานอลจากมันสำปะหลัง และ MTBE (โดยสมมติฐานว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีหน้าที่อย่างเดียวกัน คือเป็น Octane Enhancer และมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันเมื่อนำไปใช้งานเป็นส่วนผสมในการผลิตแกโซฮอล และเบนซินที่สัดส่วนร้อยละ 10 เท่ากัน) ได้ผลประเมินดังต่อไปนี้

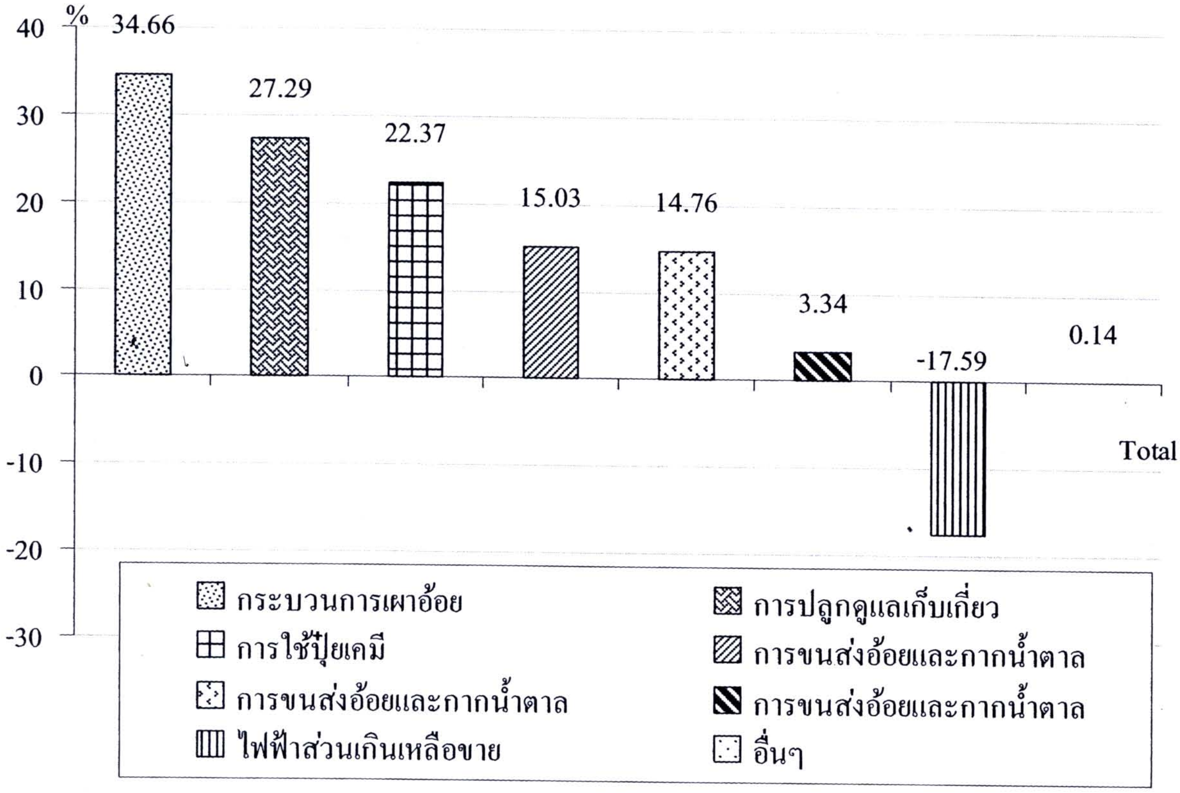
**ตารางที่ 8.3** ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เอทานอล 99.5% ที่ผลิตจากมันสำปะหลัง กากน้ำตาลเปรียบเทียบกับ MTBE ที่ปริมาณ 1,000 ลิตร

| Impact catagory | เอทานอล (มันสำปะหลัง) | เอทานอล (กากน้ำตาล) | MTBE |
|---|---|---|---|
| Abiotic depletion | เอทานอล< MTBE เพราะเป็นพลังงานทดแทนแต่ MTBE มาจากปิโตรเลียม | | |
| Global warming (GWP100) | ค่า GWP ของเอทานอล(มันสำปะหลัง)< เอทานอล(กากน้ำตาล) < MTBE | | |
| Human toxicity | ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ | | |
| Fresh water aquatic ecotoxicity | การผลิตMTBE ก่อให้เกิดมลสารทางอากาศขณะที่ไม่มีการตรวจพบจากการผลิตเอทานอล | | |
| Marine aquatic ecotoxicity | (รวมกับแถวข้างบน) | | |
| Terrestrial ecotoxicity | (รวมกับแถวข้างบน) | | |
| Photochemical oxidation | เอทานอล(กากน้ำตาล)สูงสุดเพราะมลสาร COและ $CH_4$ จากการเกษตรเกิดมาก | | |
| Acidification | เอทานอล <MTBE (แต่ขึ้นกับมลสารประเภท SOxที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่ใช้) | | |
| eutrophication | เอทานอล> MTBE เนื่องจาก CO, ไนโตรเจน น้ำเสียสูงกว่ามาก | | |

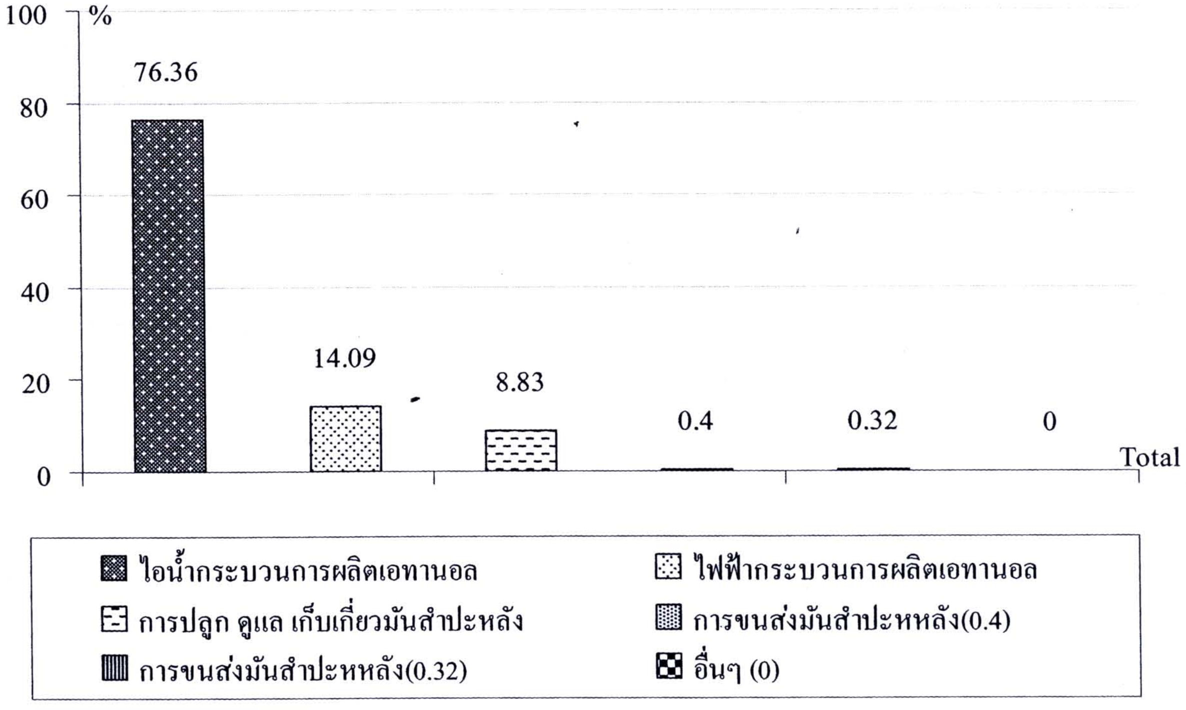
**หมายเหตุ:** - เอทานอล(กากน้ำตาล) เป็นผลการศึกษาจากค่าเฉลี่ยของ 3 โรงงานตัวอย่าง
- เอทานอล(มันสำปะหลัง) เป็นค่าคำนวณ Scenario กรณีที่โรงงานเดินเต็มระบบ และในพลังงานทดแทนเป็นเชื้อเพลิง
- MTBE อ้างอิงจากฐานข้อมูลต่างประเทศ (ETH - Europe)

เมื่อจำแนกสัดส่วนของการเกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนตามกระบวนการย่อย ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (ภาพที่ 8.1) พบว่า กิจกรรมการเผาใบอ้อย และการเผาซากพืช

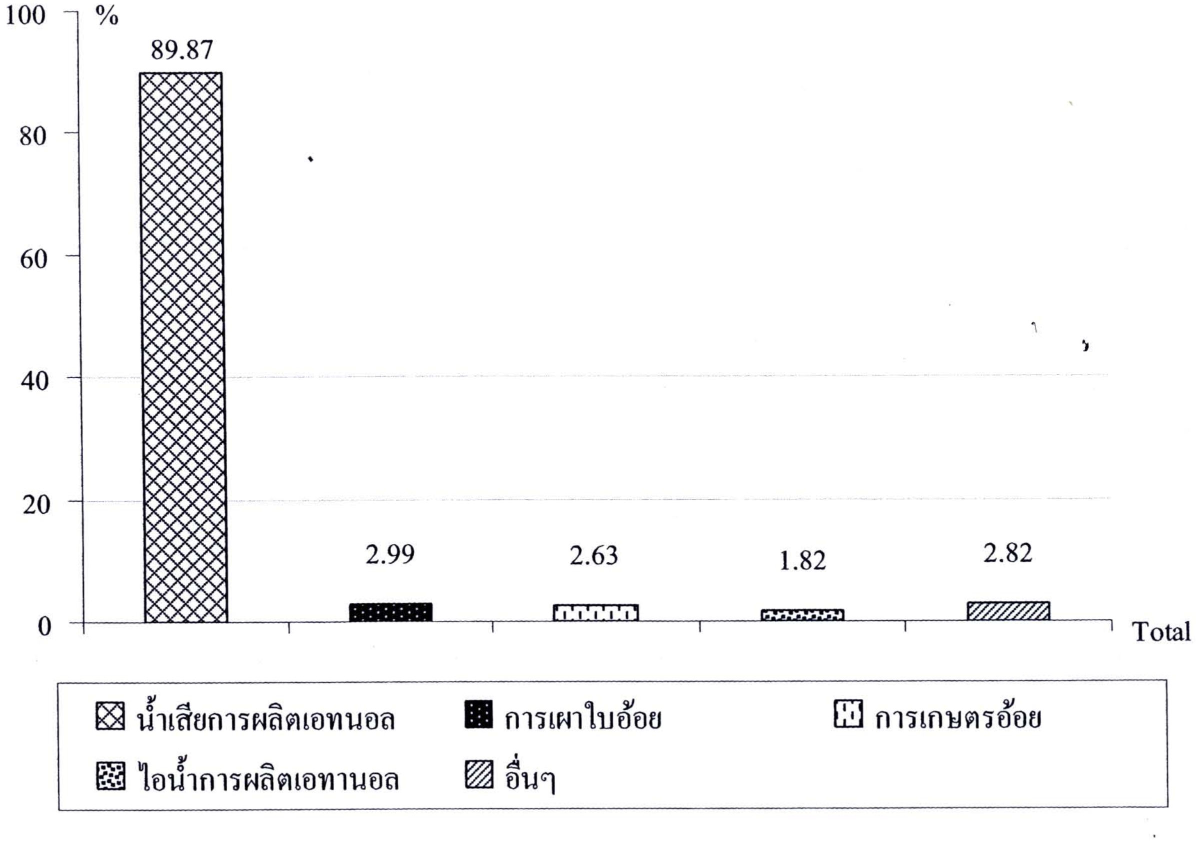
การเกษตร ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด ขณะที่การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง พบว่า ช่วงของกระบวนการผลิตเอทานอลซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับผลิตไอน้ำ เป็นช่วงที่ก่อให้เกิดผลกระทบสูงสุด (ภาพที่ 8.2) ขณะที่น้ำเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลเป็นประเด็นสำคัญที่มีโอกาสก่อผลกระทบด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ (ดังภาพที่ 8.3 และ 8.4)



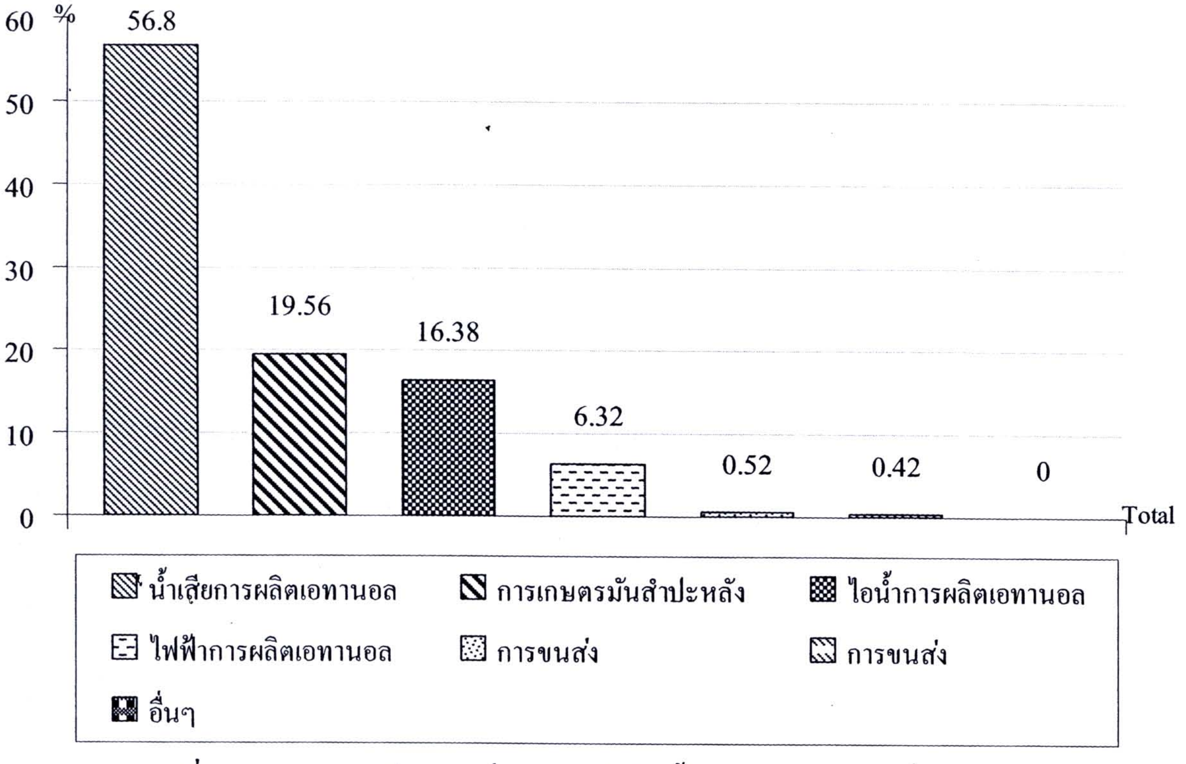

**ภาพที่ 8.1** ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (เอทานอลจากกากน้ำตาล)




**ภาพที่ 8.2** ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (เอทานอลจากมันสำปะหลัง)




**ภาพที่ 8.3** ผลกระทบด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ (เอทานอลจากกากน้ำตาล)




**ภาพที่ 8.4** ผลกระทบด้านการเพิ่มอาหารพืชในน้ำ (เอทานอลจากมันสำปะหลัง)

ผลการศึกษา พบว่า ผลิตภัณฑ์เอทานอลเพื่อใช้สำหรับการเติมในน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อทดแทน MTBE มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมต่ำกว่า MTBE (ดังตารางที่ 8.3) แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ประกอบการเอทานอลและภาครัฐ ต้องดำเนินการ ดังนี้

- ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตเอทานอล

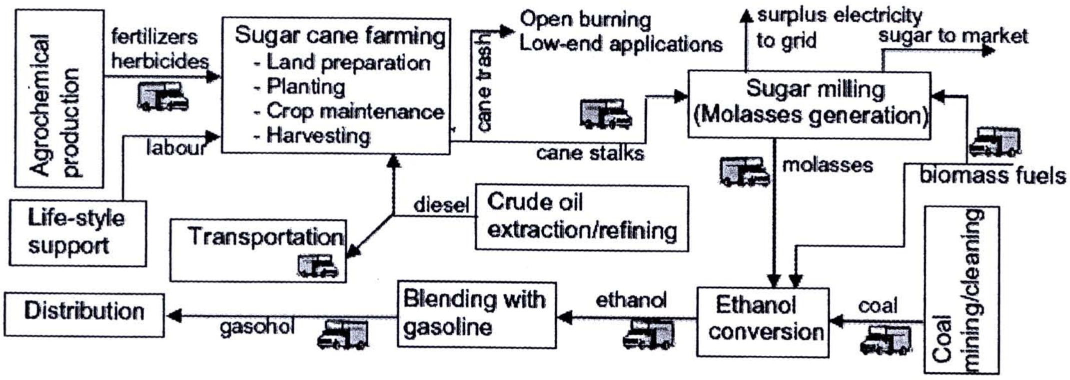
-ต้องเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของเสียของผู้ผลิตเอทานอล และสร้างมูลค่าเพิ่มทางสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาการนำของเสียไปใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการน้ำเสียเช่น ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas), การทำปุ๋ย, การผลิตอาหารสัตว์ (DDGS) หรือการใช้ประโยชน์ของเสียอื่นๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก

อย่างไรก็ตามการผลิตเอทานอลการก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ (Eutrophication) ต่อระบบนิเวศได้ในอนาคต หากไม่ได้รับการจัดการด้านการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสม เพื่อรองรับการขยายตัวของการผลิตของโรงงานในอนาคต ซึ่งภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องยังมีโอกาสอย่างมากในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์เอทานอลทั้งในด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มลสารทางอากาศ และการมลสารทางน้ำ โดยพิจารณาในประเด็นสำคัญต่อไปนี้

• การลดก๊าซเรือนกระจกจากช่วงกิจกรรมการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เช่น หลีกเลี่ยงการเผาใบอ้อย, ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมี

- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเอทานอล (Energy efficiency) และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน
- ส่งเสริมการผลิตเอทานอลในรูปแบบของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความต่อเนื่องกันและตั้งอยู่ในแหล่งพื้นที่เดียวกัน
- ยกระดับประสิทธิภาพการจัดการ และการนำไปใช้ประโยชน์ของเสีย

Nguyen *et al.* (2008) ทำการวิเคราะห์ค่าของพลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 8.5 โดยแบ่งการวิเคราะห์การใช้พลังงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการเพาะปลูกอ้อย ส่วนของการหีบอ้อยในโรงงานเพื่อให้ได้กากน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ และส่วนของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ค่าพลังงานที่ใช้แสดงดังตารางที่ 8.4 และตารางที่ 8.5 พบว่า ในการผลิตอ้อย 1 ตันจะใช้พลังงานทั้งหมด 465.4 เมกกะจูล และเมื่อนำอ้อย 1 ตันมาผลิตน้ำตาลและกากน้ำตาลจะใช้พลังงานทั้งหมด 2,263 เมกกะจูล แต่เมื่อหักค่าพลังงานที่ได้กลับคืนจากการใช้ชานอ้อยเผาเป็นไอน้ำและผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงาน จะทำให้ค่าพลังงานสุทธิในการผลิตกากน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 410.2 เมกกะจูล และเมื่อคิดรวมทั้งในส่วนของการเพาะปลูกและการผลิตกากน้ำตาลและหักค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการเผาชานอ้อยจะทำให้มีการใช้พลังงานสุทธิเท่ากับ 760.2 เมกกะจูลต่ออ้อย 1 ตัน แต่จากการคำนวณพลังงานทั้งหมดตลอดวัฏจักร ซึ่งรวมกับพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล จะพบว่าค่าพลังงานสุทธิ (Net energy value; NEV) มีค่าเท่ากับ -5.67 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลจะใช้พลังงานมากกว่าพลังงานที่จะได้จากการผลิตเอทานอลนั้น แต่หากพิจารณาค่าพลังงานหมุนเวียนสุทธิ (net renewable energy value; NRnEV) จะพบว่าการนำวัสดุเหลือทิ้งเช่น ชานอ้อยมาเผาเป็นพลังงานผลิตไฟฟ้า และการนำแก๊สชีวภาพที่ได้จากการหมักกากส่า (stillage or spent wash) ในสัดส่วนร้อยละ 12 มาใช้ในการผลิตเอทานอลจะส่งผลดีคือ จะทำให้ได้รับพลังงานส่วนเกินมา 5.95 เมกกะจูลต่อเอทานอล 1 ลิตร และเมื่อพิจารณาเทียบจากอัตราส่วนพลังงาน (energy ratio; ER) จะพบว่า แต่ละหน่วยของพลังงาน 1 เมกกะจูลที่ได้จากเอทานอลจะมาจากการใช้พลังงานฟอสซิลเพียง 0.72 เมกกะจูล ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า 1 หน่วยของพลังงานที่ได้จากน้ำมันดีเซลและเบนซินที่มีการใช้พลังงานจากฟอสซิลถึง 1.19 และ 1.24 เมกกะจูล อย่างไรก็ตาม พบว่าหากมีการนำกากส่าทั้งหมดมาใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ และมีการนำยอดและใบอ้อย (cane trash) ที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในสัดส่วนร้อยละ 50 มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตเอทานอลจะทำให้ค่าพลังงานสุทธิเพิ่มขึ้นเป็น 13.92 เมกกะจูลต่อการผลิตเอทานอล 1 ลิตร(ปฐมา จาตกานนท์และคณะ, 2551)




**ภาพที่ 8.5** วัฏจักรชีวิต (Life cycle) ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทย

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2008)

**ตารางที่ 8.4** พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการปลูกอ้อยและการผลิตกากน้ำตาล

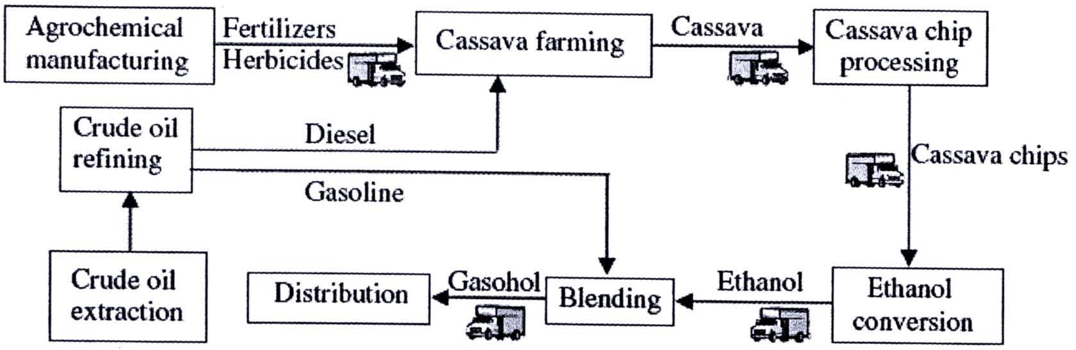
| **Item** | **Fossil and renewable energy inputs (MJ/t cane)** | **Fossil energy inputs (MJ/t cane)** | **Petrol. Energy inputs (MJ/t cane)** |
|---|---|---|---|
| *Sugar cane farming* | *465.4* | *441.1* | *212.9* |
| Diesel fuel (farming operation) | 49.6 (10.7%) | 49.4 | 44.8 |
| Fertilizer, herbicide | 212.5 (45.6%) | 208.3 | 35.2 |
| Human labour | 113.4 (24.4%) | 93.8 | 51.7 |
| Diesel (transportation) | 89.9 (19.3%) | 89.6 | 81.2 |
| *Sugar milling (Molasses generation)* | *410.2* | *4.7* | *4.2* |
| Bagasse | 2117.6 | 0 | 0 |
| Rice husk, Wood waste and bark | 140.8 | 0 | 0 |
| Diesel used (transportation) | 4.7 | 4.7 | 4.2 |
| Bagasse as internal energy source | -1852.9 | 0 | 0 |
| *Electricity output from sugar milling* | *-169.4* | *-164.3* | *-8.0* |
| ***Net inputs*** | ***706.2*** | ***281.5*** | ***209.1*** |

**หมายเหตุ:** อ้อย 1 ตันสามารถผลิตกากน้ำตาลได้ 10.17 ลิตร

กากน้ำตาล 1 ตันสามารถผลิตเอทานอลได้ 225 ลิตร

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2008)

Nguyen *et al.* (2007) ศึกษาสมดุลพลังงานและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ของการผลิตและการใช้เอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลังในประเทศไทยเทียบกับการผลิตและการใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 95 (ULG 95) ดังแสดงในภาพที่ 8.6 พบว่า การนำเอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลังในประเทศปริมาณ 1 ลิตร มาใช้ทดแทนน้ำมันเบนซิน 0.89 ลิตร เพื่อผลิตน้ำมันแกโซฮอล E10 จะสามารถประหยัดพลังงานโดยรวมได้ 22.38 เมกกะจูล เมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินทั้งหมด 34.44 เมกกะจูลต่อลิตร หรือคิดเป็นการประหยัดน้ำมันเบนซินโดยประมาณ 0.58 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 8.6 โดยพบว่าขั้นตอนการผลิตเอทานอลในโรงงานเป็นขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 55.5 รองลงมาคือขั้นตอนการเพาะปลูกและแปรรูปมันสำปะหลัง สุดท้ายคือการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.4 และ 12.1 ตามลำดับ และเมื่อแยกประเภทของเชื้อเพลิงฟอสซิลตามสัดส่วนที่ใช้ในการผลิตเอทานอลทั้งหมด 12.06 เมกกะจูลต่อลิตร จะพบว่ากว่าร้อยละ 83.4 จะเป็นการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินและดีเซล ที่เหลือเป็นแก๊สธรรมชาติและถ่านหินในสัดส่วนร้อยละ 13.69 และ 2.88 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8.7 และพบว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิต เอทานอลของประเทศไทยจะสามารถประหยัดพลังงานได้เป็นลำดับที่สี่รองจากการใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในประเทศบราซิล และการใช้เซลลูโลส และข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในประเทศสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ(ปฐมา จาตกานนท์และคณะ,2551) ดังแสดงในตารางที่ 8.8




**ภาพที่ 8.6** วัฏจักรชีวิต (Life cycle) ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลัง
**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

**ตารางที่ 8.6** สมดุลพลังงานของการผลิตและใช้เอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลัง

| Items | Fossil energy inputs (MJ/L ethanol) | Non-fossil energy inputs (MJ/L ethanol) |
|---|---|---|
| *Feedstock production* | *3.91* | *0.32* |
| Fertilizers, herbicide | 1.68 | 0.08 |
| Diesel fuel | 1.09 | 0 |
| Labor | 1.14 | 0.24 |
| *Ethanol conversion* | *6.69* | *0.01* |
| Thermal energy (steam) | 6.36 | 3.45 |
| Electricity | 0.33 | 0.01 |
| Biogas cogeneration | | -3.45 |
| *Transport (diesel fuel)* | *1.46* | *0* |
| *Total* | *12.06* | *0.33* |
| *EnB* | *34.4-12.06 = 22.38* | |

**หมายเหตุ:** EnB = energy balance

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

**ตารางที่ 8.7** การแยกประเภทของเชื้อเพลิงฟอสซิลตามสัดส่วนที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง

| Fossil fuels | Amount (MJ/L ethanol) | % |
|---|---|---|
| Coal | 0.35 | 2.88 |
| Natural gas | 1.65 | 13.69 |
| Diesel | 2.91 | 24.12 |
| Fuel Oil | 7.15 | 59.31 |
| ***Total*** | ***12.06*** | ***100*** |

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

**ตารางที่ 8.8** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานระหว่างเอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลังในประเทศไทยและเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น ๆ

| **Feedstock/country** | **Net fossil input (MJ/L)** | **$SR_{ETOH-CG}$** | **Ref.value (MJ/L)** | **EnB (MJ/L)** |
|---|---|---|---|---|
| Sugar beet and wheat in Germany | 14-35 | 0.65 | 23.3 | -11.7<br>-9.3 |
| Cassava in China | 13.30 | 0.71 | 28.44 | 15.14 |
| Corn in the US | 12.76 | 1 | 40.2 | 27.44 |
| Cassava in Thailand | 12.06 | 0.89 | 34.44 | 22.38 |
| Herbaceous biomass in the US | 2.01 | 1 | 40.2 | 38.2 |
| Sugar cane in Brazil | 0.96 | 1 | 42.3 | 41.34 |

**หมายเหตุ:** $SR_{ETOH-CG}$ หรือ substitution ratio คือ อัตราส่วนการแทนที่ระหว่างเอทานอลและน้ำมันเบนซิน Ref.value คือ ค่าพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินของแต่ละประเทศ และ EnB (energy balance) คือ สมดุลพลังงานจากการผลิตเอทานอล

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

จากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิต และการใช้เอทานอลเทียบกับน้ำมันเบนซินดังแสดงในตารางที่ 8.9 พบว่า การผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังในปริมาณ 1 ลิตร สามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกลงเทียบเท่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1.6 กิโลกรัม หรือคิดเป็นการลดแก๊สเรือนกระจกลงร้อยละ 62.9 โดยจัดเป็นลำดับที่ 3 ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ลดได้เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ที่มีการใช้วัตถุดิบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 8.10 และเช่นเดียวกับการใช้พลังงาน ขั้นตอนการผลิตเอทานอลจัดเป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือขั้นตอนการเพาะปลูกและแปรรูปมันสำปะหลัง และขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 59.12 30.15 และ 10.73 ตามลำดับ (ปฐมา จาตกานนท์ และคณะ, 2551)

**ตารางที่ 8.9** การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตและใช้เอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลัง

| **Items Contribution** | **g $CO_2$ eq./L ethanol** | **%** |
|---|---|---|
| **GHG emissions due to the use of fossil fuels** | **839** | **87.03** |
| *Cassava farming /processing* | *253* | *30.15* |
| Fertilizers and herbicides | 90 | |
| Diesel fuel | 84 | |
| Labor | 79 | |
| *Ethanol conversion* | *496* | *59.12* |
| Bunker oil | 472 | |
| Electricity | 24 | |
| *Transportation (Diesel fuel)* | *90* | *10.73* |
| **Other GHG emissions** | **125** | **12.97** |
| *Soil $N_2O$* | *123* | |
| *$CH_4$ and $N_2O$ emissions from biogas burning* | *2* | |
| **Total GHG emissions** | **964** | **100** |
| **Gasoline fuel-cycle GHG emission (excluding $CH_4$ and $N_2O$ emissions from use phase)** | **2,918** | |
| Gross avoided emissions | -2,918 × 0.89 = -2,597 | |
| Net avoided emissions | -2,597 + 964 = -1,633 | |
| **% reduction** | **62.9** | |

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

**ตารางที่ 8.10** การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกระหว่างเอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลังในประเทศไทยและเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น ๆ

| Feedstock | Gross emissions less emissions displaced by co-products (g $CO_2$ eq./L ethanol) | $SR_{ETOH-CG}$ | Avoided emissions (g $CO_2$ eq./L ethanol) | | % reduction |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Gross | Net | |
| Cassava in China | 1538 | 0.71 | 2006 | -468 | 23.3 |
| Corn in US | 1506 | 1.00 | 2920 | -1414 | 48.4 |
| Cassava in Thailand | 964 | 0.89 | 2597 | -1633 | 62.9 |
| Sugar cane in Brazil | 256 | 1.00 | 2820 | -2564 | 90.9 |
| Herbaceous biomass in US | 245 | 1.00 | 2920 | -2675 | 91.6 |

**ที่มา:** Nguyen *et al.* (2007)

## 8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อม

### 8.2.1 แนวทางการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม (การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปัญหาภาวะโลกร้อน)

#### 8.2.1.1 การเกษตร

- **การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย และการปลูกมันสำปะหลัง**

(1) ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และใช้เศษซากพืชหรือ Biomass ในการรักษา และปรับปรุงฟื้นฟูสภาพของดิน

(2) ลดกระบวนการเผาอ้อยก่อนตัด โดย

- ใช้มาตรการทางกฎหมายในการควบคุม โดยระบุให้ผู้ที่เผาอ้อยมีความผิดข้อหาวางเพลิง
- ขอความร่วมมือกับโรงงานน้ำตาลในการตั้งราคารับซื้ออ้อยสดให้สูงกว่าอ้อยไฟไหม้ เพื่อเป็นการจูงใจเกษตรกรหันมาตัดอ้อยสดมากขึ้น
- ใช้หลักการบริหารจัดการโดยกำหนดวัน และเวลาที่ในการเก็บเกี่ยวแก่เกษตรกร

(3) ลดการเผาเศษซากใบอ้อยในแปลงหลังตัดอ้อย โดย

- ส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เศษซากใบอ้อยเป็นวัสดุคลุมดินเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น และเป็นปุ๋ยอินทรีย์ให้กับอ้อยตอ

- ส่งเสริมให้เกิดการเก็บเศษซากใบอ้อยส่งขายให้โรงงานน้ำตาลเพื่อนำไปทำเชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการผลิตของโรงงาน

(4) ปรับปรุงดิน, เพิ่มความชื้นของดินให้สูงขึ้นเพื่อให้อ้อยเจริญเติบโตเร็ว และสามารถไว้ตอได้หลายครั้ง เพื่อเป็นการลดจำนวนครั้ง และเวลาในการไถพรวนลง

**8.2.1.2 การขนส่ง**

- **การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล**

(1) ศึกษาระบบและเส้นทางการขนส่งของโรงงานน้ำตาลต่างๆ ในภาพรวม ก่อนจะทำการกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning)

- ปลูกอ้อยรอบโรงงาน
- กำหนดเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด และควรกำหนดระยะทางขนส่งให้อยู่ในรัศมีไม่เกิน 100 กิโลเมตร รอบโรงงานน้ำตาล

(2) ลดจำนวนเที่ยวขนส่งอ้อยโดยการกำหนดประเภทรถบรรทุกให้เหมาะสมกับระยะทางที่ขนส่ง เช่น การขนส่งในพื้นที่รอบโรงงานให้ใช้รถไถลากพ่วงซึ่งสามารถบรรทุกน้ำหนักได้มาก และไม่สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล ส่วนการบรรทุกผลผลิตจากระยะทางไกลควรใช้รถพ่วง 18 ล้อ ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันใกล้เคียงกับรถสิบล้อแต่สามารถบรรทุกน้ำหนักได้มากกว่า

- **การขนส่งกากน้ำตาลเข้าสู่โรงงานเอทานอล**

(1) ส่งเสริมการสร้างโรงงานเอทานอลให้อยู่ใกล้โรงงานน้ำตาล เพื่อขนส่งทางท่อและเพื่อลดการใช้พลังงานในการขนส่ง

(2) โรงงานผลิตเอทานอลที่ไม่มีโรงงานน้ำตาลเป็นของตนเอง ควรมีการแก้ปัญหาโดยการวางแผนการซื้อกากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลที่อยู่ใกล้โรงงานผลิตเอทานอลให้ได้มากที่สุด และใช้รถบรรทุกที่ประสิทธิภาพสูง เช่น รถแท็งก์พ่วงในการขนส่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดระยะทางและจำนวนเที่ยวในการขนส่งอันจะนำไปสู่การลดการใช้น้ำมันดีเซลเป็นลำดับต่อไป

- **การขนส่งมันสำปะหลัง**

หากมันสำ ปะหลังได้รับความนิยมนำ มาผลิตเป็นเอทานอลมากขึ้น ก็จำเป็นต้องมีการกำหนดพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรอบโรงงาน ต้องมีการพัฒนาระบบการเก็บเกี่ยว และการลำเลียงผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีการปรับเปลี่ยนชนิดรถบรรทุกเป็นรถสิบล้อหรือรถพ่วง 18 ล้อเพื่อลดจำนวนเที่ยวในการขนส่งอีกด้วย

- **การขนส่งมันเส้น**

กรณีที่โรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังต้องการใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบควรเลือกซื้อจากลานมันเส้นที่อยู่ใกล้โรงงานมากที่สุดก่อน แล้วค่อยขยายการซื้อไปยังพื้นที่ที่ไกลจากโรงงานออกไป ส่วนการเลือกรถบรรทุกที่เหมาะสมก็เป็นประเด็นที่ควรนำมาพิจารณา โดยเน้นการขนส่งด้วยรถพ่วง 18 ล้อมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเป็นรถที่มีน้ำหนักบรรทุกต่อเที่ยวมากแต่ใช้เชื้อเพลิงต่อเที่ยวน้อยกว่ารถ 10 ล้อ

- **การขนส่งเอทานอล น้ำมันเบนซิน และแกโซฮอล**

(1) การขนส่งน้ำมันเบนซิน 95 และน้ำมันเบนซินสำหรับผสมเป็นแกโซฮอลจากโรงกลั่นไปยังคลังน้ำมันต่างๆควรใช้ระบบการขนส่งทางท่อ หรือทางเรือ

(2) กำหนดจุดผสมน้ำมันแกโซฮอลให้กระจายไปยังคลังน้ำมันทั่วประเทศ โดยต้องคำนึงถึงพื้นที่ให้บริการขนส่งไปยังสถานีบริการน้ำมันต่างๆ โดยอาจยึดแบบแผนเดียวกับการกระจายน้ำมันเบนซิน 95

(3) พัฒนาระบบขนส่งทางท่อ ระหว่างโรงงานผลิตเอทานอลกับคลังน้ำมันที่จัดส่งเอทานอลไปให้ ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นระบบท่อตรงจากโรงงานถึงคลังน้ำมันเลย แต่อาจเป็นศูนย์ขนถ่ายที่โรงงานเอทานอลต่างๆ สามารถขนส่งเอทานอลทางรถบรรทุกมายังศูนย์ขนถ่ายทางท่อเพื่อขนส่งเอทานอลไปยังคลังน้ำมันเพื่อผสมเป็นแกโซฮอลต่อไป

(4) จัดระบบเส้นทางขนส่งน้ำมันโดยรถบรรทุกให้มีประสิทธิภาพ โดยกำหนดเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างคลังน้ำมันใหญ่กับคลังน้ำมันในจังหวัดต่างๆ และระหว่างคลังน้ำมันในจังหวัดกับสถานีบริการน้ำมัน

#### 8.2.1.3 การผลิต

- **การลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเอทานอล**

(1) ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตเอทานอลเนื่องจากก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจะไม่ถูกนำมาคิดเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากจะถูกหักลบจากการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ในการปลูกครั้งต่อไป

(2) การจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักอย่างถูกวิธีโดยการนำมาทำเป็นน้ำแข็งแห้งหรืออื่นๆ จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของของเสีย และเป็นการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกอีกทางหนึ่ง

### 8.2.2 การจัดระบบการขนส่ง

(1) การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) และเส้นทางการขนส่งให้ครอบคลุมในทุกขั้นตอนการขนส่งในวงจรชีวิต

(2) การจัดระบบคิวหน้าโรงงานให้มีประสิทธิภาพจะช่วยลดเวลาในการส่งผลผลิตเข้าโรงงาน และลดการสูญเสียคุณภาพของผลผลิต

### 8.2.3 การประเมินการใช้พลังงาน

(1) โรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลหรือตั้งโรงไฟฟ้าเอง โดยใช้กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลเป็นเชื้อเพลิงได้

(2) โรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้มันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง หรือโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลที่ไม่มีโรงงานน้ำตาลในเครือต้องมีการพิจารณาพลังงานชีวมวลที่มีอยู่ในพื้นที่ เช่น แกลบ หรือซังข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด

(3) การประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ในส่วนต่างๆให้ได้ค่าที่แน่นอน เพื่อนำไปสู่การหาจุดรั่วไหลและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานให้สูงยิ่งขึ้นไปอีก

### 8.2.4 การจัดการของเสีย

(1) การนำน้ำเสียที่มีคุณค่าอาหารมาผสมกับกากหม้อกรองเพื่อทำปุ๋ยอินทรีย์หรือนำมาเพิ่มธาตุอาหารเป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือนำมาหมักเป็นแก็สชีวภาพใช้เป็นพลังงานผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงาน

(2) การระดมผู้เชี่ยวชาญมาทำการศึกษาวิจัยหาปัญหาที่แท้จริงของระบบบำบัดน้ำเสีย และหาสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตเอทานอล

(3) การติดตั้งระบบดักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำมาผลิตเป็นน้ำแข็งแห้งหรือ (Dry Ice)

### 8.2.5 ทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

#### 8.2.5.1 การเกษตร

- **การเพิ่มผลผลิตอ้อยเพื่อผลิตเอทานอล**

(1) การปรับปรุงดิน โดยการลดการใช้ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยอินทรีย์แทน

(2) การปรับปรุงการให้น้ำ

- น้ำจากธรรมชาติ ซึ่งต้องปลูกอ้อยให้อยู่ในช่วงเวลาที่ได้รับน้ำจากธรรมชาติมากที่สุด
- มีระบบให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยมีการให้น้ำโดยระบบน้ำหยดหลังปลูกโดยอาศัยการจัดระบบชลประทานที่ดี

(3) การใช้เทคโนโลยีในการเก็บเกี่ยว

- ใช้เครื่องตัดต้นอ้อยในการเก็บเกี่ยว โดยทิ้งยอดอ้อย ใบอ้อย เป็นเศษวัชพืชในแปลงเพื่อช่วยขึ้นปกคลุมดิน ป้องกันการสูญเสียน้ำ และเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน

(4) การปรับปรุงพันธุ์

- พัฒนาให้แต่ละกอไม่ควรมีต้นน้อยกว่า 7-10 ต้น ทั้งนี้จะมีสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ความชื้นในดิน ปริมาณน้ำ คุณภาพของดินอินทรีย์สารวัตถุดิบ ซึ่งทั้งหมดเหล่านี้ต้องมีการปรับปรุง
- ไม่ควรใช้แต่สารเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโต และผลผลิต เพราะผลผลิตเหล่านี้จะลดลงทุกๆ ระยะเวลาที่ทำการปลูก และเก็บเกี่ยว

(5) การจัดการด้านระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดี และเหมาะสมกับวัน เวลาสภาพแวดล้อม และต่อการทำธุรกิจ

(6) ระยะเวลาของต้นตอ

- การบำรุงรักษาสภาพของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดินและน้ำ ซึ่งถ้ามีการบริหารจัดการที่ดีจะสามารถไว้ต้นตอได้ประมาณ 5 ปี ซึ่งจะเป็นการช่วยลดจะลดต้นทุนในการผลิตและลดการทำลายสิ่งแวดล้อมตามที่ได้กล่าว

(7) การเพิ่มอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิต• ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ได้ผลผลิตโดยการปรับปรุง และบริหารการเก็บเกี่ยวให้ได้ 200 วันต่อปี แทนระบบเดิมที่มีการเก็บเกี่ยว 100 วันต่อปี ทำ ให้เพิ่มผลผลิตอ้อยให้ได้มากขึ้นอย่างน้อยเท่าตัวหรือ 100เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ต้องเพิ่มเนื้อที่ในการปลูก

- **การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล**

(1) การเพิ่มผลผลิตด้วยการปรับปรุงดิน

- การเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับดิน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์ หรือเปลือกมันจากโรงงานแป้ง หรือปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง และถั่วพร้าปลูกแล้วไถกลบ
- กรณีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมีชั้นดินดานอยู่ใต้ดินควรใช้หญ้าแฝกปลูกประมาณ 1-2 ปี เพราะหญ้าแฝกมีระบบรากลึกมากกว่า 2 เมตรสามารถทำลายชั้นดินดานได้ และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้กับดินด้วย

(2) การยืดอายุเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มผลผลิต

- การวางแผนการเก็บเกี่ยวได้อย่างเหมาะสม ใช้ระบบการจัดการการปลูกมันสำปะหลัง 2 ครั้งภายใน 3 ปี สามารถลดต้นทุนการผลิต และมีช่วงเวลาในการจัดการปรับปรุงดิน

(3) การเปลี่ยนแนวความคิดจากปลูกมันสำปะหลังแบบพืชไร่มาเป็นแบบพืชสวน

(4) การเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้เหมาะกับพื้นที่ปลูก

- แผนการส่งเสริมการปลูกพันธุ์รับรองใหม่ๆ ต้องมีทิศทางอย่างชัดเจนเพราะแต่ละพันธุ์ให้ผลดีเฉพาะบางสภาพแวดล้อม

(5) การจัดระบบการผลิตแบบ contract farming (การผลิตแบบโรงงานมีเกษตรกรเป็นลูกไร่ของตัวเอง)

(6) การขยายฐานการผลิตเข้าไปในประเทศเพื่อนบ้าน

- **การผลิตข้าวฟ่างหวานเพื่อเป็นพืชพลังงานทดแทนอ้อย และมันสำปะหลัง**

(1) ปลูกข้าวฟ่างหวานในช่วงที่เว้นว่างจากการปลูกมันสำปะหลัง และอ้อยสามารถนำลำต้นสดมาหีบเพื่อนำน้ำคั้นมาหมักทำเอทานอลได้โดยตรง

(2) มีการวางแผนจัดการให้เหมาะสม โดยพื้นที่ที่เหมาะสมคือในภาคอีสานที่มีการไว้ตออ้อยได้เพียง 1 ครั้ง ลักษณะการปลูกอ้อยจึงเป็นแบบปีเว้นปี จึงสามารถใช้ปลูกข้าวฟ่างหวานที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าได้

**8.2.5.2 การผลิต**

- **การปรับปรุงกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล**

การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตน้ำตาลและเอทานอล

(1) ปรับปรุงตั้งแต่ระบบการหีบอ้อย โดยลดจำนวนครั้งการหีบอ้อยลง และนำน้ำอ้อยที่ได้จากครั้งหลังๆ ของการหีบอ้อยไปหมักทำเอทานอลโดยตรง

(2) นำส่วนที่เหลือ หรือที่เรียกว่า "ผลผลิตร่วม (Co-product)" ไปใช้ทางอื่นเช่นผลิตอาหารสัตว์ ผลิตอาหารคน และเครื่องสำอางจากยีสต์ก็ได้

- **การปรับปรุงกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง**

(1) ความร่วมมือจากนักวิชาการ

- ช่วยวางแผนการบริหารจัดการ และการผลิตวัตถุดิบแต่ละชนิดให้สอดคล้องกับความต้องการของโรงงานผลิตเอทานอล
- เร่งทำการศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำข้อมูลพื้นฐานของศักยภาพของดินที่ใช้ในพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอลทั้งประเทศ

(2) การปรับปรุงการดำเนินการในส่วนโรงงานผู้ผลิตเอทานอล

- โรงงานเอทานอลควรใช้การผลิตวัตถุดิบแบบทำสัญญากับเกษตรกรโดยมีนักวิชาการคอยบริการแนะนำเทคโนโลยีการผลิต จัดเงินทุน และประกันราคาพืชวัตถุดิบ
- โรงงานควรจะมีไร่ของโรงงานเพื่อทำหน้าที่ผลิตวัตถุดิบ (บางส่วน) ป้อนโรงงานพร้อมๆ กับเป็นแปลงสาธิต
- โรงงานจำเป็นต้องมีฝ่ายวิจัย เพื่อทดสอบพันธุ์พืชว่าพันธุ์ไหนเหมาะที่จะใช้ปลูกในเขตนิเวศรอบๆ โรงงาน

(3) ความร่วมมือจากส่วนราชการ

- วิเคราะห์ความต้องวัตถุดิบแต่ละชนิดในภาพรวมทั้งหมด (ของอุตสาหกรรมทุกประเภท)
- วางแผนส่งเสริมการผลิตในเขตที่เหมาะสมโดยต้องคำนึงถึงเรื่องการขนส่งทั้งตัววัตถุดิบและการขนส่งของเอทานอลด้วย
- โรงงานผลิตเอทานอล ที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบควรเป็นโรงงานที่อยู่ร่วมกับโรงงานผลิตแป้งมัน
- ควรมีโรงงานผลิตไฟฟ้า โรงงานผลิตปุ๋ยหมัก หรือโรงงานผลิตกรดแลกติค ฯลฯ เป็นองค์ประกอบร่วมด้วยเพื่อหาทางใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทุกประเภทให้ได้มากที่สุด