การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว

นางสาวหทัยชนก นัดสถาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2550

ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF RICE PRODUCTS

Hathaichanok Nadsathaporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2007

การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.สุดจิต ครุจิต)
ประธานกรรมการ

_____

(อ. ดร.ฉัตรเพชร ยศพล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.จรียา ยิ้มรัตนบวร)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.บุญชัย วิจิตรเสถียร)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หทัยชนก นัดสถาพร : การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว
(ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF RICE PRODUCTS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. ดร.ฉัตรเพชร ยศพล, 232 หน้า.

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญและผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก การปลูกข้าวและอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวเป็นอาชีพที่สำคัญของประชากรในประเทศ ข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญของตลาดค้าข้าวโลก ในประเทศไทยนาข้าวเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญแหล่งหนึ่ง และในระดับโลก นาข้าวนับเป็นแหล่งปลดปล่อยกลุ่มก๊าซเรือนกระจก การผลิตข้าวจึงต้องมีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตเพื่อเป็นกลไกการสร้างคุณค่าหรือเสริมสร้างลักษะเด่นในการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์ข้าวไทยสู่ตลาดโลก ในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการสร้างดัชนีสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวไทย ซึ่งนอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าและสร้างลักษณะพิเศษให้ผลิตภัณฑ์ข้าวไทยแล้ว ดัชนีหรือเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นช่วยให้ผู้ประกอบการโรงสีข้าวได้ตระหนักถึงความสำคัญของการลดการใช้ทรัพยากรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ก็เพื่อประเมินผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมจากวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าว จัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว และศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเกณฑ์สำหรับฉลากเขียวของผลิตภัณฑ์ข้าว การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวในการศึกษานี้มีขอบเขตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวได้แก่ การทำนาปลูกข้าว การขนส่ง และการสีข้าว โดยมีการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากแหล่งข้อมูลเกษตรกรในพื้นที่ทำนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 400 รายและโรงสีขนาดใหญ่จำนวน 24 โรงทั่วประเทศ โดยแบ่งการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามประเภทของผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีการใช้พลังงานแตกต่างกัน 3 ประเภท ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ และการใช้ไฟฟ้าร่วมกันทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ และใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ได้พิจารณาถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านภาวะโลกร้อน ด้านภาวะฝนกรด ด้านภาวะการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น ด้านการลดลงของพลังงาน และด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

HATHAICHANOK NADSATHAPORN : ENVIROMENTAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF RICE PRODUCTS. THESIS ADVISOR : CHATPET YOSSAPOL, Ph.D., 232 PP.

LIFE CYCLE ASSESSMENT/ RICE PRODUCTS/ RICE MILL

Rice is the backbone of Thailand economy and the international rice trading has been increasingly important recently. In Thailand it is speculated that rice field is a major source of pollution in several streams. In a global scale, methane from rice field is regarded as a major source of greenhouse gas emissions. Several standards and benchmarks aiming at the quality and productivity of rice products have been established. However, only a few environmental performance benchmarks has been set especially the one that considers the entire life cycle stage of rice production. This study is an attempt to evaluate the environmental impact of different stages of rice production. An environmental performance benchmark, which identifies environmental impacts associated with rice production, may show what parts of the life cycle stages where the greatest improvement can be made. This may also improve the value-added of rice and its downstream products.

The major production stages included in the assessment are rice cultivation, rice milling, and transportation both in the rice filed and in the rice milling site. The functional unit in this study is defined as the mass of product, e.g., 1,000 kg of unmilled rice. Inventory analysis has been done base on the data surveyed from about 400 farmers in the Northeast of Thailand. Resources and energy used in rice milling were survey form 24 rice milling plants. Air emissions, water emission, and waste

generation ware also surveyed from those 24 plants and a rice-husk power plant. Five major impact categories have been selected in the assessment, e.g., global warming, acidification, eutrophication, energy consumption, and resource depletion. Characterization factors have been applied to convert the emissions/ depletions within an impact category to its impact indicator.

The survey shows that in general an average rice milling plant uses 66% of energy from electricity through Thailand grid and 34% from its own rice husk biomass. By these figure, environmental impacts associated with rice production for an average rice field and an average rice milling plant can be identified. The results show that rice cultivation is the primary source of greenhouse gas emission, airborne emissions of acidification causing compounds (N+S), and airborne emission of eutrophication causing compounds (N+P). Meanwhile, rice milling is the primary source of energy consumption and resource depletion.

In the assessment of rice milling plant according to mode of energy use, it is found that the rice milling plant using only rice husk biomass as the source of energy releases the smallest amount of greenhouse gas followed by the plant using both the energy from electricity through Thailand grid and energy form the plant's own rice husk biomass and the plant using only energy form electricity through Thailand grid, respectively. This rank is also the same for acidification impact in terms of emission of acidification causing compounds (N+S) and eutrophication terms of emissions of eutrophication causing compounds (N+P).

School of Environmental Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2007 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยโดยมาตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา ให้คำปรึกษาด้านวิชาการและประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.บุญชัย วิจิตรสเถียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรียา ยิ้มรัตนบวร ที่ให้โอกาสในการศึกษา ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณนารี กลิ่นกลาง เจ้าหน้าที่บริหารทั่วไป (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) ที่ให้ปรึกษาด้านการดำเนินการวิจัยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณโรงสีข้าวที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล 24 แห่ง

ขอขอบคุณเกษตรกรในพื้นที่ 4 จังหวัดกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการทำนา

ขอขอบคุณ โรงไฟฟ้าร้อยเอ็ดกรีน โรงสีข้าวสวนดุสิต ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความอนุเคราะห์เข้าเยี่ยมชมกระบวนการผลิต

ขอขอบคุณ คุณยุทธนา เตชะธนสารสมบัติ คุณวิทวัส และคุณนิวัฒน์ นัดสถาพร ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและให้คำปรึกษาในด้านการดำเนินการวิจัย

ขอบคุณเพื่อนบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจตลอดมา

ขอบคุณกองทุนจากสภาวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบผลสำเร็จในชีวิต

หทัยชนก นัดสถาพร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 4
1.3 ขอบเขตการศึกษา 4

2 ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ข้าว 6
2.1.1 ความรู้ทั่วไปของข้าว 8
2.1.2 การเพาะปลูกข้าว 8
2.1.3 ปัญหาการผลิตข้าวในประเทศไทยปัจจุบัน 18
2.1.4 การแปรรูปและผลิตภัณฑ์จากข้าว 20
2.1.5 อุตสาหกรรมโรงสีข้าวในประเทศไทย 21
2.1.6 ปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตข้าว 28
2.1.7 โอกาสทางการค้า 30
2.1.8 มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 33
2.1.9 ฉลากเขียว 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 การประเมินวงจรชีวิต 45
2.2.1 ความหมายของการประเมินวงจรชีวิต 45
2.2.2 หลักการประเมินวงจรชีวิต 47
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54
2.3.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยหลักการ LCA 55
2.3.2 การนำวิธีการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทย 54
2.3.3 การประเมินวงจรชีวิตเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร 67
2.3.4 กรณีศึกษา Life Cycle of Rice : Challenges and choices for Bangladesh 67
3 วิธีดำเนินการวิจัย 72
3.1 รูปแบบการวิจัย 72
3.2 วิธีการวิจัย 73
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) 73
3.2.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (Life Cycle Inventory) 77
3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment) 88
3.2.4 การแปลผลและการตีความ (Life Cycle Inventory) 91
4 ผลการศึกษา 93
4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 93
4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว 96
4.2.1 ขั้นตอนการปลูกข้าว 97
4.2.2 ขั้นตอนการขนส่ง 107
4.2.3 ขั้นตอนการสีข้าวในโรงสี 111
4.2.4 สรุปบัญชีรายการวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 127
4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ข้าว 131
4.3.1 การคัดเลือก (Selection) 132
4.3.2 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification) 133

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.3 การแปลงข้อมูลเป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization) 140
4.4 การตีความและแปลผล 151
4.5 ความเป็นไปได้ของการจัดทำฉลากเขียว 152
4.5.1 ขั้นตอนการดำเนินการขอลากเขียว 153
4.5.2 สรุปความเป็นไปได้การจัดทำฉลากเขียว 154
5 สรุปผลการศึกษา 157
5.1 สรุปผลการวิจัย 157
5.1.1 สรุปเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 158
5.1.2 สรุปบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าว 158
5.1.3 สรุปผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 159
5.1.4 สรุปผลการตีความผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว 159
5.2 ข้อจำกัดของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 159
5.3 สรุปความเป็นไปได้ของการจัดทำฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าว 160
5.4 การนำผลไปใช้ประโยชน์ 160
5.4.1 ประโยชน์จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 161
5.4.2 ประโยชน์จากงานวิจัยด้านการประเมินวงจรชีวิต 164
5.5 ข้อเสนอแนะ 164
5.5.1 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม 164
5.5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 165
รายการอ้างอิง 166
ภาคผนวก 180
ภาคผนวก ก. แบบสอบถามในการเก็บรวมรวมข้อมูล 180
ภาคผนวก ข. ทฤษฎีอ้างอิงการกำหนดตัวอย่าง 183
ภาคผนวก ค. กระบวนการสีข้าวกรณีศึกษา : โรงสีข้าวแห่งหนึ่ง 189
ภาคผนวก ง. การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว 197

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ. ข้อมูลผลการสำรวจปัจจัยการผลิตการทำนาและโรงสีข้าว 213
ภาคผนวก ฉ. รายการคำนวณ 212
ภาคผนวก ช. ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษที่เกี่ยวข้อง 221
ภาคผนวก ซ. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ระหว่างศึกษา 230
ประวัติผู้เขียน 232

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าวในตลาดข้าวโลกปี พ.ศ.2550 16
2.2 ปริมาณการส่งออกข้าวของโลกของประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ (พันตันข้าวสาร) 16
2.3 ปริมาณ และมูลค่าของข้าวส่งออกของไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 17
2.4 เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยรายภาคของข้าวนาปรังในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 18
2.5 เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยรายภาคของข้าวนาปีในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 18
2.6 ผลผลิตข้าว และการค้าข้าวในตลาดโลก 19
2.7 แสดงผลผลิต การใช้ การค้า และสต๊อกข้าวโลก 31
2.8 กลุ่มผลกระทบที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย 57
2.9 การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย 66
3.1 สัดส่วนข้อมูลปฐมภูมิของโรงสี 24 แห่ง 75
3.2 สัดส่วนการสีข้าวเปลือก 1,000 กิโลกรัม เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวประเภทต่างๆ 76
3.3 จำนวนเกษตรกร (ปลูกข้าว) ปี 2548-2549 ในพื้นที่กรณีศึกษาการทำนา 80
3.4 ดัชนีผลกระทบสิ่งแวดล้อม 90
4.1 ปริมาณ และลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากการทำนาข้าว 100
4.2 ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดีจากการทำนาข้าว ปี พ.ศ.2545 แยกเป็นรายภาค 100
4.3 การประเมินก๊าซมีเทนจากการเผากลบตอซังในนาข้าว 105
4.4 ปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากภาคขนส่งในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2539 108
4.5 ค่า EMISSION FACTOR ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งทางถนน 109
4.6 ปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2544 109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.7 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองจากโรงสีข้าว 114
4.8 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลภาวะทางอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 131
4.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นำมาพิจารณาในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 133
4.10 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการปลูกข้าว 134
4.11 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขนส่งของผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานไฟฟ้า 134
4.12 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการการขนส่ง 135
4.13 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการการขนส่ง 135
4.14 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการแปรรูปในโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 136
4.15 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการแปรรูปในโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 137
4.16 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการแปรรูปในโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 138
4.17 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ 141
4.18 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 145
4.19 มลสารดัชนีชี้วัดที่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด 146
4.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรดจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 146
4.21 มลสารดัชนีชี้วัดที่ก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร 148
4.22 ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรดจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 149
4.23 มลสารดัชนีชี้วัดที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง 150
4.24 ปริมาณการปล่อยมลพิษที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลงในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 150
4.25 สรุปการแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 151
4.26 เกณฑ์การได้รับฉลากเขียวแก่ผลิตภัณฑ์ข้าว 155
4.27 มาตรฐานการควบคุมสถานประกอบการโรงสีข้าว 156
ก.1 ตัวอย่างแบบสอบถามการทำนา 181
ก.2 ตัวอย่างแบบสอบถามการเก็บข้อมูลในโรงสีข้าว 182
ข.1 การกำหนดขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 184

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

จ.1 การประมาณค่าข้อมูลปัจจัยการผลิตจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม 204
จ.2 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง 205
จ.3 ข้อมูลปฐมภูมิของโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง 206
ฉ.1 แสดงผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษกรณีการใช้พลังงานไฟฟ้า 3 กรณี 213
ฉ.2 การคำนวณอัตราการไหลของโรงสีพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 213
ฉ.3 การคำนวณการประเมินมลพิษปุ๋ยเคมี 213
ฉ.4 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษโรงสีพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 214
ฉ.5 การประมาณการปลดปล่อยมลพิษอากาศจากการใช้ปุ๋ย 215
ฉ.6 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการทำนาข้าว 216
ฉ.7 การคำนวณ Characterization 217
ฉ.8 ตัวอย่างรายการคำนวณการประมาณค่าสมการความถดถอย Multiple Regressions 219
ช.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี 2541 แยกตามชนิดก๊าซ 222
ช.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษจากการขนส่งทางบกในประเทศไทย 222
ช.3 การปลดปล่อยก๊าซกลุ่ม GHG จากการผลิตไฟฟ้า 223
ช.4 การปลดปล่อยมลพิษจากโรงไฟฟ้า 223
ช.5 รายละเอียดโรงสีที่ใช้เชื้อเพลิงแกลบ 224
ช.6 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะลดลงของทรัพยากร (ADP) 225
ช.7 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) 227
ช.8 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะฝนกรด (AP) 228
ช.9 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร (EP) 228
ช.10 ที่มาข้อมูลในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 229

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 พื้นที่เขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับข้าวนาปีในประเทศไทย 11
2.2 พื้นที่เขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับข้าวนาปรังในประเทศไทย 12
2.3 สัดส่วนจำนวนโรงสีข้าวรายภาคในประเทศไทย 22
2.4 แผนภาพกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวทั่วไป 26
2.5 ระบบการสีข้าว 2 ระบบในประเทศไทย 27
2.6 ข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพข้าวหอมมะลิไทย 34
2.7 ขนาดเมล็ดข้าวเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการส่งออก 36
2.8 สัญลักษณ์ฉลากเขียวหรือฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศต่างๆ 41
2.9 แผนภาพมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อการค้าของประเทศไทย 44
2.10 แนวคิดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 46
2.11 ขั้นตอนการประเมินวงจรชีวิต 47
2.12 ขอบเขตของระบบที่กำหนด 48
2.13 แสดงการนำความรู้ LCA ไปใช้งานด้านต่างๆ 54
2.14 ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตข้าวในประเทศบังคลาเทศ 68
2.15 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตข้าวในประเทศบังคลาเทศ 68
3.1 ขั้นตอนพื้นฐานการประเมินวงจรชีวิต 73
3.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 76
3.3 แผนภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล 78
3.4 แสดงจังหวัดที่เลือกเป็นพื้นที่ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย 79
3.5 พื้นที่แสดงโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง 85
3.6 ตัวอย่างบัญชีรายการทรัพยากรผลิตภัณฑ์ข้าว กรณีศึกษาโรงสีข้าวขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง 89
3.7 แผนการดำเนินงาน 92
4.1 ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 95
4.2 สถิติเนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ปีเพาะปลูก 2540-2549 97
4.3 บัญชีรายการขั้นตอนปลูกข้าว 107

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 บัญชีรายการขั้นตอนการขนส่ง 110
4.5 บัญชีรายการขั้นขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้า..... 110
4.6 บัญชีรายการขั้นขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ..... 111
4.7 บัญชีรายการขั้นขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงาน
จากเชื้อเพลิงแกลบ 111
4.8 บัญชีรายการพลังงานไฟฟ้า..... 115
4.9 บัญชีรายการพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 117
4.10 บัญชีรายการพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 118
4.11 การปลดปล่อยก๊าซมลพิษอากาศของโรงสีเปรียบเทียบกัน 3 ประเภท
ตามการใช้พลังงาน..... 119
4.12 ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากโรงสีข้าวกรณีศึกษา 24 แห่ง 120
4.13 ผังแสดงแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำจากกระบวนการสีข้าว..... 123
4.14 บัญชีรายการโรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้า..... 124
4.15 บัญชีรายการโรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ..... 125
4.16 บัญชีรายการโรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 126
4.17 บัญชีรายการวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้า..... 128
4.18 บัญชีรายการวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแกลบ 129
4.19 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ..... 130
4.20 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้า
ในการสีข้าว..... 139
4.21 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานจาก
เชื้อเพลิงแกลบในการสีข้าว..... 139
4.22 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้า
ร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบในการสีข้าว 140
4.23 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 142
4.24 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 142

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.25 มลพิษอากาศจากขั้นตอนปลูกข้าว 143
4.26 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซมลสารดัชนีก่อภาวะฝนกรดในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว..... 147
4.27 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว 148
ค.1 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE A..... 190
ค.2 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE B (ต่อ) 191
ค.3 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE B (ต่อ) 192
ค.4 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE C..... 193
ค.5 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE D ใหม่ 194
ค.6 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE D ใหม่ 195
ค.7 สมดุลมวลกระบวนการผลิต LINE D เก่า 196
ง.1 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว กรณีศึกษาโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง 198
ง.2 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line A..... 199
ง.3 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line B..... 200
ง.4 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line C..... 201
ง.5 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line D..... 202
จ.1 พื้นที่ปลูกข้าวในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด..... 208
จ.2 ปริมาณเมล็ดพันธุ์ในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด 208
จ.3 ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด..... 209
จ.4 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.มหาสารคาม 209
จ.5 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.นครราชสีมา..... 210
จ.6 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.ขอนแก่น 210
จ.7 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.ร้อยเอ็ด..... 211

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

LCA	=	การประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment)
GWP	=	ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)
AP	=	ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรด (Acidification Potential)
EP	=	ศักยภาพที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร (Eutrophication Potential)
ADP	=	ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากร (Abiotic Resource Depletion)
EDP	=	ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของพลังงาน (Energy Depletion)
ppm	=	ส่วนในล้านส่วน (part per million)
CF	=	ลูกบาศก์ฟุต (Cubic foot)
^0C	=	องศาเซลเซียส
kg	=	กิโลกรัม
MW	=	เมกะวัตต์
kWh	=	กิโลวัตต์
KTOE	=	กิโลตันเทียบเท่าน้ำมัน (Kilo Tons of Oil Equivalent)
TOU	=	อัตราการคิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาที่ใช้ (Time of Use Rate)
NO_x	=	ไนโตรเจนออกไซด์
SO_2	=	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
CO_2	=	คาร์บอนไดออกไซด์
CO	=	คาร์บอนมอนอกไซด์
N_2O	=	ไนตรัสออกไซด์
CH_4	=	มีเทน
NMVOC	=	สารอินทรีย์ระเหยได้ที่มิใช่มีเทน (Non-methane Volatile Organic Compound)
SPM	=	ฝุ่นละออง (Suspended Particular Matter)
TSP	=	ฝุ่นรวม (Total Suspended Particular)
IPCC	=	Intergovernmental Panel on Climate Change
TEI	=	สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (Thailand Environment Institute)
BOD	=	Biochemical oxygen demand

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

US-EPA	=	U.S. Environmental Protection Agency
LEM	=	Life Cycle Emission model
CML	=	Center of Environmental Science
FAO	=	องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (The Food and Agriculture Organization of the United Nations)
LPG	=	Liquefied petroleum gas
NGV	=	Natural Gas Vehicles

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของโลกมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดของโลกถึงปีละประมาณ 7.4 ล้านตัน จากผลผลิตข้าวประมาณ 29.64 ล้านตัน เป็นมูลค่ากว่า 8,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) โดยส่งออกในรูปข้าวขาวโดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวและข้าวนึ่ง สถานการณ์การส่งออก และมูลค่าการส่งออกของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยมีแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกได้ว่าเป็นพื้นที่เกือบครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งประเทศ โดยเป็นการผลิตแบบอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จึงปลูกข้าวได้ปีละครั้งเป็นส่วนมาก และพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในพื้นที่นี้เป็นข้าวพันธุ์ไวต่อแสง

การทำนาปลูกข้าวและอุตสาหกรรมสีข้าวเป็นอาชีพหลักของประชากรในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยทำการเกษตรเกี่ยวกับข้าวมาเป็นเวลานาน และข้าวไทยเป็นที่นิยมของนานาประเทศ แต่ปัจจุบันประเทศอื่น ๆ หลายประเทศกำลังก้าวขึ้นมาเป็นคู่แข่งสำคัญในการส่งออกข้าว และดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมข้าวแข่งกับประเทศไทย ดังนั้นประเทศไทยควรมีการเตรียมความพร้อม และพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตข้าวให้มีประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวชั้นนำของตลาดข้าวโลก

โดยทั่วไปข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว Oryza saiva ปลูกในทวีปเอเชียและ Oryza glaberrima ปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่จำหน่ายในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย (งามชื่น คงเสรี, 2541) ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลกโดยเป็นแหล่งพลังงานของประชากรเกือบสองพันล้านคน ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในช่วงระหว่างปี 2549-2551 ผลผลิตข้าวโลกมีประมาณ 420.6 ล้านตันข้าวสาร ซึ่งเป็นผลผลิตจากทวีปเอเชียประมาณ 390 ล้านตัน (มากกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด) และเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีการซื้อขายในตลาดโลกเพียงปีละประมาณ 19-29 ล้านตันข้าวสารเท่านั้น (องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ, 2551) กรมการส่งออกจึงมีการใช้กลยุทธ์การค้าข้าวในฐานะประเทศผู้นำการค้าข้าวในตลาด ซึ่งพิจารณาในส่วนของภาครัฐและส่วนของผู้ส่งออก โดยกลยุทธ์แบบเดิมประเทศไทย มุ่งเน้นเรื่องราคา เน้น

กลไกราคาต่ำ แต่จากสถานการณ์ข้าวที่แข่งขันกันสูงขึ้น ทำให้ประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าขณะที่ผลผลิตต่ำกว่าประเทศคู่แข่ง จึงควรสร้างกลไกการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ข้าว โดยเน้นคุณภาพและการลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ข้าวเป็นสำคัญ เช่นการอาศัยหลักการประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการพิจารณาตั้งแต่การเริ่มเตรียมดินปลูกข้าว การเตรียมเมล็ดพันธุ์ การปลูกข้าว การเก็บเกี่ยวผลผลิต การแปรรูปข้าว การบรรจุภัณฑ์ และการบริโภค เพื่อสร้างเป็นลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์ข้าวไทยนำเสนอแก่ตลาดข้าวโลก

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์รายงานผลผลิตข้าวนาปรังปี 2551 มีประมาณ 6.79 ล้านตัน ใกล้เคียงกับปีก่อนซึ่งมีประมาณ 6.8 ล้านตัน เมื่อรวมกับผลผลิตข้าวนาปี ซึ่งมีประมาณ 23.4 ล้านตัน ทำให้ผลผลิตข้าวปีการผลิต 2550-51 รวมทั้งสิ้นประมาณ 30.2 ล้านตัน (20 ล้านตันข้าวสาร) เกษตรกรชาวนาเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปรังและจำหน่ายออกสู่ตลาดประมาณ 0.47 ล้านตัน และจะออกสู่ตลาดมากขึ้นในช่วงเดือน มี.ค-เม.ย 2551 ประมาณ 1.3 ล้านตัน และ 1.7 ล้านตัน ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมหรือที่จะกล่าวถึงในงานวิจัยนี้อย่างสั้น ๆ ว่า การประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) หมายถึง การประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงและสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิตในเชิงปริมาณ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การใช้และการซ่อม การทิ้งและทำลาย ประโยชน์ของหลักการประเมินวงจรชีวิตคือ สามารถศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละขั้นตอนของการผลิตข้าวก่อนจะเป็นข้าวที่นำมาบริโภค เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตในภาคเกษตรกรรม ได้แก่ เพิ่มผลผลิต ปรับปรุงพันธุ์ข้าว ลดการใช้สารเคมีปราบศัตรูพืช ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และในส่วนของภาคอุตสาหกรรมยังสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิต ลดต้นทุน คัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมโดยพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตต้องส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในโรงสีข้าว หลังจากปรับกลยุทธ์เหล่านี้แล้ว ยังสามารถพัฒนาไปสู่การจัดทำฉลากเขียวเพื่อรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีความน่าเชื่อถือตามมาตรฐานสากล และการปฏิบัติมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อมให้กับโรงสีข้าว เช่น ISO 14000 ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของประเทศไทยในการนำไปสู่การเป็นผู้นำการค้าข้าวในตลาดโลก และเป็นการสร้างโอกาสพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้เติบโตมากขึ้น อีกทั้งข้อมูลในการศึกษาวงจรชีวิต ยังใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อเป็นกรณีศึกษากับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงได้อีกด้วย

ปัจจุบันประเทศไทยใช้นโยบายข้อตกลงเปิดเขตการค้าเสรี เพื่อเพิ่มทางเลือกในการพัฒนาการค้าข้าว ข้อตกลงเปิดเขตการค้าเสรีฉบับสำคัญ ๆ เช่น ข้อตกลงหุ้นส่วนเศรษฐกิจระหว่างไทย-ญี่ปุ่น ที่มีการลงนามไปแล้ว ทำให้ประเทศไทยสามารถขยายการค้า และการลงทุนกับญี่ปุ่นได้มากขึ้น เพราะในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นถือเป็นตลาดเป้าหมายหลัก และเป็นผู้ลงทุนหลักในอุตสาหกรรมผลิตข้าวของประเทศไทยด้วย หรือจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีไทย-ออสเตรเลีย ซึ่งนำไปสู่การค้ากับประเทศนิวซีแลนด์ซึ่งอยู่ในกลุ่มอาร์เซอร์ตาร์ ในขณะที่การค้าเสรีกับประเทศอินเดีย นำไปสู่การขยายตลาดทางการค้ากับประเทศเนปาล และบังคลาเทศ เป็นต้น และประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มเติมจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีทำให้ไทยมีตลาดการค้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดตลาดซึ่งแสดงได้จากจำนวนประชากร รายได้เฉลี่ยของประชากรในประเทศ โดยในกรณีของสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น เป็นตลาดขนาดใหญ่ และมีมูลค่าการค้าอยู่ในระดับสูง นอกจากนั้นยังพบว่าโอกาสในการพัฒนาตลาดการค้าในอนาคตได้แก่ ในตลาดประเทศจีน และอินเดีย ซึ่งเป็นตลาดขนาดใหญ่เมื่อพิจารณาจากจำนวนประชากร แต่ในปัจจุบันมีมูลค่าการค้าในระดับที่ต่ำ และการกีดกันทางการค้าทั้งในรูปแบบภาษีนำเข้า และที่ไม่ใช่ภาษีนำเข้าในระดับสูง ซึ่งจากการปรับลดการกีดกันทางการค้า จะส่งผลทำให้มูลค่าการค้าระหว่างประเทศสูงขึ้นมาก และในปี 2551นี้ ราคาข้าวสูงที่สุดในประวัติศาสตร์ และมีแนวโน้มที่จะขาดตลาด เนื่องจากสต๊อกข้าวลดลง โดยการซื้อขายข้าวในตลาดโลกมีความต้องการบริโภคข้าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาข้าวเพิ่มสูงขึ้น และเนื่องจากราคาสินค้าเกษตรหลายชนิด มีแนวโน้มจะมีการปรับราคาสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกปรับตัวสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลกอย่างสหรัฐอเมริกาหันไปส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเพื่อผลิตพลังงาน และส่งผลทางอ้อมให้ราคาสินค้าเกษตรส่วนใหญ่ในตลาดโลกสูงขึ้น และในส่วนของทวีปอัฟริกาซึ่งเป็นตลาดหลักข้าวไทย พบว่าแนวโน้มการส่งออกข้าวเพิ่มสูงขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งราคาข้าวในตลาดโลกจะมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะช่วงไตรมาสแรกของปี 2551

จากความสำคัญของผลิตภัณฑ์ข้าว ปัญหาภาวะการค้าข้าวของประเทศไทย และหลักการประเมินวงจรชีวิตที่พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้วิจัยในฐานะวิศวกรสิ่งแวดล้อมเล็งเห็นแนวทางในการสร้างลักษณะ และคุณสมบัติพิเศษให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อเป็นจุดเด่นในการค้าที่อำนวยประโยชน์แก่ทุกฝ่ายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวในด้านคุณภาพ การตลาด ราคา ควบคู่ไปกับการคำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวในประเทศไทย และแก้ปัญหาการจัดการมลพิษที่แหล่งกำเนิด อีกทั้งได้นำหลักการฉลากเขียว ซึ่งเป็นทางเลือกที่มีบทบาทสำคัญต่อผู้บริโภคในปัจจุบันมาใช้ในการสร้างลักษณะพิเศษอีกด้วย อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีผลิตภัณฑ์เกษตร และอาหารเป็นผลิตผลส่งออกที่สำคัญ และเป็นอาหารหลักของประเทศ การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและส่งออกมากที่สุด

ประเทศไทยยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับวงจรชีวิตของข้าวอย่างละเอียด เพื่อเป็นฐานข้อมูลของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้านเกษตรและอาหาร และขาดเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมการปลูกข้าวทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรทำได้ยาก โดยเฉพาะการรวบรวมข้อมูล แต่จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา อนุมานได้ว่าขั้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าว มีแนวโน้มในการนำมาพิจารณาเพื่อให้ฉลากเขียวน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด โดยฉลากเขียวหรือฉลากสิ่งแวดล้อมที่ให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวหลังจากทำการประเมินวงจรชีวิตนั้นสามารถนำมากำหนดเกณฑ์เพื่อให้โรงสีข้าวในประเทศไทย มีมาตรฐานในการผลิตข้าวที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และสร้างผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณภาพในตลาดการค้าโลก เพื่อเป็นผู้นำในการส่งออกข้าวในตลาดโลกตลอดไป

1.2 วัตถุประสงค์

การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว เริ่มศึกษาจากการจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก การเพาะปลูก การทำนา การเก็บเกี่ยว ไปจนถึงแปรรูปผ่านโรงสีข้าวออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์คือ

1) เพื่อประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว

2) เพื่อจัดทำดัชนีด้านทรัพยากรและผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว และศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ของการกำหนดดัชนีเบื้องต้นของฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยหลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ISO14040 : การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการประเมินปัญหาและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องกับผลิตภัณฑ์ทั้งวงจรชีวิต

ในการประเมินได้ใช้หลักเกณฑ์ของมาตรฐานการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา การทำบัญชีรายการทรัพยากร และพลังงาน การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการประมวลผลเพื่อตีความ และแปลผลข้อมูล ตามลำดับ

ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตข้าวแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทำนาปลูกข้าว การขนส่ง และการแปรรูปข้าวในโรงสี โดยในขั้นตอนการทำนา เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายทำนาปลูกข้าว 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ดและนครราชสีมา จำนวน 400 ราย โดยการสัมภาษณ์ และทำแบบสอบถาม ข้อมูลที่ทำการสำรวจ ได้แก่ ปัจจัยการผลิตในการทำนา เช่น เมล็ดพันธุ์ น้ำ ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช เริ่มจากขั้นตอนการเตรียมดิน การเพาะเมล็ดซึ่งในส่วนนี้มีการทำนา 2 แบบ คือ นาดำ และนาหว่าน โดยการทำนาหว่านจะใช้เมล็ดพันธุ์หว่านในนาข้าว ส่วนนาดำต้องนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะกล้าก่อนจึงนำมาปักดำลงในแปลงนา แต่มีการใช้เมล็ดพันธุ์ในปริมาณใกล้เคียงกัน จากนั้นเข้าสู่การบำรุงรักษา มีการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช และใช้ปุ๋ยบำรุงต้นข้าวโดยมีทั้งการใช้ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีเพื่อสนองความต้องการธาตุอาหารของต้นข้าว เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตเต็มที่จนออกรวง จึงทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้ทั้งแรงงานคน และเครื่องจักรกลการเกษตร ได้แก่ เครื่องเกี่ยวนวด เครื่องตีข้าว เครื่องนวดข้าว จนได้ผลผลิตข้าวเปลือกเพื่อนำไปสีเป็นข้าวสารต่อไป

ขั้นตอนการขนส่ง แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ การขนส่งภายในขั้นตอนการทำนาปลูกข้าว ได้แก่ การขนส่งข้าวเปลือกไปเก็บในยุ้งฉาง การขนส่งวัตถุดิบในการผลิตในนาข้าว การใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร และขั้นตอนการขนส่งภายในโรงสี การใช้พาหนะขนส่งวัตถุดิบ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงภายในโรงสี โดยขั้นตอนการขนส่งนี้ไม่นับรวมเอาการขนส่งในส่วนอื่น ๆ เนื่องจากข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นไปได้ยาก และข้อมูลที่ต้องการมีความหลากหลายส่งปัญหาในการประมวลผล จึงไม่นำมาพิจารณา

ขั้นตอนการสีข้าวในโรงสี เนื่องจากมีข้อจำกัดทางความลับทางการค้า และการบันทึกข้อมูลของแต่ละโรงสี การรวบรวมข้อมูลจึงใช้ความร่วมมือ และความสมัครใจในการให้ข้อมูลของโรงสีแต่ละแห่ง โดยการทำแบบสอบถามข้อมูลซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากโรงสี 24 แห่ง ซึ่งเป็นโรงสีขนาดใหญ่ กำลังการผลิตมากกว่า 20 ตันต่อวัน ข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่ ปัจจัยการผลิต เช่น วัตถุดิบข้าวเปลือก บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ กำลังการผลิตสูงสุด-ต่ำสุด การใช้พลังงานและเชื้อเพลิง ประเภทของพลังงานที่ใช้ ได้แก่ ไฟฟ้า พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายในโรงสี การตรวจวัดมลพิษ การจัดการของเสีย โดยการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวนี้ ไม่รวมเอาการประเมินมลพิษด้านน้ำเสีย เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลสนับสนุนมีน้อย และการทำการสำรวจคุณภาพน้ำจากการทำนาปลูกข้าว และโรงสีเป็นไปได้ยาก อีกทั้งการแปลงค่าความสามารถในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุจากน้ำยังไม่วิธีสากลในการอ้างอิง และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลกโดยเป็นอาหารหลักของประชากรเกือบสองพันล้านคน ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในช่วงระหว่างปี 2548-2551 ผลผลิตข้าวโลกมีประมาณ 420 ล้านตัน ขณะที่การบริโภคข้าวโลกมีประมาณ 424 ล้านตัน ซึ่งต่ำสุดในรอบ 24 ปี นับตั้งแต่ปีการผลิต 2527-28 เป็นต้นมา สำหรับการค้าข้าวโลกมีประมาณ 29 ล้านตัน ซึ่งสูงสุดเป็นประวัติการณ์ โดยประเทศเวียดนามจะส่งออกเพิ่มขึ้นเป็น 5 ล้านตัน สหรัฐฯ 3.5 ล้านตัน ปากีสถาน 2.9 ล้านตัน ขณะที่ประเทศไทยจะส่งออกลดลงเป็น 9.0 ล้านตันและ อินเดีย 3.5 ล้านตัน ในส่วนของการนำเข้าประเทศผู้นำเข้าหลักยังคงนำเข้าข้าวปริมาณมาก ได้แก่ ฟิลิปปินส์จะนำเข้ามากที่สุดประมาณ 1.9 ล้านตัน อินโดนีเซีย และไนจีเรียประเทศละ 1.6 ล้านตัน อิรัก 1.1 ล้านตัน สหภาพยุโรป 1.1 ล้านตัน ซาอุดิอาระเบีย และบังคลาเทศประเทศละ 1.0 ล้านตัน และอิหร่าน 0.9 ล้านตัน (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2551)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์รายงานผลผลิตข้าวนาปรังปีพ.ศ. 2551 เดือนก.พ. มีผลผลิตประมาณ 6.7 ล้านตัน ใกล้เคียงกับปีก่อนซึ่งมีประมาณ 6.8 ล้านตัน และเมื่อรวมกับผลผลิตข้าวนาปีซึ่งมีประมาณ 23.4 ล้านตัน ทำให้ผลผลิตข้าวปีการผลิต 2550-51 รวมทั้งสิ้นประมาณ 30 ล้านตัน (20 ล้านตันข้าวสาร) โดยเกษตรกรชาวนาเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปรัง และจำหน่ายออกสู่ตลาดประมาณ 0.5 ล้านตัน และจะออกสู่ตลาดมากขึ้นในช่วงเดือน มี.ค.-เม.ย. 2551 ประมาณ 1.3 ล้านตัน และ 1.7 ล้านตัน ตามลำดับ ปัจจุบันการรับจำนำข้าวเปลือกนาปี ปีการผลิต 2550-51 ตั้งแต่เดือน พ.ย. 2550-ก.พ. 2551 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 191,038 ตัน ซึ่งต่ำกว่าช่วงเดียวกันของปีก่อนที่มีประมาณ 1.7 ล้านตัน หรือลดลงร้อยละ 89.2 (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

จากข้อมูลในอดีต ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ประมาณปีละ 22-23 ล้านตันข้าวเปลือก (สถิติระหว่างปี 2539-2543) จากข้าวนาปีประมาณ 18 ล้านตันและข้าวนาปรังประมาณ 5 ล้านตัน มีการส่งออกประมาณ 2 ใน 3 หรือประมาณ 7-9 ล้านตันข้าวเปลือก (5-6 ล้านตันข้าวสาร) ครองอันดับหนึ่งในการส่งข้าวออกของโลกมานานมากกว่า 20 ปี (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2542) ปัจจุบันปี 2551 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ประมาณปีละ 28-30 ล้านตันข้าวเปลือก จากผลผลิตข้าวนาปีประมาณ 23 ล้านตันและข้าวนาปรังประมาณ 6 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์รายงานผลผลิตข้าวนาปรังปี 2551 มีประมาณ 6.79 ล้านตัน ใกล้เคียงกับปีก่อนซึ่งมีประมาณ 6.8 ล้านตัน และเมื่อรวมกับผลผลิตข้าวนาปี ซึ่งมีประมาณ 23.4 ล้านตัน ทำให้ผลผลิตข้าวปีการผลิต 2550-51 รวมทั้งสิ้นประมาณ 30.2 ล้านตัน (20 ล้านตันข้าวสาร) เกษตรกรชาวนาเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปรังและจำหน่ายออกสู่ตลาดประมาณ 0.47 ล้านตัน และจะออกสู่ตลาดมากขึ้นในช่วงเดือนมี.ค-เม.ย 2551 ประมาณ 1.3 ล้านตัน และ 1.7 ล้านตัน ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

ปัจจุบันประเทศไทยใช้นโยบายข้อตกลงเปิดเขตการค้าเสรี เพื่อเพิ่มทางเลือกในการพัฒนาการค้าข้าว ข้อตกลงเปิดเขตการค้าเสรีฉบับสำคัญ ๆ เช่น ข้อตกลงหุ้นส่วนเศรษฐกิจระหว่างไทย-ญี่ปุ่น ที่มีการลงนามไปแล้ว ทำให้ประเทศไทยสามารถขยายการค้าและการลงทุนกับญี่ปุ่นได้มากขึ้น เพราะในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นถือเป็นตลาดเป้าหมายหลักและเป็นผู้ลงทุนหลักในอุตสาหกรรมผลิตข้าวของประเทศไทยด้วย หรือจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีไทย-ออสเตรเลีย ซึ่งนำไปสู่การค้ากับประเทศนิวซีแลนด์ซึ่งอยู่ในกลุ่มอาร์เซอร์ตาร์ ในขณะที่การค้าเสรีกับประเทศอินเดียนำไปสู่การขยายตลาดทางการค้ากับประเทศเนปาลและบังคลาเทศ เป็นต้น และประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มเติมจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีทำให้ไทยมีตลาดการค้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดตลาดซึ่งแสดงได้จากจำนวนประชากร รายได้เฉลี่ยของประชากรในประเทศ โดยในกรณีของสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น เป็นตลาดขนาดใหญ่และมีมูลค่าการค้าอยู่ในระดับสูง นอกจากนั้นยังพบว่าโอกาสในการพัฒนาตลาดการค้าในอนาคตได้แก่ ในตลาดประเทศจีนและอินเดียซึ่งเป็นตลาดขนาดใหญ่เมื่อพิจารณาจากจำนวนประชากร แต่ในปัจจุบันมีมูลค่าการค้าในระดับที่ต่ำและมีการกีดกันทางการค้าทั้งในรูปแบบภาษีนำเข้าและที่ไม่ใช่ภาษีนำเข้าในระดับสูง ซึ่งการปรับลดการกีดกันทางการค้าจะส่งผลทำให้มูลค่าการค้าระหว่างประเทศสูงขึ้นมาก และในปี 2551นี้ ราคาข้าวสูงที่สุดในประวัติศาสตร์ และมีแนวโน้มที่จะขาดตลาด เนื่องจากสต๊อกข้าวลดลง โดยการซื้อขายข้าวในตลาดโลกมีความต้องการบริโภคข้าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาข้าวเพิ่มสูงขึ้นและเนื่องจากราคาสินค้าเกษตรหลายชนิด มีแนวโน้มจะมีการปรับราคาสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกปรับตัวสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลกอย่างสหรัฐอเมริกาหันไปส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเพื่อผลิตพลังงานและส่งผลทางอ้อมให้ราคาสินค้าเกษตรส่วนใหญ่ในตลาดโลกสูงขึ้น และในส่วนของทวีปอัฟริกาซึ่งเป็นตลาดหลักข้าวไทย พบว่าแนวโน้มการส่งออกข้าวเพิ่มสูงขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งราคาข้าวในตลาดโลกจะมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะช่วงไตรมาสแรกของปี 2551

2.1.1 ความรู้ทั่วไปของข้าว

ในประเทศไทยเมล็ดข้าวที่เก่าแก่ที่สุดที่พบมีลักษณะคล้ายข้าวปลูกของชุมชนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ อายุราว 3,500-3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช ได้แก่ รอยแกลบข้าวซึ่งเป็นส่วนผสมของดินที่ใช้ปั้นภาชนะดินเผาที่โนนนกทา ตำบลบ้านโคก อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น เป็นหลักฐานที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเก่าแก่ที่สุดคือประมาณ 3,500 ปีก่อนคริสต์ศักราช หลักฐานอื่น ๆ ที่แสดงให้เห็นว่าสยามประเทศเป็นแหล่งปลูกข้าวมาแต่โบราณ อาทิ เมล็ดข้าวที่ขุดพบที่ถ้ำปุงฮุง จังหวัดแม่ฮ่องสอน แสดงว่ามีการปลูกข้าวในบริเวณนี้เมื่อ 3,500-3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช หรือราว 5,400 ปีมาแล้ว แกลบข้าวที่พบที่ถ้ำปุงฮุง มีทั้งลักษณะของข้าวเหนียวเมล็ดใหญ่ที่เจริญงอกงามอยู่ในที่สูงเป็นข้าวไร่และข้าวเจ้า แต่ไม่พบลักษณะของข้าวเหนียวเมล็ดป้อม หรือข้าวพวก Japonica แหล่งโบราณคดีที่บ้านเชียงจังหวัดอุดรธานีพบรอยแกลบข้าวผสมอยู่กับดินที่นำมาปั้นภาชนะดินเผากำหนดอายุได้ใกล้เคียงกับแกลบข้าวที่ถ้ำปุงฮุง คือประมาณ 3,500-2,000 ปีก่อนคริสต์ศักราชลักษณะเป็นข้าวเอเชีย (Oryza sativa) พวกเมล็ดป้อมพันธุ์ Japonica

หลักฐานการค้นพบเมล็ดข้าว เถ้าถ่านในคนและรอยแกลบบนเครื่องปั้นดินเผาที่โคกพนมดีอำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี แสดงให้เห็นถึงชุมชนปลูกข้าวสมัยก่อนประวัติศาสตร์ชายฝั่งทะเล นอกจากนี้ยังพบหลักฐานคล้ายดอกข้าวป่าเมืองไทยที่ถ้ำเขาทะลุ จังหวัดกาญจนบุรี อายุประมาณ 2,800 ปี ซึ่งเป็นช่วงรอยต่อยุคหินใหม่ตอนปลายกับยุคโลหะตอนต้น ส่วนหลักฐานภาพเขียนบนผนังถ้ำหรือผนังหินอายุไม่น้อยกว่า 2,000 ปี ที่ผาหมอนน้อย บ้านตากุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี บันทึกการปลูกธัญพืชอย่างหนึ่ง มีลักษณะเหมือนข้าว ภาพควายในแปลงพืชคล้ายข้าวอาจตีความได้ว่ามนุษย์สมัยนั้นรู้จักข้าวหรือการเพาะปลูกข้าวแล้ว ศาสตราจารย์ชิน อยู่ดี สรุปไว้เมื่อ ปี พ.ศ. 2535 ว่าประเทศไทยทำนาปลูกข้าวมาแล้วประมาณ 5,500 ปี ก่อนการปลูกข้าวในประเทศจีนหรืออินเดียราว 1,000 ปี ผลของการขุดค้นที่โนนนกทา ตำบลบ้านโคก อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น สนับสนุนสมมติฐานที่ว่าข้าวเริ่มปลูกในทวีปเอเชียอาคเนย์ในสมัยหินใหม่ จากนั้นแพร่ขึ้นไปที่ประเทศอินเดีย จีน ญี่ปุ่น และเกาหลี (มูลนิธิข้าวไทย, 2548)

2.1.2 การเพาะปลูกข้าว

การเพาะปลูกข้าวของไทยแบ่งฤดูกาลปลูกข้าวออกเป็น 2 ฤดู คือฤดูนาปรังและฤดูนาปี สิ่งที่จำเป็นในการปลูกและเพิ่มผลผลิตข้าวต้องอาศัยการปฏิบัติที่ถูกต้องตั้งแต่การจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าว การบำรุงรักษาดิน การเตรียมดินหรือการเตรียมแปลง การกำหนดระยะเวลาปลูกข้าวให้เหมาะสม การป้องกันและกำจัดวัชพืช เวลา ปริมาณปุ๋ยที่ควรใส่ การดูแลรักษา รวมทั้งการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการปลูกและการเพิ่มผลผลิตของข้าว

ฤดูกาลทำนาของประเทศไทยขึ้นอยู่กับระยะเวลาของฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ นอกจากพื้นที่ที่มีการชลประทานที่ดี สามารถทดน้ำเก็บไว้ใช้ในแปลงนาได้ เช่นจังหวัดสุพรรณบุรี อ่างทอง ฯลฯสามารถปลูกข้าวได้ปีละ 2 ครั้ง ทำให้ฤดูปลูกข้าวมีความแตกต่างกันตามภาคต่าง ๆ ดังนี้ จะมีความเหลื่อมล้ำกันบ้างขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและความล่าช้าของฤดูฝน

• ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ฤดูกาลทำนาปีจะเริ่มตั้งแต่ เดือน เม.ย หรือพ.ค จนถึง เดือน ม.ค ส่วนนาปรังเริ่มตั้งแต่เดือน ม.ค.- เม.ย.

• ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย) ฤดูกาลทำนาปีจะอยู่ในระหว่างเดือน ก.ย-ส.ค โดยจะมีการเตรียมดินในช่วงเดือน ก.ค และ ส.ค และเก็บเกี่ยวประมาณเดือน มี.ค ส่วนการทำนาปรังนั้นอยู่ในช่วงเดือน เม.ย-ส.ค

สภาพการกระจายตัวของการปลูกข้าวในประเทศไทยแสดงพื้นที่การปลูกข้าวตามลักษณะช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ข้าวนาปีและข้าวนาปรัง โดยในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลูกข้าวแบบข้าวนาปีกระจายทั่วทุกภาค พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกข้าวนาปีมากตามลำดับ คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีมากที่สุด อันดับต่อมาคือภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ โดยส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคกลางจะมีการปลูกข้าวนาปรังควบคู่ไปด้วย รายละเอียดแสดงในรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและนาปรังของประเทศไทย

โดยทั่วไปข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza saiva* ปลูกในทวีปเอเชียและ *Oryza glaberrima* ปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่จำหน่ายในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย (งามชื่น คงเสรี, 2541) ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลก โดยเป็นแหล่งพลังงานของประชากรเกือบสองพันล้านคน ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในช่วงระหว่างปี 2549-2551 ผลผลิตข้าวโลกมีประมาณ 420.6 ล้านตันข้าวสาร ซึ่งเป็นผลผลิตจากทวีปเอเชียประมาณ 390 ล้านตัน (มากกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด) และเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีการซื้อขายในตลาดโลกเพียงปีละประมาณ 19-29 ล้านตันข้าวสารเท่านั้น (องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ, 2551) กรมการส่งออกจึงมีการใช้กลยุทธ์การค้าข้าวในฐานะประเทศผู้นำการค้าข้าวในตลาด ซึ่งพิจารณาในส่วนของภาครัฐและส่วนของผู้ส่งออก โดยกลยุทธ์แบบเดิมที่ใช้ในประเทศมุ่งเน้นเรื่องราคา กลไกราคาต่ำ แต่จากสถานการณ์ข้าวที่แข่งขันกันสูงขึ้น ทำให้ประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า ขณะที่ผลผลิตต่ำกว่าประเทศคู่แข่ง จึงควรสร้างกลไกการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ข้าวโดยเน้นคุณภาพและการลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ข้าวเป็นสำคัญ เพื่อพัฒนาคุณภาพและเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ข้าว

2.1.2.1 การจำแนกชนิดของข้าว

การจำแนกชนิดของข้าวนั้นมีหลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำแนก ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้ (กรมการข้าว, 2541)

จำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด

- ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) ประกอบด้วย แป้งประมาณ 90% ซึ่งแป้งนี้มีส่วนประกอบใหญ่ ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ amylopectin 60-90% และ amylose 10-30%
- ข้าวเหนียว (glutinous rice) ประกอบด้วย amylopectin ถึง 95% มี amylose น้อยมาก บางครั้งไม่พบเลย

จำแนกตามสภาพพื้นที่ปลูก

- ข้าวไร่ (upland rice) หมายถึง ข้าวที่ปลูกในที่ดอนไม่มีน้ำขัง และไม่มีคันนาคั่น ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว
- ข้าวนาสวน (lowland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มมีระดับน้ำลึกไม่เกิน 80 ซม. เป็นข้าวที่ปลูกกันส่วนใหญ่และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง
- ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมลึกในฤดูน้ำหลาก โดยมีน้ำท่วมลึกเกินกว่า 80 ซม. บางที่น้ำอาจจะลึกถึง 3-4 เมตร

จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว

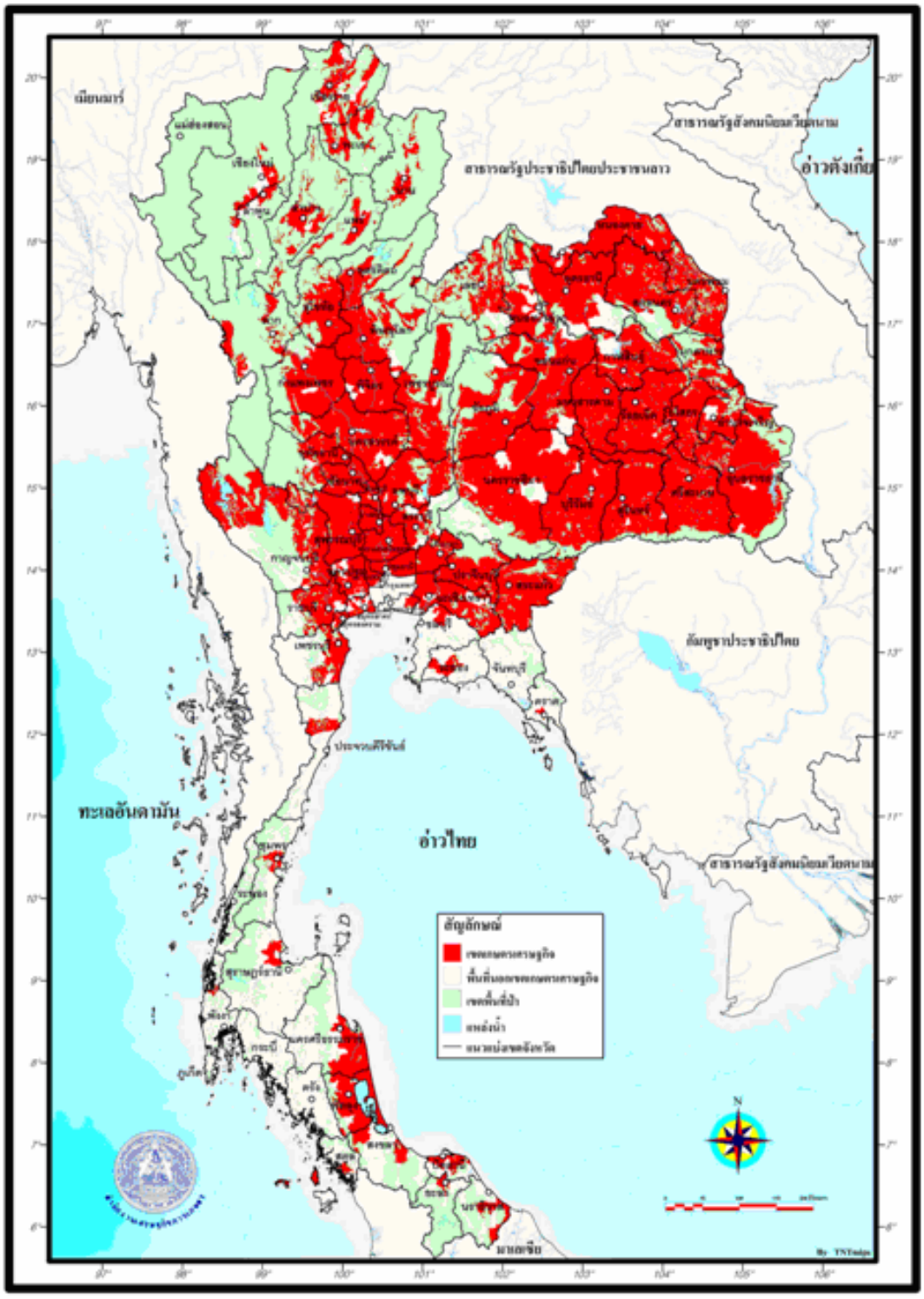
- ข้าวเบา (early variety) คือ ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน
- ข้าวกลาง (medium variety) คือ ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน
- ข้าวหนัก (late variety) คือ ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป

จำแนกตามลักษณะความว่องไวต่อช่วงแสง

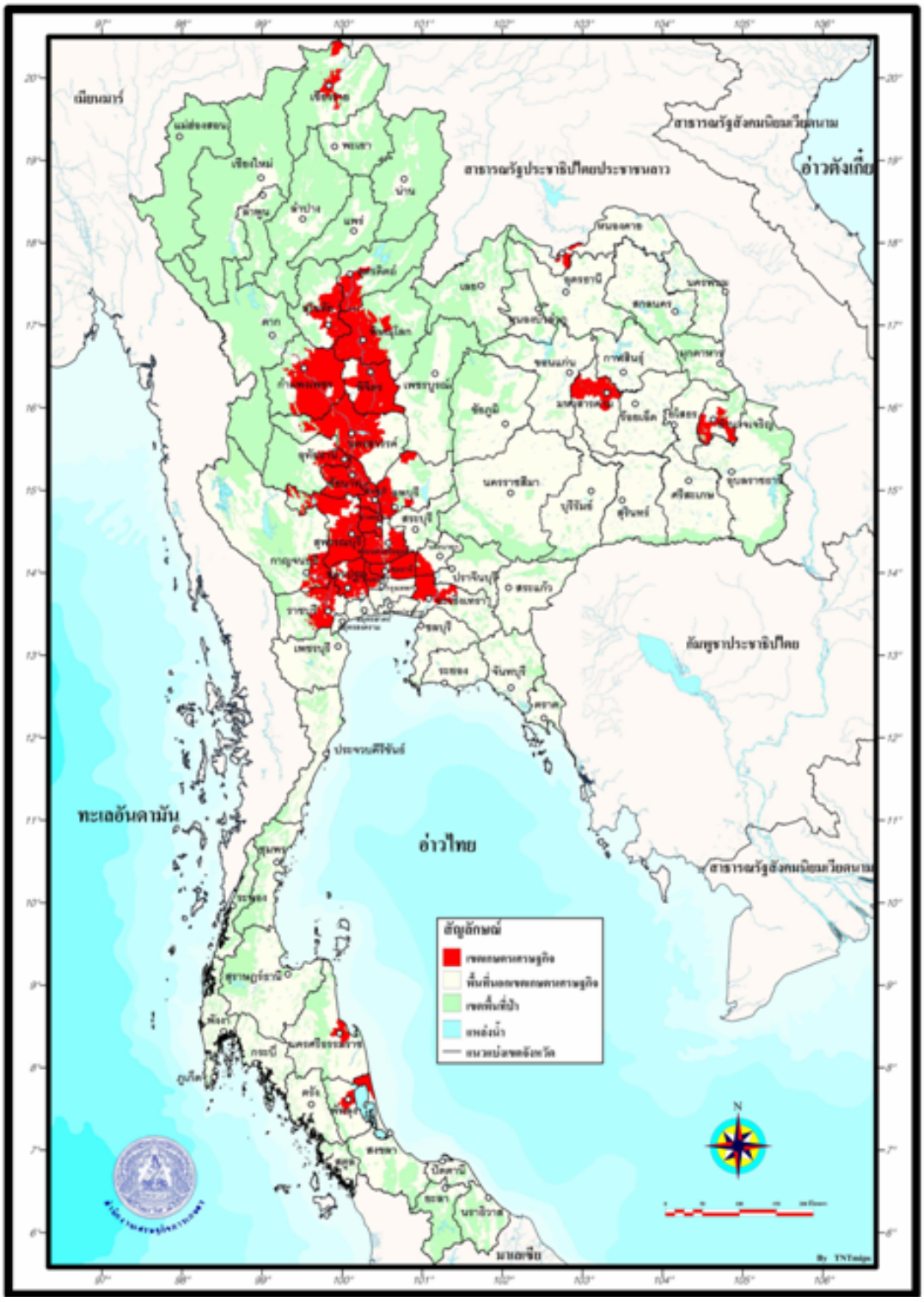
- ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive variety) เป็นพันธุ์ข้าวที่จะออกดอกได้ในช่วงวันสั้น (น้อยกว่า 12 ชั่วโมง) ในประเทศไทยจะอยู่ในช่วงเดือนก.ย.-ธ.ค.
- ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (non- photoperiod sensitive variety) พันธุ์ข้าวจำพวกนี้จะออกดอกได้โดยไม่ขึ้นกับความยาวของช่วงวันจะขึ้นอยู่กับอายุเก็บเกี่ยว

จำแนกตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร

- ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความยาวไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร (มม.)
- ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium-long grain) ความยาว 5.51-6.00 มม.
- ข้าวเมล็ดยาว (long grain) ความยาว 6.61-7.50 มม.
- ข้าวเมล็ดยาวมาก (extra long grain) ความยาวมากกว่า 7.50 มม.ขึ้นไป



รูปที่ 2.1 พื้นที่เขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับข้าวนาปีในประเทศไทย
(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546)



รูปที่ 2.2 พื้นที่เขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับข้าวนาปรังในประเทศไทย
(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546)

จำแนกตามฤดูปลูก

• ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน (rained rice) คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติตามฤดูฝน ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคและท้องที่

• ข้าวนาปรังหรือนากรัง (off-season rice) คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูทำนาปกติได้รับน้ำจากการชลประทาน ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง

2.1.2.2 การทำนาปลูกข้าว

การทำนา หมายถึง การปลูกข้าวและการดูแลรักษาต้นข้าวในที่นา ตั้งแต่เพาะปลูกไปจนถึงเก็บเกี่ยว ซึ่งการปลูกข้าวในแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันไปตามสภาพของภูมิอากาศ พื้นที่ ภูมิศาสตร์ และสังคมของท้องถิ่นนั้น ๆ ในแหล่งที่ต้องอาศัยน้ำจากฝนอย่างเดียวต้องกำหนดระยะเวลาการปลูกข้าวให้เหมาะสมกับช่วงที่มีฝนตกสม่ำเสมอ และเก็บเกี่ยวในช่วงที่ฤดูฝนหมดพอดี เนื่องจากแต่ละท้องถิ่นมีสภาพอากาศแตกต่างกัน

สำหรับการทำนาในประเทศไทยมีปัจจัยหลัก 2 ประการ เป็นพื้นฐานของการทำนาและเป็นตัวกำหนดวิธีการปลูกข้าว และพันธุ์ข้าวที่จะใช้ในการทำนา คือ

• สภาพพื้นที่ (ลักษณะเป็นพื้นที่สูงหรือต่ำ) และภูมิอากาศ

• สภาพน้ำสำหรับการทำนา

ฤดูทำนาปีในประเทศไทย ปกติจะเริ่มประมาณเดือน พ.ค. ถึง ก.ค.ของทุกปี ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน หลังจากหว่านเมล็ดหรือเพาะกล้าลงแปลงนาประมาณ 3 เดือนผ่านไป หรือ 90 วันขึ้นไป ข้าวที่ปักดำหรือหว่านไว้จะสุกงอมเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว ส่วนนาปรัง สามารถทำได้ตลอดปี เพราะพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อข้าวเจริญเติบโตครบกำหนดอายุจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เลย

2.1.2.3 การเตรียมดิน

ประพาส วีระแพทย์ (ม.ป.ป) ระบุว่าก่อนการทำนาจะมีการเตรียมดินอยู่ 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การไถดะ เป็นการไถครั้งแรกตามแนวยาวของพื้นที่กระทงนา (กรณีที่แปลงนาเป็นกระทงย่อย ๆ หลายกระทงในหนึ่งแปลงนา) เมื่อไถดะจะช่วยพลิกดินเพื่อให้ดินชั้นล่างได้ขึ้นมาสัมผัสอากาศและออกซิเจน และยังเป็นการตากดินเพื่อทำลายวัชพืช และโรคพืชบางชนิด โดยการไถดะจะเริ่มทำเมื่อฝนตกครั้งแรกในปีฤดูกาลใหม่ หลังจากไถดะจะตากดินเอาไว้ประมาณ 1-2 สัปดาห์

2) การไถแปร โดยหลังจากที่ตากดินเอาไว้พอสมควรแล้ว การไถแปรจะช่วยพลิกดินที่กลบเอาขึ้นการอีกครั้ง เพื่อทำลายวัชพืชที่ขึ้นใหม่ และเป็นการย่อยดินให้มีขนาดเล็กลง โดยทั่วไปแล้วจะไถแปรเพียงครั้งเดียว

3) การคราด เพื่อเอาเศษวัชพืชออกจากกระทงนา และย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงอีก จนเหมาะแก่การเจริญของข้าว ทั้งยังเป็นการปรับระดับพื้นที่ให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อสะดวกในการควบคุม ดูแลการให้น้ำไถคราดด้วยควาย

2.1.2.4 การปลูก อัมมาร สยามวาลา (2533) ระบุว่าการปลูกข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง ได้แก่ การทำนาหยอดและนาหว่าน กับการเพาะเมล็ดในที่หนึ่งก่อน แล้วนำต้นอ่อนไปปลูกในที่อื่น ๆ เรียกว่า การเพาะกล้า ได้แก่ การทำนาดำ

การทำนาหยอด ใช้กับการปลูกข้าวไร่ตามเชิงเขาหรือในที่สูง วิธีการปลูกหลังการเตรียมดินให้ขุดหลุมหรือทำร่อง แล้วจึงหยอดเมล็ดลงในหลุมหรือร่อง จากนั้นกลบหลุมหรือร่อง เมื่อต้นข้าวงอกแล้วต้องดูแลกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช

การทำนาหว่าน ทำในพื้นที่ควบคุมน้ำได้ลำบาก วิธีหว่าน ทำได้ 2 วิธี คือ การหว่านข้าวแห้ง และการหว่านข้าวงอก

การทำนาดำ เป็นการปลูกข้าวโดยเพาะเมล็ดให้งอกและเจริญเติบโตในระยะหนึ่ง แล้วย้ายไปปลูกในที่หนึ่ง สามารถควบคุมระดับน้ำ วัชพืชได้ การทำนาดำแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ การตกกล้า เพาะเมล็ดข้าวเปลือกให้มีรากงอกยาว 3-5 มิลลิเมตร นำไปหว่านในแปลงกล้าช่วงระยะ 7 วันแรก ต้องควบคุมน้ำไม่ให้ท่วมแปลงกล้า และจะสามารถถอนกล้าเพื่อไปปักดำได้เมื่อมีอายุประมาณ 20-30 วัน และการปักดำ ชาวนาจะนำกล้าที่ถอนแล้วไปปักดำในแปลงปักดำ ระยะห่างระหว่างกล้าแต่ละหลุมจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะของดิน

2.1.2.5 การเก็บเกี่ยว หลังจากที่ข้าวออกดอกหรือออกรวงประมาณ 20 วัน ชาวนาจะเร่งระบายน้ำออก เพื่อเป็นการเร่งให้ข้าวสุกพร้อม ๆ กัน และทำให้เมล็ดมีความชื้นไม่สูงเกินไป หลังจากนั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้หลังจากระบายน้ำออกประมาณ 10 วัน หลังจากที่ข้าวออกดอกหรือมีการผสมเกสรแล้วประมาณ 25-30 วัน ข้าวจะเริ่มสุกแก่ซึ่งจะทำการเก็บเกี่ยวได้ ระยะข้าวสุกแก่ข้าวจะมีสีเหลืองอมเขียว หรือเรียกว่า “สีพลับพลึง” ข้าวในระยะนี้เมล็ดยังไม่แห้งเต็มที่ เมล็ดมีความชื้นประมาณ 20-25% ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวควรไม่เกิน 20%

2.1.2.6 การนวดข้าว หลังจากทำการตากข้าวจนแห้งสนิท ชาวนาจะขนข้าวเข้ามาในลานนวด จากนั้นก็นวดเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง บางแห่งใช้แรงงานคน ซึ่งบางแห่งใช้ควายหรือวัวย่ำ แต่ปัจจุบันมีการใช้เครื่องนวดข้าวมาช่วยในการนวด

2.1.2.7 การเก็บรักษาผลผลิต เมล็ดข้าวที่นวดฝัดทำความสะอาดแล้วควรตากให้มีความชื้นประมาณ 14% จึงนำเข้าเก็บในยุ้งฉาง ยุ้งฉางที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ ได้แก่ อยู่ในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก การใช้ลวดตาข่ายกั้นให้มีร่องระบายอากาศกลางยุ้งฉางจะช่วยให้การถ่ายเทอากาศดียิ่งขึ้น และอยู่ใกล้บริเวณบ้านและติดถนน สามารถขนส่งได้สะดวก อีกทั้งเมล็ดข้าวที่จะเก็บไว้ทำพันธุ์ ต้องแยกจากเมล็ดข้าวบริโภค โดยเก็บให้มิดชิด

จากการศึกษาพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของประเทศผู้นำการค้าข้าวในตลาดโลกเมื่อปี พ.ศ. 2550 ดังตารางที่ 2.1 พบว่าประเทศอินเดียมีพื้นที่มากที่สุดแต่มีผลผลิตน้อยกว่าประเทศจีนเกือบครึ่งหนึ่ง เนื่องจากแรงงานในประเทศจีนมีจำนวนมากและราคาถูก ขณะเดียวกันประเทศสหรัฐอเมริกามีผลผลิตมากที่สุดในขณะที่มีพื้นที่น้อยที่สุด เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการเกษตรและความเจริญทางเทคโนโลยีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเกษตร

จากการศึกษาข้อมูลในตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่าประเทศไทยใช้พื้นที่ปลูกข้าวสูงถึงประมาณ 60 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 12 ล้านไร่ แต่มีผลผลิตประมาณ 20 ล้านตัน ขณะที่ประเทศอื่น ๆ ได้ผลผลิตตอบแทนต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่า โอกาสที่ใช้ที่ดินทางการเกษตรได้สูญเสียไปกับการใช้พื้นที่เพื่อการทำนาประมาณเท่าตัว ซึ่งถือว่าใช้โดยไม่คุ้มกับการลงทุนปรับปรุงและใช้งานพื้นที่ โดยแนวทางการปลูกข้าวของประเทศอื่น ๆ ได้มุ่งศึกษาวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ ที่มีคุณภาพและให้ผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะความพยายามที่จะนำสายพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ไม่ได้มุ่งแค่เพิ่มผลผลิต เพื่อลดการขาดแคลนข้าวภายในประเทศ แต่ยังมุ่งเพื่อการแข่งขันการค้าข้าวส่งออกด้วย ขณะที่ประเทศไทยยังคงนิยมปลูกพันธุ์พื้นบ้านที่ทนต่อสภาวะอากาศ แต่ผลผลิตต่อพื้นที่น้อย จึงต้องมีการสนับสนุนจากหน่วยงานเพื่อแนะนำและให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่เกษตรกร

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวที่สำคัญของโลกได้แสดงในตารางที่ 2.2 จากข้อมูลเห็นได้ว่ามีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 20 ปีเป็นจำนวนกว่า 2 เท่า โดยการส่งออกของประเทศไทยจะส่งออกในรูป ข้าวสาร ข้าวกล้อง และข้าวนึ่ง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยผลิตข้าวได้มากกว่าความต้องการบริโภคในประเทศ และมีการใช้ราคาเป็นกลยุทธ์ในการตลาด ประเทศผู้ส่งออกหลักนับจากประเทศไทย ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งแม้จะเป็นประเทศผู้ส่งออกรายใหม่ เริ่มปลูกข้าวมาในระยะเวลาไม่นาน แต่มีผลผลิตคุณภาพดีและปริมาณสูงจนมีการส่งออกเพิ่มขึ้นทำให้ขยายตลาดการค้าได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าวในตลาดข้าวโลกปี พ.ศ. 2550

ประเทศ	**พื้นที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)**	**ผลผลิต* (ล้านตัน)**	**ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)**
รวมทั้งโลก	960.875	421.16	4.08
จีน	185.00	129.50	6.25
อินเดีย	275.00	92.00	3.14
อินโดนีเซีย	72.50	34.00	4.54
บังคลาเทศ	70.00	29.00	3.88
เวียดนาม	45.31	23.26	4.86
ไทย	64.75	18.40	2.69
พม่า	43.75	10.66	2.63
ญี่ปุ่น	10.31	7.94	6.61
บราซิล	18.75	7.99	3.92
ฟิลิปปินส์	26.25	10.01	3.67
สหรัฐอเมริกา	6.94	6.33	8.12
กัมพูชา	15.31	4.00	2.64

หมายเหตุ : ข้อมูลจาก Foreign Agriculture Service: USDA, 2008

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการส่งออกข้าวของโลกของประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ (พันตันข้าวสาร)

ประเทศ	**ปี* 2530-2532**	**ปี 2548-2551**
ไทย	4,915	8,800
สหรัฐอเมริกา	2,548	3,300
จีน	742	1,200
ปากีสถาน	852	3,100
เวียดนาม	1,050	5,000
อินเดีย	170	2,500
อื่น ๆ	2,699	3,647
รวม	12,992	29,400

หมายเหตุ : ข้อมูลจากกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA), 2551

จากปริมาณการส่งออกและมูลค่าการส่งออกของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 พบว่าปริมาณการส่งออกมีมูลค่าเพิ่มขึ้นทุกปี ขณะที่ผลผลิตมีแนวโน้มลดน้อยลง อาจเกิดภาวะขาดแคลนข้าวได้ และราคามีแนวโน้มสูงขึ้นตามภาวะการขาดแคลน สอดคล้องกับสถานการณ์ในปี 2551 ซึ่งราคาข้าวสูงขึ้นกว่า 40% นับว่าสูงที่สุดในสถิติราคาข้าวที่ผ่านมา

ตารางที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าของข้าวส่งออกของไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

เดือน	ปี 2548		ปี 2549		ปี 2550	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
มค.	734,529	8,494.18	582,064	7,463.19	500,929	7,002.43
กพ.	615,574	7,040.05	614,199	7,692.28	604,272	7,877.72
มีค.	609,936	7,303.66	541,056	7,007.49	581,122	7,766.78
เมย.	532,849	6,285.21	556,844	6,895.22	651,226	8,233.26
พค.	764,471	9,092.41	647,496	8,185.50	767,823	9,942.53
มิย.	632,758	7,849.50	494,879	6,514.72	738,732	9,207.74
กค.	466,604	6,151.49	830,780	10,381.29	651,601	8,337.44
สค.	644,152	8,154.52	460,903	6,459.07	637,658	8,400.38
กย.	650,677	8,381.52	604,685	8,347.96	753,964	9,743.46
ตค.	584,686	7,505.74	686,489	9,231.32	1,172,695	14,463.25
พย.	679,995	8,810.11	736,394	10,021.01	1,015,676	13,281.89
ธค.	579,673	7,925.33	738,351	9,979.98	1,121,958	15,047.25
รวม	7,495,904	92,993.72	7,494,140	98,179.03	9,197,656	119,304.13

หมายเหตุ : ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรร่วมกับกรมศุลกากร, 2551

ส่วนเนื้อที่เพาะปลูกของประเทศไทยในภาคต่าง ๆ ในฤดูนาปรังและฤดูนาปี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ตามลำดับ พบว่าผลผลิตจากการทำนาปรังสูงกว่านาปี โดยการทำนาปรังมีการทำมากที่สุดในภาคกลางเนื่องจากระบบชลประทานที่ดีและเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ ดินตะกอนแม่น้ำ สามารถปลูกข้าวนอกฤดูฝนได้ ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องอาศัยน้ำฝนในการปลูกข้าว เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่แห้งแล้งกันดาร สามารถทำนาปรังได้บางพื้นที่เท่านั้น ผลผลิตข้าวที่ได้จึงต่ำกว่าภาคอื่น

ตารางที่ 2.4 เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยรายภาคของข้าวนาปรังในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)
เหนือ	3,131,812	3,082,326	2,109,858	685
ตะวันออกเฉียงเหนือ	579,985	872,812	433,961	497
กลาง	5,349,005	5,293,589	3,786,271	715
ใต้	205,958	203,862	99,174	486
รวมทุกภาค	9,566,760	9,752,589	6,429,264	680

หมายเหตุ : ข้อมูลจากศูนย์สถิติการเกษตร, 2550

ตารางที่ 2.5 เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยรายภาคของข้าวนาปีในประเทศไทยปี พ.ศ. 2550

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)
เหนือ	12,786,349	11,782,682	6,455,397	548
ตะวันออกเฉียงเหนือ	32,711,384	30,733,339	10,292,959	335
กลาง	9,946,075	9,008,042	5,291,414	587
ใต้	2,098,017	1,970,100	799,925	405
รวมทุกภาค	57,541,825	53,500,163	22,839,695	427

หมายเหตุ : ข้อมูลจากศูนย์สถิติการเกษตร, 2550

2.1.3 ปัญหาการผลิตข้าวของประเทศไทยในปัจจุบัน

ผลผลิตข้าวในตลาดข้าวโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังตารางที่ 2.6 โดยส่วนใหญ่เก็บผลผลิตข้าวไว้บริโภคภายในประเทศ ส่วนที่เหลือจากบริโภคจะคัดข้าวที่มีคุณภาพดีเพื่อส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ การผลิตข้าวมีแนวโน้มมากกว่าความต้องการของตลาดโลก ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมจำนวนประชากรในต่างประเทศมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา ทำให้การบริโภคในประเทศเหล่านี้มีความสมดุลระหว่างประชากรและอาหาร นอกจากนี้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้ประเทศผู้ซื้อข้าวสามารถผลิตข้าวไว้บริโภคเองเพียงพอกับประชากร จึงมีการนำเข้าข้าวจากต่างประเทศน้อยลง

ประเทศไทยส่งออกข้าวได้เป็นอันดับ 1 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27 ของโลก โดยในปี 2546 แยกการส่งออกเป็น ข้าวคุณภาพดีร้อยละ 45.7 ข้าวคุณภาพปานกลางร้อยละ 12.21 ข้าวคุณภาพต่ำร้อยละ 22.51 ข้าวนึ่งร้อยละ 20.4 ส่วนในปี 2551 มีการส่งออกข้าวคุณภาพดี ข้าวคุณภาพปานกลาง ข้าวคุณภาพต่ำ และข้าวนึ่ง เป็นร้อยละ 51.2, 15.4, 18.7 และ14.7 ตามลำดับ (กรมการค้าภายใน, 2551) ซึ่งข้อเด่นของข้าวไทยมาจากภาพพจน์และการยอมรับในตลาดโลก ในฐานะผู้นำทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ มีพันธุ์ข้าวหอมที่ดี มีข้าวหลายชนิดที่สามารถสนองความต้องการของตลาด ไทยอยู่ในเขตมรสุมเหมาะแก่การปลูกข้าว มีเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่น ขณะเดียวกันยังมีข้อด้อยเนื่องจากมากระบบชลประทานไม่เพียงพอ ดินส่วนใหญ่เสื่อมโทรม ขาดอินทรีย์วัตถุและยังมีดินเค็ม ดินเปรี้ยว ดินและสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสม พื้นที่นาแปลงขนาดเล็ก การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรไม่เพียงพอและไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งราคาเครื่องจักรเหล่านี้มีราคาแพง จึงไม่เป็นที่นิยม ทำให้มีการใช้แรงงานคนเป็นหลัก การทำนาและเก็บเกี่ยวจึงล่าช้าและใช้เวลานาน การปลูกข้าวหลายสายพันธุ์ในแหล่งผลิตเดียวกัน ใช้เมล็ดพันธุ์เก่าซ้ำหลายปี ระบบการถ่ายทอดความรู้ยังไม่เหมาะสม มาตรฐานในการซื้อขายข้าวเปลือกไม่ระบุชัดเจน

ตารางที่ 2.6 ผลผลิตข้าวและการค้าข้าวในตลาดโลก (หน่วย : ล้านตันข้าวสาร)

ปี	2544-2545	2545-2546	2546-2547	2547-2548	2548-2549	2549-2550*	% เพิ่มขึ้น
ผลผลิต	399.1	377.5	391.6	400.8	418.0	416.5	-0.4
บริโภค	412.9	407.3	413.1	407.5	415.2	419.0	0.9
การค้า	27.9	27.6	27.2	29.0	28.5	29.8	4.6
สต๊อกปลายปี	133.4	103.6	82.1	75.4	78.1	75.7	-3.1

หมายเหตุ : จากกระทรวงเกษตรสหรัฐฯ * ข้อมูลประมาณการณ์เบื้องต้น ณ พฤษภาคม 2550

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีเป้าหมายเพื่อการส่งออกเป็นสำคัญ ดังนั้นราคาข้าวจึงถูกกำหนดจากปริมาณความต้องการและปริมาณข้าวที่ผลิตได้ในตลาดโลก ถ้าปริมาณข้าวมีมากกว่าความต้องการ ราคาข้าวในตลาดโลกจะลดลง และทำให้ราคาข้าวในประเทศไทยลดลงด้วย ประเทศไทยจึงประสบปัญหาเพราะต้นทุนการผลิตสูง ผลผลิตต่อไร่ต่ำ แต่จำหน่ายในราคาต่ำเพื่อส่งออกในปริมาณมาก จากต้นทุนการผลิตข้าวนาปีของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2538-2543 พบว่าในปีพ.ศ. 2538-2539 ข้าวนาปีมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 4,160 บาท (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2543) และเพิ่มขึ้นเป็น 4,800 บาทในปี พ.ศ. 2542-2543 ในขณะที่ข้าวนาปรังมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 2,700 บาท และเพิ่มขึ้นเป็น 3,200 บาท ตามลำดับ และยังสำรวจพบอีกว่าในปีพ.ศ. 2541-2542

ถึงแม้ราคาข้าวนาปีที่เกษตรกรได้รับจะสูงกว่าข้าวนาปรัง แต่ผลตอบแทนสุทธิต่อตัน ยังน้อยกว่าข้าวนาปรังโดยเฉลี่ยประมาณ 1 เท่า โดยในปี พ.ศ. 2541-2542 ข้าวนาปีมีผลตอบแทนสุทธิต่อตัน 914 บาท และข้าวนาปรังมีผลตอบแทนสุทธิ 1,825 บาท ประเทศไทยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเพิ่มขึ้นทุกปี จากสถิติราคาข้าวในปัจจุบัน พบว่าราคาที่สูงขึ้นเป็นผลกระทบจากราคาน้ำมันที่สูงขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวนาปี ปี 2549-50 เพิ่มขึ้นเป็นไร่ละ 2,344 บาท และข้าวนาปรังเพิ่มขึ้นเป็นไร่ละ 3,425 บาท หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.81, 13.07 ตามลำดับ แต่เนื่องจากการผลิตในปี 2550 นี้ ต้องกระทบภาวะน้ำท่วมนาน ทำให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง ส่งผลให้ต้นทุนต่อตันรวมของข้าวนาปีเพิ่มขึ้นจากตันละ 5,602 บาทเป็น 5,905 บาท และข้าวนาปรังเพิ่มขึ้นจากตันละ 4,391 บาทเป็น 4,812 บาท (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2551)

2.1.4 การแปรรูปและผลิตภัณฑ์จากข้าว

สินค้าข้าวนอกจากจำหน่ายในรูปข้าวเปลือกและข้าวสารแล้ว ยังมีการค้นคว้าวิจัยการแปรรูปเพื่อให้เป็นสินค้าที่เพิ่มมูลค่าอีกเป็นจำนวนมาก และผลิตภัณฑ์แปรรูปนั้นมาจากการค้นคว้าวิจัยให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งมาจากภูมิปัญญาชาวบ้าน หรือจากที่มีอยู่ในตลาดท้องถิ่นเป็นเวลานานมาแล้ว ปรับปรุงมาใช้เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ให้ตลาดสินค้ากว้างขึ้น สามารถส่งออกต่างประเทศได้

การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้โดยใช้แป้งจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 23 และเหลืองประทิว 123 ผสมแป้งข้าว 20% เป็นแป้งชนิดโม่น้ำหรือโม่แห้ง คุณภาพของเค้กเป็นที่ยอมรับใกล้เคียงกับเค้กแป้งสาลี (งามชื่น คงเสรี, 2541)

การผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป เป็นพัฒนาการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปเบื้องต้นจากข้าวขาวที่มีปริมาณ อะมิโลสต่างกัน (สถาบันวิจัยข้าว, 2547)

การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พาสต้า ซึ่งผลิตภัณฑ์พาสต้าเป็นอาหารเส้นที่ทำจากข้าวสาลีชนิดดูรัมมีรูปร่างแตกต่างกันไป โดยในปีพ.ศ.2544 มูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้ประมาณ 1.3 ล้านบาท และมูลค่าการนำเข้าข้าวสาลีดูรัม 169.95 ล้านบาท (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2542) มีความเป็นไปได้ในการผลิตพาสต้าจากการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลี

การหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดข้าวงอก สำหรับทำข้าวยาคู โดยใช้แป้งจากเมล็ดข้าวงอกที่มีปริมาณอะมิโลส 17-20 20-21 และ 22-24% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับแป้งข้าวในระยะน้ำนมที่มีอะมิโลส 16-19% (ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2546)

สินค้าข้าวที่สำรวจพบในประเทศไทยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม (ทรงกลด บางยี่ขัน, 2545) 161 รายการ โดยกลุ่มที่ 1 อาหารที่ทำจากข้าว ได้แก่ ข้าวสำเร็จรูปพร้อมรับประทานบรรจุกระป๋อง ข้าวสำเร็จรูปพร้อมรับประทานบรรจุกระป๋องพร้อมปรุงรส โจ๊กบรรจุกระป๋อง ธัญพืชข้าวกล้องสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน ข้าวเหนียวกระป๋อง

กลุ่มที่ 2 อาหารที่ทำจากแป้งข้าว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เส้นก๋วยจั๊บ เส้นขนมจีน เส้นพาสต้า สปาเกตตี ผงแป้งสำหรับผลิตยา อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป จากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวอื่น ๆ

กลุ่มที่ 3 น้ำมันพืชจากข้าว ได้แก่ น้ำมันรำข้าวต่าง ๆ

กลุ่มที่ 4 ขนมที่ทำจากผลิตภัณฑ์ข้าว ได้แก่ ข้าวหอมมะลิกรอบปรุงรส แครกเกอร์ คุ้กกี้ ซาลาเปา ครัวซองท์ ไอศกรีม ขนมทอด ข้าวตัง ข้าวพอง ขนมปัง

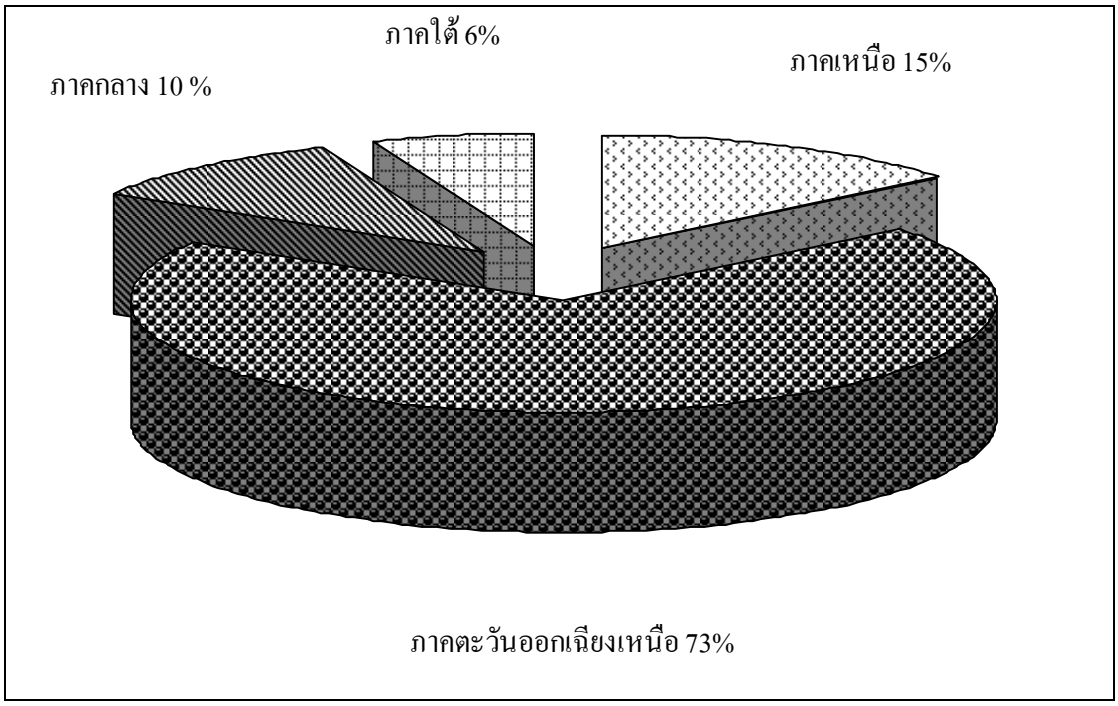
กลุ่มที่ 5 เครื่องดื่มที่ทำจากข้าว ได้แก่ น้ำมันข้าว น้ำนมข้าวยาคู น้ำนมข้าวชนิดผง ชาใบข้าว ธัญญาหารสำหรับชงดื่มไวน์ข้าว

กลุ่มที่ 6 อื่น ๆ ได้แก่ อาหารเสริม แชมพู สบู่ น้ำมันนวด ครีมบำรุงผิว ถ่านแกลบ ปุ๋ย

2.1.5 อุตสาหกรรมโรงสีข้าวในประเทศไทย

โรงสีข้าว เป็นโรงสีที่ผลิตข้าวสารจากการแปรรูปข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการต้มสุก รวมถึงการผลิตข้าวกล้อง โดยมีอุปกรณ์สำคัญได้แก่ เครื่องกระเทาะเปลือก เครื่องแยกแกลบและข้าวโดยผ่านตะแกรงโยก เครื่องทำความสะอาด แยกหิน กรวด สิ่งแปลกปลอมที่ปนเปื้อนกับข้าวเปลือก เครื่องขัดขาว ขัดสี และเครื่องคัดเปอร์เซนต์ข้าว เป็นต้น

ประเทศไทยมีโรงสีทั้งหมดประมาณ 40,000 โรง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) กระจายอยู่ทั่วประเทศ ตั้งแต่โรงสีขนาดเล็ก (กำลังการผลิตน้อยกว่า 5 ตันข้าวเปลือกต่อวัน) โรงสีขนาดกลาง (กำลังการผลิต 5-20 ตันข้าวเปลือกต่อวัน) และโรงสีขนาดใหญ่ (กำลังการผลิต 20 ตันข้าวเปลือกต่อวันขึ้นไป) โดยมีสัดส่วนโรงสีกระจายตามรายภาคในประเทศไทยดังรูปที่ 2.3 ภาคที่มีจำนวนโรงสีมากที่สุด คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง และภาคเหนือ ส่วนภาคใต้มีโรงสีน้อยกว่าภาคอื่น ๆ เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์และภูมิอากาศจึงไม่นิยมปลูกข้าว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าวได้แก่ ข้าวกล้องและข้าวขัดขาวในรูปเต็มเมล็ด ข้าวท่อนหรือข้าวหักซึ่งนำไปโม่เป็นแป้งข้าว รำข้าวซึ่งนำไปสกัดน้ำมัน ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตเป็นอาหารสัตว์ แกลบใช้ทำเชื้อเพลิง วัสดุก่อสร้าง และสารเคมีต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 สัดส่วนจำนวนโรงสีข้าวรายภาคในประเทศไทย

โรงสีข้าวในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (อัมมาร สยามวาลา, 2533) ตามขนาดกำลังการผลิตและการบริการดังนี้

1) โรงสีข้าวขนาดเล็ก มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 5 ตันข้าวเปลือกต่อวัน โรงสีประเภทนี้ตั้งอยู่ตามหมู่บ้านในชนบทที่เป็นแหล่งผลิตข้าว ข้าวส่วนใหญ่ที่นำมาสีชาวนาจะใช้บริโภคเอง โดยสีครั้งละไม่มากนัก ประมาณ 2-3 กระสอบหรือน้อยกว่า

2) โรงสีขนาดกลาง มีกำลังผลิต 5-20 ตันข้าวเปลือกต่อวัน บทบาทที่สำคัญของโรงสีนี้คือ การให้บริการแปรรูปข้าวเปลือกมาเป็นข้าวสารเพื่อสนองการบริโภคของตลาดระดับจังหวัด โดยขายให้ผู้บริโภคผ่านพ่อค้าส่งหรือพ่อค้าปลีก

3) โรงสีขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิต 20 ตันข้าวเปลือกต่อวันขึ้นไป ส่วนใหญ่มักตั้งอยู่ในจังหวัดที่เป็นศูนย์กลางของภูมิภาค โรงสีประเภทนี้จะรับซื้อข้าวเปลือกทั้งจากชาวนาโดยตรง และจากโรงสีขนาดเล็กหรือกลาง โดยซื้อในปริมาณมากต่อครั้ง ตามกำลังการผลิตและความจุของไซโลที่ใช้เก็บกัก โรงสีประเภทนี้มีบทบาทหลักในการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสารและบรรจุภัณฑ์ ตามระดับคุณภาพของสินค้า เพื่อส่งจำหน่ายเป็นสินค้าออกจำหน่ายต่างประเทศ

2.1.5.1 กระบวนการผลิตข้าว

กระบวนการสีข้าวประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเป็นกระบวนการกระเทาะเปลือกจากเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งจะได้ข้าวกล้อง แกลบ และรำหยาบออกมา ส่วนขั้นตอนที่สองจะเป็นการขัดข้าวกล้องเพื่อแยกรำละเอียดออกจากข้าวกล้อง ข้าวที่ผ่านกระบวนการนี้จะประกอบด้วยข้าวสาร (ต้นข้าวและปลายข้าว) และรำละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นกระบวนการสีข้าวในโรงสีข้าวทั่วไป โดยโรงสีจะปรับปรุงหรือดัดแปลงในขั้นตอนใด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ใช้ของโรงสีนั้น ๆ

การสีข้าวอาจแบ่งออกเป็นวิธีใหญ่ ๆ ได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ

1) การสีข้าวโดยไม่ใช้เครื่องจักรกล เป็นการสีข้าวโดยเครื่องมืออย่างง่าย เช่น ครกกระเดื่อง ครกตำข้าวซ้อมมือ และเครื่องสีมือ เป็นต้น วิธีนี้เป็นการสีข้าวที่มีจำนวนน้อยเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนหรือในหมู่บ้านเล็ก ๆ โดยข้าวที่ได้จากการสีโดยไม่ใช้เครื่องจักรกลเรียกว่าข้าวซ้อมมือ (ผิวเยื่อหุ้มเมล็ดถูกขัดออกไปน้อย มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน) เนื่องจากเมล็ดข้าวผ่านขั้นตอนเฉพาะการกะเทาะเปลือกออกเท่านั้น การสีข้าวโดยวิธีนี้ไม่มีผลกระทบที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

2) การสีข้าวโดยเครื่องจักรกล เป็นการสีข้าวที่มีกระบวนการเป็นขั้น ๆ ติดต่อกันโดยใช้เครื่องจักรกล เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือก การทำความสะอาด การกะเทาะเปลือก การแยกแกลบ การขัด การคัดขนาดเมล็ดข้าวสาร จุดประสงค์สำคัญในการสีข้าวด้วยเครื่องจักรกลคือการผลิตข้าวสารให้ได้จำนวนมากโดยใช้เวลาน้อย เพื่อผลประโยชน์ทางการค้าเป็นสำคัญ โดยการที่จะผลิตข้าวสารให้ได้คุณภาพสม่ำเสมอและได้มาตรฐาน กระบวนการสีข้าวจึงมีความสำคัญและเป็นวิธีการแปรสภาพผลผลิตที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมการผลิตข้าว (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

โรงสีที่สีข้าวเพื่อขายข้าวสารจะผ่านขั้นตอนการคัดขนาดเป็นข้าวแยกชนิดตามเปอร์เซนต์การหักของข้าว และมีการคัดขนาดข้าวเปลือกและแยกสิ่งเจือปนก่อนนำไปสี ซึ่งกระบวนการย่อย ๆ ของโรงสีมีทั้งแบบสีข้าวแบบเก่าและแบบใหม่ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ขึ้นกับโรงสีนั้น ๆ ปัจจุบันมีระบบการสีข้าวที่ใช้กันอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบสีแบบเก่า และแบบใหม่ ซึ่งโรงสีข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังเป็นระบบสีข้าวแบบเก่าประมาณ 70-80% ของโรงสีข้าวในประเทศไทย (พรชัย ตันติวีรสุต, 2541) ปกติโรงสีข้าวจะมีการขัดขาว 2-3 ครั้ง ข้าวขาวที่ออกมาจากหินขัดขาวครั้งสุดท้ายจะเป็นข้าวรวม คือมีทั้งข้าวต้นและข้าวหัก โรงสีทั่วไปจะทำการคัดแยกข้าวเป็นเปอร์เซนต์ เช่น 100, 5, 10, 15 ฯลฯ ข้าว100% และ 5% มีราคาสูงเนื่องจากมีข้าวเมล็ดเต็มในสัดส่วน 100% และ 95%

กระบวนการสีข้าวประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปน ได้แก่ ฟางข้าว กรวด หิน ทราย ฯลฯ ออกจากข้าวเปลือก และสิ่งแปลอกปลอมที่แยกได้นำไปชั่งนำน้ำหนักขายต่อไป

2) การกระเทาะเปลือก ข้าวเปลือกที่ผ่านขั้นตอนทำความสะอาด จะถูกนำมากระเทาเอาเปลือกออก ผลผลิตที่ได้จากการกระเทาะเปลือก ได้แก่ ข้าวกล้อง แกลบ ข้าวเปลือก ข้าวท่อน ข้าวหักเปอร์เซนต์ต่าง ๆ รำหยาบ รำละเอียด โดยอัตราส่วนของผลผลิตเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกระเทาะข้าวเปลือก ปริมาณข้าวเปลือก และการปรับระยะห่างระหว่างลูกยางในเครื่องกระเทาะ

3) การแยกแกลบและรำหยาบออกจากเมล็ดข้าว ข้าวที่ผ่านการกระเทาะแบ่งเป็น ข้าวกล้อง ข้าวเปลือก แกลบและรำหยาบ จากนั้นจึงนำเข้าตู้สีฝัดเพื่อแยกแกลบและรำหยาบออกไป

4) การขัดขาวและขัดสี โดยนำข้าวกล้องจากการแยกแกลบมาเครื่องขัดขาว โดยใช้กากเพชรซึ่งมีความหยาบความละเอียดตามที่ต้องการ การขัดจะขัดรำดิบที่เคลือบผิวข้าวกล้องออก และข้าวขาวจะนำไปขัดมันให้ผิวที่เคลือบออกเช่นกัน ขั้นตอนนี้จะได้รำละเอียดแยกออกไปรวมกับรำหยาบต่อไป เพื่อแยกจำหน่าย

5) การคัดขนาด โดยนำข้าวกล้องและข้าวขาวที่ขัดผิวเรียบร้อยมาทำการคัดขนาดแยกตามความยาวของเมล็ดตามมาตรฐาน แล้วนำไปบรรจุถุงรอจำหน่ายต่อไป

นอกจากการสีข้าวตามปกติ โดยมีการสีข้าวอีกวิธีหนึ่ง คือการทำข้าวนึ่ง (Parboiled rice) ซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการสี เพราะการนึ่งเมล็ดข้าวเปลือกด้วยไอน้ำก่อนการกระเทาะเปลือกจะช่วยลดปริมาณข้าวหักในระหว่างการขัดสีได้ ข้าวนึ่งมีสีคล้ำและมีกลิ่นแตกต่างจากข้าวที่ผ่านการขัดสีปกติ มีเนื้อสัมผัสร่วน แข็ง ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวนึ่งจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่ส่งไปประเทศในแถบตะวันออกกลาง

2.1.5.2 การใช้พลังงานในโรงสีข้าว

การใช้พลังงานในโรงสีข้าวในประเทศไทย แบ่งออกเป็นหลายประเภทด้วยกัน โดยแบ่งตามลักษณะการใช้พลังงานดังนี้

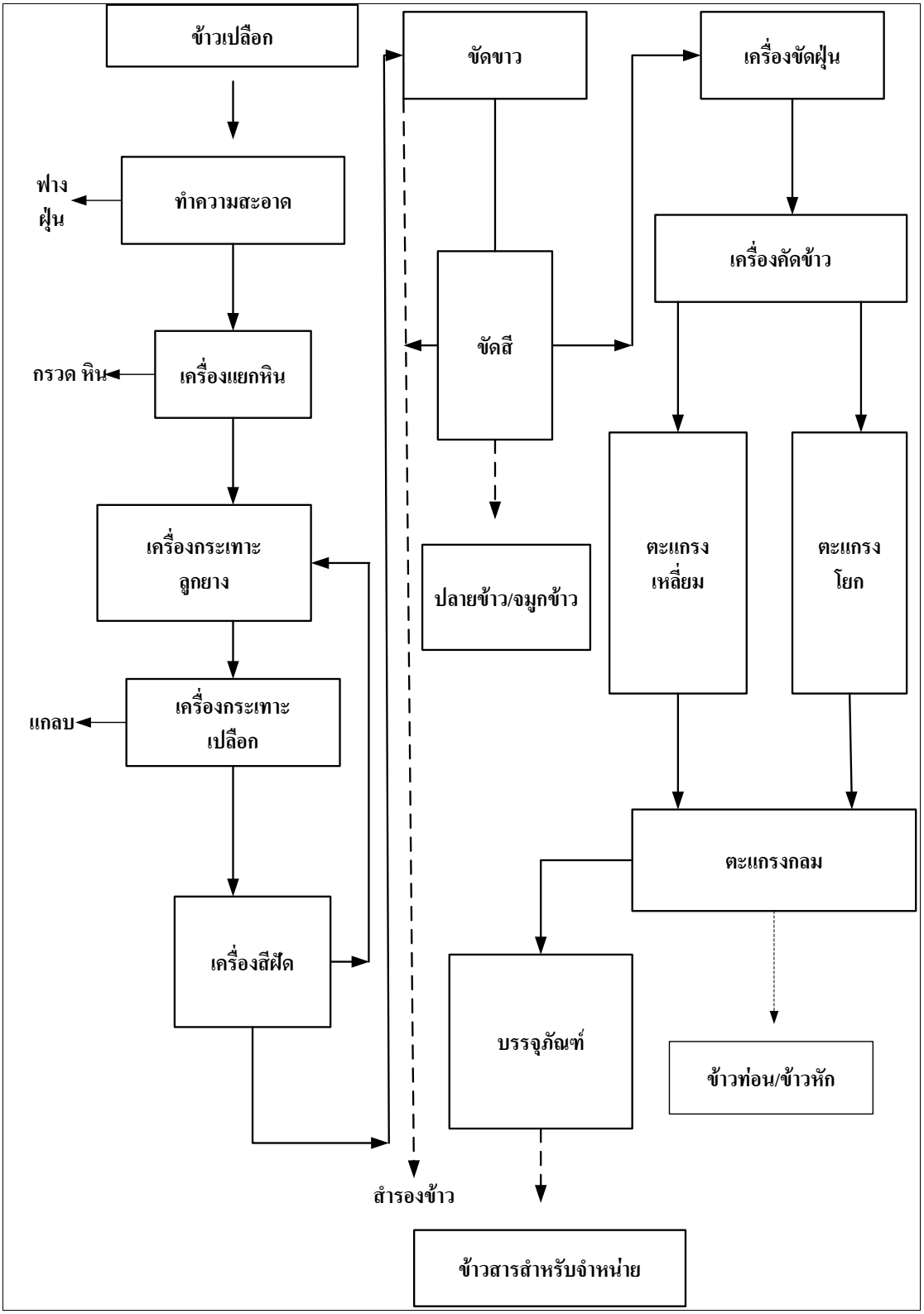
- การสีข้าวโดยใช้พลังงานกลจากเครื่องจักรไอน้ำ (หม้อไอน้ำ) อย่างเดียว
- การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องจักรไอน้ำและไฟฟ้า
- การสีข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว

หม้อไอน้ำที่นิยมใช้ในโรงสี ส่วนมากจะเป็นแบบท่อไฟที่เรียกว่าหม้อไอน้ำลูกหมู เพราะมีส่วนประกอบที่ง่ายไม่ซับซ้อน การดูแลรักษาทำความสะอาดได้ง่าย ในปัจจุบันโรงสีที่มีระบบที่ใช้พลังงานไอน้ำอย่างเดียวในประเทศไทย ยังเหลืออยู่ไม่มากนัก ส่วนมากจะใช้ระบบผสมต้นกำลังระหว่าง พลังงานไอน้ำกับระบบไฟฟ้า (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

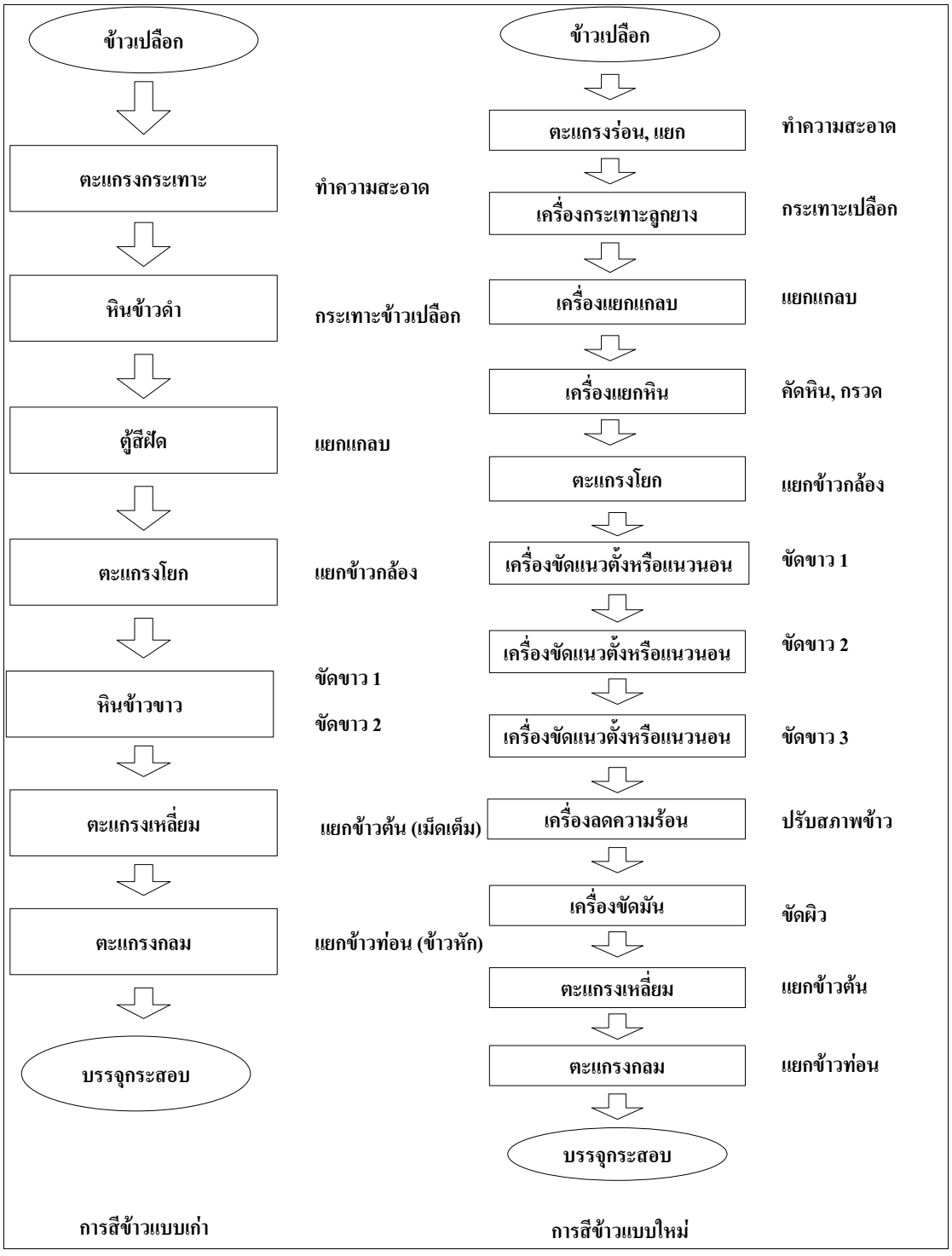
• ประเภทที่ 1 การสีข้าวโดยใช้พลังงานกลจากเครื่องจักรไอน้ำ (หม้อไอน้ำ) เพียงอย่างเดียว การใช้เครื่องจักรไอน้ำ คือ การที่โรงสีมีเชื้อเพลิงประเภทแกลบที่ได้จากการสีข้าวอยู่มาก จึงนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการจุดเตาหม้อไอน้ำ เพื่อใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำมาขับชุดต้นกำลัง (fly wheel) เพื่อนำไปขับเครื่องจักรในการสีข้าวต่อไป การใช้งานหม้อไอน้ำ คือการนำแกลบมาเป็นเชื้อเพลิงเข้าในเตาหม้อไอน้ำ โดยโปรยแกลบลงด้านบนให้ผสมกับอากาศด้านหน้า และมีการปรับอากาศให้เข้าผสมกับเชื้อเพลิง (แกลบ)ให้เหมาะสม โดยผ่านช่องลมด้านข้าง ซึ่งเรียกว่า “หูช้าง” ทำการปรับเชื้อเพลิง (แกลบ) กับอากาศให้ได้ส่วนผสมพอเหมาะ จะทำให้เขม่าควันที่ระบายออกมาทางปล่องระบายอากาศเสียไม่ดำและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพราะการปรับช่องอากาศให้เหมาะสมจะทำให้ได้ค่าความร้อนสูง ไม่เปลืองเชื้อเพลิง (แกลบ)

• ประเภทที่ 2 ใช้ทั้งเครื่องจักรไอน้ำ และระบบไฟฟ้า หมายถึง การนำระบบ 2 ระบบมาใช้ร่วมกัน คือ นอกจากจะใช้ไอน้ำมาขับเคลื่อนระบบไฟฟ้าต้นกำลังแล้ว ยังนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า (Induction motor) มาขับเคลื่อนเครื่องสีข้าวบางส่วน การนำเอา 2 ระบบมาใช้งาน ซึ่งเหมาะสำหรับโรงสีที่มีเตาอบ ข้าวเปลือก ซึ่งยังจำเป็นต้องใช้ไอน้ำในการอบข้าวเปลือกอยู่ และส่วนที่เหลือก็นำมาใช้กับกระบวนการสีข้าวบางส่วนได้ นอกจากนั้นก็จะใช้ระบบกำลังไฟฟ้าโดยตรง ตัวอย่างเช่น ใช้ระบบส่งกำลังจากไอน้ำกับเครื่องสีข้าวเปลือกชุดที่ 1 และใช้ระบบไฟฟ้ากับการขัดข้าวชุดที่ 2 และ ชุดที่ 3 นอกจากนี้การนำระบบไอน้ำมาผสมใช้กับระบบไฟฟ้านั้นสามารถที่จะนำระบบของไอน้ำที่ใช้ส่งกำลังมาขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) นำกระแสไฟฟ้าไปใช้กับระบบบางระบบ เช่น ระบบแสงสว่างในตัวโรงสีหรือเครื่องสูบน้ำบางตัว เช่น ระบบสูบน้ำกำจัดละอองขี้เถ้าในปล่องไอเสีย ซึ่งสามารถทำให้ประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าลงได้ และตัวส่งกำลังที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอน้ำยังสามารถนำมาฉุด มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยความเร็วรอบเป็นตัวกำหนด

• ประเภทที่ 3 ใช้ระบบไฟฟ้าทั้งระบบ คือโรงสีข้าวที่สร้างขึ้น โดยการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าเป็นตัวต้นกำลังในการสีข้าวซึ่งใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าโดยตรง โรงสีข้าวที่สร้างขึ้นใหม่ส่วนใหญ่จะใช้ระบบนี้กันมาก เพราะจะทำให้ได้กำลังผลิตที่สูงแล้วยังไม่ทำให้เกิดมลพิษจากเขม่าควันที่เกิดจากปล่องหม้อไอน้ำอีกด้วย ทั้งยังสะดวกในการดูแลรักษา แต่จะทำให้มีค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูง



รูปที่ 2.4 แผนภาพกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวทั่วไป



รูปที่ 2.5 ระบบการสีข้าว 2 ระบบในประเทศไทย (พรชัย ตันติวีรสุต, 2541)

2.1.6 ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำนาข้าวในปัจจุบัน

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลมากซึ่งสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานถึง 11 ปี ซึ่งแหล่งที่มาของก๊าซมีเทนที่สำคัญคือ ภาคเกษตรกรรม เช่น นาข้าว ซึ่งการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของโลกอยู่ในช่วง $25x10^{9}$ -$150x10^{9}$ กิโลกรัมต่อปี และเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.8-1% ต่อปี ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวคิดเป็น ร้อยละ 10 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ หรือประมาณ 40 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งนับว่าเป็นสัดส่วนน้อยมาก เมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซมีเทนจากภาคพลังงาน (สิรินทรเทพ เต้าประยูร, 2550) โดยการปล่อยมีเทนจากนาข้าวกำลังเป็นที่สนใจของนักวิชาการมากขึ้น เรื่องการส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน นาข้าวมีการปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินนา ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนคือสภาพไร้อากาศในนาข้าว และสารอินทรีย์ที่อยู่ในนาข้าว และจากการศึกษาพบว่าช่วงเวลาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ช่วงที่ต้นข้าวเริ่มออกดอกและออกรวง

ปัญหามลพิษในโรงสีข้าวส่วนใหญ่ที่พบ มักเป็นปัญหามลพิษอากาศ เนื่องมาจากฝุ่นละอองจากการสีข้าว แกลบ ซึ่งมีอนุภาคและขนาดเล็ก ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และยังพบปัญหามลพิษอากาศในโรงสีข้าวที่ใช้แกลบเป็นพลังงานเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ ทำให้เกิดก๊าซพิษปะปนมาเช่นเดียวกับโรงงานที่ใช้หม้อน้ำทั่วไป จากข้อมูลของ World Research Institute: WRI (2000) ระบุว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่บรรยากาศของประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 0.8 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก และถูกจัดอยู่ในอันดับที่ 26 ของโลก

จากโครงสร้างการเพาะปลูกพืชพบว่า ปัญหามลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำมากที่สุด ซึ่งจะเกิดจากการทำนาเป็นหลัก เนื่องจากการทำนาข้าวมีการใช้น้ำ ปุ๋ย และสารเคมีจำนวนมาก รวมทั้งมีพื้นที่การปลูกมาก เกือบ 1 ใน 3 ของพื้นที่ประเทศและกระจายอยู่ทั่วทุกภาค ทั้งนี้ลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษจะเกิดมากในช่วงที่ต้องมีการระบายน้ำออกจากนา ภายหลังการปลูกข้าวและก่อนการเก็บเกี่ยว หรือจากน้ำฝนที่ไหลชะพื้นที่นา (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

สารเคมีในการปลูกข้าว สำหรับการใช้สารเคมีในนาข้าว มีความแตกต่างกันไปตามสภาพการปลูกของแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปอัตราการใช้สารเคมีในนาข้าว ปริมาณขั้นต่ำประมาณ 170 กรัมต่อไร่ หรือถ้าเลือกใช้สารบางชนิดที่อัตราการใช้งานสูง ปริมาณสารเคมีอาจมากถึง 11 กิโลกรัมต่อไร่ หรือถ้าเกษตรกรมีการใช้สารเคมีหลายรอบต่อรอบการปลูก ปริมาณสารเคมีก็อาจเพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นปริมาณสารเคมีที่จะตกลงสู่แปลงนาจะมีปริมาณแปรปรวนขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งานของเกษตรกร

แม้ปริมาณการใช้สารเคมีอยู่ในระดับสูง แต่การตกค้างของสารเคมีจากการเกษตรสู่สภาพแวดล้อมยังมีระดับที่ไม่รุนแรงนัก โดยได้มีการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

• คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารพิษทางการเกษตรที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สารพิษแต่ละกลุ่มมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมต่างกัน (ภิญญา จำรัสกุล, 2545) เช่น

- สารกลุ่มออร์กอโนคลอรีน ซึ่งสารพิษกลุ่มนี้สามารถละลายน้ำได้น้อย คงสภาพอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานมาก

- สารกลุ่มออร์กอโนฟอสฟอรัส ซึ่งสารพิษกลุ่มนี้ละลายน้ำได้ดีกว่าสารกลุ่มออร์กอโนคลอรีน สลายตัวได้ง่ายในธรรมชาติ มีพิษตกค้างน้อย

- สารกลุ่มคาร์บาเมท ซึ่งสารพิษกลุ่มนี้ไม่ค่อยคงสภาพในธรรมชาติ บางชนิดละลายได้ดีในน้ำและมีสมบัติคล้ายกับกลุ่มออร์กอฟอสฟอรัส คือไม่สะสมในสิ่งมีชีวิต

• สารตกค้างในดิน พบว่า สารพิษบางชนิดมีความคงสภาพสูง สามารถตกค้างและสะสมอยู่ในดินได้เป็นเวลานานนับสิบปีเช่น สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สารพิษบางชนิดสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน เนื่องจากมีปัจจัยเป็นตัวช่วยย่อยสลาย เช่น แสง การระเหยสู่บรรยากาศ การสลายตัวในปฏิกิริยาทางเคมี เป็นต้น (ภิญญา จำรัสกุล, 2545)

• สารตกค้างในน้ำ การตรวจสารพิษตกค้างในลุ่มแม่น้ำท่าจีน พบการปนเปื้อนของสารพิษการเกษตรในน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกลุ่มออร์กอโนฟอสฟอรัส และคาร์บาเมท ซึ่งเป็นกลุ่มสารพิษที่สลายตัวได้ค่อนข้างเร็ว ปริมาณสารพิษที่พบไม่สูงมากนัก และไม่มีตัวอย่างใดที่พบสารพิษตกค้างเกินค่ากำหนด ปริมาณสารพิษสูงสุดที่ให้มีได้ในแหล่งน้ำ (ภิญญา จำรัสกุล, 2545)

• สารตกค้างในข้าว การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างปี 2534-2536 จำนวน 316 ตัวอย่าง สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจ ได้แก่ α-BHC, β-BHC, lindane, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin, dieldrin,endrin, DDT และอนุพันธ์ ในปริมาณน้อยกว่า 0.001-0.008 ppm ซึ่งไม่เกินค่าปลอดภัย สำหรับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตรวจพบ ได้แก่ dichlorvor, malation และ chlorpyrifos-methyl ในปริมาณ 0.022-0.108 ppm มีเพียง 1 ตัวอย่าง (คิดเป็น 0.32% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดสอบ) ที่พบสารพิษตกค้างของ chlorpyrifos-methyl ที่เกินค่าความปลอดภัย (ตามมาตรฐานของ FAO/WHO รายงานไว้ ในปี 1992) (วิสุทธิ เชวงศรี และคณะ, 2538)

2.1.7 โอกาสทางการค้า

ปัจจุบันตลาดข้าวมีแนวโน้มเกิดภาวะขาดแคลนข้าว ส่งผลให้ราคาข้าวเพิ่มสูงขึ้น โดยในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 ที่ผ่านมาพบว่าราคาข้าวสูงขึ้นถึง 40% ซึ่งสูงที่สุดในประวัติศาสตร์ และจะเพิ่มขึ้นอีกในเดือนพฤษภาคมอีก 50% เนื่องจากภาวะราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้น ตรงข้ามกับปี 2548-49 ที่ผ่านมา ซึ่งด้านการตลาด มีปัญหาเรื่องราคาข้าวตกต่ำ ทำให้รัฐบาลต้องใช้งบประมาณดำเนินการแทรกแซงตลาดข้าวกว่าปีละ 5,000 ล้านบาท (กรมการค้าภายใน, 2551) ส่วนการส่งออกมีปัญหาการแข่งขันที่มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นจากประเทศคู่แข่งสำคัญ เช่น เวียดนาม อินเดีย เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงนโยบายและกลไกด้านการตลาดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และในปัจจุบันกรมส่งเสริมการส่งออกมีการใช้มาตรฐานข้าวหอมมะลิ โดยเป็นการเพิ่มกลไกราคาข้าวให้มีความเหมาะสมและกำหนดให้มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพข้าว เพื่อเป็นไปตามกลไกการตลาดของการค้าในต่างประเทศ

ปริมาณการค้าข้าวของโลกในแต่ละปีไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับภาวะการผลิตของประเทศผู้ผลิตและความต้องการบริโภคข้าวของประเทศผู้บริโภคข้าวรายใหญ่ที่สำคัญ เช่น จีน อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ และฟิลิปปินส์ โดยหากประเทศเหล่านี้มีปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและต้องนำเข้าข้าวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การค้าข้าวของโลกมีปริมาณสูงขึ้นและส่งผลให้ตลาดข้าวจะเป็นของผู้ขาย เนื่องจากผู้ผลิตมีอำนาจในการต่อรองราคาเพิ่มสูงขึ้น แต่หากประเทศดังกล่าวสามารถผลิตข้าวได้ดี การค้าข้าวของโลกจะมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่จะมีการแข่งขันราคากันอย่างรุนแรงเพราะปริมาณการค้าข้าวของโลกในแต่ละปีไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับภาวะการผลิตของประเทศผู้ผลิตและความต้องการบริโภคข้าวของประเทศผู้บริโภคข้าวรายใหญ่ที่สำคัญ เช่น จีน อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ และฟิลิปปินส์ โดยหากประเทศเหล่านี้มีปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและต้องนำเข้าข้าวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การค้าข้าวของโลกมีปริมาณสูงขึ้นและส่งผลให้ตลาดข้าวจะเป็นของผู้ขาย เนื่องจากผู้ผลิตมีอำนาจในการต่อรองราคาเพิ่มสูงขึ้น แต่หากประเทศดังกล่าวสามารถผลิตข้าวได้ดี การค้าข้าวของโลกจะมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่จะมีการแข่งขันราคากันอย่างรุนแรงเพราะตลาดเป็นของผู้ซื้อ ในปี 2548-49 ปริมาณการค้าข้าวของโลกมีประมาณ 27 ล้านตันข้าวสาร ลดลงจากปี 2547-48 ร้อยละ 4.5 และเพิ่มปริมาณขึ้นในปี 2549-50 คิดเป็นร้อยละ 4.4 หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 1.2 ล้านตันข้าวสาร ส่วนดัชนีราคาข้าวเพิ่มขึ้นเนื่องจากประเทศผู้นำเข้าข้าวของโลกบางประเทศได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ มีผลผลิตข้าวลดลง ในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา (2545-50) ประเทศผู้ส่งออกข้าวที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศไทย มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวมากที่สุด อันดับต่อมา ได้แก่ เวียดนาม อินเดีย สหรัฐอเมริกา และปากีสถาน (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2551)

2.1.7.1 สถานการณ์ข้าวปัจจุบัน

ผลผลิตข้าวโลกเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2549 มีประมาณ 415 ล้านตัน ลดลงจากเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งมีประมาณ 415.3 ล้านตัน สำหรับการค้าข้าวโลกปี พ.ศ. 2550 มีประมาณ 29 ล้านตัน โดยประเทศไทยมีการส่งออกมากที่สุด 8.7 ล้านตันจากผลผลิต 18.3 ล้านตัน และไม่มีการนำเข้าเนื่องจากบริโภคต่ำกว่าผลผลิตที่ได้ จึงมีข้าวเหลือส่งออก ส่วนประเทศอินโดนีเซียมีการนำเข้าข้าวมากที่สุดถึง 1.8 ล้านตัน จากผลผลิต 33.3 ล้านตัน และการบริโภคสูงถึง 35.9 ล้านตัน (USDA, 2007) แสดงให้เห็นว่ามีการบริโภคมากกว่าผลผลิต จึงต้องมีการนำเข้าเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงผลผลิต การใช้ การค้า และสต๊อกข้าวโลก (หน่วย : ล้านตัน)

ประเทศ	ผลผลิต	การบริโภค	การนำเข้า	การส่งออก	สต็อก ปลายปี
โลกปี 2548/49	417.6	415.5	28.9	28.9	76.7
โลกปี 2549/50 *	417.7	419.2	29.2	29.2	75.1
โลกปี 2550/51 *	420.6	423.7	29.3	29.3	72.1
Δ ปี 2551/2550 (%)	0.7	1.1	0.3	0.3	-4.1
ประเทศผู้ส่งออกปี 2550/51					
สาธารณรัฐประชาชนจีน	129.5	129.1	0.6	1.3	35.7
อินเดีย	92.0	88.8	-	3.5	11.1
เวียดนาม	23.3	18.7	-	5.0	1.4
ไทย	18.6	9.6	**	9.0	2.5
สหรัฐอเมริกา	6.3	4.0	0.7	3.5	0.7
ปากีสถาน	5.4	2.4	-	2.9	0.5
ประเทศผู้นำเข้าปี 2550**					
ฟิลิปปินส์	10.0	12.1	1.9	-	5.4
ไนจีเรีย	3.0	4.7	1.6	-	0.6
อินโดนีเซีย	34.0	36.2	1.6	-	2.3
อิหร่าน	2.2	3.2	0.9	-	0.7

หมายเหตุ : * ประมาณการเบื้องต้น จาก กระทรวงเกษตรสหรัฐฯ ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2551

**การนำเข้าข้าวจากการเปิดตลาดนำเข้าข้าวตามความตกลงองค์การการค้าโลก (WTO)

สำหรับสถานการณ์ข้าวโลกในปี 2551 มีปริมาณข้าวในตลาดโลกประมาณ 29.3 ล้านตัน ซึ่งสูงสุดในประวัติศาสตร์ โดยประเทศเวียดนาม จะส่งออกเพิ่มขึ้นจำนวน 5 ล้านตัน ส่วนสหรัฐอเมริกาส่งออกเพิ่มขึ้นจำนวน 3.5 ล้านตันและปากีสถาน 2.9 ล้านตัน ขณะที่ประเทศไทยจะส่งออกลดลงเป็น 9.0 ล้านตันและอินเดีย 3.5 ล้านตัน ในส่วนของการนำเข้าประเทศผู้นำเข้าหลักยังคงนำเข้าข้าวปริมาณมาก ได้แก่ ประเทศฟิลิปปินส์ และอันดับต่อมาได้แก่ อินโดนีเซียและไนจีเรีย อิรัก สหภาพยุโรป ซาอุดิอาระเบีย บังคลาเทศและอิหร่าน (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

กระทรวงพาณิชย์กำหนดเป้าหมายการส่งออกข้าวในปี 2551 จะทำการส่งออกในปริมาณ 8.75 ล้านตัน เป็นมูลค่า 3,325 ล้านเหรียญสหรัฐฯโดยในช่วงเดือน มค.-กพ. การส่งออกข้าวเบื้องต้นมีประมาณ 2.01 ล้านตัน มูลค่าประมาณ 852.0 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (ประมาณ 28,289 ล้านบาท)

2.1.7.2 ราคาข้าวและตลาดการค้าข้าว

ราคาข้าวในตลาดโลกมีความผันผวนตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับกลไกตลาดข้าวโลก และมีแนวโน้มที่ราคาข้าวจะสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปลูกข้าวน้อยลง เพราะมีการแปรสภาพพื้นที่ปลูกข้าวเป็นโรงงาน ถนน ที่อยู่อาศัย และราคาน้ำมันที่พุ่งสูงขึ้นจนทำให้ต้นทุนในการปลูกข้าวเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว ปัจจุบันประเทศที่ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลกอย่างประเทศไทย เวียดนาม และอินเดีย หันมาให้ความร่วมมือกันในการพัฒนาคุณภาพข้าวและรักษาระดับราคาให้มีเสถียรภาพ โดยการแบ่งตลาดการค้าข้าวในตลาดโลก เพื่อร่วมมือกันเพิ่มราคาขายให้สูงขึ้น จากผลการศึกษาของ UNCTAD (รุ่งเรือง ลิ้มชูปฏิภาณ์, 2548) พบว่า ประเทศเวียดนามมีผลผลิตสูงกว่าประเทศไทยถึง 1.7 เท่า ส่วนประเทศออสเตรเลียมีผลผลิตข้าวที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในโลก ผลิตได้สูงถึง 4.5 ตันต่อไร่ ขณะที่ประเทศไทยมีผลผลิตประมาณ 2.69 ตันต่อไร่ (USDA, 2008) ดังนั้นภายในเวลาไม่กี่ปี ถ้าประเทศเหล่านี้ยังมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต่อเนื่อง ปริมาณผลผลิตข้าวจะมีมากเกินความต้องการของตลาดผู้บริโภค และประเทศที่กล่าวมาจะกลายเป็นคู่แข่งสำคัญของประเทศไทยในการส่งออกข้าว และจากผลผลิตที่มากเกินความต้องการ ทำให้เกิดราคาข้าวตกต่ำ ในขณะที่ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ราคาข้าวของตลาดโลกโดยปกติผู้ส่งออกและผู้นำเข้าจะพิจารณาอิงจากราคาข้าวของประเทศไทย สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ในกรณีของข้าวคุณภาพดี ส่วนกรณีราคาข้าวคุณภาพต่ำและปานกลางจะพิจารณาจากราคาข้าวของไทย เวียดนาม พม่าและปากีสถาน ขณะที่ข้าวนึ่งและข้าวกล้องพิจารณาจากราคาข้าวของไทยและสหรัฐอเมริกา ซึ่งราคาข้าวในตลาดโลกจะแตกต่างกันตามชนิดของข้าว ด้านการเปลี่ยนแปลงราคาในตลาดโลกจะขึ้นอยู่กับภาวะและแนวโน้มการผลิตข้าวในทวีปเอเชีย (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2550)

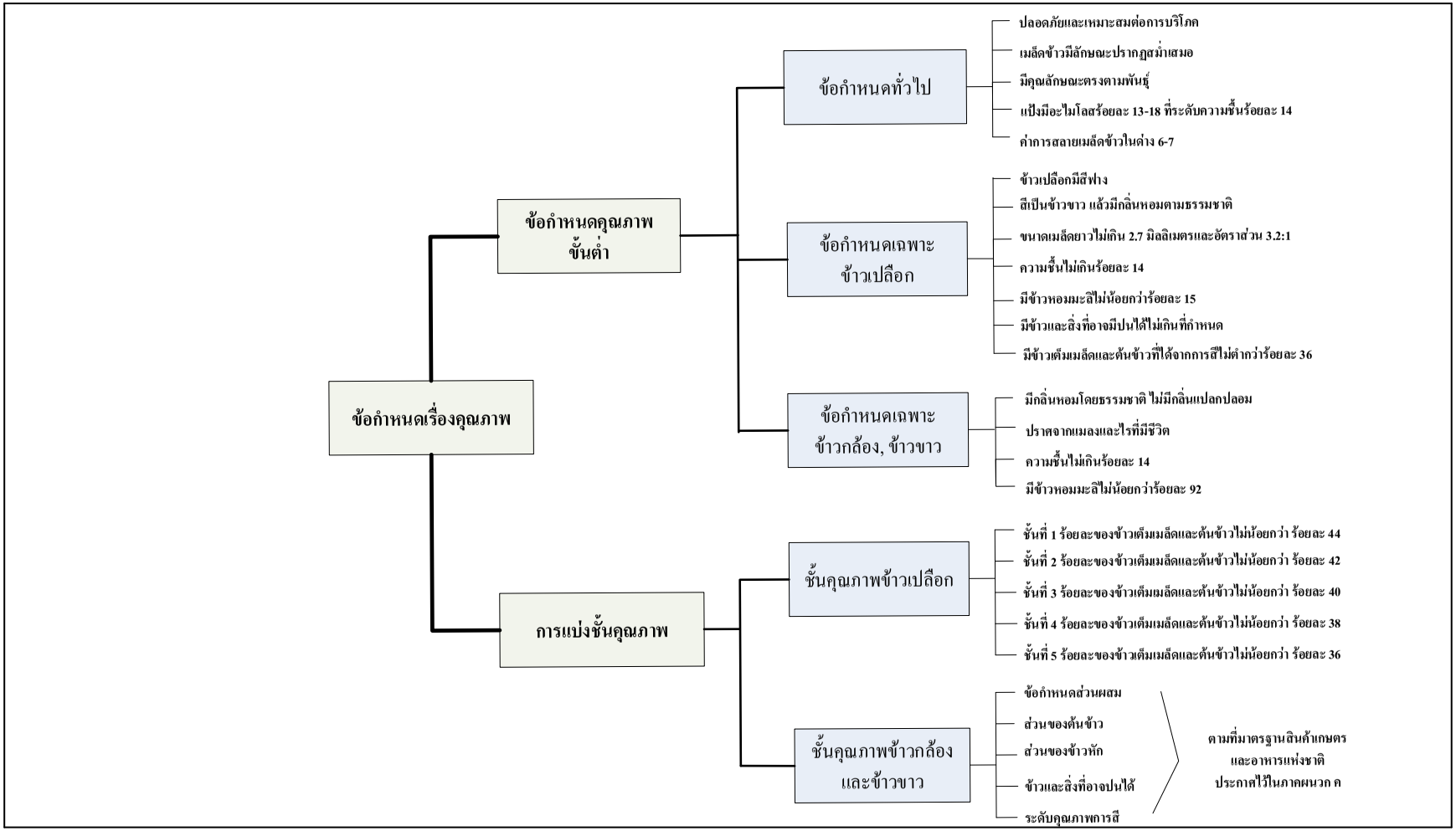
ราคาข้าวในตลาดโลกจะแตกต่างกันตามชนิดของข้าว ส่วนของการเปลี่ยนแปลงราคาในตลาดโลกจะขึ้นอยู่กับภาวะและแนวโน้มการผลิตข้าวของประเทศในทวีปเอเชีย ส่วนราคาส่งออกข้าวในตลาดโลกในช่วงระหว่างปี 2548-2549 ราคาข้าวไทยยังคงสูงกว่าข้าวจากประเทศส่งออกในเอเชีย เนื่องจากการแข็งตัวของค่าเงินบาท และคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคโดยเฉพาะประเทศในตะวันออกกลางและเอเชีย ส่วนราคาข้าวนำเข้าจากประเทศเวียดนามค่อนข้างคงที่มาตลอด (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2550)

2.1.8 มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร หมายถึง ระเบียบหรือแนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวสินค้าเกษตร วิธีและขั้นตอนการผลิต รวมถึงการดำเนินการเกี่ยวกับสุขลักษณะ ความปลอดภัย โดยมาตรฐานต้องเกิดจากการร่วมกันระหว่างผู้ผลิต ผู้บริโภค และต้องได้รับการยอมรับจากทั้งสองฝ่าย เพื่อให้มาตรฐานถูกนำมาใช้เป็นบรรทัดฐานในการดำเนินการทางการผลิตสินค้าเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

2.1.8.1 มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย (มกอช.4000-2546)

มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย หมายถึง ข้าวที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* โดยรวมถึงข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งผลิตในประเทศไทย ซึ่งข้าวหอมมะลิไทย หมายถึงเฉพาะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ กข.15 เท่านั้น และมีการแบ่งตามชนิดและชั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือข้าวขาวและข้าวกล้อง โดยแบ่งชนิดย่อยตามประเภทข้าว ได้แก่ ข้าวขาว 8 ชนิดและข้าวกล้อง 6 ชนิด ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานจะมีการกำหนดโดยจะต้องมีข้าวหอมมะลิไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 92.0 มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14.0 เป็นข้าวเมล็ดยาวมีความขาว ท้องไข่น้อยกว่าโดยธรรมชาติ และไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่ ส่วนการกำหนดขนาดเมล็ด คือต้องมีความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 3.2:1 และยังต้องมีคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอมิโลสไม่ต่ำกว่า 13.0 และไม่เกินร้อยละ 18.0 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0 และมีค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับ 6-7 นอกจากนี้ข้าวหอมมะลิไทยแต่ละประเภทและชนิด ต้องมีส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสีข้าวเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) ตามรายละเอียดข้อกำหนดเรื่องคุณภาพดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพข้าวหอมมะลิไทย

การบรรจุ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือข้าวเปลือก ในกรณีที่ใช้กระสอบบรรจุ กระสอบต้องสะอาด แข็งแรงและมีการเย็บติดผนึกที่แน่นหนา ส่วนข้าวขาวและข้าวกล้อง ต้องบรรจุในภาชนะที่เก็บรักษาเมล็ดข้าวเป็นอย่างดี วัสดุที่ใช้ต้องสะอาด มีคุณภาพที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก มีคุณสมบัติทนทานต่อการขนส่ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว การปิดฉลากต้องใช้หมึกพิมพ์หรือกาวที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เพื่อความปลอดภัยในสุขภาพและชีวิต

การแสดงเครื่องหมายหรือฉลาก ได้แก่ บรรจุภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ต้องมีข้อความแสดงรายละเอียดให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน ไม่เป็นเท็จหรือหลอกลวง ดังต่อไปนี้ ประเภทของผลิตผล น้ำหนักสุทธิ ข้อมูลผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายชั้นคุณภาพ วันเดือนปีที่ผลิตหรือบรรจุ คำแนะนำประกอบในการหุงต้ม ส่วนบรรจุภัณฑ์สำหรับขายส่ง ต้องระบุข้อมูลบนภาชนะบรรจุหรือเอกสารประกอบอื่น ๆ ข้อความต้องชัดเจนไม่หลุดลอก รายละเอียดแน่ชัด ได้แก่ ประเภทของผลิตผล น้ำหนักสุทธิ ข้อมูลผู้ผลิต ชั้นคุณภาพสำหรับข้าวกล้องและข้าวขาว วันเดือนปีที่บรรจุ ภาษาที่ใช้ต้องเป็นภาษาไทย เครื่องหมายการตรวจสอบทางราชการหรือเครื่องหมายรับรอง

สารปนเปื้อนและสารพิษตกค้าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้องและข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่องสารปนเปื้อนและสารพิษตกค้าง

ด้านสุขลักษณะ ได้แก่ ความสะอาดและสุขลักษณะของสถานที่เก็บรักษา การขนย้าย รวมไปพาหนะขนย้าย ขนส่ง ต้องมีการป้องกันการปนเปื้อนจากวัตถุอันตราย

วิธีวิเคราะห์และชักตัวอย่าง เป็นไปตาม มกอช. 4000-2546 ส่วนมาตรฐานของเมล็ดข้าวสาร การวินิจฉัยเกี่ยวกับมาตรฐานหรือคุณภาพของสินค้ามาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย ให้ถือผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ตัวอย่างสินค้ามาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยของหน่วยงานที่สำนักงานมาตรฐานสินค้ามอบหมาย หรือของผู้ประกอบธุรกิจตรวจสอบมาตรฐานสินค้านั้นเป็นเกณฑ์แบ่งตามขนาดเมล็ดข้าวตามมาตรฐานการส่งออก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) ดังแสดงในรูปที่ 2.7

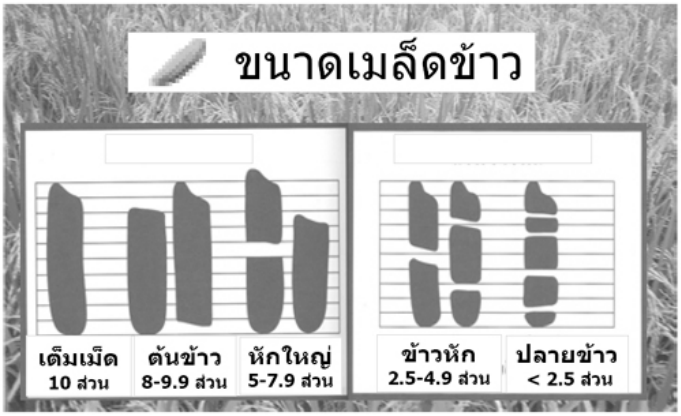
ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน

1) ข้าวเต็มเมล็ด (Whole kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

2) ต้นข้าว (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีก ที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด (น้ำหนัก)

3) ข้าวหัก (Brokens) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด (น้ำหนัก)

4) ปลายข้าวซีวัน (Small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7



รูปที่ 2.7 ขนาดเมล็ดข้าวเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการส่งออก
(สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

2.1.8.2 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย (มกอช. 4400-2546)

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.4400-2546) ครอบคลุมการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับการผลิตข้าวหอมมะลิไทยเฉพาะการผลิตข้าวเปลือก ทั้งข้าวเปลือกหอมมะลิสด และข้าวเปลือกหอมมะลิแห้งในทุกขั้นตอนการผลิตทั้งหมดที่ดำเนินการในระดับเกษตรกร เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวหอมมะลิที่ปลอดภัย มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการบริโภค การปฏิบัติทางการเกษตรนี้ให้ใช้ร่วมกับมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่องข้าวหอมมะลิไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

การปฏิบัติการที่ดีได้แก่ การสร้างมาตรฐานแก่ผลิตภัณฑ์ข้าว โดยการกำหนดลักษณะเมล็ดข้าวให้มีคุณภาพจากเปอร์เซนต์การหักของเมล็ดข้าว รวมไปถึงการผลิตกระบวนการที่ใช้ในการผลิต การเพาะปลูก การปรับปรุงพันธุ์ การจัดหาแหล่งน้ำ การเลือกเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น

ส่วนภาคโรงสีและผู้ส่งออกจะใช้หลักการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice : GMP) ซึ่งเป็นระบบการจัดการสภาวะแวดล้อมขั้นพื้นฐานของกระบวนการผลิต ก่อนที่จะพัฒนาไปสู่ระบบประกันคุณภาพอื่น ๆ ต่อไป เช่น ระบบ HACCP (Hazards Analysis and Critical Control Points) เพื่อให้โรงสีสามารถสีข้าวให้ได้มาตรฐานได้สินค้าที่มีคุณภาพ ลดต้นทุนดำเนินงาน โดยมีหลัก GMP ย่อ ๆ สำหรับโรงสีข้าวดังนี้

1) ผู้บริหารต้องมีความผูกพัน (Commitment) ที่จะนำ GMP มาใช้ในโรงสี ในขณะเดียวกันพนักงานทุกระดับก็ต้องมีความตระหนักในเรื่องนี้ด้วย

2) อาคารสถานที่ตั้งโรงสี ต้องอยู่ในบริเวณที่เหมาะสม และไม่ใกล้เคียงกับสถานที่ที่หน้ารังเกียจ เช่น คอกสัตว์ เมรุเผาศพ แหล่งเก็บขยะมูลฝอย บริเวณที่มีฝุ่นละอองมากผิดปกติ มีน้ำขังเฉอะแฉะ สกปรก แหลงเพาะพันธุ์แมลงวัน ฯลฯ

3) ตัวอาคารต้องได้รับการออกแบบที่เหมาะสม ถ่ายเทอากาศได้ดี ระบบแสงสว่างเพียงพอ สะอาด ปลอดโปร่ง ง่ายแก่การบำรุงรักษา มีระบบและแผนการทำความสะอาด วางระบบการป้องกันและกำจัดสัตว์เลี้ยง สัตว์ที่ไม่พึงประสงค์และแมลงไม่ให้เข้าใกล้โรงสี

4) ต้องมีเครื่องจักรกล เครื่องมือและอุปกรณ์ในจำนวนที่เพียงพอ และมีแผนการบำรุงรักษา นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้น เช่น เรื่องน้ำมันหล่อลื่น เศษโลหะ เศษเหล็ก เป็นต้น

5) ในบริเวณโรงสีต้องมีระบบสุขาภิบาลที่ดี ได้เกณฑ์ตามมาตรฐาน ระบบกำจัดน้ำเสีย ห้องส้วม ห้องน้ำ อ่างล้างมือ ต้องถูกสุขลักษณะ

6) ต้องมีมาตรการเพื่อความปลอดภัย เช่น ทางออกฉุกเฉิน สัญญาณเตือนภัย แจ้งเหตุ ถังและหรือสายดับเพลิง ห้องปฐมพยาบาลและมีแผนการฝึกซ้อมความปลอดภัยเป็นระยะ

7) ต้องมีระบบการจัดซื้อ ตรวจสอบตรวจรับวัตถุดิบ (ข้าวเปลือก) ที่รัดกุม มีระบบการขนถ่ายลำเลียงได้มาตรฐาน มีกระบวนการสีที่ดี

8) พนักงานทุกคนในโรงสีต้องมีอนามัยส่วนบุคคล (Personal Hygiene) ด้วยซึ่งใช้ GMP สุขลักษณะทั่วไปมาใช้ในการปฏิบัติ และกรณีผู้ผลิตจะจัดทำระบบ GMP ให้เทียบเท่าสากลเพื่อการส่งออกหรือเพื่อพัฒนาระบบให้สูงขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่ระบบ HACCP นั้น ก็สามารถดำเนินการตามมาตรฐาน Codex (General Principle of Food Hygiene) ซึ่งขณะนี้ประเทศไทย ได้รับมาประกาศใช้เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 7000-2540)

2.1.8.3 ค่ามาตรฐานสารตกค้าง มกอช. 9002-2549 และค่ามาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ มกอช. 9003-2547

มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit : MRL) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)ในสินค้าที่ใช้เป็นอาหารและอาหารสัตว์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการผลิต การค้า และการควบคุมตรวจสอบสินค้าที่ผลิต นำเข้า และส่งออกไปต่างประเทศ มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (Extraneous Maximum Residue Limit) ซึ่งได้กำหนดไว้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (มกอช. 9003)

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด หมายถึงปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในสินค้า กำหนดโดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมาย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมสินค้า

ข้อกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ได้แก่ สินค้าที่ใช้เป็นอาหาร หรืออาหารสัตว์ ตรวจพบสารพิษตกค้าง ที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ขึ้นทะเบียนใช้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย ได้ไม่เกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ที่กำหนดไว้ตามบัญชีท้ายมาตรฐานนี้ และต้องไม่พบสารพิษตกค้างที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ประกาศให้เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 ยกเว้นในกรณีของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ที่ถูกยกเลิกการขึ้นทะเบียนใช้ในประเทศมาเป็นระยะเวลานานแล้ว แต่ยังคงพบสารพิษตกค้างในสินค้าเนื่องจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม รวมถึงจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรนั้นในอดีต จะยอมให้มีสารพิษตกค้างในสินค้าไม่เกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (มกอช. 9003) รายชื่อสารพิษและรายละเอียดอื่น ๆ เป็นไปตามรายละเอียดแนบในเอกสารมกอช.9002-2549 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547)

กรณีสารพิษตกค้างอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ให้ตรวจพบได้ไม่เกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่กำหนดโดยคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศของโครงการมาตรฐานอาหาร เอฟเอโอหรือ ดับเบิลยูเอชโอ (Codex Alimentarius Commission, Joint FAO or WHO Food Standards Programmed; Codex)

2.1.9 ฉลากเขียว

ปัจจุบันมีการนำหลักการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาจัดทำข้อกำหนดมาตรฐานสินค้าและบริการ ตัวอย่างเช่น สินค้าฉลากเขียว เป็นต้น โดยสินค้า ฉลากเขียวถือเป็นกลยุทธ์หนึ่งในนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีสินค้าและบริการวางจำหน่ายในตลาดเป็นจำนวนมาก ฉลากเขียวที่ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์จะเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ โดยหากมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้มากขึ้น จะช่วยให้ผู้ผลิตรายอื่น ๆ ต้องแข่งขันกัน ปรับปรุงคุณภาพสินค้าหรือบริการของตนเอง โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ในปัจจุบันในประเทศไทยมีสินค้าที่ได้รับฉลากเขียวอยู่มากมาย เช่น แชมพู ผลิตภัณฑ์ล้างจาน เครื่องปรับอากาศ ถ่านไฟฉาย ผงซักฟอก เป็นต้น แต่มีฉลากเขียวเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์การเกษตรน้อยทั้ง ๆ ที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารเป็นจำนวนมาก

2.1.9.1 ความเป็นมาและความสำคัญของฉลากเขียว

ฉลากเขียว (Green Label หรือ Eco-Label) คือ ฉลากที่มอบให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน โดยที่คุณภาพยังอยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนด ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ หมายถึง สินค้าและบริการหลายประเภท โดยทั่วไปในจะไม่รวมถึงยา เครื่องดื่ม และอาหาร เนื่องจากทั้งสามประเภทจะเกี่ยวข้องกับสุขภาพความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าด้านสิ่งแวดล้อม และการติดฉลากเขียวอาจจะสร้างความสับสนให้แก่ผู้บริโภคได้ (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2541) ฉลากเขียวเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันรักษาธรรมชาติผ่านทางการผลิต และการบริโภคของผู้ผลิต และผู้บริโภคทุกคนเพื่อแสดงความมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อม

สำหรับประเทศไทยได้นำหลักการ Environmental Labeling (EL) มาใช้เป็นมาตรฐานในการออกฉลากสิ่งแวดล้อมให้กับผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ โดยใช้ชื่อว่าฉลากเขียว (Green Label) ซึ่งมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยเป็นผู้ดำเนินการให้การรับรองผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว (Green Label) ซึ่งในขณะนี้ ประเทศไทยมีการใช้ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 1 (Type 1) เป็นส่วนใหญ่เนื่องมาจากอุปสงค์อุปทานของตลาด แต่ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Type 3) มากขึ้น โดยในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นให้ศึกษาเกณฑ์ความเป็นไปได้ของการให้ฉลากเขียวประเภทที่ 3 แก่ผลิตภัณฑ์ข้าว ซึ่งอาศัยการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว (Environmental Life Cycle Assessment of Rice Product) จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องเผชิญในปัจจุบัน ทำให้ผู้บริโภคเกิดความตระหนักในการเลือกบริโภคและสนับสนุนสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาวงจรชีวิต (Life Cycle) ของผลิตภัณฑ์จะพบว่าในทุกช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่วัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการทิ้งภายหลังการใช้งาน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปการเลือกซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคนั้นมักจะพิจารณาจากฉลากสิ่งแวดล้อมที่ติดบนผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการ

ฉลากเขียวเริ่มใช้เป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 และได้รับการตอบสนองจากผู้บริโภค ชาวเยอรมันเป็นอย่างดี ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ มากกว่า 20 ประเทศได้มีการจัดทำโครงการฉลากเขียว สำหรับประเทศไทยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมไทย (Thailand Business Council for Sustainable Development, TBCSD) ได้ริเริ่มโครงการฉลากเขียว เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536 และได้รับความเห็นชอบและความร่วมมือจากกระทรวงอุตสาหกรรมกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (ในขณะนั้น) และองค์กรเอกชนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้ปฏิบัติออกมาเป็นรูปธรรม จึงนับว่าเป็นโครงการที่เกิดจากการร่วมมือระหว่างภาครัฐบาล เอกชน และองค์กรกลางต่าง ๆ โดยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยทำหน้าที่เป็นเลขานุการ หลายประเทศมีการใช้เกณฑ์ฉลากเขียวกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศ โดยแต่ละประเทศจะกำหนดสัญลักษณ์แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ขึ้นอยู่กับหน่วยงานที่ควบคุมดูแลของแต่ละประเทศกำหนดขึ้น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้เปิดให้บริการรับรองฉลากเขียวแล้วตามแนวทางสากลที่ต้องการรับรองผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยรวมภายในประเทศ ให้ข้อมูลที่เป็นกลางต่อผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย นอกจากนี้ยังเป็นการผลักดันให้ผู้ผลิตใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการผลิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เพื่อส่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ผลิตเองในระยะยาว

รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ฉลากเขียวหรือฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศต่าง ๆ

2.1.9.2 ประเภทของฉลากสิ่งแวดล้อม

- **ฉลากประเภทที่ 1 ISO 14024**

ฉลากประเภทที่ 1 เป็นฉลากโดยสมัครใจที่ดำเนินการโดยหน่วยงานอิสระหรือหน่วยงานภาครัฐ มอบให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางด้านสิ่งแวดล้อมตรงตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่องค์กรได้จัดทำขึ้นโดยพิจารณาจากวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ฉลากสิ่งแวดล้อมจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับฉลากผลิตภัณฑ์คือ ต้องมีการตั้งข้อกำหนดหรือเกณฑ์ขึ้นมาตามชนิดของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม เกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นมานั้นไม่ใช่เกณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติได้เช่นเดียวกับฉลากผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ของฉลากสิ่งแวดล้อมจะมีความเข้มงวดมากกว่า โดยมุ่งเน้นให้ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ในตลาดสามารถปฏิบัติได้ เพื่อส่งเสริมให้มีการปรับปรุงเทคโนโลยีเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และข้อกำหนดจะถูกทบทวนเป็นระยะโดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ ตลาด และปัญหาสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ผู้ที่สนใจสามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และการบริการได้ ขั้นตอนในการพัฒนาเกณฑ์จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาถึงโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรก รวมถึงความต้องการของผู้บริโภค ข้อมูลทางการตลาด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กฎหมายหรือข้อบังคับ เป็นต้น ซึ่งผู้ผลิตและผู้จำหน่ายควรมีส่วนร่วม

2) การกำหนดเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยี เมื่อคณะกรรมการมีความเห็นชอบในเกณฑ์ที่ได้จัดทำขึ้น เกณฑ์ที่ได้จะต้องนำเสนอให้สาธารณชนได้รับทราบและมีส่วนร่วมในการเสนอข้อคิดเห็น ก่อนที่จะทำการประกาศใช้เกณฑ์ดังกล่าวต่อไป

ปัจจุบันมีองค์การที่ดำเนินงานรับรองฉลากประเภทที่ 1 มากกว่า 30 องค์การทั่วโลก ซึ่งเกณฑ์หรือข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์อาจจะมีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศขึ้นอยู่กับความสามารถทางเทคโนโลยี ตลาดของผู้บริโภค สำหรับโครงการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 1 ในประเทศไทย ได้แก่โครงการฉลากเขียว (Green Labeling Scheme) เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (อุรศา ศรีบุญลือ, 2540) ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่มีข้อกำหนดเสร็จสมบูรณ์แล้วพร้อมขอใช้ฉลากได้ทั้งสิ้น 39 ประเภทผลิตภัณฑ์และอีก 11 ประเภทอยู่ในระว่างดำเนินการ (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2550) ตัวอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนซ์ ตู้เย็น สีอิมัลชัน เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องปรับอากาศ กระดาษ เป็นต้น

- **ฉลากประเภทที่ 2 ISO 14021**

ฉลากประเภทที่ 2 เป็นฉลากที่ผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายแสดงที่ผลิตภัณฑ์ของตน เพื่อรับรองว่าผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ฉลากประเภทนี้ไม่มีการกำหนดเกณฑ์หรือข้อกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์ แต่จะให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้แก่ผู้บริโภค วัตถุประสงค์ของฉลากคือเพื่อให้มั่นใจว่าการใช้ฉลากแสดงการรับรองว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผู้ที่ออกฉลากทุกรายนั้นเป็นไปในทางเดียวกัน ดังนั้นมาตรฐาน ISO 14021 จึงมีการกล่าวถึงนิยาม คำศัพท์ และการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมทั้งมีการกำหนดข้อกำหนดพิเศษสำหรับการรับรองผลิตภัณฑ์และการบริการในหัวข้อทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ดังนี้

- ความสามารถในการย่อยสลาย (Compostable)
- ความสามารถในการสลายตัว (Degradable)
- การลดของเสีย (Waste Reduction)
- ความสามารถเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recyclable)
- การใช้ทรัพยากรลดลง (Reduced Resource Use)
- ความสามารถในการบรรจุใหม่ได้ (Refillable)
- ปริมาณการเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycled Content)

• ความสามารถในการนำมาใช้ซ้ำได้ (Reusable)

• ปริมาณพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recovered Energy)

• ความต้องการใช้น้ำลดลง (Reduced Water Consumption)

• ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานนานขึ้น (Extended Life Product)

• การออกแบบให้สามารถแยกชิ้นส่วนได้ (Designed for diassembly)

• ความต้องการในการใช้พลังงานลดลง (Reduced Energy Consumption)

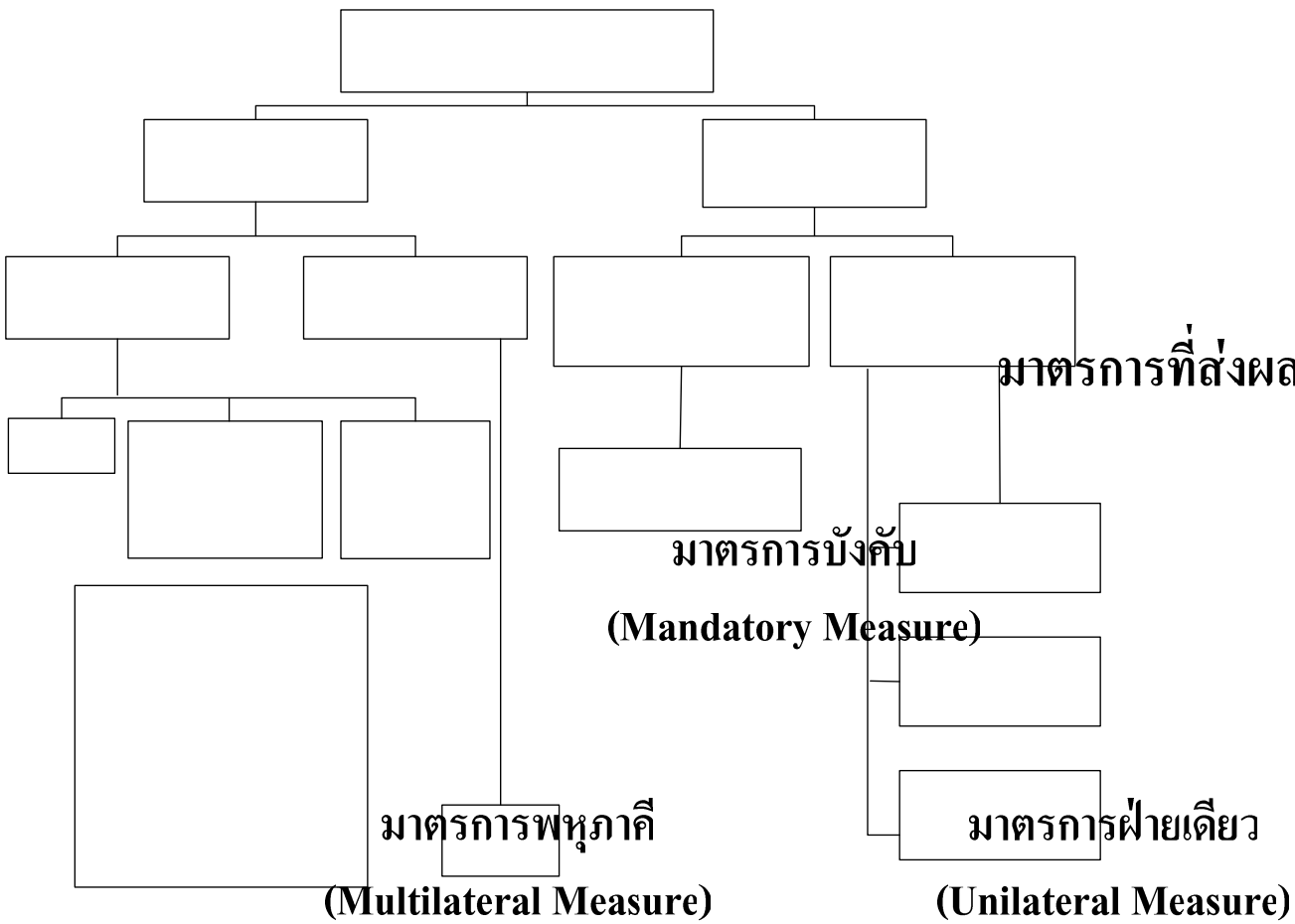
นอกจากนี้บริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาฉลากประเภทนี้ไปอีกระดับด้วยการนำเสนอข้อมูลที่มีลักษณะเชิงปริมาณมากขึ้น เน้นการนำเสนอการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Eco-Product Improvement) ผ่านกระบวนการวัดประสิทธิภาพของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจของตนเอง (อรรคเจตต์ อภิขจรศิลป์, 2550)

- **ฉลากประเภทที่ 3 ISO 14025**

ฉลากประเภทที่ 3 เป็นฉลากที่แสดงข้อมูลของผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณเป็นฉลากที่มีความครบถ้วนมากที่สุดกว่าฉลากประเภทที่ 1และ 2 แต่ปัจจุบันยังคงเป็น Technical Report Type II เนื่องจากยังต้องมีการเตรียมความพร้อมในการประกาศใช้งาน เพราะมีความละเอียดสูง ข้อมูลที่จะนำมาแสดงบนฉลากเป็นข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ว่าด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในเชิงปริมาณซึ่งได้จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามชุดมาตรฐานว่าด้วยการประเมินวงจรของผลิตภัณฑ์ และผ่านการตรวจสอบจากหน่วยงานอิสระ โดยลักษณะของฉลากคล้ายกับฉลากโภชนาการที่ติดบนอาหาร

2.1.10 มาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000

ISO 14000 เป็นมาตรฐานสากลที่มีจุดประสงค์เพื่อมุ่งเน้นให้องค์การมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในการควบคุมและปรับปรุง ทุกขั้นตอนของการผลิตเพื่อลดหรือไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปัจจุบันการแข่งขันในตลาดสินค้าสากลได้เพิ่มเงื่อนไขมากขึ้น มาตรฐาน ISO 14000 กำลังถูกใช้เป็นเครื่องมือเพื่อกีดกันทางการค้าของประเทศที่พัฒนาแล้ว และกำลังขยายผลไปทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรป ซึ่งส่งผลต่อการค้าของไทยดังแสดงในรูปที่ 2.9 ต้องมีการพิจารณามาตรการต่าง ๆ โดยมาตรการที่ส่งผลต่อการค้าได้แก่ มาตรการบังคับและมาตรการสมัครใจ โดยมาตรการบังคับยังแบ่งเป็นมาตรการแบบพหุภาคี ซึ่งเป็นความร่วมมือความตกลงระดับภูมิภาคและมาตรการฝ่ายเดียว ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญในปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ เช่น สหภาพยุโรป



รูปที่ 2.9 แผนภาพมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อการค้าของประเทศไทย (จิรพัฒน์ โพธิ์พ่วง, 2547)

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวงจรชีวิตได้มีการปรับปรุงใหม่ โดยสามารถนำไปใช้สำหรับกระบวนการในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) ตลอดวงจรชีวิตของสินค้าและการบริการซึ่งจะช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายที่องค์กรต้องรับผิดชอบจากความเสียหายอันสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ซึ่งมีภาพรวมของมาตรฐานที่ปรับปรุง คือ ISO 14040 : 2006 Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework จะให้รายละเอียดที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติ การนำไปใช้ และข้อจำกัดของ LCA แก่ผู้ใช้และผู้ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับ LCA ด้วยและ ISO 14044 : 2006 Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines กำหนดขึ้นสำหรับการเตรียมการวิเคราะห์และการตีความเพื่อผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับวงจรชีวิต นอกจากนั้น มาตรฐานนี้ยังให้แนวทางการประเมินผลกระทบตลอดช่วงวงจรชีวิต และการตีความผลการประเมิน รวมทั้งคุณลาพและลักษณะของข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มีการจัดเก็บรวบรวมด้วย (ประสงค์ ประยงค์เพชร, 2549)

WTO

ความตกลงพหุพาคี
ทางสิ่งแวดล้อม
(Multilateral Envi.
Agreements; MEAs

-พิธีสารมอนทรีออล (1987)
- Copenhagen Amendments
(1992)
- อนุสัญญาบาเซล(Waste
electrical & electronic
assemblies or scrap)
-อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยน

ความร่วมมือ /
ความตกลง
ระดับภูมิภาค

มาตร

2.2 การประเมินวงจรชีวิต

2.2.1 ความหมายของการประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA)

SETAC (1997) ได้ให้คำจำกัดความของการประเมินวงจรชีวิตไว้ว่า “LCA (Life Cycle Assessment)” คือกระบวนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณารวมถึงกระบวนการผลิต รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องในลักษณะวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะรวมถึงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยที่ยึดหลักของระบบนิเวศวิทยา สุขอนามัย และการนำทรัพยากรสิ้นเปลืองมาใช้เป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์มากนัก

และUNEP (1999) ได้ให้คำจำกัดความว่า “Life Cycle Assessment is an environmental assessment tool for evaluation of impacts that a product (or service) has on the environment over the entire period of its life-from the extraction of the raw materials from which it is made, through the manufacturing, packaging and marketing processes, and the use, reuse and maintenance of the product, and on to its eventual recycling or disposal as waste at the end of its useful life.”

U.S. Environmental Protection Agency : EPA (2001) กล่าวว่า Life Cycle Assessment is a “cradle to grave” approach for assessing industrial systems, “cradle-to-grave” begins with the gathering of raw material from the earth to create the product and ends at the point when all material are returned to the earth.

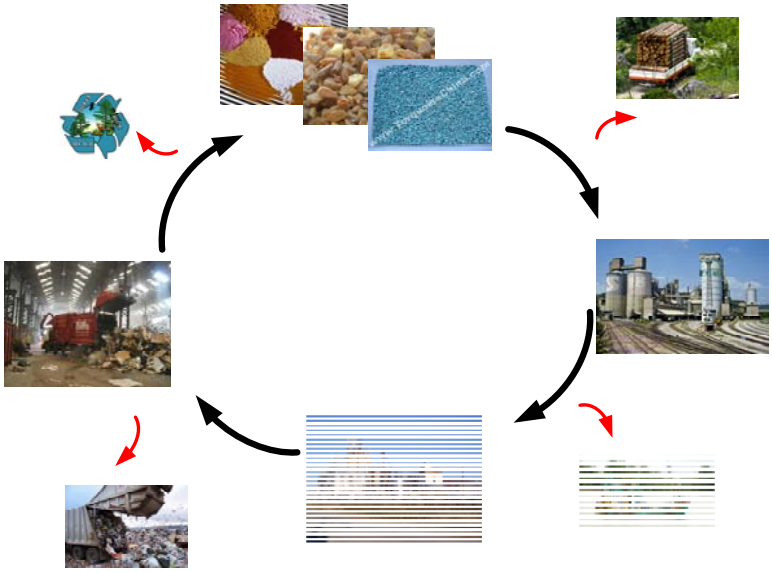
และสุรัส ตั้งไพฑูรย์ (2547) กล่าวว่า “LCA (Life Cycle Assessment) คือการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงและสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิตในเชิงปริมาณ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การใช้ การซ่อมการทิ้งและทำลาย

ปราณี พันธุมสินชัย (2541) นิยามความหมายของการประเมินวงจรชีวิตว่า คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ตลอดวงจรชีวิต โดยเริ่มจากการนำวัตถุดิบมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การผลิต การเก็บ การใช้ การทิ้งและการกำจัด หรือคิดหาผลกระทบของผลิตภัณฑ์จากเกิดจนหมดอายุ (Cradle-to-Grave) โดยมักพิจารณาในแง่ของการใช้ทรัพยากร สุขภาพอนามัยของมนุษย์และผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

การประเมินวงจรชีวิต เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องกับผลิตภัณฑ์ทั้งวงจร ตั้งแต่การออกแบบ การสกัดวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน รวมทั้งการกำจัดทิ้ง โดยพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศ สุขอนามัยชุมชน และปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก และเป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคู่กับการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิต ซึ่งส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรและพลังงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดภาระทางสิ่งแวดล้อม

จากการปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถอนุมานความหมายการประเมินวงจรชีวิต โดยผู้ทำวิจัยว่า “การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ครอบคลุมตลอดทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ กระบวนการผลิต การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การใช้ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการจัดการของเสียของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน”

UNEP (1996) มีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณา “ผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (From the Cradle to Grave)” เพื่อหาวิธีการและแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยยึดหลักแนวคิดดังรูปที่ 2.10

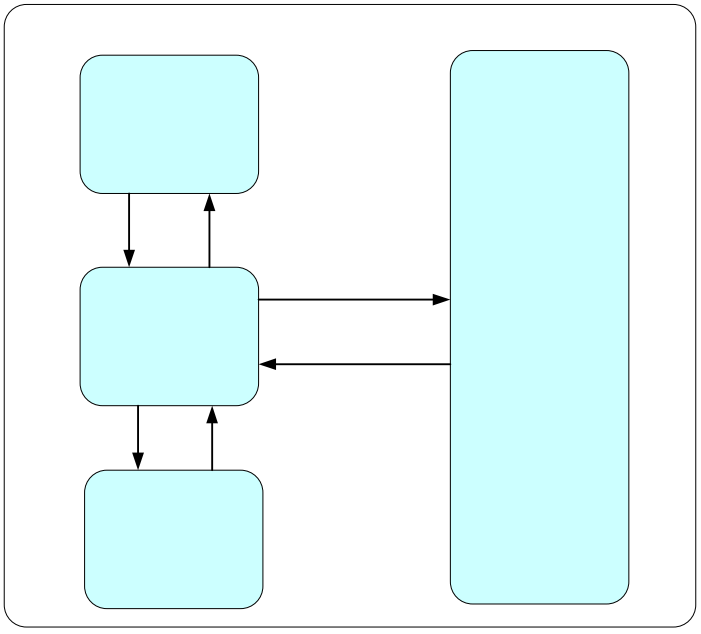


รูปที่ 2.10 แนวคิดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ถูกนำมาใช้แพร่หลายทั่วโลกโดยรัฐบาลและองค์กรด้านอุตสาหกรรมเพื่อช่วยให้ทราบถึงที่มาของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างผลิตภัณฑ์หรือบริการกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการสนับสนุนให้เรียนรู้และทำความเข้าใจถึงผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่าง ๆ ของวงจรชีวิตเพื่อที่จะหาหนทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.2.2 หลักการการประเมินวงจรชีวิต

หลักการประเมินวงจรชีวิต มีกรอบการทำงานเป็นระบบ 4 ขั้นตอนได้แก่ การกำหนดขอบเขตและเป้าหมาย การวิเคราะห์รายการ การประเมินผลกระทบ และการแปรผลการประเมินวงจรชีวิต (SETAC, 1987) ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการประเมินวงจรชีวิต (SETAC, 1987)

2.2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เป็นขั้นตอนแรกในการทำ LCA ที่จะพิจารณาว่าควรใช้การวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมแบบใดเข้ามาช่วย และในขั้นตอนเดียวกันนี้ เราต้องประเมินว่าการวิเคราะห์ใดสามารถนำมาใช้ได้ การกำหนดขอบเขตการศึกษามีความสัมพันธ์กับเป้าหมายการศึกษา โดยมีรายละเอียดการกำหนดดังนี้

Life Cycle A

Goal and Scope

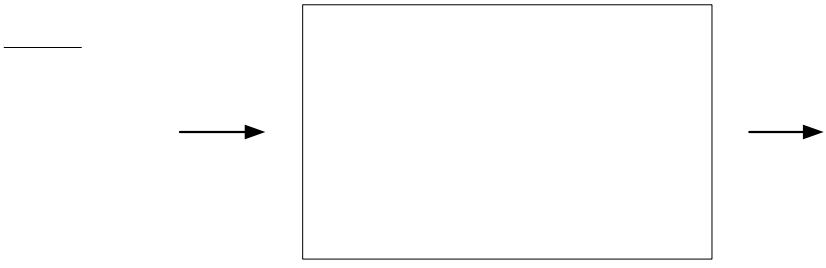
Definition

1) การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนแรกในการทำการประเมินวงจรชีวิต โดยพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา เพื่อให้ผู้รับสามารถนำผลการประเมินไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ เช่น วิศวกรออกแบบนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ หรือผู้บริโภคนำผลการวิเคราะห์ไปเป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจของการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2544) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ ผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าการใช้งานไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสม เป้าหมายเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะทำให้สามารถแจกแจงความสำคัญของส่วนต่าง ๆ ของเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ต้องครอบคลุมปัญหาเหล่านี้ได้แก่ การนำผลการวิเคราะห์การประเมินวงจรชีวิตไปใช้ทำอะไร การเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นเมื่อมีการนำหลักการ LCA มาพิจารณา

2) การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)

การกำหนดขอบเขต คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและกำหนดการรวบรวมสิ่งที่อำนวยประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบไปด้วย การกำหนดสิ่งที่เราต้องการศึกษา รวมถึงการกำหนดหน้าที่หรือสิ่งที่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ การออกแบบระบบอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงวัตถุประสงค์ของการศึกษา การออกแบบตัวแปรการประเมินทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายของ LCA และการบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA ซึ่งการกำหนดขอบเขตประกอบไปด้วย ขอบเขตระบบ หมายถึง ขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์หมายรวมเอาหน่วยที่รวบรวมวัตถุดิบและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกันที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกันหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ขอบเขตของระบบที่กำหนด (EPA, 1993)

หน้าที่และหน่วยการทำงานของระบบ (Function and Functional unit) ซึ่งระบบอาจมีหน้าที่หลายอย่าง และหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA โดยขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษา จึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่ทำการศึกษาให้ชัดเจน และหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสารขาเข้าและออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของ LCA ที่สามารถวัดผลความแตกต่างของระบบได้ และมีหน้าที่พื้นฐาน 3 ประการคือ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทน และคุณสมบัติพื้นฐาน

คุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ เนื่องจากการศึกษา LCA ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และข้อมูลมีความแตกต่างกันทั้งที่มาและวิธีการเพื่อได้มาซึ่งข้อมูล ดังนั้นการระบุรายละเอียดและระดับคุณภาพของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เปรียบเทียบกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในช่วงเวลาใด และระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- เทคนิคที่ต้องการศึกษา
- พื้นที่ที่ต้องการศึกษา
- ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและต้องเป็นตัวแทนของสภาพจริง
- แหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อสามารถตรวจสอบความถูกต้อง และประเภทของข้อมูล
- ความสอดคล้องต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและความไม่แน่นอนของข้อมูล ว่ามีความสอดคล้องต่อเนื่องกับข้อมูลความจริงหรือไม่ และมากน้อยเพียงใด

2.2.2.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory : LCI)

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล หมายถึง การเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากการกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งหมายรวมถึงการใช้ทรัพยากร การปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศ ดิน และน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการนี้เป็นการทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เก็บมาเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูล หรือประเด็นปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้

จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope Definition) รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System)

- การสร้างหน่วยของข้อมูล (Data Unit) และหน่วยของกระบวนการ (Process Unit)
- การรวบรวมข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากระบบการผลิตผลิตภัณฑ์
- การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล
- การนำเสนอของข้อมูลในรูปของแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย

1) การสร้างหน่วยของข้อมูลและการตั้งหน่วยกระบวนการ

การสร้างหน่วยของข้อมูล เป็นการระบุกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในรูปผังแสดงกระบวนการ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงาน โดยเริ่มจากการศึกษาวัตถุดิบ การใช้พลังงาน ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การบริโภคและการกำจัด ซึ่งจำเป็นต้องระบุวัสดุ พลังงานและกระบวนการต่าง ๆ ให้ครบถ้วน เนื่องจากมวลสารที่เข้าระบบจะต้องสมมูลกับมวลสารที่ออกจากระบบ

2) การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีความแตกต่างกันตั้งแต่การเริ่มใช้วัตถุดิบซึ่งมีหลากหลายประเภท ต้องสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ และข้อมูลเหล่านั้นต้องมีการเชื่อมโยงกัน ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาว่าจะมีการพิจารณาละเอียดมากน้อยเท่าใด

3) การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูล หากระบบที่เกี่ยวข้องมีหลายประเภท ต้องมีการแจกแจงตามประเภทผลิตภัณฑ์ตามเหตุผลที่ชัดเจนและวิธีที่ระบุไว้ แล้วนำมาคำนวณ ซึ่งกระบวนการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับผู้วิจัย นอกจากนี้ยังมีซอฟแวร์คอมพิวเตอร์สำหรับ LCA จำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองงาน LCA โดยเฉพาะสามรถเลือกได้ตามชนิดและข้อมูลของงาน เช่น ฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro

4) การนำเสนอของข้อมูลในรูปของแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย

การนำเสนอข้อมูลแก่ผู้รับ เป็นส่วนสำคัญมาก เพราะการทำ LCA จะบรรลุวัตถุประสงค์ได้เมื่อผู้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์และเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยการนำเสนอข้อมูลประกอบด้วย รายละเอียดของกระบวนการผลิต คุณลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพของข้อมูล ข้อจำกัด และที่มาของข้อมูล เป็นต้น รูปแบบที่เป็นที่นิยม เช่น กราฟแท่ง กราฟวงกลม

2.2.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA)

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) คือการนำข้อมูลมาทำการแปลงค่าและแยกตามชนิดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีขั้นตอนย่อย 7 ขั้นตอนดังนี้

1) การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Selection) หมายถึง การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแต่ละช่วงในวงจรชีวิต ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน การขนส่ง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การกำจัด การบริโภค รวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกลไกด้านสิ่งแวดล้อม และกระบวนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดของปัญหาอันเนื่องมาจากกิจกรรมในวงจรชีวิต จนถึงการแพร่กระจายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสร้างความเสียหายตั้งแต่ระดับท้องถิ่น จนถึงระดับโลก

2) การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification) โดยที่การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ หมายถึง การจำแนกข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid Point Impact) หรือขั้นปลายทาง (End Point Impact) โดยดูจากความสัมพันธ์ของสารขาเข้า และสารขาออกที่เป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบนั้น ในการจำแนกข้อมูล มีข้อควรระวัง คือการจำแนกซ้ำ เนื่องจากสารบางตัวอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและเกิดฝนกรด การจำแนกสารดังกล่าวให้อยู่ในกลุ่มใด ต้องพิจารณาว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นผลกระทบโดยตรงจากสารมลพิษ หรือเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากผลกระทบอีกประเภทหนึ่ง ในกรณีที่เป็นผลกระทบต่อเนื่องไม่ควรจำแนกซ้ำ

3) การแปลงข้อมูลเป็นค่าความสามารถก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization)โดยที่การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม หมายถึง การแปลงข้อมูลเชิงปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกันให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม รูปตัวชี้วัดตามมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน เรียกว่า Equivalent or Characterization factors โดยคำนวณจากแบบจำลองที่อธิบายกลไกทางฟิสิกส์-เคมีและวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

4) การเทียบค่าความสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) โดยการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเทียบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้น ในระดับประเทศ ภูมิภาค หรือระดับโลก ขั้นตอนนี้ทำให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในภาพรวม

5) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) โดยการจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ การทำลายคุณภาพของระบบนิเวศน์ การลดลงของปริมาณทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงาน หรืออาจแบ่งเป็นระดับท้องถิ่นเช่น การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร และระดับโลก เช่น ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เพื่อให้ทราบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละหมวดหมู่ในภาพรวม เป็นต้น

6) การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) โดยการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเปรียบเทียบความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท เรียกว่า Weighting Factor โดยเกณฑ์ในการกำหนดลำดับความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาจเป็นการเปรียบเทียบเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ใช้หลักเกณฑ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ผู้วิจัยจะนำมาพิจารณา เช่น ขนาดและความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เฉพาะประเภทที่ต้องการปรับปรุงแก้ไข การแปลงค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมเป็นค่าเงินเพื่อวิเคราะห์ในทางเศรษฐศาสตร์ การใช้หลักเกณฑ์เชิงสังคม เป็นต้น

7) การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) มีวิธีโดยการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล หมายถึง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพข้อมูลได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ใน

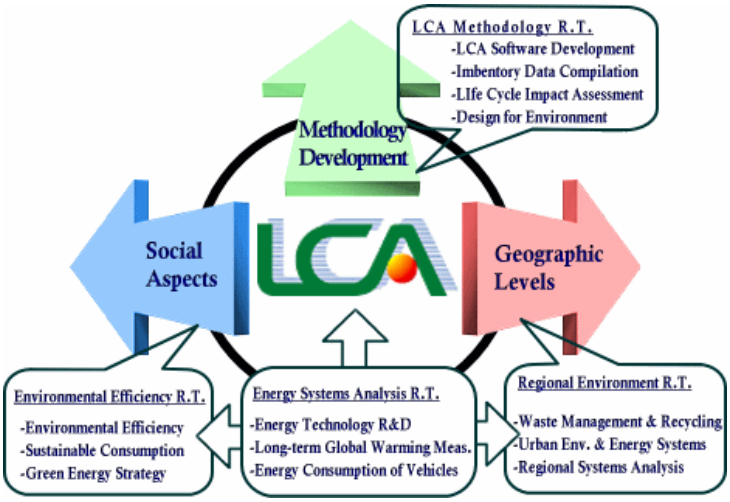
เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณ การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูล วิธีปันส่วน (Allocation) วิธีคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2.2.2.4 การตีความและแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูล และการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำ กลับไปกลับมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูล และอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความอ่อนไหว และความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

การประเมินวงจรชีวิต แบ่งการศึกษาเป็น 4 กลุ่มศึกษา ได้แก่ กลุ่มการศึกษาหลักการการประเมินวงจรชีวิต (LCA Methodology Research Team) กลุ่มการศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับภูมิภาค (Regional Environment Research Team) กลุ่มการศึกษาระบบการใช้พลังงาน (Energy Systems Analysis Research Team) และกลุ่มการศึกษาประสิทธิภาพการจัดการทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Efficiency Research Team) โดยแต่ละกลุ่มมีการเชื่อมโยงข้อมูลต่อกันตลอดเวลา (AIST, 2001)

หลักการประเมินวงจรชีวิตถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย โดยมีการนำหลักการไปใช้ในหลายวงการ เช่น วงการการศึกษา การพัฒนาประเทศในด้านต่าง ได้แก่ สาธารณูปโภค การใช้พลังงาน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.13 เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเข้ามามีบทบาทสำคัญให้ทุกคนตระหนักถึงการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและความเป็นอยู่ก่อนที่ปัญหาเหล่านี้จะรุนแรงจนไม่สามารถแก้ไขได้



รูปที่ 2.13 แสดงการนำความรู้ LCA ไปใช้งานด้านต่าง ๆ (AIST, 2005)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวงจรชีวิต สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยหลักการ LCA

Arnold (2000) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสองวิธี คือการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) การประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) พบว่าการทำ EIA นั้นเป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะในส่วนของโรงงานหรือโครงการว่ามีผลกระทบทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร เพื่อใช้ช่วยในการยืนยันการตัดสินใจทำกิจกรรม โครงการนั้น ๆ โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ส่วนการทำ LCA นั้นเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งออกเป็นสามทางคือ ผลกระทบทางสุขภาพมนุษย์ ผลกระทบทางระบบนิเวศวิทยา และการนำทรัพยากรธรรมชาติไปใช้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการได้

Shonnard (2000) แบ่งประเภทของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact Category) ออกเป็น 9 ประเภทคือ

1. สภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)
2. การทำลายชั้นโอโซน (Ozone Depletion)
3. การเกิดกลุ่มหมอกควัน (Smog Formation)
4. ฝนกรดเนื่องจากความเป็นกรดในชั้นบรรยากาศ (Acid Rain)

5. ความเป็นพิษต่อมนุษย์ประเภทสารพิษไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน (Human Non Carcinogenic Ingestion Toxicity)

6. ความเป็นพิษต่อมนุษย์ประเภทสารพิษไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง เข้าสู่ร่างกายโดยการสูดดม (Human Carcinogenic Inhalation Toxicity)

7. ความเป็นพิษต่อมนุษย์ประเภทสารพิษก่อให้เกิดมะเร็ง เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน (Human Non Carcinogenic Ingestion Toxicity)

8.ความเป็นพิษต่อมนุษย์ประเภทสารพิษก่อให้เกิดมะเร็ง เข้าสู่ร่างกายโดยการสูดดม (Human Carcinogenic Inhalation Toxicity)

9. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ วิทยาหรือสัตว์น้ำ (Fish Toxicity)

2.3.2 การนำวิธีการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทย

ฐานข้อมูลในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยยังอยู่ในระหว่างจัดทำ โดยการประเมินวงจรชีวิตมี 2 ส่วนที่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษา ได้แก่ จำนวนแรงงานและพื้นที่ แม้ในต่างประเทศเองยังทำได้ลำบาก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่ต้องการพื้นที่มาก และมีจำนวนแรงงานมาก เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เครื่องจักรที่ใช้มีความทันสมัย และการประเมินวงจรชีวิตโดยมีแรงงานเป็นข้อมูลยังเป็นประเด็นที่มีการโต้แย้งกันของกลุ่มนักวิจัยโดยการประเมินวงจรชีวิตเนื่องจากไม่สามารถควบคุมหรือตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเหล่านี้ได้ ขณะนี้มีหลายประเทศที่มีฐานข้อมูลการใช้ทรัพยากรและพลังงานโดยการประเมินวงจรชีวิต อาทิเช่น สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น แคนาดา เป็นต้น ประเทศไทยจึงต้องมีการสร้างฐานข้อมูลของตนเอง เพื่อใช้ในการพัฒนาการส่งออกสินค้าของประเทศ โดยอาศัยการใช้ทรัพยากรและกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินวงจรชีวิตถูกนำมาใช้ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2540 โดยได้มีการก่อตั้งกลุ่มเครือข่ายการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Thai LCA Network) ขึ้นที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นจุดเริ่มต้น และในปี พ.ศ. 2543 มีการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยหลักการประเมินวงจรชีวิต เกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ได้จัดตั้งโครงการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยได้รับการสนับสนุนด้านเทคนิคจากรัฐบาลญี่ปุ่นผ่านโครงการความร่วมมือทางสิ่งแวดล้อม (Green Partnership Plan) และได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน อาทิเช่น กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งกระบวนการประเมินวงจรชีวิตอ้างอิงกับหลักการ ISO 14000 การจัดทำฐานระบบข้อมูลการประเมินวงจรชีวิตของประเทศไทยขึ้นอยู่กับความสำคัญก่อนหลัง โดยแบ่งเป็น

- ทรัพยากรและพลังงาน แบ่งเป็น พลังงาน น้ำ การขนส่ง
- วัตถุดิบ พิจารณาที่การใช้วัตถุดิบ เช่น พลาสติก กระดาษ ไฟเบอร์ ปิโตรเคมี
- การนำกลับมาใช้ใหม่ และของเสียต่าง ๆ เช่น ขยะ น้ำทิ้ง อากาศเสีย

การพิจารณากลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการประเมินวงจรชีวิต ต้องเลือกผลกระทบที่สามารถอธิบายค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างระบบของผลิตภัณฑ์และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และต้องสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมระหว่างสารขาเข้าและสารขาออกต้องมีเหตุผลสนับสนุนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ทั้งนี้ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ จะเป็นหน่วยงานจัดทำฐานข้อมูลกลางที่รวบรวมข้อมูลจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ เคมี พลาสติก ปิโตรเคมี ก๊าซ ยาง น้ำมัน การกำจัดของเสีย ฯลฯ ในปัจจุบัน ได้มีหน่วยงานหลายหน่วยงาน ที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากได้มีการตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นตลอดทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของตน ตัวอย่างการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการศึกษาในประเทศไทย เช่น การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และใช้งานในด้านอื่น ๆ

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล (2544) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120 โดยใช้สองวิธี คือ 1. Numerical Environmental Total Standard [NETS] 2. โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และฐานข้อมูล SimaPro ซึ่งจะพิจารณาถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R12 เป็น R134a พบว่าตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R12 เป็นสารทำความเย็น มีค่าประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของระบบทำความเย็นเท่ากับ 8.57 Btu/h/W จะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมเท่ากับ 43.78 [NETS] และ 11.4 PE_T และตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R134a เป็นสารทำความเย็น มีค่าประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของระบบทำความเย็น เท่ากับ 5.58 Btu/h/W จะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมเท่ากับ 56.4 [NETS] และ 1.6 PE_T ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R134 เป็นสารทำความเย็นจะมีผลระทบทางสิ่งแวดล้อมมากกว่า เนื่องจากตู้เย็นพาณิชย์ CRB120(R134a) จะมีอัตราการใช้ไฟฟ้ามากกว่า ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่า คือการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิลและปัญหาภาวะกรดในบรรยากาศ

ตารางที่ 2.8 กลุ่มผลกระทบที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย

งานวิจัย	Impact category										
	Global Warming	Ozone Depletion	Acidification	Eutrophication	Photochemical	Ecotoxicity	Human Toxicity	Bulk waste ,Slags/Ashes	Hazadous Waste	Resources	land use
การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์และเหล็กกล้า เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547)	x	x	x	x							x
การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์ (ธิดา ทัศนราพันธ์, 2539)	x									x	
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (นรรัตน์ รอดประเสริฐ, 2548)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพานิชย์ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกูล, 2544)	x	x								x	
การประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอททานอล (ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, 2545)	x		x		x						
การประเมินวัฏจักรชีวิตของกล่องกระดาษ(อรุณี องค์มงคลกุล, 2545)	x		x	x	x			x			
Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Landfill (Wanida Wanichpongpan, 2005)	x										

Annc และ Vijia (1998 อ้างถึงใน เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2544) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องบดหิน (Rock Crusher) รุ่น HP400 SX พบว่าเครื่องบดหินที่กำหนดให้มีอายุการใช้งาน 25 ปี เมื่อวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตแล้วด้านการใช้งานจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในวัฏจักรชีวิต เนื่องจากมีการใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน ดังนั้นจะต้องมีการปรับปรุงโดยจัดให้มีการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องบดหินที่ดีกว่า โดยการลดการใช้กระแสไฟฟ้าหรือใช้กระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

Azapagic และ Clift (1999) ได้ประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการกับการปรับปรุงการดำเนินการของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โบรอน การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการเป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ กิจกรรมหรือกระบวนการ ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบถึงพลังงานที่ใช้ตลอดจนการกำจัดเมื่อหมดอายุการใช้งาน (Cradle-to-Grave) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง

Yoshimasa และ Hidekazu (1999) ได้แสดงการเปรียบเทียบการเลือกใช้โทรทัศน์สีระหว่างเครื่องเก่าที่มีอายุการใช้งาน 16 ปี หรือทำการเปลี่ยนใช้โทรทัศน์เครื่องใหม่ที่ถูกออกแบบให้มีการประหยัดพลังงานและมีอัตราการรีไซเคิลสูงเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศวิทยาน้อยที่สุด แต่มีอายุการใช้งานสั้นกว่าคือแปดปี โดยใช้หลักการของ [NETS] พบว่าเครื่องโทรทัศน์แบบเก่ามีอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าเป็นอย่างมากในขั้นตอนของการใช้เมื่อเปรียบเทียบทั้งวัฏจักรชีวิตมากกว่าโทรทัศน์เครื่องใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาคือ การเกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) เนื่องจากในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ซึ่งทำให้เกิดก๊าซ CO_2 เป็นตัวการกักขังความร้อนในชั้นบรรยากาศของโลก การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมทั้งวัฏจักรชีวิตของโทรทัศน์ทั้งสองแบบ แม้ว่าแบบใหม่จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงกว่าแบบเก่า แต่เนื่องจากโทรทัศน์แบบใหม่ต้องมีการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ เพิ่มขึ้นมา เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ ทำให้ปัญหาภาระทางสิ่งแวดล้อมอื่นเกิดขึ้น เรียกว่า ปัญหาการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ จึงทำให้ผลกระทบโดยรวมแล้วโทรทัศน์แบบใหม่มีมากกว่าแบบเก่า

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) ศึกษา LCA สำหรับเสื้อเชิ้ตชาย เพื่อผลิตเสื้อที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาว่าขั้นตอนไหนของวัฏจักรชีวิตของเสื้อที่ส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและใยผ้าธรรมชาติหรือใยสังเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดต่อสิ่งแวดล้อม แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นห้าช่วง ได้แก่ ช่วงการเตรียมวัตถุดิบ (การปลูก ปั้น และทอฝ้าย) ช่วงการผลิต (การใส่สี และตกแต่ง) ช่วงการขนส่ง ช่วงการใช้งาน (การซัก ตากแห้ง และรีด) และช่วงการกำจัด (การนำมาใช้ซ้ำใช้ใหม่ การเผา) จากการศึกษาพบว่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดในวัฏจักร-ชีวิตของเสื้อเชิ้ตคือ ช่วงการใช้งาน เนื่องมาจากการใช้พลังงานในการซักและรีด เมื่อพิจารณาชนิดของผ้าที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเสื้อพบว่าการใช้ใยผ้าที่เป็นใยสังเคราะห์มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากใยสังเคราะห์มีคุณสมบัติทำให้เสื้อแห้งเร็วและรีดง่าย ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงาน ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้สำหรับเครื่องนุ่งห่มชนิดอื่น ๆ โดยเน้นที่วัสดุหรือผ้าที่ใช้

อรุณี องค์มงคลกุล (2544) ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของกล่องกระดาษ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นห้าระยะ ได้แก่ ช่วงการเตรียมวัตถุดิบ ช่วงการผลิต ช่วงการขนส่ง ช่วงการใช้งานและช่วงการกำจัดเมื่อหมดอายุการใช้งานตลอดจน การวิเคราะห์วิธีการที่เป็นไปได้ในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยใช้ซอฟแวร์โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 4.0 ซึ่งกำหนดประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญที่นำมาพิจารณาคือ Global Warming, Acidification, Eutrophication, Photochemical Ozone Formation, Energy Use and Solid Waste Generation จากการศึกษาพบว่ากระบวนการฝังกลบเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดที่มีต่อแนวโน้มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยผลกระทบนั้นมาจากมลพิษทางอากาศ ที่มีการปลดปล่อยออกมาระหว่างการฝังกลบ ซึ่งก๊าซดังกล่าวได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซแอมโมเนีย รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้งกระดาษ ขยะจากกระบวนการผลิตกระดาษแข็งและกล่องกระดาษ ถ้าอัตราการนำไปฝังกลบสูงจะทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกือบทั้งหมดสูงขึ้นดังนั้นการนำกล่องกระดาษฝังกลบจึงไม่ใช่วิธีการจัดการที่เหมาะสม ยกเว้นในสถานที่ฝังกลบได้มีการจัดการก๊าซที่เกิดขึ้นอย่างปลอดภัย

กิรณา จอมคำศรีและธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2545) ได้ทำการศึกษาโรงไฟฟ้าสองชนิด ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน และโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากโรงไฟฟ้าบางปะกงและโรงไฟฟ้าพระนครเหนือในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน และเขื่อนสิริกิติ์และเขื่อนภูมิพล ในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ จากนั้นจึงประเมินผลกระทบออกเป็นสองส่วน คือส่วนการก่อสร้าง และส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการศึกษาพบว่า ในส่วนการก่อสร้างนั้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำส่งผลกระทบ 139 Point (Pt) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน 13.7 Pt และในส่วนที่สองพบว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนส่วนผลกระทบมากกว่าคือโรงไฟฟ้าพลังน้ำมีผลกระทบ 8.49 Pt และ 0.00818 mPt ตามลำดับ

ธีรนันทา ฤทธิ์มณี (2545) ได้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอทานอล โดยการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ชนิดท่อความร้อนด้วยวิธี NETS และโปรแกรมสำเร็จรูปพบว่า มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 209.61 [NETS] และ 14.4 PE_T ส่วนการกลั่นโดยใช้น้ำมันเตาเกรดซี มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 2,064.34 [NETS] และ 36.1 PE_T เห็นได้ว่าการกลั่นเอทานอลด้วยน้ำมันเตาเกรดซี ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า เนื่องจากมีอัตราการใช้ไฟฟ้ามากกว่า และสารประกอบจากน้ำมันเตาก่อให้เกิดปัญหาฝนกรดในบรรยากาศ และการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์และคณะ (2546) ได้จัดทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 2 ชนิด คือ เครื่องปรับอากาศ และเครื่องรับโทรทัศน์ พบว่าเครื่องปรับอากาศ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในช่วงใช้งาน รองลงมา ได้แก่ ช่วงประกอบเครื่อง และการจัดการซากผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ส่วนเครื่องรับโทรทัศน์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในช่วงใช้งานเช่นกัน และรองลงมา ได้แก่ ช่วงผลิต และประกอบเครื่อง โดยผลกระทบในช่วงใช้งานจะน้อยหรือมาก ขึ้นอยู่กับแหล่งเชื้อเพลิงที่นำมาทำพลังงานไฟฟ้า และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และถ้ามีการส่งเสริมให้มีการนำซากผลิตภัณฑ์ไปรีไซเคิลมากขึ้นผลกระทบจะน้อยลง

อภิชาต โสภาแดง (2546) ศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างง่ายของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลการศึกษาสรุปว่า การประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างง่าย (Streamlined Life Cycle Assessment : SLCA) มีความเหมาะสมต่อการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย เพราะเน้นข้อมูลเชิงคุณภาพมากกว่าข้อมูลเชิงปริมาณ แต่ยังสามารถเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้

นงค์นุช พฤฒิชัยวิบูลย์ และธำรงค์รัตน์ มุ่งเจริญ (2547) จัดทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอมเพรสเซอร์แบบหมุนขนาด 18,000 Btu/hr ในขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ การขนส่งและการใช้งาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 5.1 และวิธี EDIP ผลการศึกษา พบว่าในขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์มีผลการกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งานคิดเป็น 9.01 kPt. ในขณะที่ขั้นตอนการผลิตคิดเป็น 0.066 kPt. และขั้นตอนการขนส่ง 0.0013 kPt. ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนา และปรับปรุงโรตารี่คอมเพรสเซอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดภาระด้านสิ่งแวดล้อม และลดการใช้ทรัพยากร

โอมฤทธิ์ หาระบุตรและคณะ (2547) ได้ทำการประเมินวงจรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์ พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิต ช่วงการใช้งานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในกลุ่มภาวะโลกร้อน กลุ่มภาวะฝนกรด และกลุ่มภาวะหมอกควันจากอุตสาหกรรม ตามลำดับ ช่วงการกำจัดส่งผลกระทบต่อกลุ่มภาวะการณ์ลดลงของชั้นโอโซนมากที่สุด ช่วงการผลิตวัตถุดิบส่งผลกระทบต่อกลุ่มโลหะหนัก และของเสียในรูปของแข็งมากที่สุด จากผลการประเมินดังกล่าวสามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงโรตารี่คอมเพรสเซอร์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยนำระบบ “Inverter” มาใช้ควบคุมการทำงาน และเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 เป็น R410A ซึ่งสามารถลดปริมาณ CO_2 ลงได้ 37 % และลดสาร CFC11 ได้ถึง 98%

นงค์นุช พฤฒิชัยวิบูลย์ (2547) ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอมเพรสเซอร์แบบหมุน ขนาด 18,000 Btu/hr โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ช่วงตลอดวัฏจักรชีวิต ได้แก่ ช่วงการผลิต ช่วงการใช้งาน ช่วงการขนส่ง ช่วงการกำจัด โดยใช้วิธีการประเมิน Eco-indicator 99 และโปรแกรม SimaPro 5.1 ผลการประเมินพบว่า ช่วงการใช้งานมีผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงการผลิต ช่วงการขนส่ง และช่วงการกำจัด ตามลำดับ โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยวดังนี้ 9.45 kPt., 0.0015 kPt., 0.000198 kPt. และ -0.00125 kPt. ตามลำดับ โดยงานวิจัยนี้เน้นศึกษารายละเอียดในส่วนการผลิตคอมเพรสเซอร์แบบหมุน ผลการประเมินโดยวิธี Eco-indicator 99 ถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธี NETS ของประเทศญี่ปุ่น

จันจิรา ยะรียะหา (2547) ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดวัสดุทดแทนพีวีซี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 5.1 และวิธี Eco-indicator 99 พบว่าในขั้นตอนการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (43.6 คะแนน) ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ขั้นตอนการขนส่ง 0.0576 คะแนน ในขณะที่ขั้นตอนการจัดการหลังหมดอายุใช้งานด้วยวิธีรีไซเคิล เผาและฝังกลบคิดเป็น 8.73, 81 และ 0.427 คะแนน ตามลำดับ โดยประเภทผลกระทบหลัก ได้แก่ การลดลงของทรัพยากร และอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ในขณะที่สายไฟประเภทหุ้มฉนวนพีอี ให้ผลกระทบน้อยกว่า การเปลี่ยนแปลงพีวีซีทำให้ผลกระทบลดลงในช่วงตามที่กล่าวมา 6.7%, 42.2% และ 4.43% ตามลำดับ

ณัฐพล วุทธิกูล และธงไชย ศรีนพคุณ (2547) ได้ทำการศึกษาการออกแบบสภาวะการดำเนินการของกระบวนการดึงโทลูอีน และเอทิลอะซีเตต จากก๊าซเสียของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เซโลเฟรมกลับมาใช้ใหม่ โดยพิจารณาทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม เพื่อออกแบบอัตราการไหลของตัวทำละลาย และอุณหภูมิของกระแสขาเข้าด้านบนหอดูดซับ ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ภายใต้ขั้นตอนกระบวนการ LCA ทราบว่า ปัญหาดังกล่าวเป็นการหาสภาวะการดำเนินการที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiobjective Optimization) กลุ่มคำตอบของการออกแบบสามารถเลือกจาก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ (Pareto Curve) พบว่า อุณหภูมิของกระแสขาเข้าด้านบนหอดูดซับที่ 25 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของตัวทำละลาย 92.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็นสภาวะการดำเนินการที่ดีที่สุดเมื่อให้ความสำคัญด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ในขณะที่เมื่อให้ความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด สภาวะการดำเนินการที่ดีที่สุดคือ อัตราการไหลของตัวทำละลาย 119.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิของกระแสขาเข้าด้านบนหอดูดซับเดียวกัน

ณัฐนี วรยศ และคณะ (2548) วิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบการกลั่นโดยใช้เชื้อเพลิง ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro โดยได้ทำการออกแบบให้ระบบการกลั่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ หม้อต้มน้ำ หอกลั่น ชุดระบายความร้อน และปั๊ม และมีการทำงานในลักษณะการกลั่นแบบต่อเนื่อง จากผลการศึกษาพบว่า นอกจากพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถนำมาทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้แล้ว ยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ไม่เฉพาะด้านของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกแต่ยังรวมถึงด้านอื่น ๆ เช่น การลดลงของชั้นโอโซน ภาวะฝนกรด เป็นต้น นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบการใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ 3 แบบ ได้แก่ แบบกระจกแผ่นราบชั้นเดียว (Flat Plate Collector) แบบท่อแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Collector) และแบบท่อความร้อน (Heat Pipe Collector) ซึ่งพบว่าแผงรับรังสีแบบท่อแก้วสุญญากาศเหมาะสมที่สุดในการใช้กับระบบการกลั่นเอทานอล

สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์ (2548) ทำการรวบรวมฐานข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักร และทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้านชนิดหนึ่งประตูขนาด 6.3 ลูกบาศก์ฟุต (ft^3) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 6.0 และมีการใช้วิธี EDIP (Environmental Design of Industrial Products) ผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (83%) เนื่องจากการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงตลอดอายุการใช้งานรองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิตคอมเพรสเซอร์ (5.31%) และขั้นตอนการฉีดโฟมในตัวโครงตู้เย็น (3.56%)

ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ และบัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย (2548) ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบกัน 2 วิธี เพื่อประเมินปริมาณการใช้พลังงาน และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย ซึ่ง 2 วิธีหลักคือ วิธี PCA : Process Chains Analysis เป็นวิธีเดิมที่นิยมใช้ในประเทศไทย ให้ผลแม่นยำในกระบวนการผลิตโดยตรง แต่ข้อมูลในการผลิตทางอ้อมมักถูกตัดออกไปเนื่องจากวิเคราะห์ไม่ได้ ส่วนอีกวิธีคือ IOA : Input Output Analysis การศึกษานี้แสดงถึงข้อดีข้อเสียของทั้ง 2 วิธี และเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ที่ใช้เวลาน้อยลง โดยนำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ Intergovermental Panel on Climate Change (IPCC) โดยสรุปวิธี IOA มีข้อเสนอคือ ความแม่นยำของการประมาณค่าปริมาณแก๊สในรูปค่าเฉลี่ยภาคเศรษฐกิจหนึ่ง ๆ ซึ่งอาจจะผลิตสินค้าหลายอย่างในหมวดเดียวกัน สำหรับกรณีศึกษาประเทศไทยจึงแนะนำให้ใช้ทั้งวิธี PCA และ IOA ผสมกันในการประมาณปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์ และฉัตรเพชร ยศพล (2548) ทำการศึกษาประเมินวงจรชีวิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเสเซนต์ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเป็น $2.637x10^{1}$ kg-CO_2 หรือ 74.34% เป็นสาเหตุการลดลงของชั้นโอโซน $1.952x10^{-4}$ kg-CFC11 หรือ 81.23% และทำให้เกิดฝนกรด $4.38x10^{-1}$ kg-SO_2 หรือ 68.60% ซึ่งช่วงชีวิตที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุดคือช่วงใช้งาน เนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้า ซึ่งไฟฟ้าได้จากพลังงานน้ำ ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ และแก๊สโซลีน ทำให้เกิดผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และจากผลการศึกษายังพบว่าถ้าใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังน้ำ (73.73%) จะเกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ (26.12%)

Schuurmans (2005) ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการนำทรายละเอียดมาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตแทนการใช้ทรายหยาบ โดยทำการปรับเปลี่ยนส่วนผสมอื่นเพื่อให้คอนกรีตสามารถคงคุณสมบัติในการใช้งาน ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าการใช้ทรายละเอียดก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยกว่าการใช้ทรายหยาบ ส่วนผลจากการปรับเปลี่ยนส่วนผสมก่อให้เกิดผลกระทบเท่ากับส่วนผสมที่มีอยู่เดิม

งามทิพย์ ภู่วโรดม และคณะ (2549) ได้ทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และโฟมพลาสติก ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการขอฉลากสิ่งแวดล้อม (Environmental Label) การใช้ภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นการเตรียมความพร้อมเชิงรุกในการขยายตลาดไปสู่ต่างประเทศต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุน Montreal Protocol ในการลดการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons หรือ CFCs) ในการผลิตโฟมอีกด้วย และคณะวิจัยยังได้ศึกษา LCA ของปลาทูน่าบรรจุกระป๋องโลหะ กับ ปลาทูน่าบรรจุ Retort Pouch ปลาทูน่ากระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย และปัจจุบันประเทศไทยสามารถครองสัดส่วนการผลิตทูน่ากระป๋องมากที่สุดในโลก ประเภทของภาชนะที่ใช้ในอุตสาหกรรมทูน่าจึงกลายเป็นประเด็นปัญหาเชิงสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานทางการค้าที่สำคัญ โครงการวิจัยนี้จึงได้นำหลักการ LCA มาประเมินเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการใช้ภาชนะบรรจุทั้ง 2 ประเภท และเตรียมความพร้อมของข้อมูลพื้นฐานของหลักการ LCA ให้แก่อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมการบรรจุในประเทศ

ฉันธนา ยูวะนิยม และคณะ (2550) มีจุดประสงค์เพื่อมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกธรรมดากับบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกย่อยสลายได้ วัตถุประสงค์คือ เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากร และของเสียที่ปล่อยออกมาจากการผลิตเม็ดพลาสติก และบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกธรรมดา กับบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกย่อยสลายได้ รวมถึงการศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อให้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประเภทบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยขอบเขตของงานวิจัยคือการศึกษาบรรจุภัณฑ์พลาสติกธรรมดา และพลาสติกย่อยสลายได้ เช่น ถุงพลาสติกธรรมดา (Shopping Bag) และถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ (Degradable Plastic Bag) ซึ่งผลิตจากพลาสติกประเภท PE เป็นต้น

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2550) ศึกษาและเสนอแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้แนวทางประเมินวัฏจักรชีวิตจึงเกิดขึ้น เพื่อมุ่งเน้นที่จะทำให้การออกแบบสถาปัตยกรรมใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดมลภาวะน้อย โดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตจนสิ้นสุดการใช้งาน หรือการทำลาย หรือเรียกว่าเป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญครบทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคาร (Life Cycle Building Perspective) โดยนำเสนอและเปรียบเทียบแนวความคิดในการออกแบบต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งวิเคราะห์ และเชื่อมโยงแนวทางที่เป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในประเทศไทย เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบ และทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างที่เหมาะสมอันจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนรูปแบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างเพื่อความยั่งยืนต่อไป

กฤษกร เจียมจำรัสศิลป และคณะ (2550) ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสีผงชนิดโพลีเอสเตอร์-อีพอกซี ซึ่งเป็นสีผงชนิดที่มีการใช้งานมากในประเทศไทยอีกทั้งยังเป็นเคมีภัณฑ์พื้นฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะทำให้ได้ทราบค่าเชิงปริมาณและแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของสีผง เช่น การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก การลดลงของชั้นโอโซน และภาวะความเป็นกรดเป็นต้น ขอบเขตการศึกษาของวัฏจักรชีวิตของสีผง ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด ผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูป SimaPro 5.1 และวิธี Eco-indicator 95 พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของสีผง ขั้นตอนการเคลือบสีผงกับชิ้นงานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (86.1%) และเนื่องจากกระบวนการนี้มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากถึง 58.1 ลิตรต่อการเคลือบสีผง 1 กิโลกรัม รองลงมาคือขั้นตอนการขนส่ง (6.4%) และขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (6.3%) ตามลำดับ

จากการปริทรรศน์งานวิจัยและงานศึกษาที่มีการนำหลักการประเมินวงจรชีวิตมาใช้ในประเทศไทยที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น สามารถสรุปการศึกษาอื่น ๆ แบ่งตามประเภทของผลิตภัณฑ์เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.9

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีการทำการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารน้อยมาก และยังไม่เป็นที่แพร่หลาย การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารในประเทศไทย ได้แก่ การประเมินวัฏจักรชีวิตมันสำปะหลัง (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2548) และการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งในประเทศไทย โดยนำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (รัตนวรรณ มั่งคั่ง, 2549) และอยู่ในระหว่างดำเนินการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อ้อยและน้ำตาล (ฉัตรเพชร ยศพล, 2550) ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเกษตรเป็นไปได้ลำบาก ข้อมูลมีจำนวนมากและมีการแปรผันตลอดเวลา แต่ในขณะเดียวกัน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม รายได้หลักและผลิตภัณฑ์ส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารแปรรูป ดังนั้นการประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว จึงเป็นการศึกษาในลักษณะนำร่องเพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของประเทศ โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ สร้างลักษณะพิเศษ หรือเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าว นำไปสู่การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย และสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ข้าวโพด ยางพารา หอมแดง กระเทียม ผักและผลไม้แปรรูป ฯลฯ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจและสินค้าส่งออก

ตารางที่ 2.9 การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย

อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์	**อุตสาหกรรม**	**ก่อสร้างและอาคาร**	**อื่น ๆ**
โรตารี่คอมเพรสเซอร์	โรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์	ปูนซีเมนต์	กล่องกระดาษ
เครื่องปรับอากาศ	ไบโอดีเซล	สีผง	ภาชนะบรรจุ
เครื่องรับโทรทัศน์	กลั่นเอทานอลจากพลังงานแสงอาทิตย์	การออกแบบสถาปัตยกรรม	โฟมพลาสติก
หลอดฟลูออเรสเซนต์	เชื้อเพลิงเอทานอลจากมันสำปะหลัง	ระบบบำบัดน้ำเสีย	บรรจุภัณฑ์พลาสติก
ตู้เย็นพานิชย์	โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์		โทลูอีนและเอทิลอะซีเตด
ตู้เย็น	โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงชานอ้อย		กุ้งแช่เข็ง
สายไฟชนิดพีวีซี	การผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากหม้อไอน้ำ		
สายไฟชนิดใช้วัสดุทดแทนพีวีซี	การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ		
	โรงไฟฟ้าพลังน้ำ		
	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม		

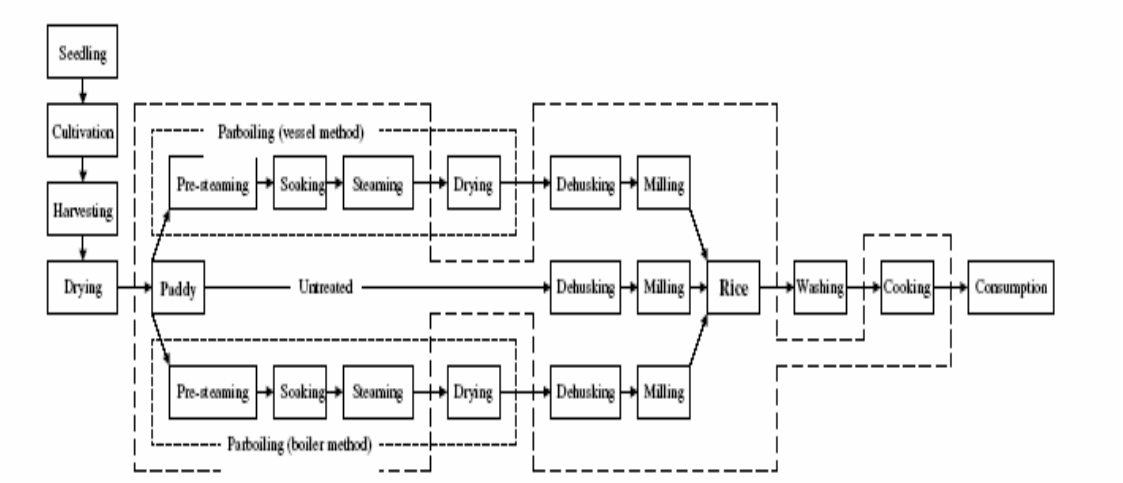
ปี 2545 ได้มีการรวมกลุ่มของผู้ที่สนใจด้าน LCA ของประเทศไทย เรียกว่า Thai LCA Network (LCA Network, 2007) และจากการประชุมที่ประเทศญี่ปุ่นในปีค.ศ. 2002 มีการกล่าวถึงการพัฒนาการศึกษา LCA ในส่วนของกลุ่มประเทศสมาคมอาเซียน ได้มีการเปรียบเทียบศักยภาพและกิจกรรมต่าง ๆ ของ LCA ระหว่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยถูกประเมินว่ายังอาศัยข้อมูลจากต่างประเทศ โดยใช้ฐานข้อมูลของประเทศยุโรปเป็นหลัก และไม่มีหลักการวิเคราะห์วงจรชีวิตของตนเอง ทำให้ไม่เหมาะสมกับการประเมินวงจรชีวิตกับผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย อีกทั้งยังมีการประชุมหรืออบรมเกี่ยวกับ LCA น้อยมาก สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) ได้มีบทบาทสำคัญในการผลักดันองค์ความรู้ด้าน LCA สู่ภาคธุรกิจและสาธารณะ โดยผ่านกิจกรรม การอบรมสัมมนาและการทำโครงการวิจัยเรื่อง LCA และหน่วยงานราชการที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลักดัน LCA ในประเทศไทย ได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) โดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ปัจจุบันทั้ง 2 หน่วยงานได้ดำเนินกิจกรรมด้าน LCA ในเรื่องต่าง ๆ มากมาย เช่น การอบรมให้ความรู้แก่นักวิจัย และบุคลากรในหน่วยงาน การมอบเงินทุนสนับสนุนการวิจัยด้าน LCA เพื่อนำผลวิจัยมาใช้เป็นฐานข้อมูลของไทย และแนวทางในการกำหนดนโยบายของภาครัฐต่อไป

2.3.3 การประเมินวงจรชีวิตเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร

การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารในประเทศไทย กำลังเป็นที่สนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปจากผลิตภัณฑ์เกษตร เช่น อ้อยและน้ำตาล มันสำปะหลัง ข้าวโพด ยางพารา ฯลฯ โดยผลิตภัณฑ์เกษตรเหล่านี้ยังสามารถแปรรูปเป็นอีกหลากหลายผลิตภัณฑ์ การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงมีความสำคัญทุกขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการใช้วัตถุดิบ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ เป็นต้น การเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งต้องใช้เครื่องมือ เครื่องจักรหรือเทคโนโลยีในการเพิ่มผลผลิต การแปรรูปในโรงงานซึ่งต้องมีการใช้เครื่องจักรกล การบรรจุภัณฑ์เพื่อจำหน่าย การอุปโภคบริโภคซึ่งก่อให้เกิดขยะและของเสีย รวมไปถึงการกำจัดซาก ขยะ ของเสีย หลังจากผลิตภัณฑ์นั้นหมดอายุการใช้งาน พบว่าทุกช่วงชีวิตของวงจร ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ปัญหาทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมและหมดไป มลพิษทางน้ำ อากาศ เสียง และมลพิษอื่นตามมา เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น แต่เนื่องจากการรวบรวมข้อมูลภาคเกษตรทำได้ยาก ข้อมูลมีจำนวนมาก และผันผวนตลอดเวลา จึงทำให้มีผู้ศึกษาน้อย แต่ข้อดีจะสามารถครอบคลุมให้มีฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์ส่งออกของตนเอง โดยการยกระดับคุณภาพและสร้างลักษณะพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ดังตัวอย่างตลาดการค้าในยุโรป (EU)

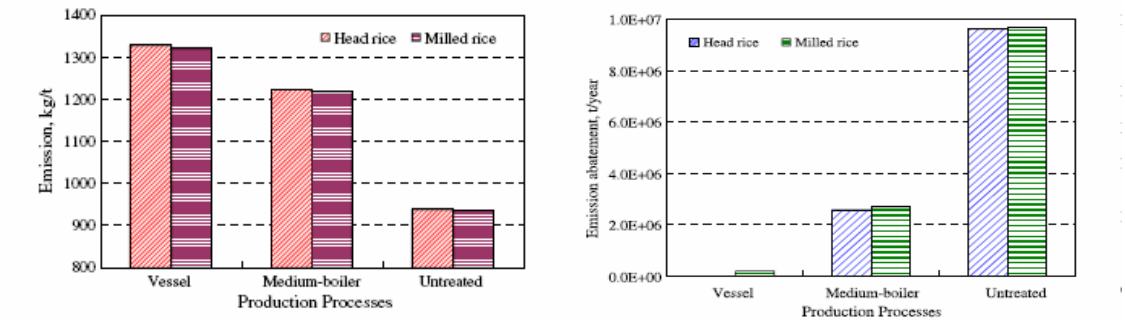
2.3.4 กรณีศึกษา Life Cycle of Rice : Challenges and choices for Bangladesh

Roy et al. (2006) ได้ทำการศึกษาและประเมินวงจรชีวิตข้าวในประเทศบังคลาเทศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวของบังคลาเทศกว่า 80% เป็นระบบการผลิตข้าวแบบข้าวนึ่ง คือ ข้าวเจ้าที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง โดยการนำข้าวเปลือกไปแช่น้ำก่อนนึ่ง แล้วนำไปสีตามปกติ โดยกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่ Vessel, Medium boiler และ Untreated หน่วยวิเคราะห์ในการศึกษานี้คือ ข้าวนึ่ง 1 ตัน และมีขอบเขตการศึกษาดังรูปที่ 2.14 โดยขอบเขตการศึกษาเริ่มพิจารณาจากกระบวนการผลิตข้าวนึ่ง ไปจนถึงการประกอบอาหาร แต่ไม่รวมภาคเกษตร การทำนาปลูกข้าวและการทำความสะอาดข้าวก่อนประกอบอาหาร



รูปที่ 2.14 ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตข้าวในประเทศบังคลาเทศ (Roy et al., 2006)

ผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ได้แก่ การใช้ทรัพยากรก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ดินเสียและเสื่อมคุณภาพ การปนเปื้อนสารพิษในสิ่งแวดล้อม ฯลฯ และมลพิษอากาศที่สำคัญคือ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณการปล่อยในส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.15 โดยขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ผลิต โดยการผลิตเป็นแบบดั้งเดิมที่ใช้หม้อนึ่งข้าว (Vessel) จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าแบบอื่น และก่อผลกระทบตามมา เนื่องจากเป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจก (Green house gas) ทำให้โลกร้อนขึ้นจากภาวะเรือนกระจก และยังสามารถขยายผลเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกอีกมากมาย



รูปที่ 2.15 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตข้าวในประเทศบังคลาเทศ (Roy et al, 2006)

2.4 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลก โดยเป็นแหล่งพลังงานของประชากรเกือบสองพันล้านคน ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในช่วงระหว่างปี 2538-2542 ผลผลิตข้าวของโลกจะอยู่ระหว่าง 551-593 ล้านตันข้าวเปลือก (370-396 ล้านตันข้าวสาร) ซึ่งเป็นผลผลิตจากทวีปเอเชียประมาณ 534-538 ล้านตันข้าวเปลือก (หรือมากกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด) และเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีการซื้อขายในตลาดโลกเพียงปีละประมาณ 19-27 ล้านตันข้าวสารเท่านั้น ในขณะที่ปริมาณการซื้อขายข้าวสาลี สูงถึง 96-96 ล้านตัน จากผลผลิตรวม 548-613 ล้านตัน (มูลนิธิข้าวไทย, 2542) และจากอดีตที่ผ่านมาเห็นได้ว่าผลผลิตมีแนวโน้มไม่เพียงพอความต้องการบริโภค โดยผลผลิตข้าวในตลาดโลกมีประมาณ 29 ล้านตัน (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

กระบวนการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการใดบ้างที่มีส่วนทำลายสิ่งแวดล้อม ซึ่งสหภาพยุโรปบางประเทศได้นำมาใช้กับภาคการผลิต ในลักษณะมาตรการด้านสิ่งแวดล้อม จึงเป็นผลดีถ้านำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารของประเทศไทย

จากอดีตที่ผ่านมาการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ภับภาคอุตสาหกรรม จะพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตเท่านั้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่มีกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย แต่ในขณะที่ใช้งานส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การนำหลักการประเมินวงจรชีวิตมาศึกษาและประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จึงครอบคลุมถึงประเด็นเหล่านั้น โดยพิจารณาตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เริ่มเตรียมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ ไปขนถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้อีก

การประเมินวงจรชีวิตถูกนำมาใช้ในประเทศไทยพร้อมกับมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 ในปี พ.ศ.2540 ในรูปแบบของฉลากเขียว ซึ่งใช้หลักการประเมินวงจรชีวิตอย่างง่าย จากนั้นมีการพัฒนานำหลักการประเมินวงจรชีวิตเข้าสู่หลักการเรียนการสอนของกรมสามัญศึกษา เพื่อสร้างองค์ความรู้และซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลที่สมบูรณ์ และปัจจุบันยังคงปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยตลอดเวลา

จากความสำคัญของข้าวที่เป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศไทยกว่า 60 ล้านคน และข้าวยังมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมมาก เนื่องจากเป็นรายได้หลักของคนในประเทศและมีมูลค่าการซื้อขายข้าวเปลือกรวมกันถึงปีละ 76,000 ล้านบาท (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2546) และการใช้ประโยชน์จากข้าวในประเทศไม่ว่าจะเป็นการบริโภค หรือนำไปแปรรูปอื่น ๆ มีปริมาณค่อนข้างคงที่ แต่การส่งออกที่เพิ่มขึ้นสูงทุกปี จากอุปสงค์การส่งออก ทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นกลยุทธ์ที่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมคือการใช้หลักการประเมินวงจรชีวิต เพื่อศึกษาว่าเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงใด เกิดผลกระทบอย่างไร และมาจากสาเหตุใดเพื่อวางแผนป้องกันและแก้ไขจากสาเหตุ จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ หลังจากทราบข้อมูลเหล่านั้น ยังสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตในช่วงชีวิตที่ก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย เช่น การประเมินวงจรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์สำหรับเครื่องปรับอากาศ (โอมฤทธิ์ หาระบุตร, 2545) ทำให้ทราบว่าคอมเพรสเซอร์ 1 ตัว ช่วงการใช้งานทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด โดยก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 9,750 กิโลกรัม โดยมีสาเหตุจากการใช้ไฟฟ้าและสารทำความเย็น R22 ที่มีการรั่วสู่บรรยากาศ จากผลกระทบนี้จึงทำให้การศึกษาค้นคว้าปรับปรุงหาสารทดแทนสารทำความเย็น R22 ที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า และสนับสนุนการประหยัดไฟฟ้าใช้เฉพาะ

การใช้หลักการประเมินวงจรชีวิต ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์ เครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ แต่ยังขาดการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร โดยเท่าที่มีการศึกษามีน้อยมาก คือการประเมินวงจรชีวิตมันสำปะหลัง (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2548) และการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อ้อยและน้ำตาล (ฉัตรเพชร ยศพล, 2550) แต่จากการศึกษาทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกหลักของประเทศไทย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ข้าว เป็นอาหารหลักและผลิตภัณฑ์ส่งออกอันดับหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นรายได้หลักของประชากรทั้งประเทศ แต่ไม่ทราบรายละเอียดว่าการผลิตข้าวสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ และสร้างมลพิษสะสมมาเป็นเวลานาน การศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวจึงครอบคลุมทั้งวงจรชีวิต ได้แก่ การเตรียมดิน การทำนาปลูกข้าว การเก็บเกี่ยว การสีข้าวและแปรรูปข้าว ฯลฯ ก่อนจะมาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับบริโภค และการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวเป็น

เรื่องที่น่าสนใจของวงการการประเมินวงจรชีวิต และอำนวยประโยชน์อีกมากมาย ทั้งการเพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าว การปรับปรุงกระบวนการผลิต การเพิ่มกลไกอุปสงค์อุปทานการค้าข้าวและการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศด้วยการติดฉลากเขียวหรือเครื่องหมายใส่ใจสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างแรงจูงใจในการซื้อเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันสามารถบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมผ่านทางผู้อุปโภคบริโภคอย่างมีประสิทธิภาพ

ประเทศไทยยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตของข้าวอย่างละเอียด เพื่อเป็นฐานข้อมูลของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้านเกษตรและอาหารและขาดเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมการปลูกข้าวทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรทำได้ยาก โดยเฉพาะการรวบรวมข้อมูล แต่จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา อนุมานได้ว่าขั้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวมีแนวโน้มในการนำมาพิจารณาเพื่อให้ฉลากเขียวน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด โดยฉลากเขียวหรือฉลากสิ่งแวดล้อมที่ให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวหลังจากทำการประเมินวงจรชีวิตนั้นสามารถนำมากำหนดเกณฑ์เพื่อให้โรงสีข้าวในประเทศไทย มีมาตรฐานในการผลิตข้าวที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และสร้างผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณภาพในตลาดการค้าโลก เพื่อเป็นผู้นำในการส่งออกข้าวในตลาดโลกตลอดไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว บนพื้นฐานหลักการประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิคือ เกษตรกรในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ดและนครราชสีมา โรงสีข้าวขนาดต่าง ๆ โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบ และแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ สำนักงานสถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ฯลฯ รวมถึงแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการวิจัยอยู่บนพื้นฐานการประเมินวงจรชีวิต 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1

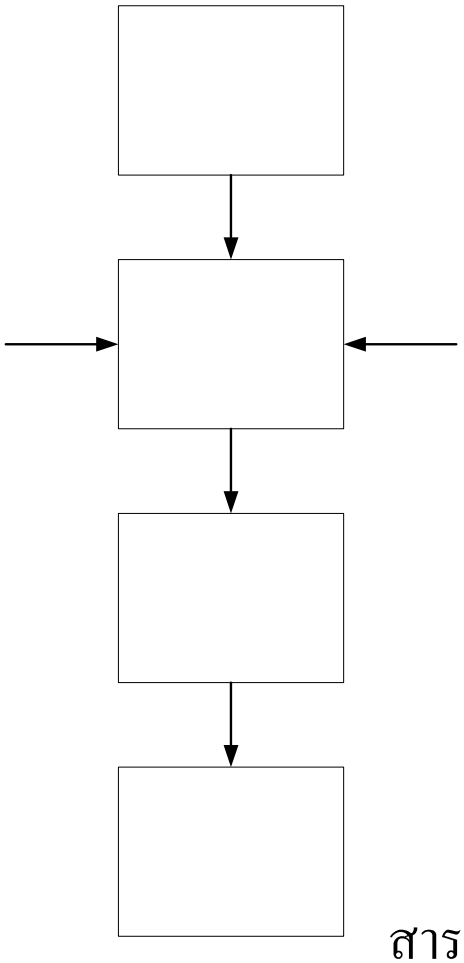
ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

ขั้นที่ 2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากพื้นที่กรณีศึกษาที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา จากนั้นนำมาจัดเป็นบัญชีรายการเป็นสารขาเข้า และสารขาออกของผลิตภัณฑ์ข้าว

ขั้นที่ 3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment) จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่จัดทำ

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์และประมวลผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Interpretation)

แผนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวงจรชีวิต ศึกษาความเป็นมา วิวัฒนาการและแนวทางการนำหลักการประเมินวงจรชีวิตกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในต่างประเทศและประเทศไทย โดยเน้นการศึกษาที่ประเทศไทยเป็นหลัก เนื่องจากจุดประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลและพัฒนาระบบประเมินวงจรชีวิตในประเทศไทย จากนั้นเก็บและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้วในวิธีการศึกษา แล้วนำข้อมูลมาจัดทำบัญชีรายการข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกของช่วงชีวิตที่ต้องการศึกษา จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการศึกษา โดยศึกษาถึงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ การทำนาปลูกข้าว การขนส่ง และการสีข้าวที่รวมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า 3 กรณี ได้แก่ โรงสีใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว โรงสีใช้พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ และโรงสีใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานไฟฟ้าเชื้อพลิงแกลบ ซึ่งสามารถระบุผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบระหว่างโรงสีข้าวที่มีการใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 กรณีที่กล่าวมาข้างต้นโดยวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามดัชนีผลกระทบที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนพื้นฐานการประเมินวงจรชีวิต

3.2 วิธีการวิจัย

วิธีการในการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าว ทำการประเมินบนพื้นฐานการประเมินวงจรชีวิต 4 ขั้นตอน ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO14000 มีขั้นตอนการประเมินวงจรชีวิตดังต่อไปนี้

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

3.2.1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตในการทำ LCA ของผลิตภัณฑ์ข้าว

เป้าหมายในการวิจัยนี้คือ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวและอุตสาหกรรมโรงสีข้าวและนำไปพัฒนาเป็นเกณฑ์ในการให้ฉลากเขียว ประเภทที่ 3 (ความสมัครใจของผู้ผลิต โดยอาศัยหลักการประเมินวงจรชีวิตและพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว เพื่อสร้างลักษณะพิเศษให้ผลิตภัณฑ์ข้าวไทยสู่ตลาดค้าข้าวโลก

1) การกำหนดขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาและการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวมีการแบ่งขอบเขตการศึกษาเป็น 3 ส่วนคือ ภาคเกษตรกรรม การขนส่ง และภาคอุตสาหกรรมสีข้าว ซึ่งถึงการใช้ไฟฟ้าในโรงสี

ภาคเกษตรกรรม การทำนาปลูกข้าว ได้จากการกำหนดพื้นที่กรณีศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในภาคเกษตรกรรม โดยการเก็บตัวอย่างในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และขอนแก่น จำนวน 400 ชุด ข้อมูลที่สำรวจเป็นปัจจัยการผลิตข้าว ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ การใช้น้ำ จำนวนที่ดินในการทำนา ระยะเวลาการปลูกข้าว ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว แรงงานที่ใช้ สารเคมี ได้แก่ ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยว ไปจนถึงการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ก่อนจะนำไปสีเป็นข้าวสาร (ตาราง ก.1ตัวอย่างแบบสอบถาม ภาคผนวก ก.)

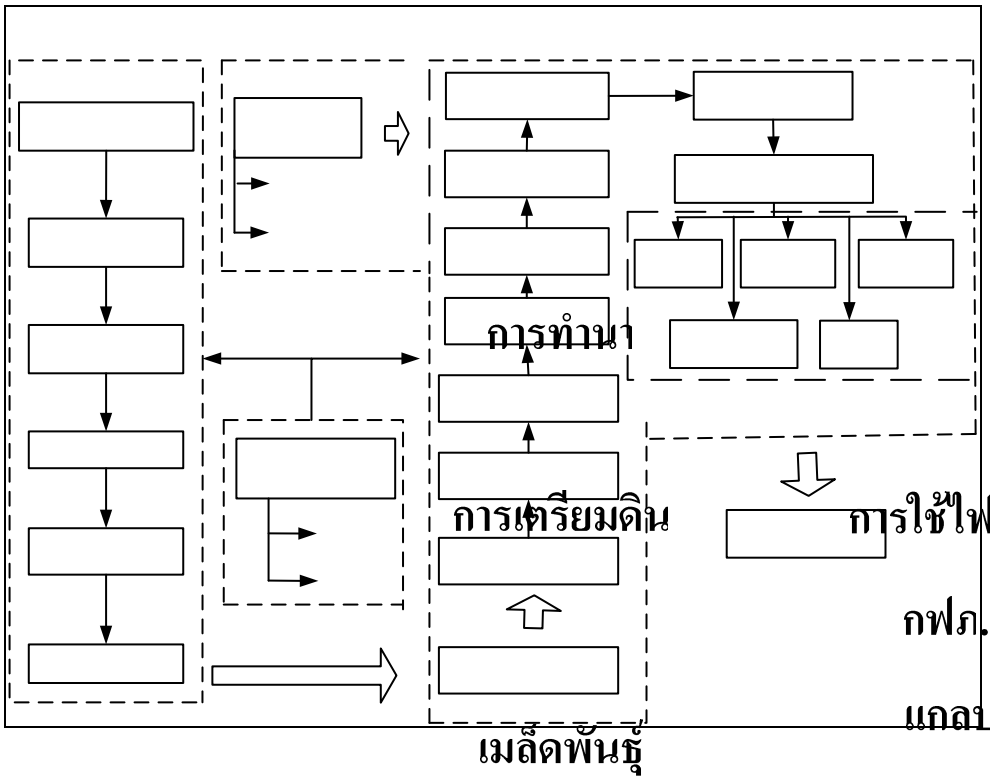
การขนส่ง แบ่งเป็นการขนส่งในระยะการปลูกข้าวไปจนถึงเก็บเกี่ยว และการขนส่งในโรงสีจนถึงบรรจุภัณฑ์ โดยลำดับความสำคัญในการใช้ทรัพยากรในการขนส่ง ได้แก่ การขนส่งภายในช่วงระยะการทำนา เช่น การขนส่งเมล็ดพันธุ์ การขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ อาทิ ปุ๋ยเคมี ยาปราบศัตรูพืช การเก็บเกี่ยว การขนส่งข้าวเปลือกไปเก็บในยุ้งฉาง ครอบคลุมถึงการขนส่งจากชาวนาไปโรงสีข้าวเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าว

ภาคอุตสาหกรรมสีข้าว ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากโรงสีข้าวกรณีศึกษา จำนวน 24 แห่งที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูล ได้แก่ การใช้วัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผลผลิต การจำหน่าย การใช้พลังงาน การจำหน่าย เป็นต้น (ตาราง ก.2 ตัวอย่างแบบสอบถาม ภาคผนวก ก.) ในการสีข้าวมีส่วนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้เครื่องจักร เช่น เครื่องสีข้าว เครื่องตะแกรงโยก เครื่องร่อนข้าว รวมไปถึงกระบวนการผลิตอื่น ๆ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น การอบข้าว การขัดสี เป็นต้น โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแห่งชาติ และการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองในโรงสีโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในปัจจุบันโรงสีหลายแห่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบเป็นหลัก

ขอบเขตการดำเนินการวิจัยครอบคลุมวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว เริ่มจากการศึกษาในภาคเกษตรกรรมจากข้อมูลที่ทำการรวบรวมจากการทำแบบสอบถามของเกษตรกร 400 รายโดยการสุ่มเลือกจากพื้นที่กรณีศึกษาการทำนา 4 จังหวัด ได้แก่ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น และนครราชสีมา เนื่องจากพื้นที่ทำนาส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกว่า 80% และสุ่มเลือกจากเกษตรกรในพื้นที่ 3 อำเภอของจังหวัดกรณีศึกษา ตามความสมัครใจในการให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ต้องการตั้งแต่การเตรียมดินทำนาปลูกข้าว ไปจนถึงการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนข้อมูลปฐมภูมิโรงสี 24 แห่ง

ประเภท	กำลังการผลิต	สัดส่วน%
ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ	1300	34
ใช้พลังงานไฟฟ้า	2564	66



รูปที่ 3.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

2) หน่วยวิเคราะห์ที่พิจารณา (Functional Unit)

ผลิตภัณฑ์ข้าวในการศึกษามีหน่วยวิเคราะห์ที่พิจารณา คือข้าวเปลือก 1 ตัน (1000 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นผลผลิตจากการปลูกข้าว และเป็นวัตถุดิบที่นำเข้าไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าวโดยทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนการสีข้าวเปลือก 1,000 กิโลกรัม เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวประเภทต่าง ๆ

สิ่งที่ได้จากการสี	จำนวนเฉลี่ยเป็น%
ต้นข้าว 5%	42.32
ปลายข้าว เอ 1	17.32
ปลายข้าว ซี 1, ซี 3	6.67
รวมต้นและปลาย	66.31
รำละเอียด	7.28
รำหยาบ	2.90
แกลบและสิ่งเจือปน	23.51

3) การกำหนดเกณฑ์ในการประเมินวงจรชีวิต (Assessment Criteria)

จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่ใช้หลักการ LCA ในประเทศไทย และการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่าประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้คือ

- ศักยภาพทำให้ทรัพยากรลดลง (Abiotic Depletion Potential)
- ศักยภาพทำให้พลังงานลดลง (Energy Depletion Potential)
- ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Depletion)
- ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด (Acidification Potential)
- ศักยภาพในการก่อปฏิกิริยา Eutriphication (Eutrophication Potential)

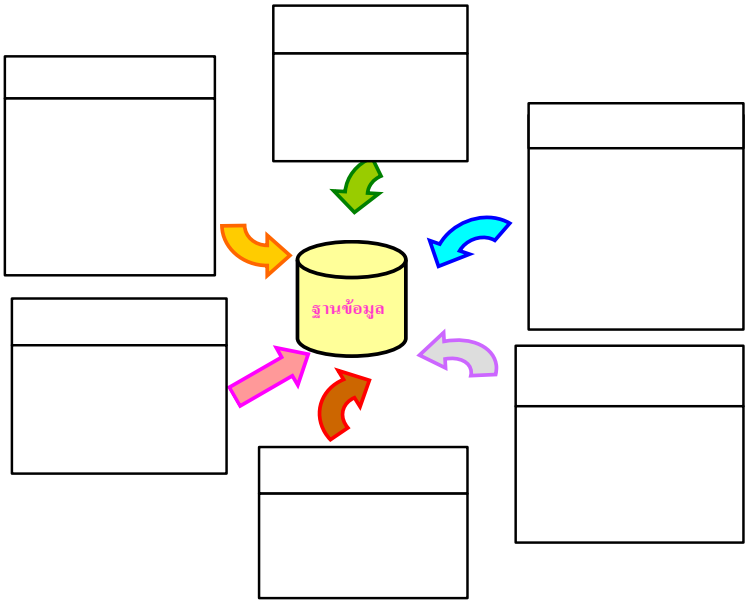
โดยการคัดเลือกประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมใช้หลักการและเหตุผลจากความถี่ในการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกษตรกรรม และสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำไปสู่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อมทั้งระดับภูมิภาคไปจนถึงระดับโลก เช่น ประเด็นภาวะโลกร้อน โดยสาเหตุสำคัญที่พบได้แก่ การเผาฟางข้าว หรือตอซังในนาข้าว ทำให้มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดก๊าซ CO_2 ซึ่งเป็นมลสารสำคัญในการเกิดภาวะโลกร้อน หรือปฏิกิริยา Eutrophication ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการใช้สารเคมีได้แก่ ปุ๋ยเคมี ก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร และในภาคอุตสาหกรรมสีข้าว พบว่าประเด็นปัญหาการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนมากในการสีข้าว รวมไปถึงประเด็นการเกิดฝนกรด ซึ่งมีมลสารสำคัญได้แก่ ก๊าซ SO_2 ส่วนในขั้นตอนการขนส่งพบว่าประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือการปลดปล่อยก๊าซมลพิษอากาศ เป็นอีกหนึ่งสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน

3.2.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (Life Cycle Inventory)

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมประกอบไปด้วยสารขาเข้า (Input) ได้แก่ วัตถุดิบต่าง ๆ การใช้พลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน การใช้น้ำ การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต และสารขาออก (Output) ในบัญชี ได้แก่ น้ำทิ้ง มลพิษอากาศ ขยะของเสียจากกระบวนการต่าง ๆ เพื่อนำมาพิจารณาที่มาของมลพิษและสาเหตุการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

3.2.2.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลในเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงสีข้าวในภาคต่าง ๆ ตามกำลังการผลิตของโรงสีนั้น ๆ และปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบ ซึ่งต้องอยู่ภายใต้ความสมัครใจในการอนุเคราะห์ข้อมูลของโรงสี เพื่อเป็นกรณีศึกษาของโรงสีส่วนใหญ่ในประเทศ ข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวม ขั้นตอนและกระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่งมีแผนภาพการรวบรวมข้อมูลดังรูปที่ 3.3 โดยวิธีการเก็บข้อมูลทั้งจากสถานที่จริง วิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว หรือการประมาณการปล่อยของเสียต่าง ๆ ตามแผนภาพการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.3 แผนภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล

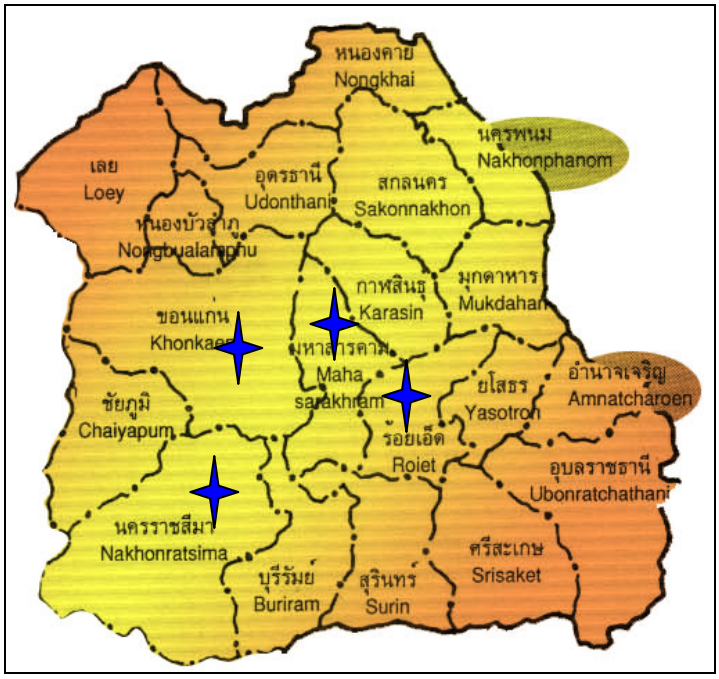
3.2.2.2 การกำหนดพื้นที่กรณีศึกษา

พื้นที่กรณีศึกษาได้ทำการคัดเลือกจากพื้นที่เกษตรกรรมปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่สำคัญกว่า 80% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งประเทศ โดยเลือกศึกษาพื้นที่เกษตรกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น มหาสารคาม และร้อยเอ็ด เนื่องจากมีการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก และอยู่ในพื้นที่อยู่อาศัยของผู้วิจัย เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและความสมัครใจ

Unit 1
เมล็ดพันธุ์
น้ำ
สารเคมี/ยาฆ่าแมลง/
ยาปราบศัตรูพืช
Unit 6
การใช้ประโยชน์

จำนวนเกษตรกรที่มีอาชีพทำนาปลูกข้าวในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ที่ผู้วิจัยทำการสำรวจในพื้นที่อำเภอ 3 อำเภอแสดงไว้ดังตารางที่ 3.3 พบว่าจำนวนเกษตรกรในแต่ละพื้นที่มีจำนวนมาก จึงต้องทำการสุ่มตัวอย่าง (Yamane, 1976) ซึ่งการกำหนดตัวอย่างนั้นอาศัยหลักการทางสถิติที่เป็นที่ยอมรับทั่วไปในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลปฐมภูมิ โดยการสัมภาษณ์และแบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ 4 จังหวัด จำนวน 400 ชุด โดยพิจารณาจากการกำหนดขนาดตัวอย่างของ Yamane จากจำนวนเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย 4 จังหวัด ประมาณ 900,000 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ครัวเรือนที่ประกอบอาชีพทำนาปลูกข้าว โดยเป็นการสัมภาษณ์เป็นกลุ่ม (Group interview)



รูปที่ 3.4 แสดงจังหวัดที่เลือกเป็นพื้นที่ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

การกำหนดขนาดตัวอย่างของ Yamane (1976) มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$n = N/[1+N(e)^2]$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ความคลาดเคลื่อน

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการสัมภาษณ์และทำแบบสอบถามจำนวน 400 ชุด (ตาราง ข.1 การกำหนดขนาดตัวอย่าง ภาคผนวก ข.)

การสัมภาษณ์และสอบถามแบบเป็นกลุ่มโดยแบ่งเป็นกลุ่มครัวเรือนเกษตรกร เพื่อศึกษาข้อมูลโดยเฉลี่ยของการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร ระยะเวลาปลูก ระยะเวลาเก็บเกี่ยว แรงงานคน เทคนิคการปลูก ผลผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง ฯลฯ ในแต่ละพื้นที่ ตามปัจจัยต่าง ๆ ในการผลิตข้าวจนกว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ข้าว 1 ตันออกจำหน่ายให้ผู้บริโภค รวมถึงการใช้ทรัพยากร เช่น น้ำ ไฟฟ้า น้ำมัน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 3.3 จำนวนเกษตรกร (ปลูกข้าว) ปี 2548-2549 ในพื้นที่กรณีศึกษาการทำนา

รายชื่อพื้นที่เป้าหมาย	**จำนวนเกษตรกร (ครัวเรือน)**
จังหวัดมหาสารคาม	**168,574**
อ.บรบือ	19,764
อ.นาเชือก	11,195
กิ่งอ.กุดรัง	6,277
จังหวัดนครราชสีมา	**328,926**
อ.โนนสูง	26,849
อ.แก้งสนามนาง	11,407
อ.คง	20,291
จังหวัดร้อยเอ็ด	**180,131**
อ.เมือง	15,505
อ.เกษตรวิสัย	13,636
อ.ปทุมรัตต์	8,006
จังหวัดขอนแก่น	**260,655**
อ.บ้านไผ่	14,915
อ.กระนวน	9,299
กิ่งอ.ซำสูง	4,774
รวม 4 จังหวัด	**938,286**

หมายเหตุ : ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดมหาสารคาม นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และขอนแก่น, 2549

การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนครัวเรือนเกษตรกรซึ่งประกอบอาชีพทำนา ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวในจังหวัดมหาสารคาม ประจำปี 2550 พบว่า มีพื้นที่ทั้งหมด 2,204,474 ไร่ เป็นพื้นที่ทำนา 2,084,839 ไร่ มีการปลูกข้าวเจ้า 820,549 ไร่ ปลูกข้าวเหนียว 1,264,290 ไร่ ส่วนรายงานจากปี พ.ศ. 2546-47 พบว่า มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวในปีจำนวน 2,231,861 ไร่ เป็นข้าวเจ้า 950,839 ไร่ ข้าวเหนียว 1,281,022 ไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกรวมทั้งสิ้น 832,484 ตัน โดยแยกเป็นผลผลิตข้าวเปลือกเจ้า 374,776 ตัน และข้าวเปลือกเหนียว 457,708 ตัน ปี 2546-47 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวม1,947,073 ไร่ เมื่อเทียบกับปี 2545-46 ลดลงร้อยละ 12.7 (สำนักงานการเกษตรจังหวัดมหาสารคาม, 2550) แหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญของอยู่ในเขตอำเภอพยัคฆภูมิพิสัย วาปีปทุม บรบือ โกสุมพิสัย นาเชือก กันทรวิชัย นาดูนและอำเภอเมือง ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือก 3 อำเภอในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ อำเภอบรบือ นาเชือก และกิ่งอ.กุดรัง เนื่องจากความร่วมมือและสะดวกในการเดินทางเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งจากข้อมูลสนับสนุนพบว่า พื้นที่ปลูกข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี 2549-50 มีประมาณ 32,600,000 ไร่ ลดลงจากปี 2548-49 ซึ่งมีประมาณ 33,000,000 ไร่ หรือลดลงร้อยละ 0.97 (สำนักเกษตรจังหวัดสุรินทร์, 2550)

สถานการณ์การผลิตข้าวของจังหวัดขอนแก่น ในปีเพาะปลูก 2544-45 จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ประมาณ 2,471,278 ไร่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกลดลงร้อยละ 2.28 ผลผลิตรวมประมาณ 486,631 ตันข้าวเปลือก ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 3.85 และผลผลิตข้าวเฉลี่ย 352 กิโลกรัมต่อไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าวนอกเขตชลประทาน 1,729,958 ไร่ ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 239 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวเหนียวนาปี ประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกข้าวนาปีทั้งหมด พันธุ์ข้าวเหนียวที่ปลูก ได้แก่ พันธุ์ กข 6 กข 8 และพันธุ์พื้นเมือง สำหรับการศึกษาข้อมูลข้าวจ้าวนาปีพบว่า มีพื้นที่เพาะปลูก ร้อยละ 20 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด หรือเป็นพื้นที่ปลูก 500,000 ไร่ และจากสถิติในปีเพาะปลูก 2542-43 ข้าวนาปรังมีพื้นที่ปลูกรวมทั้งสิ้น 97,537 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในเขตชลประทาน 75,878 ไร่ นอกเขตชลประทานจำนวน 21,695 ไร่ คาดว่าจะมีผลผลิต ข้าวนาปรังประมาณ 55,000 ตัน โดยเป็นพื้นที่ปลูกข้าวเหนียว 13,450 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังมีพื้นที่ปลูก 84,123 ไร่ ส่วนในปี 2550-51 มีพื้นที่ปลูกข้าว 2,542,215 ไร่ เปรียบเทียบปีการผลิต 2549-50 จำนวน 2,180,209 ไร่ เพิ่มขึ้นจากเดิมจำนวน 362,006 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.60 และมีผลผลิตข้าวรวมทั้งจังหวัดในปี 2550-51 จำนวน 1,027,749 ตัน เปรียบเทียบปีการผลิต 2549-50 มีผลผลิตข้าวจำนวน 975,271 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2549-50 จำนวน 52,478 ตัน คิดเป็นร้อยละ 5.38 โดยแยกเป็นข้าวจ้าวจำนวน 202,506 ตัน (เฉลี่ย 392 กก.ต่อไร่) เปรียบเทียบปีการผลิต 2549-50 มีปริมาณ 222,384 ตัน (เฉลี่ย 419 กก.ต่อไร่) ซึ่งลดลงจำนวน 19,878 ตัน คิดเป็นร้อยละ 8.94

ส่วนข้าวเหนียวในปีการผลิต 2550-51 มีปริมาณข้าวจำนวน 825,243 ตัน (เฉลี่ย 418 กก.ต่อไร่) เปรียบเทียบปีการผลิต 2549 และ 2550 ซึ่งมีจำนวน 752,887 ตัน (เฉลี่ย 424 กก.ต่อไร่) พบว่าเพิ่มขึ้นจากปี 2549 จำนวน 72,356 ตัน คิดเป็นร้อยละ 9.61 (สำนักงานการเกษตรจังหวัดขอนแก่น, 2550) ในการวิจัยนี้ได้เลือกเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในการทำนาปลูกข้าว ในอำเภอบ้านไผ่ กระนวน และ กิ่งอำเภอซำสูง ในการรวบรวมข้อมูล เนื่องจากความสะดวกในการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูล

จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 4.0 ล้านไร่ ซึ่งกระจายอยู่ในทุกอำเภอ อำเภอที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดคือ อำเภอโนนสูง พิมาย คง ปักธงชัย ด่านขุนทด และประทาย ข้าวที่ผลิตได้ในจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า โดยมีอัตราส่วนผลผลิตข้าวเจ้าต่อข้าวเหนียวร้อยละ 91.7 : 8.3 สำหรับการผลิตข้าวนาปรังมีน้อย เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำและราคาผลผลิตตกต่ำ ข้าวเจ้านาปี ฤดูกาลผลิต ปี 2543-44 มีพื้นที่เพาะปลูก 3,680,763 ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 จากปีก่อนมีพื้นที่เพาะปลูก 3,601,679 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 3,168,795 ไร่ ลดลงร้อยละ 10.4 จากปีก่อนพื้นที่เก็บเกี่ยว 3,537,143 ไร่ ผลผลิต 1,582,014 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 จากปีก่อนผลผลิต 1,577,368 ตัน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนอยู่ในเกณฑ์ดี ทำให้การเพาะปลูกในที่ดอนได้ผลดี เขตที่ปลูกข้าวเจ้ามากได้แก่ อำเภอโนนสูง พิมาย คง ปักธงชัย ด่านขุนทด โนนไทย และประทาย ส่วนข้าวเหนียวนาปี ฤดูกาลผลิต ปี 2550 มีพื้นที่เพาะปลูก 333,282 ไร่ ใกล้เคียงกับปีก่อน พื้นที่เก็บเกี่ยว 302,459 ไร่ ผลผลิต 137,102 ตัน เทียบกับปีก่อนมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 332,637 ไร่ ผลผลิต 137,422.3 ตัน ลดลงร้อยละ 9.1 และร้อยละ 0.2 ตามลำดับ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2550) เขตที่ปลูกข้าวเหนียวมาก ได้แก่ อ. ประทาย ชุมพวง บัวใหญ่ แก้งสนามนาง บัวลาย และเมืองยาง ในการวิจัยนี้ได้เลือกเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยการผลิตของการทำนาปลูกข้าวในพื้นที่ อ. โนนสูง อ.คง และอ.แก้งสนามนาง เพื่อรวบรวมข้อมูลเนื่องจากความสะดวกและการให้ความร่วมมือของเกษตรกรในพื้นที่

จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด เปิดเผยว่า ในจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่ทำเกษตร 3,298,030 ไร่ ข้อมูลล่าสุดเมื่อ 25 สิงหาคม 2550 มีเกษตรกรขึ้นทะเบียน 2,920,031 ไร่ และรายงานปี 2545-46 พบว่าจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี จำนวน 3,045,331 ไร่ แยกเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิ 1,841,050 ไร่ ข้าวเหนียว 1,162,700 ไร่ และข้าวพันธุ์อื่น ๆ 41,581 ไร่ ผลผลิตข้าวนาปี ปีการผลิต 2545-46 แยกตามชนิดข้าวดังนี้ ข้าวเปลือกหอมมะลิ 627,730 ตัน ข้าวเปลือกเหนียว 459,099 ตัน ข้าวเปลือกเจ้า 18,711 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด, 2550) ในการวิจัยนี้ได้เลือกรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ อำเภอเกษตรวิสัย ปทุมรัตต์ และอำเภอเมือง เพื่อรวบรวมข้อมูลปัจจัยการผลิตในนาข้าว จากเกษตรกรเนื่องจากความสะดวกในการเดินทางและการให้ความร่วมมือของเกษตรกร

3.2.2.3 โรงสีกรณีศึกษา

ส่วนโรงสีข้าวกรณีศึกษา เนื่องจากข้อจำกัดเหตุผลทางการค้าและตลาดแข่งขันการค้าข้าวของผลิตภัณฑ์ข้าวยังมีอยู่มาก จึงมีการปกปิดข้อมูลเป็นความลับ ประกอบกับกฎหมายบังคับเกี่ยวกับมลพิษของโรงสีข้าวยังไม่ครอบคลุม โรงสีส่วนมากจึงไม่มีการบันทึกข้อมูลหรือไม่สะดวกในการให้ข้อมูล การวิจัยนี้จึงเลือกทำการรวบรวมข้อมูลจากการให้ความร่วมมือของโรงสีข้าวในประเทศไทยที่ขึ้นทะเบียนกับสมาคมโรงสีข้าวแห่งประเทศไทย จำนวน 24 แห่งซึ่งเป็นโรงสีขนาดใหญ่ เนื่องจากโรงสีขนาดใหญ่มีการรวบรวมและบันทึกข้อมูลการใช้ทรัพยากร วัตถุดิบและผลผลิตไว้ โดยใช้เกณฑ์ความสมัครใจในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลการใช้ทรัพยากร การเกิดของเสียจากกระบวนการสีข้าว กระบวนการผลิต และผลผลิตของโรงสีนั้น ๆ ซึ่งโรงสีทั้ง 24 แห่งกระจายตามภาคต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ดำเนินการโดยการนำข้อมูลโรงสีข้าวแต่ละแห่ง จัดทำเป็นฐานข้อมูล จัดประเภทกระบวนการผลิต เพื่อจัดทำสมดุลมวลสารและพลังงาน ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การวิเคราะห์ คำนวณ การใช้ทรัพยากรและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างหรือผลผลิตโดยรวมของแต่ละโรงสีในรูปของหน่วยการผลิต และจัดทำเป็นบัญชีรายการข้อมูลสำหรับประเมินวงจรชีวิตข้าว ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานด้านการใช้ทรัพยากรและดัชนีด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป ซึ่งใช้วิธีทางสถิติโดยการประมาณค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลของโรงสีทางสถิติที่ระดับความเชื่อใน 95% และกำหนดแผนการเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ต้องการศึกษาและช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ข้อมูลอยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาด้วย เนื่องจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ข้าวต้องอ้างอิงจากราคาข้าวด้วย ซึ่งมีความผันผวนตามราคาตลาดจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเสมอ

3.2.2.4 แหล่งข้อมูล

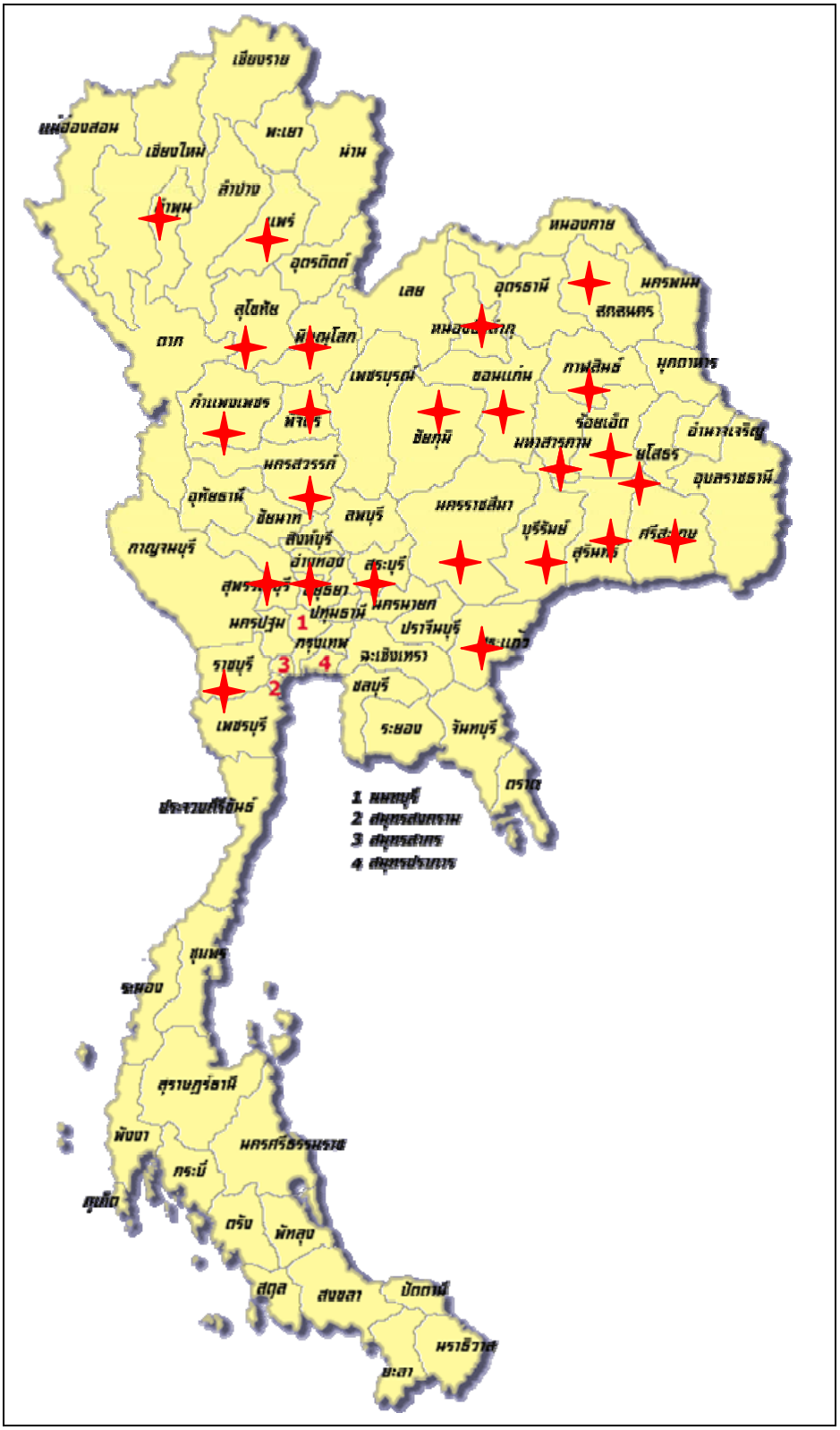
ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกทำนา เมล็ดพันธุ์ ปริมาณน้ำ การใช้สารเคมีต่าง ได้แก่ การใช้สารปราบศัตรูพืช การใช้ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี และการเก็บเกี่ยว ได้แก่ เทคโนโลยีในการเก็บเกี่ยว การใช้เครื่องจักร เช่น รถไถ รถเกี่ยวนวด รถขนส่งข้าวไปเก็บรักษาในยุ้งฉาง รวมไปถึงผลผลิตข้าวเปลือกที่ได้ก่อนนำไปสีข้าว โดยข้อมูลเหล่านี้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการการสัมภาษณ์และแบบสอบถามจากเกษตรกร ในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา มหาสารคาม ขอนแก่น และร้อยเอ็ด

ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลสถิติการปลูกพืช สถิติประชากรเกษตรกรในพื้นที่กรณีศึกษา สถิติการใช้ทรัพยากรในโรงสีข้าว กระบวนการผลิตในโรงสีข้าว การจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงสีข้าว สถิติจำนวนโรงสีข้าวในประเทศไทย สถิติจำนวนผลผลิตที่ได้จากนาปีและนาปรัง สถิติการส่งออกข้าวในประเทศไทย เป็นต้น โดยได้รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ อาทิเช่น กรมเศรษฐกิจการเกษตร กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการส่งออก ฯลฯ

3.2.2.5 ข้อจำกัดด้านฐานข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลในการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นผลิตภัณฑ์ข้าว ในขั้นตอนกระบวนการของโรงสีข้าวนั้นเป็นความลับทางการค้า ทำให้เป็นอุปสรรคในการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่กำหนด จึงต้องรวบรวมข้อมูลจากโรงสีที่มีความสมัครใจในการให้ข้อมูล และข้อมูลบางส่วนที่ไม่มีการบันทึกไว้ต้องใช้การประมาณการจากสถิติที่เคยบันทึกไว้ หรือจากการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ประกอบ เช่น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมการข้าว สมาคมโรงสีข้าวไทย กรมโรงงาน สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานเกษตรจังหวัด เป็นต้น ในหลายกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้จำเป็นต้องทำการคำนวณ โดยเฉพาะข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษที่มักขาดหายไป เนื่องจากมิได้ทำการตรวจวัด เนื่องจากกฎหมายไม่ได้กำหนดหรือบังคับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยการคำนวณและการนำหลักการปันส่วน (Allocation) โดยน้ำหนัก ปริมาตร ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเฉพาะของการผลิต ทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณได้ จำเป็นต้องปันส่วนโดยอาศัยคุณลักษณะทางด้านกายภาพ เช่น สัดส่วนน้ำหนัก สัดส่วนการอุปโภคบริโภค สัดส่วนการตลาด ฯลฯ และข้อจำกัดของฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์วัตถุดิบบางชนิดที่ไม่มีในประเทศไทย ต้องอาศัยการประมาณการจากแบบจำลองและฐานข้อมูลของต่างประเทศเพื่อมาอ้างอิง

เนื่องจากหลักการประเมินวงจรชีวิตยังเป็นหลักการที่นำมาใช้ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทยทำให้ฐานข้อมูลวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ภายในประเทศยังมีจำนวนน้อย ฐานข้อมูลวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ เช่น วัตถุดิบการผลิต ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ปิโตรเลียม ถ่านหิน เป็นต้น และเชื้อเพลิงที่ใช้การผลิต ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน เป็นต้น จึงทำให้การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวต้องอาศัยข้อมูลการประมาณการและปลดปล่อยมลพิษในบางส่วนจากแบบจำลองและฐานข้อมูลของต่างประเทศ เพื่อเป็นการนำร่องและแนวทางในการประเมินวงจรชีวิตแก่งานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งฐานข้อมูลต่างประเทศที่นำมาใช้นั้น เป็นฐานข้อมูลที่มีการใช้แพร่หลายในระดับสากล มีหน่วยงานสนับสนุนรับรอง และมีการตรวจสอบข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 3.5 พื้นที่แสดงโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง

3.2.2.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร โดยการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมและผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล มาทำการจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ และทำการแปลงค่าข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อผลกระทบ โดยการคำนวณแปลงค่าจากฐานข้อมูลต่าง ๆ เช่น ฐานข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิง น้ำมัน เป็นต้น จากนั้นทำการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นต่อไป บัญชีรายการแบ่งเป็น 4 ส่วน

1) การปลูกข้าว

การทำบัญชีรายการในส่วนของการปลูกข้าว ได้แก่ ข้อมูลสารขาเข้า ได้แก่ ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการปลูกข้าวได้แก่ ข้าวเปลือก น้ำ ปุ๋ยเคมีและชีวภาพ สารเคมี ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น ข้อมูลสารขาออก ได้แก่ ปริมาณน้ำทิ้ง ฟางข้าว และปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศ ซึ่งได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งข้อมูลการแพร่กระจายนี้จะได้มาจากงานวิจัยสนับสนุนเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว โดยขั้นตอนในการทำบัญชีรายการข้อมูลประกอบด้วย (Van den Berg et al., 1995)

- การสร้างผังแสดงกระบวนการ
- การรวบรวมข้อมูล
- การกำหนดขอบเขตของระบบ

2) การขนส่ง

การขนส่งภายในนาข้าว เริ่มจากการขนส่งข้าวจากที่นาไปเก็บในยุ้งฉาง และการขนส่งข้าวจากยุ้งไปขายส่วนกลาง ตลาดรับซื้อและโรงสีข้าวทั่วไป รวมไปถึงการขนส่งข้าวหลังจากแปรรูปในโรงสีข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวได้แก่ ข้าวสาร รำ ข้าวท่อน ข้าวหักขนาดต่าง ๆ แกลบ ฟางข้าว กรวด หิน ฯลฯ สู่ตลาดขายข้าว

ส่วนการขนส่งจากยุ้งฉางไปโรงสีข้าว เนื่องจากข้อมูลมีความหลากหลายในการใช้พาหนะในการขนส่งแต่ละชนิดเกิดมลพิษต่าง ๆ กัน จึงอาศัยฐานข้อมูลการประเมินมลพิษจากการขนส่งมวลรวมของประเทศ การขนส่งทางบก โดยพิจารณาในส่วนการขนส่งทางถนน ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งมี 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว น้ำมันดีเซล แต่ในการประเมินมลพิษวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว มีการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งเพียงชนิดเดียว คือน้ำมันดีเซล

3) โรงสีข้าว

โรงสีข้าวในสมัยก่อน ส่วนมากจะเป็นโรงสีขนาดเล็ก มีกำลังการผลิตไม่เกิน 50 เกวียน/วัน (1 เกวียนข้าวเปลือก ประมาณ 1,000 กิโลกรัม) จากการศึกษาข้อมูลในอดีตช่วงปี พ.ศ. 2520-2530 ได้มีการพัฒนาระบบโรงสีแบบเก่าให้มีกำลังการผลิตสูงขึ้น เป็นขนาด 80-150 เกวียนต่อวัน ในปัจจุบัน โรงสีบางแห่งใช้ระบบอิเลคโทรนิคหรือระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติมาใช้ในการสีข้าว (ภาคผนวก ค. กระบวนการผลิตของโรงสีข้าว)

ขั้นตอนการสีข้าวของโรงสี โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

การทำความสะอาด เป็นการแยกเอาสิ่งเจือปน อาทิ เศษฟาง ข้าวลีบ เศษดิน และฝุ่นออกไปและยังมีการคัดแยกเมล็ดข้าวเปลือกที่มีขนาดเล็กออกไปด้วย โดยให้ข้าวเปลือกผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดต่าง ๆ กัน และใช้ลมเป่าจากพัดลมช่วยในการแยกสิ่งเจือปนออกไป

การกะเทาะข้าวเปลือก ข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว จะผ่านไปยังเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก ซึ่งจะกะเทาะข้าวเปลือกให้เปลือกข้าวออกกลายเป็นข้าวกล้อง

การคัดแยก ข้าวกล้องจะไหลผ่านไปยังส่วนที่จะทำหน้าที่คัดแยกส่วนข้าวเปลือก และข้าวกล้องออกจากกัน โดยข้าวเปลือกที่แยกออกมาจะผ่านกลับไปยังเครื่องกะเทาะเปลือกอีกครั้ง เพื่อทำการการกะเทาะซ้ำ ส่วนข้าวกล้องที่ได้จะถูกส่งไปยังส่วนขัดข้าวขาวเพื่อขัดเป็นข้าวสารที่มีความขาวตามต้องการ

คัดแยกทำเป็นเปอร์เซ็นต์ ข้าวสารที่ขัดได้ความขาวตามต้องการแล้ว จะถูกนำไปทำการคัดแยกเอาต้นข้าวและปลายข้าวออกจากกัน

การทำบัญชีรายการในส่วนของโรงสีข้าว ได้ข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากข้อมูลกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว ที่ทางโรงสีมีการบันทึกไว้และมีการตรวจวัด ข้อมูลใดที่ไม่มีการตรวจวัดหรือบันทึกไว้ มลพิษที่เกิดขึ้นจากโรงสีข้าว ได้แก่ มลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองและเขม่าควัน เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวในโรงสีทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจาย เริ่มตั้งแต่รถบรรทุกข้าวเพื่อขนส่งข้าวเข้าออกในโรงสี การขนถ่ายภายในโกดังหรือไซโลเก็บข้าว การตักข้าวในกระพ้อ การกระเทาะข้าวเปลือก จนถึงการขัดข้าว ตลอดจนการปลดปล่อยเขม่าควันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง มลพิษทางน้ำ ในกระบวนการผลิตของโรงสีมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยมาก บางโรงจึงไม่มีมลพิษทางน้ำ เว้นโรงสีข้าวที่ทำการผลิตข้าวนึ่ง ที่มีปัญหาน้ำเสียจากการใช้น้ำในการแช่ข้าว ทำให้มีปัญหาน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของละอองฝุ่นและสารจำพวกแป้งที่ละลายออกมาจากเมล็ดข้าว อีกกระบวนการที่เกิดปัญหาน้ำเสียคือ ระบบกำจัดฝุ่นด้วยละอองน้ำ หรือกำจัดเขม่าควันในปล่องควันที่ระบายจากหม้อไอน้ำ มลพิษจากขยะมูลฝอยและกากของเสีย ส่วนใหญ่มาจากอาคาร สำนักงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ของคนงาน ซึ่งมีองค์ประกอบเช่นเดียวกับขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน หรือขยะทั่วไป

ส่วนในกระบวนการผลิตจะมีขยะของเสียเกิดขึ้นในขั้นตอนการเทกองข้าวเปลือก การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับข้าวเปลือกโดยตะแกรงโยก ที่มักมีฟางข้าว ต้นข้าว เศษถุงพลาสติก หรือเชือกฟางปะปนมา นอกจากนี้ยังมีแกลบ โดยปกติจะเก็บไว้ขายหรือนำมาเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ แต่มีบางส่วนที่เก็บไว้ไม่มิดชิดทำให้ลมพัดปลิวกระจายหรือรวมกับน้ำเมื่อฝนตก สร้างความรำคาญแก่ผู้ที่อยู่ใกล้เคียง มลพิษทางเสียงจากกิจกรรมของเครื่องจักรภายในโรงสี เช่น เครื่องกระเทาะ ตะแกรงโยก เครื่องขัดขาว มลพิษด้านอื่น ๆ เช่น กลิ่นจากรำข้าว

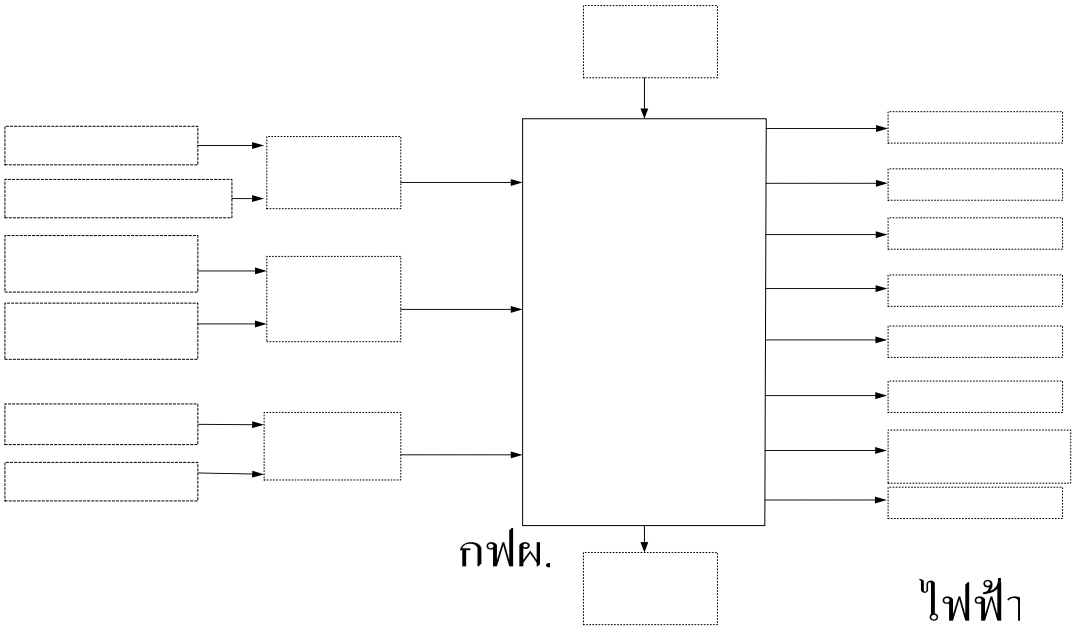
การใช้ไฟฟ้า โดยเครื่องจักรที่ใช้ในโรงสี เช่น เครื่องจักรกลไอน้ำ จะใช้แกลบจากการสีข้าวเป็นเชื้อเพลิงการลงทุนติดตั้งในระยะเริ่มต้นค่อนข้างสูง แต่ค่าใช้จ่ายภายหลังการติดตั้งแล้วจะถูกที่สุด เครื่องต้นกำลังแบบนี้เหมาะสำหรับโรงสีข้าวขนาดกลางและใหญ่ โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของโรงสี มีตลอดกระบวนการ (ภาคผนวก ง. การใช้ไฟฟ้าในโรงสีข้าวกรณีศึกษา)

เครื่องยนต์ดีเซล ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เหมาะกับโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดเล็ก ค่าติดตั้งถูกกว่าเครื่องต้นกำลังชนิดอื่น ๆ แต่ค่าใช้จ่ายเพื่อเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างสูง

มอเตอร์ไฟฟ้าจะใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อเริ่มเดินเครื่องจะใช้กระแสไฟฟ้าสูงมาก แต่เมื่อมอเตอร์ทำงานและขับเคลื่อนเครื่องสีข้าวทำงานแล้วกระแสไฟฟ้าจะถูกจ่ายลดลงจนสม่ำเสมอ

3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำบัญชีรายการข้อมูลสำหรับการประเมินวงจรชีวิต โดยการนำข้อมูลแต่ละโรงสี มาจัดทำเป็นฐานข้อมูล แยกกระบวนการผลิตและจัดทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง วิเคราะห์และคำนวนการใช้ทรัพยากรและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินวงจรชีวิตของการแปรรูปข้าวโดยโรงสีข้าว โดยใช้บัญชีรายการข้อมูลสำหรับการประเมินวงจรชีวิต เพื่อเป็นการทดสอบว่าบัญชีรายการข้อมูลนั้นเพียงพอต่อการใช้งานในการประเมินวงจรชีวิตของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวหรือไม่ รวมทั้งใช้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละโรงสี เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานด้านการใช้ทรัพยากรและดัชนีด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมและนำเสนอผลการวิเคราะห์แก่โรงสีที่ให้ข้อมูล ดังรูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างบัญชีรายการทรัพยากรผลิตภัณฑ์ข้าว ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างบัญชีรายการทรัพยากรผลิตภัณฑ์ข้าว กรณีศึกษาโรงสีข้าวขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐานอนุกรม 14042 กำหนดวิธีการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการให้เข้าอยู่ในกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการแปลงค่าข้อมูลดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม การหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ จึงแบ่งย่อยเป็นเป็น 7 ขั้นตอน ซึ่งต้องอ้างอิงบนพื้นฐานขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ข้าว ตามขอบเขตที่กำหนดที่กล่าวมาแล้วดังนี้

3.2.3.1 การคัดเลือกและกำหนดข้อมูลในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Selection)

การจัดกลุ่มผลกระทบของผลิตภัณฑ์ข้าว ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็น 5 กลุ่ม ตามผลกระทบสิ่งแวลด้อมที่สามารถเกิดจากการใช้ทรัพยากร และกระบวนการต่าง ๆ ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ดัชนีผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว เริ่มจากกระบวนการทำนาปลูกข้าว ไปจนถึงการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสารสำหรับบริโภค

ตารางที่ 3.4 ดัชนีผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	Impact category
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง	Abiotic Depletion Potential
ศักยภาพที่ทำให้พลังงานลดลง	Energy Depletion Potential
ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน	Global Warming Depletion
ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด	Acidification Potential
ศักยภาพในการก่อปฏิกิริยา Eutrophication	Eutrophication Potential

3.2.3.2 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification)

การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ อยู่บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับระดับสากล วิธีจำแนกข้อมูลเป็นวิธีที่นิยมใช้ในระดับสากล ข้อมูลสารขาเข้าและขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตผลิตภัณฑ์ จะถูกจำแนกให้เข้าอยู่ในกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลางและปลายทาง โดยดูจากความสัมพันธ์ของสารขาเข้าและสารขาออกที่เป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบนั้น ๆ ในการจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ สิ่งที่ต้องระมัดระวัง คือการจำแนกซ้ำ เนื่องจากสารบางชนิด อาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าหนึ่งประเภท ส่วนในกรณีที่เป็นผลกระทบต่อเนื่อง ให้จำแนกผลกระทบโดยตรงอย่างเดียว ซึ่งในการจำแนกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ข้าวภายใต้ขอบเขตการศึกษา จำแนกเป็น 3 ช่วงระยะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ได้แก่ การทำนาปลูกข้าว การขนส่ง และการแปรรูปในโรงสีข้าว รวมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งแบ่งเป็น 3 กรณีย่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าได้แก่ โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตผ่านทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพียงอย่างเดียว โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อพลิงแกลบเพียงอย่างเดียว และโรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกันทั้งสองประเภทที่กล่าวมา ซึ่งทำให้กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีความแตกต่างกันตามทรัพยากรที่ใช้

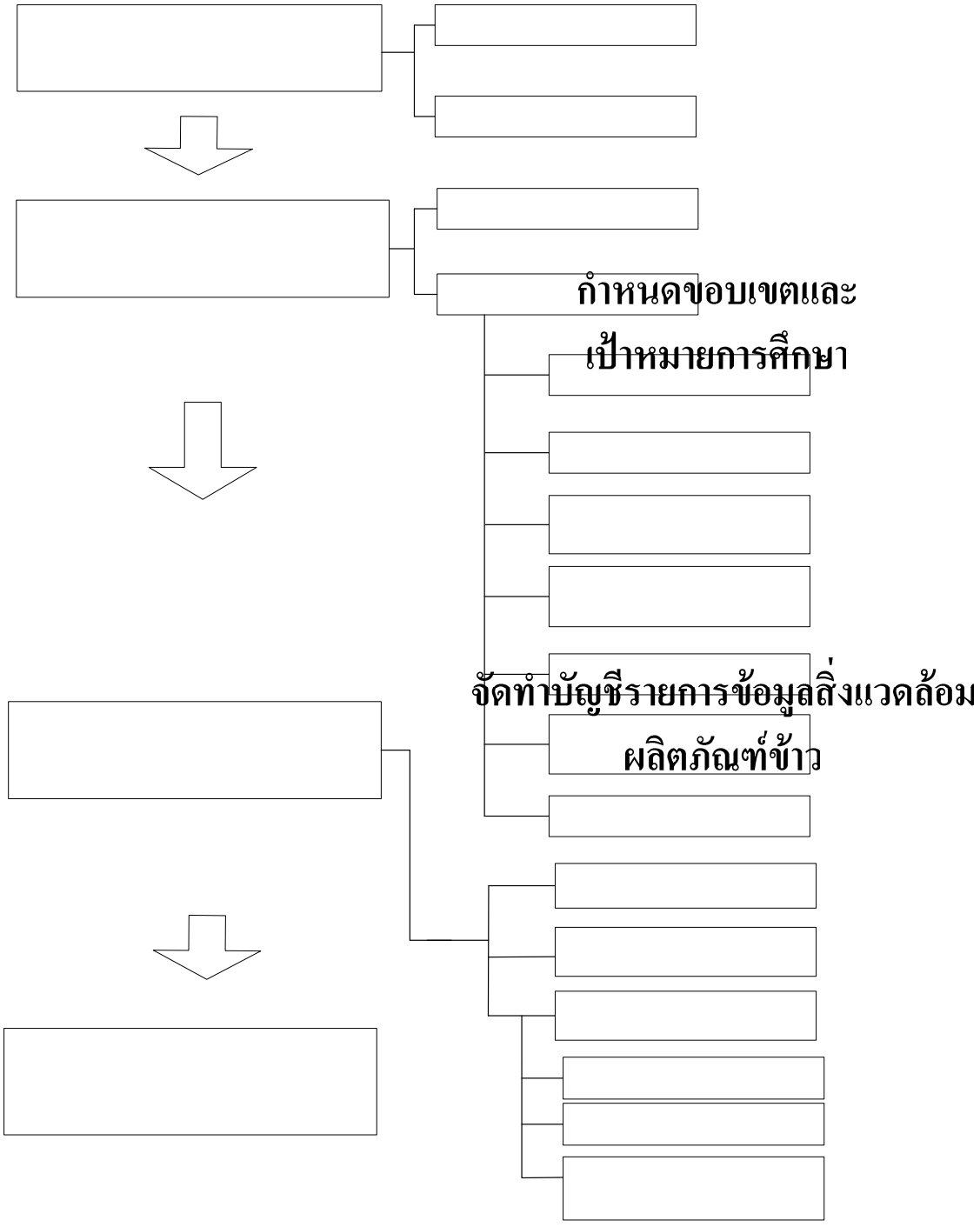
โดยทำการเลือกข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยความรู้พื้นฐานจากข้อมูลวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวในแต่ละขั้นตอน เพื่อศึกษาจุดกำเนิดของปัญหาสิ่งแวดล้อม ประเมินสถานการณ์ในปัจจุบัน แนวโน้มของการผลิต การบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าว เพื่อคัดเลือกและกำหนดสาเหตุที่เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวที่จะทำการศึกษาได้

3.2.3.3 การแปลงข้อมูลจากบัญชีให้เป็นค่าความสามารถในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization)

การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม หลังจากทำการจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการแล้ว ขั้นตอนนี้ทำการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกันของผลิตภัณฑ์ข้าวให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นรูปตัวชี้วัดตามหน่วยมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าว อ้างอิงพื้นฐาน เรียกว่า Equivalent or Characterization Factors โดยคำนวณจากแบบจำลองที่อธิบายกลไกทางเคมี-ฟิสิกส์และวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เช่น การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หนึ่งในปัญหามลพิษทางน้ำที่สำคัญ กล่าวคือ เนื่องจากสาเหตุการที่ระบบนิเวศทางน้ำมีปริมาณสารอาหาร หรือสารไนโตรเจนมากเกินความจำเป็น โดยส่วนใหญ่พบในรูปของไนเตรทซึ่งปนเปื้อนมาจากภาคเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยจำนวนมาก ปรากฏการณ์ดังกล่าว เป็นสาเหตุของสัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงและมีไม่เพียงพอสำหรับการหายใจของปลาและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในน้ำ ทำให้ความหลากหลายทางธรรมชาติลดลง และที่สำคัญพบว่าเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายพิษจำนวนมาก เป็นต้น

3.2.4 การแปลผลและการตีความ (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลหรือการตีความเป็นขั้นตอนการนำผลจากการทำบัญชีรายการและการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมารวมกัน เพื่อหาข้อสรุปตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษาที่ระบุไว้ ในรูปการอธิบายที่สามารถสื่อความเข้าใจและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์สูงสุด โดยมีแผนการดำนินการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนการดำเนินงาน

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

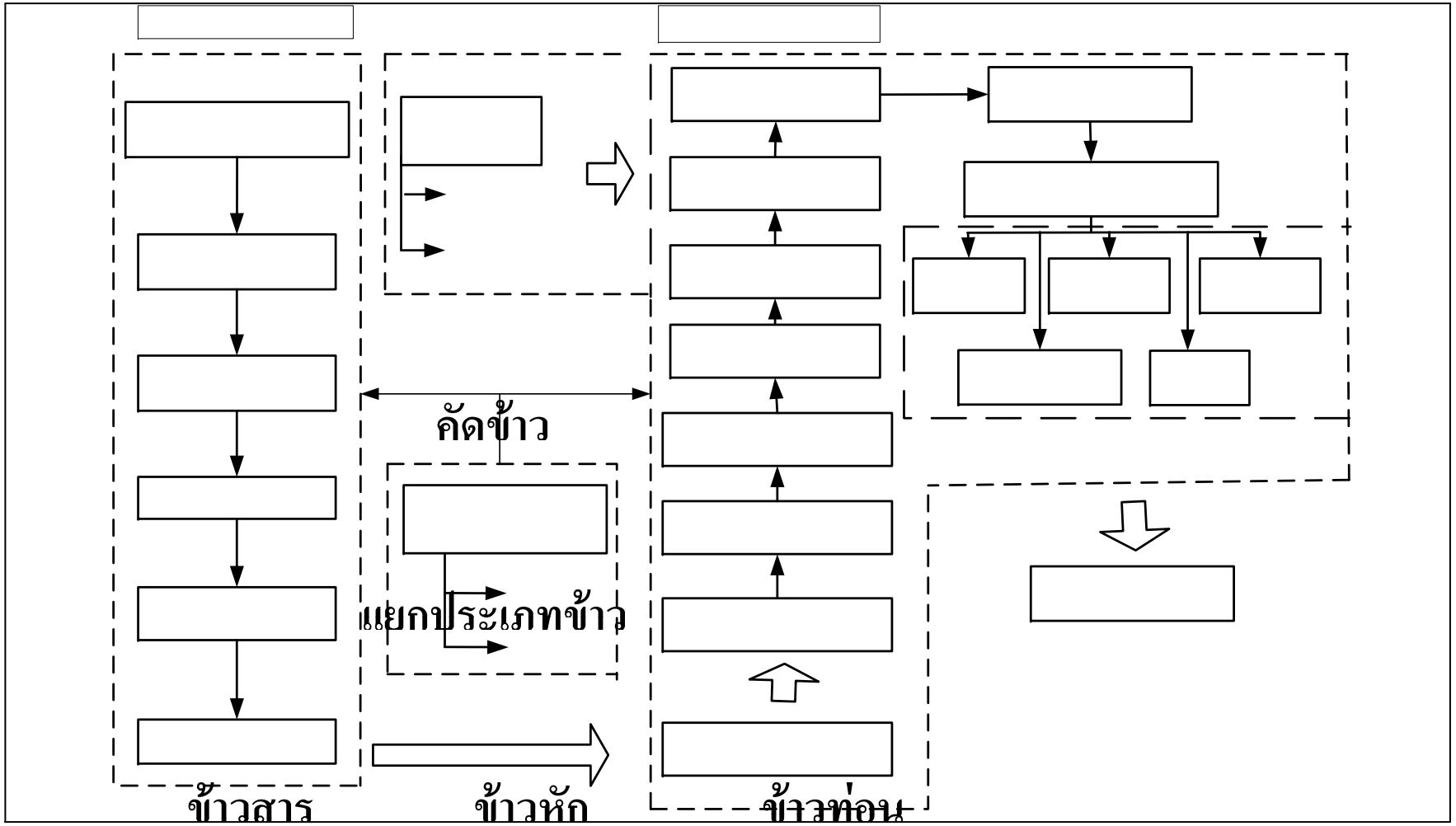
การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวมีเป้าหมายของการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่การเกษตรกรรมทำนาปลูกข้าวไปจนถึงอุตสาหกรรมการผลิตข้าวโดยการสีข้าว เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว รวมถึงการใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากร จัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหามลพิษที่ทวีความรุนแรงในปัจจุบัน เช่น ปัญหามลพิษทางอากาศ จากการเผาทำลายเศษวัสดุการเกษตร ปัญหาสารเคมีตกค้างและปนเปื้อนในดินในน้ำ รวมไปถึงในเมล็ดข้าว และปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง เขม่าควันดำ ขี้เถ้าแกลบจากกระบวนการผลิตข้าวของโรงสี บนพื้นฐานหลักการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถทราบแหล่งที่มาของปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากสาเหตุแท้จริง เพื่อสามารถป้องกันและลดมลพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงหรือป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมแก่เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี ผู้ประกอบธุรกิจค้าข้าว ตลอดจนสามารถพัฒนาเป็นหลักเกณฑ์การให้ฉลากเขียวแก่ผลิตภัณฑ์ข้าว เพื่อเพิ่มศักยภาพของข้าว สร้างลักษณะพิเศษทั้งด้านคุณภาพ ด้านผลผลิตและสร้างกลไกการตลาดของผลิตภัณฑ์ข้าวไทยเพื่อแข่งขันกับต่างประเทศ

ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวครอบคลุมจากการเตรียมดินทำนาปลูกข้าว การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวหัก ข้าวท่อน รำข้าว จมูกข้าว แกลบ รวมถึงการใช้ทรัพยากรไฟฟ้า ซึ่งมีขอบเขตการศึกษา ดังรูปที่ 4.1 เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละกิจกรรมของช่วงชีวิต โดยศึกษาจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าว ในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การเตรียมดิน ทำนาปลูกข้าว จนถึงแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร โดยในการผลิตข้าว มีกิจกรรมหลายขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การเตรียมดิน การปรับสภาพหน้าดิน การไถกลบหน้าดิน เพื่อเตรียมแปลงปลูกข้าว การปลูกข้าวโดยการตกกล้า การหว่านเมล็ด การดูแลรักษาระหว่างการเจริญเติบโตโดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช การใช้ที่ดิน การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการทำนาข้าว จนถึงกระบวนการผลิตในโรงสีข้าว ซึ่งมีการใช้เครื่องจักร พลังงาน น้ำมัน วัตถุดิบ ล้วนแต่เป็นทรัพยากรสิ้นเปลือง

จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวในแต่ละขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ยังเป็นประเด็นที่ไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย และมีความเข้าใจไม่ตรงกับข้อเท็จจริง ทำให้ปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารไม่ได้รับการแก้ไข ในขณะเดียวกันประเทศไทยกลับเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นสินค้าหลักในการประกอบอาชีพ จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ได้ การจัดทำเป็นฐานข้อมูลโดยหลักการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จึงเป็นแนวทางในการรวบรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกด้านที่มีนัยสำคัญในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

จากแผนผังในรูปที่ 4.1 แสดงกระบวนแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวโดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การทำนาปลูกข้าว เริ่มจากการเตรียมดิน การจัดหาเมล็ดพันธุ์ การเพาะปลูกทั้งแบบหว่านเมล็ด และปักดำ การเก็บเกี่ยว การตากข้าว จนถึงการนวดข้าว จนได้ผลผลิตเป็นข้าวเปลือก จากนั้นขนส่งเข้าสู่ขั้นตอนการแปรรูปเป็นข้าวเปลือกในโรงสี เริ่มจาก การทำความสะอาดเมล็ดข้าว การแยกหิน กรวด ทราย และสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับเมล็ดข้าว การกระเทาะเปลือกโดยเครื่องกระเทาะ การสีฝัดโดยตะแกรงโยก การขัดขาว การขัดสี และขัดฝุ่นจะได้ผลผลิตเป็นเมล็ดข้าวสาร จากนั้นคัดข้าวตามประเภท แยกเป็นข้าวสารหรือข้าวต้น (ข้าวเต็มเมล็ด) ข้าวหัก ข้าวท่อน ปลายข้าวหรือรำ และแกลบ การบรรจุภัณฑ์เพื่อแยกจำหน่ายต่อไปตามประเภทต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา ขั้นตอนการใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าภูมิภาค และการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบโดยโรงสีผลิตเอง ส่วนขั้นตอนการขนส่ง แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ การขนส่งในภาคเกษตรกรรม ในช่วงระยะปลูกข้าว ไปจนถึงเก็บเกี่ยว และภาคเกษตรกรรม ตั้งแต่การขนส่งจากนาข้าวมายังโรงสี จนถึงการขนส่งภายในโรงสี เพื่อศึกษารายละเอียดและภาพรวมของการใช้ทรัพยากรและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการนั้น ๆ

การวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการเก็บตัวอย่างข้อมูลปัจจัยการผลิตในการทำนาและข้อมูลการใช้วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้ทรัพยากรจากโรงสีในรูปแบบแบบสอบถามข้อมูล และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับการปลดปล่อยของเสียจากวัตถุดิบ กระบวนการผลิตข้าว การปลูกข้าว การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ และบัญชีรายการการใช้พลังงานไฟฟ้า การประเมินมลพิษจากการขนส่ง จากองค์กร หน่วยงานต่าง ๆ งานวิจัยและฐานข้อมูลจาก SimaPro นำมาจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวได้ดังแสดงในผลการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวนี้



รูปที่ 4.1 ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

การทำบัญชีรายการใช้หลักการจัดทำสมดุลมวล โดยพิจารณาสารขาเข้าระบบ และสารขาออกจากระบบ ตั้งแต่วัตถุดิบ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน

การทำบัญชีรายการในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ข้าวแบ่งตามขั้นตอน โดยทำบัญชีรายการแยกแต่ละขั้นตอน เริ่มจากการการทำนาปลูกข้าวในภาคเกษตรกรรม มีการจัดทำบัญชีรายการวัตถุดิบในการทำนาปลูกข้าว ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าว ปริมาณน้ำที่ใช้ปลูกข้าว การใช้สารเคมี เป็นต้น มีหน่วยที่พิจารณาคือผลผลิตข้าวเปลือก 1 ตัน จากการรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถามและสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และนครราชสีมา จำนวน 400 รายเพื่อสำรวจและเก็บข้อมูลปัจจัยการผลิต ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ การใช้น้ำ จำนวนที่ดินในการทำนา ระยะเวลาการปลูกข้าว ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว แรงงานที่ใช้ สารเคมีซึ่ง ได้แก่ ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยว ไปจนถึงการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ก่อนจะนำไปสีเป็นข้าวสาร

บัญชีรายการในส่วนโรงสีข้าวนั้น พิจารณาที่วัตถุดิบที่ใช้ ไฟฟ้า ทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีหน่วยที่พิจารณาเป็นข้าวเปลือก 1 ตันที่เข้าโรงสี ศึกษาผลผลิตและการปลดปล่อยมลพิษในด้านต่าง ๆ จากการสีข้าวเปลือก 1 ตัน ส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้า จัดทำบัญชีรายการแยกเป็น 2 ส่วน โดยพิจารณาจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับการสีข้าวในปัจจุบัน ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าจาก 2 แหล่ง คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแห่งประเทศไทยโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่จำหน่ายผ่านการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ งานวิจัยจึงได้เลือกจัดทำบัญชีรายการในขั้นตอนการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว

2) โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเพียงอย่างเดียว

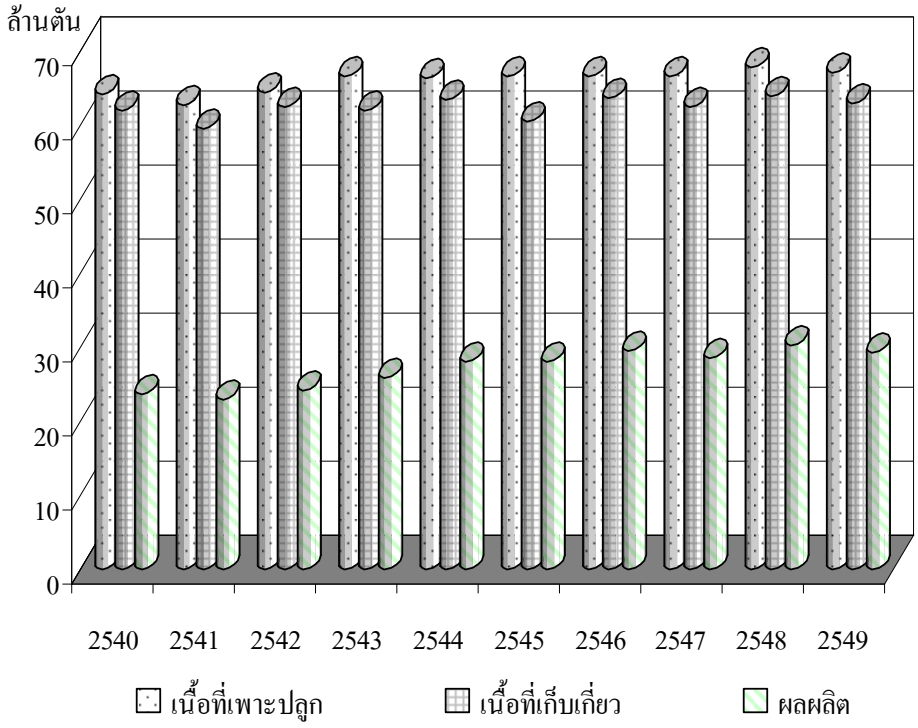
3) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

โดยเลือกศึกษาจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งประเทศที่จำหน่ายผ่านสายส่งโรงไฟฟ้าที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง และประมาณการสัดส่วนโรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบจากข้อมูลปฐมภูมิโรงสีข้าวกรณีศึกษาที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า การผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ มีการปลดปล่อยมลพิษอากาศจากการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทแตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในขั้นตอนโรงสีข้าว ส่วนการขนส่ง ทำการศึกษาข้อมูลจากการประเมินมลพิษจากการขนส่งของประเทศไทย ซึ่งพบว่าการขนส่งในแต่ละขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว มีการปลดปล่อยมลพิษแตกต่างกันตามเชื้อเพลิงที่นำมาใช้และระยะทางในการขนส่ง

4.2.1 ขั้นตอนการปลูกข้าว

ผลผลิตข้าวโลกโดยรวมเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลผลิตในตลาดโลกเพิ่มขึ้น ประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ จีน อินเดีย เวียดนาม บังคลาเทศ พม่า อียิปต์ ฟิลิปปินส์ และไทย แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ลดลงจากปี 2549 ร้อยละ 0.31 สำหรับการส่งออก ปี พ.ศ.2550 ประเทศที่ส่งออกได้มากที่สุด ได้แก่ ประเทศไทย โดยมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 32 รองลงมา ได้แก่ เวียดนาม อินเดีย สหรัฐอเมริกา ปากีสถาน และจีน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

จากการศึกษาการผลิตข้าวนาปี พบว่าพื้นที่ปลูก ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และข้าวนาปรังก็มีพื้นที่ปลูก ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ขณะที่การใช้ภายในประเทศในช่วงปีที่ผ่านมา มีความต้องการใช้ภายในประเทศเพื่อการบริโภค ทำพันธุ์ข้าวต่อไป และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และแปรรูปอื่น ๆ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.54 สำหรับมูลค่าส่งออกข้าวปี 2550 เพิ่มขึ้น โดยส่งออกได้ 9.04 ล้านตัน มูลค่า 125,286 ล้านบาท ส่วนราคาข้าวในประเทศช่วงที่ผ่านมา มีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกตลาด ดังในรูปที่ 4.2 แสดงเนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตการทำนาในประเทศไทยช่วงปีเพาะปลูก 2540-2549



รูปที่ 4.2 สถิติเนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ปีเพาะปลูก 2540-2549

ข้อมูลในบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าวได้จากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิเป็นหลัก โดยการออกแบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม โดยข้อมูลที่ทำการสำรวจ ได้แก่ การเตรียมดิน พื้นที่ทำนา เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ต่อไร่ ปริมาณน้ำที่ใช้ การใช้น้ำ แหล่งน้ำ การใช้ปุ๋ยและสารเคมี การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องจักรกลทางการเกษตร ผลผลิตที่ได้ และการเก็บรักษาก่อนแปรรูปที่โรงสี

การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมินั้นเป็นการสัมภาษณ์และสอบถามรูปแบบการทำนาปลูกข้าวจากเกษตรกร ข้อมูลปริมาณปัจจัยการผลิตสำหรับในการปลูกข้าว ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ น้ำ ปุ๋ย สารเคมีปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง น้ำมันดีเซล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความแตกต่างและผันแปรมากตามพื้นที่และค่านิยมในการปฏิบัติของเกษตรกร จึงต้องนำหลักการทางสถิติมาใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยของข้อมูลปัจจัยการผลิต โดยนำมาประมาณค่าการใช้วัตถุดิบปัจจัยต่าง ๆ ในการทำนาปลูกข้าว จำนวน 400 ข้อมูล และคำนวณค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในภาคผนวก จ

4.2.1.1 การเตรียมดินและเมล็ดพันธุ์

สำนักบริหารการค้าธัญพืชและสินค้าข้อตกลง (2550) ระบุว่า สถานการณ์ข้าวในปี พ.ศ. 2551 พบว่า การผลิตทั้งพื้นที่ ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในประเทศไทย เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549-50 เป็นร้อยละ 0.46, 0.69 และ 0.31 ตามลำดับ เนื่องจากราคาในปี พ.ศ. 2550 ราคาข้าวสูงขึ้น จึงสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรทั้งประเทศผู้ผลิต และผู้บริโภคเพิ่มพื้นที่ปลูก และการบริโภคในประเทศเพิ่มขึ้นจากปี 2550 ร้อยละ 1.21 เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร และการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อทดแทนธัญพืช ซึ่งปัจจุบันธัญพืชในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้น เพราะนำไปผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทางเลือก สำหรับการส่งออกมีปริมาณ 29.85 ล้านตันข้าวสาร เพิ่มขึ้นจากปี 2550 ร้อยละ 3.22 ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์การผลิตข้าวของประเทศผู้ผลิตและส่งออกที่สำคัญเข้าสู่ภาวะปกติ ส่งผลให้สามารถส่งออกได้เพิ่มขึ้น และการนำเข้ามีปริมาณ 29.85 ล้านตันข้าวสาร เพิ่มขึ้นจากปี 2550 ร้อยละ 3.22 เนื่องจากประเทศนำเข้าหลายประเทศที่ประสบภัยธรรมชาติจำเป็นต้องนำเข้าข้าวเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ บังคลาเทศ

สถานการณ์การผลิตข้าวไทย พบว่าข้าวนาปี มีพื้นที่ลดลงกว่าปีที่ผ่านมาร้อยละ 0.21 เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกข้าวในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ บางส่วนได้มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชพลังงานและไม้ผล เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส และผลไม้ สำหรับข้าวนาปรังพบว่า พื้นที่ปลูกและผลผลิตลดลงจากปีที่ 2549-50 ร้อยละ 5.41 และ 4.22 ตามลำดับ เนื่องจากสถานการณ์การผลิตเข้าสู่ภาวะปกติประกอบกับปริมาณน้ำในเขื่อนมีมาก พื้นที่เพาะปลูกจึงลดลงเพราะไม่ต้องปลูกทดแทนข้าวนาปีที่เสียหายเหมือนปีพ.ศ. 2550 ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมทั้งปีทำให้ข้าวนาปีเสียหาย

ส่วนผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.33 สำหรับการส่งออกมีการส่งออกเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาตามปริมาณความต้องการข้าวของโลกที่เพิ่มขึ้น ในฐานะไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่มีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุด และมีความพร้อมทั้งปริมาณผลผลิตข้าวและสต๊อกคงเหลือ ส่วนราคาข้าวภายในประเทศมีราคาสูงที่สุดในประวัติศาสตร์ โดยราคาข้าวในไตรมาสแรกของปีเพิ่มสูงขึ้น 40% และจะเพิ่มสูงขึ้นอีก 50% ในไตรมาสที่ 2 เนื่องจากการขาดแคลนข้าวในตลาดโลก ซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากผลกระทบทางเศรษฐกิจ ทั้งการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและการแข็งค่าของเงินบาทจะส่งผลกระทบในทางลบต่อการผลิตและการส่งออกข้าว ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้เมล็ดพันธุ์ในการปลูกข้าว จากการสอบถามและสัมภาษณ์ข้อมูลจากเกษตรกรจำนวน 400 รายใน 4 จังหวัดกรณีศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีการเพาะปลูกทั้งนาปีและนาปรัง พบว่ามีปริมาณเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้เริ่มตั้งแต่ 187.8 ถึง 671.2 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก และค่าเฉลี่ยการใช้เมล็ดพันธุ์ของการปลูกข้าวมีปริมาณ 295 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก (ตาราง จ.1 ภาคผนวก จ.) ความแตกต่างของปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ พื้นที่ ฤดูกาล และอากาศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกข้าวหอมมะลิซึ่งมีราคาสูงและเป็นที่ต้องการในตลาดค้าข้าวโลก

4.2.1.2 การใช้น้ำ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ปัญหามลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำจากการทำการเกษตรกรรม มีสาเหตุจากการปนเปื้อนทำให้มลพิษน้ำในพื้นที่การปลูกข้าว ทั้งนี้ ลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษจะเกิดมากในช่วงที่ต้องมีการระบายน้ำออกจากนาภายหลังการปลูกข้าวและก่อนการเก็บเกี่ยว หรือจากน้ำฝนที่ไหลชะพื้นที่ เกิดจากการทำนาเป็นหลัก เนื่องจากการทำนาข้าวมีการใช้น้ำ ปุ๋ย และสารเคมีจำนวนมาก

ข้อมูลจากการรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำเมล็ดพันธุ์ในการปลูกข้าว พบว่ามีปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่ 280 ถึง 1,179 ลิตรต่อตันข้าวเปลือก และค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของการปลูกข้าวปริมาณ 663 ลิตรต่อตันข้าวเปลือก (ตาราง จ.1 ภาคผนวก จ.) ข้อมูลการใช้น้ำนี้เป็นการใช้น้ำแบบไม่นับรวมน้ำที่มีการขังในนาข้าวแล้วและไม่นับรวมการทำนาแบบนาน้ำตม รวมเฉพาะน้ำที่เพิ่มเข้าไปในนาข้าวตั้งแต่เริ่มการเตรียมดินจนถึงการเก็บเกี่ยว

จากผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ (2547) พบว่า ปริมาณน้ำทิ้งที่ระบายออกจากนาข้าวในช่วงการทำนาปี และนาปรังดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเมื่อประเมินเป็นปริมาณความสกปรกรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดพบว่าภาคกลางมีปริมาณความสกปรกเกิดขึ้นมากที่สุด แม้ว่าจะมีพื้นที่ทำนาน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีพื้นที่การทำนาปรังมาก จึงส่งผลให้เกิดความสกปรกของน้ำมากกว่านาปี ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ปริมาณและลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากการทำนาข้าว

ประเภทการทำนา	ปริมาณและลักษณะน้ำทิ้ง		
	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./ไร่/ปี)	ลักษณะน้ำทิ้ง (BOD)(มก./ล.)	ปริมาณความสกปรก (กก./ไร่/วัน)
นาปี	820	2.4	0.005
นาปรัง	488	5.5	0.007

หมายเหตุ : จากกรมควบคุมมลพิษ, 2547

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดีจากการทำนาข้าว ปี พ.ศ. 2545 แยกเป็นรายภาค

ภาค	ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี	
	(กก./วัน)	(กก./ไร่/วัน)
ภาคเหนือ	85,693.7	0.00559
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	178,123.0	0.00530
ภาคกลาง	72,392.3	0.00603
ภาคตะวันออก	16,301.1	0.00552
ภาคใต้	12578.4	0.00536
รวม	365,088.5	0.02780

หมายเหตุ : จากกรมควบคุมมลพิษ, 2547

4.2.1.3 การใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง

Wassmann et al. (1993) ระบุว่า การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน โดยเป็นผลมาจากดินมีอุณหภูมิสูงในฤดูแล้ง จึงมีผลทำให้มีการเร่งให้เกิดก๊าซมีเทนมากขึ้น

Neue et al. (1997) ระบุว่า กิจกรรมในการจัดการนาข้าว เช่น การไถ คราด การปักดำ การใส่ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง รวมทั้งการเก็บเกี่ยว จะเป็นการรบกวนดิน เป็นผลให้ก๊าซมีเทนที่กักเก็บไว้ในดิน ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ โดยการคายอากาศของชั้นดิน การปรับปรุงดินโดยการใส่ฟางข้าว หรือปุ๋ยพืชสดจะกระตุ้นการเกิดก๊าซมีเทนในนาข้าว

Bronson et al. (1997) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจะมีผลทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้มากกว่าการปลูกข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักแต่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

วรรณวิมล ภัทรสิริวงศ์ (2550) เปิดเผยผลการศึกษาว่า จากการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินนาในเขตที่ราบลุ่มภาคกลาง พบสารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 ประเภท ได้แก่ heptachlor, endosulfan และ p,p-DDE กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่ monocrotophos methyl parathion และ dimethoate กลุ่มคาร์บาเมท ได้แก่ carbofuran และสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชที่สำคัญ คือ 2,4-D และ paraquat ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากนาข้าวในเขตภาคกลาง มีการตรวจพบสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 2 ชนิด คือ p,p-DDE และ endosulfan sulphate กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 4 ชนิด คือ malathion, monocrotofos, dimethoate และ dicrotovos และกลุ่มคาร์บาเมตตรวจพบ carbofuran มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.02-0.42 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับสารป้องกันกำจัดวัชพืช ตรวจพบ 2,4-D และ paraquat มีการนำมาใช้ในกิจกรรมการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย

จากรายงานของกองควบคุมพืช และวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ในปี 2543 พบว่าสารเคมีในการเกษตรโดยรวม มีปริมาณการนำเข้าถึง 31,454 ตัน ประกอบด้วยสารกำจัดวัชพืชปริมาณมากที่สุด 17,507 ตัน รองมาคือสารกำจัดแมลง ปริมาณ 6,875 ตัน และปริมาณการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตร มีแนวโน้มมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี ซึ่งจะส่งผลให้มีโอกาสที่จะสร้างมลพิษตกค้างสู่สภาพแวดล้อมสูงขึ้นเช่นกัน

สภาพปัญหามลพิษแหล่งน้ำในปัจจุบัน พบว่า ปัญหาหลักที่สำคัญประการหนึ่งของการเกิดมลพิษทางน้ำนั้น มาจากการทำเกษตรกรรม กิจกรรมการเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ ซึ่งสาเหตุหลักของการเกิดมลพิษจากกิจกรรม การเกษตรนั้นมาจากการที่เกษตรกรใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และการใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดที่มีระยะตกค้างยาวนานและมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูง นอกจากนี้ยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือสารอาหารพืชโดยที่ไม่มีการสำรวจ หรือวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ก็เป็นการเพิ่มปริมาณสารเคมีที่เกินความจำเป็นต่อดินด้วยเช่นกัน ซึ่งในที่สุดธาตุอาหารเหล่านี้ จะถูกชะลงแหล่งน้ำเป็นผลให้เกิดมลพิษทางน้ำ และในการวิจัยนี้ การทำนาข้าวก็เป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก เพื่อช่วยในการเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของประเทศ และมีการปลูกข้าวเกือบตลอดปี ทำให้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีการตกค้างในดินซึ่งจะถูกชะล้างโดยน้ำลงสู่พื้นดินชั้นล่าง และซึมผ่านชั้นดินลงสู่น้ำใต้ดิน หรือถูกชะล้างจากน้ำผิวดินลงสู่แม่น้ำ หรืออาจจะถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารเข้าสู่สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้ ส่วนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในน้ำก็จะถูกระบายออกจากพื้นที่การทำนาข้าวลงสู่คูคลองเชื่อมต่อ และแม่น้ำก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำ

ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรมีสองประเภทคือปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ได้มาจากมูลสัตว์ต่างเป็นพวกสารอินทรีย์ส่วนปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต เป็นสารเคมี การใส่ปุ๋ยลงในดินที่ทำการเพาะปลูก เกษตรกรมักใส่ในปริมาณเกินกว่าพืชจะดูดซึมขึ้นไปใช้ได้หมด เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะเอาปุ๋ยที่เหลืออยู่ในดินลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต เป็นต้น เมื่อลงไปอยู่ในน้ำจะเพิ่มสารอาหารที่พืชต้องการ ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีเป็นจำนวนมาก เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลง ก็จะทำให้น้ำเน่ามีกลิ่นเหม็น เกิดฝ้าขาวลอยอยู่บนผิวน้ำกลายเป็นน้ำเสีย เรียกว่า ปฏิกิริยายูโทรฟิเคชั่น

สำหรับการใช้สารเคมีในนาข้าว มีความแตกต่างกันไปตามสภาพการปลูกของแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปอัตราการใช้สารเคมีในนาข้าว ปริมาณขั้นต่ำประมาณ 170 กรัมต่อไร่ ปริมาณสารเคมีที่ใช้อาจมากถึง 11 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณสารเคมีที่จะตกลงสู่แปลงนาจะมีปริมาณแปรปรวนขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งานของเกษตรกร

ข้อมูลจากการรวบรวมข้อมูลการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว พบว่ามีการใช้ปุ๋ยตั้งแต่ปริมาณ 41-152 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก และค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าวต่อตันข้าวเปลือก ในปริมาณ 65 กิโลกรัม (ดูตาราง จ.1 ภาคผนวก จ.) ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการทำนา ได้แก่ ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง จากการเก็บตัวอย่างข้อมูลพบว่ามีการใช้ยาฆ่าแมลง ยาปราบวัชพืช ศัตรูพืชตั้งแต่ 18.3-70.6 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก โดยค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยอยู่ที่ 44 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก

4.2.1.4 การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการทำนาข้าว พบว่ามีการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องจักรกลทางการเกษตร เช่น รถไถ รถเกี่ยวนวด แทรกเตอร์ ฯลฯ และใช้เป็นพาหนะในการขนส่งภายในนาข้าว ข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลในส่วนขั้นตอนการทำนาปลูกข้าวที่สำรวจได้จากเกษตรกรนั้นเป็นการสำรวจค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อน้ำมัน ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าดังกล่าวให้เป็นปริมาณ โดยอ้างอิงจากราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย (กระทรวงพานิชย์, 2550) ราคาลิตรละประมาณ 30 บาท พบว่าปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้มีปริมาณตั้งแต่ 8-42 ลิตร และมีปริมาณเฉลี่ยในการใช้น้ำมันดีเซล 30 ลิตรต่อตันข้าวเปลือกผลผลิต

4.2.1.5 การปล่อยมีเทนจากนาข้าว

ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งนาข้าวเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนแหล่งใหญ่แหล่งหนึ่ง จากศึกษาการปลูกข้าวแบบนาชลประทาน (อาศัยน้ำจากระบบชลประทาน) พบว่ามีการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ ประมาณ 15-20% ของการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดในโลกต่อปี (Sass and Fisher, 1992)

IPCC (1992) ทำการประเมินการปลดปล่อยกาซมีเทนพบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั้งโลกอยู่ในช่วง 20 ถึง 150 ล้านตันต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 60 ล้านตันต่อปี

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2541) ทำการศึกษาก๊าซมีเทนพบว่า ประเทศไทยมีการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศไทย มีค่าประมาณ 1.81-4.03 ล้านตันต่อปี

ศุภสุข ประดับศุข (2542) อธิบายเพิ่มเติมเรื่องการปล่อยก๊าซมีเทนของพันธุ์ข้าวว่า จากการทดสอบที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พันธุ์ข้าวหันตรา 60 มีอัตราการปลดปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกที่ 1.226 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนพันธุ์ RD23 มีอัตราการปลดปล่อยมีเทนตลอดฤดูปลูกที่ 63.72 กรัมต่อตารางเมตร

ภาคภูมิ พระประเสริฐ (2543) อธิบายว่า จากการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1 ชัยนาท 1 และข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี 1 พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนน้อยที่สุด โดยการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกันขึ้นกับปริมาณช่องอากาศในส่วนกาบใบ และใบ ข้าวที่มีช่องอากาศมากจะสามารถปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้มาก

Neue et al. (1993) และ Peng et al. (1995) กล่าวไว้ในทิศทางเดียวกันว่า ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวมีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าว โดยการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดเกิดขึ้นในระยะตั้งท้อง และการปลูกข้าวแบบนาหว่าน ทั้งนาหว่านน้ำตม และนาหว่านเมล็ดแห้งจะมีการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลน้อยกว่าการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ เนื่องจากมีการรบกวนดินน้อยกว่า และระยะเวลาในการปลูกข้าวสั้นกว่าการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ

Cai et al. (1999) อธิบายไว้ว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่คุณสมบัติของดิน เช่น แปลงนาที่เนื้อดินเป็นดินเหนียว จะปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุดเมื่อเทียบกับดินทรายและดินร่วน

US-EPA : U.S. Environmental Protection Agency (1992) ได้รายงานว่า ผลกระทบจากการเผาวัสดุหรือตอซังในนาข้าว มีผลทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายในปริมาณมาก อัตราการปลดปล่อยหรืออัตราการเกิดฝุ่นขนาดเล็กจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งในนาข้าวมีค่าเท่ากับ 4 กิโลกรัมต่อเมกกะกรัม (น้ำหนักฝุ่นที่เกิดต่อน้ำหนักวัสดุหรือตอซังที่ถูกเผา)

สิรินทรเทพ เต้าประยูร (2550) ทำการศึกษาร่วมกับบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศของประเทศไทยจากประมาณ 344 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2-eq.) คิดเป็นการปล่อยจากภาคพลังงานถึงร้อยละ 56 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศ รองลงมาภาคเกษตรกรรม ร้อยละ 24 จากขยะมูลฝอย และของเสียร้อยละ 8 จากป่าไม้และการใช้ที่ดินร้อยละ 7 และจากกระบวนการอุตสาหกรรม ร้อยละ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวคิดเป็นร้อยละ 10 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ หรือประมาณ 40 ล้านตัน CO_2-eq. ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับการปล่อยจากภาคพลังงาน โดยก๊าซที่ปล่อยจากนาข้าวส่วนใหญ่คือก๊าซมีเทนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินนา ปัจจัยที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน คือ สภาพไร้อากาศในดินนา และสารอินทรีย์ที่อยู่ในนาข้าว

กรมควบคุมมลพิษ (2550) เปิดเผยผลการศึกษาผลกระทบจากการเผาฟางหรือการเผาตอซัง ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเกษตรกรจะมีการจัดการตอซังข้าว 2 รูปแบบ ได้แก่ การไถกลบ และการเผาตอซัง โดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเผาตอซัง เนื่องจากทำได้สะดวกและช่วยทำลายเชื้อโรคที่อยู่ในแปลงนา แต่ผลจากการเผาตอซังทำให้โครงสร้างของดินจับกันแน่น แข็งกระด้าง และการแพร่กระจายของรากพืชลดลง เกิดการสูญเสียอินทรียวัตถุ ธาตุอาหาร และน้ำในดิน อีกทั้งเกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม มลภาวะเป็นพิษทางอากาศ ได้แก่ ฝุ่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ และการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรอันเนื่องจากควันไฟ การเผาฟางข้าว เป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เขม่าควัน เถ้า ฝุ่นละออง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย การประเมินก๊าซมีเทนจากการเผาตอซังในนาข้าว ดังในตารางที่ 4.3 พบว่ามีการเกิดก๊าซมีเทน และฝุ่นขนาดเล็กจำนวนมากแปรผันตรงกับปริมาณฟางข้าว

ข้อมูลการประเมินมลพิษสารขาออกของขั้นตอนการปลูกข้าว ได้แก่ การปล่อยก๊าซมลพิษจากนาข้าว ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากฟางข้าว ตอซัง ก๊าซมลพิษจากการเผาตอซังหรือฟางข้าว รวมถึงการประเมินมลพิษจากการใช้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบศัตรูพืชในการทำนา แต่ไม่รวมเอามลพิษทางน้ำที่เกิดจากการทำนา เนื่องจากข้อจำกัดในด้านฐานข้อมูลการวัดคุณภาพน้ำของพื้นที่นาข้าวมีน้อยมาก และยังไม่มีการศึกษาจริงจัง ส่วนใหญ่เป็นการอนุมานจากพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำเน่าเสีย แต่มีข้อมูลสนับสนุนน้อยมาก จึงไม่นำมาพิจารณา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากข้อมูลทุติยภูมิ และฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการใช้ทรัพยากรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แก่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมควบคุมมลพิษ กรมการค้าต่างประเทศ หน่วยงานวิจัยฯ และฐานข้อมูล SimaPro ซึ่งกำหนดให้หน่วยที่นำมาพิจารณาในการปลดปล่อยมลพิษคือ ข้าวเปลือก (ผลิตภัณฑ์) 1000 กิโลกรัมหรือ 1 ตัน

ตารางที่ 4.3 การประเมินก๊าซมีเทนจากการเผากลบตอซังในนาข้าว[1]

ปี พ.ศ.	พื้นที่เก็บเกี่ยว [2] (ล้านไร่)	ตอซังที่เกิดขึ้น [3] (ล้านตัน)	ฟางข้าวที่เกิด [3] (ล้านตัน)	ก๊าซมีเทน [4] (ล้านตัน)	อัตราการเกิดฝุ่นขนาดเล็ก [5] (ล้านตัน)
ข้าวนาปี					
2536 / 2537	50.002	13.001	20.218	1.844	0.135
2537 / 2538	51.844	13.479	21.511	1.962	0.143
2538 / 2539	51.048	13.272	20.807	1.898	0.138
2539 / 2540	51.577	13.410	21.451	1.957	0.143
2540 / 2541	54.874	14.267	20.825	1.900	0.139
2541 / 2542	53.080	13.801	21.533	1.964	0.143
2542 / 2543	54.721	14.227	19.934	1.818	0.133
2543 / 2544	53.126	13.813	20.218	1.844	0.135
2544 / 2545	54.931	14.282	21.511	1.962	0.143
2545 / 2546	50.852	13.222	20.807	1.898	0.138
ข้าวนาปรัง					
2536 / 2537	3.013	0.783	1.181	0.108	0.008
2537/ 2538	4.251	1.105	1.666	0.152	0.011
2538 / 2539	5.908	1.536	2.316	0.211	0.015
2539 / 2540	6.343	1.649	2.486	0.227	0.017
2540 / 2541	7.081	1.841	2.776	0.253	0.018
2541 / 2542	6.367	1.655	2.496	0.228	0.017
2542 / 2543	7.591	1.974	2.976	0.271	0.020
2543 / 2544	8.694	2.260	3.408	0.311	0.023
2544 / 2545	8.353	2.172	3.274	0.299	0.022
2545 / 2546	9.483	2.466	3.717	0.339	0.025

<u>หมายเหตุ</u> : [1] จากรายงานสรุปโครงการการดำเนินงานตามแผนแม่บทการควบคุมการเผาในที่โล่ง กิจกรรมข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

[2] พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวรายปี จาก สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2545/46

[3] การประมาณการเกิดตอซังข้าว และฟางข้าว โดยอ้างอิงข้อมูลการประมาณการของ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (อัตราการเกิดตอซังในนาข้าวเท่ากับ 0.26 ตันต่อไร่ อัตราการเกิดฟางข้าวเท่ากับ 0.392 ตันต่อไร่)

[4] การประมาณการก๊าซมีเทนที่เกิดในนาข้าว มีค่าเท่ากับ 22.35 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งประเมินจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกโดยเฉลี่ยของข้าวจำนวน 4 พันธุ์ โดยอ้างอิงข้อมูลจากข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในส่วนต่าง ๆ ของโลก (ศุภสุข ประดับสุข, 2542)

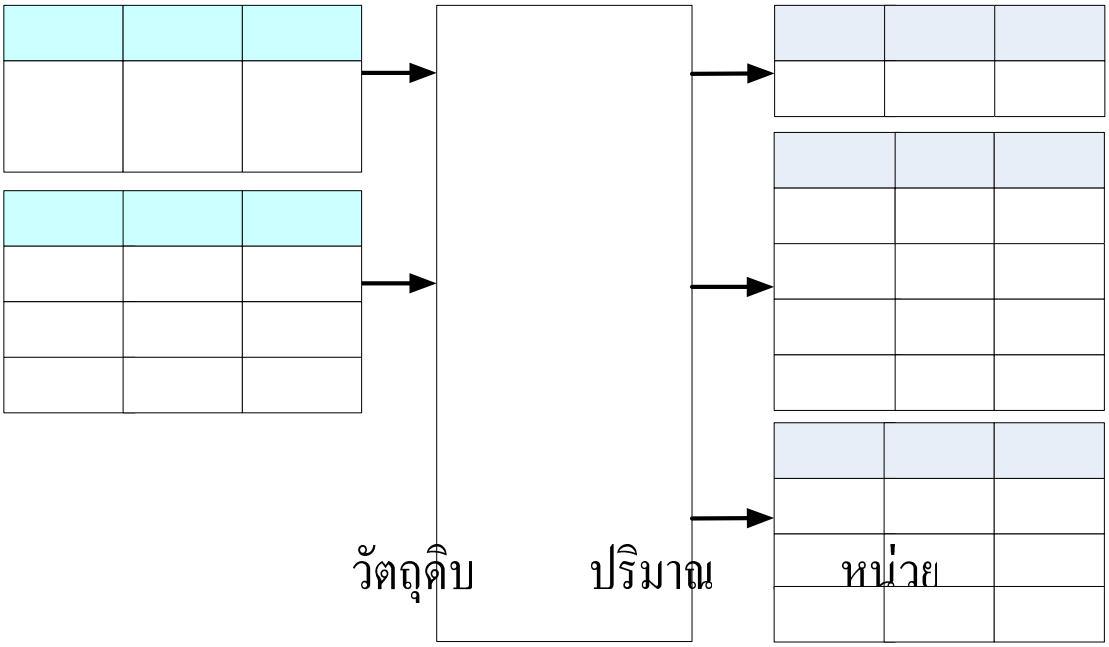
[5] การประมาณอัตราปลดปล่อยฝุ่นจากการเผาวัสดุในนาข้าว (US-EPA, 1992) มีค่าเท่ากับ 4 กิโลกรัมต่อเมกกะกรัม หรือ 4 กิโลกรัมต่อตันของตอซัง และฟางข้าวที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว พบว่ามีงานวิจัยและแบบจำลองการปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจำนวนมาก และมีการประมาณค่าแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้นำหลักการทางสถิติมาช่วยในการจัดการข้อมูล โดยการนำปริมาณการปลดปล่อยที่มีการอ้างอิง ๆ ไว้ตั้งแต่ปริมาณการปล่อยมีเทน 4.51-39.70 กรัมต่อตารางเมตร และเฉลี่ยประมาณ 17.07 กรัมต่อตารางเมตร หรือประมาณ 27.31 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก (ดูภาคผนวก ตาราง จ.3 ภาคผนวก จ.) ส่วนการปลดปล่อยมลพิษจากปุ๋ย เนื่องจากในประเทศไทยไม่มีฐานข้อมูลบัญชีรายการปุ๋ย และยาฆ่าแมลง จึงใช้การประมาณค่าจากวิธีการใน LEM (Delucchi, 2003) ซึ่งเป็นวิธีการในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเกษตร พบว่ามีการปล่อยก๊าซมีเทน 0.044 กิโลกรัมมีเทนต่อตันข้าวเปลือก ก๊าซ N_2O 0.65 และก๊าซ NO_x+NH_3 6.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตันข้าวเปลือกตามลำดับ

การจัดทำบัญชีรายการการปลูกข้าว โดยการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการเก็บตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 400 ตัวอย่าง สามารถนำมาประมาณการปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงานต่าง ๆ ในบัญชีรายการ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกที่นำมาปลูกข้าวเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 1 ตัน ปริมาณน้ำ ปุ๋ย สารเคมี และน้ำมันดีเซล (ขั้นตอนนี้ใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องจักรกลทางเกษตร) จากบัญชีรายการ พบว่าการทำนาปลูกข้าวก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ขยะ น้ำเน่าเสีย แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลสนับสนุนของน้ำเน่าเสียที่เกิดจากการทำนามีน้อยมาก จึงไม่สามารถประเมินได้ แต่มีการให้ความสนใจมากขึ้นโดยอยู่ในขั้นตอนมีหน่วยงานดูแล คือกลุ่มงานเพาะปลูก ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กำลังดำเนินการจัดทำหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการป้องกันและควบคุมมลพิษจากการเพาะปลูก พัฒนาระบบรูปแบบ และวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการน้ำเสีย และการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งและของเสียจากการเพาะปลูก ติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษ และสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากการเพาะปลูก ให้คำปรึกษา แนะนำ และข้อเสนอแนะแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกัน ควบคุม ลด และแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากการเพาะปลูก สนับสนุนการเตรียมความพร้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นด้านการจัดการน้ำเสียจากการเพาะปลูก เผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ความรู้ความเข้าใจด้านการจัดการน้ำเสียจากการเพาะปลูกแก่หน่วยงานของรัฐ องค์กรเอกชน และประชาชน

การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว จึงใช้ข้อมูลการปลดปล่อยมีเทนจากข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับการปลดลปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ นำมาใช้หลักการทางสถิติหาค่าความเชื่อมั่นที่ 95% (Confident limit 95%) ของข้อมูลการประมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว (ภาคผนวก จ) ซึ่งจากการประเมินพบว่ามีการปลดปล่อยมีเทนในนาข้าวสูงถึง 27 กิโลกรัมต่อข้าวเปลือกที่ผลิตได้ 1 ตัน

ขณะที่มีการปลดปล่อยก๊าซ NO_x N_2O และ NH_3 ประมาณการจากการปลดปล่อยจากปุ๋ยเคมีที่ใช้ในนาข้าว (Delucchi, 2003) ซึ่งสรุปบัญชีการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการปลดปล่อยของเสียในรูป มลพิษอากาศ ขยะ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 บัญชีรายการขั้นตอนชนิดข้าวหมายเหตุ

หมายเหตุ : * สารเคมี หมายถึง ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช/วัชพืช

4.2.2 ขั้นตอนขนส่ง

ในปี พ.ศ. 2540 มีการประมาณการถึงการปลดปล่อยมลพิษอากาศในประเทศไทย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุภาคสารแขวนลอย (SPM) มีปริมาณ 1,497, 472, 198 และ 28 พันตัน ตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2544 มีปริมาณ 1,784, 670, 265 และ 36 พันตัน (สัญญา ตามสัญญิ, 2545) ส่วนกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (2539) รายงานไว้ว่า ปี พ.ศ. 2539 มีการปลดปล่อยมลพิษจากภาคการขนส่งในประเทศไทย ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากภาคขนส่งในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2539

ปี	พลังงานที่ใช้ KTOE	CO_2	CO	NO_x	CH_4	SO_2	SPM
		10^3 ตัน					
2533	11,368	34,481	1,164	310	4	182	11
2534	11,910	30,090	1,238	329	5	187	11
2535	12,653	38,320	1,371	347	5	195	12
2536	14,581	44,214	1,540	392	6	149	14
2537	16,341	49,559	1,746	443	7	165	16
2538	18,761	56,970	1,983	516	7	189	19
2539	20,094	60,978	2,155	531	8	185	20

หมายเหตุ : จากสุกัญญา ตามสัญญา, 2541

Emission Factor หมายถึงค่าเฉลี่ยทางสถิติของอัตราการปลดปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่าง ๆ (Hammerie, 2001) เนื่องจากมลพิษจากการขนส่งนั้น เป็นตัวการสำคัญมากที่สุดในการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน สำหรับค่า Emission Factor ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในแต่ละภาคการขนส่งแบ่งได้เป็น ก๊าซ CO_2 CO และ NO_X โดยใช้ค่ามาตรฐานของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคสารแขวนลอย (SPM) ใช้ค่ามาตรฐานจาก Santisirisomboon (1999) ได้เสนอไว้ในการหาปริมาณมลพิษจากภาคขนส่งในประเทศไทย ซึ่งนำเสนอในการประเมินมลพิษจากการขนส่งทางบก โดยจะทำการประเมินเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็วทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.5

สุกัญญา ตามสัญญา (2541) ได้ทำการประเมินมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงจากภาคขนส่งในปี พ.ศ 2540-2544 พบว่าในปี 2541 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาเท่ากับ 1,547.15 พันตัน โดยในภาคการขนส่งทางถนนปลดปล่อยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 98.47 ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทั้งหมด ส่วนปริมาณการปลดล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมด 527.77 พันตัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดที่ปลดปล่อยเท่ากับ 203.73 พันตัน และปริมาณ SPM ทั้งหมดที่ปลดปล่อยเท่ากับ 27.96 พันตัน ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่า Emission Factor ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งทางถนน

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission Factor (g/MJ)			
	CO	NO_x	SO_2	SPM
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	2.65	0.80	-	-
น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว	16.8	0.06	0.0455	0.0037
น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว	1.03	0.18	0.0455	0.0037
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว				
- รถยนต์ส่วนบุคคล	0.28	0.26	0.2388	0.0686
- รถยนต์บรรทุกเบา	0.41	0.37	0.2388	0.0346
- รถยนต์บรรทุกหนัก	0.84	1.00	0.2388	0.0346

หมายเหตุ : จาก IPCC, 1998

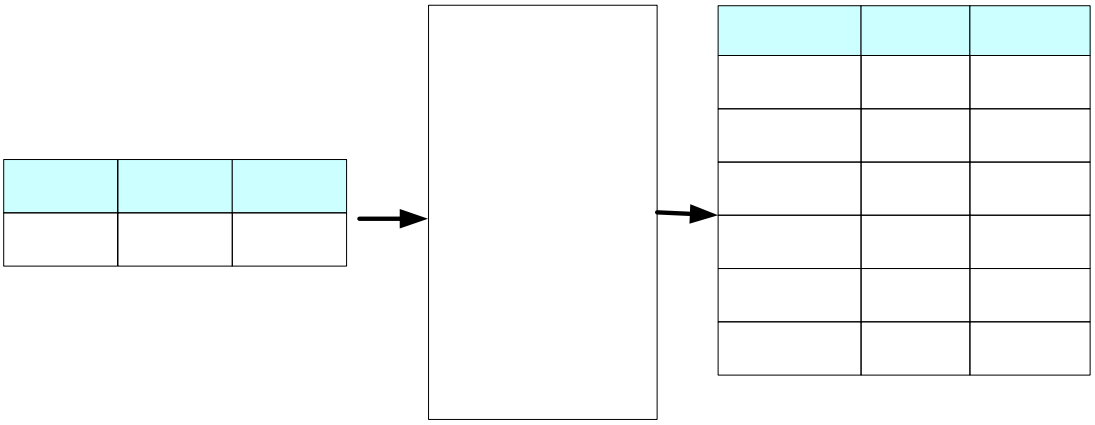
ตารางที่ 4.6 ปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งระหว่างปี พ.ศ. 2540-2544

ปี	Emission Factor (g/MJ)			
	CO	NO_x	SO_2	SPM
2540	1,497	472	198	28
2541	1,547	528	204	28
2542	1,656	582	229	31
2543	1,733	629	248	33
2544	1,794	670	265	36

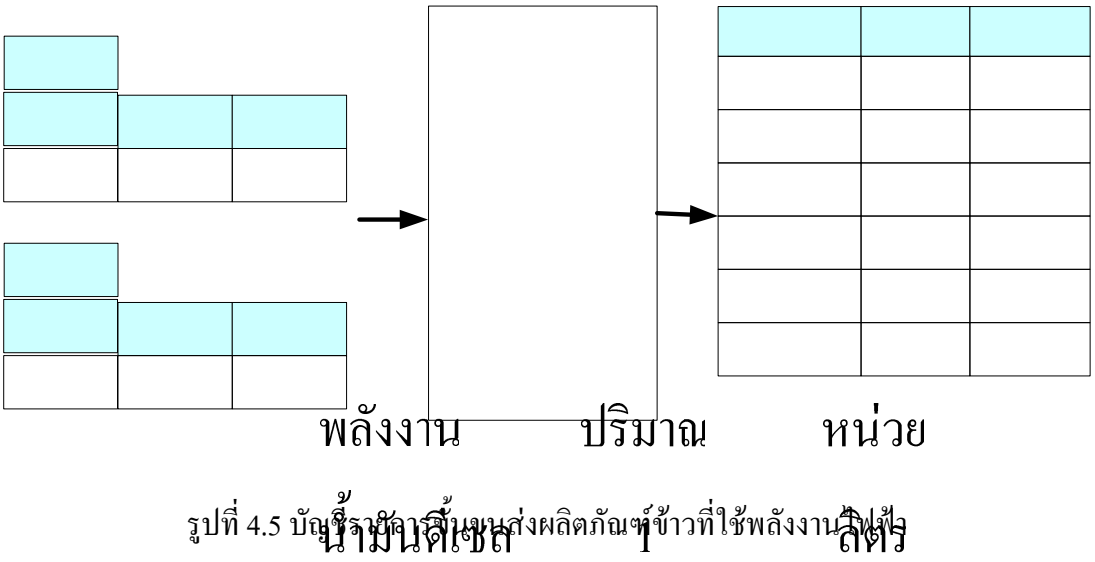
หมายเหตุ : จาก สุกัญญา ตามสัญญา, 2541

จากการประมวลผลข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออก ในขั้นตอนการขนส่ง สามารถจัดทำบัญชีรายการในขั้นตอนการขนส่งได้ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยพิจารณาเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว อนุมานจากใช้ยานพาหนะขนส่งในขั้นตอนการทำนาปลูกข้าว รวมถึงรถไถ รถเกี่ยวนวด หรือ เครื่องจักรกลการเกษตรส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซล และในส่วนขั้นตอนการสีข้าวในโรงสีมีการขนส่งทั้งภายในและภายนอก มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นหลักเช่นกัน จึงทำการคำนวณการปลดปล่อยสารมลพิษอากาศ จากรายงานปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากภาคการขนส่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2539 (สุกัญญา ตามสัญญา, 2541) และประเมินจากการขนส่งทางถนนโดยอาศัยค่า Emission Factor ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ที่ใช้ในการขนส่งทางถนน (IPCC, 1998)

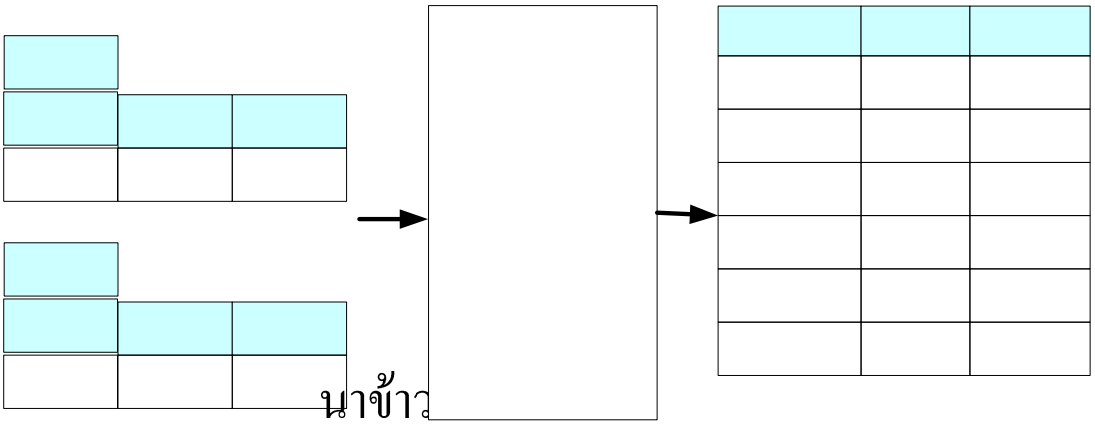
เนื่องจากในประเทศไทยไม่มีฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมน้ำมันดีเซล ในงานวิจัยนี้จึงยังไม่ครอบคลุมถึงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตน้ำมันดีเซล ส่วนการประมาณการมลพิษจากการขนส่ง (สุกัญญา ตามสัญญา, 2541) พบว่ามลพิษอากาศจากการขนส่งโดยใช้น้ำมันดีเซล 1 ลิตร มีการปลดปล่อยก๊าซมลพิษได้แก่ CO_2 CO NO_x SO_2 CH_4 และ SPM ในปริมาณ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และบัญชีรายการขนส่งของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวดังในรูปที่ 4.5-4.7 แสดงการขนส่งทั้ง 2 ส่วน คือ ภายในพื้นที่นา และภายในโรงสี



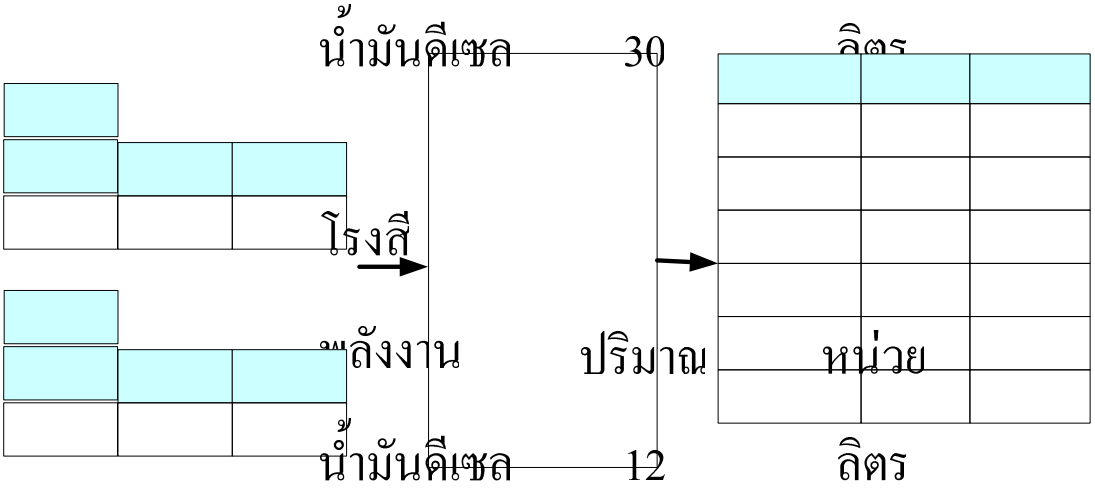
รูปที่ 4.4 บัญชีรายการขั้นตอนการขนส่ง



รูปที่ 4.5 บัญชีรายการขั้นตอนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานฟื้นฟู



รูปที่ 4.6 บัญชีรายการขั้นขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ



รูปที่ 4.7 บัญชีรายการขั้นขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

4.2.3 ขั้นตอนการสีข้าวในโรงสีข้าว

จากการจัดประเภทอุตสาหกรรมตามกิจกรรมทางเศรษฐกิจตามมาตรฐานสากล จำแนกโรงสีข้าวเป็นอุตสาหกรรมการผลิตประเภท D หมวด 15 (การผลิตอาหารและเครื่องดื่ม) หมู่ 153 (การผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการโม่ สีธัญพืช สตาร์ชและผลิตภัณฑ์จากสตาร์ช และอาหารสำเร็จรูป) หมู่ย่อย 1531 (โรงสีข้าว เช่น การสีข้าว การฝัด การขัดขาว การนึ่งหรือการปรับปรุงข้าวให้เก็บไว้ได้นาน) เป็นการอาศัยกระบวนการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารเพื่อใช้เป็นอาหารหลัก หรือเครื่องอุปโภคที่สามารถรักษาคุณค่าทางอาหาร และเหมาะแก่การเก็บไว้นานโดยไม่เสื่อมสภาพโดยง่าย ในอดีตมี 2 วิธีหลัก คือการตำ และการสี แต่ในปัจจุบันโรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักรกล เพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพดี และปริมาณมากพอต่อความต้องการของตลาด

นาข้าว
พลังงาน
ปริมาณ
หน่วย
น้ำมันดีเซล
30
ลิตร

ตามโครงสร้างของเมล็ดข้าว การสีข้าวจะได้ผลผลิต ได้แก่ ข้าวต้นหรือข้าวสาร ข้าวหักข้าวท่อน ข้าวปลายหรือปลายข้าว รำและแกลบ จากการสำรวจข้อมูลผลผลิตของโรงสีกรณีศึกษาแห่งหนึ่งพบว่า ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเปลือกจากอัตราการสีข้าวเปลือก 1000 กิโลกรัม ได้ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสีข้าวดังนี้

- ต้นข้าว 433 กิโลกรัม
- ปลายข้าว (A1) 173 กิโลกรัม
- ปลายข้าว (C1) 67 กิโลกรัม
- ปลายข้าว (C3) 29 กิโลกรัม
- รำหยาบและรำละเอียด 73 กิโลกรัม
- แกลบและสิ่งเจือปนอื่น ๆ 235 กิโลกรัม

ข้อมูลปฐมภูมิโรงสีข้าวได้จากการสุ่มตัวอย่างกรณีศึกษาโรงสีข้าวในประเทศไทย แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านความลับทางการค้า จึงต้องอาศัยการให้ความร่วมมือของโรงสีโดยการอนุเคราะห์ข้อมูล ซึ่งได้รับความร่วมมือจากโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง ซึ่งเป็นโรงสีขนาดใหญ่ กำลังการผลิตตั้งแต่ 20 ตันต่อวันขึ้นไป และแบ่งประเภทของโรงสีในการประเมินวงจรชีวิตครั้งนี้ตามการใช้พลังงานในการสีข้าวในโรงสี 3 ประเภท ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ และการใช้พลังงานร่วมทั้งพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแกลบ ซึ่งโรงสีที่มีการใช้พลังงานร่วมกันเป็นโรงสีในอุดมคติที่ได้จากการคำนวณแบ่งน้ำหนักข้อมูลของโรงสีที่ใช้พลังงานหลักทั้ง 2 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในอนาคตที่มีการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันเชื้อเพลิงประเภทสิ้นเปลือง ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน มีราคาสูงและมีแนวโน้มขาดแคลนจึงควรมีทางเลือกในการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น

โรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง ประกอบด้วยโรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 66% และโรงสีที่ใช้เชื้อเพลิงแกลบ 34% (ภาคผนวก จ.) โดยข้อมูลที่รวบรวมได้แก่ การใช้วัตถุดิบ การรับซื้อข้าวเปลือก การขนส่งภายในโรงสี การใช้พลังงาน ไฟฟ้า การใช้น้ำ การจัดการสิ่งแวดล้อม การซื้อขายผลิตภัณฑ์พลอยได้ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ การตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ การบรรจุ การจำหน่าย และการคำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในโรงสีแต่ละแห่งมีการจัดการอย่างไร เป็นต้น

4.2.3.1 วัตถุดิบ

คุณภาพของข้าวเปลือกที่นำมาสีในโรงสีขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ความแข็งแกร่งของเมล็ด ความชื้น เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้อัตราการสีข้าวแตกต่างกันไป ส่วนขนาดของโรงสีและสภาพของเครื่องสี มีผลต่ออัตราการสีข้าวน้อยกว่าคุณภาพข้าวเปลือก โดยโรงสีขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มจะสีได้ต้นข้าวมากกว่าโรงสีขนาดเล็ก

มาตรฐานของข้าวที่ต้องการ คือ คุณภาพของข้าวสารที่สีจากข้าวเปลือก เช่น ความขาวที่ต้องการชนิดของข้าวสาร 5% 10% หรือ 15% เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้อัตราการสีข้าวของโรงสีเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากต้องทำการขัดสีในปริมาณมากน้อยต่างกันออกไป และปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมของการสี เช่น อุณหภูมิของอากาศ ถ้าทำการสีในตอนบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าตอนเช้าจะได้ต้นข้าวในอัตราต่ำ เป็นต้น

โรงสีข้าวจะไม่สามารถสีข้าวเต็มกำลังการผลิต 100% ตลอดเวลา เนื่องจากวัตถุดิบ คือ ข้าวเปลือกไม่ได้ออกสู่ท้องตลาดตลอดทั้งปี แต่จะมีมากเฉพาะในฤดูกาลเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งมีเพียงปีละ 2 ครั้งเท่านั้น อัตราการใช้เครื่องสีข้าวต่ำเท่าใด ก็จะทำให้ต้นทุนการสีข้าวเฉลี่ยสูงมากขึ้นด้วย เพื่อลดต้นทุนในการสีข้าวให้ต่ำลง จะต้องมีการสำรองข้าวเปลือกไว้เพื่อให้เครื่องจักรสีข้าวถูกใช้ตลอดทั้งปี ในการวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการสีข้าวในโรงสี กรณีศึกษาโรงสีขนาดกำลังการผลิต 500 ตันต่อวัน (ภาคผนวก ค. กระบวนการผลิตโรงสีข้าว กรณีศึกษาแห่งหนึ่ง กำลังการผลิต 500 ตันต่อวัน)

4.2.3.2 การใช้ไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้ามีความสาคัญมากในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพลังงานที่มีความจำเป็น และมีการใช้ในการผลิตของทุกโรงงาน อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศด้วย เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน ต้องอาศัยเชื้อเพลิงนำเข้าจากต่างประเทศ และมีแนวโน้มว่าจะต้องมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม

การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าวของโรงสีในประเทศไทย โดยทั่วไปมี 3 ประเภท แบ่งตามพลังงานที่ใช้ภายในโรงสี ได้แก่ โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้า โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ และโรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

1) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

โรงสีข้าวใช้พลังงานหลักจากเครื่องจักรซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า จากการสำรวจพบว่า โรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าภูมิภาค โดยโรงสีข้าวที่มีกำลังการผลิต 200 ตันต่อวัน มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนประมาณ 400,000 บาท ปัจจุบันจึงใช้หลักการใช้ไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ช่วยให้โรงสีสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลง เนื่องจากการไฟฟ้าได้มีการปรับปรุงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

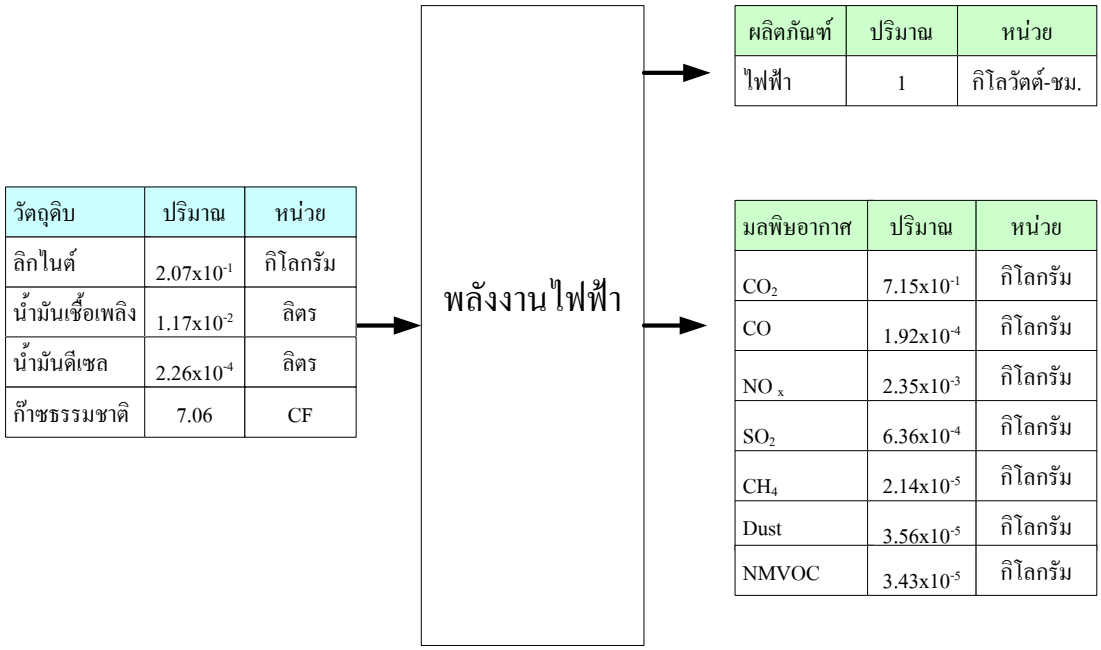
โดยมีการใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ หรือ Time of Use Tariff (TOU) เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้า ลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันโดยกำหนดให้ช่วง 9.00–22.00 น. วันจันทร์–ศุกร์ เป็นช่วง On Peak รวมทั้งจะต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดด้วย ช่วงเวลา 22.00–9.00 น. ของวันจันทร์–ศุกร์ และวันเสาร์–อาทิตย์ และวันหยุดราชการ ตลอดทั้งวันเป็นช่วง Off Peak มีอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545)

โรงสีแบบใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง ประเภทนี้ก่อปัญหาเขม่าควันดำและฝุ่นละอองจากเครื่องจักร สาเหตุที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองในกระบวนการผลิตได้แก่ การเทข้าวเปลือก การตากข้าวเปลือก การร่อนเปลือกเพื่อกระเทาะเปลือกออกจากเมล็ดข้าว แหล่งกำเนิดที่พบปัญหาฝุ่นละอองของโรงสีข้าว ดังแสดงในตารางที่ 4.7

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม มีการปลดปล่อยมลพิษจากการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินและปิโตรเลียม อ้างอิงจากฐานข้อมูลบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งประเทศ (Life Cycle Inventory of Grid mix in Thailand) (TEI, 2003) ร่วมกับฐานข้อมูลบัญชีรายการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากฐานข้อมูล SimPro 7.0 ดังแสดงในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองจากโรงสีข้าว

แหล่งกำเนิดมลพิษ	**ลักษณะมลพิษ**
1.การขนส่งและการสัญจรของยานพาหนะเข้าออกโรงงาน	ฝุ่นดินและทราย ฝุ่นละอองข้าว จากถนน
2.การขนถ่ายวัตถุดิบ	ฝุ่นละอองที่ติดมากับข้าวเปลือก
3.การขนถ่ายแกลบ รำ วัสดุเหลือใช้อื่น ๆ	ฝุ่นจากแกลบ รำ
4.กระบวนการผลิต - การเทกองข้าวเปลือก - การอบข้าวเปลือก/ตากแห้ง - การร่อนทำความสะอาดข้าวเปลือก - การกะเทาะข้าวเปลือก - การขัดข้าว	 ฝุ่นดิน ฝุ่นจากเมล็ดข้าว แกลบ รำ
- การเผาไหม้เชื้อเพลิง - น้ำมันดีเซล - แกลบ	เขม่าควันและไอเสีย ฝุ่นละออง เขม่าควัน



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ลิกไนต์	$2.07x10^{-1}$	กิโลกรัม
น้ำมันเชื้อเพลิง	$1.17x10^{-2}$	ลิตร
น้ำมันดีเซล	$2.26x10^{-4}$	ลิตร
ก๊าซธรรมชาติ	7.06	CF

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1	กิโลวัตต์-ชม.

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	$7.15x10^{-1}$	กิโลกรัม
CO	$1.92x10^{-4}$	กิโลกรัม
NO_x	$2.35x10^{-3}$	กิโลกรัม
SO_2	$6.36x10^{-4}$	กิโลกรัม
CH_4	$2.14x10^{-5}$	กิโลกรัม
Dust	$3.56x10^{-5}$	กิโลกรัม
NMVOC	$3.43x10^{-5}$	กิโลกรัม

รูปที่ 4.8 บัญชีรายการพลังงานไฟฟ้า

2) โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

แกลบเป็นผลิตผลพลอยได้จากการสีข้าว ดังนั้นปริมาณของแกลบจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณข้าวที่ผลิตได้ในปี พ.ศ.2522-23 ปริมาณผลผลิตข้าวทั้งประเทศมี 14.65 ล้านตัน ซึ่งเป็นผลผลิตจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงถึง 38.48% รองลงมาคือภาคเหนือ 29.12% ภาคกลาง 24.98% และภาคใต้น้อยที่สุดเพียง 7.42% ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีทรัพยากรป่าไม้ค่อนข้างน้อย แต่ปริมาณแกลบมากที่สุด โดยทั่วไปปริมาณแกลบที่ได้จากการสีข้าวจะอยู่ระหว่าง 22.5%-25.2% ของปริมาณข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก ดังนั้นถ้าหากใช้อัตราการผลิตแกลบ 23.85% จะคำนวนได้ว่าในปี พ.ศ. 2522/2523 แกลบทั้งประเทศจะมีปริมาณมากถึง 3.49 ล้านตัน ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งแทนฟืน หรือถ่านไม้ได้อย่างเพียงพอ (วิศวกรรมสาร, 2525)

Ramball (1998) เสนอสมดุลพลังงานของการสีข้าว โดยแสดงพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร และพลังงานที่ได้จากแกลบเป็นผลพลอยได้ โดยแกลบประมาณ 220 กิโลกรัม จะให้ไฟฟ้า 90-125 kWh

สมาคมโรงสีข้าวไทย (2550) ระบุว่า ข้าวเปลือก 1 ตันได้ผลิตภัณฑ์แกลบโดยประมาณ 0.22 ตัน แกลบ 2 ตันผลิตไฟฟ้าได้โดยประมาณ 1 MW และการใช้ประโยชน์ของแกลบในประเทศส่วนใหญ่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงสีขนาดกลาง และขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่า ข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนต่าง ๆ จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30-60 kWh เพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 650-700 กิโลกรัม และจะมีวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิต หรือแกลบประมาณ 220 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 90-125 kWh

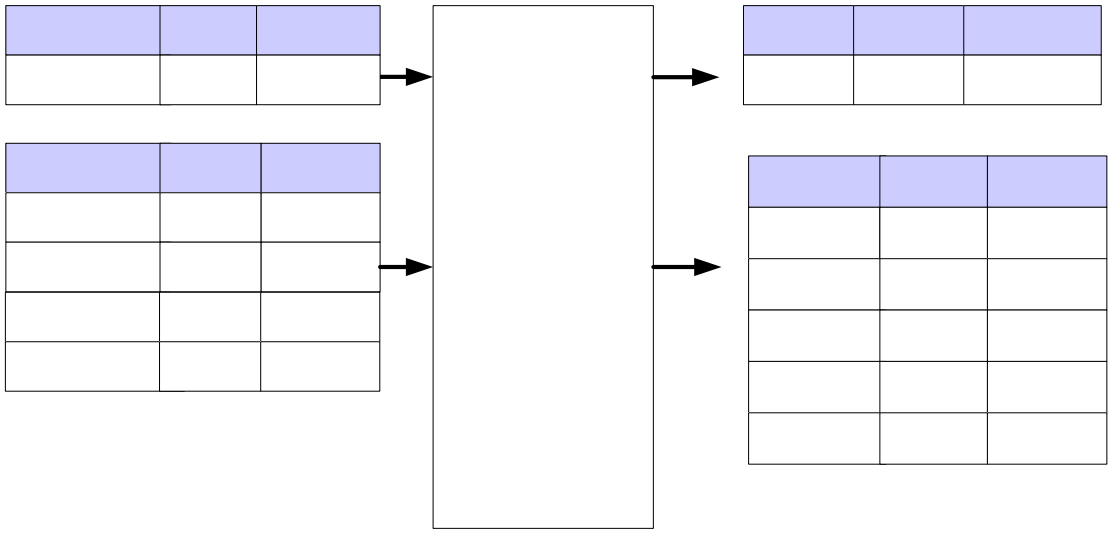
ประเทศไทยอุดมไปด้วยทรัพยากรชีวมวลได้แก่ แกลบ ชานอ้อย เศษปาล์มน้ำมัน และเศษไม้ ซึ่งเศษวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ มีปริมาณประมาณ 60 ล้านตันในแต่ละปี ในปัจจุบันเศษวัสดุการเกษตรเหล่านี้ ส่วนมากถูกกำจัดโดยการเผาไหม้ในพื้นที่โล่งและการฝังกลบ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม การนำเศษวัสดุเหล่านี้ไปใช้งาน เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อยังมีปริมาณน้อย ส่วนที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ คือ การนำมาเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าจากแกลบ ซึ่งจากการประมวลข้อมูลจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบกรณีศึกษาแห่งหนึ่งกำลังการผลิต 9.95 เมกะวัตต์ โดยประเมินผลกระทบในหน่วยการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง พบว่าจะต้องใช้แกลบประมาณ 2 กิโลกรัม ถูกลำเลียงเข้าสู่โรงไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ ทำให้เกิดไอน้ำที่แรงดัน และอุณหภูมิสูงไปหมุนเครื่องกังหันไอน้ำและหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าไหลออกสู่ระบบสายส่ง และน้ำที่ใช้ในโรงไฟฟ้า จะหมุนเวียนใช้ในภายในกระบวนการผลิต ดังแสดงบัญชีรายการจากการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในรูปที่ 4.9

โรงสีข้าวกรณีศึกษาบางแห่ง มีการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้งานเอง โดยใช้แกลบจากกระบวนการสีข้าวเป็นเชื้อเพลิง มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อทำให้เกิดพลังงาน จึงทำให้มีการปลดปล่อยอากาศเสียจากปล่องของเตาเผา ซึ่งมีคุณสมบัติของอากาศดังนี้ คือ ปริมาณก๊าซ NO_x 120-200 และก๊าซ SO_2 0-30 โดยค่ามาตรฐานตามประกาศประทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโงงาน พ.ศ.2548 ระบุว่าปริมาณก๊าซ CO ที่ปล่อยจากโรงงานที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงต้องมีค่าไม่เกิน 690 ppm ส่วนก๊าซ NO_x และ SO_2 ขึ้นอยู่กับประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548)

3) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

การแปรรูปในโรงสีข้าว ปัจจุบันต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาทำการสีข้าว ซึ่งต้นทุนในการผลิตมีราคาสูง จึงมีการนำแกลบซึ่งเป็นผลพลอยได้ของการสีข้าวมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าใช้ภายในโรงสี

การใช้ไฟฟ้าภายในโรงสีข้าวประเภทนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือไฟฟ้านำเข้าจากการไฟฟ้าภูมิภาคและไฟฟ้าที่ผลิตใช้เองในโรงสีโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากกำลังการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบไม่พอใช้ในโรงสีจึงต้องมีการซื้อไฟฟ้าจากภายนอกเพิ่มเติมโดยส่วนใหญ่เนื่องจากกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าแกลบน้อย เพราะราคาแพง



รูปที่ 4.9 บัญชีรายการพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วัตถุดิบ ปริมาณ หน่วย

แกลบ 2 กิโลกรัม

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนทั้งหมดได้มาจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแห่งชาติ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มาจาก ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานน้ำ โดยการใช้พลังงานร่วมกันทั้ง 2 ประเภท จากการเก็บตัวอย่างข้อมูลโรงสีข้าว พบว่ามีโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานทั้งสองชนิดร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ เป็นสัดส่วนด้านการใช้ไฟฟ้า 66 : 34 ของการใช้ไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบ ตามลำดับ แม้โรงสีข้าวที่ทำการศึกษาจะใช้พลังงานจากแกลบเป็นหลัก แต่ก็มีบางส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น แสงสว่าง เครื่องจักรที่ใช้ สีข้าว พัดลมดูดอากาศ เป็นต้น

วัตถุดิบรอง ปริมาณ หน่วย

น้ำ 2.4 ลิตร

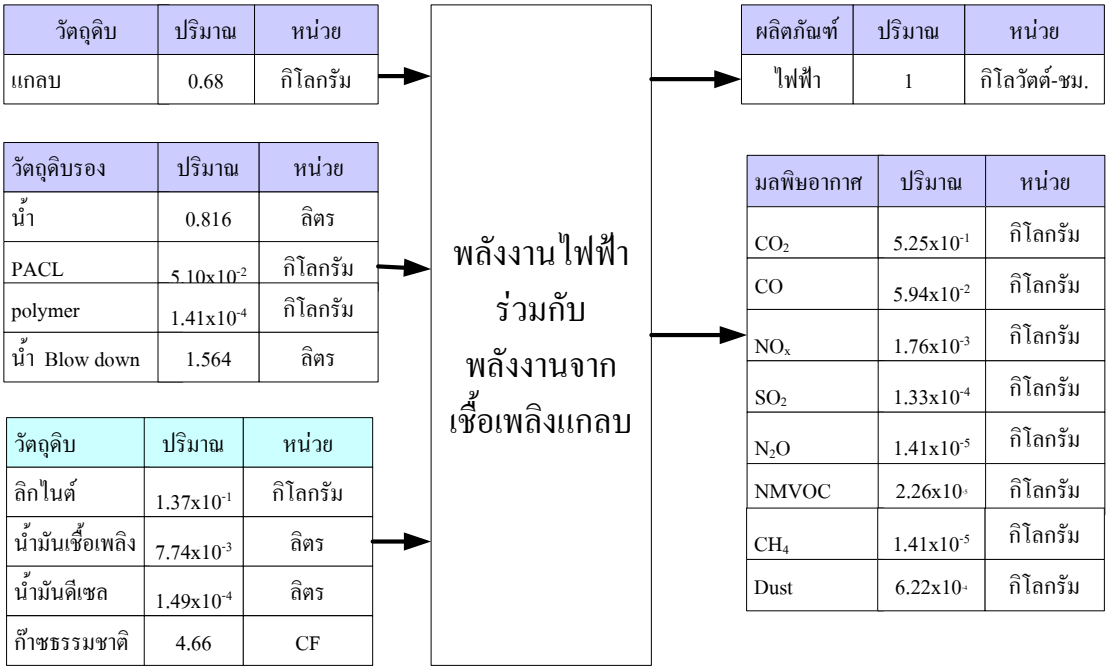
PAC 1.51×10^{-2} กิโลกรัม

polymer 4.15×10^{-4} กิโลกรัม

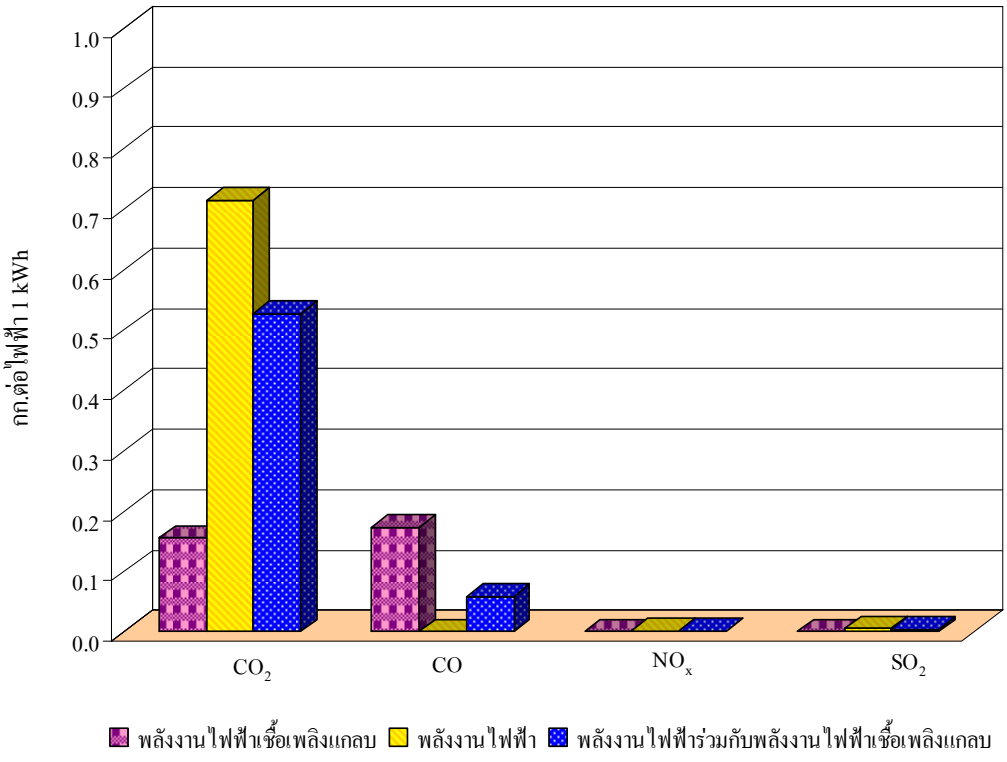
น้ำ Blow down 4.6 ลิตร

ในปัจจุบันโรงสีในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโรงสีประเภทที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ เพราะสามารถลดต้นทุนการผลิตในด้านค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าได้และสามารถนำแกลบไปใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด จากบัญชีรายการพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบดังแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่ามีการปลดปล่อยมลพิษจากไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชม. ได้แก่ก๊าซ CO_2 CO NO_x SO_2 NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compound) สารเคมีระเหยได้ที่ไม่ใช่มีเทน และมลสารอื่น ๆ และทำการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซมลพิษ

โรงสีทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมา ทำการเปรียบเทียบจากการผลิตไฟฟ้า 1 kWh และสัดส่วนการใช้งานโรงสี 3 ประเภทจากโรงสีกรณีศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4.11 พบว่า โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวมีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด และโรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างเดียวปล่อยก๊าซ CO มากที่สุด ส่วนโรงสีที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบมีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด และการใช้พลังงานไฟฟ้าปลดปล่อยมลพิษมากกว่าพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ



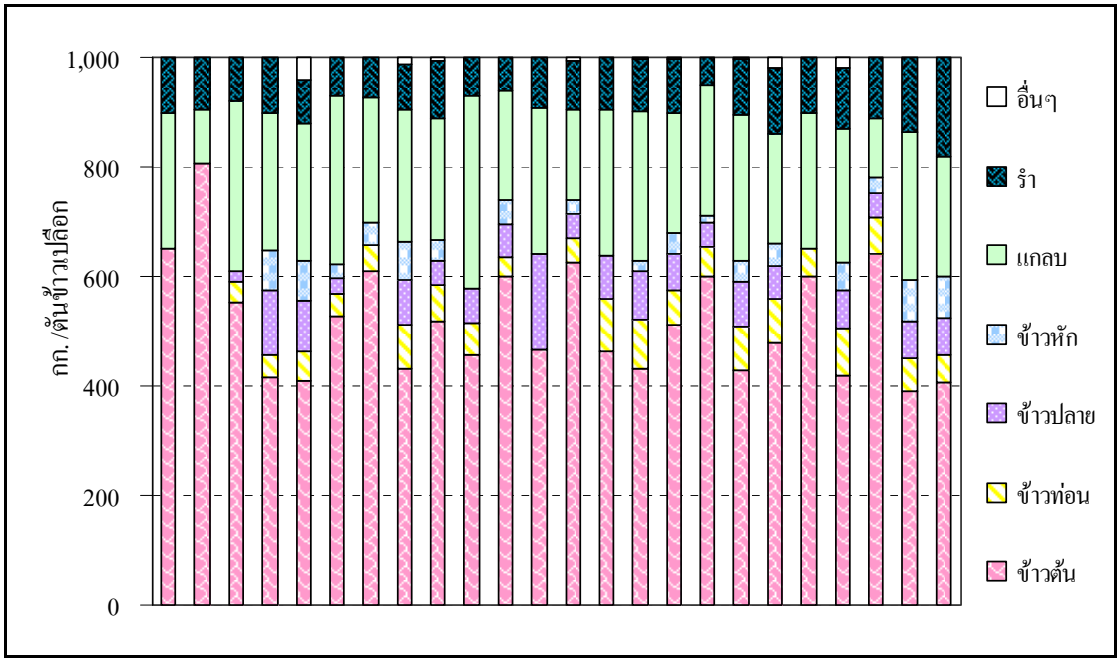
รูปที่ 4.10 บัญชีรายการพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ



รูปที่ 4.11 การปลดปล่อยก๊าซมลพิษอากาศของโรงสีเปรียบเทียบกัน 3 ประเภทตามการใช้พลังงาน

4.2.3.2 กระบวนการผลิตในโรงสีข้าว

การแปรรูปข้าวในโรงสี จากข้าวเปลือกมีกระบวนการดังนี้ ข้าวเปลือกเมื่อผ่านตะแกรงทำความสะอาด ที่เรียกว่า ตะแกรงกระเทาะ จากนั้นจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก แบบจานหมุนที่เรียกว่า หินข้าวดำ ทำการกะเทาะข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง ในอัตราส่วนข้าวกล้องต่อข้าวเปลือก 80 : 20 แกลบจะถูกพัดลมดูดออกไป ที่เหลือเป็นข้าวผสมระหว่างข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ก็จะถูกส่งไปแยกออกจากกัน โดยเครื่องตะแกรงโยก ก็จะได้ข้าวกล้องล้วนและข้าวเปลือกล้วน ๆ โดยข้าวเปลือกจะถูกส่งกลับไปกะเทาะเปลือกออกอีกครั้ง ส่วนข้าวกล้องก็จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องขัดขาวหรือที่เรียกว่า หินข้าวขาว ข้าวขาวที่ออกมาจากหินขัดข้าวครั้งสุดท้าย จะเป็นข้าวรวม คือ มีทั้งข้าวต้น และข้าวหัก ขนาดต่าง ๆ กัน ปนกัน จึงต้องมีระบบการคัดแยกข้าวต้น ข้าวหักใหญ่ (ข้าวท่อน) ข้าวหักเล็ก และข้าวปลายออกจากกันทั้งนี้เพราะราคาขายข้าวแต่ละขนาดต่างกัน ข้าวขนาดต่าง ๆ ที่เป็นผลผลิตจากการสีมีปริมาณแตกต่างกันตามประสิทธิภาพของแต่ละโรงสี ทั้งนี้รูปที่ 4.12 แสดงผลผลิตที่แตกต่างกันจากโรงสีกรณีศึกษาจำนวน 24 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วข้าวเปลือก 1 ตันจะมีผลผลิตเป็นข้าวต้น 410 กก. ข้าวปลาย 90 กก. ข้าวหักใหญ่ (ข้าวท่อน) 55 กก. ข้าวหักเล็ก 75 กก. รำข้าว 150 กก. และแกลบ 250 กก.ตามลำดับ



รูปที่ 4.12 ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากโรงสีข้าวกรณีศึกษา 24 แห่ง

จากการสำรวจและศึกษากระบวนการผลิตของโรงสีข้าว พบว่าในกระบวนการผลิต มีน้ำเสียเกิดขึ้นน้อยมาก เนื่องจากน้ำใช้ในโรงงานจะเป็นส่วนของการขัดสีของเมล็ดข้าว ซึ่งใช้ในปริมาณไม่มาก ประมาณ 2000 ลิตรต่อตันข้าวเปลือก และไม่เหลือปล่อยทิ้งออกมา ดังนั้นน้ำเสียส่วนมากในโรงงานมาจากการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของพนักงาน

ด้านมลพิษน้ำ การใช้น้ำภายในโรงสีข้าว ส่วนใหญ่ได้มาจากแหล่งน้ำชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง โดยโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่งมีการใช้น้ำประมาณ 2000 ลิตรต่อตันข้าวเปลือก มีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำ ด้วยการตกตะกอนด้วยสารส้ม แล้วนำมากรอง และทำการแลกเปลี่ยนไอออน ได้น้ำสะอาดเข้าสู่กระบวนการผลิต น้ำใช้ในกระบวนการสีข้าวจะมีการใช้น้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้น้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงสี คือใช้ประมาณ 3000 ลิตรต่อกิโลวัตต์ เพื่อใช้ในการขัดสีข้าวโดยน้ำเสียส่วนนี้จะมีถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ แต่จะมีกรณีที่เป็นโรงสีข้าวผลิตข้าวนึ่ง จะมีการใช้น้ำในการผลิต น้ำเสียในโรงสีส่วนใหญ่จึงมาจากสำนักงานและบ้านพักคนงานภายในโรงสี ดังรูปที่ 4.13 แสดงแหล่งกำเนิดมลพิษจากกระบวนการสีข้าว

ด้านมลพิษจากขยะ และกากของเสีย ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นปัญหาไม่รุนแรง เนื่องจากไม่ว่าจะเป็น เศษหิน เศษดิน ทราย และเศษเหล็ก ซึ่งติดมากับข้าวเปลือกสามารถจำหน่ายได้ ส่วนแกลบจากการสีข้าวเปลือกนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงาน โดยขี้เถ้าที่ได้จะนำไปขาย นอกจากนี้ยังมีซังข้าว ขี้ลีบและเศษฟาง ซึ่งจะนำมาทำปุ๋ยหมัก มูลฝอยที่พบรองลงมาได้แก่ พลาสติก กระดาษ และเศษอาหาร

ด้านมลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นในหน่วยกระบวนการผลิตของโรงสีข้าว จากการตรวจวัดระดับเสียงในหน่วยการผลิตพบว่า หน่วยการผลิตที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม ได้แก่ หน่วยเครื่องแยกหิน ชั่งน้ำหนัก กระเทาะเปลือกข้าว สีฝัดแยกแกลบ ตะแกรงโยก ขัดขาว และขัดมัน ซึ่งมีระดับเสียงอยู่ระหว่าง 90.0-93.1 เดซิเบล (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

จากการประมวลสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนโรงสีข้าวดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยในแต่ละโรงสีจะมีปริมาณข้าวเปลือกที่รับมา และกักตุนไว้ในไซโลเพื่อทำการสี โดยสารขาเข้า ประกอบด้วย วัตถุดิบหลัก คือ ข้าวเปลือก ส่วนวัตถุดิบรอง ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ โดยในโรงสีมีบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดเป็นหลัก คือ กระสอบ และถุงพลาสติก ส่วนพลังงานที่ใช้ คือ ไฟฟ้า รวมไปถึงขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งมีความสำคัญสำหรับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว มลพิษที่สำคัญได้แก่ มลพิษอากาศ เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าในโรงสีมี 3 ประเภท มลพิษอากาศที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทจึงมีความแตกต่างกัน

การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงสีข้าวแบ่งเป็น 3 ประเภท

1) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

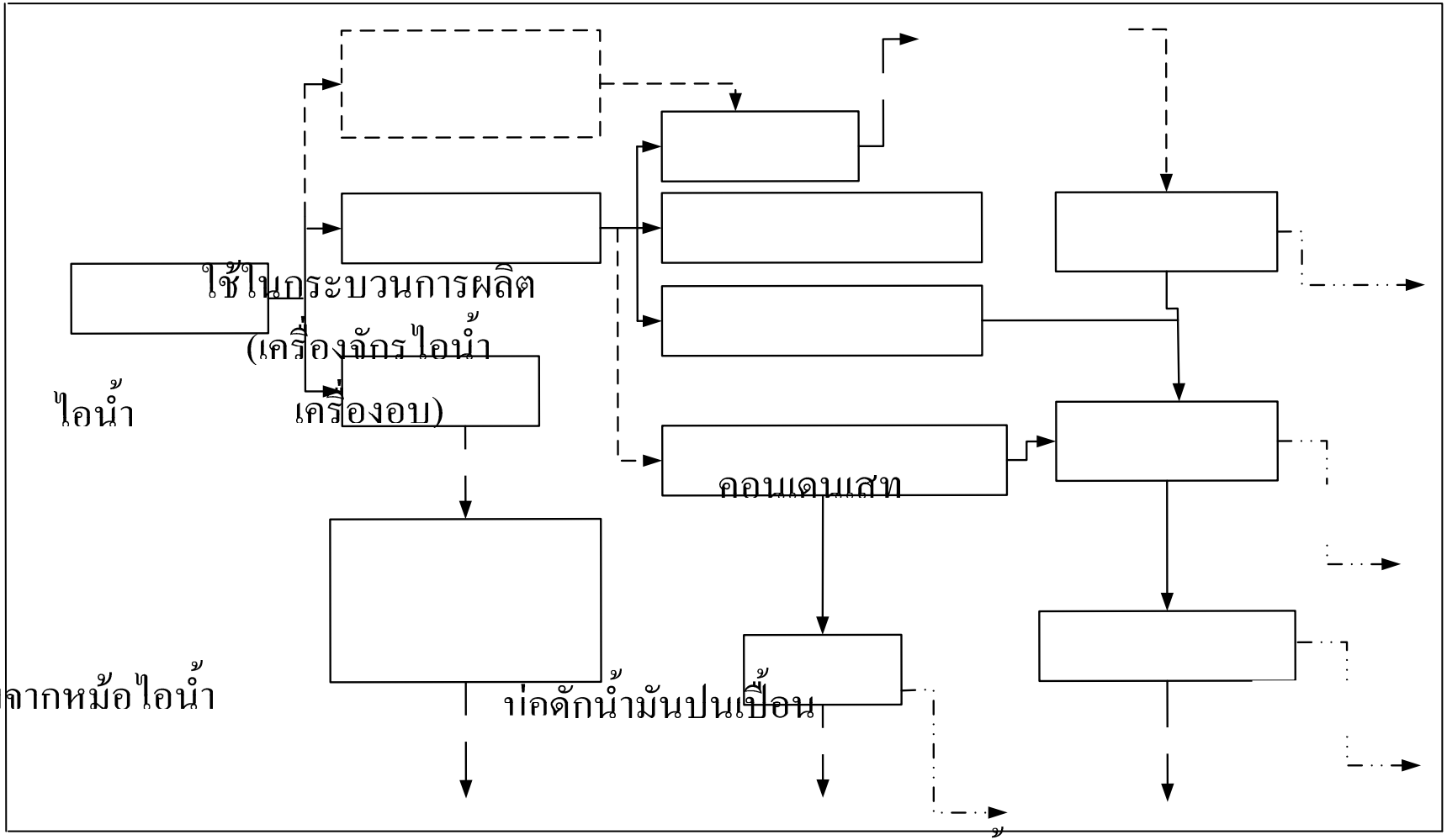
2) โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

3) โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

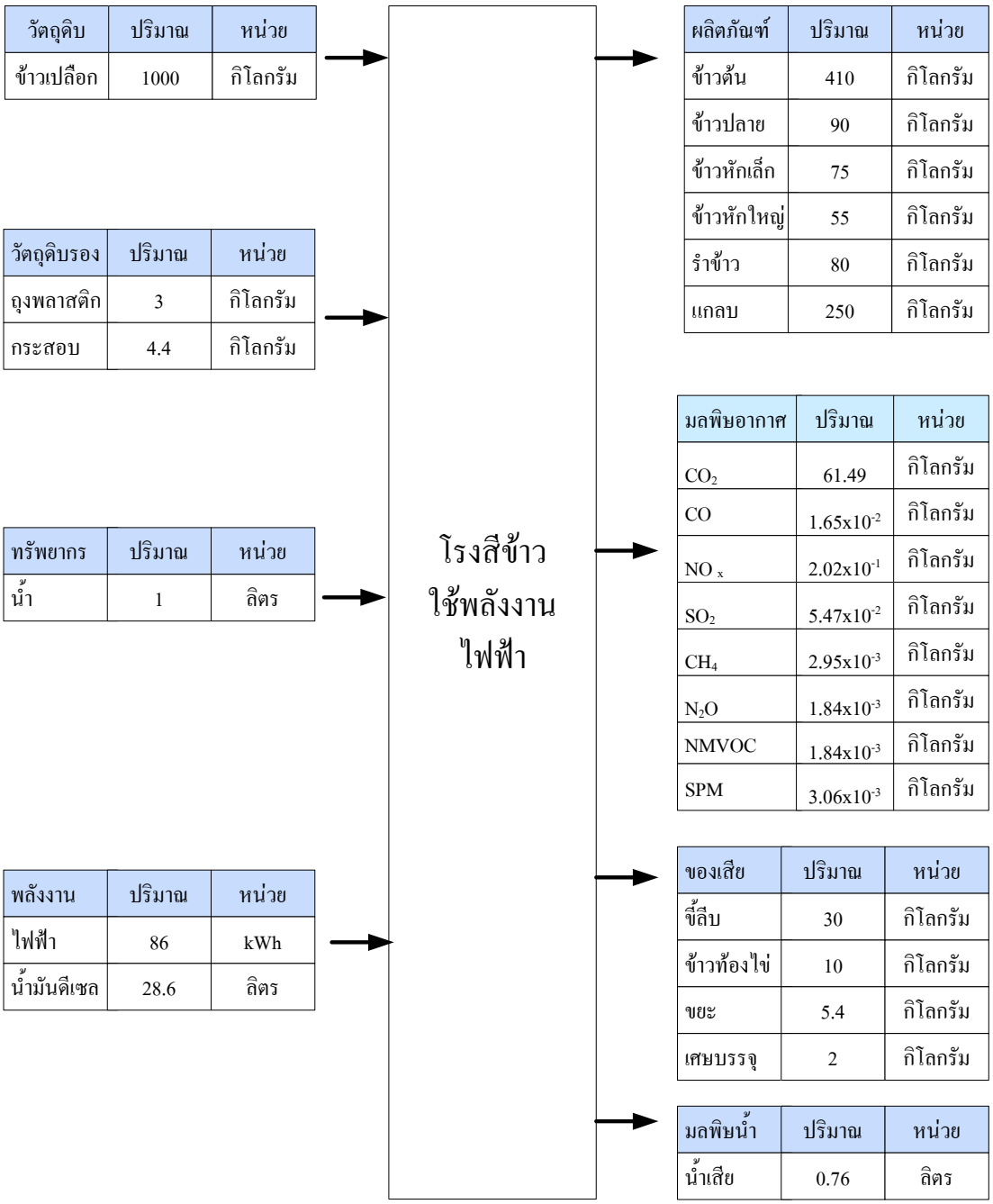
การใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมที่มีการใช้ในสัดส่วนไฟฟ้าจากแกลบ 34% และไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตผ่านการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 66% ซึ่งเป็นข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างจากโรงสีข้าวกรณีศึกษา 24 แห่ง การประเมินผลข้อมูลที่กล่าวมา สามารถจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 4.14-4.16 จากการทำบัญชีรายการในขั้นตอนโรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว ส่วนขาเข้าพบว่า ข้าวเปลือก 1 ตันที่เข้าสู่โรงสีมีการใช้ไฟฟ้าประมาณ 86 kWh ในการสีข้าว และมีการใช้น้ำในการสีข้าวประมาณ 1 ลิตร เพื่อใช้ล้างและทำความสะอาดเมล็ดข้าว วัตถุดิบที่ใช้ในโรงสีอีกประเภท คือ การใช้บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุงพลาสติก และกระสอบ ซึ่งในประเทศไทยไม่มีฐานข้อมูลวงจรชีวิตของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ในงานวิจัยนี้จึงไม่มีการประเมินมลพิษเกี่ยวเนื่องไปถึงการปลดปล่อยมลพิษจากบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ข้าว

จากบัญชีรายการส่วนขาออกการสีข้าว พบว่ามีการปลดปล่อยมลพิษอากาศในรูปก๊าซ CO_2, CO, NO_x, SO_2, CH_4, N_2O, NMVOC และ SPM ซึ่งมลสารเหล่านี้ เป็นสารตั้งต้นของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ ที่นำมาพิจารณาในการประเมินวงจรชีวิตในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาบัญชีรายการใช้พลังงานในโรงสีข้าว พบว่ามีการปลดปล่อยมลพิษแตกต่างกันตามวัตถุดิบตั้งต้นของพลังงานที่ใช้ แต่เนื่องจากประเทศไทยขาดฐานข้อมูลวงจรชีวิตของวัตถุดิบสารตั้งต้นของพลังงาน ในการวิจัยจึงมาสามารถครอบคลุมถึงสาเหตุที่มาของวัตถุดิบตั้งต้นได้ จึงพิจารณาจากการใช้พลังงานในการสีข้าว โดยการสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวมีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศมากกว่าการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ และการใช้พลังงานร่วมกันระหว่างการพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ ก็มีการใช้พลังงานลดลงจากการใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ากับพลังงานเชื้อเพลิงแกลบได้จากการสำรวจข้อมูลของโรงสีกรณีศึกษาเป็นสัดส่วนร้อยละ 66 : 34 เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงแกลบมีการลงทุนสูง โรงสีขนาดเล็กที่มีกำลังการผลิตต่ำจึงยังเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว และปัจจุบันเมื่อนิยมใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเพิ่มขึ้น ราคาแกลบในท้องตลาดจึงเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย การลงทุนของโรงสีจึงต้องพิจารณาผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุนของโรงสีในการเลือกใช้เชื้อเพลิง



รูปที่ 4.13 ผังแสดงแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำจากกระบวนการสีข้าว (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวเปลือก	1000	กิโลกรัม

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
ถุงพลาสติก	3	กิโลกรัม
กระสอบ	4.4	กิโลกรัม

ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	1	ลิตร

พลังงาน	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	86	kWh
น้ำมันดีเซล	28.6	ลิตร

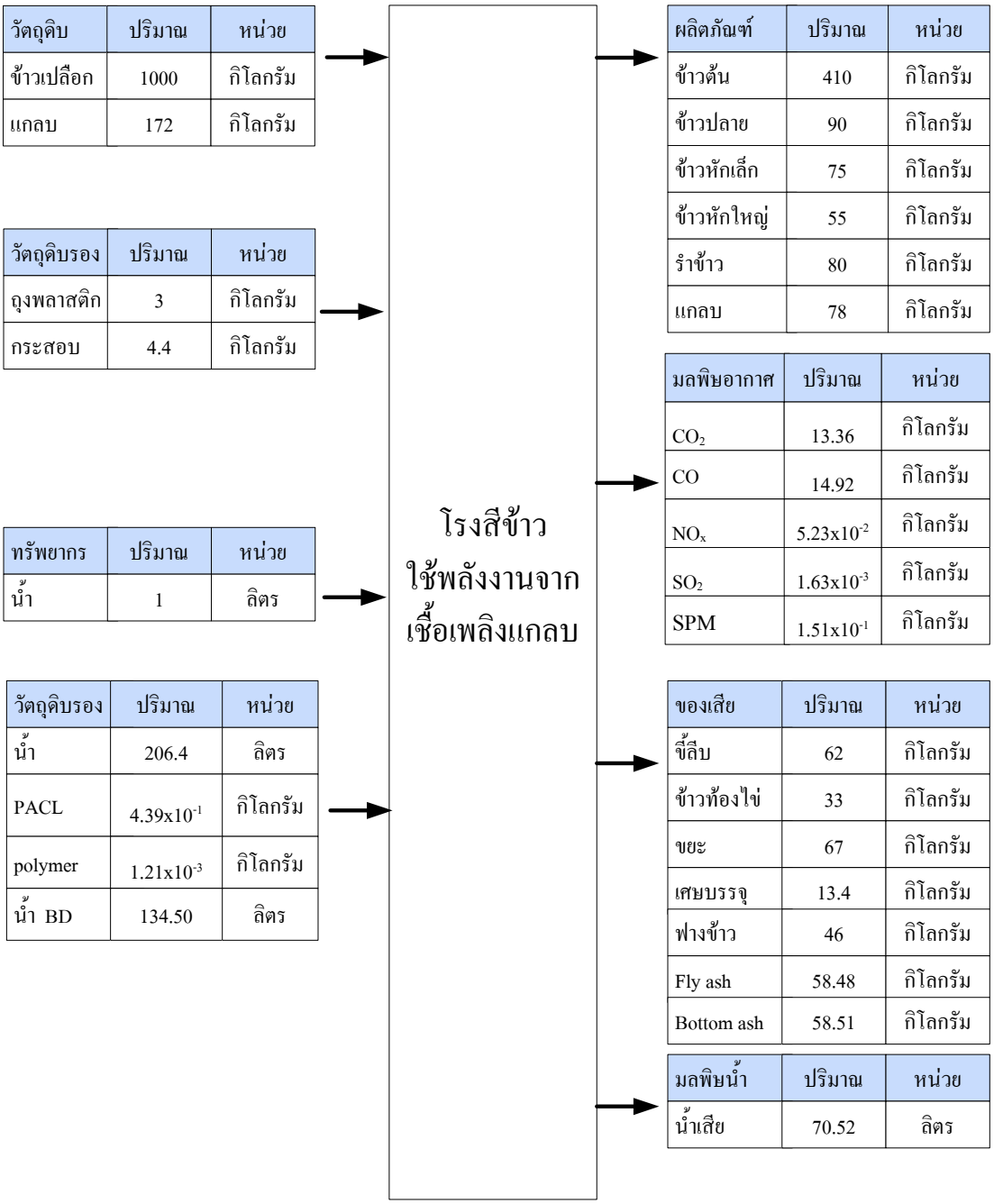
ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวต้น	410	กิโลกรัม
ข้าวปลาย	90	กิโลกรัม
ข้าวหักเล็ก	75	กิโลกรัม
ข้าวหักใหญ่	55	กิโลกรัม
รำข้าว	80	กิโลกรัม
แกลบ	250	กิโลกรัม

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	61.49	กิโลกรัม
CO	$1.65x10^{-2}$	กิโลกรัม
NO_x	$2.02x10^{-1}$	กิโลกรัม
SO_2	$5.47x10^{-2}$	กิโลกรัม
CH_4	$2.95x10^{-3}$	กิโลกรัม
N_2O	$1.84x10^{-3}$	กิโลกรัม
NMVOC	$1.84x10^{-3}$	กิโลกรัม
SPM	$3.06x10^{-3}$	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ขี้ลีบ	30	กิโลกรัม
ข้าวท้องไข่	10	กิโลกรัม
ขยะ	5.4	กิโลกรัม
เศษบรรจุ	2	กิโลกรัม

มลพิษน้ำ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.76	ลิตร

รูปที่ 4.14 บัญชีรายการโรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้า



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวเปลือก	1000	กิโลกรัม
แกลบ	172	กิโลกรัม

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
ถุงพลาสติก	3	กิโลกรัม
กระสอบ	4.4	กิโลกรัม

ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	1	ลิตร

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	206.4	ลิตร
PACL	4.39×10^{-1}	กิโลกรัม
polymer	1.21×10^{-3}	กิโลกรัม
น้ำ BD	134.50	ลิตร

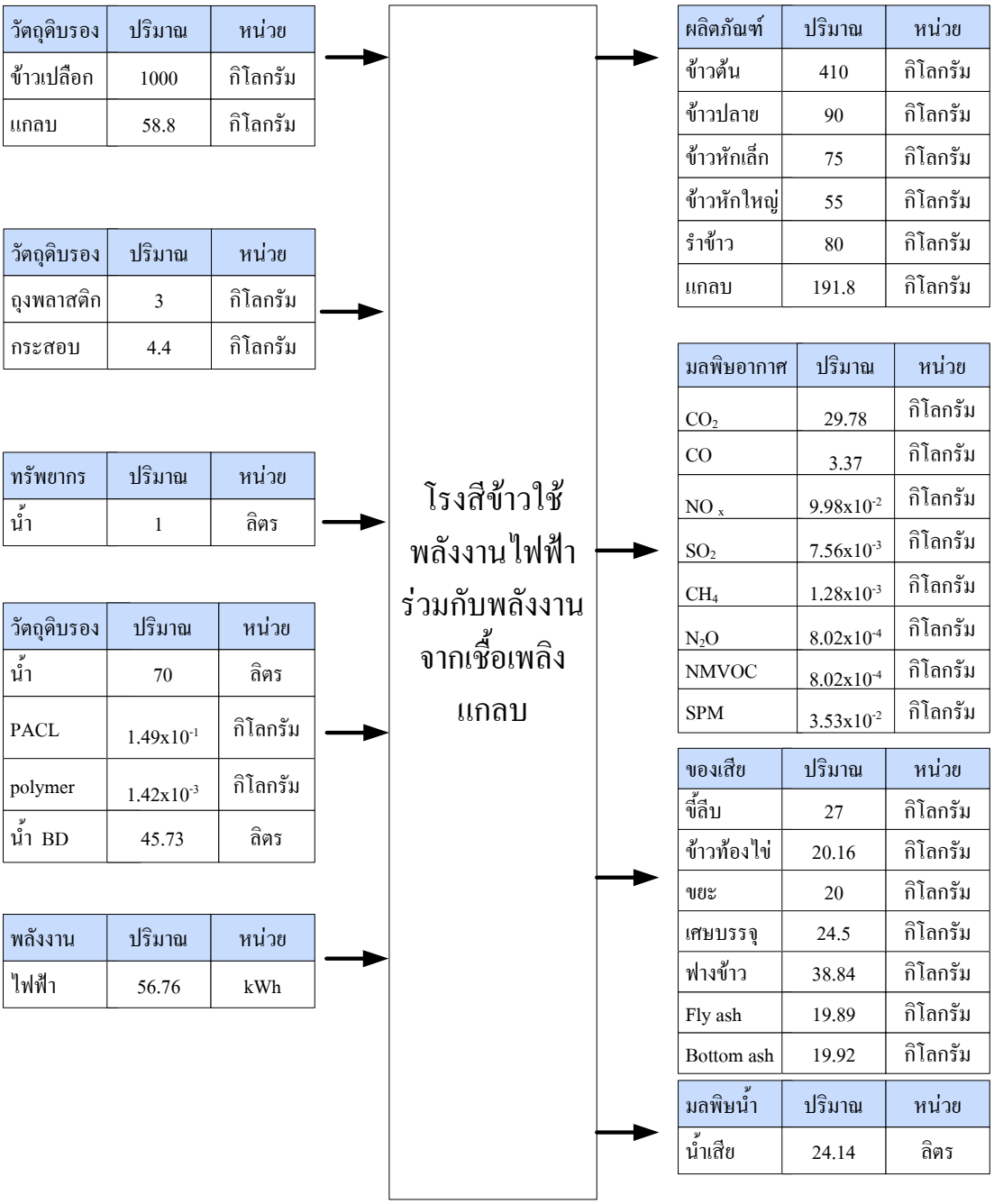
ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวต้น	410	กิโลกรัม
ข้าวปลาย	90	กิโลกรัม
ข้าวหักเล็ก	75	กิโลกรัม
ข้าวหักใหญ่	55	กิโลกรัม
รำข้าว	80	กิโลกรัม
แกลบ	78	กิโลกรัม

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	13.36	กิโลกรัม
CO	14.92	กิโลกรัม
NO_x	5.23×10^{-2}	กิโลกรัม
SO_2	1.63×10^{-3}	กิโลกรัม
SPM	1.51×10^{-1}	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ขี้ลีบ	62	กิโลกรัม
ข้าวท้องไข่	33	กิโลกรัม
ขยะ	67	กิโลกรัม
เศษบรรจุ	13.4	กิโลกรัม
ฟางข้าว	46	กิโลกรัม
Fly ash	58.48	กิโลกรัม
Bottom ash	58.51	กิโลกรัม

มลพิษน้ำ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	70.52	ลิตร

รูปที่ 4.15 บัญชีรายการ โรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ



วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวเปลือก	1000	กิโลกรัม
แกลบ	58.8	กิโลกรัม

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
ถุงพลาสติก	3	กิโลกรัม
กระสอบ	4.4	กิโลกรัม

ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	1	ลิตร

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	70	ลิตร
PACL	1.49×10^{-1}	กิโลกรัม
polymer	1.42×10^{-3}	กิโลกรัม
น้ำ BD	45.73	ลิตร

พลังงาน	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	56.76	kWh

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวต้น	410	กิโลกรัม
ข้าวปลาย	90	กิโลกรัม
ข้าวหักเล็ก	75	กิโลกรัม
ข้าวหักใหญ่	55	กิโลกรัม
รำข้าว	80	กิโลกรัม
แกลบ	191.8	กิโลกรัม

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	29.78	กิโลกรัม
CO	3.37	กิโลกรัม
NO_x	9.98×10^{-2}	กิโลกรัม
SO_2	7.56×10^{-3}	กิโลกรัม
CH_4	1.28×10^{-3}	กิโลกรัม
N_2O	8.02×10^{-4}	กิโลกรัม
NMVOC	8.02×10^{-4}	กิโลกรัม
SPM	3.53×10^{-2}	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ขี้ลีบ	27	กิโลกรัม
ข้าวท้องไข่	20.16	กิโลกรัม
ขยะ	20	กิโลกรัม
เศษบรรจุ	24.5	กิโลกรัม
ฟางข้าว	38.84	กิโลกรัม
Fly ash	19.89	กิโลกรัม
Bottom ash	19.92	กิโลกรัม

มลพิษน้ำ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	24.14	ลิตร

รูปที่ 4.16 บัญชีรายการ โรงสีข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

4.2.4 สรุปบัญชีรายการวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตโดยการใช้พลังงานไฟฟ้า มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศมากกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตจากการใช้พลังงานอีก 2 ประเภท โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษจากเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไฟฟ้า ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งให้ความร้อน รวมถึงการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และน้ำมันเตา (Fuel Oil) เป็นต้น โดยใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น (Feedstocks) สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จะเห็นว่าวัตถุดิบตั้งต้นของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีล้วนมาจากผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมสามารถแบ่งตามการใช้ประโยชน์หลัก โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะต่าง ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติเหลว (NGL) น้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันดีเซล (Diesel) และน้ำมันเครื่องบิน (JET A1) เป็นต้น หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งให้ความร้อน รวมถึงการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และน้ำมันเตา (Fuel Oil) เป็นต้น การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวในการวิจัยนี้ ไม่มีฐานข้อมูลวงจรชีวิตของวัตถุดิบตั้งต้นในส่วนการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวจึงไม่ครอบคลุมผลกระทบจากสารเหล่านี้ และไม่ครอบคลุมถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ข้าวด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันนี้

4.2.4.1 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว โรงสีที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

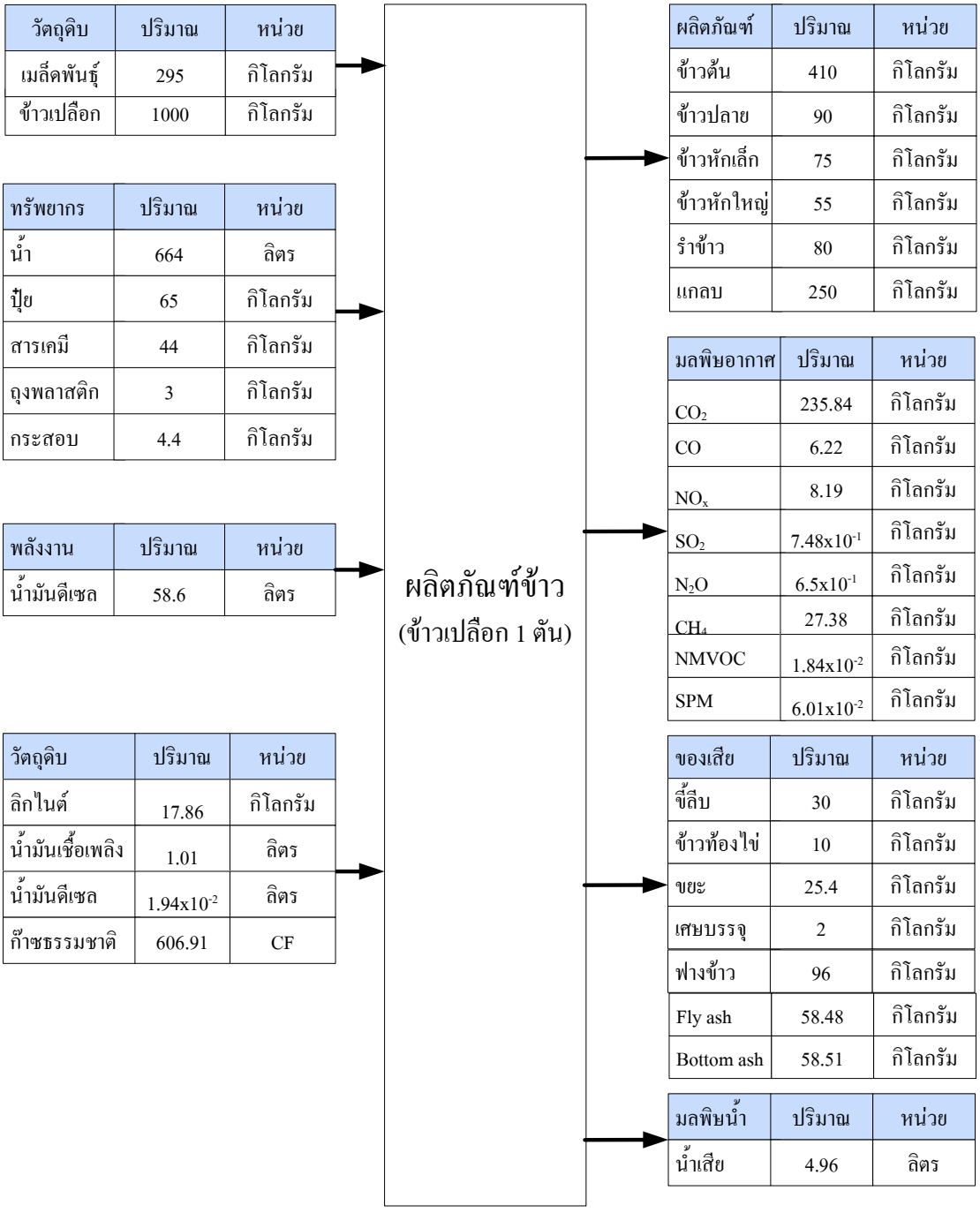
จากบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.17 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงสีข้าวก่อเกิดการปลดปล่อยมลพิษจากการใช้ไฟฟ้าและวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าจำนวน 86 kWh ต่อตันข้าวเปลือก

4.2.4.2 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

จากบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 พบว่าการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบมาใช้ผลิตไฟฟ้าในโรงสีข้าว ทำให้มีการปลดปล่อยมลพิษต่างจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจึงก่อให้เกิดผลกระทบแตกต่างจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

4.2.4.3 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

จากบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ พบว่ามีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.19



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
เมล็ดพันธุ์	295	กิโลกรัม
ข้าวเปลือก	1000	กิโลกรัม

ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	664	ลิตร
ปุ๋ย	65	กิโลกรัม
สารเคมี	44	กิโลกรัม
ถุงพลาสติก	3	กิโลกรัม
กระสอบ	4.4	กิโลกรัม

พลังงาน	ปริมาณ	หน่วย
น้ำมันดีเซล	58.6	ลิตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ลิกไนต์	17.86	กิโลกรัม
น้ำมันเชื้อเพลิง	1.01	ลิตร
น้ำมันดีเซล	1.94×10^{-2}	ลิตร
ก๊าซธรรมชาติ	606.91	CF

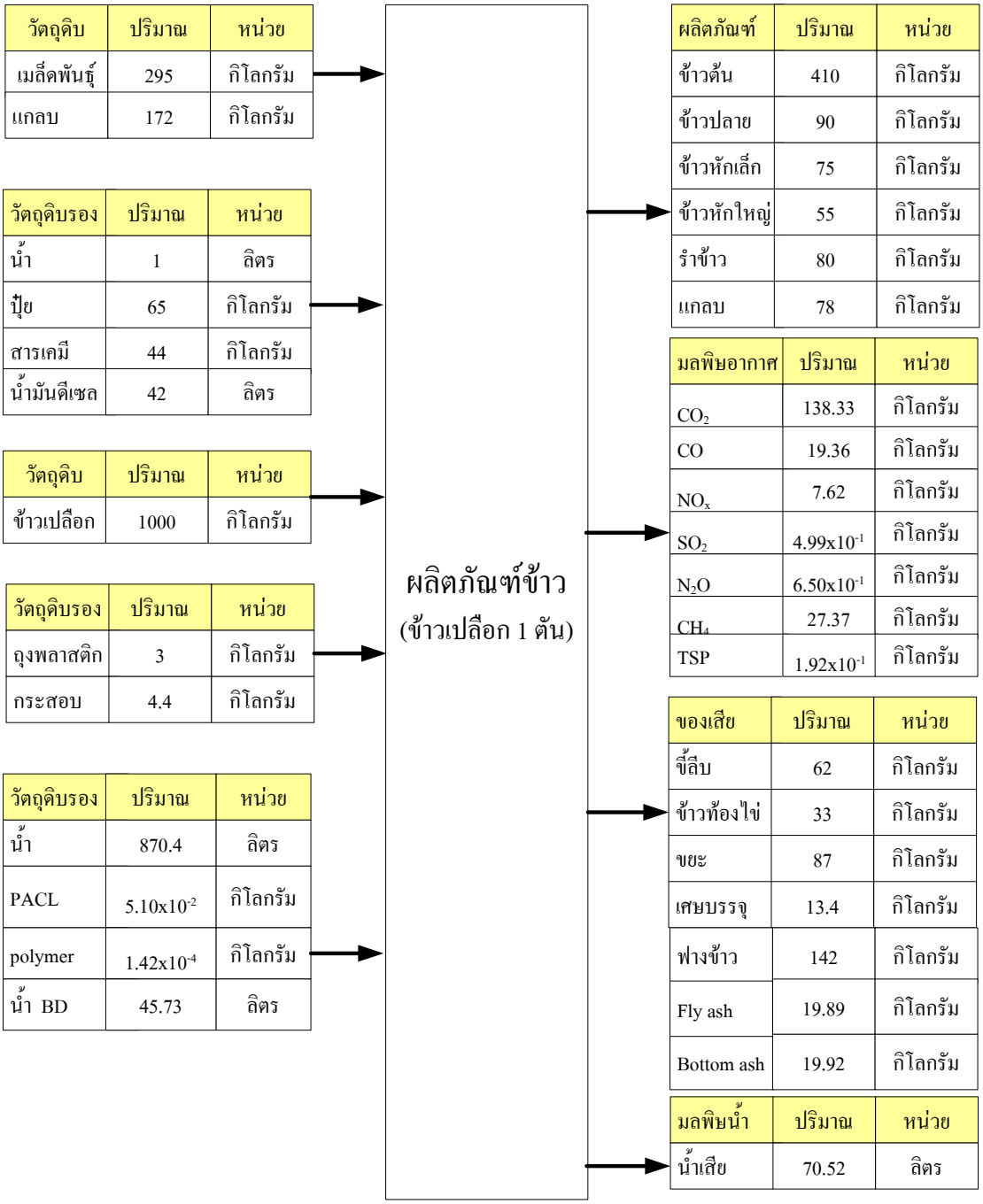
ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวต้น	410	กิโลกรัม
ข้าวปลาย	90	กิโลกรัม
ข้าวหักเล็ก	75	กิโลกรัม
ข้าวหักใหญ่	55	กิโลกรัม
รำข้าว	80	กิโลกรัม
แกลบ	250	กิโลกรัม

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	235.84	กิโลกรัม
CO	6.22	กิโลกรัม
NO_x	8.19	กิโลกรัม
SO_2	7.48×10^{-1}	กิโลกรัม
N_2O	6.5×10^{-1}	กิโลกรัม
CH_4	27.38	กิโลกรัม
NMVOC	1.84×10^{-2}	กิโลกรัม
SPM	6.01×10^{-2}	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ขี้ลีบ	30	กิโลกรัม
ข้าวท้องไข่	10	กิโลกรัม
ขยะ	25.4	กิโลกรัม
เศษบรรจุ	2	กิโลกรัม
ฟางข้าว	96	กิโลกรัม
Fly ash	58.48	กิโลกรัม
Bottom ash	58.51	กิโลกรัม

มลพิษน้ำ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	4.96	ลิตร

รูปที่ 4.17 บัญชีรายการวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.18 บัญชีรายการวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
เมล็ดพันธุ์	295	กิโลกรัม
ข้าวเปลือก	1000	กิโลกรัม
แกลบ	58.8	กิโลกรัม

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	664	ลิตร
ปุ๋ย	65	กิโลกรัม
สารเคมี	44	กิโลกรัม
ถุงพลาสติก	3	กิโลกรัม
กระสอบ	4.4	กิโลกรัม

พลังงาน	ปริมาณ	หน่วย
น้ำมันดีเซล	52.96	ลิตร

วัตถุดิบรอง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	70	ลิตร
PACL	5.10×10^{-2}	กิโลกรัม
polymer	1.42×10^{-4}	กิโลกรัม
น้ำ BD	45.73	ลิตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ลิกไนต์	6.15	กิโลกรัม
น้ำมันเชื้อเพลิง	0.35	ลิตร
น้ำมันดีเซล	6.69×10^{-3}	ลิตร
ก๊าซธรรมชาติ	209.36	CF

ผลิตภัณฑ์ข้าว
(ข้าวเปลือก 1 ตัน)

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวต้น	410	กิโลกรัม
ข้าวปลาย	90	กิโลกรัม
ข้าวหักเล็ก	75	กิโลกรัม
ข้าวหักใหญ่	55	กิโลกรัม
รำข้าว	80	กิโลกรัม
แกลบ	191.8	กิโลกรัม

มลพิษอากาศ	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	187.35	กิโลกรัม
CO	8.98	กิโลกรัม
NO_x	7.95	กิโลกรัม
SO_2	0.63	กิโลกรัม
N_2O	0.65	กิโลกรัม
CH_4	27.37	กิโลกรัม
NMVOC	8.02×10^{-4}	กิโลกรัม
SPM	8.69×10^{-2}	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ขี้ลีบ	27	กิโลกรัม
ข้าวท้องไข่	20.16	กิโลกรรัม
ขยะ	40	กิโลกรัม
เศษบรรจุ	13.4	กิโลกรัม
เศษฟางข้าว	134.54	กิโลกรัม
Fly ash	19.89	กิโลกรัม
Bottom ash	19.92	กิโลกรัม

มลพิษน้ำ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	24.14	ลิตร

รูปที่ 4.19 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าวกรณีใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment)

ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบในขั้นตอนการเลือกประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Selection) การจำแนกกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Classification) และในขั้นตอนการตีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization) ซึ่งเป็นกระบวนการในการจัดกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อม และแปลค่าผลกระทบของสารต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของสารมลพิษหลักของกลุ่มผลกระทบนั้น โดยพิจารณาเลือกกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญเกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวจากการปริทรรศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 โดยขั้นตอนที่นำมาพิจารณานั้นเป็นขั้นตอนบังคับตาม ISO14040 (ISO, 1998)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะทำการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนคือขั้นตอนการทำนาปลูกข้าว ขั้นตอนการขนส่ง และขั้นตอนการสีข้าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการระบุความสามารถในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละขั้นตอน และนำไปพัฒนาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าวต่อไป

จากผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากบัญชีรายการดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวเปลือก 1 ตัน มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากที่สุด

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลภาวะทางอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
(หน่วยที่พิจารณา : ข้าวเปลือก 1ตัน)

มลภาวะทางอากาศ	หน่วย	นาข้าว	ขนส่ง			โรงสี		
			1)*	2)*	3)*	1)*	2)*	3)*
CO_2	กก.	-	174.35	124.97	157.56	61.49	13.36	29.78
CO	กก.	-	6.20	4.45	5.61	$1.65x10^{-2}$	14.92	3.38
NO_x	กก.	6.5	1.49	1.07	1.35	$2.02x10^{-1}$	$5.23x10^{-3}$	$9.98x10^{-2}$
SO_2	กก.	-	$6.94x10^{-1}$	$4.97x10^{-1}$	$6.27x10^{-1}$	$5.47x10^{-2}$	$1.6x10^{-3}$	$7.56x10^{-3}$
N_2O	กก.	0.65	-	-	-	$1.84x10^{-3}$		$8.02x10^{-4}$
CH_4	กก.	27.35	$2.33x10^{-2}$	$1.67x10^{-2}$	$2.10x10^{-2}$	$2.95x10^{-3}$		$1.28x10^{-3}$
SPM	กก.	-	$5.71x10^{-3}$	$4.09x10^{-3}$	$5.16x10^{-2}$	$3.06x10^{-3}$	$1.51x10^{-1}$	$3.53x10^{-2}$
NMVOC	กก.	-	-	-	-	$1.84x10^{-3}$		$8.02x10^{-4}$

หมายเหตุ : * 1) ใช้พลังงานไฟฟ้า 2) ใช้พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ 3) ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงแกลบ

4.3.1 การคัดเลือก (Selection)

การศึกษานี้ได้เลือกผลกระทบที่จะนำมาพิจารณาจากสาเหตุของการเกิดผลกระทบ ดัชนีชี้วัดผลกระทบแต่ละประเภท เช่นก๊าซ CO_2 เป็นดัชนีชี้วัดศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น และเนื่องจากในประเทศไทยมีการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารน้อยมาก การกำหนดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญจึงต้องอาศัยการพิจารณาจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุด และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุด ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 กลุ่มที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรด (Acidification Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรพลังงาน (Energy Depletion Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากร ธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ (Abiotic Depletion Potential) และศักยภาพที่ทำให้ธาตุอาหารพืชในน้ำเพิ่มขึ้น (Eutrophication Potential) และจากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่า ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นผลกระทบที่มีนัยสำคัญที่สุด เนื่องจากการปลดปล่อยสารในกลุ่มแก๊สเรือนกระจก (Green House Gas) ซึ่งเป็นสาเหตสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน

กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวได้แก่ ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรด (Acidification Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรพลังงาน (Energy Depletion Potential) ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ (Abiotic Depletion Potential) และศักยภาพที่ทำให้เกิดการเกิดปฏิกิริยายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication Potential) เนื่องจากในประเทศไทยไม่มีการกำหนดและข้อบังคับศักยภาพในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม จึงพิจารณาเลือกจากความถี่ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มักนำมาพิจารณาในการประเมินวงจรชีวิตในประเทศไทย และการรวบรวมข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ข้าว ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากทำนาข้าว การประกอบกิจการโรงสีข้าวโดยแต่ละกลุ่มมีสารบ่งชี้ดังแสดงในตารางที่ 4.9 เช่น ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มีสาร CO_2 เป็นสารบ่งชี้ การเกิดภาวะฝนกรดมีสาร SO_2 บ่งชี้ การทำให้พลังงานลดลง มีการใช้ไฟฟ้า (หน่วยการทำงาน kWh) เป็นตัวบ่งชี้ เป็นต้น

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สร้างผลกระทบมากเป็นอันดับ 2 และก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมนุษย์เป็นสาเหตุ ก๊าซมีเทนมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซต์ประมาณ 23 เท่า และมีอายุราว 12 ปี ที่มาของก๊าซมีเทน ได้แก่ ขยะอินทรีย์ที่กำลังย่อยสลาย (ในธรรมชาติและในที่ทิ้งขยะ) การเลี้ยงปศุสัตว์ และการเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังถูกปล่อยออกมาในระหว่างการผลิตและขนส่งถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะมีแหล่งธรรมชาติของก๊าซมีเทน แต่กิจกรรมมนุษย์นั้นก่อให้เกิดก๊าซมีเทนปริมาณมากในบรรยากาศ ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้เพิ่มขึ้นประมาณ 150 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่พ.ศ. 2293 และปัจจุบันอยู่ในระดับสูงขึ้นกว่าใน 400,000 ปีที่ผ่านมา เมื่อมีเทนอยู่ในบรรยากาศแล้ว จะเสื่อมสลายกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลา 2-3 ปี (กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2549)

ก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 296 เท่า และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลา 114 ปี ก๊าซนี้ถูกปล่อยออกมาโดยธรรมชาติจากมหาสมุทรและดิน แต่ไนตรัสออกไซด์ที่มนุษย์ก่อให้เกิดนั้นกำลังเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซชนิดนี้ กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซนี้ ได้แก่ เกษตรกรรม (ส่วนมากโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน) และอุตสาหกรรม และยังเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ

ตารางที่ 4.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นำมาพิจารณาในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	**Environmental Impact categories**		**Unit**
ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน	Global Warming Depletion	GWP	kg CO_2 -eq
ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด	Acidification Potential	AP	kg SO_2-eq
ศักยภาพการเกิดปฏิกิริยา Eutorphication	Eutorphication Potential	EP	kg PO_4-eq
ศักยภาพที่ทำให้พลังงานลดลง	Energy Depletion Potential	EDP	kWh
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง	Abiotic depletion Potential	ADP	kg Sb-eq

4.3.2 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification)

ข้อมูลในบัญชีรายการที่ทำการรวบรวมในขั้นตอนการทำบัญชีรายการถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ซึ่งการจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวในขั้นตอนต่าง ๆ พบว่า ทั้ง 3 ขั้นตอนของวงจรชีวิตข้าว ซึ่งการจำแนกข้อมูลในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ตามขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนของวงจรชีวิต เพื่อจัดทำบัญชีรายการ โดยทำการจำแนกผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ประเด็น ดังตารางที่ 4.10-4.16

ตารางที่ 4.10 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการปลูกข้าว

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
ปลูกข้าว	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
เมล็ดพันธุ์ (กิโลกรัม)					295
น้ำ (กิโลกรัม)					663
ปุ๋ย (กิโลกรัม)					65
สารเคมี* (กิโลกรัม)					44
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					30
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
CH_4 (กิโลกรัม)	27.35				
N_2O (กิโลกรัม)	0.65	0.65	0.65		
NO_x-NH_3 (กิโลกรัม)	6.5	6.5	6.5		
PO_4			49.0		
ขยะ (กิโลกรัม)				20	
น้ำเสีย (กิโลกรัม)					398
ฟางข้าว (กิโลกรัม)				96	

หมายเหตุ * สารเคมี หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืช/วัชพืช ยาฆ่าแมลง

ตารางที่ 4.11 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขนส่งของผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานไฟฟ้า

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
ขนส่ง	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					58.6
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
ก๊าซ CO_2 (กิโลกรัม)	174.36	174.36			
ก๊าซ CO (กิโลกรัม)	6.21				
ก๊าซ NO_x (กิโลกรัม)	1.49	1.49	1.49		
ก๊าซ SO_2 (กิโลกรัม)		$6.94x10^{-1}$			
ก๊าซ CH_4 (กิโลกรัม)	$2.3x10^{-2}$				
SPM (กิโลกรัม)	$5.71x10^{-4}$	$5.71x10^{-4}$			

ตารางที่ 4.12 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขนส่งของผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
ขนส่ง	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					42
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
ก๊าซ CO_2 (กิโลกรัม)	124.97	124.97			
ก๊าซ CO (กิโลกรัม)	4.45				
ก๊าซ NO_x (กิโลกรัม)	1.07	1.07	1.07		
ก๊าซ SO_2 (กิโลกรัม)		$4.97x10^{-1}$			
ก๊าซ CH_4 (กิโลกรัม)	$1.67x10^{-2}$				
SPM (กิโลกรัม)	$4.09x10^{-2}$	$4.09x10^{-2}$			

ตารางที่ 4.13 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขนส่งของผลิตภัณฑ์ข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
ขนส่ง	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					52.96
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
ก๊าซ CO_2 (กิโลกรัม)	157.56	157.56			
ก๊าซ CO (กิโลกรัม)	5.61				
ก๊าซ NO_x (กิโลกรัม)	1.35	1.35	1.35		
ก๊าซ SO_2 (กิโลกรัม)		$6.28x10^{-1}$			
ก๊าซ CH_4 (กิโลกรัม)	$2.10x10^{-2}$				
SPM (กิโลกรัม)	$5.16x10^{-2}$	$5.16x10^{-2}$			

ตารางที่ 4.14 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
โรงสี	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
ลิกไนต์ (กิโลกรัม)					17.86
น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)					1.01
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					$1.94x10^{-2}$
ก๊าซธรรมชาติ (CF)					606.91
น้ำ (ลิตร)					1
ถุงพลาสติก (กิโลกรัม)					3
กระสอบ (กิโลกรัม)					4.4
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
CO_2 (กิโลกรัม)	61.49	61.49			
CO (กิโลกรัม)	$1.65x10^{-2}$				
NO_x (กิโลกรัม)	$2.02x10^{-1}$	$2.02x10^{-1}$	$2.02x10^{-1}$		
SO_2 (กิโลกรัม)		$5.47x10^{-2}$			
N_2O (กิโลกรัม)	$1.84x10^{-3}$	$1.84x10^{-3}$	$1.84x10^{-3}$		
CH_4 (กิโลกรัม)	$2.95x10^{-3}$				
NMVOC (กิโลกรัม)	$1.84x10^{-3}$				
SPM (กิโลกรัม)	$3.06x10^{-3}$				
ของเสีย+ขยะ (กิโลกรัม)				47.4	
น้ำเสีย (ลิตร)				0.76	

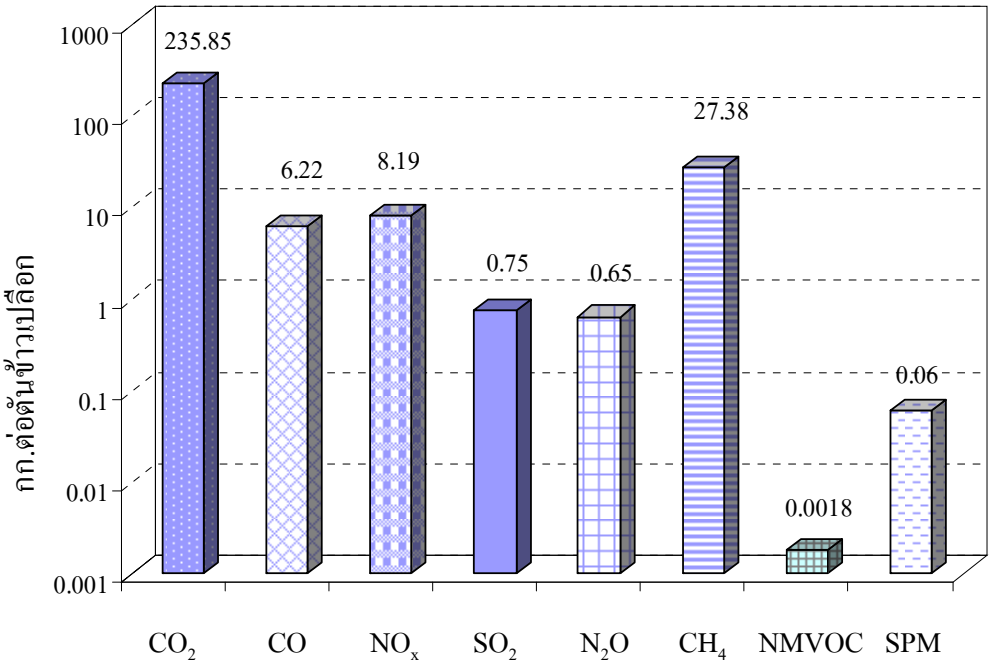
ตารางที่ 4.15 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนสีข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
โรงสี	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
แกลบ (กิโลกรัม)					172
น้ำ (ลิตร)					206.4
ถุงพลาสติก (กิโลกรัม)					3
กระสอบ (กิโลกรัม)					4.4
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
CO_2 (กิโลกรัม)	13.36				
CO (กิโลกรัม)	14.92				
NO_x (กิโลกรัม)	$5.24x10^{-2}$	$5.24x10^{-2}$	$5.24x10^{-2}$		
SO_2 (กิโลกรัม)		$1.63x10^{-2}$			
SPM (กิโลกรัม)	$1.51x10^{-1}$				
ของเสีย+ขยะ (กิโลกรัม)				173.56	
น้ำเสีย (ลิตร)				70.52	

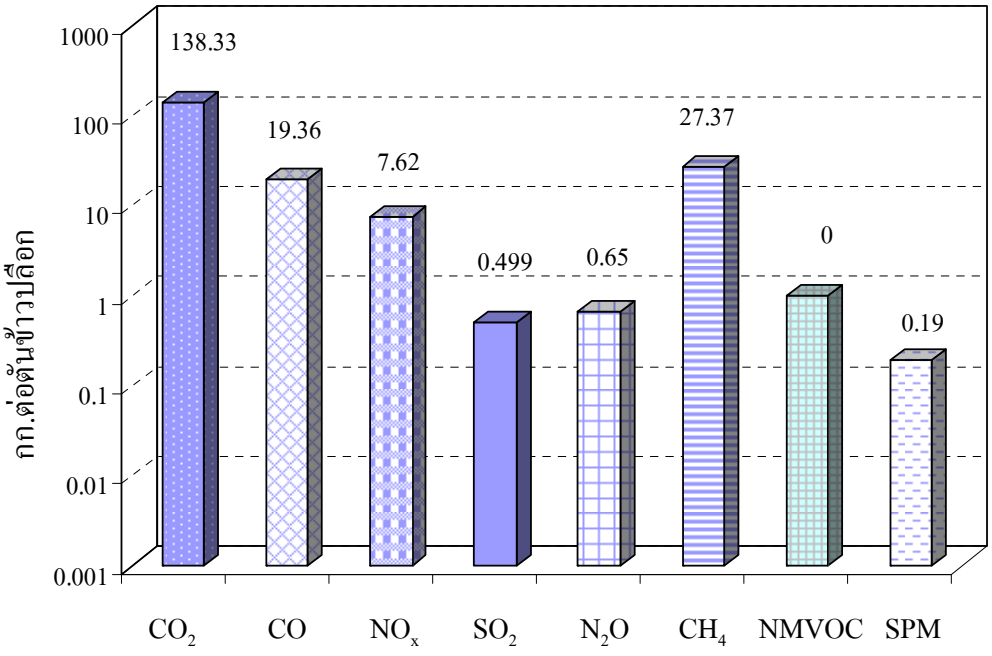
ตารางที่ 4.16 การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการขั้นตอนการแปรรูปในโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ผลกระทบสิ่งแวดล้อม**				
โรงสี	ภาวะโลกร้อน	ภาวะฝนกรด	การเพิ่มธาตุอาหาร	พลังงานลดลง	ทรัพยากรธรรมชาติลดลง
สารขาเข้า (Input)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
แกลบ (กิโลกรัม)					58.8
ลิกไนต์ (กิโลกรัม)					6.16
น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)					$3.47x10^{-1}$
น้ำมันดีเซล (ลิตร)					$6.69x10^{-3}$
ก๊าซธรรมชาติ (CF)					209.04
น้ำ (ลิตร)					70.17
ถุงพลาสติก (กิโลกรัม)					3
กระสอบ (กิโลกรัม)					4.4
สารขาออก (Output)	หน่วยต่อตันข้าวเปลือก				
CO_2 (กิโลกรัม)	29.78	29.78			
CO (กิโลกรัม)	3.370				
NO_x (กิโลกรัม)	$9.98x10^{-2}$	$9.98x10^{-2}$	$9.98x10^{-2}$		
SO_2 (กิโลกรัม)		$7.56x10^{-3}$			
N_2O (กิโลกรัม)	$8.02x10^{-4}$	$8.02x10^{-4}$	$8.02x10^{-4}$		
CH_4 (กิโลกรัม)	$1.28x10^{-3}$				
NMVOC (กิโลกรัม)	$8.02x10^{-4}$				
SPM (กิโลกรัม)	$3.53x10^{-2}$				
ของเสีย+ขยะ (กิโลกรัม)				106	
น้ำเสีย (ลิตร)				24.14	

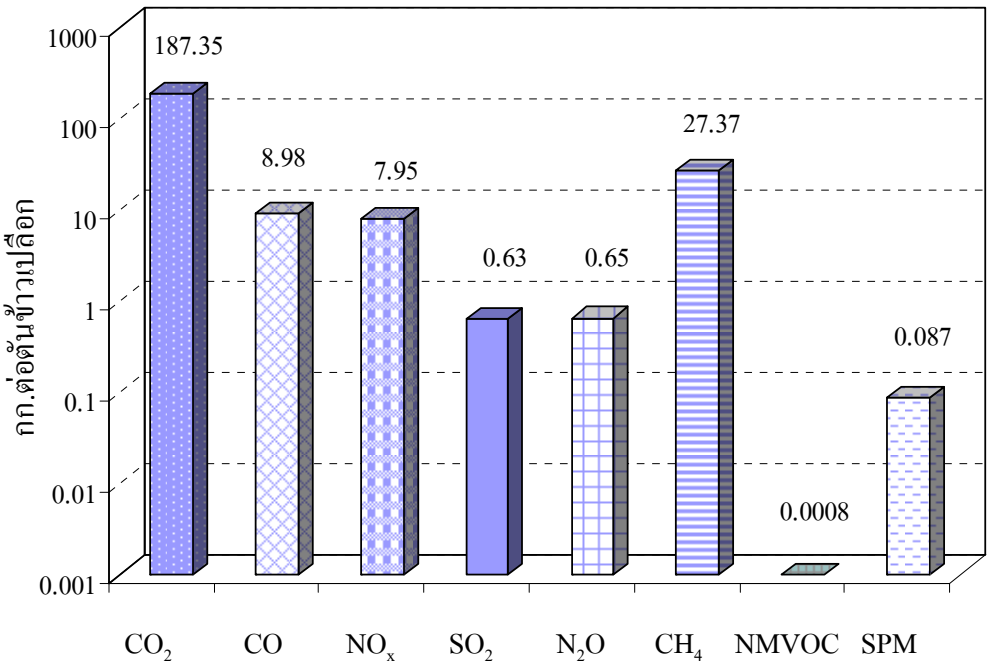
การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเป็นสำคัญ โดยมีสารมลพิษได้แก่ CO_2 CO NO_x SO_2 N_2O CH_4 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่มิใช่มีเทน (Non-Methane Volatile Organic Compounds หรือเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า NMVOC) และฝุ่นทั่วไป (TSP) ดังแสดงในรูปที่ 4.20-4.22 โดยก๊าซมลพิษที่มีการปลดปล่อยมากที่สุดคือ ก๊าซ CO_2 ประมาณ 87 กิโลกรัมต่อข้าวเปลือก 1 ตัน ซึ่งปล่อยมากที่สุดในขั้นตอนการขนส่ง และปล่อยก๊าซมีเทนในลำดับต่อมาประมาณ 27 ล้านตันซึ่งปล่อยมากที่สุดในขั้นตอนทำนาปลูกข้าว



รูปที่ 4.20 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าว



รูปที่ 4.21 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบในการสีข้าว



รูปที่ 4.22 การปลดปล่อยมลพิษอากาศจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบในการสีข้าว

4.3.3 การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization)

หลังจากจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการให้เข้าอยู่ในกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้ง 5 กลุ่มแล้ว จึงทำการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในรูปตัวชี้วัดที่ระบุไว้ โดยอาศัยหลักการ CML (Center of Environmental Science) ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง ที่คำนวณจากการมีส่วนทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารมลพิษต่าง ๆ แล้วนำมารวมกันเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิต กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางที่ใช้ในวิธีการนี้ได้แก่ การร่อยหรอของทรัพยากรประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ ผลกระทบจากการใช้ที่ดิน การทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การทำให้ทรัพยากรลดลง การออกซิเดชั่นที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงเคมี การทำให้เกิดฝนกรด การก่อให้เกิดความเป็นพิษและการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร เป็นต้น (CML, 1992) โดยมีกลุ่มผลกระทบที่มีนัยสำคัญในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวดังนี้

1) ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

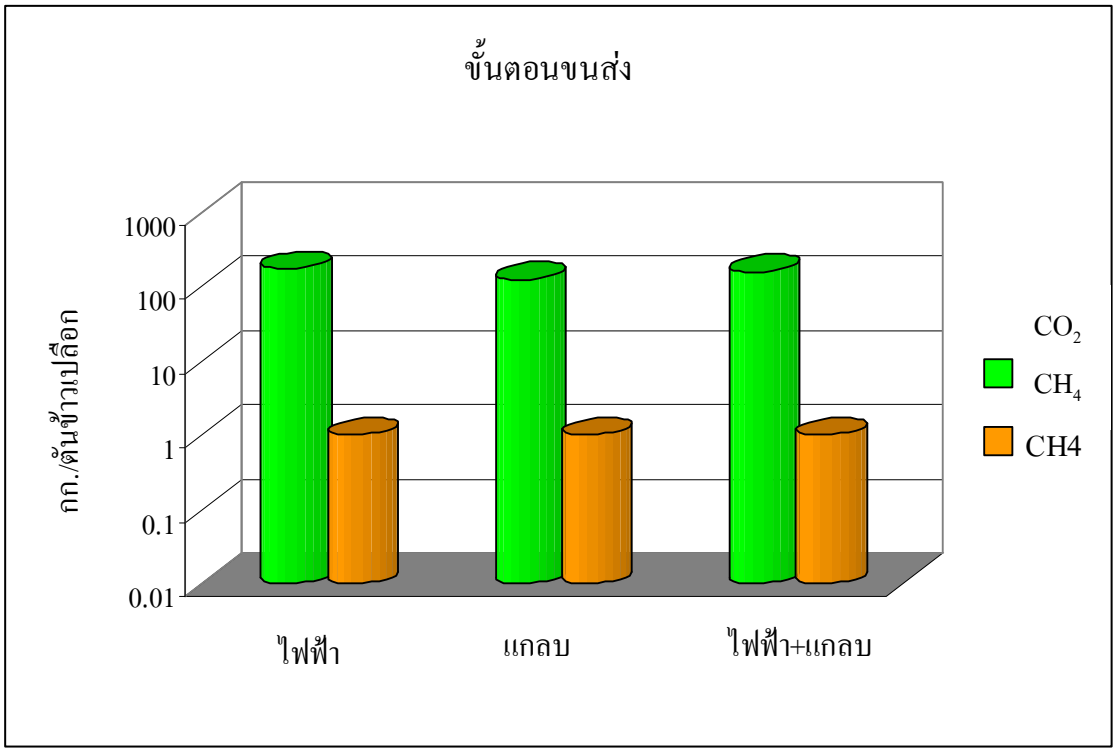
กิจกรรมที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้ที่มิใช่มีเทน แต่ปริมาณการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง การประเมินการปลดปล่อยจึงมีความไม่แน่นอนสูงจึงไม่นำมาประเมินเพื่อแปลงเป็นค่าความสามารถในการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีศักยภาพในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาพลังงาน การกักเก็บในพื้นที่ป่าไม้ และการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว แต่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทยยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ทั้งในปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด และการปลดปล่อยต่อหัว แม้แนวโน้มในอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทยจะเพิ่มขึ้นจากการเติบโตของการส่งออก ซึ่งมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น และมีการเพิ่มของประชากร แต่ประเทศอื่น ๆ มีการเติบโตทางเศรษฐกิจ และประชากรเช่นกัน ประเทศไทยใช้ทรัพยากรในด้านการประเมินก๊าซเรือนกระจกมาก โดยละเลยการศึกษาวิจัยด้านอื่นของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ด้านผลกระทบ ซึ่งเป็นสิ่งที่สร้างความเสียหายต่อประเทศโดยตรง (มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2007)

นอกจากนี้ไอน้ำในบรรยากาศจัดว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกได้เช่นเดียวกัน แต่ไม่นำมาประเมินปริมาณการปลดปล่อยด้วย มลสารดัชนีชี้วัดการเกิดภาวะโลกร้อน ได้แก่ กลุ่มก๊าซเรือนกระจก CH_4 CO_2 และ N_2O ซึ่ง IPCC (1996) เสนอว่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) ระบุถึงผลกระทบของโลกร้อนในระยะเวลาหนึ่งโดยการเปรียบเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ (น้ำหนัก) ที่เท่ากัน การเปรียบเทียบ GWP ตัวต่าง ๆ นั้นมีประโยชน์เพราะพิจารณาทั้งความสามารถในการก่อให้เกิดโลกร้อนของทุกโมเลกุลของก๊าซต่าง ๆ และอายุในบรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ใช้อ้างอิงที่ได้รับการยอมรับทั่วไป (มี GWP เท่ากับ 1) เพราะเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบมากที่สุดที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ มีศักยภาพดังแสดงในตารางที่ 4.17

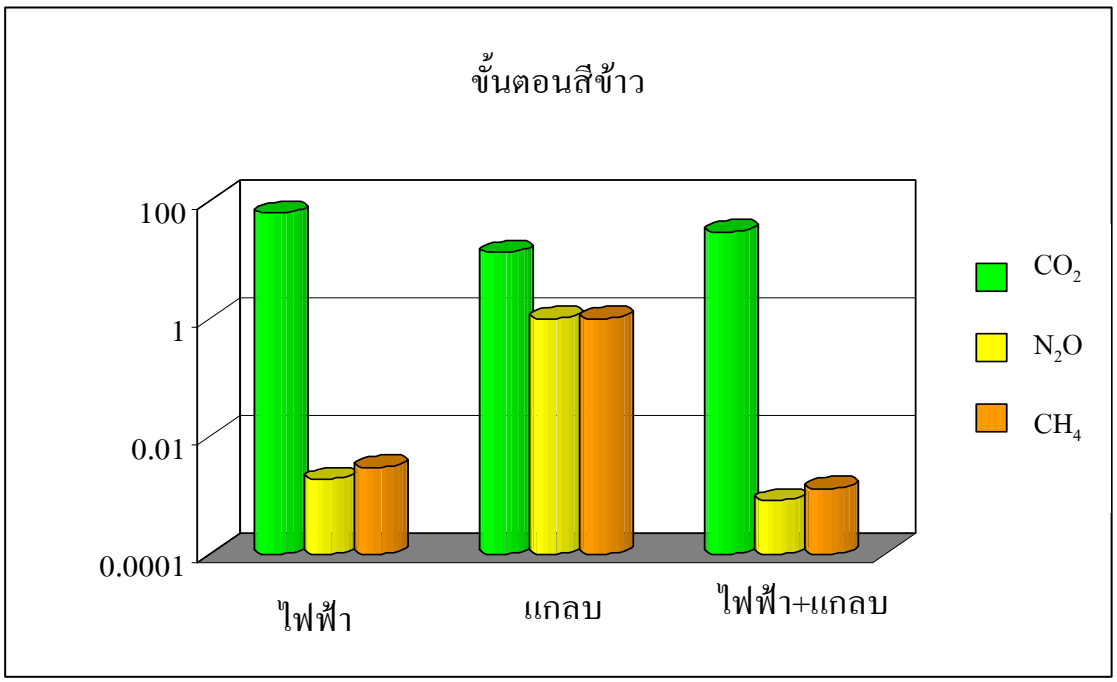
ตารางที่ 4.17 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ

ก๊าซเรือนกระจก	อักษรย่อ	GWP
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1
ก๊าซมีเทน	CH_4	21
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	N_2O	310

หมายเหตุ : จาก IPCC, 1996



รูปที่ 4.23 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขั้นตอนขนส่งในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

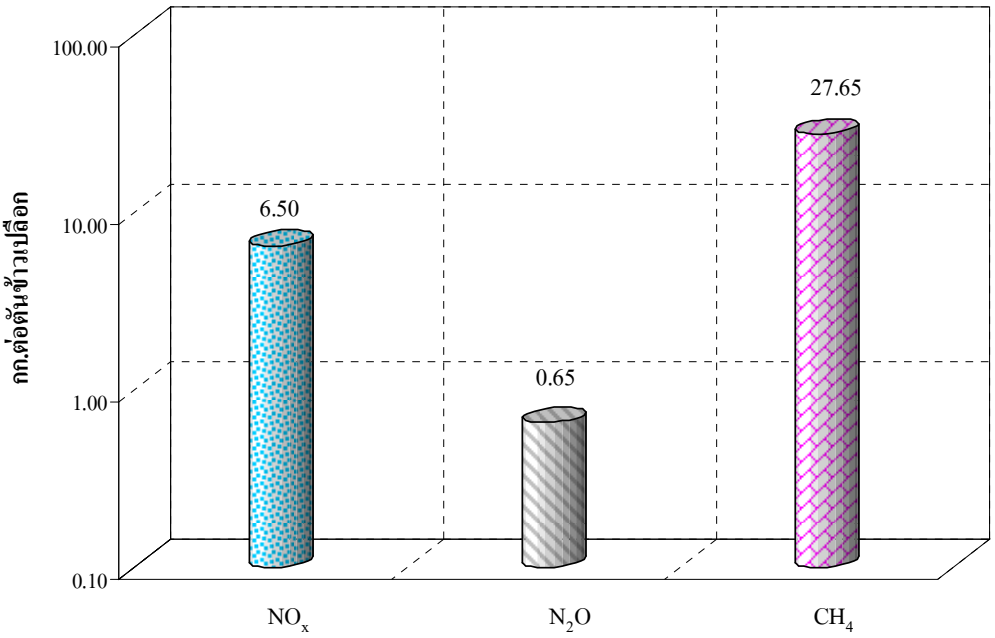


รูปที่ 4.24 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขั้นตอนสีข้าวในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

จากรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด เป็นสัดส่วน 39% ขณะที่การขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบมีการปล่อย ก๊าซ CO_2 เป็นสัดส่วน 34% และการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวโดยใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบมีการปล่อย ก๊าซ CO_2 เป็นสัดส่วน 27% ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการสีข้าวพบว่าการสีข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้า มีการปล่อย ก๊าซ CO_2 เป็นสัดส่วน 59% ในขณะที่โรงสีที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบและโรงสีที่ใช้พลังงานร่วมระหว่างพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแกลบ มีการปล่อย ก๊าซ CO_2 เป็นสัดส่วน 13% และ 28% ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.24 การปล่อยก๊าซมีเทน พบว่าขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ และพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบปล่อยก๊าซมีเทนเป็นสัดส่วน 39% 34 % และ 27% ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการสีข้าวโดยใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ ปล่อยก๊าซมีเทนเป็นสัดส่วน 70% และ 30% โดยการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบไม่พบการปล่อยก๊าซมีเทน

สาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนในขั้นตอนการทำนาปลูกข้าวพบว่ามีสัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทน NO_x และ N_2O ในปริมาณ 27.65, 6.5 และ 0.65 กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 มลพิษอากาศจากขั้นตอนปลูกข้าว

ผลกระทบจากการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คำนวณจากความสัมพันธ์ (CML, 1992)

$$GWP = \sum_j GWP_j \, B_j$$

โดยที่ GWP (Global Warming Potential) คือศักยภาพในการทำให้โลกร้อน B_j คือความเข้มข้นของสารเรือนกระจกที่ปลดปล่อยสิ่งแวดล้อม และ GWP_j เป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซนั้น ๆ เทียบเท่ากับ CO_2 ซึ่งมีการคำนวณแปลงค่าความสามารถในการก่อผลกระทบที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนดังตารางที่ 4.18 พบว่าผลรวมการปลดปล่อยมลพิษทั้งหมดของแนวโน้มการเกิดภาวะโลกร้อน มีค่าประมาณ 775.85 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์-เทียบเท่า

ด้านมลพิษน้ำ ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และไม่มีแสงสว่าง การใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดส์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$\text{Organic Compounds} \xrightarrow{O2 + \text{bacteria}} CO_2 + H_2O + NH_4 + \text{bacterial mass}$$

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดส์ของ แอมโมเนีย (NH_3) ให้เป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ตามลำดับ โดยพวก Autotrophic Bacteria ชื่อ Nitrifying Bacteria ดังสมการ

$$\text{(a)}\ NH_3 + 3/2O_2 \xrightarrow{\text{Nitrite-forming bacteria}} HNO_2 + H_2O$$

$$\text{(b)}\ HNO_2 + 1/2O_2 \xrightarrow{\text{Nitrate forming bacteria}} HNO_3$$

$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

ค่า BOD จะบ่งบอกถึงค่าความสกปรกของน้ำในรูปของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แต่เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องน้ำเสียที่ได้กล่าวมาทำให้ไม่นำมาประเมินมลพิษที่เกิดจากค่า BOD และการประเมินวงจรชีวิตในประเทศไทยอยู่ในขั้นตอนเริ่มต้น เมื่อมีการศึกษาต่อไป มีฐานข้อมูลวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ครบถ้วน สามารถย้อนกลับมาประเมินมลพิษในด้านน้ำเสียได้

ตารางที่ 4.18 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

การใช้พลังงาน	CH_4	CO_2	N_2O	kg CO_2-eq
1. พลังงานไฟฟ้า				
- ปลูกข้าว	27.35	-	0.65	775.85
- ขนส่ง	$2.33x10^{-2}$	174.36	-	174.85
- สีข้าว	$2.95x10^{-3}$	61.49	$1.84x10^{-3}$	62.12
2. พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	27.35	-	0.65	775.85
- ขนส่ง	$1.67x10^{-2}$	124.97	-	125.32
- สีข้าว	-	13.36	0	13.36
3. พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	27.35	-	0.65	775.85
- ขนส่ง	$2.10x10^{-2}$	157.56	-	158.00
- สีข้าว	$1.28x10^{-3}$	29.78	$8.02x10^{-4}$	30.06

2) ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด

ฝนกรดเป็นผลมาจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO_2) และไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO) โดยก๊าซทั้งสองชนิดนี้มักจะเกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย ก๊าซทั้งสองชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำ (water: H_2O) และสารเคมีอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศเพื่อก่อให้เกิดกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid: H_2SO_4), กรดไนตริก (Nitric acid: HNO_3) และสารมลพิษอื่น ๆ ก๊าซเหล่านี้มักจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีจะส่งผลทำให้อากาศอบอ้าวอากาศร้อนชื้นทำให้เกิดมลพิษทางอากาศเมื่อไปโดนกับออกซิเจนอาจถูกกระแสลมพัดพาและจะกลับสู่พื้นโลกโดยฝน หิมะ หมอก หรือแม้แต่ในรูปฝุ่นผงละออง มลพิษอากาศจากฝุ่นละอองและเขม่าควัน ซึ่งเขม่าควันดำของโรงสีที่พบมี 2 แบบ ได้แก่ โรงสีแบบใช้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำเป็นเชื้อเพลิง และโรงสีแบบใช้แกลบ ฟืน และน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นอีกสาเหตุของการเกิดฝนกรด ประมาณการมลพิษจากตารางที่ 4.19 (Heijungs et al, 1992) กระบวนการที่ก่อให้เกิดฝนกรดนั้น เริ่มต้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่าง ๆ

ตารางที่ 4.19 มลสารดัชนีชี้วัดที่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด

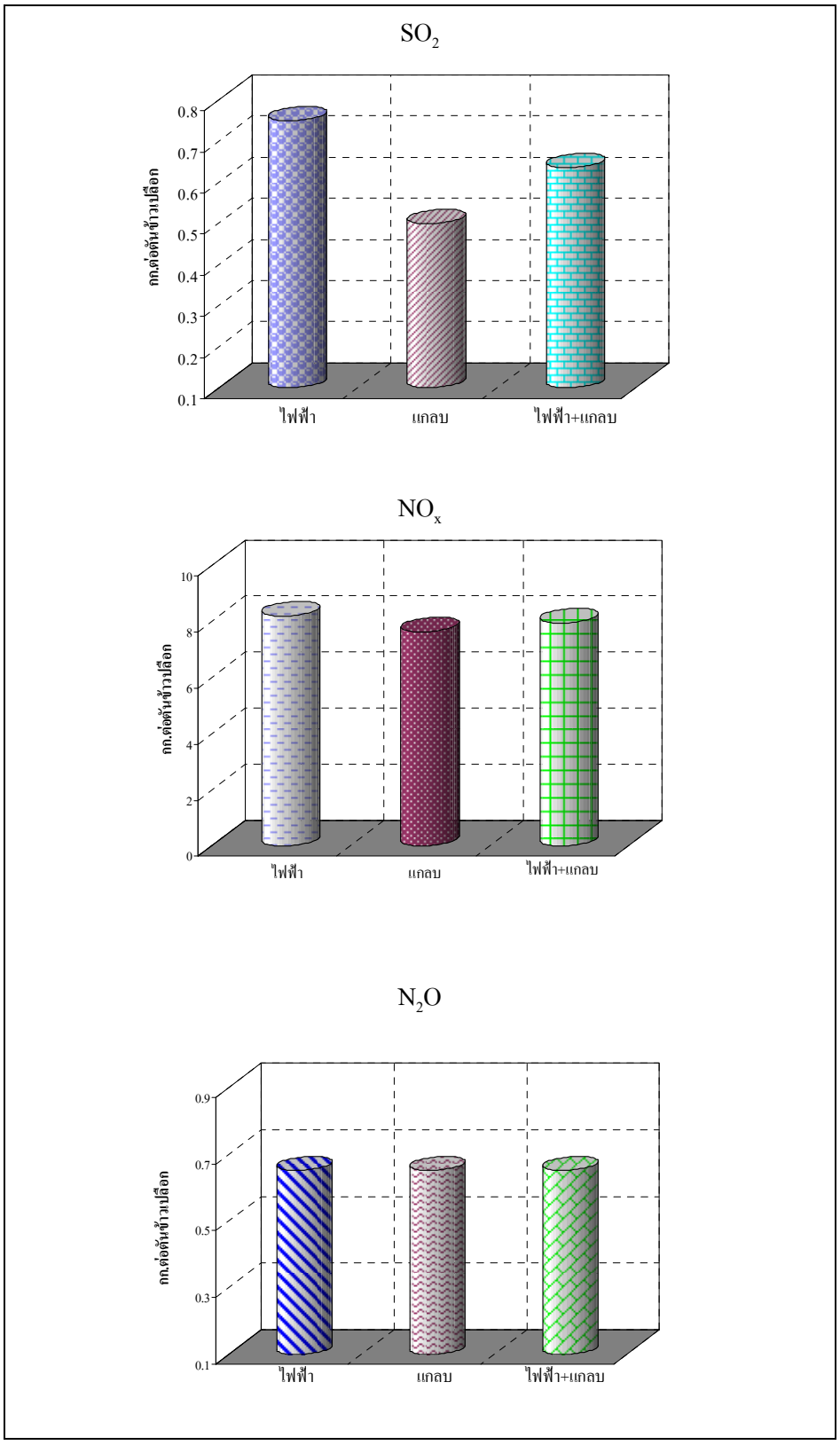
มลสาร	อักษรย่อ	AP
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	SO_2	1
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	NO_x	0.7
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	N_2O	0.7

หมายเหตุ : *จาก Heijungs et al, CML 1992

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะฝนกรดจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

การใช้พลังงาน	SO_2	NO_x	N_2O	kg SO_2-eq
1. พลังงานไฟฟ้า				
- ปลูกข้าว	-	6.5	0.65	5.00
- ขนส่ง	0.69	1.49	-	1.73
- สีข้าว	$5.4x10^{-2}$	0.20	$1.84x10^{-3}$	0.19
2. พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	-	6.5	0.65	5.00
- ขนส่ง	0.50	1.06	-	1.24
- สีข้าว	$1.63x10^{-3}$	$5.23x10^{-2}$	-	$3.87x10^{-2}$
3. พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	-	6.5	0.65	5.00
- ขนส่ง	0.63	1.35	-	1.58
- สีข้าว	$7.56x10^{-3}$	$9.98x10^{-2}$	$8.02x10^{-4}$	$7.80x10^{-2}$

การเผาไหม้คือปฏิกิริยาเคมีที่ออกซิเจน (Oxygen: O_2) ในอากาศรวมตัวกับคาร์บอน (Carbon: C), ไนโตรเจน (Nitrogen: N), ซัลเฟอร์ (Sulfur: S) และสารอื่น ๆ ที่ประกอบอยู่ในสารที่เกิดการเผาไหม้ โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซนั้นเรียกว่า CO_2 โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ SO_2 NO_x และ N_2O ซึ่งเป็นมลสารดัชนีชี้วัดการเกิดภาวะฝนกรด ดังแสดงในรูปที่ 4.26 พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าว มีการปล่อยก๊าซ SO_2 ในสัดส่วน 39% 27% และ 34% ตามลำดับ และมีการปลดปล่อยก๊าซ NO_x ในสัดส่วน 35% 32% และ 35% ตามลำดับ ส่วนก๊าซ N_2O มีการปลดปล่อยในสัดส่วน 34% 33% และ 33% ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซมลสารดัชนีก่อภาวะฝนกรดในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

3) ศักยภาพที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา Eutrophication

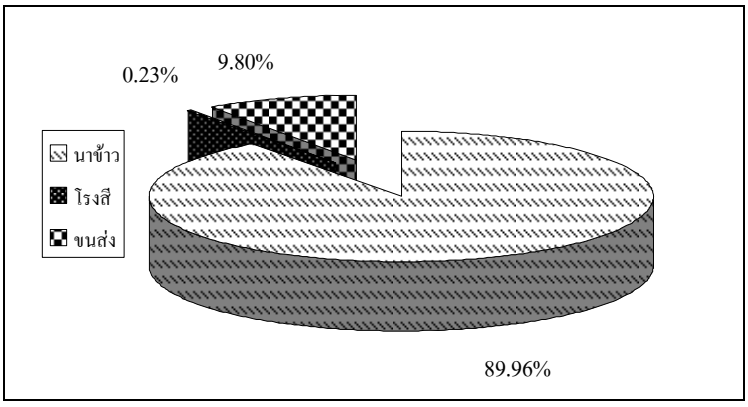
ปฏิกิริยา Eutrophication เป็นปฏิกริยาที่ทำให้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้นจากการปลดปล่อยสารอาหารของพืชไปสู่สภาพแวดล้อมเกินสมดุล ผลที่เกิดตามมาจากการที่มีสารอาหารของพืชมากเกินไป ก็คือการเกิดการเจริญเติบโตของพืชตระกูลสาหร่าย (Algae) ในแหล่งน้ำอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดความไม่สมดุลของสารอาหารของพืชระหว่างในน้ำและในดิน ผลรวมทั้งหมดของแนวโน้มการมีสารอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลที่มาจากสารหลาย ๆ ชนิด ได้ถูกคำนวณให้อยู่ในรูปของหน่วย กิโลกรัมของฟอสเฟต-เทียบเท่า และได้สรุปผลรวมทั้งหมดของการเกิดภาวะความเป็นกรดต่อสิ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวที่ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.21 ซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่ที่พบจากการปนเปื้อนของปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูก มีการตกค้างในรูปก๊าซแขวนลอยในอากาศ ฝุ่นและการปนเปื้อนในน้ำ

โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ในแต่ละขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 4.27 พบว่าขั้นตอนการทำนาปลูกข้าวมีการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มากที่สุด คือ 89.96% ในขณะที่การขนส่งมีการปล่อย 9.8% และโรงสีมีการปล่อยก๊าซมีเทนประมาณ 0.23%

ตารางที่ 4.21 มลสารดัชนีชี้วัดที่ก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร

มลสาร	อักษรย่อ	EP
ฟอสเฟต	PO_4	1
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	NO_x	0.33
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	NO_2	0.13

หมายเหตุ : * จาก Heijungs et al, CML 1992



รูปที่ 4.27 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

4) ศักยภาพที่ทำให้พลังงานลดลง

พลังงานที่ใช้ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว ส่วนใหญ่ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสีข้าว ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวประเมินผลกระทบจากศักยภาพที่ทำให้พลังงานลดลง โดยใช้การใช้ไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดพบว่าข้าวเปลือก 1 ตันมีการใช้ไฟฟ้าร่วมกันระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าร่วมกับการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ 8.6 kWh การใช้พลังงานไฟฟ้าต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าในการสีข้าวมากกว่าการใช้ไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ หรือใช้เชื้อเพลิงแกลบ

5) ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง

ผลการประเมินผลกระทบจากศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลงในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว พบว่าการใช้ทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ เป็นตัวชี้วัดศักยภาพในการทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง

ตารางที่ 4.22 ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา Eutrophication ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

การใช้พลังงาน	NO_x	N_2O	PO_4	kg PO_4-eq
1. พลังงานไฟฟ้า				
- ปลูกข้าว	6.5	0.65	49.0	56.15
- ขนส่ง	1.49	-		0.49
- สีข้าว	0.20	$1.84x10^{-3}$		0.07
2. พลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	6.5	0.65	49.0	56.15
- ขนส่ง	1.06	-		0.35
- สีข้าว	$5.23x10^{-2}$	-		0.017
3. พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงแกลบ				
- ปลูกข้าว	6.5	0.65	49.0	56.15
- ขนส่ง	1.35	-		0.445
- สีข้าว	$9.98x10^{-2}$	$8.02x10^{-4}$		0.033

ตารางที่ 4.23 มลสารดัชนีชี้วัดที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง

มลสาร	อักษรย่อ	ADP
Coal soft, lignite	-	$6.71x10^{-3}$
Natural Gas	-	$1.87x10^{-2}$

หมายเหตุ : *จาก Guinee et al., 2002

ตารางที่ 4.24 ปริมาณการปล่อยมลพิษที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลงในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

การใช้พลังงาน	Coal soft	Natural Gas	kg Sb-eq
1. พลังงานไฟฟ้า			
- ปลูกข้าว	-	-	-
- ขนส่ง	-	-	-
- สีข้าว	17.86	2158.70	14.60
2. พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ			
- ปลูกข้าว	-	-	-
- ขนส่ง	-	-	-
- สีข้าว	-	-	-
3. พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ			
- ปลูกข้าว	-	-	-
- ขนส่ง	-	-	-
- สีข้าว	6.15	703.77	13.27

4.4 การตีความและแปลผล

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่า ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยมีดัชนีชี้วัดที่สำคัญคือก๊าซ CO_2 พบว่าในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตโดยการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดซึ่งมีสาเหตุจากการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการขนส่งได้แก่ น้ำมันดีเซล เป็นสำคัญ แต่ในประเทศไทยไม่มีฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของน้ำมันดีเซล ในการวิจัยจึงไม่ครอบคลุมการพิจารณาสาเหตุของการปล่อยมลพิษของน้ำมันดีเซล และขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตโดยการใช้พลังงานไฟฟ้ายังก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 174.85 กิโลกรัม แต่น้อยกว่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากการปลูกข้าว ซึ่งก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 775.85 กิโลกรัม โดยมาจากก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ตารางที่ 4.25 สรุปการแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Global warming	**kg CO_2-eq**
พลังงานไฟฟ้า	1012.82
พลังงานจากแกลบ	914.53
พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	963.91
Acidification	**kg SO_2-eq**
พลังงานไฟฟ้า	6.9396
พลังงานจากแกลบ	6.2884
พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	6.6528
Eutrophication	**kg PO_4-eq**
พลังงานไฟฟ้า	56.66
พลังงานจากแกลบ	56.52
พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	56.58
Abiotic Depletion	**kg Sb-eq**
พลังงานไฟฟ้า	14.60
พลังงานจากแกลบ	0
พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	13.27

ส่วนศักยภาพที่ทำให้เกิดฝนกรด ซึ่งมีอัตราการปล่อยก๊าซมลพิษทางอากาศรวมในรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบเท่าในปริมาณ 5.8461 กิโลกรัม ซึ่งขั้นตอนการสีข้าวในโรงสีมีการปล่อยมากที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย โดยในกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่มีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ เป็นตัวการสำคัญในการปล่อยก๊าซ SO_2

ส่วนศักยภาพที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา Eutorphication มีอัตราการปล่อยก๊าซมลพิษในรูปก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เทียบเท่า ในปริมาณ 2.40 กิโลกรัม เนื่องมาจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการปราบศัตรูพืช โดยองค์ประกอบของปุ๋ยประกอบด้วยไนโตรเจนเป็นหลัก จึงมีการปนเปื้อนและตกค้างในสิ่งแวดล้อมเช่น ดิน น้ำและอากาศ

ส่วนศักยภาพในการทำให้พลังงานและทรัพยากรลดลง เนื่องจากโรงสีใช้พลังงานและทรัพยากรจำนวนมาก ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรและพลังงาน โดยมีความเกี่ยวเนื่องกันจากแหล่งพลังงานของวงจรชีวิตข้าวคือการใช้ไฟฟ้า ซึ่งการผลิตไฟฟ้ามีการใช้วัตถุดิบ ได้แก่ ลิกไนต์ น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติกลุ่มที่ไม่สามารถทดแทนได้ เมื่อมีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นจึงทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง แต่ในปัจจุบันมีการนำการผลิตไฟฟ้าจากแกลบ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวมาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ทำให้มีทางเลือกในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น

4.5 ความเป็นไปได้ของการจัดทำฉลากเขียว

ปัจจุบันหลักการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์นี้ ได้นำมาเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาจัดทำข้อกำหนดมาตรฐานสินค้าและบริการ ตัวอย่างเช่น สินค้าฉลากเขียว เป็นต้น โดยสินค้าฉลากเขียวถือเป็นกลยุทธ์หนึ่งในนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีสินค้าและบริการวางจำหน่ายในตลาดเป็นจำนวนมาก ฉลากเขียวที่ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์จะเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ โดยหากมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้มากขึ้น จะช่วยให้ผู้ผลิตรายอื่น ๆ ต้องแข่งขันกัน ปรับปรุงคุณภาพสินค้าหรือบริการของตนเอง โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ในปัจจุบันในประเทศไทยมีสินค้าที่ได้รับตราฉลากเขียวอยู่มากมาย เช่น แชมพู ผลิตภัณฑ์ล้างจาน เครื่องปรับอากาศ ถ่านไฟฉาย ผงซักฟอก เป็นต้น การประเมินด้วยเครื่องมือนี้ มีประโยชน์ในแง่ผู้ผลิตสามารถปรับปรุงกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพได้ในทันที ประหยัดทรัพยากร ประหยัดพลังงาน ลดขยะ ลดมลพิษ ในขณะเดียวกันผู้บริโภคซึ่งใช้เครื่องมือนี้ในการประเมินทำให้รู้ข้อมูลเพื่อเลือกและตัดการบริโภคที่ไม่จำเป็น ซื้อสินค้าที่ทนทานและประหยัดได้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้เชื้อเพลิงน้อย

4.5.1 ขั้นตอนการดำเนินการขอฉลากเขียว

4.5.1.1 การร่างข้อกำหนดฉลากเขียว

การกำหนดนิยามและขอบเขต ฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าวในประเทศไทย หมายถึง ผลิตภัณฑ์ข้าวที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวประเภทเดียวกัน และผลิตภัณฑ์ข้าวที่ได้รับฉลากขียวต้องมีกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานสากล มีคุณภาพอยู่ในระดับดีเยี่ยม ซึ่งในที่นี้ประเทศไทยควรมีการจัดทำฉลากเขียวของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นสินค้าข้าวส่งออกอันดับหนึ่ง

จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่า มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ 5 ประเภท คือการร่อยหรอของทรัพยากร (ADP) การเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) การเกิดฝนกรด (AP) การเกิดปฏิกิริยายูโทรฟิเคชั่น (EP) และการลดลงของพลังงาน (EDP) จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณภาพและสิ่งแวดล้อของผลิตภัณฑ์ข้าว เพื่อจัดทำเกณฑ์พิจารณาเสนอต่อสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อแต่ตั้งคณะกรรมการพิจารณา

4.5.1.2 การสมัครขอใช้ฉลากเขียว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ร่วมมือกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้เปิดให้บริการรับรองฉลากเขียวแล้วตามแนวทางสากลที่ต้องการรับรองผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยรวมภายในประเทศ ให้ข้อมูลที่เป็นกลางต่อผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย นอกจากนี้ยังเป็นการผลักดันให้ผู้ผลิตใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการผลิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เพื่อส่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ผลิตเองในระยะยาว

การขอใช้ฉลากเขียวเป็นความสมัครใจของผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้ให้บริการที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีกฎหมายบังคับ ผู้ประสงค์จะสมัครขอใช้ฉลากเขียว สามารถขอรับเอกสารเพื่อกรอกข้อความได้ที่สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและเสียค่าสมัคร 1,000 บาท สถาบันฯ และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะตรวจสอบเอกสารและหลักฐาน และจัดทำสัญญาอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายรับรองฉลากเขียวในการโฆษณาและติดที่ผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบตามข้อกำหนดแล้ว ผู้สมัครจะต้องเสียค่าธรรมเนียมการใช้ฉลากเขียวเป็นจำนวนเงิน 5,000 บาท ต่อสัญญาใช้ตามอายุของข้อกำหนด

4.5.2 สรุปความเป็นไปได้การจัดทำฉลากเขียว

จากการศึกษาความเป็นไปได้ของฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้านผลกระทบทางมลพิษอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน แต่จากข้อจำกัดของฉลากเขียวจะสามารถจัดทำได้ในส่วนขั้นตอนโรงสี โดยการเสนอเกณฑ์ข้อกำหนดปริมาณการใช้ให้โรงสีที่ต้องการฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าวปฏิบัติตามดังแสดงเกณฑ์ในตารางที่ 4.25 และมาตรฐานควบคุมสถานประกอบการโรงสีข้าวดังตารางที่ 4.26 ซึ่งฉลากเขียวยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากประชาชนบางส่วนขาดเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการจัดซื้อ กับการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการส่งเสริมให้องค์กรขนาดใหญ่ ได้แก่ ภาครัฐ และภาคเอกชน มีการจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะสร้างอุปสงค์สีเขียว (Green Demand) และตลาดสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยอย่างเช่น การจัดหาแนวทางการจัดทำฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าวของงานวิจัยนี้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งเช่นกัน

ตารางที่ 4.26 ตัวอย่างเกณฑ์การพิจารณาฉลากเขียวแก่ผลิตภัณฑ์ข้าวแก่โรงสีข้าว

วัตถุดิบ	**กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก**		
	ต่ำสุด	**สูงสุด**	**เฉลี่ย**
ถุงพลาสติก	0	3	3
กระสอบ	0	4.4	4.4
แกลบ	0.68	172	86.34
การใช้พลังงานไฟฟ้า	**กิโลวัตต์-ชม.ต่อตันข้าวเปลือก**		
	ต่ำสุด	**สูงสุด**	**เฉลี่ย**
พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว	58	114	86
พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อพลิงแกลบ	30	80	55
พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบ	48.48	102.44	75.46
การใช้เชื้อเพลิง	**ลิตรต่อตันข้าวเปลือก**		
	ต่ำสุด	**สูงสุด**	**เฉลี่ย**
น้ำมันดีเซล	12	30	21
ปริมาณมลพิษอากาศที่ยอมรับ*	**กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก**		
	ต่ำสุด	**สูงสุด**	**เฉลี่ย**
ก๊าซ CO_2	1	10	5
ก๊าซ CO	0.01	0.1	0.055
ก๊าซ NO_x	0.05	0.2	0.125
ก๊าซ SO_2	0.001	0.007	0.004
ก๊าซ CH_4	0.01	0.02	0.015
ก๊าซ N_2O	0.008	0.01	0.009
NMVOC	0.0008	0.001	0.0009
ฝุ่นรวม	0.003	0.1	0.065
การปลดปล่อยมลพิษด้านของเสีย	**กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก**		
	ต่ำสุด	**สูงสุด**	**เฉลี่ย**
ขยะ	5.4	67	36.2
กรวด หิน ทราย และสิ่งเจือปน	10	30	20

หมายเหตุ : การรวบรวมข้อมูลกรณีศึกษาการทำนาและโรงสี

ตารางที่ 4.27 มาตรฐานการควบคุมสถานประกอบการโรงสีข้าว

พารามิเตอร์	มาตรฐาน	วิธีตรวจวัด
1. โรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ ทุกขนาด		
ค่าความทึบแสงของเขม่าควัน จากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสีย	อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งไม่เกินร้อยละ 20นับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา	1. ตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์
		2. วิธีการตรวจวัด คำนวณเปรียบเทียบและสรุปผลการตรวจวัด ค่าความทึบแสง ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา
	อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งไม่เกินร้อยละ 10 เมื่อพ้นกำหนดเวลา 2 ปีนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา	1. ตรวจวัดด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์
		2. วิธีการตรวจวัดคำนวณเปรียบเทียบและสรุปผลการตรวจวัด ค่าความทึบแสง ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา
2. โรงสีข้าวทุกประเภทที่มีกำลังการผลิต มากกว่า 20 ตันต่อวันขึ้นไป		
ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย จากกระบวนการผลิต ออกสู่บรรยากาศ	ค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละออง หรืออนุภาคขนาดเล็ก(PM 10) ระหว่างจุดตรวจวัดเหนือลมกับจุดตรวจวัดใต้ลมไม่เกิน 0.100 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร (100 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)เมื่อพ้นกำหนดเวลา 180 วันนับแต่วันถัดจากวัน ประกาศในราชกิจจานุเบกษา	หลักเกณฑ์ วิธีการ เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดและจุดตรวจวัดฝุ่นละออง ฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

<u>หมายเหตุ</u> : จากกรมควบคุมมลพิษ, 2550 และรายละเอียดแนบท้าย

1. โรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำทุกขนาด เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมค่าทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ และโรงสีข้าวทุกประเภทที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 20 ตันต่อวันขึ้นไป เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากกระบวนการผลิตออกสู่บรรยากาศ

2. " โรงสีข้าว " หมายความว่า โรงงานที่ประกอบกิจการสี ฝัด หรือขัดข้าว ทุกขนาดตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

3. "หม้อไอน้ำ" หมายความว่า หม้อไอน้ำที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานในการปประกอบกิจการโรงสีข้าว โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

4. "ค่าความทึบแสง" หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ ใช้หม้อไอน้ำ

5. "ฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว" หมายความว่า ฝุ่นละอองหรืออนุภาคขนาดเล็กจากการประกอบกิจการโรงสีข้าวที่ฟุ้งกระจายออกสูบรรยากาศ

6. "ฝุ่นละอองหรืออนุภาคขนาดเล็ก" หมายความว่า ฝุ่นละอองหรืออนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการวิจัย

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลก โดยเป็นแหล่งพลังงานของประชากรเกือบสองพันล้านคน ตามรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในช่วงระหว่างปี 2538-2542 ผลผลิตข้าวของโลกจะอยู่ระหว่าง 551-593 ล้านตันข้าวเปลือก (370-396 ล้านตันข้าวสาร) ซึ่งเป็นผลผลิตจากทวีปเอเชียประมาณ 534-538 ล้านตันข้าวเปลือก (ซึ่งมากกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด) และเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีการซื้อขายในตลาดโลกเพียงปีละประมาณ 19-27 ล้านตันข้าวสารเท่านั้น ในขณะที่ปริมาณการซื้อขายข้าวสาลี สูงถึง 96-96 ล้านตัน จากผลผลิตรวม 548-613 ล้านตัน (มูลนิธิข้าวไทย, 2542) และจากอดีตที่ผ่านมาเห็นได้ว่าผลผลิตมีแนวโน้มไม่เพียงพอความต้องการบริโภค โดยผลผลิตข้าวในตลาดโลกมีประมาณ 29 ล้านตัน (กรมการค้าต่างประเทศ, 2551)

การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการใดบ้าง ที่มีส่วนทำลายสิ่งแวดล้อม ซึ่งสหภาพยุโรปบางประเทศได้นำมาใช้กับภาคการผลิต ในลักษณะมาตรการด้านสิ่งแวดล้อม จึงเป็นข้อดีถ้านำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารของประเทศไทย แต่ประเทศไทยยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตของข้าวอย่างละเอียด เพื่อเป็นฐานข้อมูลของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้านเกษตรและอาหารและขาดเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมการปลูกข้าวทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรทำได้ยาก โดยเฉพาะการรวบรวมข้อมูล แต่จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา อนุมานได้ว่าขั้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวมีแนวโน้มในการนำมาพิจารณาเพื่อให้ฉลากเขียวน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด โดยฉลากเขียวหรือฉลากสิ่งแวดล้อมที่ให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวหลังจากทำการประเมินวงจรชีวิตนั้นสามารถนำมากำหนดเกณฑ์เพื่อให้โรงสีข้าวในประเทศไทย มีมาตรฐานในการผลิตข้าวที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และสร้างผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณภาพในตลาดการค้าโลก เพื่อเป็นผู้นำในการส่งออกข้าวในตลาดโลกตลอดไป

การใช้พลังงานในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวในขั้นตอนการสีข้าว แบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า 3 ประเภทหลักตามการใช้พลังงานในโรงสีข้าว คือ 1)ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว 2)ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างเดียว และ 3) ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ โดยมีการสำรวจเก็บตัวอย่างสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในโรงสีกรณีศึกษาเป็นสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเป็นร้อยละ 66 : 34

5.1.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้เพื่อประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว การจัดทำดัชนีด้านทรัพยากรและผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว และศึกษาความเป็นไปได้ของการกำหนดดัชนีเบื้องต้นของฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าว โดยเริ่มจากขั้นตอนการทำนาปลูกข้าว ขั้นตอนการสีข้าวในโรงสีข้าวได้รวมเอาการใช้ไฟฟ้า และขั้นตอนการขนส่ง โดยอาศัยหลักการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ บนพื้นฐาน 4 ขั้นตอนตามอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 ซึ่งประกอบไปด้วยการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการแปลผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลิตภัณฑ์ข้าวที่นำมาทำการประเมินวงจรชีวิต มีหน่วยที่นำมาพิจารณาคือข้าวเปลือก 1 ตัน ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้าวในทุกขั้นตอนตามขอบเขตได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยการสัมภาษณ์และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลผ่านทางแบบสอบถาม ซึ่งครอบคลุมวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวในทั้ง 3 ขั้นตอนที่กล่าวมา

5.1.2 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ข้าว

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่าการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสำคัญในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว เริ่มจากขั้นตอนการทำนาปลูกข้าวพบปัญหาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ขั้นตอนการสีข้าวพบปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า และการใช้ทรัพยากร ส่วนขั้นตอนการขนส่งเกิดปัญหามลพิษอากาศจากการใช้เชื้อเพลิงข้อมูลในบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว ได้จากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยการออกแบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม โดยข้อมูลที่ทำการสำรวจได้แก่ การเตรียมดินพื้นที่ทำนา เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ต่อไร่ ปริมาณน้ำที่ใช้ การใช้น้ำ แหล่งน้ำ การใช้ปุ๋ยและสารเคมี การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องจักรกลทางการเกษตร ผลผลิตที่ได้ และการเก็บรักษาก่อนแปรรูปในโรงสี แต่ในการประเมินนี้ไม่รวมเอามลพิษทางน้ำเนื่องจากข้อจำกัดของฐานข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล อีกทั้งการทำนาไม่สามารถบ่งชี้ปัญหามลพิษน้ำได้ชัดเจน

5.1.3 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

จากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์และแบบสอบถามการทำนาปลูกข้าวจากเกษตรกร ข้อมูลปริมาณปัจจัยการผลิตในการปลูกข้าวที่ได้ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ ปริมาณน้ำ ปุ๋ย สารเคมีปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง น้ำมันดีเซล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความแตกต่างและผันแปรมากตามพื้นที่และค่านิยมในการปฏิบัติของเกษตรกร จึงต้องนำหลักการทางสถิติมาใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยของข้อมูลปัจจัยการผลิต การประเมินนี้ไม่รวมเอามลพิษน้ำเนื่องจากข้อจำกัดด้านการประเมินมลพิษไม่มีดัชนีบ่งชี้ผลกระทบที่มีนัยสำคัญซึ่งมีสาเหตุจากน้ำเสียทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงไม่สามารถนำมาทำการแปลงค่าความสามารถการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้

5.1.4 ผลการตีความผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวพบว่าในการผลิตข้าวเปลือก 1 ตัน ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านสาเหตุของภาวะโลกร้อน ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้านภาวะการเกิดฝนกรด เนื่องจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าซึ่งโรงสีข้าวมีการใช้ไฟฟ้าเป็นหลักในกระบวนการสีข้าว ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสีข้าวจึงมาจากมลพิษอากาศที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ อันดับต่อมาได้แก่ผลกระทบในการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น มีสาเหตุสำคัญจากการใช้ปุ๋ยในการบำรุงรักษาต้นข้าวในขั้นตอนการทำนา โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันล้วนเป็นปุ๋ยเคมีทั้งสิ้น และปุ๋ยเคมีเหล่านี้มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ ในส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมอีก 2 ประเด็น คือการลดลงของพลังงานและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ที่มีความสำคัญควบคู่กันจากการใช้ทรัพยากรซึ่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงาน เนื่องจากในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรามชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ และการใช้พลังงานเป็นหลักในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ทำให้เกิดผลกระทบที่ทำให้พลังงานลดลง

5.2 ข้อจำกัดของการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

ข้อจำกัดในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าวโดยหลักการประเมินวงจรชีวิตนี้มีการใช้วัตถุดิบ พลังงานและเชื้อเพลิงหลายประเภท ในขณะที่ประเทศไทยไม่มีฐานข้อมูลวัตถุดิบหรือกิจกรรมบางประเภท เช่นฐานข้อมูลการประเมินมลพิษวัตถุดิบที่ใช้ในการเกษตร ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตในการทำการเกษตรทั่วไป ได้แก่ ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี บรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ กระสอบ ถุงพลาสติก เป็นต้น ทำให้การประเมินมลพิษไม่ครอบคลุมทั้งหมดถึงการประเมินผลกระทบจากวัตถุดิบตั้งต้นเหล่านี้

โดยในต่างประเทศมีการจัดทำฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมหลักของประเทศ เพื่อสะดวกในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และฐานข้อมูลวัตถุดิบเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น ฐานข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หนึ่งผลิตภัณฑ์

ข้อจำกัดด้านมลพิษน้ำ ซึ่งไม่มีฐานข้อมูลสนับสนุนและอ้างอิงเพียงพอ อีกทั้งการแปลงค่าความสามารถในการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำในประเทศไทยและต่างประเทศยังไม่มีการศึกษาแพร่หลาย จึงไม่สามารถนำมาประเมินวงจรชีวิตได้

และข้อจำกัดการประเมินมลพิษ โดยในประเทศไทยไม่มีการระบุดัชนีผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญของประเทศ ทำให้ขาดขอบเขตและแนวปฏิบัติ เพื่อเป็นมาตรฐานในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำให้การศึกษาขึ้นอยู่กับความสนใจและสภาวการณ์ปัจจุบันของสังคมและปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในเวลานั้น จึงควรมีการศึกษาเพื่อกำหนดดัชนีผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศให้เป็นมาตรฐานการศึกษาต่อไป

เนื่องในประเทศไทยยังมีการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อยู่ในขั้นเริ่มต้น ทำให้ขาดฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญในการประเมินวงจรชีวิตพื้นฐานต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา ได้แก่ วัตถุดิบเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันดีเซล ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมที่มีการใช้ร่วมกัน ได้แก่ กระสอบ บรรจุภัณฑ์พลาสาติก ถังบรรจุ เป็นต้น และข้อจำกัดในด้านการตรวจวัดมลพิษในด้านต่าง ๆ ของการเกษตรที่ไม่มีกฎหมายบังคับ และคุ้มครอง จึงไม่มีฐานข้อมูลบันทึกทำให้ยากต่อการตรวจสอบ และนำมาประเมินมลพิษ

5.3 สรุปความเป็นไปได้ของการจัดทำฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าว

สรุปความเป็นไปได้ของฉลากเขียว จากการศึกษาความเป็นไปได้ของฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้านผลกระทบทางมลพิษอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน แต่จากข้อจำกัดของฉลากเขียวจะสามารถจัดทำได้ในส่วนขั้นตอนโรงสี โดยการกำหนดเกณฑ์ให้โรงสีที่ต้องการฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าวปฏิบัติตามดังที่กำหนดในบทที่ 4 ที่ผ่านมา

5.4 การนำผลไปใช้ประโยชน์

การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว จะทำให้มีฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์ส่งออกของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพ และสร้างลักษณะพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์เกษตร และอาหารที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และสร้างประโยชน์มากมาย ดังนี้

5.4.1 ประโยชน์จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

การประเมินวงจรชีวิตเป็นเครื่องมือที่จะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งในกระบวนการผลิต รวมทั้งผลิตภัณฑ์ และบริการ ซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเพื่อให้ได้สินค้า หรือบริการ ตลอดจนเมื่อมีการนำไปใช้ และการกำจัด หรือรีไซเคิลต้องใช้วัตถุดิบ พลังงาน การขนส่ง การก่อให้เกิดมลพิษ การบำรุงรักษาในระหว่างอายุการใช้งานเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม จะพิจารณาทั้งในระดับภูมิภาคไปจนถึงระดับโลก สำหรับประโยชน์ของ LCA คือ ทำให้ทราบว่าแต่ละขั้นตอนในวงจรชีวิตมีการใช้วัตถุดิบ และพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หรือสิ้นเปลือง และขั้นตอนใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะเข้าไปพัฒนาแก้ไขได้ถูกจุด ทำให้ต้นทุนลดลง นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาด้านการค้าระหว่างประเทศ

5.4.1.1 ประโยชน์โดยตรงของวงจรชีวิตข้าว

ประโยชน์โดยตรงสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามผู้ได้รับประโยชน์ได้แก่

กลุ่มผู้ผลิต โดยผู้ผลิตสามารถใช้ประโยชน์จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าวในการนำไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต รวมไปถึงการแก้ปัญหา และการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานจากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว และยังสามารถพัฒนาไปเป็นเกณฑ์ในการขอฉลากเขียว เพื่อเป็นแรงจูงใจในการซื้อ และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าว ยังผลให้มีการพัฒนาคุณภาพ และเพิ่มยอดจำหน่ายแก่ผู้ผลิต

แม้ว่าไทยจะเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับหนึ่งของโลก แต่ในกลุ่มข้าวคุณภาพ ปานกลาง และต่ำ ประเทศไทยอยู่ในสภาพค่อนข้างเสียเปรียบ เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศคู่แข่ง เช่น เวียดนาม และพม่า ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีศักยภาพด้านการตลาด ในการเป็นผู้นำส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวคุณภาพดี การปรับปรุงการผลิตให้มีคุณภาพดีจะช่วยเพิ่มมูลค่าข้าวให้สูงขึ้น รัฐบาลจึงวางนโยบายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวระหว่างปี พ.ศ. 2540-2544 ดังนี้ (กรมการข้าว, 2544)

- แผนปรับโครงสร้าง และระบบการผลิต ทำการลดพื้นที่นาที่ไม่เหมาะสมไปทำกิจกรรมอื่น เช่น การปศุสัตว์ การประมง และป่าไม้ เป็นต้น
- แผนเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต ประกอบไปด้วยการเร่งรัดการกระจายการใช้ข้าวพันธุ์ดี การส่งเสริมการใช้ปุ๋ยพืชสดควบคู่กับการใช้ปุ๋ยเคมี การส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เพื่อลดการสูญเสียคุณภาพ ลดต้นทุน และทดแทนการขาดแคลนแรงงาน และการปรับพื้นที่นาให้สามารถใช้เครื่องเกี่ยวข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ

• แผนการปรับปรุงคุณภาพข้าว ได้แก่ ส่งเสริมการใช้เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกในสถาบันเกษตรกร และกำหนดมาตรฐานข้าวหอมมะลิเพื่อการส่งออก ดังในประกาศ “มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย” พ.ศ. 2541

• สร้างตลาดค้าข้าว และตลาดกลางข้าวเปลือกในสถาบันเกษตรกร

• แผนส่งเสริมการผลิตข้าวคุณภาพดี เริ่มจากการส่งเสริมการปลูกข้าวแปลงใหญ่ร่วมกับภาคเอกชน เพื่อให้มีการปลูกข้าวประเภทเดียวกันที่มีศักยภาพในการตลาด เช่น ข้าวหอมมะลิ การส่งเสริมการผลิตข้าวคุณภาพดี ให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด และส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ร่วมกับภาคเอกชน เพื่อการส่งออกไปยังประเทศที่มีกฎห้ามการใช้สารเคมี

• แผนการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ด้านพันธุ์ เร่งรัดวิจัยการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีปกติ และโดยวิธีพันธุวิศวกรรม ทั้งการวิจัยหาพันธุ์ข้าวไทยที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการบริโภคหรือใช้ในอุตสาหกรรมของต่างประเทศเพื่อขยายลู่ทางการส่งออก ด้านเขตกรรมและอารักขาพืช วิจัยเทคโนโลยีด้านเขตกรรม ด้านวิธีการปลูกการปรับปรุงบำรุงดิน ตลอดจนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน ด้านเครื่องจักรกลการเกษตร วิจัยต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวด และส่งเสริมให้เอกชนผลิตจำหน่ายแก่เกษตรกรทั่วไป และด้านการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ มีการสนับสนุนการวิจัย การแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า จากนโยบายการพัฒนาข้าว การปรับปรุงคุณภาพข้าวสามารถเป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการส่งออกข้าวไทย ไปสู่ตลาดคุณภาพที่มีมูลค่าสูงกว่าข้าวคุณภาพต่ำ นอกจากพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐานสินค้าข้าว การปรับปรุงเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ย่อมช่วยถนอมคุณภาพของข้าวให้อยู่ในสภาพที่ดีจนถึงมือผู้บริโภค

ภาครัฐ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ จัดร่างแผนแม่บทซึ่งเป็นความพยายามในการพัฒนากรอบการดำเนินการเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันประเด็นสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นที่สนใจจากนานาประเทศ ได้ออกมาตรการมาบังคับให้ประเทศผู้ผลิตสินค้าที่จะส่งออกไปยังประเทศหรือกลุ่มประเทศของตนปฏิบัติตาม อาทิ สหภาพยุโรป (EU) ได้ออกมาตรการบังคับใช้ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE) มีการบังคับใช้เมื่อเดือนสิงหาคม 2548 และระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (RoHS) ซึ่งบังคับใช้ในปี 2549 ที่ผ่านมา เป็นต้น ภาครัฐจึงหันมาให้การสนับสนุนการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถลดภาระในการแก้ปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยการทำ LCA เป็นการแก้ปัญหาที่สาเหตุจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2549)

ผู้บริโภคเป็นผู้ได้รับประโยชน์สูงสุดในการทำ LCA โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกษตร และอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งจำเป็นต้องบริโภคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อมีการนำหลักการ LCA มาใช้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ประชาชนมีทางเลือกในการบริโภคเพิ่มขึ้น และเป็นข้อมูลในการตัดสินใจบริโภคอย่างถูกต้อง อีกทั้งเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมทางอ้อม เพื่อร่วมมือกันลดภาระปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านทางฉลากเขียวซึ่งเป็นเครื่องหมายให้กับผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อถูกต้องตามวัตถุประสงค์

5.4.1.2 ผลพลอยได้จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

ผลิตภัณฑ์พลอยได้ของผลิตภัณฑ์ข้าว ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวมีหลายรูปแบบ และมีการพัฒนาคุณภาพ โดยเป็นสินค้าออกที่สำคัญของประเทศไทย อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์จำพวกเส้น แป้ง นมข้าว ไปจนถึงเครื่องสำอางที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ เมื่อมีการพัฒนาคุณภาพให้ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ก็จะเป็นทางเลือกหนึ่งของตลาดการค้า ส่งเสริมให้เศรษฐกิจของประเทศพัฒนาตามไปด้วย ผลิตภัณฑ์ข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อีกมากมาย

การพัฒนาไปสู่เกณฑ์ฉลากเขียวผลิตภัณฑ์ข้าว หรือฉลากสิ่งแวดล้อมแก่ผลิตภัณฑ์ข้าว ซึ่งได้รับการกดดันทางการค้าจากสหภาพยุโรป โดยมีความเป็นมาจากสมุดปกเขียว หรือ Green Paper ซึ่งเป็นร่างกฎหมายของสหภาพยุโรปที่มีสาระสำคัญว่าด้วยนโยบายสินค้าครบวงจร (Integrated Product Policy-IPP) โดยขณะนี้ IPP จะยังคงอยู่ในขั้นที่เป็น Green Paper ซึ่งยังจะต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ก่อนที่จะออกมาเป็นนโยบาย และออกประกาศเป็นกฎระเบียบเพื่อใช้บังคับ แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยรอบข้างหลายปัจจัยที่เป็นแรงผลักดันให้นโยบายนี้คืบหน้าไปอย่างรวดเร็ว เช่น การผลักดันโดยการนำของสวีเดนซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มประเทศนอร์ดิคที่ให้ความสำคัญในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากนโยบาย และมาตรการภายใต้ IPP จะครอบคลุมขอบเขตกว้างขวางมาก และส่งผลกระทบต่อฝ่ายต่าง ๆ หลายฝ่าย ซึ่งแม้แต่ภายในสหภาพยุโรปเองก็มีการขัดแย้งกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคธุรกิจของสหภาพยุโรปเป็นฝ่ายที่จะได้รับผลกระทบจากมาตรการนี้ และการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 ซึ่งจะมีข้อมูลการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) เข้ามาเกี่ยวด้วยนั้น ก็เป็นส่วนหนึ่งในยุทธศาสตร์การดำเนินงาน และเป็นประเด็นร้อนที่หลายประเทศให้ความสนใจ โดยปัจจุบันญี่ปุ่นได้เริ่มประกาศใช้แล้ว แต่ยังจำกัดในผลิตภัณฑ์บางรายการ คาดว่ามีประมาณ 100 ผลิตภัณฑ์ (ปมทอง มาลากุลฯ, 2548) ข้อดีของการมีฉลากเขียวติดอยู่บนผลิตภัณฑ์คือใช้เป็นเครื่องหมายให้กับผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม

ผู้บริโภคจะได้เลือกซื้อถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ในส่วนผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายจะได้รับผล ประโยชน์ในแง่กำไรเนื่องจากมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมากขึ้น ผลักดันให้ผู้ผลิตรายอื่น ๆ ต้องแข่งขันกันปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการของตนในด้านเทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยอมรับของประชาชน และส่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ผลิตเองในระยะยาว ฉลากเขียวจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันรักษาธรรมชาติผ่านทางการผลิต และการบริโภคของประชาชน

5.4.2 ประโยชน์จากงานวิจัยด้านการประเมินวงจรชีวิต

จากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารที่มีน้อยมาก งานวิจัยการประเมินวงจรชีวิตข้าวนี้ จึงเป็นการบุกเบิกให้มีการทำการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อาหารและเกษตรเพิ่มขึ้น เพราะยังมีผลิตภัณฑ์อาหารและเกษตรอีกเป็นจำนวนมาก และข้อมูลเหล่านี้จะเป็นการเพิ่มฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพต่อไป โดยการทำงานวิจัยด้านการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารนับเป็นความก้าวหน้าในวงการการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และเป็นแรงกระตุ้นให้ประเทศไทยพัฒนาฐานข้อมูลให้เป็นศูนย์กลางฐานข้อมูลวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารต่อไป

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลการวิจัยพบว่า สามารถลดก๊าซมีเทนลงได้ ด้วยการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด เน้นการใช้น้ำในนาข้าวเหลือน้อยที่สุด ลดการขังน้ำในนา และไม่กระทบต่อผลผลิตข้าว ซึ่งทำได้ด้วยการผสมผสานเทคโนโลยีเกษตรหลายวิธีเข้าด้วยกัน ข้อมูลเบื้องต้นการลดจำนวนวันที่ขังน้ำจาก 92 วัน เป็น 70 วัน จะสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูได้ถึง 58.4% ทั้งนี้จะต้องมีการขังน้ำเพื่อกำจัดวัชพืช และระบายออกระยะข้าวแตกกอ ปล่อยให้ดินแห้ง 2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว ขณะเดียวกันการทำนาปีไม่ควรปลูกข้าวเร็วเกินไป เพราะหากข้าวอายุนานปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดจะสูงขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์มีความจำเป็นเพื่อเพิ่มผลผลิต แต่ไม่ควรใส่อินทรียวัตถุมากเกินไป ส่วนโรงสีข้าวควรมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นการลดค่าใช้จ่าย และลดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้า อาทิ เช่น การตรวจสอบเครื่องจักร การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การดูแลรักษามอเตอร์ไฟฟ้า และการเลือกโครงสร้างค่าไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโรงสีข้าวแต่ละแห่ง และควรมีการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแต่ละจุดเพื่อตรวจสอบและลดการใช้ไฟฟ้าอีกด้วย

การใช้พลังงานเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโรงสีข้าวที่มีการใช้เชื้อเพลิงแกลบในการผลิตไอน้ำ แม้แกลบจะเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ แต่ในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้น จึงต้องมีการใช้แกลบอย่างมีประสิทธิภาพโดยการจัดการหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพดีสม่ำเสมอ

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว จะทำให้มีฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ และผลิตภัณฑ์ส่งออกของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพ และสร้างลักษณะพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และสร้างประโยชน์มากมาย และในส่วนขั้นตอนการปลูกข้าว ซึ่งส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยเป็นสาเหตุสำคัญของการก่อภาวะโลกร้อนโดยการปล่อยมีเทนของนาข้าว ควรมีการปรับปรุงระบบการปลูก โดยในปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษได้จัดทำคู่มือการผลิตข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียด และวิธีการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และแนวทางในการลดพลังงาน ในส่วนของโรงสีข้าวจากการประเมินพบว่าในโรงสีมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม เนื่องจากพลังงานจากเชื้อแพลิงแกลบส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และยังเป็นการนำผลพลอยได้ของโรงสีข้าวมาใช้ให้เกิดประโยชนสุงสุดอีกด้วย อีกทั้งเสนอให้มีการจัดทำฐานข้อมูลวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญของการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง สารเคมีกำจัดศัตรูพืช รวมไปถึงฐานข้อมูลเชื้อเพลิงพลังงานต่างของประเทศไทย เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย และการศึกษาดัชนีมลพิษผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญของประเทศเพื่อใช้ในเป็นมาตรฐานในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกัน และพัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณาฉลากเขียวได้

รายการอ้างอิง

กันต์ พรหมเมตตา, ธงไชย ศรีนพคุณ และเพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. (2548). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Life Cycle Assessment of Jatropha biodiesel production)**. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

กรมการค้าภายใน. (2550). **ทะเบียนโรงสีขนาดใหญ่และขนาดกลางรายจังหวัด**. [ออนไลน์] จาก http://www.dit.go.th/dit48 [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550]

กรมการค้าต่างประเทศ. (2548). **ผลิตภัณฑ์จากข้าว (Rice Production) การปลูกข้าว (Rice Cultivation) โครงสร้างของข้าว (Rice Structure) และมาตรฐานข้าว (Rice Standard)** [ออนไลน์] จาก http://www.dft.moc.go.th/ [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550]

กรมการค้าต่างประเทศ. (2551). **การส่งออกและนำเข้า**. [ออนไลน์] จาก http://www.dft.moc.go.th/index.asp?solution=800 [อ้างเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2551]

กรมการค้าภายใน. (2549). **สิทธิ์ของผู้บริโภค (Market Consumer's Right)**. กระทรวงพานิชย์ [ออนไลน์] จาก http://www.dif.moc.go.th/ [อ้างเมื่อ 4 พฤษภาคม 2550]

กรมการค้าภายใน. (2551). **สถิติการส่งออกข้าวของประเทศไทย**. กระทรวงพานิชย์ [ออนไลน์] จาก http://www.dif.moc.go.th/ [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2551]

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). **รายงานสรุปโครงการดำเนินงานตามแผนแม่บทการควบคุมการเผาในที่โล่ง กิจกรรมข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : ส่วนมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, กรมควบคุมมลพิษ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). **คู่มือการผลิตข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: ส่วนมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, กรมควบคุมมลพิษ.

กรมวิชาการเกษตร. (ม.ป.ป). **การทำนาน้ำฝน**. กรุงเทพฯ : ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. (2550). **ข่าวสารทางการเกษตร (Agricultural news) และงานวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร**.[ออนไลน์] จาก : http://www.disc.doa.go.th/ [อ้างเมื่อ 12 พฤษภาคม 2550]

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2549). **ข้อมูลทางการเกษตรที่สำคัญในประเทศไทย (Important information on agriculture in Thailand)**. [ออนไลน์] จาก http://www.doae.go.th/ [อ้างเมื่อ 9 พฤษภาคม 2550]

กรมส่งเสริมสหกรณ์. (2548). **สหกรณ์ (Cooperative).** [ออนไลน์] จาก http://www.doae.go.th/ [อ้างเมื่อ 9 พฤษภาคม 2550]

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). **ข้อมูลเพื่อการเกษตร**. [ออนไลน์]. จาก http://www.moac.go.th/builder/moac02/inside.php?link=page&c=infomoac [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550]

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549).**หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว.** กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กลุ่มงานเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ, สำนักงานเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. กรุงเทพฯ

กฤษกร เจียมจำรัสศิลป และคณะ. (2548). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (2550). **ก๊าซเรือนกระจก**. เอกสารเผยแพร่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คณะวิทยาศาสตร์ [ออนไลน์] จาก http://www.ru.ac.th/climate-change/index.htm [อ้างเมื่อ 21 พฤษภาคม 2551]

งามชื่น คงเสรี. (2541). **ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว (สินค้าเกษตรพัฒนาเพื่อการค้าและการส่งออก)**. วารสารจาร์พา. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [ออนไลน์] จาก http://www.charpa.co.th/bulletin/ rice_exp.html [อ้างเมื่อ 7 พฤษภาคม 2550]

งามชื่น คงเสรี. (2541). **ข้าว: กลยุทธการเพิ่มศักยภาพการส่งออกสู่ตลาดคุณภาพ**. วารสารจาร์พา. ศูนย์ความรู้ทางการเกษตร.ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [ออนไลน์] จาก http://www.charpa.co.th/bulletin/ rice_potential_development.html [อ้างเมื่อ 8 พฤษภาคม 2550]

งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2549). **โครงการวิจัย LCA ของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กับ LCA ของโฟมพลาสติก**. กรุงเทพฯ : งานวิจัยภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิรพัฒน์ โพธิ์พ่วง. (2547). **แนวคิดเบื้องต้นของ LCA & Eco-Design**. ฝ่ายสารสนเทศและวิชาการ สถาบันไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์

จันจิรา ยะรียะหา. (2547). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้วัสดุทดแทนพีวีซี**. เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

จันทรา ทองคำเภา. (2549). **การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Analysis: LCA) เครื่องมือเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม.** สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม: กรุงเทพฯ

จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. (2534). **ความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ฉันธนา ยูวะนิยม และอื่นๆ (2550).**การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกธรรมดากับพลาสติกย่อยสลายได้โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต.** กรุงเทพฯ :สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ชัชนี คุณากรเกษม. (ม.ป.ป). **ฉลากเขียวเพื่อผลิตภัณฑ์สีเขียว โอกาสและข้อจำกัด.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

ฐาปนีย์ มีกลิ่น. (ม.ป.ป). **หลักเกณฑ์วิชาการสุขาภิบาลโรงสีข้าวด้วยเครื่องจักร.กรุงเทพฯ:**กองสุขาภิบาลชุมชนและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2550). การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้แนวทางประเมินวัฏจักรชีวิต. กรุงเทพฯ : การ**ประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานครั้งที่ 3 Life Cycle Architecture, Sustainable Architecture, Modular, Ecodesign**.พฤษภาคม 2550

ณัฐณี วรยศ, ณัฐ วรยศ และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2550). **Life Cycle Assessment of Dendrothermal Power Generation in Thailand including Economic Feasibility Analysis: A Case Study**. เชียงใหม่ : คณะวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ณัฐพล วุทธิกุล, และธงไชย ศรีนพคุณ. (2547).**การหาสภาวะดำเนินการที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ภายใต้ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ของโทลูอีนและเอทิลอะซีเตต**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ

ทนง พรประดับเกียรติ. (2548). **การนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการปรับปรุงดิน**.กรุงเทพฯ

ทรงกลด บางยี่ขัน. (2545). **การสำรวจฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ผลิตในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: เอกสารเผยแพร่ ลำดับที่ 2 พ.ศ. 2545 มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. (2531). **พืชไร่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เล่ม 1**. เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธิดา ทัศนราพันธ์. (2543).**การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีรนันทา ฤทธิ์มณี และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2545). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอทานอลโดยการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ชนิดท่อความร้อน**. เชียงใหม่ : สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2548). **การประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม**. เชียงใหม่ : สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นรรัตน์ รอดประเสริฐ, วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ, เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์ และฉัตรเพชร ยศพล. (2548). **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต.** ขอนแก่น : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปราณี พันธุมสินชัย. (2542). **ISO 14000 มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมและกฎหมายสิ่งแวดล้อมไทย (สำหรับผู้บริหาร)**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสงค์ ประยงค์เพชร. (2549). **มาตรฐาน ISO สำหรับการประเมินวงจรชีวิตเพื่อสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน.** กระดานเสนอความคิดเห็น NPC-S&E exchange [ออนไลน์] จาก www.npc-se.co.th [อ้างเมื่อ 12 สิงหาคม 2550]

ประเสริฐ ภวสันต์. (2548). **National Database Management System for Life Cycle Assessment**. กรุงเทพฯ : งานสัมมนาวิชาการ “Capacity Building on Life Cycle Assessment in APEC Economies”.

ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยาและธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2549). **LCA & EcoDesign Projects in Thailand**. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2547). **คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์: ภายใต้โครงการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์ และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม.** นนทบุรี: ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และ อธิวัฒน์ จิราจริยเวศ. (2548). **Life Cycle Inventory for Cement Product**. กรุงเทพฯ : International Workshop on “Capacity Building on Life Cycle Assessment in APEC Economies”.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, พัชรินทร์ วรธนกุล, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และชิฎจุมพณ แก้วประกิจ. (2546). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์ "ผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์"**.กรุงเทพฯ: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

พงศธร อาธรธุระสุข. (2545). **Life Cycle Assessment (LCA) and Green Productivity (GP): เครื่องมือเพื่อการพัฒนาผลผลิตอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน**. สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ และปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา. (2548). **การศึกษาและพัฒนากรอบการดำเนินงานเพื่อรองรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดการประเมินตลอดวงจรชีวิต.**ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ร่วมกับ Research Center for Life Cycle Assessment, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

พรชัย ตันติวีรสุต. (2541). **โรงสีข้าวระบบเก่าและระบบใหม่.** วารสารกสิกร ปีที่ 71 ฉบับที่ 6(พ.ย.-ธ.ค. 2541, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ

พัชรี แสนจันทร์ และ ชนะ ศรีสมภาร. (2547)**. ผลตอบแทนการผลิตข้าวจากนาที่มีการลดการปล่อยก๊าซมีเทน.**วารสารเกษตร 20 (3): 259-271: กรุงเทพฯ

พิศาล พงศาพิชญ์และคณะ (ม.ป.ป) รายงานผลการศึกษาวิจัย โครงการจัดหาข้อมูลสารมีพิษตกค้างในอาหาร: ข้าว. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ: กรุงเทพฯ

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. (2529). **การปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : กลุ่มหนังสือเกษตร.

ภาคภูมิ พระประเสริฐ. 2543. **ผลของพันธุ์ข้าวเจ้าและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภิญญา จำรัสกุล. 2545. **การแพร่กระจายของสารพิษทางการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักในประเทศไทย.** เอกสารวิชาการ. กองวัสดุมีพิษการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 76 หน้า.

ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ และบัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย. (2548). **วิธี PCA และ IOA สำหรับการประเมินปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยโดยการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2550). **การปลูกข้าวหอมมะลิ 105**. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 12 สิงหาคม 2550] จาก http://web.ku.ac.th/agri/rice105/rindex2.htm

มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2549).**ข้าวตัดต่อยีนส์**.[ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550] จาก http://www.eng.su.ac.th/biotech/rice

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2548). **ประวัติความป็นมาของข้าวไทย** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550]. จาก http://www.thairice.org

เมธา เลิศดำรงธรรม. (2546). **ภาวะการค้า นโยบายและแนวโน้มทางการค้าข้าวไทย**.กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2527). **หลักการใช้ปุ๋ยข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. หน้า 31.

รุ่งเรือง ลิ้มชูปฏิภาณ์. (2548). **การพัฒนาแผนยุทธศาสตร์เพื่อการสร้างศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมไทย**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ละม้ายมาศ ยังสุข. (2542). **ผลิตภัณฑ์ข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกับแนวทางการวิจัย และพัฒนา**. "รวมใจภักดิ์ รักษ์ข้างไทย": การสัมนาวิชาการข้าว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วันที่ 10-11 สิงหาคม 2542. สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรรณวิมล ภัทรสิริวงศ์ และคณะ. (2550). **การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการบำบัดสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในนาข้าวพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย**.ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

วิสุทธิ เชวงศรี, สุรพล จัตุพร, พนิดา ไชยยันต์บูรณ์, รัชนี สุวภาพ. (2538).**วิจัยผลกระทบของวัตถุมีพิษในระบบปลูกพืชสลับในนาข้าว.** การประชุมวิชาการ กองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 1. กรมวิชาการเกษตร กองวัตถุมีพิษการเกษตร.กรุงเทพฯ

วีระ โลหะ และคณะ. (2545). **Boiler Life Assessment of A Thermal Power Plant.** ภูเก็ต: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16

ศิโรรัตน์ อมรชัยพันธุ์. (2545). **พลังงานที่ใช้ในการสีและหุงข้าว.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2548). **ไม่มีชื่อเรื่อง.** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 12 สิงหาคม 2550] จาก http://www.thairice.org/www.moc.go.th

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. (2546). **การหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดข้าวงอก**. สำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุง.

ศูนย์สถิติการเกษตร. (2537). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2536/37.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

ศูนย์สถิติการเกษตร. (2542). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2541/42.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

ศูนย์สถิติการเกษตร. (2543). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2542/43.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

ศูนย์สถิติการเกษตร. (2549). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2548/49.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

ศูนย์สถิติการเกษตร. (2551). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2550/51.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2544). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพานิชย์**. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและพลังงาน]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถาบันไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์, ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติและสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2549). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ : งานสื่อสิ่งพิมพ์ ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ

สถาบันวิจัยข้าว. (2547). **การผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป.** โครงการวิจัยและพัฒนาการแปรรูปข้าว.กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2541). **โครงการฉลากเขียว : ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดสำหรับถ้วยชาม = Dishwashing detergent**. สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สิรินทรเทพ เต้าประยูร, เครือมาศ สมัครการ. (2544). **การศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวด้วยระบบภูมิศาสตร์สนเทศ**. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ

สุกัญญา ตามสัญญา. (2541). **การประเมินมลพิษทางอากาศจากการขนส่ง**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สุรัตน์ ตั้งไพฑูรย์. (2547). **Life Cycle Assessment (LCA) and Eco Design for the Electrical and Electronics Industries**. สถาบันไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์: กรุงเทพฯ

สุวิทย์ เตีย, อมรมาศ ศิริจารุพันธุ์. (2545). **การวิเคราะห์วงจรผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ

สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์. (2548). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน**. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี]. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2546). **การปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย**. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ(มกอช. 4000-2546) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับทั่วไป เล่ม 120 ตอนพิเศษ 145 ง วันที่ 19 ธันวาคม 2546

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2546). **ข้าวหอมมะลิไทย**. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 4000-2546). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับทั่วไป เล่ม 120 ตอนพิเศษ 145 ง วันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2546

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2547). **สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (มกอช. 9003).** มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9003-2547). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 121 ตอนพิเศษ 120 ง ลงวันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2549). **สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (มกอช. 9002)**. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9003-2547). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2545).**ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์**. [ออนไลน์] จาก http://www.tei.or.th/thaigpn/pdf%20doc/TGL_02_R2_02.pdf [อ้างเมื่อ 16 พฤษภาคม 2550]

สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2536). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2535-2536.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สถิติการเกษตร. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 444.

สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2541). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2539-2540**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 9/2541.

สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2548). **สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรวมไทยกับต่างประเทศ ปี 2540-2548.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สถิติการเกษตร. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 พฤษภาคม 2550].จาก http://www.doae.go.th/stat/index.htm

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2546). **สถิติผลผลิตข้าวในประเทศไทย**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.เอกสารสถิติการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2549). **สถิติผลผลิตข้าวโลก**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.เอกสารสถิติการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). **สถิติผลผลิตข้าวโลก**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.เอกสารสถิติการเกษตร

สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. (2551). **ข้อมูลสถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2551: ข้าว**. กรมการข้าว.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.[ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 เมษายน 2551]. จาก http://www.riceproduct.org/index.php

ไสว พงษ์เก่า, อารีย์ วรัญญวัฒก์, ดุสิต ศิริพงษ์, พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, วัชรินทร์ บุญวัฒน์ และสุรพล อุปดิสสกุล. (2525). **พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ ; ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิชาติ เชี่ยววานิช และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2546). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนเอ็กเทอร์นัลลิตีของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ-กรณีศึกษาในฟาร์มสุกรขนาด 1000 ลูกบาศก์เมตร**. เชียงใหม่: การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 2

อภิชาติ โสภาแดง. (2546). **การศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการประเมินวัฏจักรอย่างง่ายของอุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. (2541). **ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมโลกจากก๊าซปฏิกิริยาเรือนกระจกต่อการทำนาข้าว**, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณี องค์มงคลกุล.(2545). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของกล่องกระดาษ**. กรุงเทพฯ: [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 12 สิงหาคม 2550] จาก http://www.howproductsimpact.net

อรรคเจตต์ อภิขจรศิลป์ และ ปริญญ์ บุญกนิษฐ. (2549). **กลยุทธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco design strategies)**. Engineering Today 4, 39.

อุรศา ศรีบุญลือ. (2540). **ฉลากสิ่งแวดล้อม : ทางเลือกเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้บริโภค.**วารสารผลิตภัณฑ์สีเขียวเพื่อการเพิ่มผลผลิต ปีที่ 6 ฉ.15.

อัครเดช จวงถาวร. (2550). **การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังกับโฟมพอลิสไตรีน (Life Cycle Assessment for Environmental Performance Comparison of Cassava-Based and Polystyrene Foam Packages).**วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมเคมี.

อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง. (2533). **ประมวลความรู้เรื่องข้าว.**กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

โอมฤทธิ์ หาระบุตรและอื่นๆ. (2545). **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์.** กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

Anne H, Vijia K. Life Cycle Assessment of a Rock Crusher. (2000). **Journal of Resources conservation and Recycling** [serial online] 8(1): 207-217.

Widiyanto, A., Kato, S., Maruyama, M., Nishimura, A., Sampattagul, S**.** (2003)**. Environmental Impacts Evaluation of Electricity Grid Mix Systems in Four Selected Countries Using A Life Cycle Assessment Point of View.** Procesdlngs of EmDesignZWS: Third International Symposium on Environmental Conscious Design and Inverse Man Uta Cturing Tokyo: Japan

Jensen, A. A. (1997). **Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information sources**. dk-TEKNIK Energy & Environment Denmark.

Arnold T. (2000). **Life cycle assessment as a tool in environmental impact assessment. Environmental Impact Assessment Review**; 20(1): 435-456.

A.T. Biopower Co.Ltd. (2007). Monitoring Report: A.T. Biopower Rice husk in Power Project in Pichit Thailand. Bangkok: Thailand.

Azapagic, A., and Clift, R., (1999). **The Application of Life Cycle Assessment to Process Optimization**. Computer and Chemical Engineering. 23(199): 1509-1526.

Delaney, B. T. and James D. Heeren. (2000). **Life Cycle Assessment and Environmental Management.** ISO 14001 Cetified. First Environment Office. USA

Smith, W. C. And Robert H. Dilday. (2002). **Rice (Origin, History, Technology and Production)**. John Wiley & Sons Inc. USA.

Baruah, D.C. and Dutta, P.K. (2007). **An investigation into the energy use in relation to yield of rice (Oryza sativa) in Assam, India**. Agriculture, Ecosystems & Environment.

Food and Agriculture Organization of The United Nations : FAO. (1994)**. Medium-term prospects for agricultural commodities project to the year 2000**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Food and Agriculture Organization of The United Nations : FAO. (2007). **Country rice facts.** [Online]. Available: http://www.fao.org/

Guinee J. B, Gorree M, Heijungs R, Huppes G, Kleijn R, van Oers L, Wegener Sleeswilk A,Suh S, Udo de Haes HA, de Bruijin H, van Druin R, Huijbregts MAJ. (2002). **Life Cycle Asseessment: An Operational Guide to the ISO standards**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (NL)

International Rice Research Institute (IRRI). (2007). **Data of Rice**. [Online]. Available: http://www.riceweb.org/

International Organization for Standardization. (1997). **ISO 14040 Environmental management – Life Cycle Assessment - Principles and Framework** [Online]. Available: http://www.iso.org

International Organization for Standardization. (1998). **ISO 14041 Environmental management - Life Cycle Assessment - Goal and Scope Definition and Inventory Analysis** [Online]. Available: http://www.iso.org

International Organization for Standardization. (2000). **ISO 14042 Environmental management - Life Cycle Assessment - Life Cycle Impact Assessment.** [Online]. Available: http://www.iso.org

Intergoverment Panel on Climate Change (IPCC). 1992. **Climate Change 1992.**The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, Houghton, J.T., B.T. Callander and S.K. Vamey (eds.), Cambridge University Press.

International Organization for Standardization. (2000). **ISO 14043 Environmental management - Life Cycle Assessment - Life cycle interpretation.** [Online]. Available: http://www.iso.org

M.A.K. Khalil and M.J. Shearer. (2006). **Decreasing emissions of methane from rice agriculture. International Congress Series**, Volume 1293.

Ongmongkolkul A. (2001). **Life Cycle Assessment of Paperboard Packaging Produced in Medium-size Factories in Thailand** [Master Thesis in Engineering]. Pathum Thani: The Graduate School, Asian Institute of Technology

Patrick Mourin, Roland W. Scholz, Thomas Nemecek, Olaf Weber. (2006). **Life Cycle management on Swiss fruit farm: Rotating environmental and income indicators for apple growing.** Ecological Economics.

Roy, P., Shimizu, N., Okadome, H., Shiina, T., Kimura, T. (2007). **Life cycle of rice: Challenges and choices for Bangladesh**. Journal of Food Engineering 79

Viseskakul, P. (2006). **LCA for Energy Policy Formulation : Suitable Bio-diesel Pricing.** Bankok. National Economic and Social Development Board (NESDB)

Kemmadamrong, P., and Khamkure, S. (2004). **An Evaluation of Wastewater Treatment Plant of Electronic Products using Life Cycle Assessment**. Chiang Mai: Department of Environmental Engineering

Tam Mungkung, R., Helias A Udo de Haes and Clift, R. (2006). **Potential and Limitations of Life Cycle Assessment in Setting Ecolabelling Criteria: A Case Study of Thai Shrimp Aquaculture Product**. Int J LCA 11 (1), p 55-59

Research Center for Life Cycle Assessment, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). (2007). **Research Center for Life Cycle Assessment** [Online]. Available: http://www.aist.go.jp/index_en.html. AIST West, 16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569 JAPAN

Rice Production Manual Group. (1983). **Rice Production Manual**. University of the Philippines at Los Banos. College, Laguna, Philippines. p 155-159 .

Sass, R.L. F.M. Fisher, Y.B. Wand, F.T. Tumer and M.F. Jand. (1992). **Methane emission From rice fields : the effect of flooded water management**. Global Biogeochem. Cycles 6 : p 249-262.

Wassmann, R., H. Papen and H. Rennenberg. (1993). **Methane emission from rice Paddies and possible mitigation stratigies**. Chemosphere 26 : p 201-217

Sumpattakul, S., Kato, S., Kiatsiriraot, T., and Widiyanto, A. (2004). **Life Cycle Considerations of the Flue Gas Desulpherization System at a Lignite-Fired Power Plant in Thailand**. Int J LCA 9 (6), p 387-393.

Sampattagul, S., and Kiatsiriroat, T. (1999). **Environmental Life Cycle Assessment of Products**. Proceeding from Tri-University International Joint Seminar & Symposium 1999 in China.

Sampattagul, S., Yucho, S., Kato, S. and Kiatsiriroat**,** T. (2006)**. Development of Life Cycle Impact Assessment By Using NETS Scheme**. PROCEEDINGS OF LCE 2006

Sampattagul, S. (2001). **Life Cycle Assessment of Commercial Refrigerated Cabinets**. Abstract of Global Change and Sustainable Development in Southeast Asia: A regional Science-Policy Cenference .Chiang Mai, Thailand, 17-19 February 2001

Schuurmans, A. Rouwette R, Vonk N, Broers J, Rijnsburger H, Pietersen H. (2005). **LCA of Finer Sand in Concrete**. Int J LCA 10(2) 131–135

Seungdo, K., and Overcash, M. (2003). **Energy in chemical manufacturing processes: gate-to-gate information for life cycle assessment**. Journal of chemical technology and biotechnology, 78(9), 995-1005.

Gheewala, H. S. (2005). **Environmental Assessment of Power Production form Bagasses in Thailand: A Life Cycle Evaluation**. Bangkok: International Workshop on "Capacity Building on Life Cycle Assessment in APEC Economies".

Shonnard, D.R., (2000). **Environmental risk assessment for pollution prevention, green engineering, industrial ecology**. American Chemical Society. Environ. Sci. Technol Supportinng 2000.

Bunyavejchevin, S., and Veeranarapanich, S. (2005). **Quality of Life Assessment in Thai Postmenopausal Women with Overactive Bladder**. Bangkok: Faculty of Medicine, Chulalongkorn University.

Chungsangunsit, T., Gheewala, H. S., and Patumsawad, S. (2004). **Environmental Assessment of Electricity Production from Rice Husk: A Case Study in Thailand**.Electricity Supply Industry in Transition: Issues and Prospect for Asia: Bangkok. 14-16 January 2004

Khongsiri, S., Harabut.,Vicukit, V., Mungcharoen, T. (2005). **Life Cycle Assessment of Cassava plantation and Cassava Strach Production**. Bangkok : International Workshop " Capacity Building on Life Cycle Assessment in APEC Economies.

Ulf Sonesson. (2004). **Life Cycle Based Research In Food and Agriculture.** SIK –The Swedish Institute for Food and Biotechnology: Göteborg, Sweden

Liu, W., Y.S. Yang, Q. Zhou, L. Xie, P. Li and T. Sun. (2007). **Impact assessment of cadmium contamination on rice (Oryza sativa L.) seedlings at molecular and population levels using multiple biomarkers**. Chemosphere, Volume 67, Issue 6.

Wenzel H, Hauschild M, Alting. (1997). **Environmental Assessment of Products, Vol.1 : Methodology. tool and case studies in product development**. London UK: Chapman&Hall

Varabuntoonvit, V., and Kato, S. (2002). **Life Cycle Environmental Analysis Program for Productis with Full Cost Accounting .** Chiang Mai :Chiang Mai University**.**Thailand

Yamane, T. (1973). **Mathematics for Economists: An Elementary Survey**. 2nd ed. New Delhi: Prentice-Hall.

Yoshimasa, K., and Hidekazu, T., (1999). **LCA Estimation for Industrial Products (Application to television).** Proceeding from Tri-University International Joint Seminar &Symposium 1999 in China.

Zakaria, Z., Hassan, N. M., and Awang, M. (1999)**. Current Status and Needs for Life Cycle Assessment Development in Asian/Pacific Regions.** Int. J. LCA **4** © ecomed publishers, D-86899 Landsberg, Germany

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างแบบสอบถามการทำนา

ชื่อ	
ที่อยู่	

แบบสอบถามการทำนา				
	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
1	พื้นที่นาที่ปลูกข้าว			
2	ปริมาณเมล็ดข้าวที่ปลูก			
3	ปริมาณต้นกล้าที่ปักดำ			
4	ปริมาณน้ำที่ใช้			
5	ปริมาณยาฆ่าแมลง			
6	ปริมาณยาฆ่าศัตรูพืช			
7	ปริมาณปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นข้าว			
8	ระยะเวลาข้าวออกรวง			
9	แหล่งน้ำที่ใช้			
10	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว			
11	ค่าแรงงานคน			
12	ค่าน้ำมันรถไถ			
13	ค่าน้ำมันรถเกี่ยว			
14	ปริมาณผลผลิตข้าว			
15	ค่าน้ำมันรถขนส่งจากนาข้าวไปสู่ยุ้ง			
16	ความจุยุ้ง			
17	ระยะเวลาเก็บรักษาไว้ในยุ้งก่อนนำไปขาย			
18	ของเหลือจากการเก็บเกี่ยว เช่น ฟางข้าว			
19	การปรับปรุงดินหลังเก็บเกี่ยว			
20	ผลผลิตที่นำไปขาย			

ตารางที่ ก.2 ตัวอย่างแบบสอบถามการเก็บข้อมูลในโรงสีข้าว

แบบสอบถามการเก็บข้อมูลในโรงสีข้าว			
โรงสี			
กำลังการผลิต			
สารขาเข้า		**สารขาออก**	
วัตถุดิบ	**หน่วย**	**ผลิตภัณฑ์**	**หน่วย**
วัตถุดิบจากธรรมชาติ		1. ……	
1. ……		2. ……	
2. ……		3. ……	
3. ……		4. ……	
4. ……		5. ……	
5. ……		6.. ……	
6. ……		7. ……	
7. ……		**ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์**	
วัตถุดิบที่สั่งซื้อเข้ามา		1. ……	
1. ……		2. ……	
2. ……		3. ……	
3. ……		4. ……	
4. ……		5. ……	
5. ……		**ของเสียประเภทของแข็ง**	
6. ……		1. ……	
พลังงาน		2. ……	
1. ……		3. ……	
2. ……		4. ……	
3. ……		5. ……..	
4. ……		**ของเสียประเภทของเหลว**	
5. ……		1. ……	
6. ……		2. ……	
ทรัพยากร		**ของเสียประเภทก๊าซ**	
1. ……		1. ……	
2. ……		2.....	
3. ……		3. ……	

ภาคผนวก ข

ทฤษฎีอ้างอิงการกำหนดตัวอย่าง

ตารางที่ ข.1 การกำหนดขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ขนาดประชากร	**ขนาดตัวอย่างความคลาดเคลื่อน (e)**		
	±3%	**±5%**	**±10%**
500	*	222	83
1,000	*	286	91
2,000	714	333	95
3,000	811	353	97
4,000	870	364	98
5,000	909	370	98
6,000	938	375	98
7,000	959	378	99
8,000	976	381	99
9,000	989	383	99
10,000	1,000	385	99
15,000	1,034	390	99
20,000	1,053	392	100
25,000	1,064	394	100
50,000	1,087	397	100
100,000	1,099	**398**	100

หมายเหตุ : * หมายถึง ขนาดตัวอย่างไม่เหมาะสม จาก Yamane, 1976

ภาคผนวก ค

กระบวนการสีข้าวกรณีศึกษา : โรงสีข้าวแห่งหนึ่งกำลังการผลิต 500 ตันต่อวัน

กระบวนการผลิตหลัก แบ่งเป็นการคัดคุณภาพข้าว Line A (สีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง กำลังการผลิต 720 ตันต่อวัน) = 18,000 ตันต่อเดือน การคัดคุณภาพข้าว Line B (สีข้าวกล้อง 100% เป็นข้าวสาร 100% กำลังการผลิต 600 ตันต่อวัน) เท่ากับ 15,000 ตัน/เดือน การคัดคุณภาพข้าว Line C (สีปลายข้าวกล้องเป็นปลายข้าวขาว กำลังการผลิต 360 ตันต่อวัน) ประมาณ 9,000 ตันต่อเดือนและการปรับปรุงคุณภาพ Line D (ปรับปรุงคุณภาพ กำลังการผลิต 360 ตันต่อวัน) ประมาณ 9,000 ตันต่อเดือน

กระบวนการผลิตแบ่งเป็นดังนี้ ส่านที่ 1 ก่อนเข้ากระบวนการผลิต โดยกระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือก ข้าวกล้องและข้าวขาวจากเกษตรกรและโรงสีขนาดเล็ก โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อน (QC) เข้าในกระบวนการผลิต หลังจากผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะมีการส่งวัตถุดิบไปยังพิทดัม (หลุม) ลงวัตถุดิบ ตามชนิดของวัตถุดิบและคุณภาพ กรณีของข้าวเปลือกจะถูกส่งไปยังหน่วยทำความสะอาด เพื่อกำจัดเศษฟาง ฝุ่นและเมล็ดลีบออกจากวัตถุดิบ กรณีที่ความชื้นของข้าวเปลือกมากกว่า 16-24% ข้าวเปลือกจะถูกส่งไปยังเครื่องลดความชื้นก่อนที่จะส่งไปเก็บในไซโล กรณีเป็นข้าวเปลือกที่ไม่มีความชื้นจะถูกนำไปเก็บในไซโลเลยเพื่อรอเข้ากระบวนการผลิต ซึ่งการเก็บในไซโลจะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อรักษาคุณภาพ ส่วนกรณีที่วัตถุดิบเป็นข้าวกล้องและข้าวขาวจะส่งเข้าถังพักเพื่อจัดเก็บในโกดังและส่งเข้าไปในรายการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวต่อไป

ส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตข้าวเปลือกเป็นกล้อง (Line A) ข้าวเปลือกที่เก็บในไซโลจะถูกส่งไปยังเครื่องทำความสะอาด เพื่อเพื่อแยกสิ่งแปลกปลอม เช่นเศษฟาง หญ้า ใบไม้ ขี้ลีบ แกลบและฝุ่นละอองจะถูกแยกด้วยลมดูดเข้าระบบบำบัดฝุ่นต่อไป จากนั้นข้าวเปลือกจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกหิน กรวด และแรงลมจะช่วยดูดเอาแกลบ ฝุ่นละอองออกไป ข้าวเปลือกที่ผ่านออกมาจะเข้าเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบถึงปริมาณวัตถุดิบที่ทำการผลิต (กำลังการผลิตตันข้าวเปลือก) แล้วเข้าไปยังเครื่องแม่เหล็กเพื่อทำการแยกเหล็กออกไป จากนั้นส่งไปเครื่องกะเทาะเปลือก เพื่อทำการเอาเปลือกออก แล้วเราจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าข้าวกล้อง ข้าวกล้องที่ได้จะมีข้าวเปลือกและแกลบปนมาด้วย เราจึงลำเลียงเข้าเครื่องสีฝัดเพื่อแยกแกลบและฝุ่นออก จากนั้นจะเข้าเครื่องตะแกรงโยกเพื่อคัดแยกแกลบที่ปนมากับข้าวกล้อง ทำการแยกแกลบและฝุ่นออกจนหมด ให้เหลืออยู่แต่ข้าวกล้อง หลังจากเหลือแต่ข้าวกล้องแล้วจะถูกส่งไปยังเครื่องคัดขนาดข้าวหักออกจากต้นข้าว แล้วเข้าเครื่องตะแกรงอ้วน-ผอมเพื่อแยกข้าวลีบ ไม่เต็มเมล็ดออก ข้าวกล้องที่ได้จะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ข้าวกล้องส่งออกและข้าวกล้องส่ง (Line B) ข้าวกล้องส่ง (Line B) จะส่งเข้ากระบวนผลิตเพื่อแปรรูปเป็นข้าวขาวต่อไป ดังรูปที่ ค.1

ส่วนที่ 3 กระบวนการผลิตข้าวกล้องเป็นข้าวขาว (Line B) ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องจะถูกส่งไปถังพัก 24 ใบ เพื่อนำไปผลิต ข้าวกล้องจะถูกลำเลียงผ่าน

เชนเพื่อทำการชั่งน้ำหนัก แล้วเข้าเครื่องแม่เหล็กเพื่อแยกเหล็กที่แปลกปลอมมา เข้าเครื่องแยกหิน กรวด หลังจากนั้นข้าวกล้องจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องขัดขาว เครื่องแม่เหล็กเพื่อทำความสะอาด ยังจากนั้นเข้าเครื่องคัดขนาดเพื่อแยกปลายข้าวหักเล็ก ปลายข้าวหักรวม และรำก้อนออกจากต้นข้าว แล้วทำการชั่งน้ำหนักก่อนเข้ากระบวนการผลิต ข้าวกล้องจะได้รับน้ำ Water treatment เพื่อใช้ในการขัดขาวให้มีความมันวาว จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องขัดมัน เพื่อขัดให้มีความขาวเพิ่มขึ้นจากกระบวนการทำให้มีรำที่ติดตามเมล็ดข้าวหลุดออกมา จะเข้ากระบวนการขัดมันและแยกแม่เหล็กเป็นจำนวน 4 เครื่องก่อนจะเข้าเครื่องแยกรำก้อน เพื่อแยกรำก้อนออกจากข้าวขาว รำก้อนจะถูกส่งไปบรรจุกระสอบ ส่วนรำผงและฝุ่นละอองจะถูกดูด หลังจากนั้นข้าวขาวจะถูกส่งเข้าเครื่องแยกสิ่งแปลกปอมด้วยเครื่องยิงสีครั้งที่1 ครั้งที่2 เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่ต่างจากเมล็ดข้าวดีออก ส่วนข้าวขาวจะถูกส่งไปยังเครื่องคัดขนาด ซึ่งจะร่อนเอาปลายหักเล็กและต้นข้าวปนปลายข้าวรวมออกมาแล้วเข้าเครื่องคัดขนาด ส่วนต้นข้าวปนปลายข้าวรวมเพื่อคัดแยกปลายข้าวรวมออกจากต้นข้าว หลังจากนั้นผ่านเครื่องแม่เหล็กและเครื่องชั่งน้ำหนักอีกครั้ง และมีการตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิต ก่อนที่ส่งต่อไปขั้นตอนการบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ ค.2

ส่วนที่ 4 กระบวนการผลิตข้าวกล้องเป็นข้าวขาว (Line C) ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการผลิตข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องจะมีการลำเลียงเก็บไว้ที่ถังพัก 24 ใบ (ใบที่ 1-12) ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต หลังจากผ่านเครื่องแม่เหล็กเพื่อจับเศษเหล็กที่ปนเปื้อนมา แล้วป้อนเข้าเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการวัดอัตราการไหลของข้าวกล้องก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต หลังจากนั้นเข้าเครื่องแยก หิน กรวด จำนวน 2 เครื่อง เพื่อทำการแยกหินกรวด ด้วยแรงสั่นสะเทือนของแผ่นตะแกรงและแรงจะดูดเอาแกลบ ฝุ่นละอองออกไป แล้วส่งข้าวกล้องเข้าเครื่องแม่เหล็กอีกครั้ง หลังจากนั้นลำเลียงข้าวกล้องด้วยสายพาน ส่งต่อลงกระพ้อเข้าเครื่อง และส่งลงโซ่ลำเลียง เพื่อส่งเข้าเครื่องขัดมันครั้งที่ 1 และ 2 เพื่อคัดข้าวกล้องให้มีความขาวเพิ่มขึ้นในขั้นตอนนี้ข้าวกล้องจะได้รับน้ำ Water treatment เพื่อใช้ในการขัดขาวให้มีความมันวาว หลังจากนั้นข้าวกล้องจะผ่านเข้าเครื่องขัดมัน เพื่อชะล้างเอารำที่ติดมากับเมล็ดข้าวออกตามช่องรูตะแกรง หลังจากนั้นข้าวกล้องจะเข้าเครื่องแม่เหล็กอีกครั้ง แล้วจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องขัดมันและเครื่องแยกรำก้อน เพื่อคัดแยกรำก้อน รำก้อนจะถูกบรรจุไว้มนกระสอบ ส่วนรำผงและฝุ่นละอองจะถูกดูดเพื่อส่งไปเครื่องร่นรำ ส่วนข้าวขาวจะถูกลำเลียงไปเครื่องคัดขนาดเพื่อแยกเอาปลายข้าวหักเล็ก และปลายข้าวรวมออกจากต้นขาว ส่วนต้นข้าวปนปลายข้าวรวมจะถูกลำเลียงโดยสายพานและกระพ้อเข้าสู่ตะแกรงกลม อย่างต่อเนื่องทั้ง 2 ครั้ง เพื่อคัดแยกปลายข้าวรวมออกจากต้นข้าว ข้าวในขั้นตอนที่ผ่านมาจะถูกละเลียงเข้าเครื่องยิงสี เพื่อแยกสิ่งเจือปนที่มีสีแตกต่างจากเมล็ดข้าวดีออกหลังจากนั้นผ่านเครื่องแม่เหล็กและเครื่องชั่งน้ำหนัก ในระหว่างกระบวนการผลิตจะมีการตรวจสอบคุณภาพข้าวก่อนที่จะส่งไปขั้นตอนการบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ ค.3

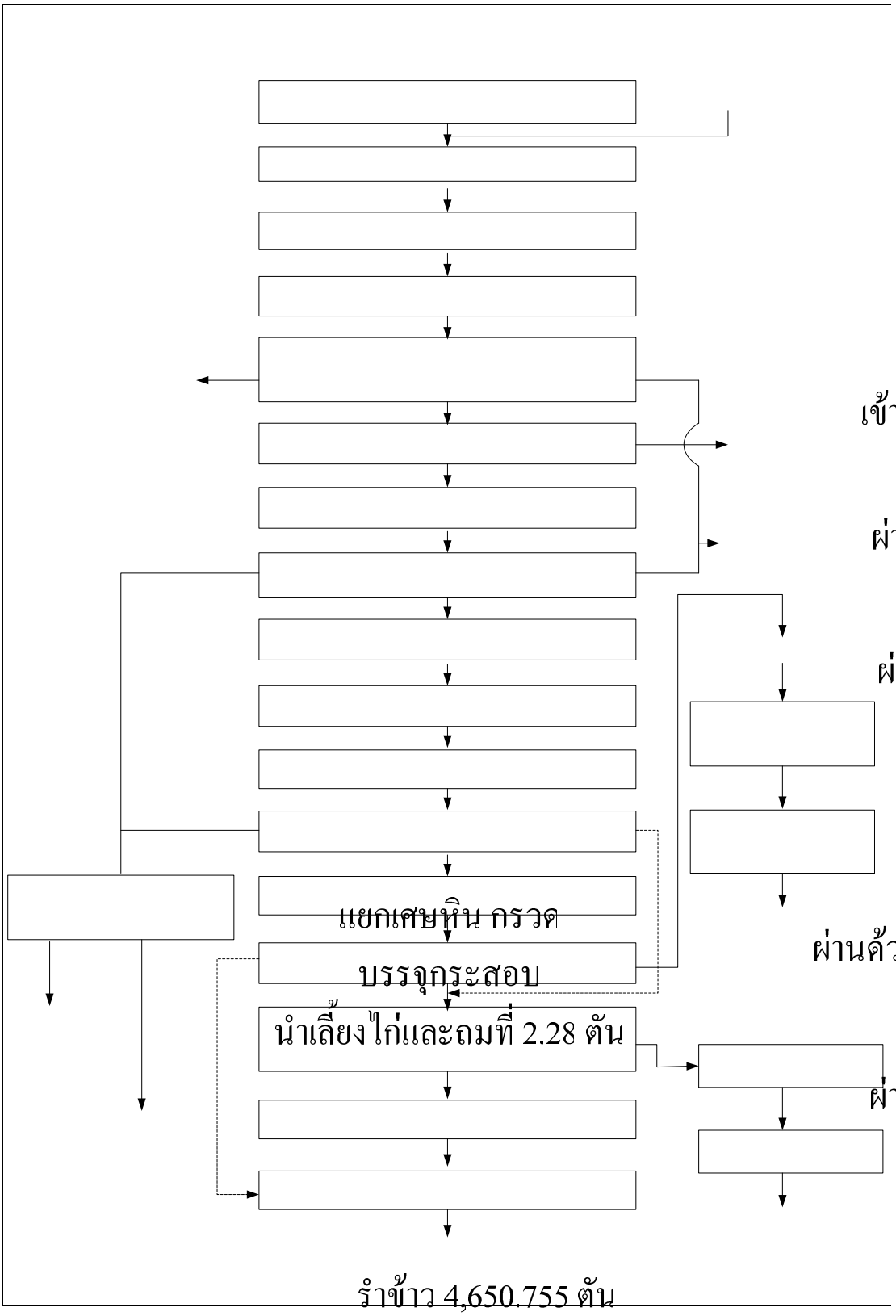
ส่วนที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารก่อนบรรจุ (Line D เก่า) ข้าวกล้องที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จะไหลเข้าเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อวัดน้ำหนักข้าวก่อนบรรจุลงในจัมโบ้เพื่อรอการปรับปรุงคุณภาพต่อไป ข้าวที่ถูกเก็บไว้จะถูกเทลงถังพัก 4 ใบเพื่อลำเลียงเข้าเครื่องทำความสะอาดเข้าเครื่องแยกหินเพื่อแยกเอาเศษหินกรวดออกไปโดยใช้ระบบการร่อนเขย่า ส่วนลมดูดเอาฝุ่นละอองออก หินกรวด บรรจุใส่กระสอบ หลังป้อนเข้าเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการวัดอัตราการไหลของข้าวกล้องก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต หลังจากนั้นเข้าแม่เหล็กจำนวน 1 เครื่อง เพื่อทำการแยกเศษเหล็กเพื่อนำไป ข้าวกล้องจะได้รับน้ำ Water treatment เพื่อใช้ในการขัดขาวให้มีความมันวาว หลังจากนั้นข้าวกล้องจะผ่านเข้าเครื่องขัดมันจำนวน 4 เครื่อง เพื่อชะล้างเอารำที่ติดมากับเมล็ดข้าวออกตามช่องรูตะแกรง ส่วนข้าวขาวจะถูกลำเลียงไปเครื่องคัดขนาดเพื่อแยกร่อนตัดแยกรำก้อนและข้าวหัก ข้าวหักและรำก้อนจะถูกส่งไปบรรจุกระสอบขาย ส่วนต้นข้าวจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องตะแกรงกลมเพื่อคัดขนาดข้าวที่ขนาดเล็ดเล็กกว่า 5.25 มิลลิเมตร ออกจากต้นข้าว หลังจากนั้นต้นข้าวจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องยิ่งสี ครั้งที่ 1 และ 2 เพื่อทำการคัดแยกเอาเมล็ดข้าวเสียที่มีสีดำ และสิ่งปนเปื้อนที่มีสีแตกต่างจากเมล็ดข้าวออก กากยิงสีจะถูกบรรจุลงกระสอบ ข้าวขาวที่ผ่านกระบวนการผลิตจะเข้าเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อวัดอัตราการไหลของผลผลิตที่ผลิตได และผ่านเครื่องแม่เหล็กอีกครั้ง เพื่อคัดแยกเศษเหล็ก ในระหว่างกระบวนการผลิตจะมีการตรวจสอบคุณภาพข้าวก่อน โดยมีการตรวจติดตามก่อนจะส่งไปขั้นตอนการบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ ค.4

ส่วนที่ 6 การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารก่อนบรรจุ (Line Dใหม่) ข้าวขาวที่ผ่านเครื่องคัดขนาด จาก Line B (Am 28-35) จำนวน 4-6 เครื่องจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องคัดขนาด #4.25 จะทำการแยกข้าวหักรวม (ขนาดเล็กกว่า 4.25 มิลลิเมตร ลงมา) ออกจากข้าวหักจากเครื่อง (Am 28-35) ข้าวหักจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องสีฝัดเพื่อแยกแกลบ เครื่องจะทำการแยกแกลบออกโดยใช้ใบพัดเพื่อกระจายข้าวและใช้ลมดูดเอาฝุ่นละอองและแกลบออก ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพข้าวสารก่อนบรรจุ (Line Dใหม่) จะเป็นขั้นตอนการบรรจุข้าวหักที่ได้จากกระบวนการผลิตข้าวกล้องเป็นข้าวขาวจาก Line B ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ ค.5

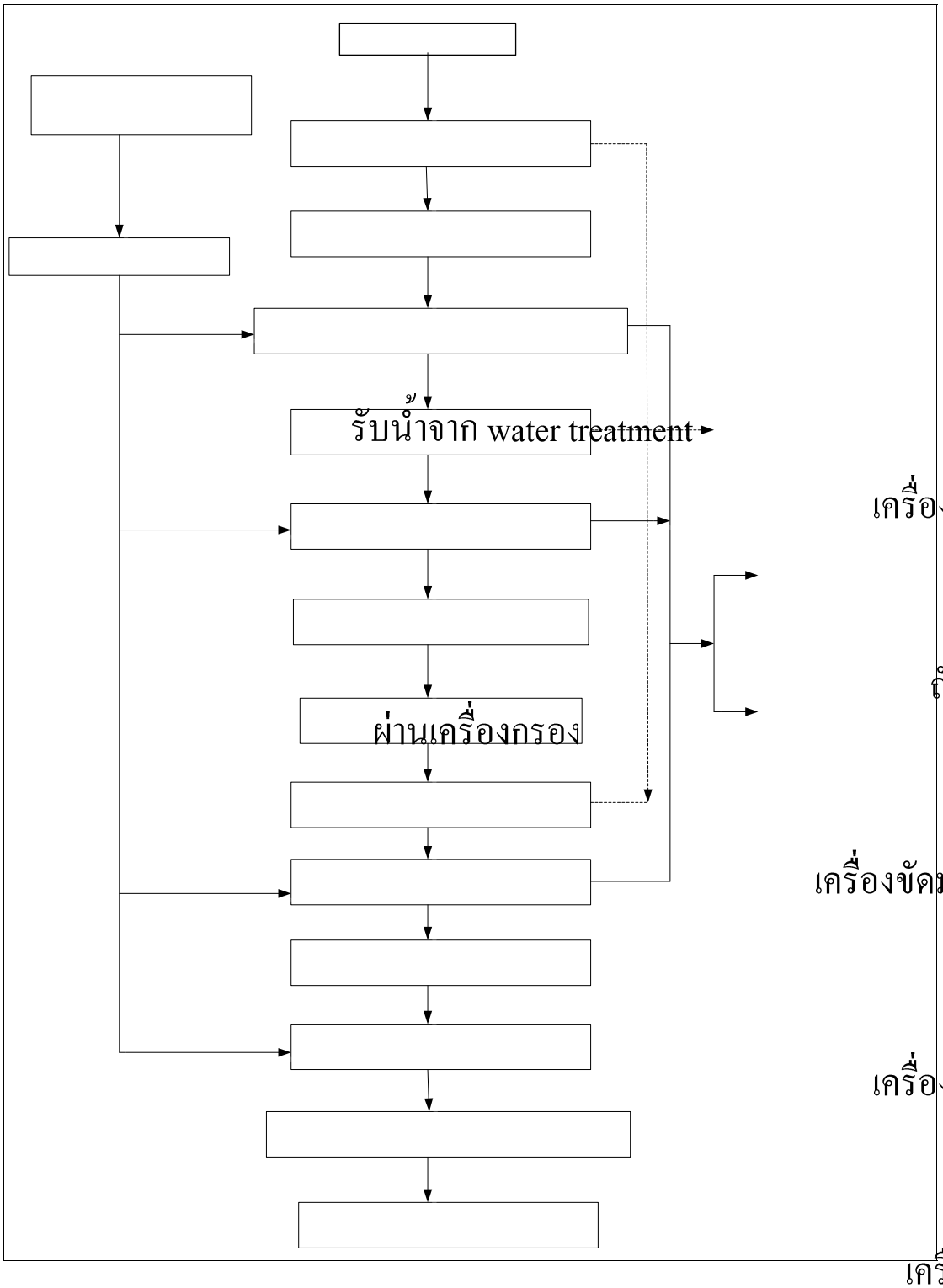
ส่วนที่ 7 ขั้นตอนการบรรจุ ข้าวที่ผ่านกระบวนการผลิตและตรวจสอบคุณภาพข้าวระหว่างกระบวนการผลิตโดยพนักงานคัดคุณภาพข้าวแล้วจะถูกลำเลียงโดยสายพานเข้าไปเก็บรักษาไว้ในถังพัก 36 ใบ ข้าวจากถังพัก 36 ใบจะถูกปล่อยลงสู่สายพานลำเลียง ใต้ถังพัก เพื่อเข้าสู่โรงบรรจุ ข้าวจะไหลผ่านเครื่องแม่เหล็กที่ติดอยู่ที่หัวสายพาน ตรงทางลงข้าว เพื่อคอยจับเอาเศษเหล็กที่ถูกแยกออกมา ข้าวที่ผ่านเครื่องแม่เหล็กจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องสีฝัดเพื่อดูดเอาฝุ่นละอองออกไปตามท่อเพื่อทำการบำบัดต่อ หลังจากนั้นเข้าถังพักข้าวบรรจุ เพื่อชั่งน้ำหนักแล้วทำการบรรจุเพื่อให้ได้ขนาดตามภาชนะบรรจุ จะมีการตรวจคุณภาพที่ห้องปฏิบัติการเคมี ภาชนะบรรจุถูกตีพิมพ์ด้วย Lot number

เย็บปากถุงแล้วทำการบรรจุภาชนะถุงใหญ่ เย็บปากถุงแล้วเก็บรักษาในคลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบ ดังแสดงในรูปที่ ค.6

ส่วนที่ 8: ขั้นตอนการส่งมอบ ส่งมอบสินค้าแบบ (เทเบ้า) ข้าวกล้อง, ปลายข้าว ส่งมอบสินค้าแบบบรรจุถุงจัมโบ้ ดังแสดงในรูปที่ ค.7



รูปที่ ค.1 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line A



97,302.

เครื่องแม่เหล็ก(B

ถังพัก (BT 0

เครื่องขัดมันครั้งที่ 1(B

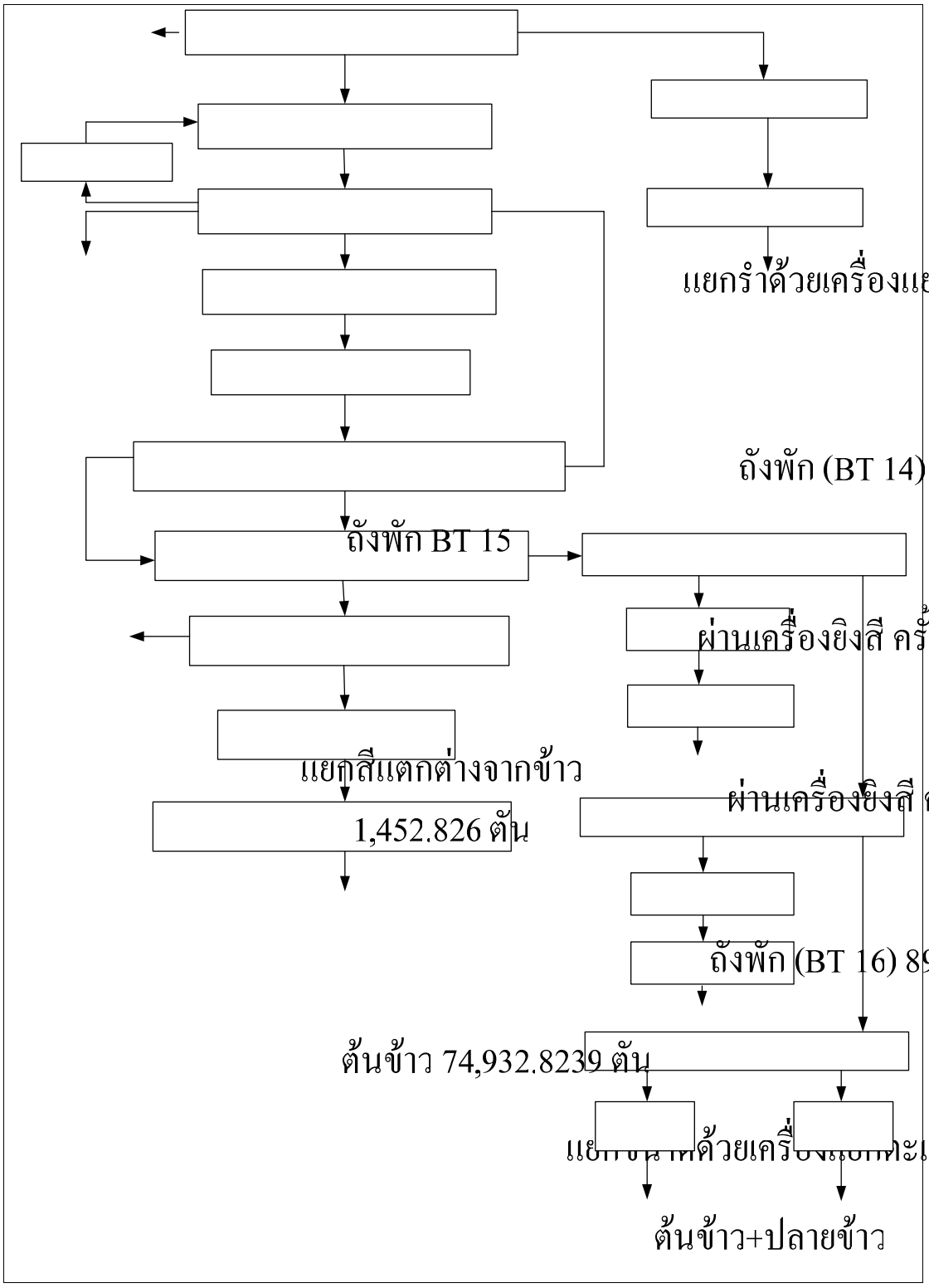
เครื่องแม่เหล็ก(B

เครื่องขัดมันครั

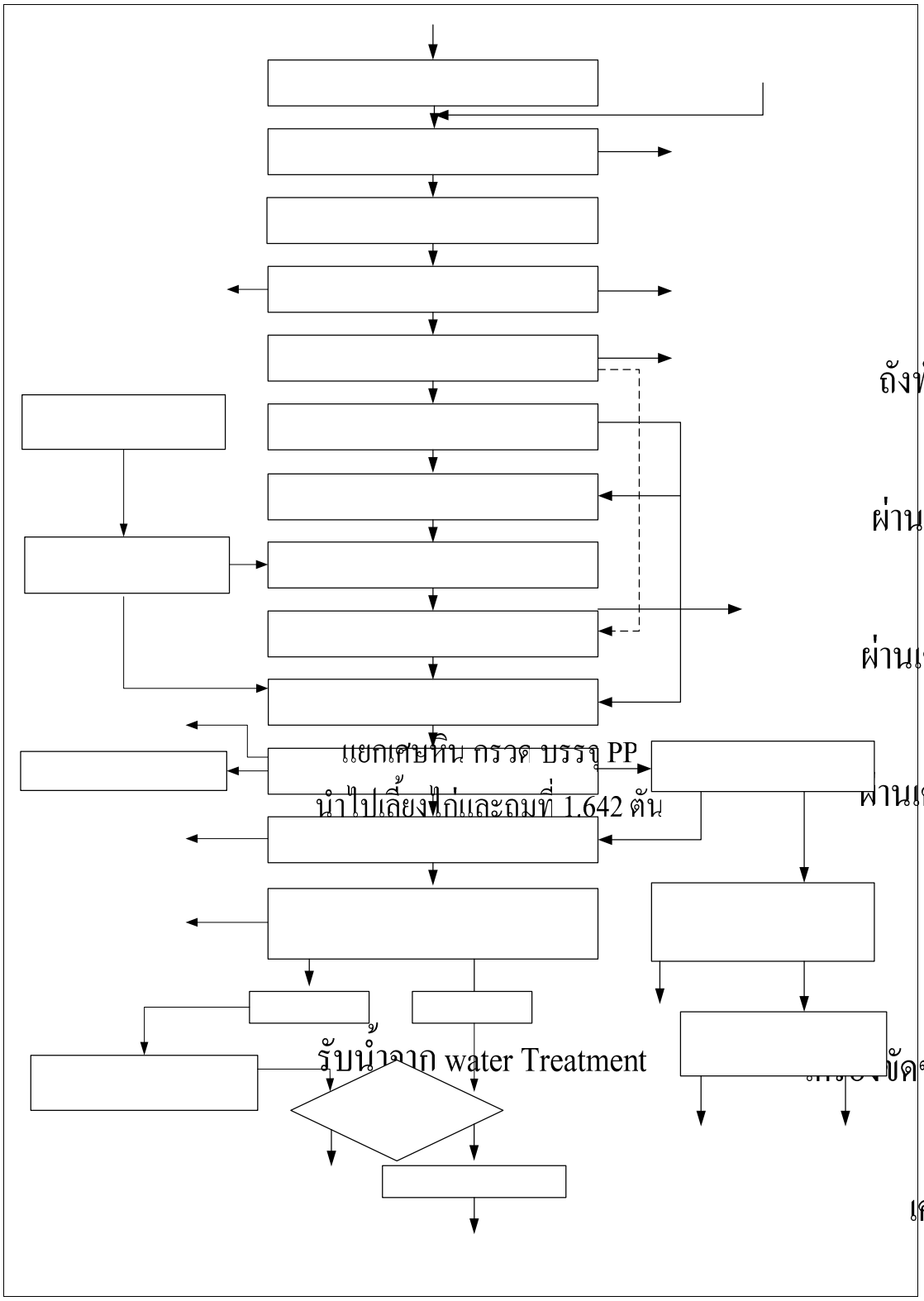
รูปที่ ค.2 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line B (ต่อ)

ถังพัก (BT

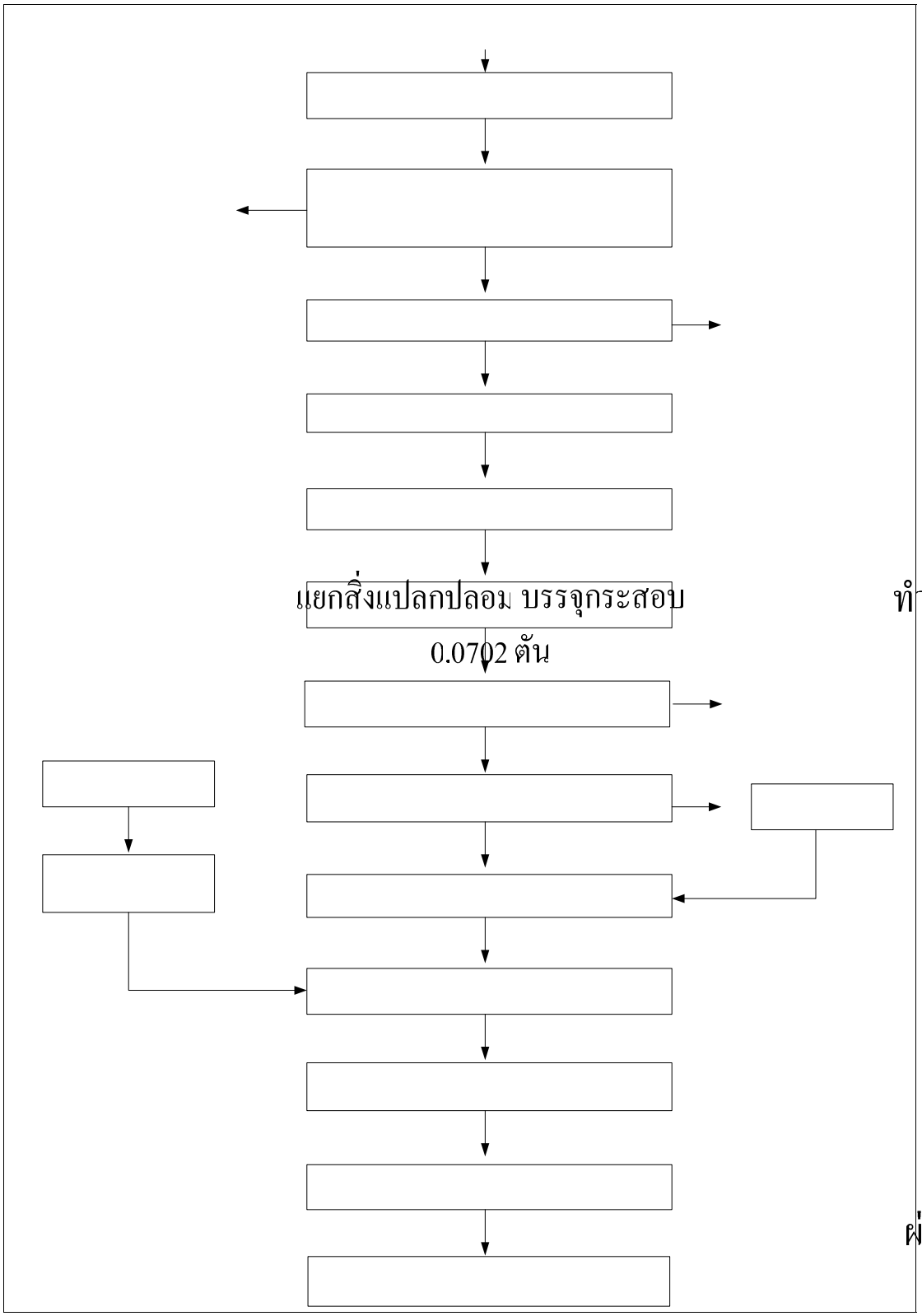
เครื่องแม่เ



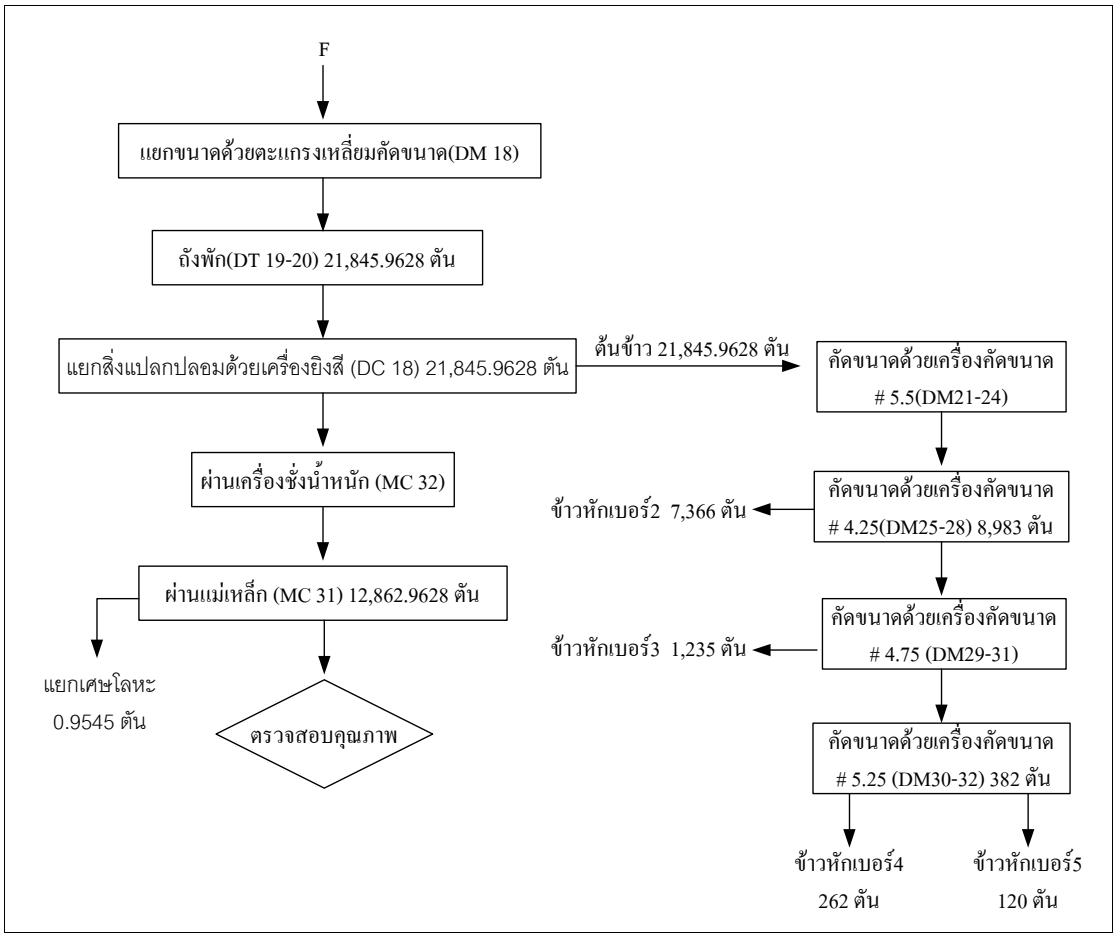
รูปที่ ค.3 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line B (ต่อ)



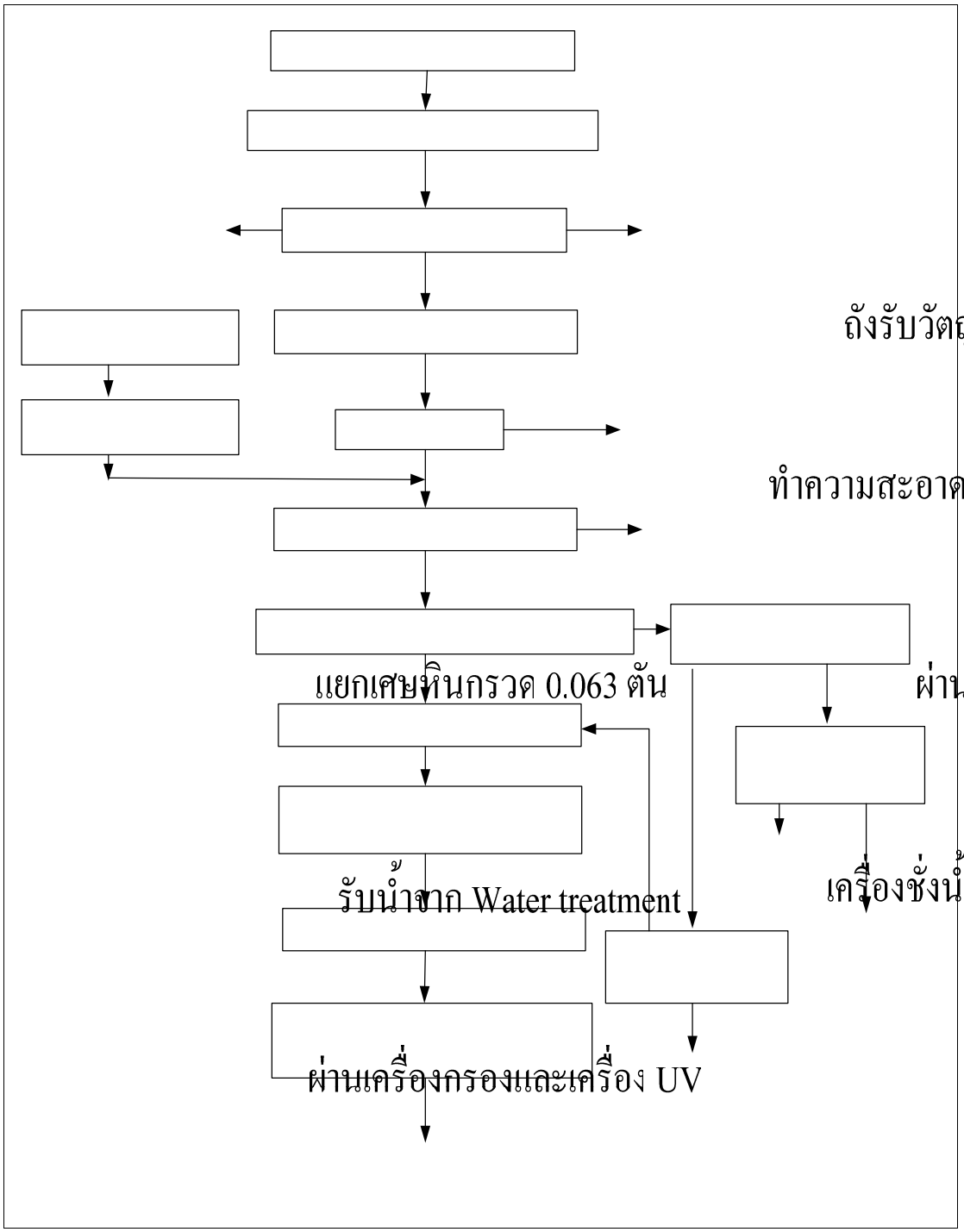
รูปที่ ค.4 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line C



รูปที่ ค.5 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line D ใหม่



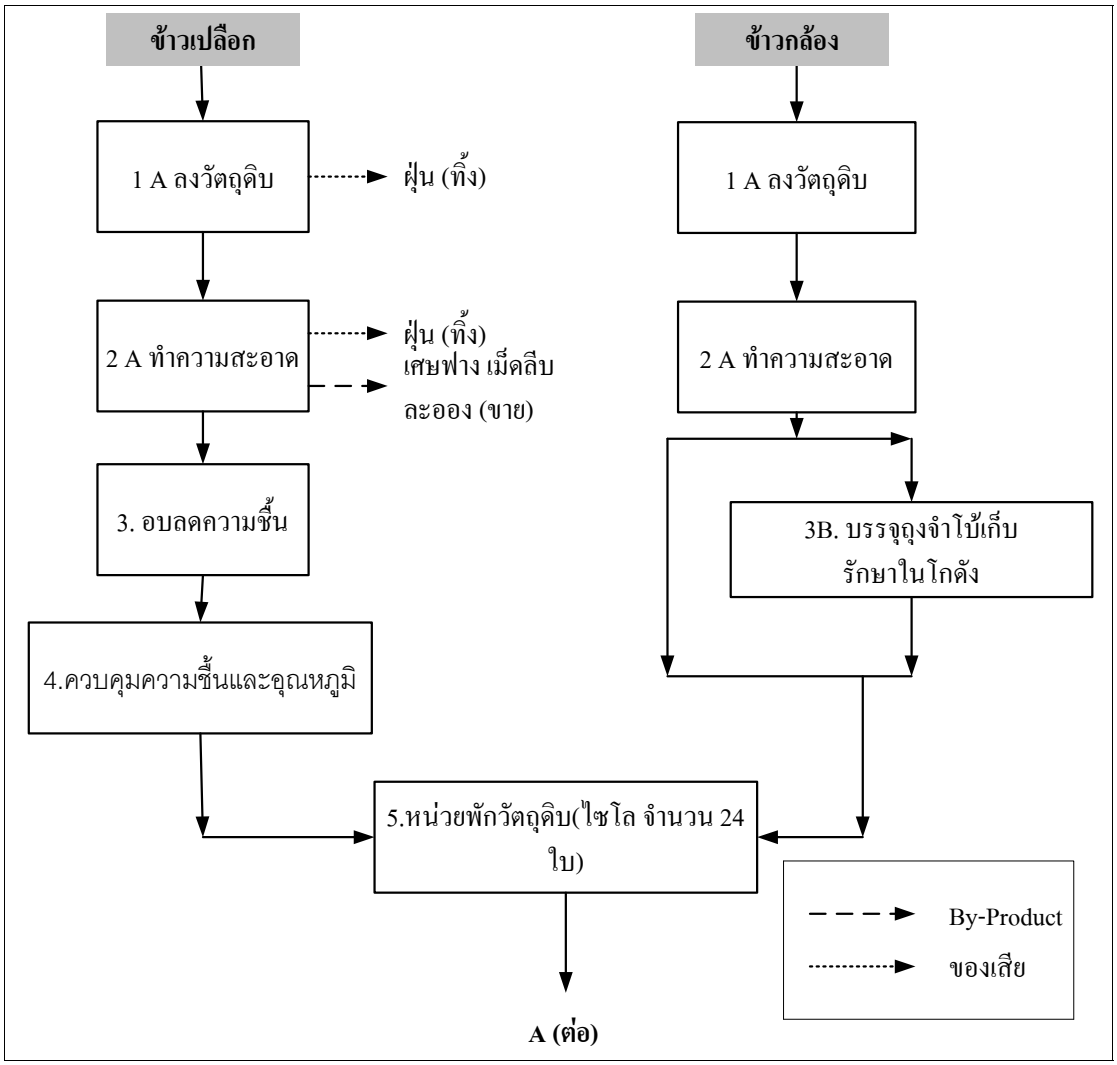
รูปที่ ค.6 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line D ใหม่ (ต่อ)



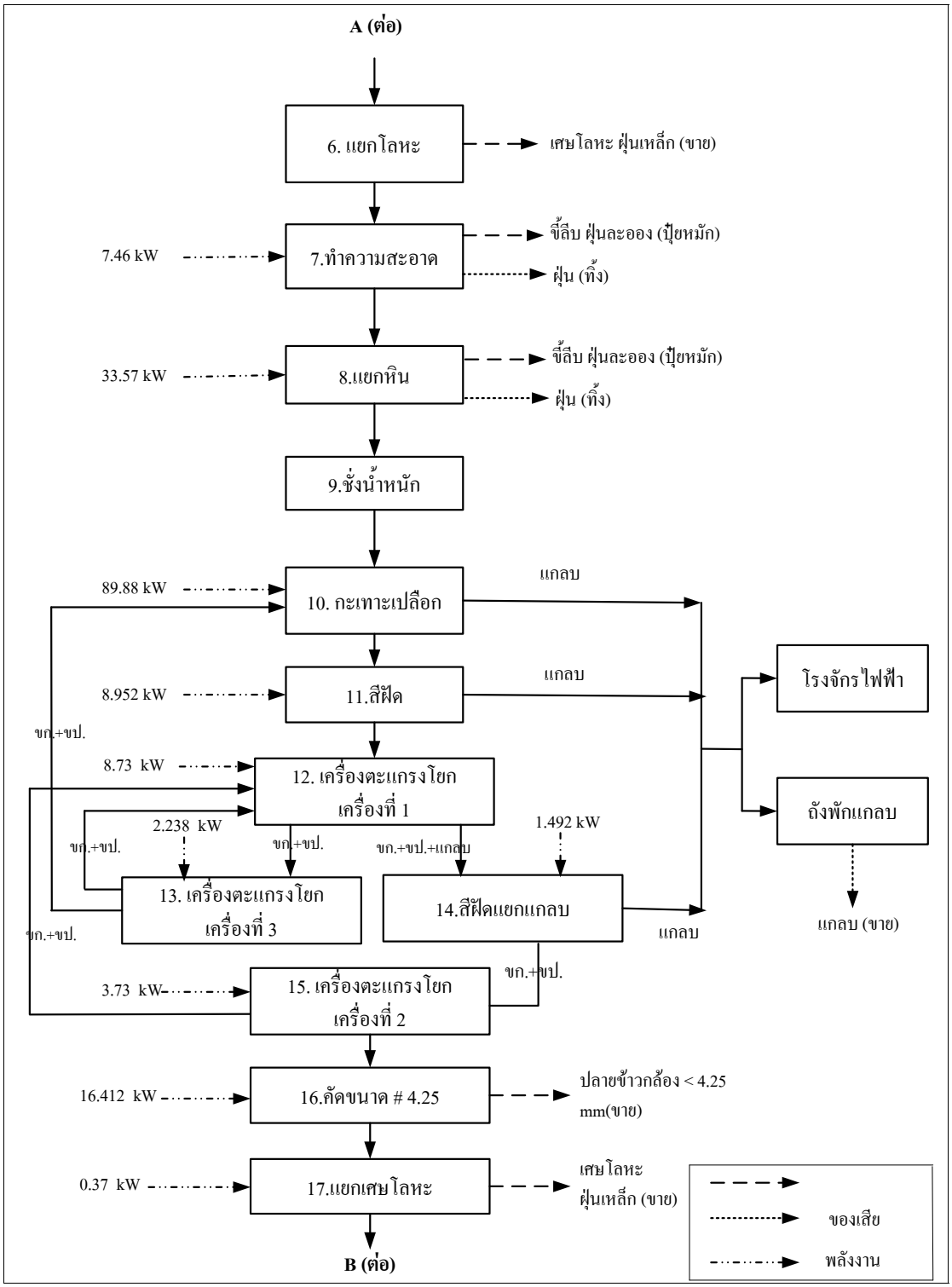
รูปที่ ค.7 สมดุลมวลกระบวนการผลิต Line D เก่า

ภาคผนวก ง

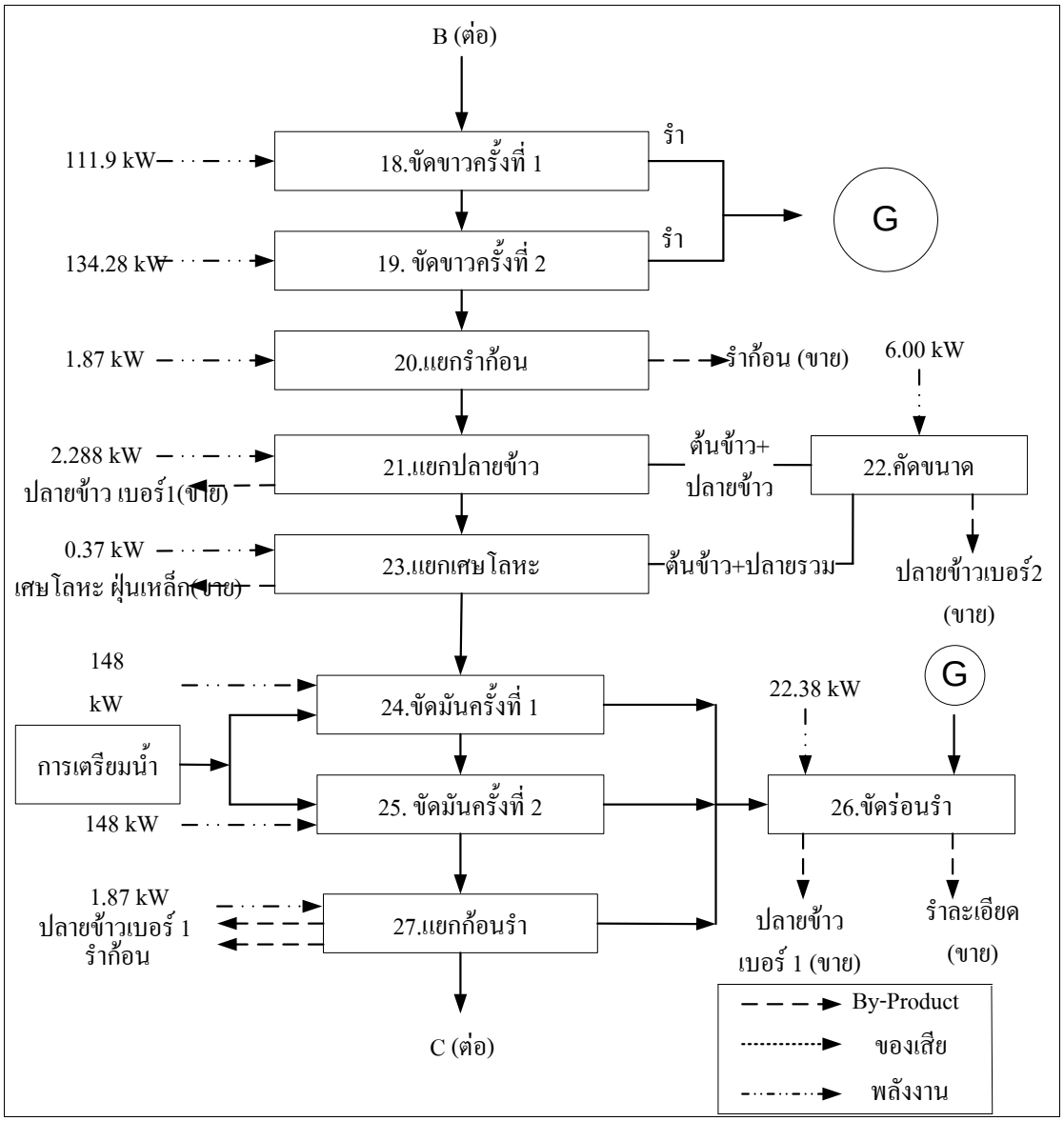
การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการโรงสีข้าวกรณีศึกษา : โรงสีข้าวแห่งหนึ่งกำลังการผลิต 500 ตันต่อวัน



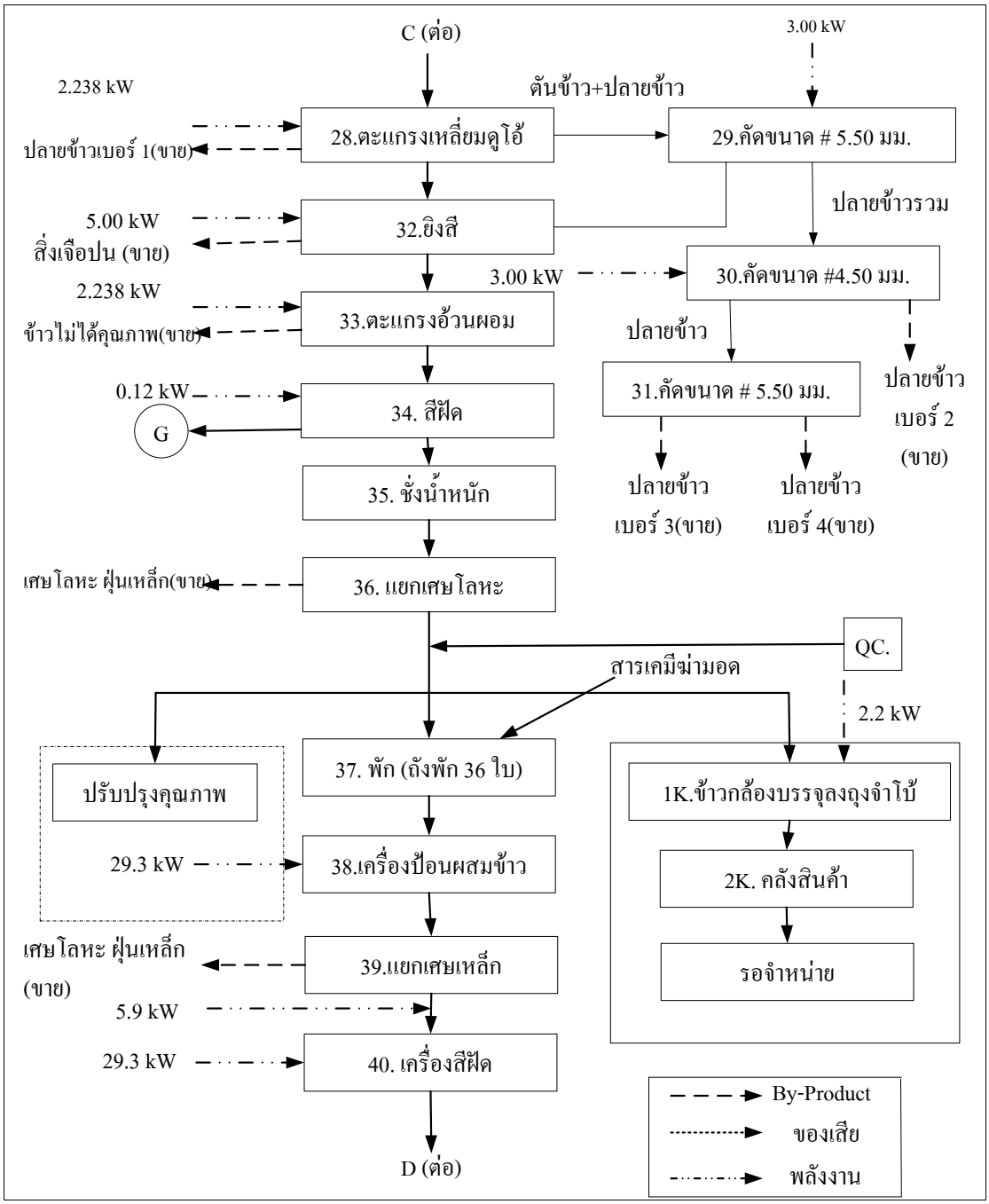
รูปที่ ง.1 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว กรณีศึกษาโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง



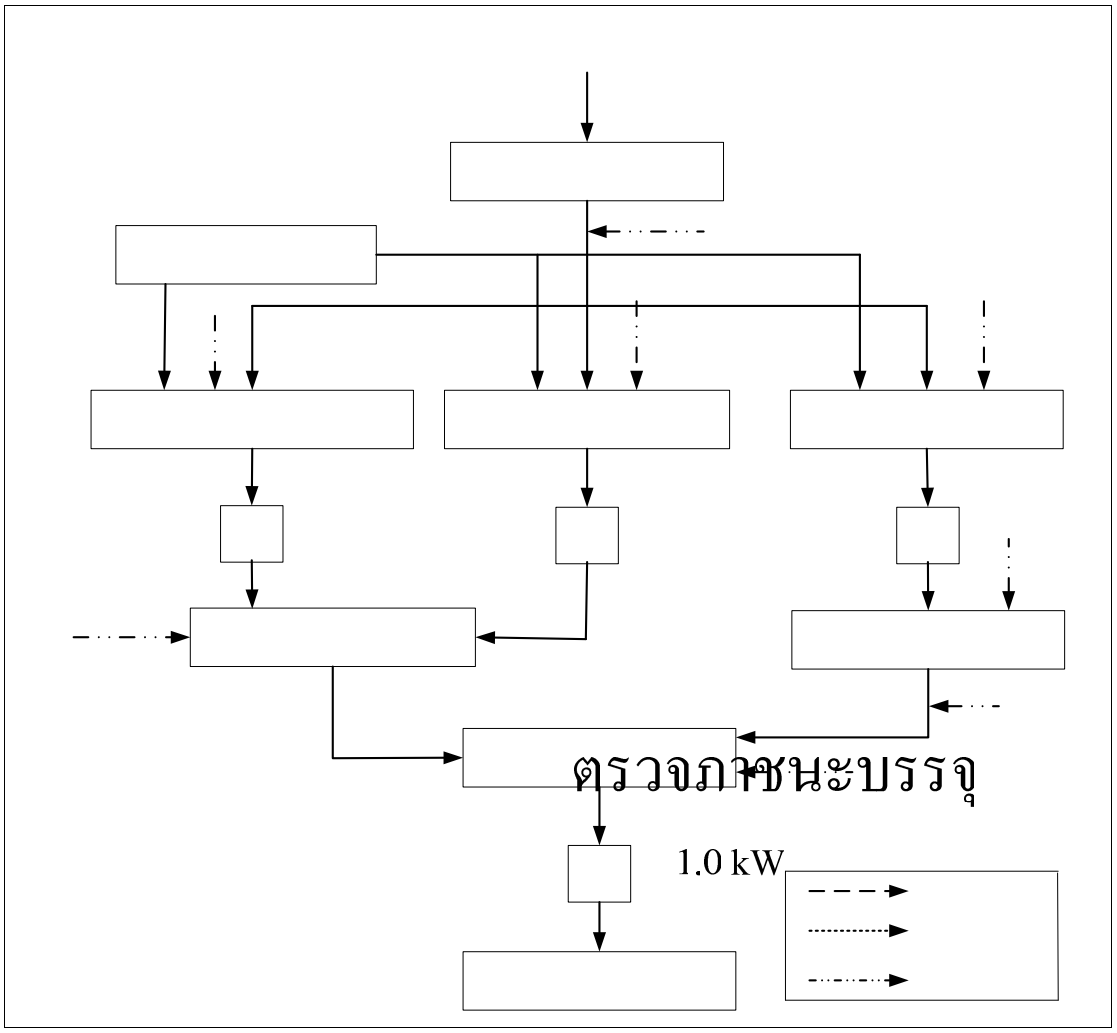
รูปที่ ง.2 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line A



รูปที่ ง.3 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line B



รูปที่ ง.4 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line C



รูปที่ ง.5 การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตข้าว Line D

41.

42.เครื่องบรรจุ 10-50 กก. 42.เค

43. QC.

0.17 kW

เครื่องพิมพ์หมายเลข

ภาคผนวก จ

ข้อมูลผลการสำรวจปัจจัยการผลิตการทำนาและโรงสีข้าว

ตารางที่ จ.1 การประมาณค่าข้อมูลปัจจัยการผลิตจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

บัญชีรายการ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก		ค่าเฉลี่ย	Std.	หน่วย
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	P_{95}		
ปลูกข้าว					
เมล็ดพันธุ์	187.8	671.2	295.5	341.8	กก.
สารเคมีปราบศัตรูพืช/ฆ่าแมลง	18.3	70.6	44	37.0	กก.
ปุ๋ยคอก/ปุ๋ยเคมี	41	152.6	65	78.9	กก.
น้ำ	280	1179.2	663	635.8	กก.
ผลผลิตข้าวเปลือก	999	1003	1000	2.8	กก.
การขนส่ง					
ค่าขนส่งปลูกข้าว-เก็บเกี่ยว	373.3	1855.2	900.3	1047.9	บาท
ค่าขนส่งโรงสี-บรรจุภัณฑ์	20.1	92	86	50.8	บาท
โรงสีข้าว					
ข้าวต้น	376.3	559.9	410	129.8	กก.
ข้าวท่อน	43	64.4	55	15.1	กก.
ข้าวปลาย	68.9	110.2	90	29.2	กก.
ข้าวหัก	41.1	93.3	75	36.9	กก.
รำ	65	106	80	29.0	กก.
แกลบ	215.4	260.4	250	31.8	กก.
อื่นๆ	22.3	72.5	40	35.5	กก.
น้ำ	1	1	1	0	ลิตร
การใช้ไฟฟ้า					
ไฟฟ้า	58	114	86	39.6	kWh

หมายเหตุ : P_{95} หมายถึง Percentile 95

ตารางที่ จ.2 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง

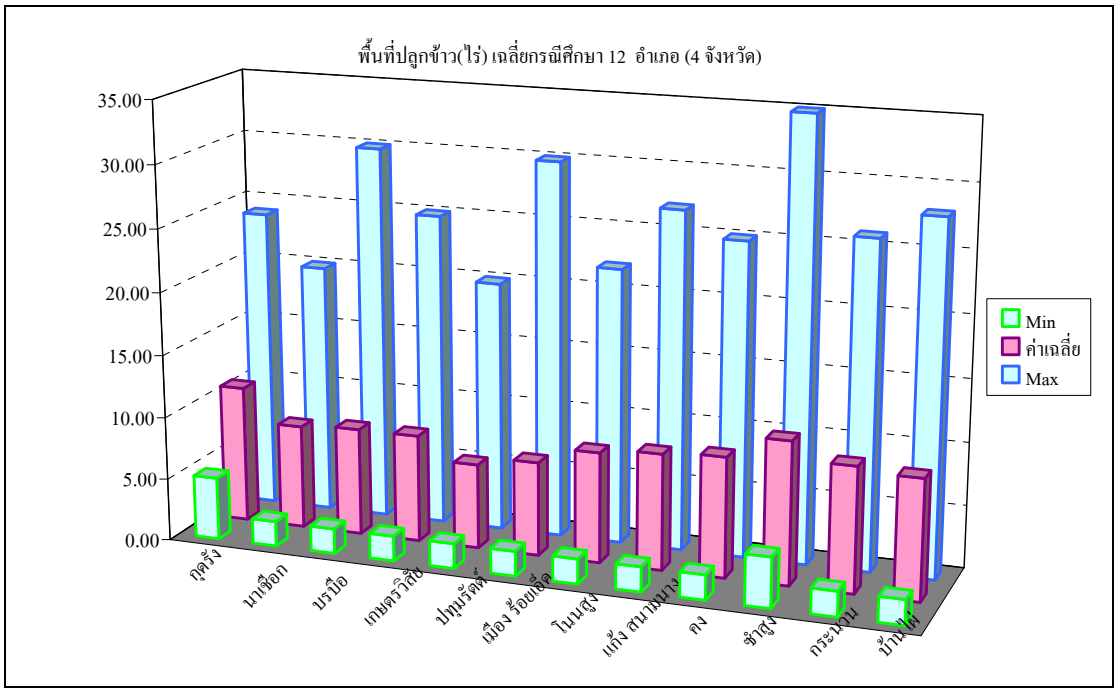
ชื่อโรงสี	กำลังการผลิต(t/d)	ไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ (kWh/d)	ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (kWh/d)	ไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ (kWh/t)	ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (kWh/t)
โรงสี 1	500	285.7		0.571	
โรงสี 2	300	155.7		0.519	
โรงสี 3	180	81.4		0.452	
โรงสี 4	120	52.6		0.438	
โรงสี 5	200	76.2		0.381	
โรงสี 6	170	54.1		0.318	
โรงสี 7	200		76.2		0.381
โรงสี 8	24		12.0		0.500
โรงสี 9	120		56.0		0.467
โรงสี 10	300		152.9		0.510
โรงสี 11	120		68.6		0.571
โรงสี 12	150		64.3		0.429
โรงสี 13	100		40.5		0.405
โรงสี 14	200		85.7		0.429
โรงสี 15	150		60.7		0.405
โรงสี 16	100		34.3		0.343
โรงสี 17	200		64.8		0.324
โรงสี 18	180		64.3		0.357
โรงสี 19	450		150.0		0.333
โรงสี 20	90		34.3		0.381
โรงสี 21	180		72.9		0.405
โรงสี 22	120		40.7		0.339
โรงสี 23	100		38.6		0.386
โรงสี 24	200		72.4		0.362
รวม	**4454.0**		**รวม**	**2.362**	**6.238**
			เฉลี่ย	**0.472**	**0.416**

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลปฐมภูมิของโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง

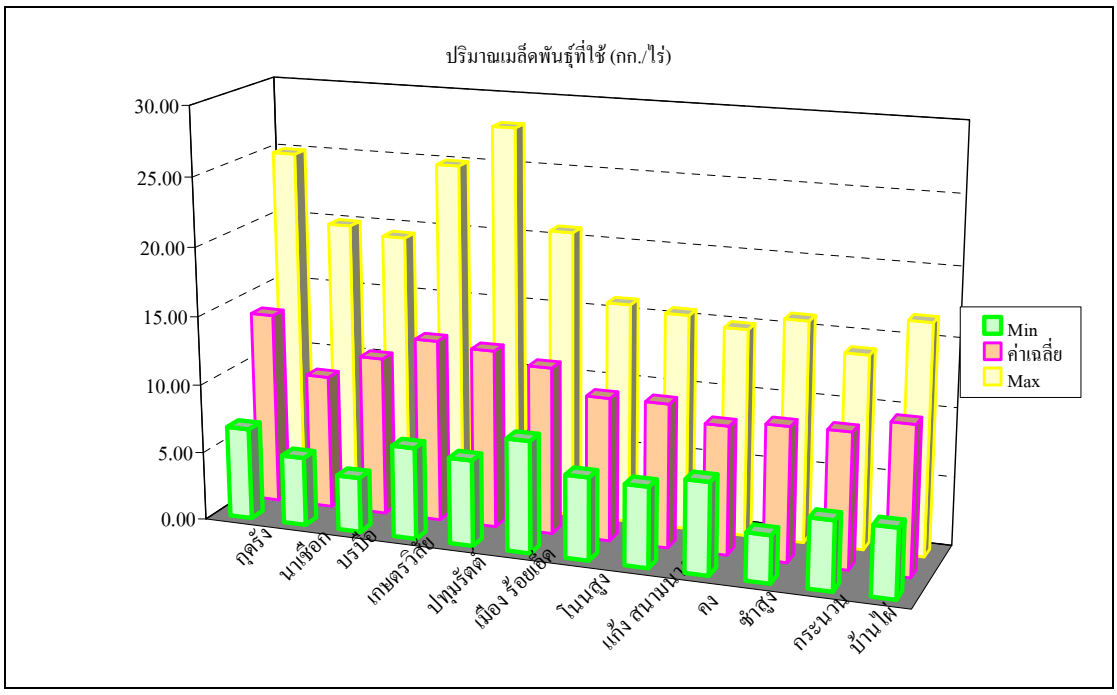
ชื่อโรงสี	กำลังการผลิต	สารขาเข้า								
		ไฟฟ้า	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า	บรรจุ	พลาสติก	ค่าขนส่ง	น้ำมันดีเซล
	ตัน/วัน	บาท/ตัน	บาท/เดือน	kW/m	kW/d	kWh	กก./ตัน	กก./ตัน	บาท/ตัน	ลิตร
1	500	120	1,800,000	8,571	286	13.7	5.0	3	100	3
2	300	109	981,000	4,671	156	12.5	4.2	3	100	3
3	180	95	513,000	2,443	81	10.9				
4	120	92	331,200	1,577	53	10.5				
5	200	80	480,000	2,286	76	9.1	7.5	3	90	3
6	24	105	75,600	360	12	12.0				
7	240						2.0		80	3
8	120	98	352,800	1,680	56	11.2				
9	180								84	3
10	27									
11	300	107	963,000	4,586	153	12.2	2.0		85	3
12	200									
13	120	120	432,000	2,057	69	13.7				
14	150	90	405,000	1,929	64	10.3	4.5	3	75	3
15	100	85	255,000	1,214	40	9.7	4.0	2		
16	200	90	540,000	2,571	86	10.3	6.0	2	80	3
17	150	85	382,500	1,821	61	9.7	4.2		82	3
18	100	72	216,000	1,029	34	8.2		4		
19	200	68	408,000	1,943	65	7.8		2		
20	200	80	480,000	2,286	76	9.1	4.5	4	90	3
21	180	75	405,000	1,929	64	8.6	5.0		67	2
22	450	70	945,000	4,500	150	8.0	3.5			
23	90	80	216,000	1,029	34	9.1			100	3
24	180	85	459,000	2,186	73	9.7			82	3
เฉลี่ย 24 โรงสี		90.30	532,005	2,533	84	10.3	4.4	3	85.77	2.86
ทั่วไป		80.0							84.0	

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลปฐมภูมิของโรงสีกรณีศึกษา 24 แห่ง (ต่อ)

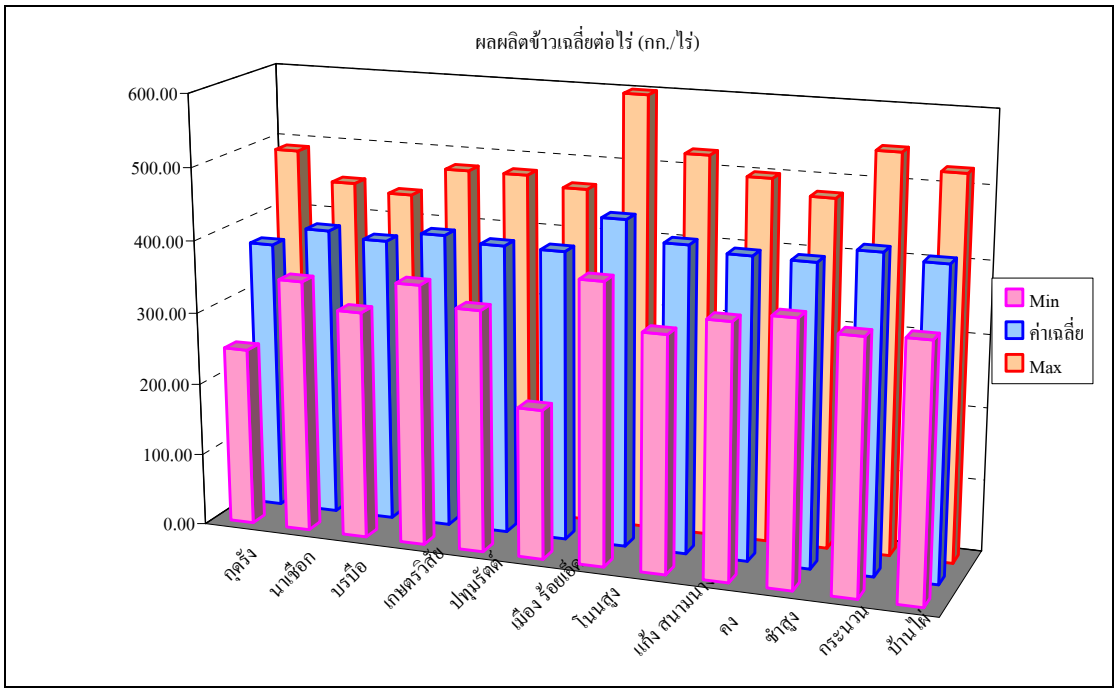
ชื่อโรงสี	สารขาออก										
	ข้าวต้น	ข้าวท่อน	ข้าวปลาย	ข้าวหัก	แกลบ	รำ	กรวดฯ	สิ่งเจือปน	น้ำเสีย	ฝุ่น	ขยะ
	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	m^3	กก.	กก.
1	650	0	0	0	250	100					50
2	806	0	0	0	100	94					35
3	552.1	39.0	17.9	0.0	310.2	81.0					
4	415.0	42.0	117.0	75.0	251.0	100.0					40
5	410	55	90	75	250	80	10	30		291	45
6	527	42	29	23	310	68	1				
7	610	48	0	40	230	72					
8	432	78	84	68	244	82	4	8			38.0
9	516	67	44	39	223	106	3	2			
10	458	55	66	0	350	71				128	25
11	600	34	60	46	200	60					
12	467	0.0	173	0	267	93					
13	625	45	45	25	165	90		5			28.0
14	462	97	79	0	267	94		0			
15	431	91	88	20	272	95	3			65	16
16	510	65	66	39	220	97	2	0.5	0.96		26
17	600	55	43	12	240	50					
18	430	78	82	40	265	103	2				
19	478	82	60	40	200	120	20				20
20	600	50	0	0	250	100					
21	420	85	70	50	245	110	20			116	22
22	640	68	45	27	110	110				120	36
23	390	60	66	79	270	135					
24	405	52	68	75	220	180					
เฉลี่ย	518	54	58	32	238	95	7.2	9.1	0.96	144	31.71
ทั่วไป	450	50	90	50	240	110	5	5			



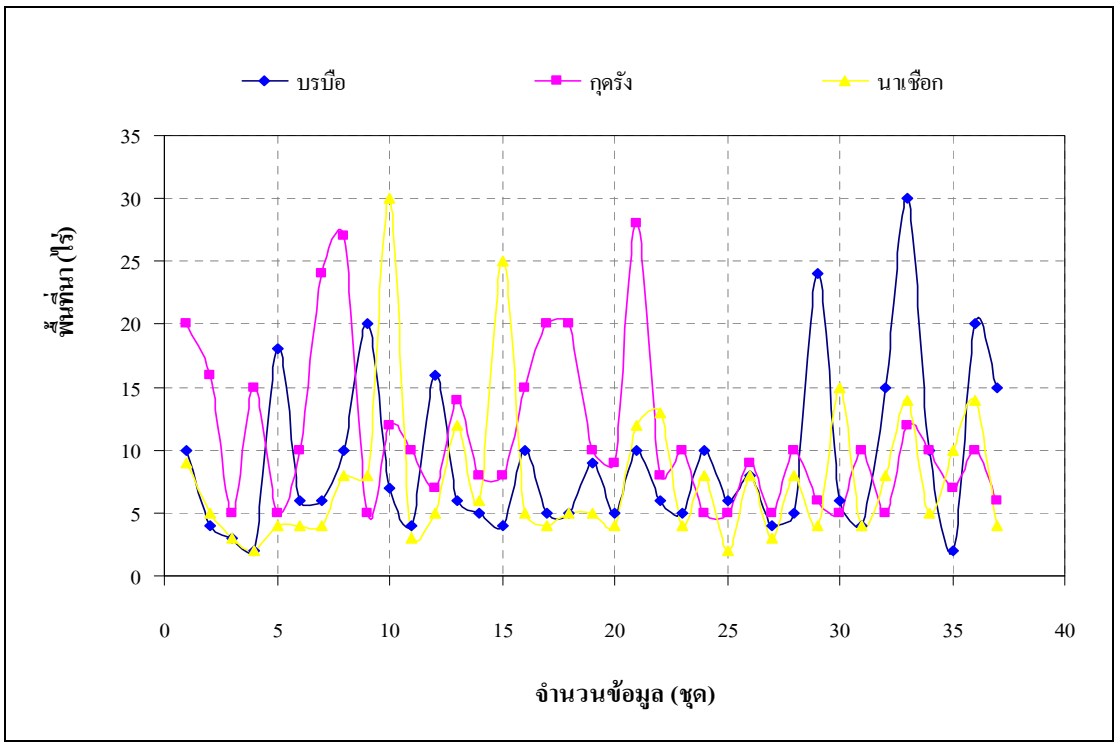
รูปที่ จ.1 พื้นที่ปลูกข้าวในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด



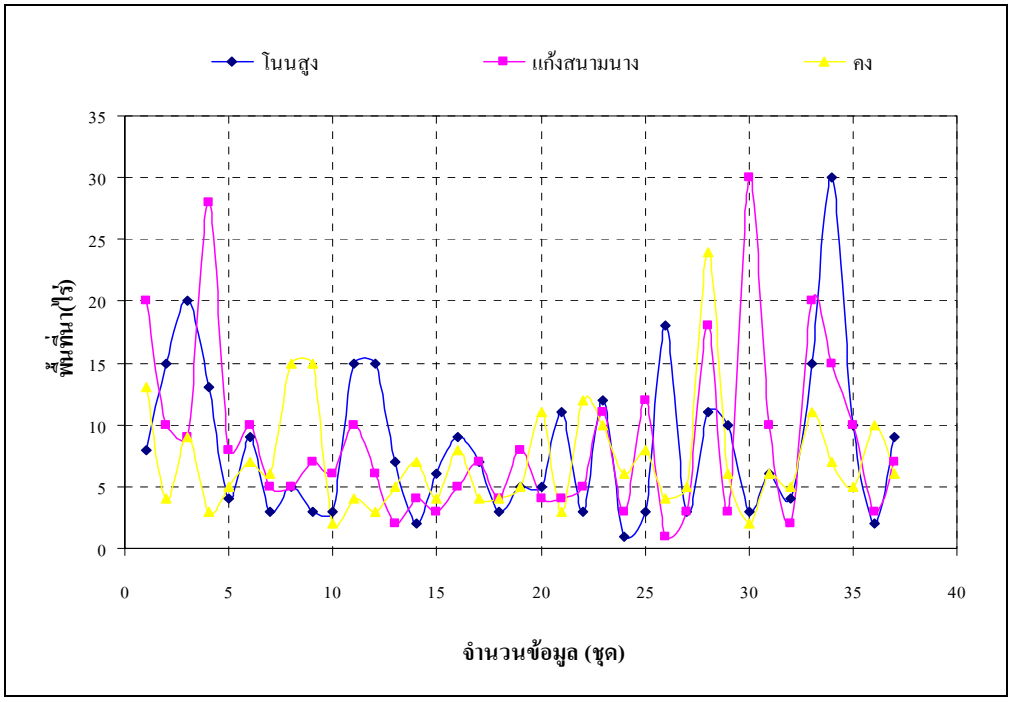
รูปที่ จ.2 ปริมาณเมล็ดพันธุ์ในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด



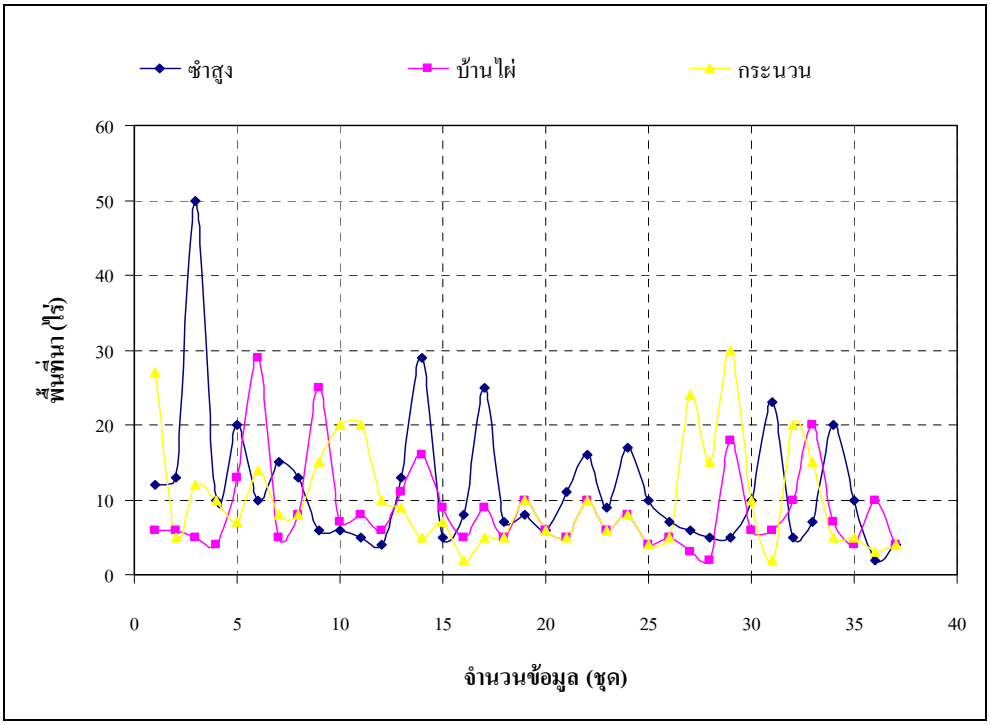
รูปที่ จ.3 ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ในพื้นที่กรณีศึกษา 4 จังหวัด



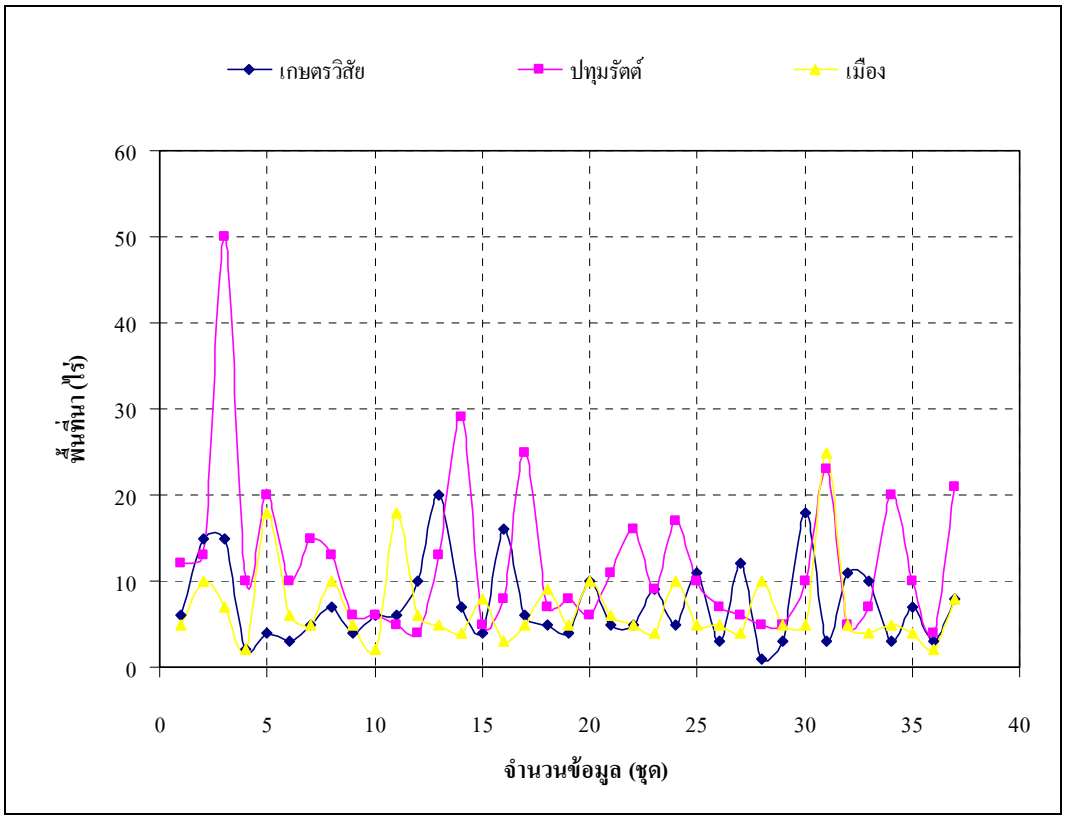
รูปที่ จ.4 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.มหาสารคาม



รูปที่ จ.5 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.นครราชสีมา



รูปที่ จ.6 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.ขอนแก่น



รูปที่ จ.7 ข้อมูลพื้นที่นาข้าว จ.ร้อยเอ็ด

ภาคผนวก ฉ

รายการคำนวณ

ตารางที่ ฉ.1 แสดงผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษกรณีการใช้พลังงานไฟฟ้า 3 กรณี

Gas Emission	Gas Composition %	MW	Conc. kg/m^3	Rice husk Emission kg/kWh	Grid mix Emission kg/kWh	Total Emission kg/kWh
CO_2	7	44	0.0802512	0.1553581	0.7150000	0.5269044
CO	12.28	28	0.0895895	0.1734361	0.0001920	0.0584194
NO_x	0.026251	46	0.0003146	0.0006091	0.0023500	0.0017649
SO_2	0.000586	64	$9.772x10^{-6}$	0.0000189	0.0006360	0.0004286

ตารางที่ ฉ.2 การคำนวณอัตราการไหลของโรงสีพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

	Operation Hour	Power	Total Elec./day	Q	Q	Q/Elec.
	(hr/day)	(MW)	(MWh/day)	(m3/min)	(m3/day)	(m^3/kWh)
A*	14	8.8	123.2	65	54600	0.44318182
B*	10	5.8	58	65	39000	0.67241379
Total	24	-	181.2	-	93600	0.51655629

<u>หมายเหตุ</u> : *หมายถึง Air Blower 2 ตัว

ตารางที่ ฉ.3 การคำนวณการประเมินมลพิษปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 หมายความว่า ปุ๋ย 100 kg	มีธาตุอาหาร	N = 16 kg
		P = 16 kg
		K =16 kg
ปุ๋ย 65 kg	มีธาตุอาหาร	N =16*65/100 = 10.4 kg
		P =16*65/100 = 10.4 kg
		K= 16*65/100 = 10.4 kg
P อยู่ในรูป PO_4 = 49 kg as PO_4		

ตารางที่ ฉ.4 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษโรงสีพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

รายละเอียด air blower **Flow rate = 65 Nm^3/min**							
การผลิตไฟฟ้า							
ช่วงเวลา 8:00-22:00	14 hr	@8.8	MW =	8,800	kW	=123,200	kWh
ช่วงเวลา 22:00-8:00	10 hr	@5.8	MW =	5,800	kW	=58,000	kWh
อัตราการไหลของแก๊สไอเสีย	= 65 m^3/min			= 60 min/hr		= 3,900 m^3 /hr	
อุณหภูมิปล่องระบายอากาศ (Stack Temp.)			197	°C			
เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องระบายอากาศ			220	cm			
ความเข้มข้นของมลพิษอากาศ							
ความเข้มข้นในหน่วย ppm/ppmv = Mass/ Volume = ug/m^3 = uL/ L							
at STP (^{o} C , 1 atm) แก๊ส 1 โมล			ปริมาตร	22.4	L		
ปริมาตรแก๊ส 1 โมล ที่ 197 C และ 1 atm			v2 =	v1	P1 / P2	T1 / T2	
				22.4 L / 1 atm	1 atm	(273+197) / 273	K / K
ปริมาตรของแก๊ส 1 โมล ที่ 197 ^{0}C และ			1 atm =	38.32	L		
ความเข้มข้นของ CO_2 ในแก๊สไอเสีย	7.0	%		70,000	ppm = 70,000 µ L/L		
(MW:CO_2 = 44 µg/µmole)	= 70,000 µL / L			1 µ / 38.32 L	44 µg / µ mole	1000 L / 1 m^3	
	= 80,375,782 µg/m^3				= 0.0804 kg/m^3		
อัตราการปลดปล่อย = 0.0804 kg/ m^3 = 3,900 m^3/hr = 1/8.8 MW = 1 MW/1000 kW มลพิษในรูป CO_2 = 0.0355 kg/kWh							
อัตราการปลดปล่อย = 0.0802 kg/ m^3 = 3,900 m^3/hr = 1/ 5.8 MW = 1 MW/1000 kW มลพิษในรูป CO_2 = 0.0539 kg/kWh							
อัตราการปลดปล่อยมลพิษในรูป CO_2							
@ 8.8 MW	0.0355	kg/kWh					
@ 5.8 kW	0.0539	kg/kWh					
อัตราการปลดปล่อยมลพิษเฉลี่ยในรูป CO_2			**0.155**	**kg/kWh**			

ตารางที่ ฉ.5 การประมาณการปลดปล่อยมลพิษอากาศจากการใช้ปุ๋ย

NOx	Corn	Grass	Wood	Soil
N-(NOy+NHx)/N-input	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
(fertilizer-manure)	0.100	0.100	0.100	0.100
N-(NOy+NHx)/N-input				
(crop-residue, bio-fixation)	0.060	0.060	0.060	0.060

CH_4	Corn	Grass	Wood	Soil
g-CH_4/kg-N	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
(fertilizer-manure(reduction in				
CH_4 uptake which is tantamount				
to an emission of CH4	0.100	10.000	10.000	1.000
g-CH_4/kg-N				
crop residue, bio fixation	0.000	0.000	0.000	0.000

N_2O	Corn	Grass	Wood	Soil
N-N_2O/N-added, direct or on site	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
emission in base year 1990 (applies to				
synthetic fertilizer N, manure N				
biological fixed N and crop-residue				
annual percentage change in on site	0.013	0.010	0.008	0.010
N_2O emission rate, form synthetic				
fertilizer N and manure				
annual percentage change in on site	0.000	0.000	0.000	0.000
N_2O emission rate, form biological				
fixed N and crop residue N	0.000	0.000	0.000	0.000

หมายเหตุ : จาก Delucchi, 2003

ตารางที่ ฉ.6 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

ที่มาข้อมูล	**ปริมาณ**	**หน่วย**
Voratai Raghareutai, 2003	4.51	กรัมต่อตารางเมตร
Attachai Jintrawet; Daniel Mooloi; Chitnucha Buddhaboon, 2001	39.70	กรัมต่อตารางเมตร
กรมการข้าว, 2550	32.9	กรัมต่อตารางเมตร
กรมการข้าว, 2550	15.2	กรัมต่อตารางเมตร
ระวิวรรณ, 2536	9.19	กรัมต่อตารางเมตร
ระวิวรรณ, 2536	11.89	กรัมต่อตารางเมตร
IPCC, 1998	6.11	กรัมต่อตารางเมตร
เฉลี่ย	17.07	กรัมต่อตารางเมตร
ผลการคำนวณ	27.31	กิโลกรัมต่อตันข้าวเปลือก

หมายเหตุ : 1 ไร่ = 1600 ตารางเมตร, 1 กิโลกรัม = 1000 กรัม

ตารางที่ ฉ.7 การคำนวณการแปลงค่าความสามารถการก่อผลกระทบ (Characterization)

Characterization (Global Warming Potential)				
Data items	Energy	Inventory (kg)	GWP100	Category indicator (kg CO_2-eq)
CO_2	พลังงานไฟฟ้า	235.8473	1	235.8473
	พลังงานจากแกลบ	138.3267		138.3267
	พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	187.3474		187.3474
CH_4	พลังงานไฟฟ้า	27.3762	21	574.9005
	พลังงานจากแกลบ	27.3667		574.7002
	ไฟฟ้า+แกลบ	27.3723		574.8185
N_2O	พลังงานไฟฟ้า	0.6518	310	202.0705
	พลังงานจากแกลบ	0.6500		201.5000
	ไฟฟ้า+แกลบ	0.6508		201.7485
Characterization (Acidification Potential)				
Data items	Energy	Inventory (kg)	AP	Category indicator (kg SO_2-eq)
SO_2	พลังงานไฟฟ้า	0.7488	1	0.7488
	พลังงานจากแกลบ	0.4991		0.4991
	พลังงานไฟฟ้า+แกลบ	0.6348		0.6348
NOx	พลังงานไฟฟ้า	8.1922	0.7	5.7346
	พลังงานจากแกลบ	7.6204		5.3343
	ไฟฟ้า+แกลบ	7.9464		5.5625
N_2O	พลังงานไฟฟ้า	0.6518	0.7	0.4563
	พลังงานจากแกลบ	0.6500		0.4550
	ไฟฟ้า+แกลบ	0.6508		0.4556

ตารางที่ ฉ.7 การคำนวณการแปลงค่าความสามารถการก่อผลกระทบ (Characterization) (ต่อ)

Characterization (Eutrophication Potential)				
Data items	Energy	Inventory (kg)	EP	Category indicator (kg PO_4-eq)
NO_x	พลังงานไฟฟ้า	8.1922	0.33	2.7034
	พลังงานจากแกลบ	7.6204		2.5147
	ไฟฟ้า+แกลบ	7.9464		2.6223
N_2O	พลังงานไฟฟ้า	0.6518	0.13	0.0847
	พลังงานจากแกลบ	0.6500		0.0845
	ไฟฟ้า+แกลบ	0.6508		0.0846
PO_4	พลังงานไฟฟ้า	34.66	1	34.66
	พลังงานจากแกลบ	34.47		34.47
	ไฟฟ้า+แกลบ	34.48		34.48
Characterization (Abiotic Depletion Potential)				
Data items	Energy	Inventory (kg)	ADP	Category indicator (kg Sb-eq)
Coal soft, lignite	พลังงานไฟฟ้า	17.8613	0.00671	0.1198
	พลังงานจากแกลบ	0		0
	ไฟฟ้า+แกลบ	6.1519		0.0413
Natural Gas	พลังงานไฟฟ้า	2158.70	0.0187	40.37
	พลังงานจากแกลบ	0		0
	ไฟฟ้า+แกลบ	703.77		13.16

หมายเหตุ : Natural gas density = 0.11869 g/ml, 1 cu.ft. = 28.32 liter

ตารางที่ จ.8 ตัวอย่างรายการคำนวณการประมาณค่าสมการความถดถอย Multiple Regressions

ตัวอย่าง ปริมาณผลผลิตข้าว ปริมาณการใช้ปุ๋ย และปริมาณน้ำ

Y : ปริมาณผลผลิตข้าว	**X_1 : ปริมาณการใช้ปุ๋ย**	**X_2 : ปริมาณน้ำ**
20	10	20
30	20	40
30	30	20
50	40	60
45	50	40
45	60	40
60	70	60

ทั้งนี้กำหนดให้

$\sum Y_i = 280$ $\sum X_1 = 280$ $\sum X_2 = 280$

$\sum YX_1 = 12{,}850$ $\sum YX_2 = 12{,}400$ $\sum X^2_1 = 14{,}000$

$\sum X^2_2 = 12{,}800$ $\sum X_1X_2 = 12{,}600$ $\sum Yx_1 = 1{,}650$

$\sum Yx_2 = 1{,}200$ $\sum yx_1 = 1{,}650$ $\sum yx_2 = 1{,}200$

$\sum y^2 = 1{,}150$ $\sum x^2_1 = 2{,}800$ $\sum x^2_2 = 1{,}600$

$\sum x_1x_2 = 1{,}400$ $\overline{Y} = \overline{X}_1 = \overline{X}_2 = 40$

จากข้อมูลที่กำหนดให้ทำให้สามารถประมาณการค่าค่าสัมประสิทธิ์ของ β_0, β_1 และ β_2 ได้ดังนี้

$$\beta_1 = \frac{(1{,}650)(1{,}600) - (1{,}200)(1{,}400)}{(2{,}800)(1{,}600) - (1{,}400)^2} = 0.38$$

$$\beta_2 = \frac{(1{,}200)(2{,}800) - (1{,}650)(1{,}400)}{(2{,}800)(1{,}600) - (1{,}400)^2} = 0.42$$

$$\beta_0 = 40 - (0.38 \times 40) - (0.42 \times 40) = 8.00$$

ดังนั้น $\hat{Y_i} = 8 + 0.38X_1 + 0.42X_2$

ตารางที่ จ.8 ตัวอย่างรายการคำนวณการประมาณค่าสมการความถดถอย Multiple Regressions (ต่อ)

ประมาณค่า Output จาก Excel ($Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$)					
Regression Statistics					
Multiple R	0.9906				
R Square	0.9814				
Adjusted R Square	0.9720				
Standard Error	2.3146				
Observations	7				
ANOVA	***df***	***SS***	***MS***	***F***	***Significance F***
Regression	2	1128.5714	564.2857	105.3333	0.0003
Residual	4	21.4286	5.3571		
Total	6	1150.0000			
	Coefficients	***Standard Error***	***t Stat***	***P-value***	
Intercept	8.0952	2.4915	3.2492	0.0314	
X Variable 1	0.3810	0.0583	6.5320	0.0028	
X Variable 2	0.4167	0.0772	5.4006	0.0057	
ประมาณค่า Output จาก Excel ($Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$)					
Regression Statistics					
Multiple R	0.9195				
R Square	0.8455				
Adjusted R Square	0.8146				
Standard Error	5.9612				
Observations	7				
ANOVA	***df***	***SS***	***MS***	***F***	***Significance F***
Regression	1	972.3214	972.3214	27.3618	0.0034
Residual	5	177.6786	35.5357		
Total	6	1150.0000			
	Coefficients	***Standard Error***	***t Stat***	***P-value***	
Intercept	16.4286	5.0381	3.2609	0.0224	
X Variable 1	0.5893	0.1127	5.2309	0.0034	

ภาคผนวก ช

ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ช.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี 2541 แยกตามชนิดก๊าซ

ก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อย (พันตัน)	GWP	พันตันของคาร์บอนไดออกไซด์	ร้อยละ
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	204,292	1	204,292	68
มีเทน (CH_4)	3,787	21	79,537	27
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	44	310	13,646	5
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs ZR-134a)	0	1,300	136	0.05
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	275	N/A	N/A	N/A
คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	757	N/A	N/A	N/A
ก๊าซ NMVOC	184	N/A	N/A	N/A

ตารางที่ ช.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษจากการขนส่งทางบกในประเทศไทย

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission Factor (g/MJ)			
	CO	NO_x	SO_2	SPM
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	2.65	0.80	-	-
น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว	16.8	0.06	0.0455	0.0037
น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว	1.03	0.18	0.0455	0.0037
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว				
- รถยนต์ส่วนบุคคล	0.28	0.26	0.2388	0.0686
- รถยนต์บรรทุกเบา	0.41	0.37	0.2388	0.0346
- รถยนต์บรรทุกหนัก	0.84	1.00	0.2388	0.0346

ที่มา : IPCC, 1998

ตารางที่ ช.3 การปลดปล่อยก๊าซกลุ่ม GHG จากการผลิตไฟฟ้า

ชนิด	ปี	ปริมาณ	หน่วย
CO_2	2543	24.851	ล้านตัน
	2553	64.967	ล้านตัน
CH_4	2543	1594	ล้านตัน
	2553	3.594	ล้านตัน

ที่มา : สมชาติและคณะ, 2543

ตารางที่ ช.4 การปลดปล่อยมลพิษจากโรงไฟฟ้า

มลพิษอากาศ	ชนิดเชื้อเพลิง		
	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซธรรมชาติ
SO_2 (ppm)			
โรงไฟฟ้าขนาด > 500 MW	320	320	20
300-500 MW	450	450	20
< 300 MW	640	640	20
NO_2	350	180	120
Particle matter (mg/m^3)	120	120	120

ที่มา : TEI, 1995

ตารางที่ ช.5 รายละเอียดโรงสีที่ใช้เชื้อเพลิงแกลบ

พารามิเตอร์	หน่วย	1	2	3	4	เฉลี่ย
Stack diameter	cm	220	220	220	220	**220.00**
Stack Temperature	^{0}C	185	190	199	205	**194.75**
Dry gas Temperature	^{0}C	31.5	30.2	34.8	38	**33.63**
Air velocity	m/s	8.73	10.35	10.83	9.7	**9.90**
Moisture	%	10.61	11.94	10.94	11.24	**11.18**
O_2	%	7.2	7.2	7.9	8.3	**7.65**
CO_2	%	6.7	7.1	6.4	7.8	**7.00**
CO	%	13.5	10.4	13	12.2	**12.28**
TSP	mg/m3	98.4	149.21	118	105	**117.65**
NO_x	ppm	220.17	269.87	250	310	**262.51**
SO_2	ppm	21.31	2.11	0	0	**5.86**
ผลิตไฟฟ้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**เวลาใช้**			
กำลังการผลิต	9.95	MW	8.00-22.00	8.8	MW	(14 hr)
			22.00-8.00	5.8	MW	(10 hr)
แกลบ	260	t/d				
ขี้เถ้า	40	t/d				
- ขี้เถ้าหนัก (bottom ash)	35	t/d				
- ขี้เถ้าลอย (fly ash)	5	t/d				
การใช้น้ำ	**ปริมาณ**	**หน่วย**				
zero discharge	714	m^3/d				
PACL	1400	kg/d				
Polymer	38	kg/d				
Sludge	3	t/d				
Blow down	12	m^3/d				
Regenerate HCl 35%	1000	kg				
NaOH	800	kg				
การปลดปล่อยมลพิษ						
ประสิทธิภาพ Cyclone 70%		และเครื่องกำจัดฝุ่น แบบ ESP (97% of 30%)				
อุณหภูมิเตาเผา	137	^{0}C				
Cyclone O =406 mm, H= 1375 mm/cyclone			50	ลูก		

ตารางที่ ช.6 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะลดลงของทรัพยากร (ADP)

Substance	Initial emission or extraction	Unit	kg Sb eq.
aluminium (Al)	resources	kg	2.73E+06
antimony (Sb)	resources	kg	6.06E+07
arsenic (As)	resources	kg	5.89E+08
barium (Ba)	resources	kg	2.72E+08
bismuth (Bi)	resources	kg	2.46E+08
boron (B)	resources	kg	6.55E+07
cadmium (Cd)	resources	kg	3.99E+08
chromium (Cr)	resources	kg	2.51E+07
cobalt (Co)	resources	kg	1.12E+07
copper (Cu)	resources	kg	2.40E+08
germanium (Ge)	resources	kg	6.07E+09
gold (Au)	resources	kg	7.08E+08
indium (In)	resources	kg	1.08E+09
iodine (I2)	resources	kg	1.91E+06
iron (Fe)	resources	kg	9.21E+06
kalium (K;potassium)	resources	kg	2.06E+06
lead (Pb)	resources	kg	7.51E+08
lithium (Li)	resources	kg	1.89E+06
manganese (Mn)	resources	kg	1.61E+08
mercury (Hg)	resources	kg	3.97E+08
molybdenum (Mo)	resources	kg	1.12E+08
nickel (Ni)	resources	kg	1.11E+08
niobium (Nb)	resources	kg	4.66E+06
palladium (Pd)	resources	kg	8.91E+05
phosphorus (P)	resources	kg	4.02E+07

ตารางที่ ช.6 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะลดลงของทรัพยากร (ADP) (ต่อ)

Substance	Initial emission or extraction	Unit	kg Sb eq.
rhenium (Re)	resources	kg	3.92E+07
platinum (Pt)	resources	kg	8.91E+05
selenium (Se)	resources	kg	1.68E+08
silver (Ag)	resources	kg	6.97E+08
strontium (Sr)	resources	kg	3.58E+08
sulfur (S)	resources	kg	4.12E+08
tantalum (Ta)	resources	kg	1.01E+08
tellurium (Te)	resources	kg	3.85E+06
thallium (Tl)	resources	kg	4.84E+08
tin (Sn)	resources	kg	1.82E+08
titanium (Ti)	resources	kg	4.67E+07
tungsten (W); wolfraam	resources	kg	8.72E+07
vanadium (V)	resources	kg	3.00E+06
yttrium (Y)	resources	kg	5.71E+05
zinc (Zn)	resources	kg	8.06E+08
Zirconium (Zr)	resources	kg	3.00E+07
Barite	resources	kg	2.72E+08
bauxite (kg dry weight)	resources	kg	6.07E+06
industrial diamond	resources	carats	1.02E+09
diatomite (kg)	resources	kg	1.16E+06
fluorspar (kg)	resources	kg	8.55E+07
garnet (industrial; kg)	resources	kg	2.17E+07
graphite (natural; kg)	resources	kg	2.48E+08
peat (kg)	resources	kg	3.12E+08
perlite (kg)	resources	kg	2.38E+06

ตารางที่ ช.6 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะลดลงของทรัพยากร (ADP) (ต่อ)

Substance	**Initial emission or extraction**	**Unit**	**kg Sb eq.**
soda ash	resources	kg	5.06E+04
rare earths (kg of rare-earth oxice (REO) content)	resources	kg	7.87E+04
sodium sulfate	resources	kg	1.60E+05
talc and pyrophyllite (kg)	resources	kg	2.60E+08
vermiculite (kg)	resources	kg	3.15E+07
fossil fuels	resources	MJ	3.28E+07

หมายเหตุ : จาก Guinee et al., 2002

ตารางที่ ช.7 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP)

Substance	**GWP100 (in kg CO_2 equivalents/kg emission)**
Carbon dioxide	1
Methane	21
CFC-11	4000
CFC-13	11700
HCFC-123	93
HCFC-142b	2000
Perfluoroethane	9200
Perfluoromethane	6500
Sulphur hexafluoride	23900

หมายเหตุ: Guinée et al., 2002

ตารางที่ ช.8 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะฝนกรด (AP)

Substance	**AP (in kg SO_2 equivalents/kg emission)**
ammonia	1.88
hydrogen chloride	0.88
hydrogen fluoride	1.60
hydrogen sulfide	1.88
nitric acid	0.51
Nitrogen dioxide	0.70
Nitrogen monoxide	1.07
Sulfur dioxide	1.00
Sulphuric acid	0.65

หมายเหตุ : Heijungs et al, CML 1992

ตารางที่ ช.9 การแปลงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร (EP)

Substance	**EP (in kg PO_4 equivalents/kg emission)**
Ammonia	0.33
Nitrates	0.42
Nitric oxide	0.2
Nitrogen dioxide	0.13
Nitrogen oxides	0.13
Phosphate	1
Chemical Oxygen Demand (COD)	0.022
Ammonia	0.33
Ammonium Ion	0.33

หมายเหตุ : Heijungs et al, CML 1992

ตารางที่ ช.10 ที่มาข้อมูลในการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว	**ข้อมูลจากการสำรวจ**	**ข้อมูลจากโรงสีข้าว**	**งานวิจัย/เอกสารอ้างอิง**	**ฐานข้อมูล SimaPro**	**หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง**
การทำนาปลูกข้าว					
เมล็ดพันธุ์	**x**				
พื้นที่ทำนา	**x**				
การใช้ปุ๋ย	**x**				
การใช้สารเคมีกำจัดแมลง/ยาปราบศัตรูพืช	**x**				
การใช้น้ำ	**x**				
ผลผลิต	**x**				
ค่าแรงคนงาน	**x**				
การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าว			**x**		
การขนส่ง					
ขนส่งช่วงการปลูกข้าว	**x**				
ขนส่งส่วนโรงสีข้าว					
การปล่อยก๊าซมลพิษอากาศ				**x**	
โรงสีข้าว					
วัตถุดิบ		**x**			
การใช้พลังงาน		**x**			
ผลิตภัณฑ์/ผลพลอยได้		**x**			
ก๊าซมลพิษอากาศ		**x**			
ขยะและของเสียอื่นๆ		**x**			
การใช้ไฟฟ้า					
การใช้พลังงานไฟฟ้า		**x**		**x**	
การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ		**x**			
การใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ		**x**			

ภาคผนวก ซ

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Hathaichanok Nadsathaporn and Chatpet Yossapol. (2008). **Pollution from Rice Production : A Life Cycle Assessment Perspective**. 12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management (IWA DIPCON 2008). Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management (EHSM). Khon Kaen University, Thailand; 25-29 August.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวหทัยชนก นัดสถาพร เกิดเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2525 ที่โรงพยาบาลสมอนุสรณ์ จ. ขอนแก่น เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนบรบือราษฎร์ผดุง จ.มหาสารคาม ระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสาธิตศึกษาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี ในปี 2544 และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเมื่อภาคการศึกษา 2/2548 เนื่องจากมีความสนใจและเล็งเห็นความสำคัญในการหาความรู้เพิ่มเติมในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จึงเข้าศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เมื่อภาคการศึกษา 3/2548

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ข้าว และเผยแพร่บทความวิชาการเรื่อง "**Pollution from Rice Production : A Life Cycle Assessment Perspective**". ในงานสัมมนาวิชาการนานาชาติ IWA Dipcon 2008 (The 12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management) ในระหว่างวันที่ 25 – 29 สิงหาคม 2551 ณ โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิด จ.ขอนแก่น