



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย เรื่อง
“การวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับ
การติดฉลากคาร์บอน เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ
ในการบรรเทาภาวะโลกร้อน”

โดย ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ

มิถุนายน 2553

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย “การวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับการติด
ฉลากคาร์บอน เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำในการบรรเทาภาวะโลกร้อน”

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. รศ.ดร.แซบเปียร์ กิ่วลา บัณฑิต วิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. รศ.ดร.งามทิพย์ ภู่วโรดม ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. รศ.ดร.สิรินทรเทพ เต่าประยูร บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความคิดเห็นในรายงานเป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

สัญญาเลขที่: RDG5130022

ชื่อโครงการ: การวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว สำหรับการติดฉลากคาร์บอน เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำในการบรรเทาภาวะโลกร้อน

ชื่อนักวิจัย:

1. ดร.รัตนวรรณ มั่งคั่ง ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. รศ.ดร.แซบเปียร์ กิ่วลา บัณฑิต วิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. รศ.ดร.งามทิพย์ ภูวโรดม ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. รศ.ดร.สิรินทรเทพ เต่าประยูร บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อีเมล: fscirwm@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 1 ปี 6 เดือน (ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนพฤษภาคม 2551 ถึงวันที่ 31 เดือนตุลาคม 2552)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อกระตุ้นให้มีการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิต ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจในหลายประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อส่งเสริมให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน อันเป็นการกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความตระหนักในการมีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากวิธีและพฤติกรรมบริโภค ทำให้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ หลักการและวิธีการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงปฏิบัติ เพื่อพัฒนาศักยภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทย

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ ข้าวสารหอมมะลิ ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม และเส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาดบรรจุ 250 กรัม กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นแบบบูรณาการกับธุรกิจ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การปลูกข้าว การสีข้าว การผลิตภาชนะบรรจุและการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อ ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน ซึ่งรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมชนิดข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี ผู้ผลิตข้าวหอมมะลิและผู้ผลิตภาชนะบรรจุ รวมทั้งการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว ส่วนข้อมูลทุติยภูมิใช้ในสถานการณ์จำเป็น โดยรวบรวมจากเอกสารอ้างอิงและฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยและต่างประเทศ วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อ้างอิงตามรายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐาน PAS 2050

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 39 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าว มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคิดเป็น 97% ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าวเป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ การพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขัง การควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี การจัดการระหว่างการปลูก ควรปล่อยน้ำออกจากนาข้าวในช่วงก่อนข้าวออกรวง ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซัง ส่วนผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาด 250 กรัม พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 1.9 และ 1.7 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าวและการผลิตเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็น 45/51% และ 43/52% ของปริมาณทั้งหมด ตามลำดับ ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าวและขั้นตอนการผลิตเส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งเป็นสำคัญ โดยในขั้นตอนการปลูกข้าวควรมุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขัง การควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี การจัดการระหว่างการปลูก ควรปล่อยน้ำออกจากนาข้าวในช่วงก่อนข้าวออกรวง ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซัง และในขั้นตอนการผลิตเส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งควรปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและใช้พลังงาน

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ บ่งชี้ว่า คุณภาพของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว และข้อมูลการผลิต เส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง มีความสำคัญอย่างมากต่อขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จึงควรให้ความสำคัญกับความถูกต้องของข้อมูลปฐมภูมิและแหล่งที่มาของข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ ในระดับประเทศควรเร่งพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าวให้ครอบคลุมพันธุ์ต่างๆ ระบบปลูกหลากหลายระบบ การจัดการระหว่างการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยววิธีต่างๆ ในพื้นที่แต่ละภูมิภาค/จังหวัด รวมทั้งการสีข้าว ตลอดจนการผลิตภาชนะบรรจุ



Abstract

Project code: RDG5130022

Project title: Carbon footprint analysis and management of rice products for carbon label to promote low-carbon economy for climate change mitigation

Investigators:

- | | |
|--|---|
| 1. Dr. Rattanawan Mungkung | Department of Environmental Science
Faculty of Science
Kasetsart University |
| 2. Assoc. Prof. Dr. Shabbir H. Gheewala | The Joint Graduate School of Energy
and Environment, King Mongkut's
University of Technology Thonburi |
| 3. Assoc. Prof. Dr. Ngamtip Poovarodoom | Department of Packaging Technology
Faculty of Agro-Industry
Kasetsart University |
| 4. Assoc. Prof. Dr. Sirinthornthep Taewprayoon | The Joint Graduate School of Energy
and Environment, King Mongkut's
University of Technology Thonburi |

E-mail address: fscirwm@ku.ac.th

Project duration: 1 year 6 months (1 May 2008 - 31 October 2009)

Carbon footprint is a tool for assessing greenhouse gas emissions to stimulate their reduction. It gains a high interest from several countries; especially its application in food products which aims to promote the declaration of carbon footprint information via carbon label. It is expected that carbon labelling will help increasing the awareness of consumers on their contribution to the GHG emissions associated with their consumption patterns. As a result, it is important to build up the capacity of the Thai industry on the principles and method of carbon footprint calculation to enhance its competitiveness.

The studied products are Jasmine rice (5 kg) and Rice vermicelli/noodle (250 g). The scope of carbon footprint analysis was B2B, covering rice cultivation, rice milling, rice processing (including production of packaging), and distribution including all related transportation. The primary inventory data were collected by interviewing rice farmers, rice mill operators and the producing companies of Jasmine rice and Rice vermicelli/noodles. Particularly in the rice cultivation stage, direct measurements of methane and nitrous oxide gases were made. Secondary data from references and national/international databases were used where necessary. The carbon footprinting method is based on PAS 2050:2008.

The results of carbon footprint analysis of Jasmine rice showed that the total GHG emissions are 39 kg CO₂e. The rice cultivation stage, which accounts for 97% of the total GHG emissions, is identified as the key contributing stage. Thus, special attention should be given to the rice cultivation for better management to reduce GHG emissions particularly the following issues: development of rice species that do not need a flooded system, control of fertilizer application, rice cultivation management practice that should drain out the water before flowering period, as well as rice harvesting management practice that should remove rice straw from the field. The results of carbon footprint analysis of Jasmine Rice vermicelli/noodles showed that the total GHG emissions are 1.9 and 1.7 kg CO₂e, respectively. The key stages contributing highly to the GHG emissions are the rice cultivation and rice vermicelli/noodle production processing, which account respectively for approximately 45%/51% and 43%/52% for rice vermicelli/noodle. Similarly, reduction should be focused on rice cultivation as mentioned earlier as well as on rice vermicelli/noodle production processing in terms of energy efficiency improvement.

The carbon footprint analysis indicated that the results are most sensitive to the quality of inventory data associated with rice cultivation and rice vermicelli/noodle production processing. Therefore, it is critical to get the precise primary data and high-quality of secondary data. At the national level, the development of national databases is urgently required especially on the inventory data of rice cultivation to cover various species, different rice production systems and management practices during the crop production and harvesting in each region/province. The development of inventory data of rice milling as well as rice packaging production processing are also needed.

บทสรุปผู้บริหาร

ความตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้มีการพัฒนา “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” ขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การกระตุ้นให้มีการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิต นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อสื่อสารไปยังผู้ซื้อและผู้บริโภคด้วย “ฉลากคาร์บอน” อันเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่า เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคบริโภค นโยบายการจัดซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากคาร์บอนของผู้ค้าปลีก โดยเฉพาะประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป นับเป็นมาตรการทางการตลาดอย่างหนึ่งที่จะกระตุ้นให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ซึ่งได้กลายเป็นปัจจัยการตลาดและการค้าที่สำคัญของประเทศไทยในฐานะผู้ส่งออกรายสำคัญของโลก

การประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน พบว่าหลายประเทศให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากสินค้าอุปโภคบริโภคมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการบริโภคในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดจนเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคพื้นฐานสำหรับผู้บริโภคทุกคน ที่ควรส่งเสริมให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน เพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความตระหนักในการมีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิถีและพฤติกรรมผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดย ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ ร่วมกับ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตระหนักและเห็นความสำคัญของสถานการณ์ เกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้พัฒนาโครงการวิจัยเชิงรุก โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ หลักการและวิธีการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงปฏิบัติ รวมทั้งจำแนกแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนเป็นการพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการไทย เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากคาร์บอน อันเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป รวมทั้งประเทศคู่ค้าอื่นๆ ที่อาจเข้าร่วมมาตรการการจัดซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีฉลากคาร์บอนในอนาคตอันใกล้นี้ ตลอดจนเป็นการสนับสนุนการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยต่อไป

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ ผลิตภัณฑ์ข้าว เนื่องจากเป็นสินค้าหลักที่สร้างรายได้เข้าประเทศ โดยได้รับความร่วมมือจากภาคเอกชนที่สนใจดำเนินการร่วมในฐานะบริษัทโครงการสาธิต คือ บริษัท เพอร์ซิเดนท์ไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) และบริษัท บางซื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด โดยได้กำหนดให้มีการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าว หอมมะลิ และผลิตภัณฑ์เส้นหมี่/ก๋วยเตี๋ยว

วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อ้างอิงตามรายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐาน PAS 2050 ซึ่งเป็นมาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์พัฒนาโดย สหราชอาณาจักร เป็นประเทศแรก ที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา แนวทางเชิงปฏิบัติการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับประเทศ ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในหลายประเทศ อาทิเช่น สาธารณรัฐฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ รวมทั้งประเทศไทย ในขณะที่เดียวกันองค์การมาตรฐานสากล กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนามาตรฐาน ISO 14067 ว่าด้วยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งมีการพิจารณาเนื้อหาของ PAS ร่วมกับ แนวทางเชิงปฏิบัติการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับประเทศ

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ และผลิตภัณฑ์เส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยว กำหนดเป็นแบบธุรกิจกับธุรกิจ เนื่องจากการผลิตเพื่อจัดจำหน่ายให้กับผู้ซื้อที่เป็นองค์กรธุรกิจ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การปลูกข้าว การสีข้าว การผลิตเส้นหมี่และก๋วยเตี๋ยว การผลิตภาชนะบรรจุและการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อ ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน หน่วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ขนาด 5 กิโลกรัม และ ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาด 250 กรัม

การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ แบ่งเป็น ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่ง รวบรวมจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี บริษัทผู้ผลิตข้าวหอมมะลิ และบริษัทผู้ผลิตภาชนะบรรจุ รวมทั้งการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ พิจารณาใช้แหล่งที่มาของข้อมูลตามลำดับดังนี้ คือ ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่ดีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความ ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของต่างประเทศ โดยพิจารณาเลือกข้อมูลที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด และข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ดีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความ ที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 39 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าว มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็น 97% ของ

ปริมาณทั้งหมด ส่วนขั้นตอนการสีข้าวของบริษัทโครงการสาธิต และการผลิตภาชนะบรรจุมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นประมาณ 1% ของปริมาณทั้งหมด ในขณะการสีข้าวของโรงสี และการจัดจำหน่ายมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า 1% ของปริมาณทั้งหมด ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าวเป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขัง การควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี การจัดการระหว่างการปลูก โดยควรปล่อยน้ำออกจากนาข้าวในช่วงก่อนข้าวออกรวง ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซัง

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 1.9 และ 1.7 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าวและการผลิตเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็น 45/51% และ 43/52% ของปริมาณทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการสีข้าว และการจัดจำหน่าย มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากัน เท่ากับ 2% ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าวดังกล่าวมาแล้วข้างต้น และ ในขั้นตอนการผลิตเส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและใช้พลังงาน

จากกรณีศึกษาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง และผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ทำให้เห็นว่าคุณภาพของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว และข้อมูลการผลิต เส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความสำคัญอย่างมากต่อขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำหรับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าวนั้น นอกจากการใช้ข้อมูลจากการวัดจริงแล้ว อาจใช้ข้อมูลจากการศึกษาภายในประเทศที่มีการอ้างอิง ทั้งนี้ ต้องเลือกใช้ค่าการปล่อยต่อพื้นที่จากแหล่งปลูกที่มีวิธีการปลูกใกล้เคียงกัน เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยที่สำคัญได้แก่การจัดการน้ำและการใส่ปุ๋ย จึงต้องเลือกใช้ค่าการปล่อยจากแหล่งอ้างอิงที่มีเงื่อนไขการปลูกใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการปล่อยจากแหล่งอ้างอิงได้ อาจใช้ค่าการปล่อยจากรายงานในคู่มือการคำนวณบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ ซึ่งรวบรวมโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง หรืออ้างอิงจากการศึกษาในประเทศไทย ส่วนข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยว นั้น พบว่าข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความละเอียดอ่อนต่อผลที่ได้ อาจพิจารณาให้มีการติดมิเตอร์เพิ่มเติม หรือดำเนินการตรวจวัดพลังงานส่วนปริมาณไอน้ำ หากไม่สามารถดำเนินการตรวจวัดจริงได้ ให้พิจารณารวบรวมข้อมูลจากพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการผลิตพลังงานไอน้ำ รวมทั้งการคำนวณด้วยทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์

สำหรับการปรับตัวและเตรียมความพร้อมของอุตสาหกรรมอาหารไทย สามารถทำได้โดย
พัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยสามารถอ้างอิงจากมาตรฐาน PAS
2050 และแนวทางเชิงปฏิบัติระดับประเทศ ตลอดจนพิจารณารายละเอียดวิธีการตามข้อตกลงจากที่
ประชุม ISO 14067 เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินการตามความต้องการของผู้ซื้อในอนาคต
อันใกล้นี้ รวมทั้งการสร้างความรู้และเข้าใจให้กับบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้อง อันนำไปสู่
ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ นอกจากนี้ควร
พิจารณาพัฒนาระบบบัญชีหรือระบบการเก็บข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ให้ครอบคลุมข้อมูล
ปริมาณการใช้ทรัพยากร ปริมาณการใช้พลังงาน /เชื้อเพลิง รวมทั้งปริมาณการเกิดของเสียและ
มลพิษที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการผลิตย่อย ตลอดจนสร้างความเข้าใจของบุคลากรระดับ
ปฏิบัติการเกี่ยวกับข้อมูลที่ต้องการและวิธีการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการในระดับประเทศ ควรเร่ง
พัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าวให้ครอบคลุมพันธุ์ต่างๆ ระบบปลูก
หลากหลายระบบ การจัดการระหว่างการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยววิธีต่างๆ ในพื้นที่แต่ละภูมิภาค/
จังหวัด รวมทั้งการสีข้าว ตลอดจนการผลิตภาชนะบรรจุ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วง ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ และขอคิดเห็นอันเป็นประโยชน์จากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบริษัทโครงการสาธิต 2 แห่ง คือ บริษัท เพอร์ซิเดนทีไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) และบริษัท บางซื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด ในการดำเนินโครงการ เพื่อ พัฒนาการความรู้เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้สอดคล้องตามแนวทางการพัฒนามาตรฐานสากล และ สร้างความเข้าใจ ตลอดจนเพิ่มพูนประสบการณ์เชิงปฏิบัติในการดำเนินการรวบรวม ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเตรียมความพร้อมดำเนินการติดฉลากคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ในอนาคต

คณะวิจัยขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง ในความสนับสนุนและร่วมมือเป็นอย่างดีจากทุกหน่วยงาน

คณะวิจัย
มิถุนายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อฉบับภาษาไทย	i
บทคัดย่อฉบับภาษาอังกฤษ	iii
บทสรุปผู้บริหาร	v
บทที่ 1 ที่มาของโครงการวิจัย	1-1
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	2-1
บทที่ 3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน	3-1
บทที่ 4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ	4-1
บทที่ 5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง/ก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-1
บทที่ 6 ประเด็นปัญหาเชิงปฏิบัติในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์	6-1
บทที่ 7 แนวทางการเตรียมความพร้อมเรื่องคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน	7-1
เอกสารอ้างอิง	อ้างอิง 1
ภาคผนวก	ภาคผนวก 1

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	1-14
2-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2537	2-2
2-2 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2533 และ พ.ศ. 2537	2-2
2-3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2537	2-3
2-4 การทำนาดำ	2-9
2-5 การทำนาแบบที่ปลูกเมล็ดลงไปโดยตรง	2-9
2-6 กระบวนการการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ	2-13
2-7 ช่องอากาศภายในกาบใบเมื่อข้าวมีอายุประมาณ 60 วัน ขึ้นไป	2-13
2-8 กระบวนการการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าวสู่บรรยากาศ	2-14
2-9 แหล่งที่ตั้งโรงสีในประเทศไทย ปี 2548	2-23
2-10 รูปแบบการบรรจุข้าวสาร	2-26
2-11 ขนาดการบรรจุข้าวสาร	2-27
2-12 รูปแบบการบรรจุเส้นหมีเพื่อการจำหน่ายปลีก สำหรับส่งออกต่างประเทศ	2-30
2-13 รูปแบบการบรรจุเส้นหมี เพื่อการจำหน่ายปลีกภายในประเทศ	2-31
3-1 เอกสารมาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ PAS 2050: 2008	3-2
3-2 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนประเภทต่างๆ	3-3
3-3 ฉลากคาร์บอนของสหราชอาณาจักร	3-4
3-4 การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์วิธีต่างๆ	3-5
3-5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอนในสหราชอาณาจักร	3-7
3-6 ฉลากคาร์บอนของสาธารณรัฐฝรั่งเศส	3-7
3-7 ฉลากคาร์บอนของประเทศสวีเดน	3-8
3-8 ฉลากคาร์บอนของประเทศเยอรมนี	3-8
3-9 ฉลากคาร์บอนของประเทศสเปน	3-9
3-10 ฉลากคาร์บอนของประเทศเนเธอร์แลนด์	3-10
3-11 ฉลากคาร์บอนของประเทศสหรัฐอเมริกา	3-10
3-12 ฉลากคาร์บอนของประเทศแคนาดา	3-11
3-13 ฉลากคาร์บอนของประเทศญี่ปุ่น	3-11

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-14 ฉลากคาร์บอนของประเทศเกาหลีใต้	3-12
3-15 ฉลากคาร์บอนของประเทศออสเตรเลีย 3-13	
3-16 ฉลากคาร์บอนของประเทศนิวซีแลนด์ 3-13	
3-17 ฉลากคาร์บอน “Carbon Reduction Label” ของประเทศไทย	3-14
3-18 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองฉลากคาร์บอนประเภท Carbon Reduction Label	3-15
3-19 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ “Carbon Footprint Label” ของประเทศไทย	3-16
4-1 ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ	4-1
4-2 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ	4-2
4-3 แผนผังการไหลของการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ	4-4
4-4 ขั้นตอนการผลิตข้าว สารหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	4-6
4-5 กล้องเก็บตัวอย่างก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าว	4-7
4-6 วิธีการเก็บก๊าซในนาข้าวโดยวิธี Close chamber	4-7
4-7 สัดส่วนการจัดส่งข้าวให้บริษัทโครงการสาธิต	4-8
4-8 กระบวนการผลิตภาชนะบรรจุ ถุง CPP/LLDPE	4-12
4-9 การผลิตภาชนะบรรจุสำหรับขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิไปยังต่างประเทศ	4-13
4-10 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100% เกรด 1 (AA) บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม (กรณีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 207 กิโลกรัม)	4-24
4-11 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100% เกรด 1 (AA) บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม (กรณีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 370 กิโลกรัม)	4-25
4-12 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนในขั้นตอนการปลูกข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	4-26
4-13 สัดส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการปลูกข้าว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	4-26
5-1 ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง	5-1
5-2 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-2

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-3 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้ง และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-4
5-4 แปลงนา ที่อำเภอหนองชุมพล จังหวัดเพชรบุรี	5-5
5-5 ขั้นตอนการผลิตข้าวพันธุ์เหลืองประทิว	5-6
5-6 สัดส่วนการจัดส่งข้าวขาวของโรงสีให้บริษัทโครงการสาธิต	5-7
5-7 ขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีที่ 1	5-9
5-8 ขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีที่ 2	5-10
5-9 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้ง	5-11
5-10 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-12
5-11 ขั้นตอนการผลิตถุง Mat. OPP/LLDPE	5-13
5-12 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้ง	5-23
5-13 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-24
5-14 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนในขั้นตอนการปลูกข้าวพันธุ์เหลืองประทิว	5-25
5-15 สัดส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการปลูกข้าว พันธุ์เหลืองประทิว	5-25

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ของก๊าซเรือนกระจก	1-16
2-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทย พ.ศ. 2537	2-4
2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2541 จำแนกตามสาขา	2-5
2-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปี พ.ศ. 2541 แยกตามชนิดของก๊าซ	2-5
2-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 254 6 จำแนกตามสาขา	2-5
2-5 คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2541 2543 2548 2553 2558 และปี พ.ศ. 2563 กรณีที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศขยายตัว ในอัตราปานกลาง (Probable case)	2-6
2-6 ปริมาณพื้นฐานการปล่อยก๊าซ และความร้อนที่มีผลจากก๊าซเรือนกระจก ในภาคการเกษตร ปี 2533	2-7
2-7 การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2537 (Source: Center for Applied Economic Research, 2000a)	2-8
2-8 อัตราการใช้ธาตุอาหารที่แนะนำให้ใช้กับข้าวพันธุ์ต่างๆ ตามลักษณะดินและฤดูปลูก	2-11
2-9 การใช้พลังงานความร้อนและปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในกระบวนการผลิต เส้นไหมเส้นก๊วยเตี๋ยว	2-25
2-10 การใช้พลังงานเฉพาะส่วนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต	2-26
3-1 กฎการพิเศษเพื่อแสดงตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐาน PAS 2050	3-6
3-2 รายชื่อบริษัทนำร่องจำนวน 2 2 บริษัทเข้าร่วมโครงการ “ส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย”	3-16
4-1 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว	4-14
4-2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัยการผลิต)	4-15

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีบริษัทโครงการสาธิต)	4-15
4-4 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่ง	4-16
4-5 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ	4-16
4-6 แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน วิธีการรวบรวม และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล	4-17
4-7 ข้อมูลบัญชี รายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว	4-18
4-8 ข้อมูลบัญชี รายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี	4-18
4-9 ข้อมูลบัญชี รายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวกล้องเป็นข้าวขาว	4-20
4-10 ข้อมูลบัญชี รายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวเปลือกเป็นข้าวขาว	4-21
4-11 ข้อมูลบัญชี รายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง	4-21
4-12 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวไปยังโรงสี บริษัทผู้ผลิต	4-21
4-13 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตถุง	4-22
4-14 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตกระสอบ	4-22
4-15 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย	4-23
5-1 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว	5-15
5-2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว	5-16
5-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	5-17
5-4 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่ง	5-17
5-5 แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน วิธีการรวบรวม และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล	5-17
5-6 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว	5-18
5-7 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี	5-19
5-8 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัย โรงที่ 1)	5-19
5-9 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัย โรงที่ 2)	5-20
5-10 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวหัก ไปยัง บริษัทผู้ผลิต	5-20

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5-11 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง (บางรายการ)	5-21
5-12 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (บางรายการ)	5-21
5-13 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตทุง (บางรายการ)	5-21
5-14 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย	5-22
6-1 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย ตามประเภทของการทดลอง ค่าการปล่อยจากการศึกษาในประเทศไทย	6-2
6-2 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวระบบต่างๆ ตามประเภทของการจัดการน้ำ	6-3
6-3 ข้อมูล ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจากการศึกษาในประเทศไทย ก่อนหน้านี้	6-3

บทที่ 1

ที่มาของโครงการวิจัย

“ความตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้มีการพัฒนา “คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)” ขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การกระตุ้นให้มีการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิต นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อสื่อสารไปยังผู้ซื้อและผู้บริโภคด้วย “ฉลากคาร์บอน (Carbon labelling)” อันเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภค ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่า เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคบริโภค”

1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ความตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้มีการพัฒนา “คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)” ขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การกระตุ้นให้มีการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิต นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อสื่อสารไปยังผู้ซื้อและผู้บริโภคด้วย “ฉลากคาร์บอน (Carbon labelling)” โดยคาดหวังว่าผู้บริโภคจะใช้ข้อมูลที่แสดงบนฉลากคาร์บอน ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่า เพื่อแสดงความร่วมมือในการลดภาวะโลกร้อน อันนำไปสู่การกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์และขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำหรือเศรษฐกิจลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั่นเอง

สหราชอาณาจักร นับเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยการกำหนดวิธีการคำนวณที่อยู่บนพื้นฐานเทคนิค LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) เรียก “PAS (Publicly Available Specification) 2050: 2008 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services” (BSI, 2008a) รวมทั้งคู่มือเชิงปฏิบัติ เรียก “Guide to PAS 2050 - How to assess the carbon footprint of goods and services” (BSI, 2008b)

ตลอดจนวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน เรียก “The Code of Good Practice for Product GHG Emissions and Reduction Claims” (Carbon Trust, 2008a)

ปัจจุบันมีการพัฒนาแนวทางเชิงปฏิบัติในระดับประเทศ (National Guideline) ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprinting of Product) ในบางประเทศ อาทิ เช่น สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ รวมทั้งประเทศไทย ในขณะที่เดียวกัน องค์การมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization) กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนามาตรฐานเฉพาะเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ISO 14067 Carbon Footprint ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ว่าด้วยปริมาณ ซึ่งหมายถึง การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Part I: Quantification) และส่วนที่ 2 ว่าด้วยการสื่อสาร (Part II: Communication) ซึ่งหมายถึง การสื่อสารข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน โดยอาศัยพื้นฐานจากมาตรฐาน ISO เกี่ยวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ISO 14064, ISO 14065, ISO14067) และมาตรฐาน ISO เกี่ยวกับฉลากสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่แล้ว (ISO 14025) รวมทั้งมาตรฐาน PAS 2050 ซึ่งคาดว่าจะประกาศใช้ ISO 14067 อย่างเป็นทางการภายในปี 2554 (ISO/WD 14067, 2009)

การประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน พบว่าหลายประเทศให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากสินค้าอุปโภคบริโภคมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการบริโภคในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดจนเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคพื้นฐานสำหรับผู้บริโภคทุกคน ที่ควรส่งเสริมให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน เพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความตระหนักในการมีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากวิธีและพฤติกรรมบริโภค

จากสถานการณ์เกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนดังกล่าวมาข้างต้น ทำให้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการเตรียมความพร้อมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารไทย เกี่ยวกับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ สำหรับการดำเนินการฉลากคาร์บอน คณะวิจัย ฯ จึงได้พัฒนาโครงการวิจัยเชิงรุก โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ หลักการและวิธีการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงปฏิบัติ รวมทั้งจำแนกแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนเป็นการพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการไทย เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากคาร์บอน อันเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป รวมทั้งประเทศคู่ค้าอื่นๆ ที่อาจเข้าร่วมมาตรการการจัดซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีฉลากคาร์บอนในอนาคตอันใกล้นี้ ตลอดจนเป็นการสนับสนุนการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคมของ

ประเทศไทยต่อไป โดยผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ข้าว เนื่องจากเป็นสินค้าหลักที่สร้างรายได้เข้าประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยรักษาภาวะการเป็นผู้นำการส่งออกและผู้นำการผลิตข้าวของโลกได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขั้นตอนการผลิต ของ ผลิตภัณฑ์ข้าวสาร (ข้าวสารหอมมะลิ) และผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูป (ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง) ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.2 เผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์และการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ ผลิตภัณฑ์ข้าวสารและผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูป ไปยังผู้ประกอบการอื่นๆ

3. วิธีดำเนินการ

โครงการวิจัยนี้ มุ่งเป้าเพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และการจัดการ อันเป็นการเสริมสร้างศักยภาพของผู้ประกอบการไทย ในการเตรียมความพร้อมในการปรับตัวต่อตลาดของกลุ่มลูกค้าที่กำลังใจความสนใจกับสินค้าปล่อยคาร์บอนต่ำ ซึ่งได้กำหนดวิธีการวางแผนการดำเนินงานโดยจะทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง คือ ผลิตภัณฑ์ข้าวดิบ และผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูป ร่วมกับผู้ผลิตและผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้ภาคเอกชนที่เข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถนำความเข้าใจเชิงหลักการ และความรู้ในกระบวนการเก็บข้อมูลตลอดจนประสบการณ์เชิงปฏิบัติในกระบวนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ไปใช้ประยุกต์ใช้ในการจัดการเพื่อลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากคาร์บอนต่อไป

วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อาศัยแนวทางตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน “PAS (Publicly Available Specification) 2050: 2008 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services” (BSI, 2008a) ว่าด้วยข้อกำหนดในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของสินค้าและบริการ ซึ่งกำหนดรายละเอียดเชิงวิธีการในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ไว้ดังนี้

1. ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อกำหนดในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ตามมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) หากข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน PAS ให้ยึดตามมาตรฐาน PAS เป็นหลัก

2. หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้เป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ และพิจารณาประเด็นความสอดคล้อง ความสมบูรณ์ ความคงที่ ความเที่ยงตรง และความโปร่งใส ในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย

3. ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ควรแยกความแตกต่างของแต่ละผลิตภัณฑ์

4. ข้อมูลสนับสนุน

ข้อมูลสนับสนุนที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ควรมีการบันทึก และอยู่ในรูปแบบที่สามารถทวนสอบได้ง่าย โดยควรเก็บรักษาข้อมูลไว้ไม่ต่ำกว่า 5 ปี หรือตลอดอายุของผลิตภัณฑ์

5. การประยุกต์ใช้มาตรฐาน PAS

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถประเมินแบบระหว่างองค์กรธุรกิจและผู้บริโภคสุดท้าย (Business-to-Consumer) โดยมีขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และแบบระหว่างองค์กรธุรกิจและองค์กรธุรกิจ (Business-to-Business) โดยมีขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์จนถึงจุดที่ผลิตภัณฑ์ถึงองค์กรธุรกิจอีกแห่งหนึ่ง

ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ กำหนดรายละเอียดไว้โดยย่อ ดังนี้

1. ชนิดก๊าซเรือนกระจก

ชนิดก๊าซเรือนกระจกที่พิจารณา คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

2. ระยะเวลาในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ระยะเวลาในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กำหนดเป็น 100 ปี

3. แหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจก

แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากสารขาเข้า สารขาออก และกระบวนการผลิต โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยไม่จำกัด แต่การผลิตพลังงาน กระบวนการเผาไหม้ ปฏิกิริยาเคมี การสูญเสียไอน้ำทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ การปฏิบัติงาน การขนส่ง การปศุสัตว์และเกษตรกรรมอื่นๆ ของเสีย และการจัดการของเสีย

4. การกักเก็บคาร์บอน

กรณีที่ผลิตภัณฑ์มีการกักเก็บคาร์บอน ให้มีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ในระยะ 100 ปี

5. การนับรวมการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเป็นผลมาจากการผลิตวัตถุดิบโดยเฉพาะจากการเกษตรกรรม ที่เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตั้งแต่หรือหลังจากวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2533 ควรนำมาพิจารณาในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย

6. การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินในระบบเกษตรกรรม

การกักเก็บและการปลดปล่อยคาร์บอนในดิน ไม่นับรวมในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

7. การชดเชยคาร์บอน

การชดเชยคาร์บอน ไม่ควรนำมาพิจารณาในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

8. หน่วยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ควรรายงานในรูปหน่วยน้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(CO₂e) ต่อหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์

ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์ กำหนดไว้ดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์

หากมีข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในมาตรฐาน ISO 14025 ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ที่ www.emnvirondec.com และขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์ ตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO 14025 ไม่ขัดแย้งกับขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์ ตามที่กำหนดในมาตรฐาน PAS ให้กำหนดขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์

2. ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบองค์กรธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ

ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบองค์กรธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ ให้นำรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต้นน้ำไปถึงจุดที่นำผลิตภัณฑ์ส่งถึงอีกรองค์กรธุรกิจ แต่ไม่นับรวมกิจกรรมท้ายน้ำ

3. นัยสำคัญของสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ควรครอบคลุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีการปล่อยโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ไม่มีขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีการปล่อยโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้พิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีการปล่อยในขั้นตอนที่เหลือ

และหากมีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีการปล่อยโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้เพิ่มสัดส่วนเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

4. ขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์

กฎดังต่อไปนี้ ควรนำไปพิจารณาในการกำหนดขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์

- การผลิตวัตถุดิบ นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมการผลิต รวมทั้งการใช้พลังงานหรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง
- การใช้พลังงาน นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการผลิตพลังงาน
- การผลิตผลิตภัณฑ์ นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการการผลิตในทุกขั้นตอน รวมทั้งการใช้วัสดุสิ้นเปลือง อาคารเก็บสินค้า ระบบศูนย์กลาง ระบบควบคุมความเย็น สำนักงาน ร้านค้าปลีก
- การขนส่งทางบก น้ำ และอากาศ นับรวมในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องโดยตลอดวัฏจักรชีวิต
- การเก็บรักษาวัตถุดิบ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการใช้งาน การเก็บรักษา ก่อนที่จะนำไปใช้ซ้ำหรือหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่
- การใช้งาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้งาน นับรวมในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยพิจารณา Use profile จากข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ มาตรฐานสากลของการใช้งานผลิตภัณฑ์ มาตรฐานระดับประเทศของการใช้งานผลิตภัณฑ์ และมาตรฐานอุตสาหกรรมของการใช้งานผลิตภัณฑ์ นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานในแต่ละประเทศ
- การจัดการของเสีย การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการจัดการของเสีย ภายในระยะเวลา 100 ปี นับรวมในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

5. ในการกำหนดขอบเขตระบบผลิตภัณฑ์ ไม่นับรวม

- วัสดุประเภทต้นทุน
- การใช้พลังงานจากมนุษย์
- การเดินทางไปกลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก
- การเดินทางไปกลับของพนักงานไปยังโรงงาน
- การขนส่งโดยสัตว์

ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล กำหนดไว้ดังนี้

1. โดยทั่วไป

ข้อมูลที่ใช้ต้องสอดคล้องกับขอบเขตของระบบผลิตภัณฑ์

2. คุณภาพข้อมูล

กฎดังต่อไปนี้ ควรนำไปพิจารณาคุณภาพข้อมูล

- คุณภาพข้อมูล
- เวลา
- ภูมิศาสตร์
- เทคโนโลยี
- ความเที่ยง
- ความครบถ้วน

- ความเป็นตัวแทนของข้อมูล
- ความสม่ำเสมอ
- ความสามารถในการทำซ้ำ
- ความไม่แน่นอนของข้อมูล

3. ข้อมูลปฐมภูมิ

ข้อมูลตัวแทนของกระบวนการผลิตโดยตรงของบริษัทหรือข้อมูลที่บริษัทสามารถเข้าถึง
รวบรวมจากข้อมูลปฐมภูมิ

4. ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิ ควรใช้ในกรณีไม่มีข้อมูลปฐมภูมิ จากงานวิจัยที่มีการทบทวน หรือข้อมูล
จากแหล่งที่น่าเชื่อถือ เช่น หน่วยงานรัฐ หรือข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ

5. การเปลี่ยนแปลงในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงชั่วคราวในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์และเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานกว่า 3 เดือน และการวางแผนการ
เปลี่ยนแปลงที่ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์และเกิดขึ้นเป็นระยะ
เวลานานกว่า 3 เดือนต้องทำการประเมินใหม่

6. ความแตกต่างของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

หากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างกันตามเวลา และเนื่องจากวัฏจักรชีวิต
ของผลิตภัณฑ์ ควรมีการรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปสู่ค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดย
ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

7. การสุ่มตัวอย่าง

กรณีวัตถุดิบมาจากหลายแหล่ง ให้พิจารณาสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลตัวแทน

8. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์จากปศุสัตว์และดิน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์จากปศุสัตว์และดิน ให้ใช้ค่าสูงสุดที่รายงานโดย IPCC หรือค่าสูงสุดของประเทศนั้นๆ

9. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า ความร้อน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า ความร้อน พิจารณาจากปริมาณการใช้และค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เช่น kg CO₂e/kg เชื้อเพลิง)

10. ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถใช้ได้ 2 ปี

ส่วนรายละเอียดเชิงวิธีการ โดยเฉพาะประเด็นการปันส่วน กำหนดไว้ดังนี้

1. การปันส่วน

การปันส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม ให้พิจารณาการดำเนินการตามลำดับ คือ

- แบ่งหน่วยการผลิตออกเป็น 2 กระบวนการผลิตย่อยหรือมากกว่า แล้วรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละกระบวนการผลิตย่อย
- ขยายระบบผลิตภัณฑ์ให้รวมหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ร่วม กรณีที่ผลิตภัณฑ์หนึ่งถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ร่วม ให้พิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่หลีกเลี่ยงได้จากการนำผลิตภัณฑ์ร่วมไปแทนที่อีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง

- หากไม่ดำเนินการแบ่งหน่วยการผลิต หรือขยายระบบผลิตภัณฑ์ให้รวมหน้าที่การทำงาน
ของผลิตภัณฑ์ร่วมได้ ให้พิจารณาปันส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์
ร่วม โดยใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากของเสีย

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสีย นับรวมในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์
โดยนับรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากของเสียที่เป็นคาร์บอน แต่ไม่นับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
จากกระบวนการตามธรรมชาติ

3. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากพลังงาน

หากมีการนำเข้าพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Combined Heat
and Power) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรนำมาพิจารณาในการประเมิน
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย ในกรณีที่มีการใช้พลังงานบางส่วนจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน
ร่วมในกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งกระบวนการผลิต ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถหลีกเลี่ยง
ได้ควรนำมาพิจารณาปันส่วนให้กับพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ใช้ โดยปันส่วนตามสัดส่วนการ
ได้มาซึ่งพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์จากพลังงานไฟฟ้าและความร้อนคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การ
ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานแต่ละรูปแบบ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน
ร่วมแบบหม้อไอน้ำ (Boiler-based CHP) และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมเครื่อง
กังหันน้ำ (Turbine-based CHP)

4. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง หากระบบการขนส่งดำเนินการขนส่งมากกว่า
หนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยปันส่วนตามน้ำหนักหรือปริมาตร

5. การใช้วัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่

หากมีการใช้วัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่จากระบบผลิตภัณฑ์เดิมให้คำนวณปริมาณการ
ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ดังนี้

$$\text{Emission/unit} = (1-R1) \boxed{EV} + (R1 \boxed{ER}) + (1-R2) \boxed{ED}$$

โดยที่

R1 คือ สัดส่วนของวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่

R2 คือ สัดส่วนของวัสดุจากระบบผลิตภัณฑ์นำกลับมาใช้ใหม่หลังการใช้งาน

ER คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ต่อหน่วย

EV คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุใหม่ต่อหน่วย

ED คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสียต่อหน่วย

6. การนำวัสดุมาใช้ซ้ำ

หากมีการนำวัสดุมาใช้ซ้ำ ควรประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โดยตลอดชีวิต ตลอดจนกระบวนการผลิตซ้ำที่เกิดขึ้น แต่ไม่นับรวมขั้นตอนการใช้งานและพิจารณาจำนวนครั้งของการใช้ซ้ำ ดังนั้นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คิดรวมจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตามจำนวนครั้งของการใช้ ขั้นตอนการใช้งาน และกระบวนการผลิตซ้ำที่เกิดขึ้นตามจำนวนครั้งของการใช้ซ้ำ

สำหรับ รายละเอียดวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กำหนดขั้นตอนไว้ดังนี้

1. แปลงข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณข้อมูลกิจกรรมการผลิตกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. แปลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคูณกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งได้จากการเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก กับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐาน คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ล่าช้า (Delayed emissions)
3. รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหน่วยผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของหน่วยน้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e)

จากวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อ้างอิงตามรายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐาน PAS 2050 (BSI, 2008) ทำให้สามารถจำแนกแนวทางเชิงปฏิบัติในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยแบ่งเป็น ขั้นตอนพื้นฐาน 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์

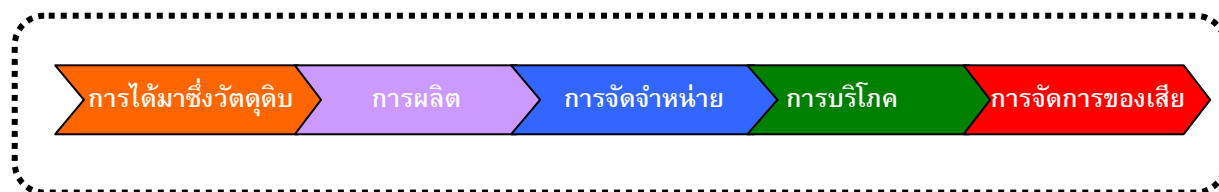
ขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ว่าต้องการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อการตัดสินใจจัดการภายในการหาทางลดการปล่อยหรือต้องการดำเนินการฉลากคาร์บอน ในกรณีหลัง ต้องการความละเอียดและถูกต้องของข้อมูลมากกว่า และต้องมีการตรวจสอบรับรองผลโดยหน่วยงานที่ 3 ก่อนที่จะใช้ข้อมูลในการติดฉลากคาร์บอน

ขั้นตอนที่ 2 คัดเลือกผลิตภัณฑ์

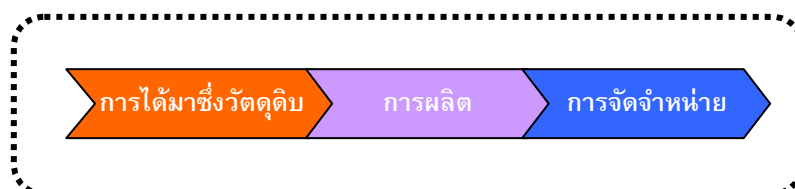
หลังจากกำหนดวัตถุประสงค์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยอาจพิจารณาคัดเลือกจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด คาดว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง น่าจะมีโอกาสในการปรับปรุงได้ง่าย หรือน่าจะมีโอกาสในการแข่งขันทางตลาดร่วมกับประเด็นในการพิจารณาอื่นๆ เช่น ความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ ปริมาณข้อมูลที่ต้องรวบรวมเพิ่มจากระบบการบันทึกข้อมูลที่มีอยู่เดิม งบประมาณและเวลาในการดำเนินการ ตลอดจนความร่วมมือจากผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) ในการสนับสนุนข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ต่อมาเป็นการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การประยุกต์ใช้ ผลการศึกษาและชนิดผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle-to-grave) เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่ส่งขายให้กับผู้บริโภคสุดท้าย เรียกว่า B2C (Business-to-Consumer) และ แบบที่ 2 เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต (Cradle-to-gate) เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่ส่งขายให้กับผู้ซื้อทางธุรกิจ เรียกว่า B2B (Business-to-Business) ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ มักเรียกว่า ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)



(1) ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ แบบ B2C



(2) ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ แบบ B2B

ภาพที่ 1-1 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต

ขั้นตอนนี้ เป็นการสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต (Flowchart of production processing) ตามขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยแผนผังฯ ควรแสดงรายละเอียดกิจกรรมการผลิตในทุกขั้นตอน ตามระบบผลิตภัณฑ์ที่กำหนดก่อนหน้านี้

ขั้นตอนที่ 5 ขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต

การดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ต้องการความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยเฉพาะผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) ซึ่งต้องอาศัยความสามารถของบริษัทผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการสร้างความเข้าใจกับผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต เพื่อขอความร่วมมือในการสนับสนุนข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยอาจสร้างแรงจูงใจในการจัดการอย่างมีส่วนร่วมในการหาทางจัดการเพื่อลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือเป็นการสร้างความสัมพันธ์ทางการค้าในระยะยาว

ขั้นตอนที่ 6 จำแนก รวบรวม และตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

จำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอม (Inventory data) ที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า (Inputs) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบและพลังงาน และ

ปริมาณสารขาออก (Outputs) หมายถึง ปริมาณผลิตภัณฑ์หลัก (Main product) ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate product) ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) หมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตของบริษัท โดยตรง หรือข้อมูลของบริษัท มีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล หรือได้รับความร่วมมือในการสนับสนุนข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยเฉพาะผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) โดยข้อมูลปฐมภูมิ มักรวบรวมจากการตรวจวัดโดยตรง (Direct measurement) จากระบบการบันทึกข้อมูลการผลิต (ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ รวมทั้งปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่ได้) ระบบบันทึกข้อมูลการจัดการสิ่งแวดล้อม (ได้แก่ ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในแต่ละกิจกรรมการผลิต) และข้อมูลการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ (ได้แก่ ชนิดยานพาหนะ ปริมาณการขนส่งต่อรอบระยะทางที่ขนส่ง) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) หมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตของบริษัท โดยอ้อม หรือข้อมูลของบริษัท ไม่มีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งอาจหมายถึง ข้อมูลที่มาจากฐานข้อมูลที่จำเพาะกับประเทศไทย (National LCI databases) เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น หรือฐานข้อมูลต่างประเทศ (International LCI databases) เช่น การผลิตวัตถุดิบ ประเภทพืช สัตว์ ปุ๋ยเคมี สารเคมี เม็ดพลาสติก เป็นต้น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจากฐานข้อมูลดังกล่าวฯ ให้ใช้ข้อมูลจากงานวิจัย หรือบทความวิชาการที่ผ่านการทบทวน (Peer-reviewed journals) หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับ

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อาศัยวิธีการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate Change Potential) อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ด้วยหลักการ LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ด้วยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยมลพิษ (Emission factor) ตามรายงานของ IPCC เพื่อแสดงผลในเชิงปริมาณ คือ เทียบเท่ากับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกิโลกรัม (kg CO₂ equivalent) โดยอาศัยข้อมูลค่าศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ เทียบกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตารางที่ 1-1)

สูตรการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ X ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

ตารางที่ 1-1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซเรือนกระจก (IPCC, 2007)

ก๊าซเรือนกระจก	ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในเวลา 100 ปี
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
HFCs	124 - 14,800
PFCs	7,390 - 12,200
SF ₆	22,800

ในการนี้ได้รับความร่วมมือจาก ภาคเอกชนที่สนใจดำเนินการร่วมในฐานะบริษัทโครงการ
สาธิต คือ บริษัท เพอร์ซิเดนทีไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) และบริษัท บางซื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด
โดยได้กำหนดให้มีการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง จำนวน 2 ชนิด ได้แก่
ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ และผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้นที่เป็นรูปธรรม และตัวชี้วัดความสำเร็จของ
โครงการ

(1) ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขั้นตอนของ การผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวสาร
และผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูป ที่สามารถใช้ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อย
ก๊าซเรือนกระจก

(2) ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวดิบ และผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เส้น
หมี่/เส้นก๋วยเตี๋ยว ที่สามารถนำไปเป็นข้อมูลตัดสินใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีฉลากคาร์บอน

(3) ผู้ประกอบการมีศักยภาพทางเทคนิคในการปรับตัว ต่อความต้องการของคู่ค้าในเรื่อง
สินค้าปล่อยคาร์บอนต่ำ และยังเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ในการบริการวิชาการเกี่ยวกับการ
วิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย ตลอดจนเป็นการจำแนก
ประเด็นปัญหาเชิงวิธีการในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่ประเทศไทยควรนำ พิจารณาแสดง
ข้อคิดเห็นในเวทีการประชุม ISO 14067

กระบวนการผลิตต้นผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์

- (1) การอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับหลักการและวิธีการวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวให้กับผู้ผลิตและผู้ที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิต
- (2) การจัดทำคู่มือ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ข้าว” เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการศึกษาวิธีการวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวให้กับผู้ผลิตและผู้ที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิตผลิตภัณฑ์ข้าว รวมทั้งผู้ที่สนใจอื่นๆ
- (3) การนำเสนอผลการดำเนินงานวิจัยกับผู้ที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิตในวงกว้าง รวมทั้งผู้ที่สนใจอื่นๆ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

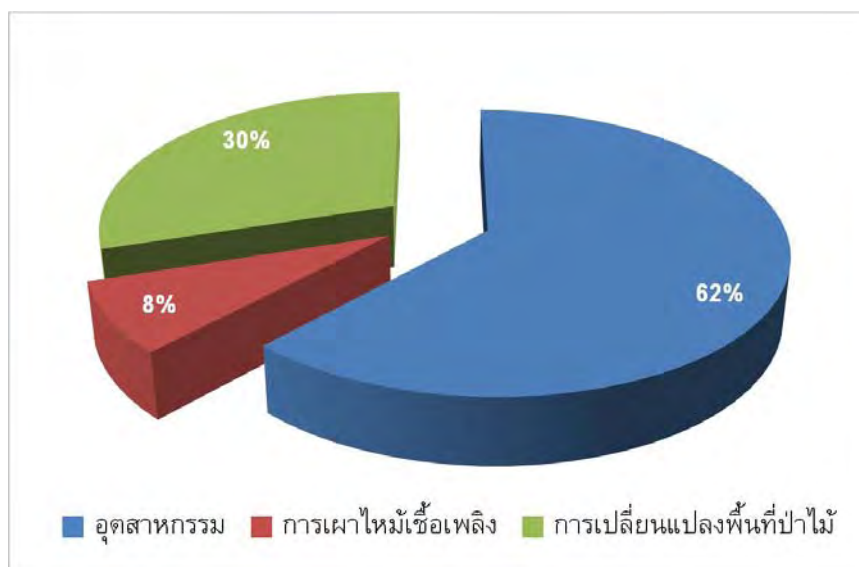
“ในปีพ.ศ. 2537 ประเทศไทยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของประเทศไทย เท่ากับ 202 ล้านตัน ภาคการผลิตพลังงาน เป็นสาขาที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 60 % ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสุทธิทั้งหมด ปล่อยก๊าซมีเทน คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้น 3.16 ล้านตัน โดยมีสาเหตุมาจากภาคเกษตร ประมาณ 91 % ซึ่งมาจากการปลูกข้าวนาปีประมาณ 74%”

1. สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

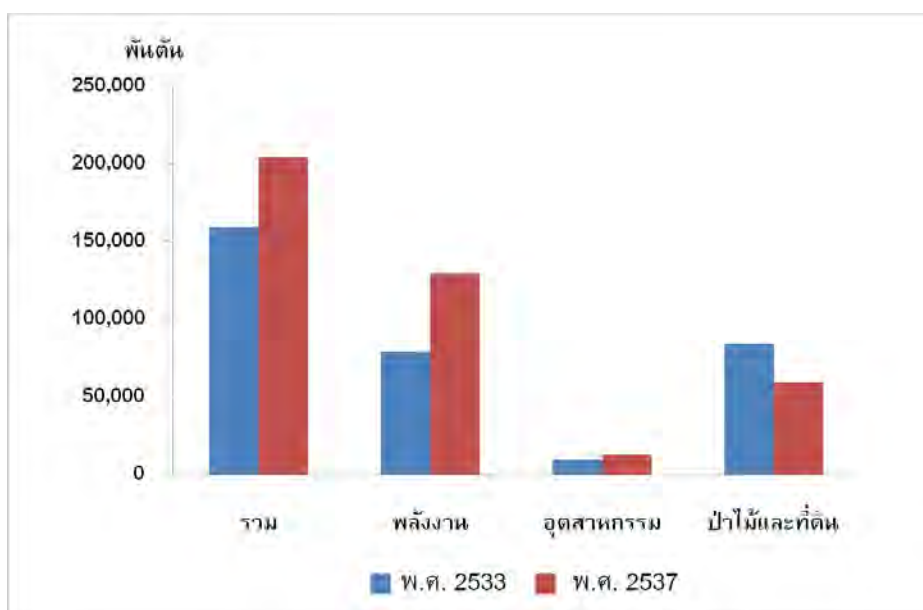
1.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.1.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ใช้วิธีการที่ กำหนดในคู่มือการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำโดย คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ฉบับ ปรับปรุงในปีพ.ศ. 2539 ผลการคำนวณสรุปได้ว่าในปีพ.ศ. 2537 ประเทศไทยปล่อย ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 241 ล้านตัน แต่เนื่องจากกิจกรรมปลูกป่าและการ เจริญเติบโตของต้นไม้ จากการฟื้นตัวของป่าธรรมชาติในพื้นที่ที่รกร้างว่างเปล่าช่วยดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ไว้ประมาณ 39 ล้านตัน ดังนั้น ปริมาณการปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ ของประเทศไทยเท่ากับ 202 ล้านตัน ภาคการผลิตพลังงาน เป็นสาขาที่ปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 60 % ของปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสุทธิทั้งหมดใน พ.ศ. 2537 (ภาพที่ 2-1) เมื่อเปรียบเทียบกับ พ.ศ. 2533 พบว่าการปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีปริมาณที่ลดลงในขณะที่การปล่อยก๊าซดังกล่าวในสาขา การผลิตพลังงานและอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 2-2)



ภาพที่ 2-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2537
(กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543)

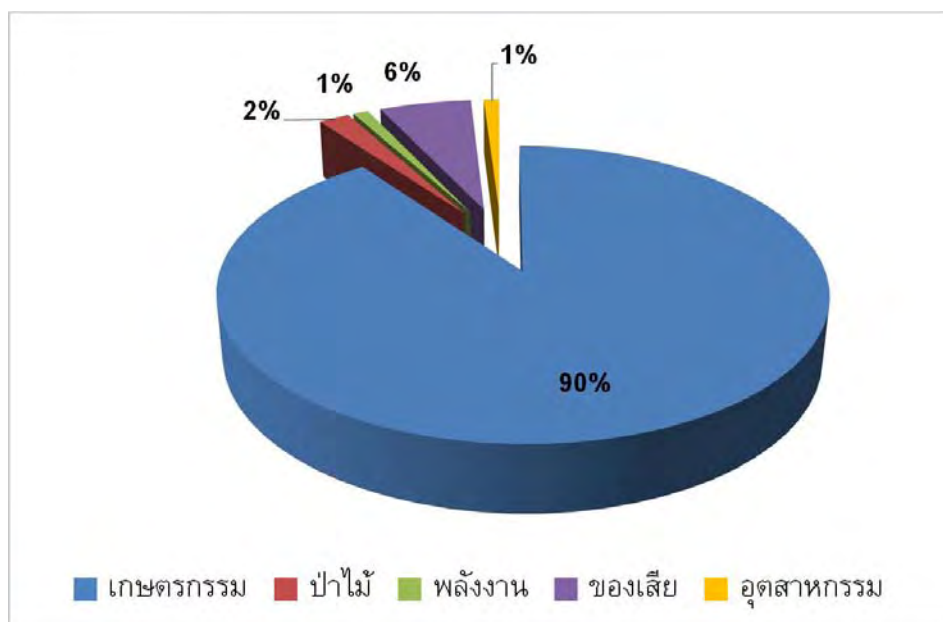


ภาพที่ 2-2 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2533 และ พ.ศ. 2537
(กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543)

1.1.2 ก๊าซมีเทน

ในปีพ.ศ. 2537 นั้น ประเทศไทยปล่อย ก๊าซมีเทน คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้น 3.16 ล้านตัน ประมาณ 91 % ของปริมาณที่ปล่อยนี้มาจากสาขาเกษตร ในจำนวนนี้ประมาณ 74 % เกิด

จากการปลูกข้าวนาปี และอีก 22 % มาจากปศุสัตว์ ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปล่อย
ก๊าซมีเทนประมาณ 60,000 ตัน ในขณะที่ การจัดการขยะมูลฝอย และการบำบัดน้ำเสียมีการปล่อย
ก๊าซมีเทนประมาณ 35,000 ตัน (ภาพที่ 2-3)



ภาพที่ 2-3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนตามแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2537
(กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543)

1.1.3 ก๊าซไนตรัสออกไซด์

ในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยได้ปล่อย ก๊าซไนตรัสออกไซด์ประมาณ 56,000 ตัน โดยเกือบทั้งหมดมาจากภาคเกษตร การใช้ที่ดินทางการเกษตรปล่อย ก๊าซไนตรัสออกไซด์ประมาณ 35,000 ตัน ในขณะที่มูลสัตว์จากภาคปศุสัตว์ปล่อย ก๊าซดังกล่าวประมาณ 19,000 ตัน นอกจากนี้ ยังมีแหล่งที่ปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในปริมาณไม่มากนัก เช่น สาขาการผลิตพลังงาน ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1.1.4 ก๊าซอื่นๆ

นอกจากก๊าซเรือนกระจกข้างต้นแล้ว ในพ.ศ. 2537 ประเทศไทยก็ยังได้ปล่อย ก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และ NMVOC เท่ากับ 287,000 ตัน 555,000 ตัน และ 2.5 ล้านตัน ตามลำดับ สาขาพลังงานเป็นแหล่งปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ที่สำคัญ (95% ของทั้งหมด) กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมเป็นแหล่งปล่อย ก๊าซ NMVOC เกือบ

ทั้งหมดของประเทศ ในขณะที่ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสาขาการเกษตร เป็นแหล่งที่ปล่อยคาร์บอนนอกไซดที่สำคัญ (คิดเป็นร้อยละ 52 และร้อยละ 45 ของทั้งหมดตามลำดับ)

เมื่อคิดศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) แล้วในปีพ.ศ. 2537 ประเทศไทยปล่อย ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ 3 ชนิด เทียบกับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 286 ล้านตัน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นประมาณ 71% ของจำนวนทั้งหมด ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์คิดเป็น 23% และ 6% ตามลำดับ (ตารางที่ 2-1) อย่างไรก็ตามปริมาณการปล่อยก๊าซดังกล่าวของประเทศไทย เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของโลกแล้วเป็นจำนวนที่เล็กน้อยมาก

ตารางที่ 2-1 ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทย พ.ศ. 2537 (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543)

ชนิดก๊าซ	ปริมาณการปล่อย (พันตัน)	GWP* (เท่า)	พัตตันของ คาร์บอนไดออกไซด์	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์	202,458.05	1	202,458	70.77
มีเทน	3,157.57	21	66,308	23.18
ไนตรัสออกไซด์	55.86	310	17,317	6.05
รวม			286,083	100

หมายเหตุ *GWP = Global Warming Potential

1.2 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกใน พ.ศ. 2541 และการคาดการณ์

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยที่ปล่อยออกมาในปีพ.ศ. 2541 และคาดการณ์ปริมาณที่ปล่อยออกมาในช่วงปีพ.ศ. 2543 ถึง 2563 ใช้วิธีการที่กำหนดในคู่มือการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำโดย คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยแยกตามสาขาและประเภทของก๊าซในปีพ.ศ. 2541 แสดงได้ดังตารางที่ 2 -2 และตารางที่ 2-3 และการประมาณปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยช่วงปีพ.ศ. 2541-2563 ภายใต้กรณีที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศขยายตัวปานกลาง (Probable Case) ซึ่งคาดว่าอัตราการขยายตัวของประเทศจะอยู่ในราวร้อยละ 4-5 ต่อปี ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปีพ.ศ. 2541 จำแนกตามสาขา(กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม2543)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณการปล่อย (พันตัน)							
	CO ₂ Emission	CO ₂ Removal	CH ₄	N ₂ O	HFCs	NO _x	CO	NM VOC
ปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด	234,959	-30,667	3,787	44	0.10	275	757	184
1. สาขาพลังงาน (Energy)	143, 817	-	375	1	-	251	30	1
A. Fuel Combustion	143,817	-	1	1	-	251	30	1
B. Fugitive Emission	-	-	374	-	-	-	-	-
2. สาขากระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Process)	10,592	-	1	-	0.10	1	-	183
3. สาขาสารทำละลายและผลิตภัณฑ์ ต่างๆ (Solvent and Other Product Use)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4. สาขาเกษตรกรรม (Agriculture)	-	-	2,703	40	-	14	431	-
5. สาขาป่าไม้ และที่ดิน (Land Use Change and Forestry)	80,550	-30,667	34	-	-	8	296	-
6. สาขาของเสีย (Wastes)	-	-	674	3	-	-	-	-

ตารางที่ 2-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปีพ.ศ. 2541 แยกตามชนิดของก๊าซ(กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม2543)

ก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อย (พันตัน)	GWP	พันตันของ คาร์บอนไดออกไซด์	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	204,292	1	204,292	68
มีเทน (CH ₄)	3,787	21	79,537	27
ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)	44	310	13,646	5
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs(R-134a))	0.10	1,300	136	0.05
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x)	275	N/A	N/A	N/A
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	757	N/A	N/A	N/A
ก๊าซ NM VOC	184	N/A	N/A	N/A
รวม			297,611	100

หมายเหตุ: ตัวเลขรวมอาจจะคลาดเคลื่อนเนื่องจากการปัดเศษ

ตารางที่ 2-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปีพ.ศ. 254 6 จำแนกตามสาขา (บริษัท อีอาร์
เอ็ม-สยาม จำกัด, 2548)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณการปล่อยก๊าซ (พันตัน)	เปอร์เซ็นต์
สาขาพลังงาน (Energy)	193,204	56
สาขากระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Process)	18,740	5.4
สาขาเกษตรกรรม (Agriculture)	82,790	24
สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ (Land Use change & forestry)	22,610	6.6
ของเสีย (Wastes)	26,870	8
ปริมาณการปล่อยทั้งประเทศ	344,210	100

ตารางที่ 2-5 คำนวณการประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2541 2543 2548 2553

2558 และปี พ.ศ. 2563 กรณีที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศขยายตัวในอัตราปานกลาง
(Probable case) (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543)

ก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พันตันของคาร์บอนไดออกไซด์)				อัตราการขยายตัวต่อปี (เปอร์เซ็นต์)		
	2541 (1998)	2543 (2000)	2553 (2010)	2563 (2020)	2543-2553	2553-2563	2543-2563
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	204,292	202,610	268,722	414,938	2.86	4.44	3.65
มีเทน (CH ₄)	79,537	79,070	88,726	100,584	1.16	1.26	1.2
ก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พันตันของคาร์บอนไดออกไซด์)				อัตราการขยายตัวต่อปี (เปอร์เซ็นต์)		
	2541 (1998)	2543 (2000)	2553 (2010)	2563 (2020)	2543-2553	2553-2563	2543-2563
ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)	13,646	15,063	17,771	18,507	1.67	0.41	1.04
ไฮโดรฟลูออโร คาร์บอน (HFCs)	136	241	443	668	6.28	4.21	5.24
รวม	297,611	296,984	375,661	534,697	2.38	3.59	2.98

จากผลการประมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกข้างต้นนี้ พบว่า

- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรณี ช่วงปีพ.ศ. 2543-2563 โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีพ.ศ. 2543 มีปริมาณ 297 ล้านตันของคาร์บอนไดออกไซด์ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 535 ล้านตัน ในปีพ.ศ. 2563 ซึ่งมีอัตราการเพิ่มเฉลี่ย 2.9% ต่อปี
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2553-2563 มีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.6% ต่อปี ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกในช่วงปีพ.ศ. 2543-2553 ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียง 2.4% ต่อปี
- ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา มี ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 70 % นอกจากนี้แล้วจะเป็น ก๊าซมีเทนประมาณ 25 % และส่วนที่เหลืออีก 5 % เป็น ก๊าซไนตรัสออกไซด์รวมกับก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยในปีพ.ศ. 2543 ประมาณ 203 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 269 และ 415 ล้านตันในปี พ.ศ. 2563 ตามลำดับ
- สำหรับก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาในปีพ.ศ. 2543 ประมาณ 79 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มขึ้นเป็น 100 ล้านตันในปีพ.ศ. 2563 ตามลำดับ ด้วยอัตราการเพิ่มขึ้น 12.2%

โดยสาขาพลังงานยังคงเป็นสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับหนึ่ง โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 148 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ในปีพ.ศ. 2543 และเพิ่มขึ้นเป็น 361 ล้านตันในปีพ.ศ. 2563

1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคเกษตรกรรม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคเกษตรกรรมมาจากก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์เป็นหลัก คิดเป็นประมาณ 60 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาคเกษตรกรรม โดยการปลูกข้าวมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็น 17% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาคเกษตรกรรม (ตารางที่ 2-6) ซึ่งการปลูกข้าวมีการปล่อยก๊าซมีเทนเป็นหลัก โดยในปี พ.ศ. 2537 มีการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวประมาณ 2,110 Gg (ตารางที่ 2-7) ซึ่งมาจากการปลูกข้าว นาปีประมาณ 86% ของการปล่อยทั้งหมดในนาข้าว ส่วนที่เหลือมาจากการปลูกข้าวนาปรัง

ตารางที่ 2-6 ปริมาณพื้นฐานการปล่อยก๊าซ และความร้อนที่มีผลจากก๊าซเรือนกระจก ในภาคการเกษตร ปี 2533
(Gg = พันตัน) (Review of National Communication : A Case of Thailand's Climate Change)

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก/แหล่งที่มา	ค่าการปล่อย		GWP*	ค่าการปล่อย (CO ₂ equivalent)	
	พันตัน	%		พันตัน	%
ก๊าซมีเทน (CH ₄) ที่ปล่อยทั้งหมด ภาคการเกษตร	2890.9	100.0	21	70,826.6	28.2
• การปลูกข้าว	1,786.1	61.8		43,758.4	17.4
• การหมักที่เกิดขึ้นในระบบ การย่อยอาหารของสัตว์	530.1	18.3		12,988.3	5.2
• การจัดการมูลสัตว์	162.8	5.6		3,988.1	1.6
• การเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก การเพาะปลูกทางการเกษตร	19.5	0.7		476.6	0.2
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยทั้งหมด ภาคการเกษตร	31.2	100.0	310	9,990.7	4.0
• ดินที่ใช้ทำการเกษตร					
• การเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก การเพาะปลูกทางการเกษตร	29.7	95.0		9,495.6	3.8
	0.5	1.7		167.4	0.1

* หมายเหตุ GWP = global warming potential

ตารางที่ 2-7 การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2537 (Source: Center for Applied Economic Research, 2000a)

ประเภท			การปลดปล่อยก๊าซ มีเทนต่อฤดูกาล (กรัมมีเทนต่อ ตารางเมตร)	พื้นที่เพาะปลูก (เฮกแตร์)	การปลดปล่อย ก๊าซมีเทน (จิกะกรัม)
ข้าวนาปี					
ข้าวไร่	นาข้าวนาปี	-	0.00	34,048	0.00
	นาชลประทาน	มีน้ำขัง+ใสอินทรีย์วัตถุ	44.04	1,121,492	493.90
		มีน้ำขัง	18.72	1,121,492	209.94
ข้าวนาสวน	นาข้าวนาปี	มีแนวโน้วจะมีน้ำขัง+ใสอินทรีย์วัตถุ	14.98	1,100,926	164.87
		มีแนวโน้วจะมีน้ำขัง	35.23	1,100,926	387.88
		มีแนวโน้วจะมีน้ำขัง+ใสอินทรีย์วัตถุ	17.62	2,184,333	384.79
		มีแนวโน้วจะมีน้ำขัง	7.49	2,184,333	163.56
	นาข้าวนาปี	น้ำลึกมากกว่า 100 ซม.	15.31	39,478	6.04
รวม				8,887,028	1,810.98
ข้าวนาปรัง	นาชลประทาน	มีน้ำขัง	44.04	680,123	299.53
รวมทั้งหมด				9,567,151	2,110.51

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าว

หากพิจารณาโดยตลอดวัฏจักรชีวิต หรือ ตั้งแต่ “เกิดจนกระทั่งตาย” ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กิจกรรมการปลูกข้าว การสีข้าว การแปรรูปข้าว การบรรจุ การจัดจำหน่าย การบริโภค และการจัดการของเสียหลังจากการบริโภค ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกๆ ขั้นตอน จะเห็นได้ว่าในทุกๆ กิจกรรม ล้วนแต่มีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น

2.1 การปลูกข้าว

กิจกรรมการปลูกข้าว นับรวมตั้งแต่ การซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก การเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโดยการไถกลบ การปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยในแปลงนาหลังจากออกเมล็ดและหลังข้าวออกรวง การเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวข้าว และการจัดการฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว โดยเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จะถูกขนส่งไปยังโรงสีข้าวเพื่อเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ข้าว และจะขนส่งข้าวที่ได้ไปยังโรงงานแปรรูปต่อไป โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์นั้น มีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการปลูกข้าว

การทำนาในประเทศไทย สามารถแบ่งระบบการปลูกข้าวหรือทำนา ออกเป็น 2 แบบ
ใหญ่ๆ คือ การทำนาดำ และการนาหว่าน

2.1.1 การทำนาดำ

การทำนาดำ (Transplanting) หมายถึง การทำนาที่ต้องมีการตกกล้าเตรียมไว้
ก่อน และเมื่อกล้ามีอายุพอเหมาะจึงทำการถอนกล้าไปปักดำในนาที่เตรียมดินไว้แล้ว และมีการขัง
น้ำอยู่ในนาตลอดฤดูปลูก



ภาพที่ 2-4 การทำนาดำ

2.1.2 การทำนาแบบที่ปลูกเมล็ดลงไปโดยตรง

การทำนาแบบที่ปลูกเมล็ดลงไปโดยตรง (Direct seeding) เป็นการปลูกข้าวโดย
ไม่มีการตกกล้า อาจจะปลูกหรือหว่านเมล็ดข้าวลงไปโดยตรง หรือนำเมล็ดข้าวมาเพราะไถ่อก
เล็กน้อย แล้วหว่านลงในนาที่เตรียมดินไว้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ นาหว่าน (Broadcasting)
และนาหยอด (Drilling)



ภาพที่ 2-5 การทำนาแบบที่ปลูกเมล็ดลงไปโดยตรง

2.2 การจัดการนาข้าว

2.2.1 การใส่ปุ๋ยนาข้าว

สภาพพื้นที่นาของประเทศไทยเราส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาที่มีการปลูกข้าวมาแล้วเป็นเวลานานปี ทำให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินลดลงตามลำดับ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยแก่ข้าวจึงสามารถเพิ่มผลผลิตโดยเฉพาะข้าวพันธุ์ปรับปรุงต่าง ๆ ในการใส่ปุ๋ยแก่ข้าวนั้นฝ่ายส่งเสริมการเกษตรของบริษัทปุ๋ยแห่งชาติได้ให้หลักสำคัญที่ต้องพิจารณาดังนี้

- **เลือกใช้ปุ๋ยให้ตรงตามลักษณะดิน** ลักษณะของดินที่ปลูกข้าวในนาในบ้านเรามีความแตกต่างกันไป ดังนั้นในการใช้ปุ๋ยกับข้าวจึงต้องพิจารณาถึงลักษณะของดินที่ปลูก โดยเฉพาะความแตกต่างกันในเรื่องการใส่ปุ๋ยโปแตสเซียม สำหรับพื้นที่นาที่เป็นดินเหนียวถึงดินร่วนปนดินเหนียวมักจะมีอินทรีย์วัตถุและธาตุฟอสฟอรัสระดับต่ำ แต่มีโปแตสเซียมในระดับสูง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก็เพียงพอแล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโปแตสเซียม ส่วนพื้นที่นาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคเหนือและบางส่วนของภาคใต้ ดินลักษณะดังกล่าวนี้มักจะมีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในระดับต่ำ การใส่ปุ๋ยจำเป็นต้องใช้ทั้งปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมทั้ง 3 ตัว

- **เลือกใช้ปุ๋ยให้ตรงตามลักษณะพันธุ์ข้าวที่ปลูก** ลักษณะของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการใส่ปุ๋ย สำหรับพันธุ์ข้าวไวแสงที่ปลูกกันอยู่ในฤดูนาปี เป็นพันธุ์ที่ให้ผลตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยได้น้อย โดยเฉพาะเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากเกินไป บางครั้งทำให้ไม่ออกดอกออกรวงซึ่งเรียกว่า “อาการเผื่อใบ” ผลผลิตของข้าวพันธุ์ไวแสงอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง คือ ระหว่าง 300-600 กิโลกรัมต่อไร่ (30-60 ถัง) ส่วนพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสงนั้นส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ได้รับการผสมและปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจน ผลผลิตโดยทั่วๆ ไปอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือระหว่าง 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ (50-70 ถัง) ข้าวไม่ไวแสงบางพันธุ์เมื่อมีการดูแลรักษาอย่างถูกต้องและได้รับปุ๋ยอย่างเพียงพอจะให้ผลผลิตมากกว่า 100 ถังของข้าวเปลือกต่อไร่

- **ชนิดของปุ๋ย** ชนิดของปุ๋ยที่ใช้กับข้าวอาจเป็นปุ๋ยเดี่ยว เช่น ปุ๋ยยูเรีย (แหล่งของธาตุไนโตรเจน) ปุ๋ยดับเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต หรือทริปเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (แหล่งของธาตุฟอสฟอรัส) และปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์ หรืออาจใช้ปุ๋ยที่ผสมสำเร็จแล้ว เช่น ปุ๋ยสูตร 16-20-0 18-22-0 หรือ 16-16-8 เป็นต้น ข้อสำคัญคือต้องให้มีธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่ถูกต้องตามที่แนะนำให้ใช้ สำหรับรูปของธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยใช้ได้ทุกรูป ยกเว้นธาตุไนโตรเจนจะต้องไม่อยู่ใน

รูปของไนเตรท (NO_3^-) เพราะไนเตรทเมื่ออยู่ในสภาพน้ำขังจะถูกลดออกซิเจน (reduction) เปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) หรือเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งจะระเหยไปในอากาศ ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน ไนโตรเจนที่แนะนำให้ใช้กับข้าวในสภาพน้ำขังต้องอยู่ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) หรือยูเรีย

- **อัตราธาตุอาหารที่ข้าวต้องการ** ประเภทของดินและชนิดของพันธุ์ข้าวมีความสำคัญต่ออัตราปุ๋ยที่ใช้ในที่ที่เป็นดินเหนียวความต้องการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมมีน้อย และข้าวพวกไม่ไวแสงมีความต้องการใช้ปุ๋ยโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าข้าวพันธุ์ไวแสง สำหรับอัตราธาตุอาหารที่แนะนำให้ใช้กับข้าวพันธุ์ต่างๆ ตามลักษณะของดินและฤดูปลูกได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-8

- **วิธีการใส่ปุ๋ยนาข้าว** ในการใส่ปุ๋ยให้กับข้าวโดยเฉพาะปุ๋ยให้ธาตุไนโตรเจน ควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง เพื่อลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนโดยครั้งแรกให้ใส่ไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง กับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมทั้งหมด และครั้งที่ 2 ให้ใส่ไนโตรเจนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้ถ้าจำเป็นต้องปักดำข้าวล่าช้ากว่าปกติ เช่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือถ้าปักดำหลังเดือนสิงหาคมนั้น ควรรวมปุ๋ยที่ต้องใช้ใส่ครั้งแรกทั้งหมด วิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละครั้งควรปฏิบัติดังนี้

ตารางที่ 2-8 อัตราการใช้ธาตุอาหารที่แนะนำให้ใช้กับข้าวพันธุ์ต่างๆ ตามลักษณะดินและฤดูปลูก (บริษัทปุ๋ยแห่งชาติ, 2528)

ฤดูปลูก/ลักษณะดิน/พันธุ์ข้าว	ธาตุอาหารที่ใช้ (กก./ไร่)		
	ไนโตรเจน (N)	ฟอสเฟต (P_2O_5)	โปแตสเซียม (K_2O)
ข้าวนาปี			
ดินเหนียว-ไวแสง	8	6	0
ดินเหนียว-ไม่ไวแสง	12	6	0
ดินร่วนปนทราย-ไวแสง	8	6	3
ดินร่วนปนทราย-ไม่ไวแสง	12	6	3
ข้าวนาปรัง			
ดินเหนียว-ไม่ไวแสง	12-16	6-8	0-3
ดินร่วนปนทราย-ไม่ไวแสง	12-16	6-8	3-4

- **การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1** เรียกว่า ปุ๋ยรองพื้น (basal application) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณครึ่งหนึ่งและฟอสฟอรัสกับโปแตสเซียมทั้งหมดตามอัตราที่แนะนำ หรือปุ๋ยสูตรตามที่

แนะนำ โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคราดกลบปุ๋ยก่อนปักดำ 1 วัน หรือหลังปักดำได้ 10-15 วัน และถ้าเป็นข้าวนาหว่านให้หว่านปุ๋ยหลังข้าวงอกได้ 20-25 วัน

- การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เรียกว่า ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า (side dressing application) โดยใส่ปุ๋ยในโตรเจนอีกครั้งหนึ่งที่เหลือหรือปุ๋ยยูเรียตามที่แนะนำ โดยวิธีหว่านทั่วแปลงในระยะที่ข้าวเริ่มตั้งท้อง (booting stage) ซึ่งอยู่ราวๆ 30 วันก่อนออกรวง หรือ 45-50 วันหลังปักดำขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและระยะเวลาปักดำ

2.2.2 การจัดการฟางข้าว

ชาวนานิยมนำฟางข้าวออกจากนาหลังจากเก็บเกี่ยว เพื่อใช้เป็นอาหารโคและกระบือ วัสดุเพาะเห็ดฟาง และวัสดุคลุมแปลงผัก ส่วนที่เหลือในนามักเผา การนำฟางข้าวออกไปใช้ประโยชน์ข้างต้นหากมิได้นำกลับคืนสู่นาในรูปปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ก็ถือว่ามี การสูญเสียอินทรีย์สาร และธาตุอาหารบางส่วนอย่างถาวร ส่วนการเผาฟางข้าวทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและเสียสมดุลธรรมชาติของอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช การลดการเผาทอซังและฟางข้าวโดยไถกลบลงไป ในดินจะทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และลดการสูญเสียธาตุอาหารเหล่านั้นเนื่องจากการชะล้าง (นพรัตน์และวิทยา, 2533) การไถกลบฟางข้าวทำให้อินทรีย์คาร์บอน แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก แลกเปลี่ยนในดินได้มากขึ้น ความอุดมสมบูรณ์ของดินนาจึงสูงกว่าเดิม ดังนั้นการจัดการฟางข้าวใน ไร่อย่างถูกต้องและต่อเนื่องมีแนวโน้มจะช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในปีต่อๆ ไปโดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นการจัดการฟางข้าวที่เหมาะสมร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดต้นทุนการ ผลิต เพิ่มคุณภาพของผลผลิตข้าว และรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้ยาวนาน

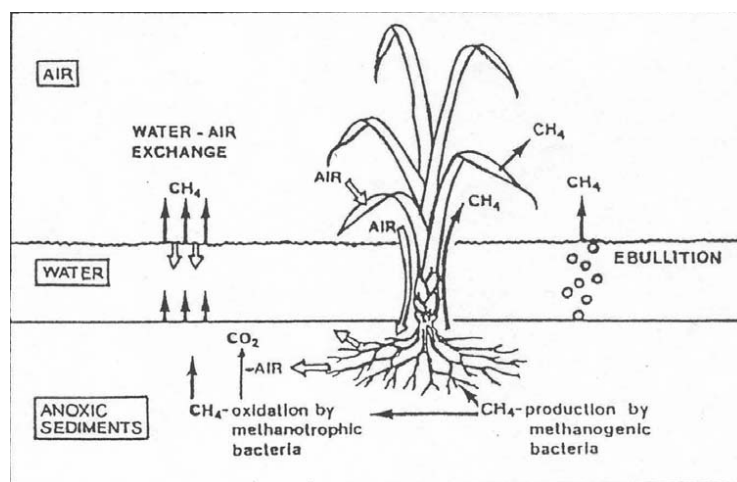
2.2 การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

ก๊าซมีเทน เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินนา เมื่อมีการทำนาสภาพน้ำขัง ในนาทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ สารอินทรีย์ได้จากซากพืชทับถมในดิน การใส่ปุ๋ย กิจกรรม แลกเปลี่ยนแร่ธาตุระหว่างพืชกับดิน ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะแทรกตัวไปตามลำต้น และใบของต้นข้าว เพื่อออกสู่บรรยากาศ โดยการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวเกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุที่มี อยู่ในดินรวมทั้งฟางข้าว ซากพืชชนิดต่างๆ ที่เจริญเติบโตในนาข้าวรวมถึงปุ๋ยอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ ในสภาพที่มีน้ำขัง กลไกการสังเคราะห์ก๊าซมีเทน โดยเมทาโนจิคนิคแบคทีเรียเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจนในดินนาที่มีสภาพน้ำขัง ก๊าซมีเทนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในดินนั้นเคลื่อนออกสู่บรรยากาศได้ 3 ทาง คือ

ทางที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านทางต้นข้าว โดยเริ่มจากรากไปตามช่องอากาศภายในของกาบใบ และใบ (Plant mediate passive transported) แล้วจึงออกสู่บรรยากาศ โดยปริมาณก๊าซมีเทนที่ผ่าน ทางต้นข้าวนี้คิดเป็น 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั้งหมด

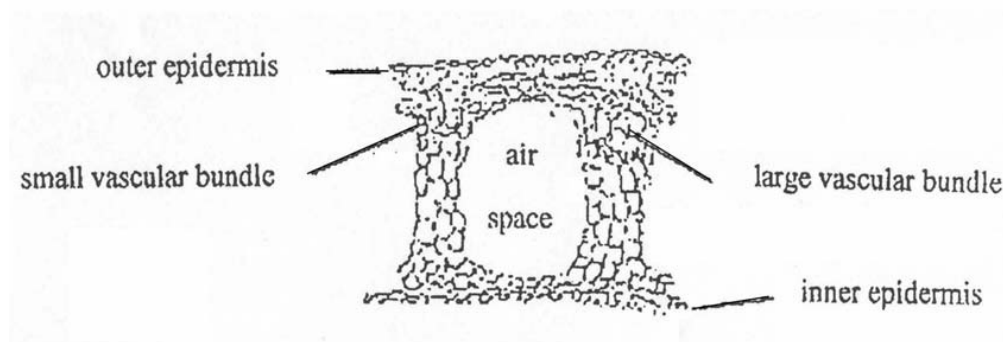
ทางที่ 2 เคลื่อนที่ผ่านผิวน้ำโดยกระบวนการแพร่ (Diffusion) คิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั้งหมด

ทางที่ 3 เคลื่อนที่ออกไปในรูปของฟองอากาศลอยสู่ผิวน้ำ (Ebullition) คิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั้งหมด



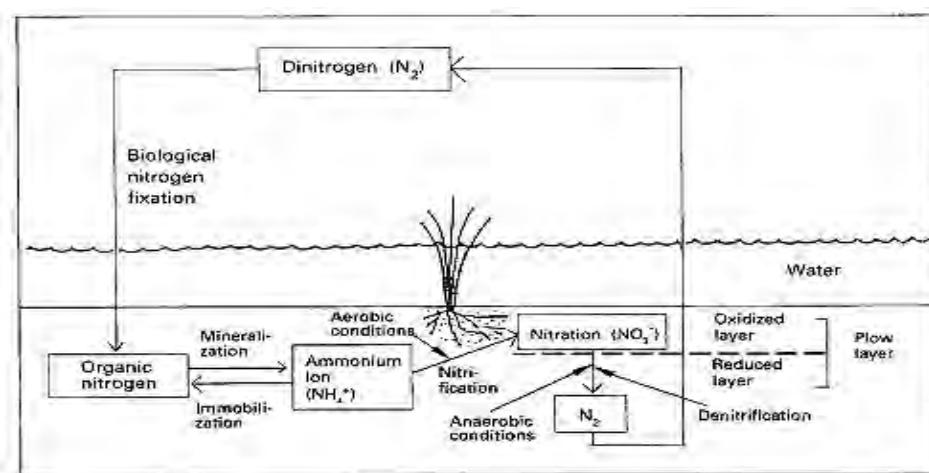
ภาพที่ 2-6 กระบวนการการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ (Braatz and Hogan, 1991)

การเคลื่อนที่ของก๊าซมีเทนผ่านระบบลำเลียงของต้นข้าวจากรากผ่านช่องอากาศ (Air space) ภายในรากและกาบใบเพื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ มีความสัมพันธ์กับการปล่อยก๊าซมีเทน โดยขนาดและปริมาณของช่องอากาศในรากและกาบใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุต้นข้าว หาก ปริมาณของช่องอากาศใหญ่ขึ้นความสามารถในการส่งผ่านก๊าซมีเทนก็จะมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 2-7 ช่องอากาศภายในกาบใบเมื่อข้าวมีอายุประมาณ 60 วัน ขึ้นไป (วิไล, 2537)

กระบวนการเกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว เกิดขึ้นจากกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการด้วยกัน คือ กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจนซึ่งเป็นบริเวณดินนาชั้นบนบางๆ โดยแบคทีเรียพวก Nitrifying bacteria กระบวนการนี้ประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์ โดยแบคทีเรียพวก *Nitromonas* และ *Nitrococcus* จากนั้นไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจะถูกออกซิไดซ์อีกครั้งเป็นไนเตรท โดยแบคทีเรียพวก *Nitrobacter* ถ้าสภาพของดินเหมาะสม ไนไตรท์ที่เกิดขึ้นในขั้นแรกจะไม่สะสมอยู่ในดินนานเมื่อเกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรททันที ส่วนกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน คือ ดินนาบริเวณชั้นล่าง ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันจะไม่พบออกซิเจนและไนเตรท แต่จะพบแอมโมเนียม ก๊าซไนโตรเจน หรือก๊าซไนตรัสออกไซด์แทน



ภาพที่ 2-8 กระบวนการการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าวสู่บรรยากาศ (www.agnet.org)

การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากดินนานั้นขึ้นกับสภาพดิน ได้แก่ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรท ปริมาณน้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง และชนิดของดิน เป็นต้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ โดยมีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากดิน (Mosier and Kroeze, 2000) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มแหล่งไนโตรเจน หรือเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมให้กับดิน ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันนั้นมีมากขึ้นโดยตรง (Granli and Bockman, 1994; Smith, et al., 1997) และได้มีการคาดการณ์ว่าในอนาคตอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการที่จะเพิ่มผลผลิต เพื่อให้รองรับกับความต้องการของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น (Minami, 1997) ซึ่งอาจทำให้การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์อันเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ปริมาณความชื้นในดินนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ และมีอิทธิพลต่อการ

ปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Hatano, *et al.*, 1995; Dobbie *et al.*, 1999; Akiyama *et al.*, 2000)] ซึ่งปริมาณความชื้นในดินขึ้นกับลักษณะเนื้อดิน ปริมาณน้ำฝน อัตราการกลายเป็นไอและการซึมลงดินโดยทั่วไปดินนาที่มีสภาพน้ำท่วมขังนั้น มีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์น้อย (Granli and Bockman, 1994) แต่เมื่อมีการระบายน้ำออกจากนาปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้น

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวเกิดขึ้นจากการสร้างก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์ในดินและส่งผ่านลำต้นของต้นข้าวขึ้นสู่บรรยากาศ การปล่อยจึงเกิดได้ตลอดช่วงเวลาการเพาะปลูก แต่จะปล่อยมากในช่วงหลังการใส่ปุ๋ยและช่วงออกรวง สาเหตุของการปล่อยมากในช่วงการใส่ปุ๋ยขึ้นอยู่กับการตอบสนองของจุลินทรีย์และปริมาณปุ๋ยที่ใส่ ส่วนสาเหตุของการปล่อยมากในช่วงออกรวงเนื่องจากการปล่อยสาร root exudates ออกจากรากพืชซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ทำให้มีการสร้างก๊าซมีเทนมากขึ้น นอกจากนี้การเกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์จะเกิดมากในช่วงการปล่อยน้ำออกจากนาข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว

สำหรับการศึกษาการปล่อยมีเทนจากนาข้าวก่อนหน้านี้ พบว่ามีการรายงานดังนี้

- Chareonsilp (2000) ศึกษาการปล่อยมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดปราจีนบุรี เปรียบเทียบระหว่างนาหาลึกและนาชลประทานโดยมีการเผาฟางในนาข้าว พบว่าการปล่อยมีเทนจากนาหาลึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $46 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ และมีค่าการปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 98 kg/ha/yr ซึ่งมีการปล่อยมีเทนรวมมากกว่า เมื่อเทียบกับการปล่อยมีเทนจากนาชลประทานที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $79 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ และมีค่าการปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 74 kg/ha/yr

- อภิญา (2542) ศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว โดยแบ่งการศึกษาเป็น 4 แบบ คือ 1) ให้น้ำทุก 7 วัน ที่ระดับ 5 เซนติเมตร 2) การให้น้ำทุก 7 วัน ที่ระดับ 2.5 เซนติเมตร 3) น้ำไม่ขังบนผิวดิน 4) ระดับน้ำคงที่ประมาณ 5 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า การกำหนดให้ระดับน้ำคงที่ประมาณ 5 เซนติเมตร มีการปล่อยก๊าซมีเทนที่สูงที่สุด รองลงมา คือ การให้น้ำทุก 7 วัน ที่ระดับ 5 เซนติเมตร การให้น้ำทุก 7 วัน ที่ระดับ 2.5 เซนติเมตร และน้ำไม่ขังบนผิวดิน ตามลำดับ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.109 0.099 0.093 และ 0.087 $\text{g CH}_4/\text{m}^2/\text{d}$ ตามลำดับ

- Towprayoon *et al.* (2536) ศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดนครปฐม พบว่าการปล่อย ก๊าซมีเทนจากนาข้าวเกิดขึ้นหลังจากปลูกข้าวได้ 2 สัปดาห์ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าสูงที่สุดในระยะข้าวแตกกอและสีบนพื้นที่ และมีค่าลดลงในระยะที่ข้าวสร้างข้อ

ดอก การศึกษาปริมาณการปล่อย ก๊าซมีเทนจากนาข้าวในฤดูนาปี พบว่ามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ $28.8 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ เมื่อข้าวมีอายุ 70 วันโดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ $9.37 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะข้าวแตกกอ (อายุข้าว 28-56 วัน) ระยะสีบนพันธุ์ (อายุข้าว 57-84 วัน) และระยะข้าวสร้างช่อดอก (อายุข้าว 85-112 วัน) มีค่าเท่ากับ 6.76 21.08 และ $9.11 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณการปล่อย ก๊าซมีเทนในระยะข้าวแตกกอ (อายุข้าว 28-56 วัน) ระยะสีบนพันธุ์ (อายุข้าว 57-84 วัน) และระยะข้าวสร้างช่อดอก (อายุข้าว 85-112 วัน) มีค่าเท่ากับ 7.11 21.41 และ $9.3 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ตามลำดับ

- ปิยบุตร (2536) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซมีเทน 3 ปัจจัย ได้แก่ ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช และระดับน้ำ โดยการสำรวจศักยภาพการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในอำเภอสามพราณ จังหวัดนครปฐม ที่มีดินปนุชดดินนครปฐม ในกลุ่ม Clay Tropaqualfa ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ที่มีอายุข้าว 120 วัน และเก็บตัวอย่างโดยใช้ Static Box Technique ทุกๆ 2 สัปดาห์ตลอดฤดูการปลูกข้าว วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง GC แล้วประเมินค่าอัตราการปล่อย จากการสำรวจทั้งสองครั้งพบว่ามีค่าสูงที่สุดในแต่ละครั้งเท่ากับ 28.77 และ $31.74 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวเจริญเต็มที่ ในแต่ละครั้งให้ค่าปริมาณการปล่อย ก๊าซมีเทนรวมต่อพื้นที่ต่อฤดูการปลูกข้าวเท่ากับ 25.08 และ $43.44 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ ตามลำดับ และประเมินผลการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศไทยเท่ากับ $3.25 \times 10^{12} \text{ g CH}_4 \text{ per year}$ และทำการศึกษปัจจัยทั้งสามโดยดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับงานสำรวจ ผลการศึกษานี้พบว่าปุ๋ยหมักมีอิทธิพลต่อการปล่อย ก๊าซมีเทนจากนาข้าวมากกว่าปุ๋ยเคมี โดยในทุกกรณีที่มี ปริมาณปุ๋ยหมักมากกว่าปุ๋ยเคมีจะมีค่าปริมาณการปล่อยรวมต่อพื้นที่ต่อฤดูการปลูกข้าวมากกว่า โดยมีลำดับดังนี้ กรณีปุ๋ยหมักต่อปุ๋ยเคมีเท่ากับ 10:0 6:4 4:6 และ 0:10 มีค่าปริมาณการปล่อยรวมต่อพื้นที่ต่อฤดูการปลูกข้าวเท่ากับ 38.14 34.92 29.29 และ $25.67 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ ตามลำดับ ผลการศึกษายาปราบศัตรูพืช พบว่ายาปราบศัตรูพืช Thiodencarb Methylparathion และ Endosulfan 5 เปอร์เซนต์ ให้ค่าปริมาณปล่อยรวมต่อพื้นที่ต่อฤดูการปลูกข้าวเท่ากับ 13.77, 13.10 และ $12.52 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ ตามลำดับ ในขณะที่ Butachlor ให้ค่าเท่ากับ $15.29 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ ผลการศึกษาระดับน้ำที่มีอิทธิพลมากต่อการเจริญเติบโตของข้าว และการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า ที่ระดับน้ำสูงสุด 20 เซนติเมตร มีค่าการปล่อย ก๊าซมีเทนรวมต่อพื้นที่ต่อฤดูการปลูกข้าวสูงที่สุดเท่ากับ $20.53 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ สูงกว่าที่ระดับน้ำ 10 5 และ 0 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.42 15.72 และ $12.11 \text{ g/m}^3/\text{crop}$ ตามลำดับ

- ระวีวรรณ (2537) ศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวนาสวน (ระดับน้ำ 3-5 เซนติเมตร) และข้าวนาไร่ (ไม่มีน้ำขัง) พบว่าข้าวนาสวนมีการปล่อย ก๊าซมีเทนสูงกว่าข้าวนาไร่ ซึ่งการปล่อยก๊าซมีเทนจะผ่านทางต้นข้าวเป็นส่วนใหญ่ อัตราการปล่อย ก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวโดยมีอัตราสูงที่สุดที่ระยะข้าวสร้างเมล็ด ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อย

ก๊าซมีเทน คือ จำนวนตัน ต่อกอของข้าว ระยะการเจริญเติบโตของข้าว สภาพการขาดออกซิเจนในดิน และสภาพการขาดออกซิเจนในดิน และสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ซึ่งมีผลต่อปริมาณก๊าซมีเทนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- Buendia *et al.* (1997) รายงานว่านาข้าวชลประทานมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซมีเทนมาก เนื่องจากมีปริมาณการเก็บกักน้ำที่สม่ำเสมอและนาน ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมกับการผลิต ก๊าซมีเทนสำหรับนาข้าวขึ้นน้ำมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่านาชลประทาน เนื่องจากมีช่วงการเจริญเติบโตสูง แต่ข้าวทั้งสองประเภทนี้มีรูปแบบการปล่อยก๊าซคล้ายคลึงกัน ส่วนนาข้าวน้ำฝนนั้นมีการผลิตก๊าซมีเทนแปรผันมากเนื่องจากปริมาณน้ำที่ท่วมขังนาข้าวน้ำฝนนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำฝนเป็นอันดับแรก ซึ่งจากการวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปลำดับการปล่อย ก๊าซมีเทนจากนาข้าว ต ามลำดับดังนี้: นาข้าวน้ำขึ้น > นาข้าวชลประทาน > นาข้าวน้ำฝน

- นิวัติ (2540) ศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวขึ้นน้ำจังหวัดปราจีนบุรี ในปี พ.ศ.2537 โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเปรียบเทียบกับการไถกลบพืชเถาเกลบจากการเผาฟางข้าวและการไม่ใส่ปุ๋ย ผลการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์หันทรา 60 ใส่ปุ๋ยทั้งสามแบบมีการสะสมน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ และความสูงเพิ่มขึ้นตลอดจนถึงระยะเก็บเกี่ยวแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะการเจริญเติบโตซึ่งมีอัตราสูงสุดที่ 280-360 mg/m²/h ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมน้ำหนักแห้งและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนพบว่า มีการปล่อย ก๊าซมีเทนมีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรง (Linear regression) กับการเพิ่มน้ำหนักแห้งของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยปกติรากข้าวจะมีการปล่อยสารต่างๆ (Root exudate) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนออกสู่ดิน (Rhizosphere) ซึ่งจะกลายเป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดก๊าซมีเทนมากในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต

- วิไล (2537) ศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาสวน (ระดับน้ำ 10-20 เซนติเมตร) และนาข้าวขึ้นน้ำในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาโดยวิธีการปลูกข้าวนาสวนใช้ข้าวพันธุ์ กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และวิธีการปลูกข้าวขึ้นน้ำใช้พันธุ์หันทรา 60 และพันธุ์เล็บมือนาง 111 ผลการศึกษาพบว่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาสวนและนาข้าวขึ้นน้ำตลอดการเพาะปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ข้าวพันธุ์ กข 23 พันธุ์เล็บมือนาง 111 และพันธุ์หันทรา 60 คือ 68.67 63.72 32.87 และ 15.20 g/m² ตามลำดับ

2.2 การสีข้าว

กระบวนการสีข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกเปลือก รำ และคัพภะ ออกจากเนื้อเมล็ดข้าว ได้เป็นข้าวสารที่มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุดหรือมีข้าวหักน้อยที่สุด ผ่านกระบวนการ 4 ขั้นตอน พื้นฐาน คือ การทำความสะอาด การกะเทาะ การขัดขาว และการคัดแยก (อรอนงค์, 2547) โดยโรงสีข้าวในประเทศไทยกระจายอยู่ทั่วประเทศ (ภาพที่ 5) และสามารถแบ่งตามกำลังการสีเป็น 3 ประเภท คือ โรงสีขนาดเล็ก (กำลังการสี 1-2 เกวียนต่อวัน) โรงสีขนาดกลาง (กำลังการสี 13-59 เกวียนต่อวัน) และโรงสีขนาดใหญ่ (กำลังการสี 60 เกวียนต่อวันขึ้นไป) (อัมมารและวิโรจน์, 2533)

2.2.1 โรงสีขนาดเล็ก แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.2.1.1 โรงสีแบบลูกหิน จัดเป็นโรงสีขนาดเล็กที่สุด มีลูกหินเพียงลูกเดียว และส่วนประกอบทั้งหมดในตู้จึงนิยมเรียกว่าโรงสีตู้ ซึ่งสามารถสีข้าวเปลือกได้ประมาณวันละ 1 เกวียน เครื่องสีขานี้ใช้พลังงานจากไฟฟ้า มีลักษณะเป็นหินลูกกลิ้งที่เคลือบด้วยหินกากเพชรอยู่ภายใน กระบอกเหล็กที่ด้านหนึ่งจะมีแถบยางยื่นเข้าไปจนเกือบแตะลูกกลิ้ง กระบวนการสีเริ่มจากการนำข้าวเปลือกผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้งกับแถบยางทำให้เกิดการบีบและดึงแยกให้เปลือกหลุดออกเป็นเกล็ด ข้าวกลิ้ง และรำหยาบ ข้าวกลิ้งที่ได้จะแยกเข้าเครื่องสีอีกครั้งหนึ่งเพื่อขัดผิวข้าวให้ขาว การสีครั้งที่ 2 จะได้ต้นข้าวและรำละเอียด โรงสีแบบลูกหินที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีลูกหินที่ทำหน้าที่เฉพาะการกะเทาะและการขัดข้าวกลิ้งเป็นข้าวสาร โดยทำงานพร้อมกัน 2-3 ลูก

2.2.1.2 โรงสีแบบหินโม่ ประกอบด้วยจานหลักเรียกว่าหินข้าวดำหรือหินจาน เคลือบด้วยกากเพชร 2 จาน วางขนานและหันหน้าเข้าหากันตามแนวราบระหว่างจาน เมื่อใส่ข้าวที่กรวยด้านบนลงสู่จาน ข้าวเปลือกจะถูกบีบและดึงแยกทำให้เปลือกหลุดเป็นเกล็ดและแยกข้าวกลิ้งไปขัดผิวในกรวยขัดขาวซึ่งเป็นกรวยเหล็กฉาบด้วยหินกากเพชรเช่นกัน ซึ่งนิยมขัด 2 ครั้ง เพื่อแยกรำออกจากข้าวขาวได้หมด โรงสีแบบนี้มักใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ดีเซล (อัมมารและวิโรจน์, 2533)

2.2.2 โรงสีขนาดกลาง

โรงสีขนาดกลางจะใช้เครื่องสีแบบหินโม่และกรวยขัดขาวเช่นเดียวกับโรงสีขนาดเล็ก แต่เพิ่มขั้นตอนและดำเนินการแบบต่อเนื่อง ดังนี้ (อรอนงค์, 2547)

- **ขั้นตอนที่ 1** การป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่องจากถังรับข้าวเปลือก เป็นภาชนะตัวแรกสำหรับป้อนข้าวเข้าเครื่องสี โดยมีชุดกระพ้อตักข้าวติดกับสายพาน ขณะที่สายพานเคลื่อนที่ กระพ้อจะตักวิดข้าวขึ้นไปข้างบนและเทลงในเครื่องทำความสะอาดด้วยแรงเหวี่ยงที่พ้อดีให้ข้าวลงช่องไปสู่เครื่องทำความสะอาด

- **ขั้นตอนที่ 2** เครื่องทำความสะอาดที่จำเป็นประกอบด้วย ชุดตะแกรงโยกเพื่อแยกสิ่งเจือปน มีตะแกรงวางเรียง 2 ชั้นหรือมากกว่า โดยชั้นบนเป็นตะแกรงรูใหญ่ ชั้นล่างเป็นตะแกรงรูเล็ก ในขณะที่เครื่องโยกไปมาสิ่งเจือปนขนาดใหญ่กว่าเมล็ดข้าว เช่น เศษฟาง หนุ่ย หิน ดินก้อนใหญ่ และอื่นๆ จะติดบนตะแกรงและแยกออกไปจากเครื่อง ส่วนเมล็ดข้าวเปลือกจะลอดผ่านตะแกรงลงสู่ตะแกรงล่างและจะไหลออกไปทางหนึ่ง ส่วนสิ่งเจือปนเบาจะถูกพัดลมดูดออกไปอีกทาง ข้าวเปลือกที่ออกจากตะแกรงโยกนี้จะเข้าไปยังเครื่องแยกเศษเหล็ก (ถ้ามี) และต่อไปยังเครื่องแยกหิน (ถ้ามี) แล้วจึงยังเครื่องกะเทาะเปลือก

- **ขั้นตอนที่ 3** เครื่องกะเทาะเปลือก มี 2 แบบ คือ หินข้าวดำ หรือหินจาน และลูกยาง แบบ

- หินข้าวดำ หรือหินจาน หรือหินโม้ เช่นเดียวกับโรงสีขนาดเล็ก แต่มีมากกว่าหนึ่งชุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะข้าวเปลือก สิ่งที่ได้คือ แกลบ รำหยาบ ปลายข้าว กัล้อง ข้าวเปลือก และข้าวกัล้อง

- ลูกยางกะเทาะเปลือก ประกอบด้วยลูกยาง 2 ลูก มีแกนเป็นเหล็กขนาดเท่ากัน โดยลูกหนึ่งอยู่กับที่และอีกลูกหนึ่งปรับระยะห่างได้ ความเร็วของการทำงานแตกต่างกัน ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และหมุนเข้าหากัน ทำให้ข้าวเปลือกถูกบีบและดึงแยกให้เปลือกหลุดโดยเมล็ดข้าวกัล้องไม่หัก ไม่มีรำหยาบ มีประสิทธิภาพดีเพราะข้าวหักน้อยจึงนิยมใช้มากขึ้น สิ่งที่ได้คือ แกลบ ข้าวกัล้อง และข้าวเปลือก

- **ขั้นตอนที่ 4** เครื่องแยกสิ่งที่ได้จากเครื่องกะเทาะมีลักษณะเป็นตู้ ข้างในตู้ประกอบด้วย ตะแกรง 1-2 ชั้น ชั้นบนเป็นตะแกรงรูใหญ่ ชั้นล่างเป็นตะแกรงรูเล็ก เครื่องแยกนี้ทำงานเป็นวงกลม เมื่อส่วนที่ได้จากการกะเทาะผ่านเข้าเครื่องแยก ส่วนที่เป็นช่องข้างบนจะมีพัดลมดูดแกลบหยาบออกไปเหลือข้าวกัล้อง ปลายข้าวกัล้อง ข้าวเปลือก และรำหยาบ ผ่านการเขย่าด้วยการโยก ตะแกรงชั้นแรกจะร่อนข้าวเปลือกและข้าวกัล้องแยกไปด้วยกัน ตะแกรงชั้นที่สองจะร่อน

ปลายข้าวแยกไปอีกทาง ส่วนรำหยาบจะรูดผ่านตะแกรงสู่อีกทาง สำหรับข้าวกล้องและข้าวเปลือก
จะผ่านไปยังเครื่องแยกต่อไป

- **ขั้นตอนที่ 5** เครื่องแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้อง มีลักษณะเป็นหีบสี่เหลี่ยม
ตั้งเอียงเล็กน้อย ภายในมีแผ่นโลหะบางกั้นเป็นช่องแบบฟันปลา แต่ละช่องห่างกันประมาณ 3-4 นิ้ว
มีช่องอย่างน้อย 3 ช่อง หลักในการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ทำได้เนื่องจากข้าวเปลือกมี
ความหยาบของผิวเมล็ดส่วนข้าวกล้องมีความลื่นของผิวมากกว่า และเนื่องจากความหนาแน่นหรือ
น้ำหนักของเมล็ด และแรงลอยตัวของเมล็ดข้าวเปลือกต่างจากข้าวกล้อง ทำให้เมื่อผ่านของผสม
ระหว่างข้าวเปลือก และข้าวกล้องเข้าสู่หีบสี่เหลี่ยมซึ่งสั่นไปมา ข้าวเปลือกซึ่งเบาและมีผิวหยาบกว่า
ข้าวกล้องพุ้งตัวลอยขึ้นและเคลื่อนตามช่องกั้นขึ้นด้านบน ข้าวกล้องจะร่วงลงข้างล่างและค่อยๆ
เคลื่อนออกจากเครื่องเข้าสู่เครื่องขัดขาวให้เป็นข้าวสารส่วนข้าวเปลือกจะกลับไปยังเครื่องกะเทาะ
เพื่อแยกแกลบออกจากข้าวกล้องอีกครั้งหนึ่ง

- **ขั้นตอนที่ 6** เครื่องขัดขาวเพื่อทำให้ข้าวกล้องเป็นข้าวสาร มี 2 แบบ คือ แบบ
หินขัด (abrasive type) และแบบแรงเสียดทาน (friction type) เครื่องขัดขาวแบบดั้งเดิมเป็นแบบหิน
ขัดที่มีความคมของหินกากเพชรขัดชั้นรำออก เมื่อข้าวเปลือกผ่านเข้าเครื่องขัดขาวจะทำให้ข้าวหยาบ
และขัดสีกันเอง รวมทั้งการขัดสีกับตะแกรงด้วยทำให้ชั้นรำหลุดลอดออกทางรูตะแกรงเป็นรำ
ละเอียด (fine bran) เครื่องสุดท้ายจะเป็นเครื่องขัดมันโดยขัดผงรำที่หลงเหลือบนผิวข้าวออก แต่ละ
เครื่องขัดมันจะมีระบบพัดลมติดอยู่เพื่อระบายความร้อน ช่วยลดการแตกหัก และแยกรำเข้าไปใน
ไซโคลน

- **ขั้นตอนที่ 7** เครื่องแยกขนาดเมล็ดข้าวหัก เพื่อแยกข้าวสารรวมที่สีและขัด
มาแล้วให้ได้เป็นข้าวตัน (หมายถึงข้าวเต็มเมล็ดรวมกับต้นข้าว) ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว
ประกอบด้วย ตะแกรง 2 ชุด ชุดแรกเป็นตะแกรงเหลี่ยมอยู่ในตู้สี่เหลี่ยม มี 1-2 ตู้ ชุดที่ 2 เป็น
ตะแกรงหลุมรูปทรงกระบอก 2-3 ลูก

2.2.3 โรงสีขนาดใหญ่

โรงสีขนาดใหญ่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ต่างจากโรงสีขนาดกลาง แต่มีขนาดของเครื่อง
สีใหญ่กว่าโรงสีขนาดกลางและมีจำนวนเครื่องมากกว่าเพื่อขยายกำลังผลิต และเกือบทั้งหมดใช้
พลังงานจากเครื่องจักรไอน้ำที่ได้จากแกลบเป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนสูง สม่าเสมอ และราคาถูก
เมื่อเทียบกับ เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ (อัมมารและวิโรจน์, 2533) โดยการดำเนินงานของโรงสีขนาดใหญ่

ซึ่งมีกำลังการผลิตได้ 320,000 ตันต่อปี มีขั้นตอนการทำงานแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ การรับซื้อข้าวเปลือก กระบวนการสีข้าวเปลือก และกระบวนการบรรจุข้าวสาร

ในการรับซื้อข้าวเปลือก มี 4 ขั้นตอน คือ

- **ขั้นตอนที่ 1** การสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกทำที่หอจำโดยใช้ระบบลมดูด และมีการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือกเบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งเจือปน มอด แมลง ข้าวผสม และข้าวเปียก เป็นต้น
- **ขั้นตอนที่ 2** การตรวจสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์ข้าว เปอร์เซ็นต์แกลบ ลักษณะของข้าวเปลือก และสิ่งเจือปนต่างๆ
- **ขั้นตอนที่ 3** การกำหนดราคา โดยการส่งผลการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือกไปยังแผนกตีราคา ตรวจสอบคุณภาพอีกครั้งด้วยการบดข้าวเปลือกแล้วจึงกำหนดราคาให้เป็นที่พอใจของทั้งสองฝ่าย
- **ขั้นตอนที่ 4** การนำเก็บเข้าไซโล ซึ่งนำนักข้าวเปลือกที่ตกลงซื้อโดยการชั่งหัตถ์แล้วนำข้าวเปลือกเก็บในไซโลตามประเภทและคุณภาพของข้าวเปลือกนั้น

ส่วนกระบวนการสีข้าว มี 5 ขั้นตอน คือ

- **ขั้นตอนที่ 1** การทำความสะอาดและแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก โดยใช้เครื่องจักร 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เครื่องแยกเมล็ดข้าวเปลือกออกจากสิ่งเจือปน (Grain separator) เพื่อแยกฝุ่น ฟาง กรวด หวาย และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากเมล็ดข้าวเปลือก และแบบที่ 2 เครื่องแยกหิน (Destoner) เพื่อแยกหินที่มีขนาดใกล้เคียงกับข้าวเปลือกออกไป
- **ขั้นตอนที่ 2** การกะเทาะเปลือก มีการใช้เครื่องจักร 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ลูกยาง (Rubber roll Huller) เพื่อกะเทาะเปลือกให้หลุดออกจากตัวเมล็ดเป็นข้าวกล้อง และแบบที่ 2 เครื่องแยกแกลบ (Husk separator) เพื่อแยกแกลบและข้าวกล้องออกจากกัน ส่วนที่เป็นแกลบจะแยกไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่เป็นข้าวกล้องจะแยกไปยังเครื่องขัดขาวต่อไป
- **ขั้นตอนที่ 3** การแยกข้าวเปลือก ใช้เครื่องแยกข้าวเปลือก (Paddy separator) เพื่อแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง แล้วส่งข้าวเปลือกไปกะเทาะอีกครั้ง

- **ขั้นตอนที่ 4** การขัดรำออกจากข้าวกล้อง ใช้เครื่องจักร 2 แบบ คือ เครื่องขัดมันแบบแนวตั้ง เพื่อขัดผิวข้าวกล้องให้ “รำดิบ” แยกออกมา ทำการขัดด้วยเครื่องนี้ 3 ครั้ง จะทำให้ได้เมล็ดข้าวสารที่ไม่มีรำเหลืออยู่ และเครื่องขัดมันแบบแนวนอน ขัดเมล็ดข้าวสารให้เรียบเป็นเงาและสะอาดปราศจากรำและสิ่งต่างๆ ที่ติดผิวเมล็ดข้าวสารออกไป

- **ขั้นตอนที่ 5** การคัดเมล็ดข้าวสารที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันออกเป็นส่วนๆ โดยใช้เครื่องคัดขนาดข้าวสาร (Mill rice grading machine) เพื่อให้ได้ข้าวสารเต็มเมล็ด ข้าวตัน ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าวออกจากกัน เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสารและเก็บไว้ในไซโลเพื่อทำการบรรจุต่อไป

กระบวนการบรรจุข้าวสาร มี 2 แบบ คือ บรรจุถุงพลาสติกเพื่อจำหน่ายในประเทศ และการบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่ายต่างประเทศ มี 4 ขั้นตอน คือ

- **ขั้นตอนที่ 1** การทำความสะอาดเพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสารอีกครั้ง โดยผ่านเครื่องขัตสีและเครื่องแยกสิ่งเจือปน

- **ขั้นตอนที่ 2** การใช้เครื่องแยกเม็ดสี (Color sorting machine) เพื่อแยกข้าวสารเหนียวออกจากข้าวสารเจ้า หรือข้าวเมล็ดเหลืองหรือดำออกจากข้าวสารปกติ

- **ขั้นตอนที่ 3** การคัดเลือกขนาดข้าวสาร เพื่อแยกปลายข้าวออกจากข้าวเต็มเมล็ด

- **ขั้นตอนที่ 4** การบรรจุข้าวสารลงภาชนะบรรจุ โดยทำการชั่งน้ำหนักและบรรจุลงถุงตามขนาดที่ต้องการ และปิดผนึกด้วยเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 2-9 แหล่งที่ตั้งโรงสีในประเทศไทย ปี 2548 (สถาบันอาหาร, 2551)

2.3 การแปรรูปข้าว

กระบวนการแปรรูปข้าวเริ่มตั้งแต่การตรวจรับข้าวจากเกษตรกรทุกข้าว จากนั้น ลำเลียงข้าวลงเก็บถังข้าว เมื่อทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักข้าวกล้องและลำเลียงเข้าสู่ถังพักข้าวแล้ว จะทำการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวขาวก่อนเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ ขั้นตอนการแยกหิน ต่อมาข้าวที่

ผ่านการแยกหินเข้าสู่ขั้นตอนการขัดมัน และ จะทำการยิงสี ยิงแก้ว เพื่อคัดแยกสิ่งสกปรกออกจากข้าว จากนั้นนำข้าวเข้าสู่ตะแกรงคัดขนาดเพื่อแยกต้นข้าว (ต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไป) โดยเมื่อผ่านตะแกรงคัดขนาดข้าวจะแยกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นข้าว ปลายข้าว และส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับปลายข้าว ซึ่งส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับปลายข้าวจะผ่านตะแกรงคัดต้นปลายเพื่อแยกต้นข้าวออกมา หลังจากนั้นต้นข้าวทั้งหมดจะผ่านเข้าตะแกรงคัดขนาดอีกครั้ง เพื่อคัดแยกข้าวที่ไม่ต้องการออกไป เหลือแต่ต้นข้าวที่ได้ขนาด ตามต้องการนำไปชั่งน้ำหนักและจัดเก็บลงถังบรรจุ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการแปรรูปข้าว เกิดจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ

ในส่วนของข้าวดิบ ก่อนหน้านี้พบว่า มีผู้ทำการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงสีข้าวโดยวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงสี 3 ประเภท คือ โรงสีข้าวขาวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว โรงสีข้าวขาวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเครื่องจักรไอน้ำและโรงสีข้าวหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ร่วมกับพลังงานความร้อนจากไอน้ำ ทั้งโรงสีข้าวขาวและข้าวหนึ่งใช้ไอน้ำในการอบแห้ง พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวขาวและข้าวหนึ่งมีค่าประมาณ 110 เมกะจูลต่อต้นข้าวเปลือก และ 129 เมกะจูลต่อต้นข้าวเปลือก ตามลำดับ (อภิชาติ และคณะ, 2538) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงสีข้าวขาวแยกเป็นใช้ในกระบวนการขัดข้าวให้ขาว 43 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการขับตะแกรงชนิดต่างๆ และพัดลม 26 เปอร์เซ็นต์ ขับกระพ้อและสายพานลำเลียง 23 เปอร์เซ็นต์ และกระเทาะเปลือก 8 เปอร์เซ็นต์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงสีข้าวหนึ่งแยกเป็นใช้ในกระบวนการขัดข้าวให้ขาว 43 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการขับตะแกรงชนิดต่างๆ ขับกระพ้อและสายพานลำเลียง 38 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขับพัดลม 14 เปอร์เซ็นต์ และกระเทาะเปลือก 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการข้าวหนึ่งจะมีค่าประมาณ 2,410 เมกะจูลต่อต้นข้าวเปลือก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือการแช่ข้าวใช้ 8 เปอร์เซ็นต์ การนึ่งข้าวเพื่อให้โมเลกุลของแป้งสุก 6 เปอร์เซ็นต์ และ 86 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้น 34 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) คิดเป็นใช้พลังงานความร้อน 10 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย นอกจากนี้ยังมีการรายงานผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงสีข้าวในประเทศไทย พบว่าโรงสีข้าวขัดขาวและข้าวกล้องใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 53 และ 40 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อต้นข้าวเปลือก (วรรณิ, 2542)

สำหรับผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง นับ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปมาจากข้าว และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากสามารถประกอบอาหารได้หลายรูปแบบรวมทั้งที่เป็นอาหารแห้งบรรจุซองหรือเส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป การผลิตเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวใช้ปลายข้าวหรือข้าวหักเป็นวัตถุดิบ ซึ่งเป็นการขยายการใช้ประโยชน์จากข้าวให้กว้างขวางขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวให้สูงขึ้น ในปีพ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีการส่งออกเส้นหมี่-เส้นก๋วยเตี๋ยวปริมาณทั้งสิ้นประมาณ 52 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า

ประมาณ 59 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (UN Comtrade, 2006) อุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งประเภทการใช้พลังงานได้เป็น 2 รูป (ปาริฉัตร, 2543) คือ พลังงานความร้อนได้จากแก๊ส ขี้เลื่อย หรือน้ำมันเตา ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสำหรับอุโมงค์นึ่งก้อนแป้งผลิตเส้นหมี่ อุโมงค์นึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยว ผลิตเส้นเล็ก ตู้นึ่งเส้นหมี่ ตู้อบแห้งเส้นหมี่ และตู้อบแผ่นก๋วยเตี๋ยว สำหรับพลังงานไฟฟ้าได้จากไฟฟ้าสายส่ง การใช้พลังงานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตเป็นส่วนใหญ่ โดยแบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการผลิตและส่วนของระบบแสงสว่าง

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ซึ่งมีการใช้พลังงานทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน การใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าส่วนพลังงานความร้อนอยู่ในรูปของไอน้ำ ซึ่งดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะรวมตลอดกระบวนการผลิตมีค่า 13.57 กิโลจูลต่อตันผลิตภัณฑ์ แยกเป็นพลังงานความร้อน 95.07 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานไฟฟ้า 4.93 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถแบ่งกระบวนการผลิตได้เป็น 2 กระบวนการ คือ ผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวและกระบวนการผลิตเส้นหมี่ ซึ่งมีการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตดังตารางที่ 2-7 (ปาริฉัตร, 2543)

ตารางที่ 2-10 การใช้พลังงานความร้อนและปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในกระบวนการผลิตเส้นหมี่เส้นก๋วยเตี๋ยว (ปาริฉัตร, 2543)

กระบวนการ	พลังงานความร้อน kJ/kg	ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ (ลิตรต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์)
เส้นหมี่สด	2,218.3107	
1. นึ่งก้อนแป้ง	534.4363	0.0643
2. นึ่งเส้นหมี่	1,683.8744	
เส้นหมี่แห้ง	4,683.1107	
1. นึ่งก้อนแป้ง	534.4363	0.1357
2. นึ่งเส้นหมี่	1,683.8744	
3. อบแห้งเส้นหมี่	2,464.8	
เส้นก๋วยเตี๋ยว	2,756.4483	
1. นึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยว	781.8372	0.0799
2. อบแห้งแผ่นก๋วยเตี๋ยว	1,974.6111	

ในส่วน of โรงงานผลิตเส้นหมี่อบแห้ง มีการศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานของ โดยจัดแบ่งการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าออกเป็น 6 กระบวนการ คือ ผลิตไอน้ำ ไม่แบ่ง นึ่งก้อนแป้ง อัดรีดเส้นหมี่ และอบแห้งเส้นหมี่ พบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานรวมตลอดกระบวนการผลิตเท่ากับ 7,657 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเส้นหมี่อบแห้ง โดยมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะในส่วน of กระบวนการผลิตเท่ากับ 5,790.31 กิโลจูลต่อกิโลกรัมของผลผลิตเส้นหมี่แห้ง แบ่งเป็นพลังงาน

ความร้อน 5,317.24 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเส้นไหมแห้ง คิดเป็น 91.83 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานไฟฟ้า 472.90 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเส้นไหมแห้งคิดเป็น 8.17 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการใช้พลังงานเฉพาะส่วนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2-8 (กมล, 2543)

ตารางที่ 2-11 การใช้พลังงานเฉพาะส่วนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต (กมล, 2543)

กระบวนการ	พลังงานความร้อน kJ/วัน	พลังงานไฟฟ้า kJ/วัน	พลังงานรวม kJ/วัน	พลังงานจำเพาะ kJ/kg หมี่แห้ง	สัดส่วน เปอร์เซ็นต์
ทำความสะอาดปลายข้าวและไม้แปง	0	1,701,442	1,701,442	101.31	1.75
นึ่งก้อนแปง	7,838,220	0	7,838,220	466.70	8.06
รีดเส้นหมี่	0	1,820,547	1,820,547	108.40	1.87
นึ่งเส้นหมี่	22,628,130	0	22,628,130	1,347.31	23.27
อบแห้ง	58,839,558	4,420,296	63,259,854	3,766.59	65.05
รวมทั้งหมด	89,305,908	7,942,285	97,248,193	5,790.31	100.00
พลังงานจำเพาะ	5,317.41	472.90	5,790.31	5,790.31	100.00

2.4 การผลิตภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าว

การบรรจุข้าวสารในป้ จุบั้นนิยมใช้ถุงพลาสติก โดยรูปแบบการบรรจุที่พบอยู่ตามท้องตลาด มีทั้งถุงพลาสติกแบบ ถุง 2 ตะเข็บ (Seamless bag) ถุง 4 ตะเข็บ (Four-side seal pouch) ถุงตั้งได้ (Stand-up pouch) หรือถุงบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum bag) โดยที่ขนาดการบรรจุมีตั้งแต่ 2 กิโลกรัมไปจนถึง 20 กิโลกรัม แต่ขนาดที่นิยมที่สุด คือ ขนาด 5 กิโลกรัม



ถุง 2 ตะเข็บ



ถุง 4 ตะเข็บ



ถุงตั้งได้



ถุงบรรจุแบบสุญญากาศ

ภาพที่ 2-10 รูปแบบการบรรจุข้าวสาร



ถุงขนาด 2 กิโลกรัม



ถุงขนาด 5 กิโลกรัม



ถุงขนาด 15 กิโลกรัม



ถุงขนาด 20 กิโลกรัม

ภาพที่ 2-11 ขนาดการบรรจุข้าวสาร

ถุง 4 ตะเข็บ นับเป็นถุงที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูงสามารถทนต่อสภาวะการผลิต การขนส่ง และการใช้งานได้ดี โดยเฉพาะถุงที่ผลิตจากพลาสติกที่มีสมบัติเชิงกลสูง เช่น โพลีเอทิลีนเตตระฟทาเลท (Polyethylene terephthalate; PET) และไนลอน (Nylon) วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตถุง 4 ตะเข็บ สำหรับบรรจุข้าวสารเพื่อการจำหน่ายปลีก คือ พลาสติกหลายชั้น (Multilayer film) ที่ได้จากการลามิเนตของฟิล์ม Cast Polyethylene terephthalate (CPET) กับโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene; LLDPE) ในอุตสาหกรรมบรรจุจะใช้สัญลักษณ์ CPET/LLDPE ซึ่ง CPET ผลิตได้จากการเติมสารเพิ่มความเป็นผลึกของโพลิเมอร์ (Nucleating agents) และควบคุมปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ผลึกที่ได้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ทำให้ CPET สามารถคงรูปได้ดีขึ้นในระหว่างการใช้งานที่มีความเครียดและอุณหภูมิสูง เช่น แรงกดที่เกิดจากการเรียงซ้อนระหว่างการขนส่งและการเก็บในคลังสินค้า ซึ่งตลอดขั้นตอนการผลิตถุงพลาสติกชนิดดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิต รวมทั้งการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและการปล่อยมลสารสู่อากาศในการผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงและความร้อนสูงในการผลิต

ส่วนกระบวนการบรรจุข้าวสาร สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ บรรจุถุงพลาสติกเพื่อจำหน่ายในประเทศ และการบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ คือ การทำความสะอาดเพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสารอีกครั้ง โดยผ่านเครื่องขัดสีและเครื่องแยกสิ่งเจือปน จากนั้นใช้เครื่องแยกเม็ดสี (Color sorting machine) เพื่อแยกข้าวสารเหนียวออกจากข้าวสารเจ้าหรือข้าวเมล็ดเหลือง/ดำออกจากข้าวสารปกติ ต่อมาทำ การคัดเลือกขนาดข้าวสาร เพื่อแยกปลายข้าวออกจากข้าวเต็มเมล็ด จากนั้นบรรจุข้าวสารลงภาชนะบรรจุตามขนาดที่ต้องการ และปิดผนึก

ด้วยเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการนั้น มาจากการผลิต
และใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสำคัญ

การบรรจุข้าวสารในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก เป็นการส่งออกในลักษณะถึงมือผู้บริโภค
โดยตรง ดังนั้นวิธีการในการบรรจุข้าวต้องคำนึงถึงสุขอนามัยเป็นหลักสำคัญ ตัวอย่างการนำภาชนะ
บรรจุมาใช้จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การใช้ถุงกระสอบพลาสติก (PP) ไม่สามารถยับยั้งการพัฒนาของแมลงได้ และมีผล
ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นข้าวต้องผ่านการรมควันสารเคมีเพื่อทำลายแมลงและไข่ของแมลง
- การบรรจุข้าวสารในถุง PE จะต้องมีการรมสารเคมีฆ่าแมลงและไข่แมลง
- การบรรจุข้าวสารในถุง Nylon ลามิเนตกับแผ่นเปลวอะลูมิเนียม มีคุณสมบัติป้องกันการ
การผ่านของออกซิเจนได้แต่ไม่สามารถป้องกันการเกิดของแมลงได้
- การบรรจุข้าวสารในถุง Nylon ลามิเนตกับแผ่นเปลวอะลูมิเนียมและลดปริมาณก๊าซ
ออกซิเจนโดยการปิดผนึกสุญญากาศที่ -0.9 bar หรือบรรจุพร้อมสารดูดก๊าซออกซิเจนจะช่วยระงับ
การพัฒนาของแมลงและการเกิดกลิ่นเหม็นตลอดช่วงระยะเวลา 6 เดือน และข้าวยังคงมีกลิ่นหอม
ทั้งนี้รอยปิดผนึกจะต้องสมบูรณ์ไม่เกิดรอยรั่วเล็ก (Pin hole)
- การบรรจุข้าวสารในถุงที่ปิดผนึกสุญญากาศจะมีข้อเสียที่ถุงข้าว เป็นก้อนแข็งทำให้
การจัดวางไม่สะดวกอาจต้องมีกล่องบรรจุภายนอกอีกชั้นหนึ่ง ในขณะที่การใส่สารดูดออกซิเจนถุง
ข้าวแพบเพียงเล็กน้อยแต่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง
- ข้าวสารที่ผ่านการขัดมัน เมล็ดมีกรดไขมันต่ำกว่าข้าวขัดขาวปกติ เมื่อเก็บรักษาจะ
ช่วยชะลอการเกิดกลิ่นเหม็นและการสูญเสียของกลิ่นหอมได้บ้าง (งามชื่น, 2542)

ถุงแบบ Four-side seal เป็นถุงที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูงสามารถทนต่อสภาวะการ
ผลิต การขนส่งและการใช้งานได้ดี โดยเฉพาะถุงที่ผลิตจากพลาสติกที่มีสมบัติเชิงกลสูง เช่น PET
และ Nylon วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตถุง Four-side seal สำหรับบรรจุข้าวสารเพื่อการ
จำหน่ายปลีก คือ พลาสติกหลายชั้น (Multilayer film) ที่ได้จากการลามิเนตของฟิล์ม CPET
กับ LLDPE ในอุตสาหกรรมบรรจุจะใช้สัญลักษณ์ CPET/LLDPE ซึ่ง CPET ผลิตได้จากการเติม

สาร Nucleating และควบคุมปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ผลึกที่ได้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ทำให้ CPET สามารถงอรูปได้ดีขึ้นในระหว่างการใช้งานที่มีความเครียดและอุณหภูมิสูง เช่น แรงกดที่เกิดจากการเรียงซ้อนระหว่างการขนส่งและการเก็บในคลังสินค้าเป็นต้น (งามทิพย์, 2550)

นอกจากข้าวสารแล้ว ผลิตภัณฑ์จากข้าวยังนับว่าเป็นสินค้าอุตสาหกรรมเกษตรที่น่าจับตามอง แม้ว่าตลาดในประเทศจะขยายตัวไม่มากนักแต่การส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวนั้นมีแนวโน้มที่น่าสนใจ แม้ว่าในปัจจุบันมูลค่าการส่งออกยังไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรหลัก แต่ผลิตภัณฑ์ข้าวก็เป็นสินค้าเกษตรแปรรูปที่สร้างมูลค่าเพิ่มในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งยังเป็นสินค้าที่มีโอกาสในการขยายการส่งออกได้อีกมาก โดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ นับเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีและเป็นที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย โดยจะเห็นได้ว่ามีร้านจำหน่ายอาหารประเภทนี้กระจายอยู่ทั่วไป ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่นั้น ใช้ปลายข้าวหรือข้าวหักเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต ดังนั้นการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทนี้นับว่าเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวคุณภาพต่ำเป็นอย่างดี โดยการส่งออกมี 2 ประเภท คือ ประเภทธรรมดาและชนิดกึ่งสำเร็จรูป ถึงแม้ว่าจะมีการแข่งขันทางด้านราคากันอย่างมาก เนื่องจากราคามีผลต่อความสามารถในการแข่งขันและการเพิ่มส่วนแบ่งด้านการตลาด แต่ลักษณะของตลาดและผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจกับตัวของสินค้าและภาชนะบรรจุมากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของคุณภาพของสินค้า ความสะอาด ลักษณะเส้นสวย มีเส้นหักน้อย สี และการบรรจุหีบห่อที่ดี สวยงาม สะอาด กระทบต่อการบริโภค (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2550)

ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งนั้น สิ่งที่มีมักเป็นปัญหา ได้แก่ สิ่งปลอมปน (Filtr) จำพวกเศษชิ้นส่วนแมลง เศษผง เศษไม้ เรืองของสี จำนวนเชื้อราและจุลินทรีย์ ดังนั้นขั้นแรก ที่โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งต้องคำนึงก็คือ การผลิตให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practices: GMP) สำหรับเส้นหมี่นั้น กระทรวงอุตสาหกรรมได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไว้ ดัง มอก. 400-2524 ซึ่งมีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังนี้

- ต้องมีสีขาวนวลสม่ำเสมอ กลิ่นรสตามธรรมชาติ ลักษณะเส้นไม่เกาะติดกันมาก มีขนาดเส้นสม่ำเสมอ
- ไม่มีกลิ่นหืน
- ความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ของน้ำหนัก

- มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก
- อนุญาตให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างได้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง
- จำนวนราไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง
- จำนวนโคลิฟอร์มวัดโดยวิธี MPN น้อยกว่า 3 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง
- ปริมาณอะฟลาทอกซิน ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง
- ภาชนะบรรจุต้องสะอาด แห้ง ปิดผนึกเรียบร้อยและป้องกันการปนเปื้อนได้

ดังนั้นการเลือกวัสดุบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้น ก๋วยเตี๋ยวแห้งนอกจากพิจารณาปัจจัยเชิงเทคนิคและด้านการตลาดแล้วยังต้องคำนึงข้อบังคับทางกฎหมายด้านความปลอดภัยด้วย ภาชนะบรรจุที่เลือกใช้จะต้องไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และจะต้องไม่ทำให้คุณภาพของอาหารลดลงซึ่งในการบรรจุเส้นหมี่เพื่อจำหน่ายปลีกสำหรับส่งออกต่างประเทศนั้น ภาชนะบรรจุจะมีรูปแบบที่ทันสมัยและสวยงาม โดยให้ความสำคัญอย่างมากในเรื่องรายละเอียดของฉลาก ไม่เฉพาะแต่เพียงชื่อสินค้าและบริษัทผู้ผลิตเท่านั้น แต่ยังมี การระบุส่วนผสม คุณค่าทางโภชนาการ วิธีการใช้หรือวิธีการทำอาหารจากสินค้านั้นๆ



ภาพที่ 2-12 รูปแบบการบรรจุเส้นหมี่เพื่อการจำหน่ายปลีก สำหรับส่งออกต่างประเทศ



ภาพที่ 2-13 รูปแบบการบรรจุเส้นหมี่เพื่อการจำหน่ายปลีกภายในประเทศ

สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง เพื่อจำหน่ายปลีกภายในประเทศ ส่วนใหญ่บรรจุในถุงพลาสติก มีรายละเอียดเฉพาะชื่อสินค้า บริษัทผู้ผลิต และส่วนผสมเท่านั้น ซึ่งพลาสติกที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติก PP ลามิเนตกับ LDPE เนื่องจาก PP ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ยาก หากต้องการเพิ่มความใส ความแข็งแรง และการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และไขมัน จะใช้ในรูปแบบ OPP ซึ่งเหมาะสำหรับการพิมพ์ และลามิเนตกับ LLDPE เพื่อการใช้งานที่ต้องการความแข็งแรงสูง

ก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาใช้พลังงานในการผลิตวัสดุภาชนะบรรจุ ซึ่งพบว่า แปรผันตามวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีของกระบวนการผลิตวัสดุแต่ละประเภท แล้วยังแปรผันตามประเภทของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ออกแบบด้วย เช่น การผลิตภาชนะบรรจุจากวัตถุดิบใหม่จะใช้พลังงานสูงมาก แต่ถ้านำวัสดุภาชนะบรรจุที่ใช้แล้วมาหลอมละลายผลิตใหม่ จะใช้พลังงานลดลงจากที่ใช้ในการผลิตวัสดุใหม่หลายเท่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) โดยพบว่าการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุพลาสติกโดยทั่วไปประมาณ 70 กิโลจูลต่อตัน ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตวัสดุบรรจุอื่นๆ นอกจากนี้ ปริมาณการใช้พลังงานยังสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่การผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อนำมาใช้ในการผลิตพลาสติก LLDPE นั้นพบว่า มีการใช้พลังงานสูงถึง 97.6 กิโลจูลต่อตัน (Hekkert et al., 2000) ซึ่งถือว่าเป็นชนิดพลาสติกที่มีการใช้พลังงานสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุพลาสติกชนิดอื่น

กระบวนการผลิตภาชนะบรรจุ ยังมีการปล่อยมลภาวะทางอากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น ดังตัวอย่างเช่น ในการผลิตวัสดุพลาสติกมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาจากการผลิตอะลูมิเนียม (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นับเป็นก๊าซชนิดหนึ่งที่เกิดผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการขนส่งยังสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานอีกด้วย โดยใน

ประเทศสหภาพยุโรปมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการขนส่งภาชนะบรรจุสูงถึง 29 เมกกะตันต่อปี (Hekkert et al., 2000)

2.5 การจัดจำหน่าย

การจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าว จะเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิไปยังผู้บริโภคต่างประเทศ โดยเริ่มจากการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิไปยังท่าเรือ หลังจากนั้นขนส่งสินค้าไปยังประเทศสิงคโปร์ เมื่อถึงท่าเรือปลายทางในประเทศจุดหมายจะมีการถ่ายโอนสินค้าไปยังอาคารเก็บสินค้าเพื่อรอการมารับของบริษัผู้สั่งซื้อผลิตภัณฑ์ และจัดส่งสินค้าไปยังตัวแทนจำหน่ายและผู้บริโภคต่อไป โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวนั้น มาจากการผลิตและใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งเป็นสำคัญ

2.6 การบริโภคข้าว

ขั้นตอนการบริโภคข้าว เป็นการหาปริมาณการใช้ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในการเตรียมและปรุงสุก ได้แก่ การใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้าในการหุงข้าว

2.7 การจัดการของเสียหลังจากการบริโภค

การจัดการของเสียหลังจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าว เป็นการจัดการภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวหลังจากการบริโภค โดยจะอ้างอิงจากการจัดการของเสียของประเทศที่บริษัทได้ทำการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวไปจำหน่าย ซึ่งจะแตกต่างกันตามสถานการณ์ในแต่ละประเทศ โดยของเสียหลังจากการบริโภคนั้นมักเป็นขยะบรรจุภัณฑ์ที่ต้องนำไปกำจัดโดยวิธีรีไซเคิล เผา หรือฝังกลบต่อไป ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการจัดการของเสียแต่ละวิธีแตกต่างกัน

ก่อนหน้านี้มีศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุอ่อนตัว 3 ชนิด คือ เมล็ดกาแฟบรรจุในถุง PET/Al/PE ผักขมแช่แข็งบรรจุในถุง LLDPE และ เนยห่อโดย Al/Wax/Paper โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การวางจำหน่าย จนถึงมือผู้บริโภค จากผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากภาชนะบรรจุมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับกระบวนการทั้งหมด ภาชนะบรรจุจึงไม่ใช่ประเด็นหลักในการปรับปรุงแต่หากมีการพัฒนาวัสดุและเทคนิคทางการบรรจุก็จะช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่ามากขึ้น (Sybille et al., 2008)

นอกจากนี้ มีศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เพื่อเปรียบเทียบภาชนะบรรจุ
ไข่ที่ทำจากวัสดุแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ กระดาษรีไซเคิลและพอลีสไตรีน โดยทำการสำรวจข้อมูลทั้ง
ขาเข้าและขาออกของมวลสารและพลังงาน รวมไปถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับ
ทั้ง 2 ระบบ โดยใช้วิธี EcoIndicator 95 ในการวิเคราะห์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ภาชนะบรรจุไข่ที่
ทำจากกระดาษรีไซเคิลจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าภาชนะบรรจุไข่ที่ทำจากพอลีสไตรีน
ตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ โดยภาชนะบรรจุไข่ที่ทำจากพอลีสไตรีนสามารถก่อให้เกิดฝนกรด และ
หมอกควันที่เป็นพิษต่อร่างกาย ในขณะที่ภาชนะบรรจุไข่ซึ่งทำจากกระดาษรีไซเคิลจะก่อให้เกิด
โลหะหนักซึ่งเป็นสาเหตุของสารก่อมะเร็ง (Zabaniotou *et al.*, 2003)

บทที่ 3

คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน

“คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โดย
ตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)”

1. คาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คืออะไร

“คาร์บอนฟุตพริ้นท์” โดยทั่วไปหมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
ผลิตภัณฑ์ หรือบริการ

“คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์” หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ
ผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)
ซึ่งหมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่ง
วัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งผลิตภัณฑ์มาถึงร้านค้าปลีก การใช้ และการ
กำจัดขั้นสุดท้าย คิดเป็นกิโลกรัมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂ equivalent) ต่อหน่วย
ผลิตภัณฑ์ (Product unit)

1.2 การพัฒนาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับประเทศ

สหราชอาณาจักร นับเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการ
วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยการกำหนดวิธีการคำนวณที่อยู่บนพื้นฐานเทคนิค LCA ตาม
มาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) เรียก “PAS
(Publicly Available Specification) 2050: 2008 - Specification for the assessment of the life
cycle greenhouse gas emissions of goods and services” (BSI, 2008a) รวมทั้งคู่มือเชิงปฏิบัติ
เรียก “Guide to PAS 2050 - How to assess the carbon footprint of goods and services” (BSI,
2008b) ตลอดจนวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน เรียก “The Code of Good Practice for
Product GHG Emissions and Reduction Claims” (Carbon Trust, 2008a)



ภาพที่ 3-1 เอกสารมาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ PAS 2050: 2008

แนวคิดเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน ถูก นำมาใช้เพื่อบรรเทาปัญหา ภาวะโลกร้อนในอีกหลายประเทศ ดังจะเห็นได้จากการพัฒนาแนวทางเชิงปฏิบัติในระดับประเทศ (National Guideline) ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprinting of Product) ในสาธารณรัฐฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ รวมทั้งประเทศไทย โดยมีการกำหนดรายละเอียด เฉพาะเกี่ยวกับการนำเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่ง พบว่าวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มีความคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างกันในบางประเด็น เช่น การนับรวมหรือไม่นับรวมสิ่งก่อสร้างและเครื่องจักร ประเภทต้นทุน การเดินทางของพนักงานไปยังโรงงานผลิต การเดินทางของผู้บริโภคในการไปซื้อ ผลิตภัณฑ์ การดำเนินการของร้านค้าปลีก (สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร หมายถึง การแช่เย็นหรือแช่ แข็งเพื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในระหว่างกิจกรรมการขาย) การใช้งาน (สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร หมายถึง การปรุงอาหาร) หรือการพิจารณาการเก็บสะสมของคาร์บอนในผลิตภัณฑ์บางประเภท การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การใช้พลังงานจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ เป็นต้น นอกจากนี้ธุรกิจ ร้านค้าปลีก ตัวอย่าง เช่น Tesco (สหราชอาณาจักร), Casino และ E.LeClerc (สาธารณรัฐ ฝรั่งเศส), MIGROS (สวิตเซอร์แลนด์) รวมทั้งบริษัทเอกชนที่เข้าร่วมเป็นโครงการนำร่อง (Pilot project) ในประเทศดังกล่าว ได้เริ่มดำเนินการเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนมา ตั้งแต่ปีที่แล้ว

1.3 การพัฒนาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับสากล

องค์การมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization) กำลังอยู่ใน ระหว่างการพัฒนามาตรฐานเฉพาะเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ISO 14067 Carbon Footprint ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ว่าด้วยปริมาณ ซึ่งหมายถึง การวิเคราะห์ปริมาณการ ปล่อยกก๊าซเรือนกระจกหรือขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Part I: Quantification) และส่วนที่ 2 ว่าด้วย การสื่อสาร (Part II: Communication) ซึ่งหมายถึง การสื่อสารข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลาก

คาร์บอน โดยอาศัยพื้นฐานจากมาตรฐาน ISO เกี่ยวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ISO 14064, ISO 14065, ISO 14067) และมาตรฐาน ISO เกี่ยวกับฉลากสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่แล้ว (ISO 14025) รวมทั้งมาตรฐาน PAS 2050 คาดว่าน่าจะประกาศใช้ ISO 14067 อย่างเป็นทางการภายใน ปี 2554 (ISO/WD 14067, 2009)

2. ฉลากคาร์บอน

2.1 ฉลากคาร์บอน คืออะไร

ฉลากคาร์บอน “Carbon Labelling” เป็นการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ภาพที่ 3-2) คือ ประเภทที่ 1 เรียก ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำ (Low-carbon seal) บ่งชี้ว่ามีขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเดียวกัน ประเภทที่ 2 เรียก ฉลากบ่งชี้ระดับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon rating) บ่งชี้ระดับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ระดับเหรียญทอง เงิน และทองแดง หรือบ่งชี้ระดับการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon reduction level) และประเภทที่ 3 เรียก ฉลากบอกขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon score) ซึ่งอาจแสดงตัวเลขผลรวมขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนบ่งชี้
ระดับการปล่อยต่ำ



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนบ่งชี้
ระดับคาร์บอนฟุตพริ้นท์



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนบอก
ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

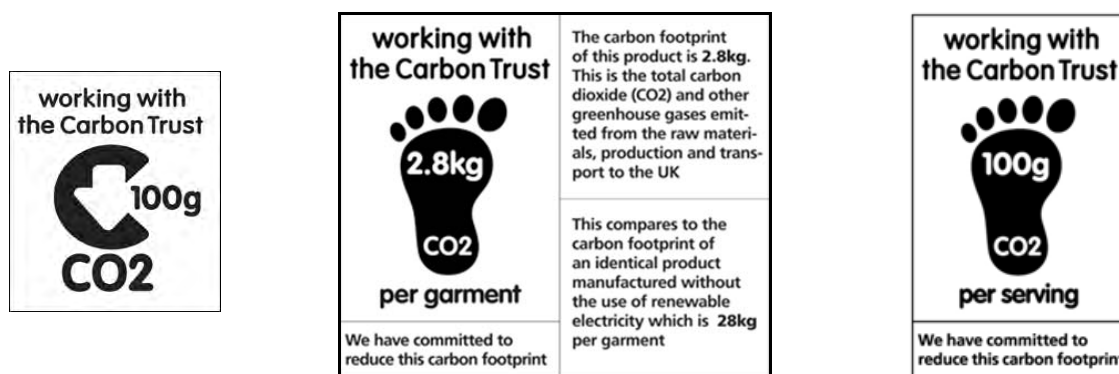
ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนประเภทต่างๆ

1.2 ฉลากคาร์บอนในประเทศต่างๆ

ปัจจุบันมีการพัฒนาฉลากคาร์บอนในหลายประเทศ ได้แก่ สหราชอาณาจักร
สาธารณรัฐฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ เยอรมนี สวีเดน สหรัฐอเมริกา และแคนาดา ส่วนในภูมิภาค
เอเชีย ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน และไทย

2.2.1 ฉลากคาร์บอนในสหราชอาณาจักร

สหราชอาณาจักร เป็นประเทศแรกที่ยริเริ่ม พัฒนา และดำเนินการฉลากคาร์บอน เรียกว่า “Carbon Reduction Label” โดย Carbon Trust มีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการติดฉลากคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากกว่า 1,000 ผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ปี 2006



ภาพที่ 3-3 ฉลากคาร์บอนของสหราชอาณาจักร

สหราชอาณาจักร กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน (The Code of Good Practice for Product GHG Emissions and Reduction Claims) ในประเด็นต่างๆ ไว้ดังนี้

- การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถแสดงได้ทั้งผลรวมขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 3-4) สามารถทำได้โดยการติดฉลากบนผลิตภัณฑ์หรือภาชนะบรรจุ รวมทั้งการแสดงข้อมูล ณ จุดขาย ในรายงานประจำปี (เช่น รายงานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือรายงานการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม) แผ่นพับ บัญชีรายชื่อสินค้า หรือบนเว็บไซต์ ทั้งนี้องค์กรธุรกิจอาจพิจารณาสื่อสารข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปยังผู้ซื้อทางธุรกิจ (B2B) หรือผู้บริโภค (B2C)



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์
บนผลิตภัณฑ์



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์
แสดง ณ จุดขาย



ตัวอย่างฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์
แสดงบนเว็บไซต์

ภาพที่ 3-4 การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์วิธีต่างๆ

- การแสดงหน่วยของขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ให้แสดงผลเป็นหน่วยน้ำหนักคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คิดเป็นกรัมหรือกิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ($\text{kg CO}_2\text{e/product unit}$) โดยคำนึงถึงหลักปฏิบัติโดยทั่วไปของอุตสาหกรรมนั้นๆ
- การแสดงตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ให้มีการพิเศษเป็นเลขจำนวนเต็มตามกฎการพิเศษเพื่อแสดงตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ตารางที่ 3-2)
- การประเมินข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ให้ดำเนินการตามรายละเอียดวิธีวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่กำหนดในมาตรฐาน PAS 2050
- การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กำหนดให้รายงานผลที่คำนวณจากการผลิตประจำปี โดยที่มีข้อมูลพื้นที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เดิมในทุกๆ 2 ปี แต่สามารถแสดงผลได้ก่อนระยะเวลา 2 ปีได้หากต้องการ ในกรณีที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เดิมลดลง $>5\%$ ภายใน 2 ปี สามารถเก็บผลไว้แสดงภายในระยะเวลา 6 ปี
- การแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เดิมที่ลดลงสามารถแสดงผลเป็น % หรือตัวเลข
- การไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเป็นผลให้ไม่สามารถติดฉลากคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ได้ จนกว่าจะสามารถลดปริมาณการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกได้ ทั้งนี้สามารถคำนวณค่าข้อมูลพื้นฐาน (Baseline data) ได้ใหม่ เฉพาะในกรณี
จำเป็น เช่น อุทกภัย สงคราม ปัญหาการเมือง เป็นต้น

ตารางที่ 3-1 กฎการพิเศษเพื่อแสดงตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน PAS 2050

ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (CO ₂ e/product unit)	การพิเศษเพื่อแสดงตัวเลข
>10g, <= 20 g	1 g
>20 g, <= 40 g	2 g
>40 g, <= 100 g	5 g
>100 g, <= 200 g	10 g
>200 g, <= 400 g	20 g
>400 g, <= 1,000 g	50 g
>1.0 kg, <= 2.0 kg	0.1 kg
>2.0 kg, <= 4.0 kg	0.2 kg
>4.0 kg, <= 10 kg	0.5 kg
Etc.	Etc.

ในสถานการณ์ปัจจุบัน มีผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอนวางจำหน่ายในสหราชอาณาจักรแล้ว
ประมาณ 1,000 ผลิตภัณฑ์ (ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอน ในภาพที่ 3-11) โดยผลิตภัณฑ์
มันฝรั่งทอดกรอบยี่ห้อ Walkers โดยบริษัท PepsiCo สำหรับธุรกิจร้านค้าปลีก Tesco นับเป็น
เจ้าแรกที่ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และตรวจรับรองเพื่อดำเนินการติดฉลากคาร์บอน
โดยเริ่มจากผลิตภัณฑ์ที่เป็น Tesco brand ที่ดำเนินการเสร็จแล้วจำนวน 114 ผลิตภัณฑ์ (ข้อมูล
เดือนตุลาคม ปี 2552) ซึ่งตั้งเป้าเพิ่มจำนวนเป็น 500 ผลิตภัณฑ์ ภายในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2553



ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอนในสหราชอาณาจักร

2.2.2 ฉลากคาร์บอนในสาธารณรัฐฝรั่งเศส

วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในสาธารณรัฐฝรั่งเศส พัฒนาโดย ADEME (French Environment and Energy Agency) เรียก “Bilan Product” (Carbon Footprint of Product) ซึ่งมีการประกาศใช้ในเดือนกันยายนที่ผ่านมา โดยคำนึงถึงข้อกำหนดใน PAS 2050:2008 รวมทั้ง “Bilan Carbone” (Carbon Balance) สำหรับวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับหน่วยงานที่มีการพัฒนามาก่อนหน้านี้ รัฐบาลสาธารณรัฐฝรั่งเศส มุ่งเป้าในการส่งเสริมการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยกำหนดให้การแสดงข้อมูล คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นหนึ่งในข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ทุกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศต้องแสดงข้อมูล ซึ่งจะเป็นข้อบังคับตามกฎหมายภายในวันที่ 1 มกราคม ปี 2554 ทำให้ในขณะนี้มีการตื่นตัวเป็นอย่างมาก โดย บริษัทที่นำร่องในการติดฉลากคาร์บอน คือ ธุรกิจร้านค้าปลีก Casino และ E. Leclerc ซึ่ง Casino ได้ทำการพัฒนา “l'Indice Carbone Label” ด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยบริษัทที่ปรึกษา Bio Intelligence Service (Bio IS) สำหรับ E. Leclerc ได้มีการพัฒนา “E. leclerc's Carbon Labeling” ด้วยตนเอง เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการดำเนินการตามกฎหมายในอนาคต



ภาพที่ 3-6 ฉลากคาร์บอนของสาธารณรัฐฝรั่งเศส

2.2.3 ฉลากคาร์บอนในประเทศสวิตเซอร์แลนด์

องค์กรเอกชน Micclimate และ Ökozentrum Langenbruck ร่วมกันจัดตั้งองค์กร Climatop เพื่อเป็นหน่วยงานในการรับรองฉลากคาร์บอนโดยบริษัทธุรกิจค้าปลีก Migros เป็นผู้นำในการเริ่มดำเนินการการติดฉลากคาร์บอน “Climatop Carbon Label” โดยความช่วยเหลือของบริษัทที่ปรึกษา MyClimate ซึ่งใช้วิธี Hybrid EIO-LCA และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากคาร์บอนมีการบ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพการจัดการการปล่อยคาร์บอนดีกว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเดียวกัน 20 %



ภาพที่ 3-7 ฉลากคาร์บอนของประเทศสวิตเซอร์แลนด์

2.2.4 ฉลากคาร์บอนในประเทศเยอรมนี

รัฐบาลประเทศเยอรมนี สนับสนุนโครงการนำร่อง “Product Carbon Footprint, Pilot Project Deutschland” โดยการดำเนินการของ The World Wide Fund for Nature (WWF) ร่วมกับ Science Institutes Öko-Institute (Institute for Applied Ecology), Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) และ THEMAT ซึ่งมีบริษัทชั้นนำ 7 แห่งเป็นบริษัทนำร่องในโครงการนี้ โดยเป็นธุรกิจในด้าน food trade telecommunications and packaging เข้าร่วมโดยเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เรียกว่า “Product Carbon Footprint, (PCF)” นอกจากนี้ ทางโครงการยังมีการพัฒนาวิธีการเพื่อประเมินค่า PCF และแนวทางการสื่อสารเพื่อแสดงต่อผู้บริโภคเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคเลือกใช้ และสนับสนุนผู้ผลิตในการลดการปล่อยคาร์บอนจากการผลิต



ภาพที่ 3-8 ฉลากคาร์บอนของประเทศเยอรมนี

2.2.5 ฉลากคาร์บอนในประเทศสวีเดน

ประเทศสวีเดนเป็นประเทศแรกที่ยกฉลากที่เป็นมิตรต่อสภาพอากาศสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีการพัฒนามาตรฐาน Climate Labelling for Food 2009:1 เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตอาหารตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงการกระจายสินค้า โดยมีการออกฉลาก Climate-certified production สำหรับสินค้าที่ผลิตในประเทศ และสินค้าที่นำเข้า ซึ่งเป็นฉลากที่ไม่แสดงตัวเลข แต่จะแสดงว่าสินค้านี้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าสินค้าอื่นๆ ในประเภทเดียวกันอย่างน้อย 25%

2.2.6 ฉลากคาร์บอนในประเทศสเปน

ฉลากคาร์บอนในประเทศสเปนจะออกโดยหน่วยงาน EPEA ซึ่งจะแสดงตัวเลขคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยต้องผ่านการรับรองความถูกต้องของข้อมูลจากหน่วยงานรับรองอิสระ ซึ่งบริษัทที่ได้รับฉลากมีเงื่อนไขในการให้พันธสัญญาในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว โดยปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับฉลากทั้งสิ้น 10 รายการ



ภาพที่ 3-9 ฉลากคาร์บอนของประเทศสเปน

2.2.7 ฉลากคาร์บอนในประเทศเนเธอร์แลนด์

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขอติดฉลาก Climate Neutral Product ของ Nature & More ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยจะได้รับการตรวจประเมินและรับรองความถูกต้องจาก บริษัท TÜV Nord โดยบริษัทแห่งแรกที่ได้รับประกาศนียบัตรจาก TÜV Nord คือ Eosta ซึ่งปัจจุบันมีสินค้าที่ได้รับฉลาก Climate Neutral Product ของ Nature & More with TÜV-certification แล้ว จำนวน 4 รายการ



ภาพที่ 3-10 ฉลากคาร์บอนของประเทศเนเธอร์แลนด์

2.2.8 ฉลากคาร์บอนในประเทศสหรัฐอเมริกา

หน่วยงาน Carbon Fund และ the Edinburgh Centre for Carbon Management ทำการพัฒนา “Certify Carbon Free Label” โดยอ้างอิงจากวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต มาตรฐานว่าด้วย the GHG Protocol และ Carbon Trust’s (2007) Carbon Footprint Measurement Methodology ซึ่งหน่วยงาน California-based Climate Conservancy ทำการพัฒนา “Climate Conscious Label” โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งมีการแบ่งชั้นเป็น เหรียญทอง เงิน และทองแดง โดยไม่มีการแสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลข ในขณะเดียวกัน Carbon Trust กำลังดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตกับบริษัท Cola และบริษัท PepsiCo นอกจากนี้ยังมีบริษัทเครื่องดื่ม Monarch Beverages และบริษัทน้ำตาลอินทรีย์ Florida Chrystals กำลังผลักดันการติดฉลากคาร์บอนใน 6 ผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

นอกจากนี้ในรัฐแคลิฟอร์เนียได้เกิดหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจาก แผนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เซ็นสัญญาภายใต้กฎหมายของ Governor Schwarzenegger ในปี 2006 และองค์กรเอกชน Carbon Label California ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของนักวิชาการ นักสิ่งแวดล้อม นักธุรกิจ และผู้กำกับดูแลนโยบาย โดยมุ่งเน้นการผลักดันให้เกิดการติดฉลากคาร์บอนบนผลิตภัณฑ์ที่วางขายในรัฐแคลิฟอร์เนีย



ภาพที่ 3-11 ฉลากคาร์บอนของประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.9 ฉลากคาร์บอนในประเทศแคนาดา

หน่วยงาน CarbonCounted เป็นหน่วยงานที่ไม่หวังผลกำไรที่ดำเนินการรับรองและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และฉลากคาร์บอนให้บริษัทต่างๆ ได้ทำการพัฒนาการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ “Carbon Counted Label” โดยอาศัยมาตรฐาน Green House Gas Protocol ISO 14064 ISO 14025 และ PAS 2050 และฐานข้อมูล CarbonConnect โดยแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นตัวเลข และเป็นหน่วยงานในการรับรองผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบริษัทต่างๆ โดยมีบริษัทนาร่องประมาณ 40 บริษัท



ภาพที่ 3-12 ฉลากคาร์บอนของประเทศแคนาดา

2.2.10 ฉลากคาร์บอนในประเทศญี่ปุ่น

รัฐบาลญี่ปุ่นอนุมัติการติดฉลากคาร์บอนในอาหารและเครื่องดื่ม โดยมีบริษัทชั้นนำ เข้าร่วมโครงการโดยสมัครใจ เพื่อจูงใจบริษัทและผู้บริโภคให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบันมีสินค้าที่ติดฉลากแล้วหลายชนิด โดยมีสินค้านำร่องที่มีฉลากคาร์บอนในประเทศญี่ปุ่นแสดงในนิทรรศการ Eco Products 2008 อาทิเช่น ข้าว ข้าว แครอท ส้ม มะม่วงสำเร็จรูป สมุด หลอดไฟ เครื่องทำความเย็น กระดาษทิชชู และเสื้อ เป็นต้น ซึ่งฉลากคาร์บอนให้รายละเอียดของการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดภายใต้การอนุมัติของรัฐบาล



ภาพที่ 3-13 ฉลากคาร์บอนของประเทศญี่ปุ่น

2.2.11 ฉลากคาร์บอนในประเทศเกาหลีใต้

รัฐบาลเกาหลีใต้ตัดสินใจเลือกบริษัทนำร่อง 10 แห่ง เข้าโครงการนำร่อง “Carbon Label” ตัวอย่างเช่น เครื่องกรองน้ำของบริษัท Woongjin เครื่องซักผ้า ของบริษัท LG Electronics ข้าวกล้องสำเร็จรูปยี่ห้อ CJ เครื่องทำความร้อนของบริษัท Kyungdong และ จอ LCD โดยบริษัท Sumsung Corning Precision Glass เป็นต้น ในขณะที่กระทรวงสิ่งแวดล้อมเกาหลีใต้มีการรณรงค์ “Green start Campaigne” ก็ได้มีการเริ่มโครงการ “Low carbon, Green Korea” โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังมีแผนการก่อตั้งโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการศึกษาการลดคาร์บอนในโรงเรียน และกระตุ้นธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย



ภาพที่ 3-14 ฉลากคาร์บอนของประเทศเกาหลีใต้

2.2.12 ฉลากคาร์บอนในประเทศจีน

หน่วยงาน The China Energy Conservation Investment Corporation (CECIC) และ Carbon Trust, UK มีการดำเนินการร่วมกันเพื่อมุ่งเป้าในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นำร่อง 10 ชนิด โดยใช้มาตรฐาน PAS 2050:2008 เพื่อธุรกิจและการส่งออก

2.2.13 ฉลากคาร์บอนในประเทศออสเตรเลีย

ประเทศออสเตรเลียมีการพัฒนาฉลากคาร์บอนสำหรับสินค้าและบริการตั้งแต่ปี 2001 โดยในระยะแรกเป็นดำเนินงานโดยรัฐบาล ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนเป็นดำเนินการโดยสถาบัน/หน่วยงานภาคเอกชน โดยโครงการแรกที่ริเริ่ม คือ โครงการ Greenhouse Friendly ซึ่งเป็นโครงการรับรองผลิตภัณฑ์และบริการที่ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (carbon neutral label) จนกระทั่งเมื่อประเทศออสเตรเลียตัดสินใจดำเนินโครงการ CPRS จึงประกาศยกเลิกฉลาก Greenhouse Friendly ในปี 2010 นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาฉลาก Carbon neutral ขึ้น โดยสถาบัน Carbon Reduction Institute (CRI) โดยแบ่งเป็นสองประเภท คือ 1) ฉลาก Low CO₂ แสดงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยตัวเลขแสดงร้อยละของการลดการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกจากเป้าหมายที่ตั้งไว้ และ 2) ฉลาก NO CO_2 เป็นฉลาก Carbon neutral ที่แสดงว่าในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ มีการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่ากัน โดยสินค้าและบริษัทที่ได้รับฉลาก NO CO_2 เมื่อเดือน ตุลาคม 2008 มีจำนวน 85 บริษัท



ภาพที่ 3-15 ฉลากคาร์บอนของประเทศออสเตรเลีย

2.2.14 ฉลากคาร์บอนในประเทศนิวซีแลนด์

ประเทศนิวซีแลนด์อยู่ระหว่างการพัฒนาวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จึงยังไม่มีสินค้าที่ได้รับการติดฉลากคาร์บอน อย่างไรก็ตามได้มีการเริ่มพัฒนาฉลากการกักเก็บคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ไม้ เช่น ผลิตภัณฑ์ไม้ซุง และแผ่นไม้ ของ บริษัท Nelson Forests ใช้หลัก PAS2050 หา carbon footprint ตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาหักลบกับค่าการกักเก็บคาร์บอนระหว่างการปลูก พบว่าผลิตภัณฑ์ไม้ของ Nelson Forests ช่วยลดการปล่อยคาร์บอน 16-25 % ดังนั้น ฉลากคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ไม้ของบริษัทจึงเป็นลักษณะของการติดฉลากการกักเก็บคาร์บอน



ภาพที่ 3-16 ฉลากคาร์บอนของประเทศนิวซีแลนด์

2.2.15 ฉลากคาร์บอนในประเทศไทย

สำหรับฉลากคาร์บอนในประเทศไทยนั้น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์การมหาชน (อบก.) ร่วมกับ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สตท.) ได้พัฒนาระบบการขึ้นทะเบียนฉลากคาร์บอน “Carbon Reduction Label” (ภาพที่ 3-17) เพื่อใช้กลไกทางการตลาดเป็นตัวผลักดันและกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยัง

เป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการมีส่วนร่วมในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยฉลากคาร์บอนเป็นข้อมูลอย่างง่ายเพื่อสื่อว่า สินค้าหรือบริการนั้นมีการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตออกสู่บรรยากาศในปริมาณต่ำ โดยเกณฑ์การขึ้นทะเบียนฉลากคาร์บอนมี 3 ข้อ สินค้าหรือบริการที่ผ่านการอนุมัติต้องผ่านเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

- เกณฑ์ข้อที่ 1 กระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป ระหว่างปีพ.ศ. 2545 ถึงปีล่าสุดที่ครบ 12 เดือนโดยนับข้อมูลสิ้นสุด ณ เดือนธันวาคม ซึ่งพิจารณาปัจจัยหลัก ได้แก่ การใช้วัตถุดิบ การจัดการพลังงาน (การใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต) และการจัดการของเสีย หรือ

- เกณฑ์ข้อที่ 2 กระบวนการผลิตมีระบบผลิตไฟฟ้าจากวัสดุชีวมวลหรือจากของเสียเพื่อใช้ภายในโรงงาน โดยอาจซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตภายนอกได้แต่ต้องไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตสินค้า ทั้งนี้จะไม่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิต (ยกเว้นเพื่อการเริ่มต้นเดินระบบผลิตไฟฟ้าและเพื่อการเคลื่อนย้ายสิ่งของภายในพื้นที่สถานประกอบการเท่านั้น) และไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากของเสีย (น้ำเสีย หรือกากของเสีย/ขยะมูลฝอย) หรือ

- เกณฑ์ข้อที่ 3 กรณีที่กระบวนการผลิตมีการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในภาคอุตสาหกรรมประเภทนั้นๆ คณะทำงานส่งเสริมการใช้ฉลากคาร์บอนจะพิจารณาเป็นกรณีไป



ภาพที่ 3-17 ฉลากคาร์บอน “Carbon Reduction Label” ของประเทศไทย

ฉลากคาร์บอน “Carbon Reduction Label” มีอายุ 3 ปีนับตั้งวันที่ได้รับการขึ้นทะเบียน ผู้ผลิตต้องยื่นเอกสารเพื่อขอขึ้นทะเบียนฉลากใหม่อีกครั้งหลัง 3 ปี และมีค่าดำเนินการใน

การขึ้นทะเบียนฉลาก 100,000 บาทต่อผลิตภัณฑ์ ในสถานการณ์ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการ
รับรองเรียบร้อยแล้ว จำนวน 40 ผลิตภัณฑ์จาก 13 บริษัท (ข้อมูลเดือนตุลาคม ปี 2552) จากหลาย
กลุ่มอุตสาหกรรม อาทิ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง น้ำตาลทราย น้ำมันพืช ปูนซีเมนต์และปูน
สำเร็จรูป วัสดุทดแทนไม้ กระเบื้องเซรามิกปูพื้น เซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร บรรจุ
ภัณฑ์เครื่องดื่ม และถุงยางอนามัย (ภาพที่ 3-18)



ภาพที่ 3-18 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองฉลากคาร์บอนประเภท Carbon Reduction Label

ในขณะเดียวกัน องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้ริเริ่มและกำลังดำเนินโครงการวิจัย
เรื่อง “โครงการส่งเสริมการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์
(Carbon Footprint Label)” ระยะเวลาดำเนินโครงการ ตั้งแต่เดือนมีนาคม ปี 2552 ถึงเดือนมีนาคม
ปี 2553 โดยรับสมัครบริษัทนำร่องในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง บริษัท
ละ 1 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง พร้อมทั้งขอรับรองผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อติดฉลาก
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จำนวน 25 บริษัท (ตาราง ที่ 3-1) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์
และฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ภาพที่ 3-19) เป็นเครื่องมือกระตุ้นการประเมินเพื่อหาทางลดปริมาณ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคาดหวังว่าบริษัทนำร่องจะมีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาศักยภาพและเตรียมความพร้อมดำเนินการฉลาก

คาร์บอน ภายในเดือนพฤศจิกายน ปี 2552 (บริษัทนำร่องกลุ่มแรก) และเดือนมีนาคม ปี 2553 (บริษัทนำร่องกลุ่มที่สอง) ซึ่งขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ครอบคลุม โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle greenhouse gas emissions)

เมื่อสิ้นสุดโครงการนำร่องฯ คณะกรรมการทางเทคนิคคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะทำหน้าที่เป็น “ที่ปรึกษาขึ้นทะเบียน” (Registered consultants) ในการให้บริการทางวิชาการกับภาคอุตสาหกรรมในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อไป พร้อมกันนี้ คณะกรรมการทางเทคนิคคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะพิจารณาประเด็นปัญหาเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับ วิธีวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และการติดฉลากคาร์บอน จากกรณีศึกษาของบริษัทนำร่องเพื่อนำไปสู่การพัฒนา “แนวทางเชิงปฏิบัติในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (National Guideline on Carbon Footprint of Product and Carbon Footprint Labelling)”



ภาพที่ 3-19 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ “Carbon Footprint Label” ของประเทศไทย

ตารางที่ 3- 2 รายชื่อบริษัทนำร่องจำนวน 25 บริษัทเข้าร่วมโครงการ “ส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย” (แหล่งที่มา www.tgo.or.th)

ลำดับที่	รายชื่อบริษัทนำร่อง	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
1	บริษัท ทองไทยการทอ จำกัด	เสื้อยืด 100% cotton ใช้สวมใส่ทั่วไป
2	บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด	เครื่องดื่มโคคา-โคลาชนิดบรรจุ กระป๋องบรรจุ 325 cc
3	บริษัท บางกอกแคน แมนูแฟคเจอร์ จำกัด	กระป๋องเครื่องดื่มที่ผลิตจาก Line TULC
4	บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด	กระเบื้องเซรามิคบุผนัง
5	บริษัท ซี พี อินเตอร์เทรด จำกัด	ข้าวหอมมะลิ 100%
6	บริษัท เอเซียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน)	เส้นด้ายยัดในลอน
7	บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด	ไก่ย่างเทรียกิ ซีพี

ตารางที่ 3- 2 รายชื่อบริษัทนำร่องจำนวน 22 บริษัทเข้าร่วมโครงการ “ส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ
ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย” (แหล่งที่มา www.tgo.or.th) (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อบริษัทนำร่อง	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
8	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)	เนื้อไก่สด ซีพี
9	บริษัท อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนลเพ็ดฟู้ดส์ จำกัด	เจอรี่ไฮสติกขนมขบเคี้ยวสำหรับสุนัข
10	บริษัท เพรสซิเดนทีไรซ์โปรดัก จำกัด (มหาชน)	เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูปน้ำใส มามา
11	บริษัท ทิปปโกฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน	น้ำสับประรดเข้มข้น
12	บริษัท บางซื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด	ข้าวหอมมะลิ 100% ใหม่ตันฤดู ตรา หงษ์ทอง
13	บริษัท คาร์เปทอินเทอร์เน็ตเนชั่นแนลไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน)	พรมปูพื้น
14	บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด	แกงเขียวหวานทูน่าบรรจุกระป๋องซีเล็ค
15	บริษัท กลุ่มสยามบรรจุภัณฑ์ จำกัด	บรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกทำจาก กระดาษรีไซเคิล
16	บริษัท สยาม รีคอนดิชัน อินดัสตรี จำกัด	เครื่องถ่ายเอกสาร
17	บริษัท ไทยไฮบริด จำกัด	เม็ดพลาสติกผสมเส้นใย
18	บริษัท ยางโอตานิ จำกัด	ยางรถยนต์
19	บริษัท อีสเทิร์นโพลี แพค จำกัด	แก้ว 16 02 PP
20	บริษัท การบินไทยมหาชน จำกัด	อาหารบริการลูกค้าสายการบิน
21	บริษัท เอส ไอ ที คอมมิวนิเคชั่น จำกัด	บรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อสำหรับอาหาร เหลวและเครื่องดื่ม
22	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	อาหารไก่เนื้อ

3. สถานการณ์ด้านตลาดของฉลากคาร์บอน

หลายประเทศให้ความสำคัญกับ การประยุกต์ใช้ ฉลากคาร์บอนในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากสินค้าอุปโภคบริโภคมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากภาคการบริโภคในครัวเรือน อย่างมีนัยสำคัญ ตลอดจนเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคพื้นฐานสำหรับผู้บริโภคทุกคน ที่น่าจะพิจารณา ส่งเสริมให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน เพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความ ตระหนักในการมีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเนื่องมาจากวิถีและพฤติกรรมบริโภค

ธุรกิจผู้ค้าปลีกโดยเฉพาะในประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป มีบทบาทสำคัญในการประยุกต์ใช้ฉลากคาร์บอนเพื่อจูงใจนโยบายส่งเสริมการค้าที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีการดำเนินการฉลากคาร์บอนตามความสมัครใจ ตัวอย่างเช่น Tesco ในสหราชอาณาจักรที่มีการดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนและติดฉลากคาร์บอนในผลิตภัณฑ์แบรนด์ Tesco แล้วจำนวน 114 ผลิตภัณฑ์ (ข้อมูลเดือนตุลาคม 2552) โดยตั้งเป้าเพิ่มจำนวนเป็น 500 ผลิตภัณฑ์ในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2553 โดยในขณะนี้ไม่ได้มีการบังคับให้ผู้ค้าปลีกของ Tesco ดำเนินการฉลากคาร์บอนแต่อย่างใด ในขณะที่ธุรกิจผู้ค้าปลีก Casino และ E.LeClerc ในสาธารณรัฐฝรั่งเศส มีการประยุกต์ใช้ฉลากคาร์บอนที่พัฒนาขึ้นเองตั้งแต่ปี 2551 โดย Casino มีผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอนวางจำหน่ายแล้ว 288 ผลิตภัณฑ์ และ E.LeClerc มีผลิตภัณฑ์ติดฉลากคาร์บอนวางจำหน่ายแล้ว กว่า 20,000 ผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการดำเนินการของธุรกิจผู้ค้าปลีกทั้งสอง ต้องปรับเปลี่ยนตามข้อกำหนดของรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะกำหนดให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นหนึ่งในข้อมูลสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ต้องแสดง และให้ใช้วิธีการคำนวณขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามวิธี “Bilan Product” ที่พัฒนาโดย ADEME การแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศทุกรายการดำเนินการภายในวันที่ 1 มกราคม ปี 2554 ส่วนในประเทศเยอรมัน มีการดำเนินโครงการนำร่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และนำฉลากสิ่งแวดล้อม Blue Angel มาใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย เนื่องจากฉลากสิ่งแวดล้อม Blue Angel เป็นที่รู้จักกันดีในผู้บริโภคเยอรมัน

ส่วนในประเทศไทย ฉลากคาร์บอน เป็นการดำเนินการตามความสมัครใจ และหน่วยงานรัฐพยายามส่งเสริมการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อหาทางปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและบริโภค อันเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนการดำเนินการฉลากคาร์บอนนั้นพบว่าหลายบริษัทให้ความสนใจเนื่องจากเห็นว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือแสดงความเป็นผู้นำด้านสิ่งแวดล้อม หรือเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับแบรนด์สินค้า

4. การศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์อาหารก่อนหน้านี้

จากการทบทวนการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์อาหารก่อนหน้านี้ พบว่า

- Milà *et al.* (2003) ทำการศึกษาการผลิตแอปเปิ้ลในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าเทคนิคของเกษตรกรในการปลูกแอปเปิ้ลมีผลกระทบมากในผลการประเมินวัฏจักรชีวิต เช่น ก่อให้เกิดความผันแปร 30-50% ของการใช้พลังงานเมื่อเกษตรกรแต่ละคนใช้วิธีการเพาะปลูกที่ไม่เหมือนกันในประเทศนิวซีแลนด์การใช้พลังงานในการเพาะปลูกแอปเปิ้ลแบบอินทรีย์มีค่าสูงกว่าการปลูกแอปเปิ้ล

แบบผสมผสาน และก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ มากกว่า 50% ของประเภทผลกระทบที่พิจารณาในการศึกษา

- Milà *et al.* (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างแอปเปิ้ลที่บริโภคภายในประเทศของสหภาพยุโรป กับแอปเปิ้ลที่นำเข้ามาจากประเทศนิวซีแลนด์และอเมริกาใต้ พบว่าแอปเปิ้ลในสหภาพยุโรปและประเทศนิวซีแลนด์มีการใช้พลังงานปรมาณูใกล้เคียงกันระหว่างฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนของทวีปยุโรป (ฤดูการออกผลของแอปเปิ้ลของซีกโลกใต้) แต่ระหว่างฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว (ฤดูการออกผลของแอปเปิ้ลของซีกโลกเหนือ) มีการใช้ พลังงานปรมาณูในการนำเข้าแอปเปิ้ลจากซีกโลกใต้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการบริโภคแอปเปิ้ลในสหภาพยุโรป แต่ข้อสรุปข้อหลังนี้ไม่เป็นจริงสำหรับแอปเปิ้ลที่มีการนำเข้าจากประเทศหนึ่งมาบริโภคในอีกประเทศหนึ่งของสหภาพยุโรป เนื่องจากการใช้พลังงานสำหรับการขนส่งทางถนนมีอิทธิพลมากต่อผลการทดลอง

- Antón *et al.* (2003) ประเมินวัฏจักรชีวิตของมะเขือเทศที่ปลูกโดยใช้ดินในเรือนกระจกที่มีโครงสร้างเป็นเหล็ก พบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ การผลิตและความต้องการใช้ปุ๋ย และการผลิตเรือนกระจกจากสารทั้งหมด 470 ชนิด ที่ถูกพิจารณาในการศึกษา พบว่ามีเพียง 21 ชนิด ที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่า 5% ของทั้งหมดในหนึ่งประเภทผลกระทบ โดยสาร 21 ชนิด มี 16 ชนิดก่อให้เกิดการปล่อยสู่อากาศและแหล่งน้ำ 6 ชนิด เป็นยากำจัดศัตรูพืช และ 5 ชนิด เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป

- Braschkat *et al.* (2003) ประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตขนมปังโดยการเปรียบเทียบวิธีที่แตกต่างกัน 8 วิธี โดยพิจารณาจากวิธีการเพาะปลูก (แบบธรรมดา และแบบอินทรีย์) เทคโนโลยีการสีข้าวที่แตกต่างกัน (อุตสาหกรรมการสีข้าว และการสีข้าวแบบครัวเรือน) และเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของการอบขนมปัง (โรงงานผลิตขนมปังขนาดใหญ่ ร้านขนมปัง และการอบขนมปังในครัวเรือน) พบว่าวิธีการที่ใช้การปลูกข้าวสาเลแบบอินทรีย์ สีข้าวโดยโรงงานอุตสาหกรรม และผลิตขนมปังโดยโรงงานขนาดใหญ่ เป็นการผลิตขนมปังที่มีผลต่อการพิจารณาประเภทผลกระทบมากที่สุดในการศึกษานี้ และการปลูกข้าวสาเลแบบอินทรีย์ใช้พื้นที่มากกว่าการปลูกแบบทั่วไป นอกจากนี้ความแตกต่างเนื่องจากวิธีการเพาะปลูก เทคโนโลยีการสีข้าวและการอบขนมปัง การขนส่งเมล็ดข้าว แป้ง และขนมปัง โดยผู้บริโภคมีความสำคัญมากสำหรับการประเมินค่าขั้นสุดท้ายของแต่ละวิธีการ พบว่าการขนส่งโดยผู้บริโภคขั้นสุดท้ายครอบคลุมผลกระทบทางนิเวศวิทยาที่ขึ้นอยู่กับระยะทางทั้งหมด

- *Ledgard et al. (2003)* ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อคำนวณการใช้ทรัพยากรและการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งระบบในอุตสาหกรรมนมในประเทศนิวซีแลนด์ การประยุกต์ใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตจากบนลงล่างโดยใช้การวิเคราะห์สารขาเข้า/สารขาออก แสดงให้เห็นจุดที่แตกต่างในการผลิตที่สัมพันธ์กันระหว่างฟาร์มนม โรงงานผลิตนม และการผลิตทางอ้อม วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตจากล่างขึ้นบนถูกใช้เพื่อคำนวณระบบฟาร์มทั้งหมด (ฟาร์มนม และพื้นที่การเลี้ยงสัตว์และปลูกพืชอาหารสัตว์) ผลของการเพิ่มความรุนแรงโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนหรือการเพาะปลูกพืชอาหารสัตว์แบบผสมผสาน พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและกำไรแต่ลดประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม ในทางตรงกันข้ามการใช้พืชอาหารสัตว์สูงขึ้นเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินและการผลิตทั้งหมดและไม่สูญเสียประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อม (ต่อนม 1 ลิตร)

- *Sanjuán et al. (2003)* ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตส้มแบบผสมผสานในประเทศสเปน โดยมีหน่วยหน้าที่คือ ส้ม 1 กิโลกรัม พบว่าการผลิตปุ๋ยก่อให้เกิดการเกิดกรดมากที่สุด 86% จากทั้งหมด ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยของแอมโมเนียในการผลิตแอมโมเนียในเตา และทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป 84% การผลิตปุ๋ยยังก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 52% และการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี 42% จากการปล่อยในกระบวนการเผาไหม้ และการลดลงของโอโซน 25% มีสาเหตุหลักมาจากการสร้างฮาโลน 301 ระหว่างกระบวนการเผาไหม้ที่มีฟลูออไรด์และโบรมีน การผลิตและการใช้พลังงานสำหรับการรดน้ำ และเครื่องจักรการเกษตรยังก่อให้เกิดการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี และการลดลงของโอโซนคิดเป็น 33% และ 41% ตามลำดับของผลกระทบทั้งหมด การทำการเกษตรก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีมากที่สุด 99.9% เนื่องจากการละลายของไนเตรต และการทำการเกษตรนี้ยังมีผลต่อความเป็นพิษต่อมนุษย์และพื้นดินคิดเป็น 96 และ 85% ตามลำดับ โดยสาเหตุหลักมาจากการใช้ทองแดงในสารฆ่าเชื้อรา และก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 33% จากการสกัดทองแดงและการเผาไหม้เชื้อเพลิงก่อให้เกิดการลดลงของชั้นโอโซน 34% และการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี 25%

- *Caser and Holden (2003)* ทำการวิเคราะห์และอธิบายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นระบบจากฟาร์มปศุสัตว์ที่หมุนเวียนเพื่อการผลิตนมในประเทศไอร์แลนด์ โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่าระบบถูกกำหนดโดยค่าเฉลี่ยของขนาดฝูงปศุสัตว์ (วัว 47 ตัว) การใช้อินทรีียไนโตรเจนทั้งหมด (174 กิโลกรัม/เฮกเตอร์) และมีปริมาณการบริโภค (818 กิโลกรัมสัตว์/ปี) คำนวณจากข้อมูลในประเทศ กระบวนการผลิตของระบบก่อให้เกิดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกเพื่อประเมินผลกระทบของการผลิตนม 1 ลิตร ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อหน่วยหน้าที่เท่ากับ 1.36

- De Boer *et al.* (2003) ทำการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) การวิเคราะห์ฟุตพริ้นท์ทางนิเวศวิทยา (Ecological Footprint Analysis, EFP) และการทำบัญชีสารขาเข้า-สารขาออก (input-output accounting, IO) ของการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ฟาร์มผลิตนมเพื่อการค้า เพื่อกำหนดความมีประสิทธิภาพของตัวชี้วัดสิ่งแวดล้อมที่ได้มาจาก IO EFP และ LCA เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างฟาร์มผลิตนมเพื่อการค้าจากทั้งหมด 11 ตัวชี้วัดสิ่งแวดล้อมถูกวัดเป็นปริมาณและทำให้สัมพันธ์กัน พบว่า IO ของสารอาหารได้ผลเป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนแปลงและการเกิดกรด แต่EFP และ LCA ได้ตัวชี้วัดที่เหมือนกันในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้พลังงาน ต่อมาผลรวมของการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้พลังงานภายในหนึ่งหน่วยสุดท้าย เช่น พื้นที่ที่มีผลกระทบทางชีววิทยาถูกแสดงถึงความไม่มีประสิทธิภาพ และพบว่า LCA เป็นวิธีการที่มีประโยชน์โดยดูจากประสิทธิภาพของตัวชี้วัดสิ่งแวดล้อม ผลของการประเมินวัฏจักรชีวิตเกี่ยวกับศักยภาพการเกิดกรด เช่น การปล่อยแอมโมเนียในฟาร์มต่อเฮกตาร์หรือต่อกิโลกรัมนมเป็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพในการแสดงความแตกต่างระหว่างระบบการผลิตและการปรับปรุงการดำเนินการในระบบ

- Wallén *et al.* (2004) ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลือกอาหารของชาวสวีเดน โดยเปรียบเทียบระหว่างอาหารที่ยั่งยืน(Sustainable diet) ในด้านโภชนาการและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกับการบริโภคอาหารเฉลี่ยของประเทศสวีเดนในปีค.ศ. 1999 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าน้อยมากเมื่อเปลี่ยนแปลงอาหารจากอาหารปกติเป็นอาหารที่ยั่งยืน และการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตอาหาร เช่น การลดการใช้พลังงานฟอสซิล ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการที่ผู้บริโภคเลือกอาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

- Fiala (2008) ทำการประเมินการบริโภคเนื้อและศักยภาพการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมของการผลิตเนื้อสัตว์ในอนาคตเมื่อมีการใช้วิธีการให้อาหารสัตว์แบบจำกัด(Confined Animal Feeding Operation, CAFOs) อย่างกว้างขวาง พบว่าการผลิตเนื้อสัตว์ในอนาคตยังคงเป็นผู้ผลิตก๊าซเรือนกระจกขนาดใหญ่ โดยจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน (15-24% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) 6.3% ในปี ค.ศ. 2030

บทที่ 4

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ

“ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100% เกรด 1 (AA) บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม คิดเป็น 39 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการปลูกข้าว เป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดมากกว่า 97% ของปริมาณรวม”

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการศึกษานี้ ดำเนินการตามวิธีการในมาตรฐาน PAS 2050 รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดเป้าหมายในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

โครงการวิจัยนี้ กำหนดเป้าหมายเพื่อสร้างองค์ความรู้และประสบการณ์เชิงปฏิบัติเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้มาตรฐาน PAS ในการวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนโดยตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับใช้จำแนกแนวทางในการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต

2. การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

“ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ”

เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในต่างประเทศ ทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นทุกปี เพื่อเป็นการส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมในการขยายตลาดไปยังสหภาพยุโรป ซึ่งเป็นตลาดที่ส่งเสริมการค้าและการบริโภคที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงถูกเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในการศึกษาวิจัย

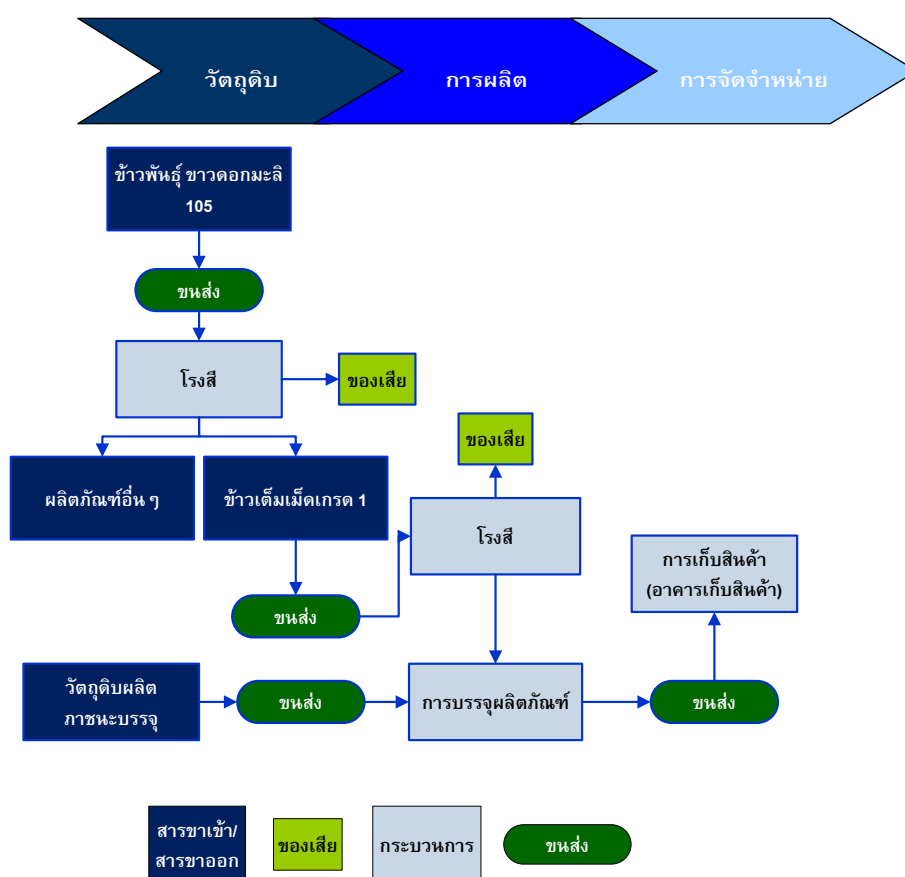


ภาพที่ 4-1 ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ

หน่วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ กำหนดเป็นขนาดบรรจุสำหรับการบริโภคที่นิยมสูงสุด คือ ขนาด 5 กิโลกรัม โดยเลือกถุง Cast Polypropylene/Linear Low Density Polyethylene (CPP/LLDPE) ซึ่งเป็นถุงที่กำลังจะถูกนำมาใช้ในทุกๆ ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งขายในทุกๆ ประเทศ เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับแบรนด์สินค้า

3. ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100% ชั้น 1 (AA) บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริษัทโครงการสาธิตจัดจำหน่ายให้กับผู้ซื้อที่เป็นองค์กรธุรกิจ ดังนั้นขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงกำหนดเป็นระหว่างองค์กรธุรกิจ หรือ B2B (Business to Business) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การปลูกข้าว การสีข้าว การผลิตภาชนะบรรจุและการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อ ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน (ภาพที่ 4-2)



ภาพที่ 4-2 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ

จากขอบเขตการศึกษาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิพื้นที่ที่
ทำการศึกษาโครงการวิจัยนี้ ได้แก่

- นาข้าว จำนวน 1 แห่ง ที่อำเภอสวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิ
หลักให้กับโรงสีที่เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตหลักของบริษัทโครงการสาธิต
- โรงสีข้าว จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ โรงสีข้าวที่จังหวัดร้อยเอ็ด 3 แห่ง จังหวัดศรีสะเกษ 1
แห่ง และจังหวัดอุบลราชธานี 1 แห่ง
- โรงงานผลิตข้าวสารหอมมะลิ (บริษัทโครงการสาธิต) จำนวน 1 แห่ง คือ บริษัทบางซื่อ
โรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด ตั้งอยู่ที่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี
- โรงงานผลิตภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ถุง CPP/LLDPE ขนาด
บรรจุ 5 กิโลกรัม จำนวน 1 แห่ง ที่อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

4. การสร้างแผนผังการไหล

จากการกำหนด ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่กำหนด สามารถสร้างแผนผัง
การไหลของระบบผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ(ภาพที่ 4-3)

5. การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

5.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

5.1.1 ขั้นตอนการปลูกข้าว

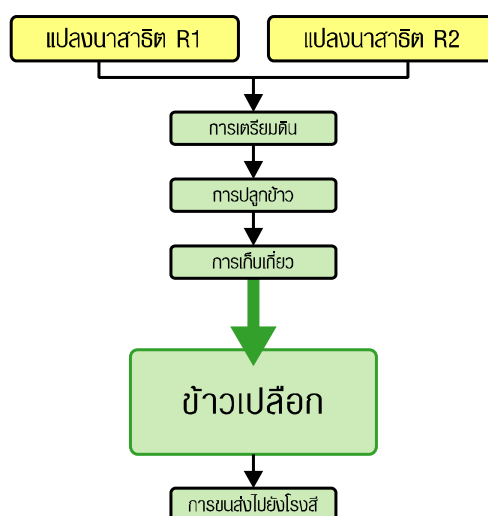
ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขอทราบการปลูกข้าวที่ต้องการได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า และปริมาณสารขาออกในแต่ละกิจกรรมการผลิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การผลิตเมล็ดพันธุ์ การเตรียมพื้นที่ การปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยในแปลงนาหลังจากออกเมล็ดและหลังข้าวออกรวง การเก็บเกี่ยวข้าว และการจัดการฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว (ภาพที่ 4-4) รวมทั้งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตั้งแต่หรือหลังจากวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2533

ในการศึกษานี้ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากแหล่งปลูกข้าวหลักที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด โดยแปลงที่ 1 (R1) เป็นแปลงที่ปลูกตามวิธีของเกษตรกรในพื้นที่ และแปลงที่ 2 (R2) เป็นนาข้าวที่เป็นแปลงทดลองของบริษัท บางชื่อโรงสีไฟฟ้าเจียมั่ง จำกัด ซึ่งมีลักษณะเป็นนาข้าวที่สามารถปลูกข้าว ปีละ 1 ครั้ง โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา มากกว่า 20 ปี ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้ไม่ต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

กิจกรรมการปลูกข้าวของแต่ละแปลงนา รายละเอียดเป็นดังนี้

- แปลง R1 มีขั้นตอนการปลูกข้าวเริ่มตั้งแต่การไถกลบตอซังเพื่อเตรียมดิน และมีการไถกลบอีก 2 ครั้ง ในเดือนมกราคมและเดือนเมษายนก่อนทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ การใช้น้ำจะใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว สำหรับการใส่ปุ๋ยในแปลงนาหว่าน ครั้งแรกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ในช่วง 1 อาทิตย์ หลังจากหว่านข้าว การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จะใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 หลังจากการหว่าน 20-25 วัน ครั้งที่ 3 จะใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หลังจากการหว่านข้าว 1-2 เดือน และครั้งสุดท้ายจะใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อีก ในช่วงข้าวแตกกอถึงตั้งท้อง การเก็บเกี่ยวจะใช้รถเกี่ยวข้าว และรถอัดฟาง โดยการจัดการฟางข้าว เป็นการเก็บฟางข้าวออกจากนาเพื่อนำไปขาย และไถกลบตอซังเพื่อเตรียมดินในรอบถัดไป

- แปลง R2 การเตรียมดินใช้รถไถเช่นเดียวกับแปลง R1 และอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ส่วนการปลูกข้าวในแปลงใช้วิธีการทำนาดำ¹ ในการใส่ปุ๋ยของแปลงนี้จะใช้ปุ๋ยชีวภาพแบบน้ำที่มีส่วนผสมของกากน้ำตาลและหัวเชื้อจุลินทรีย์ โดยจะใส่ 3 ครั้ง ครั้งละ 50 ลิตรต่อไร่ ตลอดระยะเวลาการปลูก ครั้งแรกจะใส่ในช่วง 1 อาทิตย์ หลังจากการปลูกข้าว ครั้งที่ 2 ใส่ในช่วง 1-2 เดือนหลังจากปลูกข้าว และครั้งสุดท้ายใส่ระยะข้าวแตกกอถึงระยะตั้งท้อง การเก็บเกี่ยวของแปลงนี้จะใช้แรงงานคน และการจัดการฟาง ใช้การไถกลบทั้งฟางข้าวและตอซังสำหรับเตรียมดินในรอบต่อไป โดยแปลง R1 ใช้น้ำมันดีเซลสำหรับรถไถและรถเกี่ยวข้าว ส่วนแปลง R2 ใช้น้ำมันดีเซลสำหรับรถไถเท่านั้นและใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 4-4 ขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

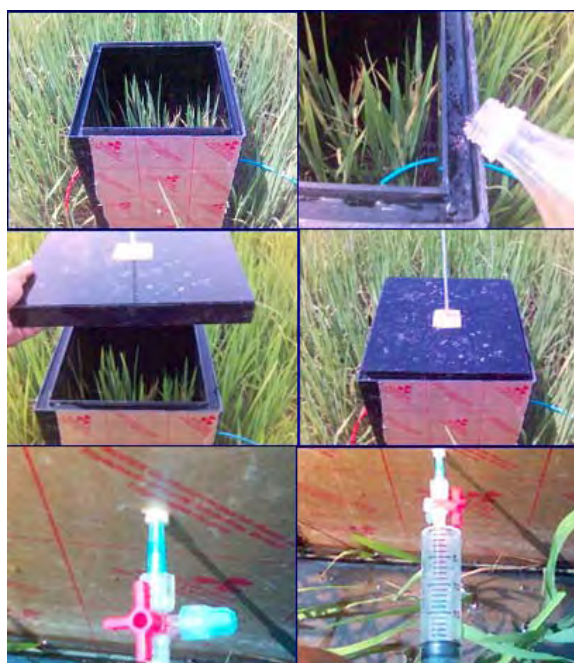
สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว รวบรวมโดยการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซในตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทน โดยเก็บตัวอย่างที่แปลง R1 และ R2 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ด้วยวิธี Closed chamber โดยมีฐานทรงสี่เหลี่ยมขนาด 0.3×0.3×0.1 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ฝังอยู่ในดินนาตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเพื่อลดการระบายระบบ ในขณะที่เก็บตัวอย่างใช้กล่องเก็บตัวอย่างทำจากอะคริลิกทึบแสง ขนาด 0.3×0.3×0.8 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ครอบลงบนฐาน (ภาพที่ 4-5) จากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซจากกล่องที่เวลา 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที และบันทึกอุณหภูมิในกล่องตามเวลาที่เก็บตัวอย่างเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ตั้งแต่ช่วงเตรียมดินจนถึงเกี่ยวข้าวซึ่งในแต่ละแปลงนามีจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด จึงมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 6 จุดในแต่ละพื้นที่ทดลอง (ภาพที่ 4-6)

¹ การทำนาดำ หมายถึง การทำนาที่ต้องมีการตากกล้าเตรียมไว้ก่อน และเมื่อกล้ามีอายุพอเหมาะจึงทำการถอนกล้าไปปักดำในนาที่เตรียมดินไว้แล้ว และมีการขังน้ำอยู่ในนาตลอดฤดูปลูก

หลังจากนั้นนำก๊าซที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (Shimadzu model GC 14B, Japan) Flame Ionization Detector (FID) โดยใช้ unibead C column โดยใช้อุณหภูมิของ Detector Injection และ Column เท่ากับ 300 องศาเซลเซียส 120 องศาเซลเซียสและ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้ก๊าซ Helium เป็น carrier gas เพื่อวิเคราะห์มีเทน โดยใช้ปริมาณตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรในการวิเคราะห์ และวิเคราะห์ไนตรัสออกไซด์โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography 63Ni electron capture detector (ECD) ซึ่งใช้อุณหภูมิ Detector Injection และ Column เท่ากับ 300 120 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับโดยใช้ปริมาณตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ในการวิเคราะห์และคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซ



ภาพที่ 4-5 กล่องเก็บตัวอย่างก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าว

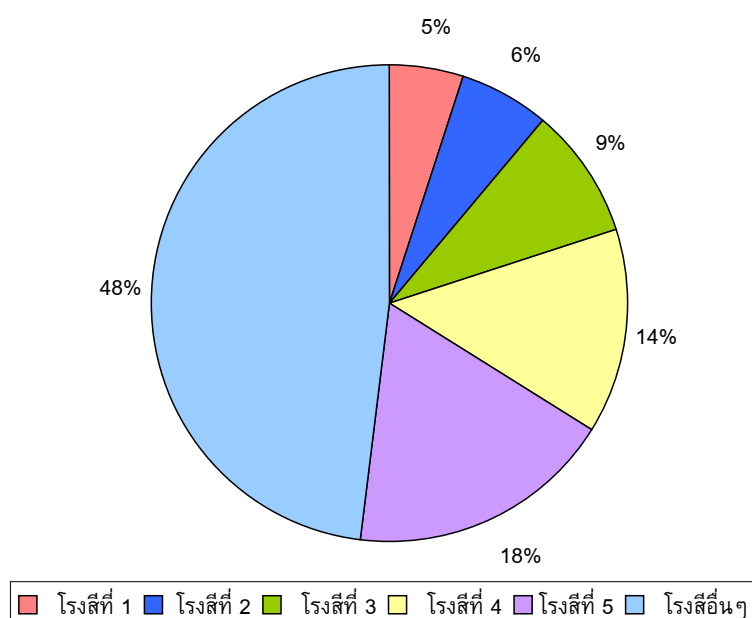


ภาพที่ 4-6 วิธีการเก็บก๊าซในนาข้าวโดยวิธี Close chamber

5.1.2 ขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัย)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมขอสารปลูกข้าวที่ต้องการได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า และปริมาณสารขาออกในแต่ละกิจกรรมการผลิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ การเตรียมที่ดิน การทำนา การใส่ปุ๋ยในแปลงนาหลังจากออกเมล็ดและหลังข้าวออกรวง การเก็บเกี่ยวข้าว และการจัดการฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว

ในการศึกษานี้ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมจาก โรงสีหลัก จำนวน 5 แห่งที่เป็นผู้จัดส่งวัตถุดิบ คิดเป็นสัดส่วน 52% ของปริมาณวัตถุดิบข้าวหอมมะลิที่ส่งให้แก่บริษัทโครงการสาริตทั้งหมด โดยแบ่งเป็นข้าวกล้อง 23% และข้าวขาว 29 % (ภาพที่ 4-7) จึงใช้ข้อมูลจากโรงสี 5 แห่ง เป็นข้อมูลตัวแทนของการสีข้าวโดยปรับสัดส่วนให้เป็น 100%



ภาพที่ 4-7 สัดส่วนการจัดส่งข้าวให้บริษัทโครงการสาริต

- โรงสีที่ 1 ตั้งอยู่ที่จังหวัดศรีสะเกษ มีสัดส่วนการส่งข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คิดเป็น 5% โดยเป็นข้าวที่ผ่านการขัดขาวแล้ว มีกำลังการผลิต 420 เกลียนต่อวัน เทคโนโลยีโรงสีเป็นโรงสีขนาดใหญ่ พลังงานที่ใช้ในโรงสี คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำที่ใช้แลกเปลี่ยนเชื้อเพลิง รับซื้อข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากเกษตรกรรายย่อยและพ่อค้าคนกลางในจังหวัดศรีสะเกษและใกล้เคียง การขนส่งข้าวไปยัง บริษัท บางชื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด ระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) ประมาณ 1,036 กิโลเมตร โดยมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มตั้งแต่การตรวจรับข้าวและลำเลียงเข้าสู่ถังเก็บข้าวเปลือก หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดข้าวและทำการ

แยกหิน ต่อมาทำการกระเทาะเปลือกได้เป็นข้าวกล้อง หลังจากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปผ่านการขัดขาวและขัดมัน จากนั้นนำไปคัดแยกข้าวเป็นข้าวขนาดต่างๆ และส่งต้นข้าวขัดขาว เกรด 1 AA ไปยัง บริษัท บางชื้อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด

- โรงสีที่ 2 ตั้งอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่มีการจัดส่งข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้แก่บริษัทโครงการสาธิต คิดเป็นสัดส่วน 6% (ข้าวกล้อง 5.5% และข้าวขาว 0.5%) มีกำลังการผลิต 133-600 ตันข้าวเปลือกต่อวัน จัดเป็นโรงสีขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวในการสีข้าว โดยรับข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาจากเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ใกล้เคียง และจากพ่อค้าคนกลางที่รับข้าวจากจังหวัดร้อยเอ็ด มุกดาหาร นครพนม และอุบลราชธานี ระยะทางในการขนส่งข้าวไปยังบริษัทโครงการสาธิต คิดเป็นระยะทางไป-กลับ ประมาณ 935 กิโลเมตร โดยมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือกจากรถส่งข้าว และทำความสะอาดข้าวเพื่อคัดแยกเศษหญ้าและเมล็ดลีบออก หลังจากนั้นทำการกระเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้ได้เป็นข้าวกล้อง จากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปทำการขัดขาว และคัดแยกข้าวเป็นขนาดต่างๆ โดยต้นข้าวขาว 100% ชั้น 1¹ และชั้น 2² ผ่านกระบวนการยิงสีเพื่อคัดแยกข้าวเหนียวและข้าวเสียออกจากข้าวขาว หลังจากนั้นทำการบรรจุส่งไปยังบริษัทโครงการสาธิต

- โรงสีที่ 3 ตั้งอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่มีการจัดส่งข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวกล้อง) ไปยังบริษัทโครงการสาธิต 9% โดยโรงสีที่ 1 มีกำลังการผลิต 150-240 ตันข้าวเปลือกต่อวัน จัดเป็นโรงสีขนาดใหญ่ ใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำที่ใช้แลกเปลี่ยนเชื้อเพลิง รับซื้อข้าวเปลือกจากเกษตรกรรายย่อยในอำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดร้อยเอ็ด และจากพ่อค้าคนกลางที่รับข้าวมาจากจังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดศรีสะเกษ และจัดส่งข้าวกล้องไปยังบริษัทโครงการสาธิต เป็นระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) ประมาณ 935 กิโลเมตร โดยมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มจากการตรวจรับข้าวเปลือกจากรถส่งข้าว และทำความสะอาดข้าวโดยใช้ตะแกรงทำความสะอาด ต่อมาทำการกระเทาะเปลือกได้เป็นข้าวกล้องและแกลบ หลังจากนั้นนำไปผ่านตะแกรงโยกเพื่อแยกต้นข้าวออกจากเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อนำไปกระเทาะเปลือกอีกครั้ง และทำการแยกต้นข้าวและปลายข้าว โดยต้นข้าวที่ได้จะเป็นข้าวกล้องส่งไปบริษัทโครงการสาธิต ส่วนปลายข้าวจะขายให้กับโรงงานอาหารสัตว์ (ไก่)

¹ ข้าวขาว 100 เปอร์เซนต์ ชั้น 1 ประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 60 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4 นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไป

² ข้าวขาว 100 เปอร์เซนต์ ชั้น 2 ประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8 ส่วน ไม่เกินร้อยละ 4.5 ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกินร้อยละ 0.5

- โรงสีที่ 4 ตั้งอยู่ที่จังหวัดร้อยเอ็ด มีสัดส่วนการส่งข้าวให้บริษัทโครงการสาธิต เพื่อผลิตข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100 % ชั้น 1 (AA) คิดเป็น 14% โดยเป็นข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งโรงสีมีกำลังการผลิต 300 ตันข้าวเปลือกต่อวัน หรือคิดเป็น 50,000 ตันข้าวเปลือกต่อปี จัดเป็นโรงสีขนาดใหญ่ รับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดร้อยเอ็ดและพ่อค้าคนกลางที่ซื้อข้าวจากชาวนาในจังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งใช้รถอีแต่น รถกะบะ และรถบรรทุกในการขนส่งข้าวมาส่งยังโรงสี โดยการขนส่งข้าวไปยังบริษัทโครงการสาธิต มีระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) ประมาณ 935 กิโลเมตร สำหรับขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีที่ 4 เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือก โดยมีการตรวจคุณภาพข้าวเพื่อตรวจสอบสิ่งปลอมปนและตรวจสอบพันธุ์ข้าว หลังจากนั้นทำการอบเพื่อให้มีความชื้นไม่เกิน 14% และทำความสะอาดข้าวโดยตะแกรงทำความสะอาด ต่อมาทำการกระเทาะเปลือกข้าวได้เป็นข้าวกล้องและแยกปลายออก หลังจากนั้นทำการขัดขาว และทำการยิงสีเพื่อคัดข้าวเสีย และข้าวเมล็ดดำออกจากข้าวขาว ต่อมานำข้าวที่ขัดขาวแล้วไปแยกเป็นขนาดต่างๆ โดยผ่านตะแกรงคัดขนาด

- โรงสีที่ 5 ตั้งอยู่ที่จังหวัดอุบลราชธานี เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่มีสัดส่วนการจัดส่งข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ให้แก่บริษัทโครงการสาธิตสูงที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 18% (ข้าวกล้อง 15% และข้าวขาว 3%) โดยมีกำลังการผลิต 100 ตันข้าวเปลือกต่อวัน หรือประมาณ 35,000 ตันข้าวเปลือกต่อปี จัดเป็นโรงสีขนาดใหญ่ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวในการสีข้าว รับข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาจากนาข้าวของโรงสี และเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ใกล้เคียง ระยะทางในการขนส่งข้าวไปยังบริษัทโครงการสาธิต คิดเป็นระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) ประมาณ 1,160 กิโลเมตร โดยมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือกจากรถส่งข้าว และทำความสะอาดข้าวเพื่อคัดแยกเศษหญ้าและเมล็ดลีบออก หลังจากนั้นทำการกระเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้ได้เป็นข้าวกล้อง และนำไปผ่านตะแกรงเหล็ยมเพื่อคัดแยกเมล็ดข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องและนำไปกระเทาะเปลือกใหม่ ต่อมานำข้าวกล้องไปผ่านตะแกรงโยกซึ่งเป็นการคัดแยกอย่างละเอียด เพื่อที่จะนำข้าวเปลือกที่หลงเหลืออยู่ไปกระเทาะเปลือกอีกครั้ง หลังจากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปทำการขัดขาว 3 รอบ และขัดมัน 2 รอบ ข้าวที่ได้จะผ่านตะแกรงคัดแยกข้าวเป็นขนาดต่างๆ โดยต้นข้าว 100% ชั้น 1 และชั้น 2 ผ่านกระบวนการยิงสีเพื่อคัดแยกข้าวเหนียวและข้าวเสียออกจากข้าวขาว หลังจากนั้นทำการบรรจุส่งไปยังบริษัทโครงการสาธิต

5.1.3 ขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีของบริษัทโครงการสาธิต)

กระบวนการผลิต ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 100% ชั้น 1 (AA) เริ่มตั้งแต่การตรวจรับวัตถุดิบ ซึ่ง บริษัทโครงการสาธิต มีการใช้วัตถุดิบข้าว 2 ประเภท คือ ข้าวกล้องและข้าวขาว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันในบางกระบวนการ คือ การ

ผลิตที่ใช้วัตถุดิบข้าวกล้องหอมมะลิ หลังจากการตรวจรับข้าวกล้องจากรถบรรทุกข้าวจะทำการ
ลำเลียงข้าวกล้องลงเก็บถึงข้าวกล้อง ต่อมาจะทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักข้าวกล้อง หลังจาก
ลำเลียงเข้าสู่ถึงพักข้าว จะทำการขัดขาวข้าวกล้อง เพื่อให้ได้ข้าวขาว แล้วทำการลำเลียงข้าวขาวที่
ได้เข้าสู่ถึงพักข้าว หลังจากนั้นทำการแยกหินก่อนการขัดมันข้าวขาวที่ได้ ทำการยึงสี ยิงแก้ว เพื่อคัด
แยกสิ่งสกปรกออกจากข้าว และนำข้าวเข้าสู่ตะแกรงคัดขนาดเพื่อแยกต้นข้าว โดยเมื่อผ่านตะแกรง
คัดขนาดข้าวจะแยกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นข้าว ปลายข้าว และส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับปลายข้าว ซึ่ง
ส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับปลายข้าวจะผ่านตะแกรงคัดต้นปลายเพื่อแยกต้นข้าวออกมา หลังจากนั้น
ต้นข้าวทั้งหมดจะผ่านเข้าตะแกรงคุณภาพ เพื่อคัดแยกข้าวที่ไม่ต้องการออกไป เหลือแต่ต้นข้าวที่ได้
ขนาดนำไปชั่งน้ำหนักและจัดเก็บลงถึงบรรจุ

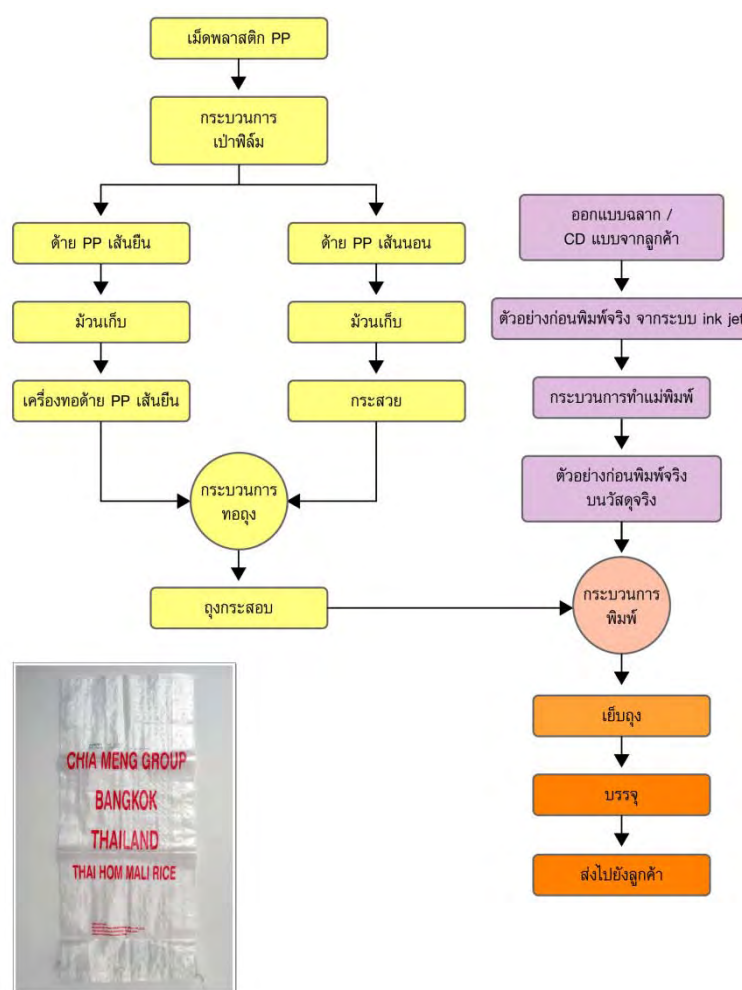
สำหรับกระบวนการผลิต ที่ใช้วัตถุดิบเป็นข้าวขาวหอมมะลิ หลังจากการตรวจรับ
ข้าวขาวจากรถบรรทุกข้าวจะทำการอบยาโดยใช้สารเคมี คือ เมทิลโบรไมด์ และฟอสฟีน ต่อมาทำ
การลำเลียงข้าวขาวลงเก็บถึงข้าว เมื่อทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักข้าวขาวและลำเลียงเข้าสู่ถึงพัก
ข้าวแล้ว จะทำการแยกหินก่อนทำการขัดมันข้าวขาวที่ได้ หลังจากนั้นจะทำการยึงสี ยิงแก้ว เพื่อคัด
แยกสิ่งสกปรกออกจากข้าว และนำข้าวเข้าสู่ตะแกรงคัดขนาดเพื่อคัดแยกต้นข้าว โดยเมื่อผ่าน
ตะแกรงคัดขนาดข้าวจะถูกคัดแยกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นข้าว ปลายข้าว และส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับ
ปลายข้าว ซึ่งส่วนที่เป็นต้นข้าวรวมกับปลายข้าวจะผ่านตะแกรงคัดต้นปลายเพื่อแยกต้นข้าวออกมา
หลังจากนั้นต้นข้าวทั้งหมดจะผ่านเข้าตะแกรงคัดขนาด เพื่อคัดแยกข้าวที่ไม่ต้องการออกไป เช่น
เมล็ดข้าวลีบ หรือข้าวอ้วน เหลือแต่ต้นข้าวที่ได้ขนาดนำไปชั่งน้ำหนักและจัดเก็บลงถึงบรรจุ

เมื่อกระบวนการผลิตข้าว หอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 100% ชั้น 1 (AA)
จากวัตถุดิบที่เป็นข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวขาวหอมมะลิมาถึงขั้นตอนที่ได้ข้าวที่ได้ขนาดและจัด
ลงถึงบรรจุแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิลงในถุง CPP/LLDPE ขนาด
บรรจุ 5 กิโลกรัม โดยจะนำข้าวหอมมะลิทั้งที่ผลิตจากวัตถุดิบทั้งสองประเภทจากถึงบรรจุไปผ่าน
แม่เหล็กเพื่อคัดแยกเศษโลหะที่ปนเป็นออก หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักและบรรจุลงภาชนะบรรจุ
ซึ่งก่อนจะทำการปิดปากถุงจะมีการตรวจจับโลหะปนเปื้อนโดยเครื่องตรวจจับโลหะอีกครั้งหนึ่ง และ
นำผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิที่ได้ไปทำการถูกกระสอบพลาสติกสาน PP (Polypropylene) ซึ่งเป็น
ภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งเป็นขั้นสุดท้าย

(2) ถุงกระสอบพลาสติก

PP สาน ขนาดบรรจุ 30 กิโลกรัม

ขั้นตอนการผลิตถุง PP สาน เริ่มจากการผลิตเส้นเทป โดยเครื่อง Tap Extruder Machine นำเส้นเทปที่ได้ผ่านสู่เครื่องกรอเส้นเทปเพื่อนำไปทอเป็นถุง จากนั้นนำถุงที่ได้ไปทำการเคลือบเพื่อกันความชื้นและอากาศ พิพม์ และตัดเย็บเป็นถุง พร้อมบรรจุและส่งไปยังบริษัท บางชื่อโรงสีไฟเจียแม้ง จำกัด ต่อไป (ภาพที่ 4-9)



ภาพที่ 4-9 กระบวนการผลิตภาชนะบรรจุสำหรับขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิไปยังต่างประเทศ

5.1.5 ขั้นตอนการจัดจำหน่าย

ในการศึกษานี้ กำหนดสมมุติฐานว่าเป็นการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อที่ประเทศสิงคโปร์ โดยครอบคลุมตั้งแต่การขนส่งโดยใช้รถหัวลากน้ำหนักบรรทุก 80 ตัน จากบริษัท บางชื่อ

โรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด ไปยังท่าเรือท่าปุน และ การขนส่งทางเรือจากท่าเรือท่าปุนไปสิ้นสุดที่ท่าเรือ
Port of Singapore เมือง Bukit Merah ประเทศสิงคโปร์

5.2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอม

ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี บริษัทผู้ผลิต
ข้าวสารหอมมะลิ และบริษัทผู้ผลิตภาชนะบรรจุ ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ พิจารณาใช้แหล่งที่มาของข้อมูล
ตามลำดับดังนี้

- ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของประเทศไทย
- ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของประเทศไทย ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความ
- ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของต่างประเทศ โดยพิจารณา
เลือกข้อมูลที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด
- ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวน
บทความ ที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมที่ต้องการ แหล่งที่มาของข้อมูลและวิธีการ
รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในแต่ละขั้นตอน แสดงในตาราง 4-1 ถึง 4-5

ตารางที่ 4-1 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการปลูกข้าว

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
วิธีผลิตเมล็ดพันธุ์ ปริมาณการใช้ และการขนส่งที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการใช้น้ำ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและใช้ปุ๋ย	ข้อมูลทุติยภูมิ	การผลิตปุ๋ยจากฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008) และการคำนวณหาปริมาณ การปล่อย N ₂ O จากการใช้ปุ๋ย ด้วย วิธี IPCC (1996)

ตารางที่ 4-1 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว (ต่อ)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (รถไถในการไถกลบ)	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล EcolInvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการปลูกข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การตรวจวัด
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเก็บเกี่ยว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการจัดการฟางข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
การขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 4-2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัยการผลิต)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณข้าวเปลือกที่สี	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะพลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ EGATT, 2552) และฐานข้อมูล EcolInvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณข้าวที่สีแล้ว (แยกตามประเภทข้าว ได้แก่ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ปลายข้าว แกลบ และรำ)	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
การขนส่งไปยังบริษัทผู้ผลิตข้าวหอมมะลิ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล EcolInvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 4-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีบริษัทโครงการสาธิต)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณข้าวกล้อง/ข้าวขาว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะพลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ EGATT, 2552) และฐานข้อมูล EcolInvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)

ตารางที่ 4-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีบริษัทโครงการสาธิต) (ต่อ)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณข้าวที่สีแล้ว (แยกตามประเภทข้าว ได้แก่ ข้าวขาวเต็มเมล็ดประเภทต่างๆ ข้าวไม่เต็มเมล็ด)	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณภาชนะบรรจุ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
การขนส่งไปยังสิงคโปร์	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 4-4 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่ง

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ชนิดยานพาหนะ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์
ระยะทางการขนส่ง	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระยะทางการขนส่งทางบก http://maps.google.co.th ระยะทางการขนส่งทางน้ำ www.searates.com/reference/portdistance/
ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 4-5 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณวัตถุดิบ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะพลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ EGATT, 2552) และฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณภาชนะบรรจุที่ผลิตได้	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
การขนส่งไปยังบริษัทผู้ผลิตข้าวหอมมะลิ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

5.3 วิธีการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

หลังจากการรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยการตรวจสอบสมดุลมวลสารและพลังงาน (Mass and energy balance) รวมทั้งการตรวจสอบสมมติฐาน แหล่งที่มาของข้อมูลทดแทน (หากมี) ตลอดจนความผิดปกติของค่าข้อมูล จากการเปรียบเทียบค่าข้อมูลที่ได้ออกกับการศึกษาก่อนหน้านี้หรือจากประสบการณ์ก่อนหน้านี้

ตารางที่ 4-6 แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน วิธีการรวบรวม และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

ขั้นตอน	แหล่งที่มาของข้อมูล	วิธีการรวบรวมข้อมูล	การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล
การปลูกข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	- การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับวิธีการปลูกและการจัดการระหว่างการปลูก (เช่น การไถพรวน การใส่ปุ๋ย) และหลังจากการเก็บเกี่ยว (เช่น การจัดการขังข้าว) - การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากแปลงนาข้าว	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้และค่าอ้างอิงตามรายงาน IPCC (2006)
การสีข้าวที่โรงสี	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของโรงสี	ทำสมดุลมวลสาร ปันส่วนโดยใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และ เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การสีข้าวที่บริษัทผู้ผลิตข้าวสารหอมมะลิ	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัทฯ	ทำสมดุลมวลสาร ปันส่วนโดยใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และ เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การผลิตถุง	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัทผลิตถุง	ทำสมดุลมวลสาร และ เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การบรรจุ	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัทฯ	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การจัดจำหน่าย	ข้อมูลทุติยภูมิ	- ฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมต่างประเทศ	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้

หมายเหตุ ประเมินจากการปลูกข้าวตลอดปี (1 ฤดู) การสีข้าวตลอดปี รอบการผลิตถุงตามคำสั่งซื้อล่าสุด และการจัดจำหน่ายตลอดปี

6. ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน เป็นดังนี้

6.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว แสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
พื้นที่ (ตารางเมตร)	32,000	ข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	4,140
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	407	ก๊าซมีเทน (กิโลกรัม)	672
ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-8 (กิโลกรัม)	333	ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (กิโลกรัม)	41
ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (กิโลกรัม)	200		

6.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี
แสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี

โรงสีที่ 1		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถไถ่ตัน (กิโลเมตร)	40	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	1,036	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	1,036	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	1,036	3%
รวม		100%

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี (ต่อ)

โรงสีที่ 2		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถอีแต่น (กิโลเมตร)	40	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รวม		100%
โรงสีที่ 3		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถอีแต่น (กิโลเมตร)	40	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รวม		100%
โรงสีที่ 4		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถอีแต่น (กิโลเมตร)	40	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	935	3%
รวม		100%

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลบัญชีรายการการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี (ต่อ)

โรงสีที่ 5		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	40	27%
รถอีแต่น (กิโลเมตร)	40	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	581	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	581	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	581	3%
รวม		100%

6.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีผู้ค้าปัจจัย

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัย โรงที่ 1-5)
แสดงในตารางที่ 4-9 ถึง 4-11

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวกล้องเป็นข้าวขาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ	ราคา (บาท/กก)
ข้าวกล้อง (กิโลกรัม)	1,000	ข้าวเต็มเมล็ด ¹ (กิโลกรัม)	599	28
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	61	ปลายข้าวเบอร์ 1 ² (กิโลกรัม)	25	18
		ปลายข้าวเบอร์ 2 ³ (กิโลกรัม)	37	17
		ปลายข้าวเบอร์ 3 ⁴ (กิโลกรัม)	152	14
		ปลายข้าวเบอร์ 4 ⁵ (กิโลกรัม)	45	10
		รำขัดขาว / รำขัดมัน (กิโลกรัม)	129	7
		ข้าวเสีย ⁶ (กิโลกรัม)	13	5

¹ ข้าวเต็มเมล็ด คือ เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

² ปลายข้าวเบอร์ 1 คือ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 7.5 ส่วน แต่ไม่ถึง 8 ส่วน

³ ปลายข้าวเบอร์ 2 คือ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 6 ส่วน แต่ไม่ถึง 7.5 ส่วน

⁴ ปลายข้าวเบอร์ 3 คือ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 4.5 ส่วน แต่ไม่ถึง 6 ส่วน

⁵ ปลายข้าวเบอร์ 4 คือ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วน แต่ไม่ถึง 4.5 ส่วน

⁶ ข้าวเสีย คือ เมล็ดข้าวที่เสียอย่างเห็นได้ชัดแจ้งด้วยตาเปล่า ซึ่งเกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลง หรืออื่นๆ

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวเปลือกเป็นข้าวขาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ	ราคา (บาท/กก)
ข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	1,000.00	ต้นข้าว ¹ (กิโลกรัม)	422	24
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	69	ปลายข้าวเบอร์ 1 (กิโลกรัม)	39	18
		ปลายข้าวเบอร์ 2 (กิโลกรัม)	26	16
		ปลายข้าวเบอร์ 3 (กิโลกรัม)	67	15
		ปลายข้าวเบอร์ 4 (กิโลกรัม)	93	10
		รำข้าว (กิโลกรัม)	93	14
		แกลบ/สิ่งเจือปน (กิโลกรัม)	260	0.5

ตารางที่ 4-11 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ	ราคา (บาท/กก)
ข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	1,000	ข้าวกล้อง (กิโลกรัม)	678	21
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	16	ปลายข้าวกล้อง (กิโลกรัม)	48	8
		แกลบ (กิโลกรัม)	274	0.5

6.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวขาวและข้าวกล้องไปยังโรงสี บริษัทผู้ผลิต

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี
บริษัทผู้ผลิต แสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวไปยังโรงสีบริษัทผู้ผลิต

ผู้ค้าปัจจัยการผลิต	ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง(กิโลเมตร)
โรงสีที่ 1	รถบรรทุก 10 ล้อ	1,036
โรงสีที่ 2	รถบรรทุก 10 ล้อ	935
โรงสีที่ 3	รถบรรทุก 10 ล้อ	935
โรงสีที่ 4	รถบรรทุก 10 ล้อ	935
โรงสีที่ 5	รถบรรทุก 10 ล้อ	1,160

¹ ต้นข้าว คือ เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหัก แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มี
เนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

6.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ(ถุงและกระสอบ)
แสดงในตารางที่ 4-13 ถึง 4-14

ตารางที่ 4-13 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมขั้นตอนการผลิตถุง

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) (กิโลกรัม)	6,680	ถุง CTH (กิโลกรัม)	7,968*
ฟิล์มพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Cast Polypropylene, CPP) (กิโลกรัม)	979	เศษพลาสติก (กิโลกรัม)	292
สี (กิโลกรัม)	140		
เมทิล เอทิล คีโตน (Methyl ethyl ketone (กิโลกรัม)	16		
โทลูอีน (Toluene) (กิโลกรัม)	16		
เอทิล อะซิเตท (Ethyl acetate) (กิโลกรัม)	368		
กาว (กิโลกรัม)	240		
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	5,676		

* หมายถึง น้ำหนักถุงเท่ากับ 48 กรัมต่อถุง

ตารางที่ 4-14 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมขั้นตอนการผลิตกระสอบ

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) (กิโลกรัม)	1,720	ถุงกระสอบ PP สาน (กิโลกรัม)	1,600*
แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) (กิโลกรัม)	8		
สี (กิโลกรัม)	12		
โพรพานอล (Propanal) (กิโลกรัม)	6		
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	50,454		

* หมายถึง น้ำหนักถุงเท่ากับ 80 กรัมต่อถุง

6.6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย แสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-15 ข้อมูลบัญชีการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย

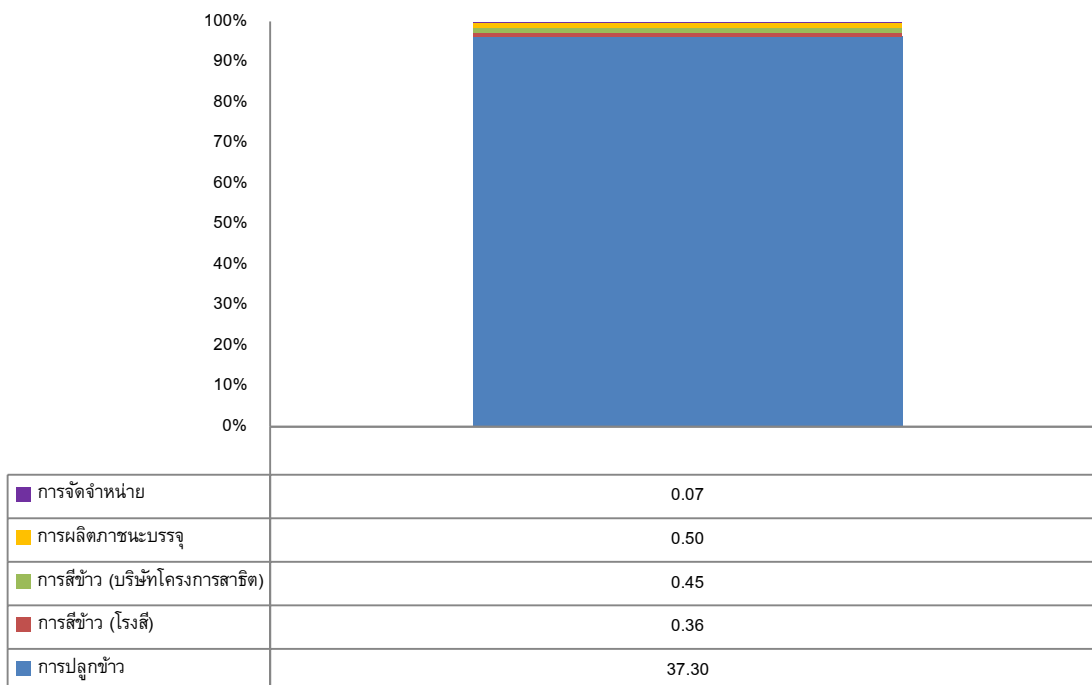
เส้นทางการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง
โรงงาน – ท่าเรือคลองเตย	รถหัวลาก	27 กิโลเมตร
ท่าเรือคลองเตย – ท่าเรือสิงคโปร์	เรือขนส่งทางทะเล	820 ไมล์ทะเล*

* หมายถึง 1 ไมล์ทะเล เท่ากับ 1.852 กิโลเมตร

7. ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ขนาด 5 กิโลกรัม เมื่อผลผลิตของข้าวหอมมะลิต่อไร่ เท่ากับ 207 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 39 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ภาพที่ 4-10) โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าว มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 97% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ส่วนขั้นตอนการสีข้าวของบริษัทโครงการสาธิต และการผลิตภาชนะบรรจุ มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็น 1% ในขณะที่การสีข้าวของโรงสี และการจัดจำหน่ายมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า 1% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

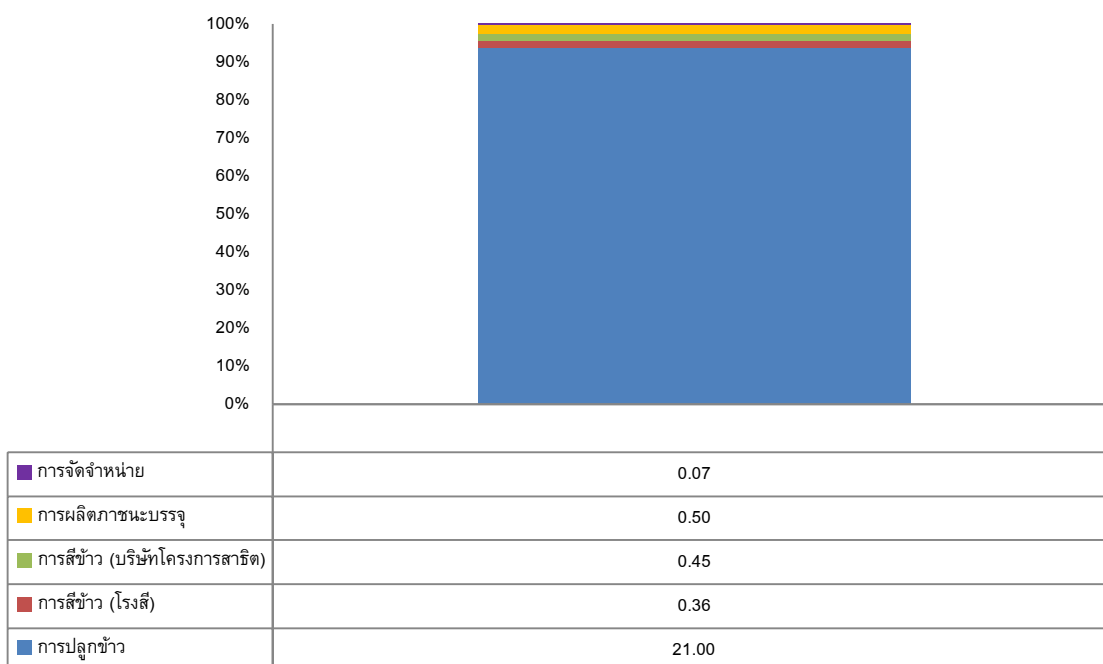
39 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ต่อผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ 100% ขนาด 5 กิโลกรัม



ภาพที่ 4-10 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 100% เกรด 1 (AA) บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม (กรณีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 207 กิโลกรัม)

เนื่องจากนาข้าวที่ทำการศึกษามีผลผลิตเท่ากับ 207 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าค่าปกติของผลผลิตข้าวในจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบข้าวหอมมะลิส่งให้แก่โรงงาน โดยมีค่าระหว่าง 350-390 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2552) จึงพิจารณาใช้ค่าเฉลี่ยจากผลผลิตรายจังหวัดที่เป็นแหล่งส่งวัตถุดิบให้แก่โรงงานมาคำนวณหาขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ขนาด 5 กิโลกรัม เมื่อคิดผลผลิตของข้าวหอมมะลิ เท่ากับ 370 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 22 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ภาพที่ 4-11) โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าว เป็นขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แต่มีค่าลดลงเป็น 94 % ส่วนขั้นตอนการสีข้าวของโรงสี การสีข้าวของบริษัทโครงการสาริต และการผลิตภาชนะบรรจุมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เป็น 2% ในขณะการจัดจำหน่ายมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า 1% คงเดิม

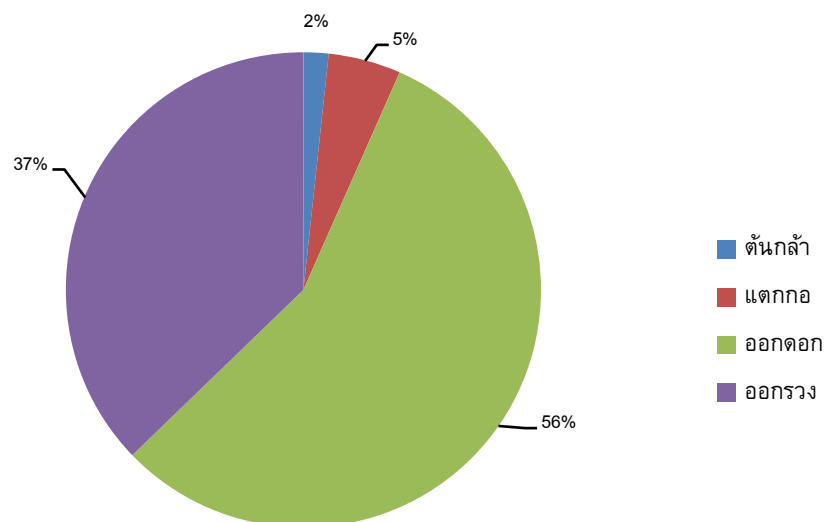
22 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ต่อผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ 100% ขนาด 5 กิโลกรัม



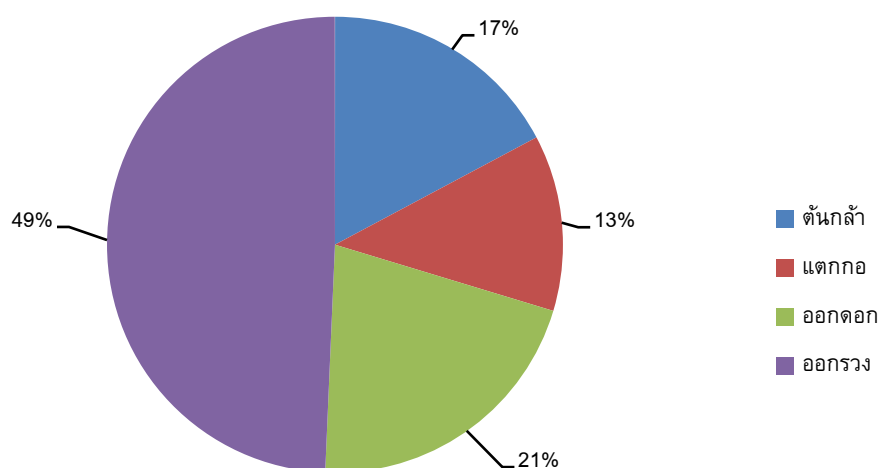
ภาพที่ 4-11 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 100% เกรด 1 (AA)
บรรจุในถุง CPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม (กรณีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 370 กิโลกรัม)

สาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการปลูกข้าว พบว่ามาจากการปล่อยก๊าซมีเทนในขั้นตอนการออกดอกและการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการออกรวงเป็นหลัก โดยในขั้นตอนการออกดอกมีการปล่อยก๊าซมีเทน คิดเป็น 56% และขั้นตอนการออกรวงมีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ คิดเป็น 49 % ของการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในนาข้าวทั้งหมด (ภาพที่ 4-12 และภาพที่ 4-13) โดยการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คิดเป็น 0.16 และ 0.01 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก เมื่อผลผลิตข้าวเท่ากับ 207 กิโลกรัมต่อไร่ และคิดเป็น 0.09 และ 0.00 6 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก เมื่อผลผลิตข้าวเท่ากับ 370 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ตรวจวัดมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากนาที่ทำการศึกษาใส่ปุ๋ยเคมีถึง 4 ครั้งในระหว่างการเพาะปลูก และในระยะเวลาการเพาะปลูกในฤดูที่ทำการศึกษามีปริมาณน้ำฝนในช่วงแรกมีน้อย เนื่องจากฝนมาล่าช้ากว่ากำหนด ทำให้มีช่วงน้ำไม่ขังยาวกว่าปกติกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้การที่ขาดน้ำเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ผลผลิตข้าวต่ำไปด้วย ซึ่งมีผลกับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวในรอบนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมในการผลิตข้าวเปลือกหอมมะลิ เท่ากับ 7.5 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวเปลือกหอมมะลิ เมื่อผลผลิตเท่ากับ

ข้าวเท่ากับ 207 กิโลกรัมต่อไร่ และเท่ากับ 4.2 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับ
กิโลกรัมข้าวเปลือกหอมมะลิ เมื่อผลผลิตเท่ากับข้าวเท่ากับ 370 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 4-12 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนในขั้นตอนการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 4-13 สัดส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

จากผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลด
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอน

การปลูกข้าว ซึ่งอยู่บนพื้นฐานที่ไม่กระทบต่อวิถีชีวิตของชาวนา แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว คือ การพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขังเพื่อลดกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนที่ต้องการสภาพไร้อากาศอันเนื่องมาจากการขังน้ำ และการจัดการการเพาะปลูกในนาข้าว สามารถทำได้โดยการจัดการปริมาณน้ำในนาข้าวระหว่างการเพาะปลูก ซึ่งทำได้โดยการระบายน้ำออกจากนาก่อนช่วงที่ต้นข้าวออกรวง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด การดึงน้ำออกจากนาจะทำให้ดินนากลับคืนสู่สภาพมีออกซิเจน ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ และการควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยเคมีบางประเภทโดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงจะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน และเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันซึ่งทำให้เกิดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในที่สุด ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีควรจำกัดให้มีปริมาณเพียงพอเฉพาะที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เท่านั้น ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซังเพื่อลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการเพาะปลูกในรอบถัดไป ซึ่งฟางข้าวยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกหลายทาง เช่น นำไปใช้เป็นวัสดุปลูกพืช ปลูกเห็ด ใช้ทำปุ๋ยหมักชีวภาพ หรือแม้แต่นำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบชีวมวล

บทที่ 5

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

“ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ ผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้งและผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งบรรจุในถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 250 กรัม คิดเป็น 1.9 และ 1.7 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ โดยขั้นตอนการปลูกข้าวและการผลิตเส้นไหมเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง เป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด มีค่า 45% และ 51% ของปริมาณรวมของผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้ง และ 43% และ 52% ของปริมาณรวมของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง”

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการศึกษานี้ ดำเนินการตามวิธีการในมาตรฐาน PAS 2050 รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดเป้าหมายในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

โครงการวิจัยนี้ กำหนดเป้าหมายเพื่อสร้างองค์ความรู้และประสบการณ์เชิงปฏิบัติเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้มาตรฐาน PAS ในการวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน โดยตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับใช้จำแนกแนวทางในการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต

2. การกำหนดชนิดผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

“ผลิตภัณฑ์เส้นไหมและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง”

เป็นสินค้าหลัก ที่ส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ ซึ่งมีประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปเป็นประเทศคู่ค้าหลัก โดยเฉพาะสหราชอาณาจักร ซึ่งเป็นตลาดที่มีความต้องการสินค้าติดฉลากคาร์บอน จึงถูกเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในการศึกษาวิจัย

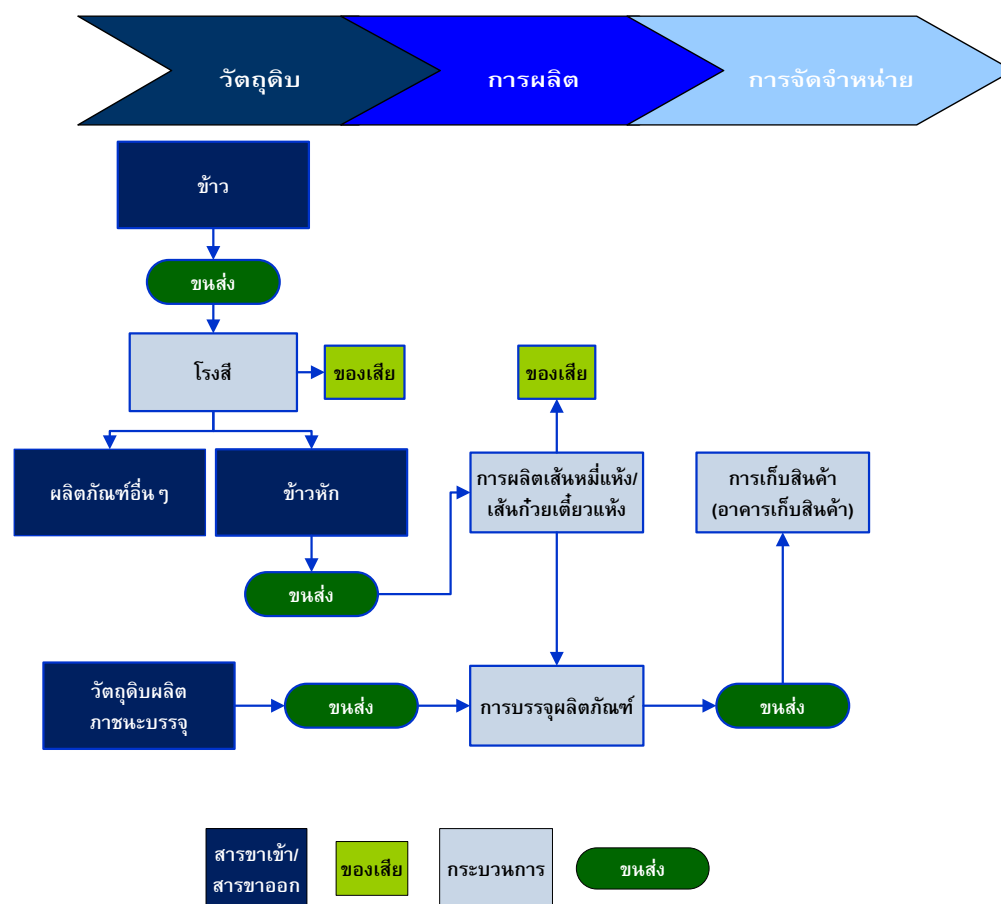


ภาพที่ 5-1 ผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้ง

หน่วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ กำหนดเป็นขนาดบรรจุสำหรับการบริโภคที่นิยมสูงสุด คือ ผลิตภัณฑ์เส้นหมีแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาด 250 กรัม บรรจุในถุง Matte Oriented Polypropylene/Linear Low Density Polyethylene (Mat.OPP/LLDPE)

3. การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ผลิตภัณฑ์เส้นหมีแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาด 250 กรัม บรรจุในถุง Mat.OPP/LLDPE เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริษัทโครงการสาธิตจัดจำหน่ายให้กับผู้ซื้อที่เป็นองค์กรธุรกิจ ดังนั้นขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จึงกำหนดเป็นระหว่างองค์กรธุรกิจ หรือ B2B (Business to Business) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การปลูกข้าว การสีข้าว การผลิตเส้นหมีแห้งและก๋วยเตี๋ยวแห้ง การผลิตภาชนะบรรจุและการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อ ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน (ภาพที่ 5-2)



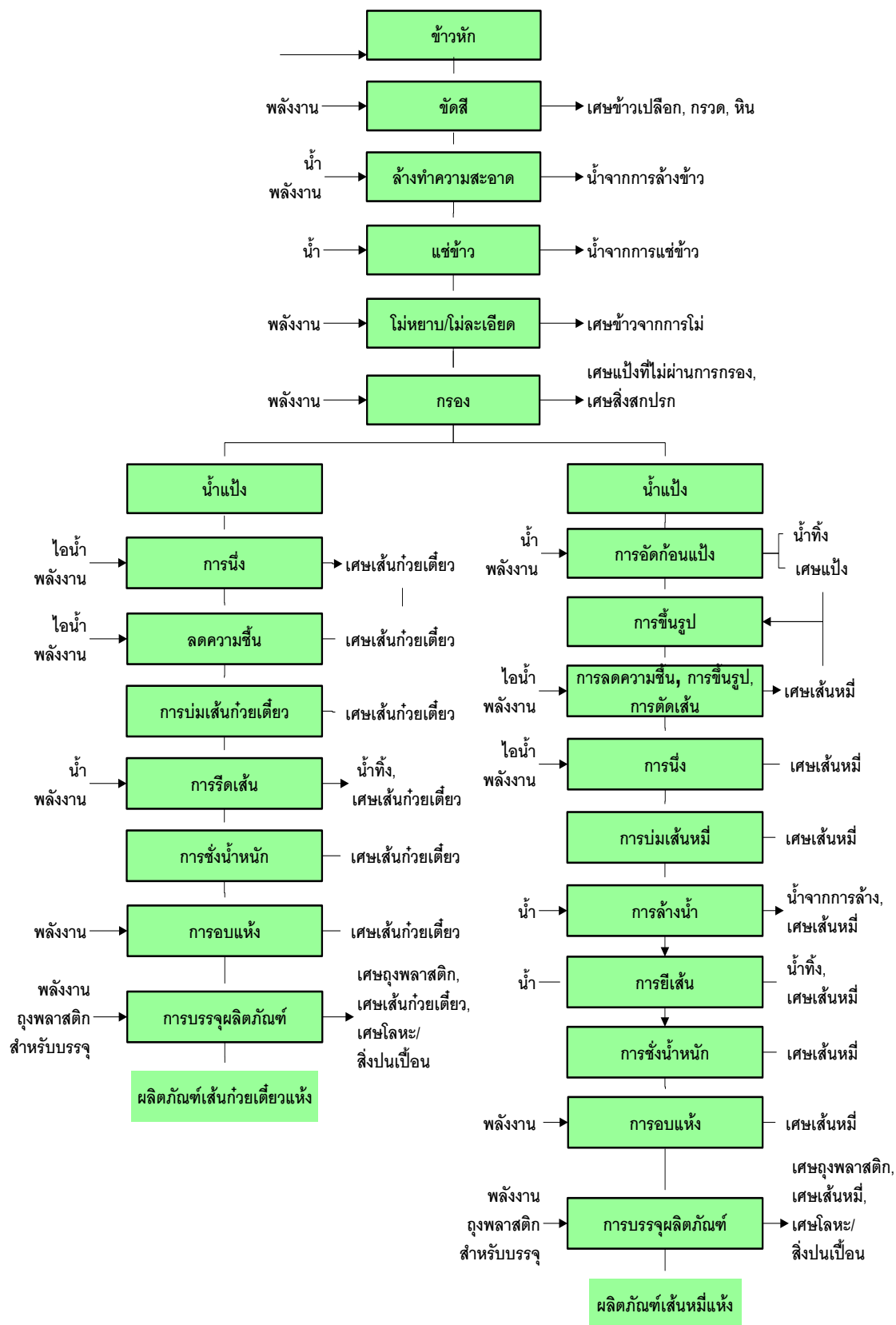
ภาพที่ 5-2 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมีแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

จากขอบเขตการศึกษาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง สามารถจำแนกพื้นที่ที่ทำการศึกษาโครงการวิจัยนี้ ได้แก่

- นาข้าว จำนวน 1 แห่ง ที่อำเภอหนองชุมพล จังหวัดเพชรบุรี เนื่องจากเป็นนาข้าวหลักที่ส่งข้าวให้แก่โรงสีที่เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตหลักของบริษัทโครงการสาธิตอย่างต่อเนื่อง
- โรงสีข้าว จำนวน 2 แห่ง ที่จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดเพชรบุรี
- โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (บริษัทโครงการสาธิต) จำนวน 1 แห่ง คือ บริษัทเพรซิเดนทรีไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่ที่ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี
- โรงงานผลิตภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 250 กรัม จำนวน 1 แห่ง ที่อำเภอบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

4. การสร้างแผนผังการไหล

จากการกำหนด ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่กำหนด สามารถสร้างแผนผังการไหลของระบบผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (ภาพที่ 5-3)



ภาพที่ 5-3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

5. การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

5.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

5.1.1 ขั้นตอนการปลูกข้าว

กิจกรรมการปลูกข้าวที่นำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมการปลูกข้าวตั้งแต่การผลิต/ซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก การเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโดยการไถกลบ การปลูกข้าว (นาดำหรือนาหว่าน) การใส่ปุ๋ยในแปลงนาหลังจากออกเมล็ดและหลังข้าวออกรวง การเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวข้าว และการจัดการฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว รวมทั้งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตั้งแต่หรือหลังจากวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2533

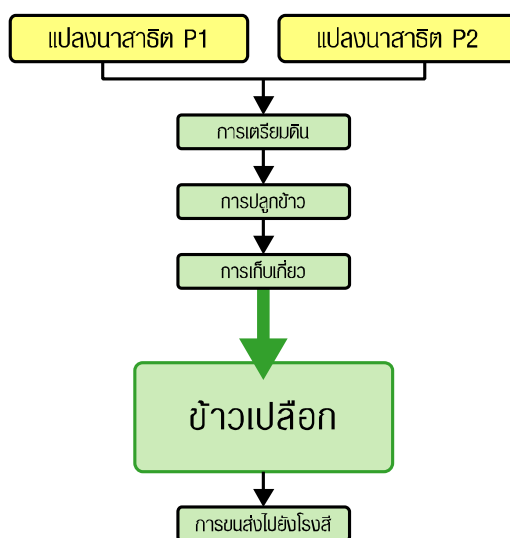
ในการศึกษานี้ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมนาข้าว 2 แปลง ที่อำเภอหนองชุมพล จังหวัดเพชรบุรี เนื่องจากเป็นนาข้าวหลักที่ส่งข้าวให้แก่โรงสีที่เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตหลักของบริษัทโครงการสาธิตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะเป็นการปลูกข้าวนาปีที่ใช้น้ำชลประทาน โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา มากกว่า 50 ปี ทำให้ไม่ต้องพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน



ภาพที่ 5-4 แปลงนา ที่อำเภอหนองชุมพล จังหวัดเพชรบุรี

กิจกรรมการปลูกข้าว รายละเอียดเป็นดังนี้

- นาข้าวอำเภอหนองชุมพล จังหวัดเพชรบุรี ที่ดำเนินการศึกษาในโครงการนี้ แบ่งออกเป็นแปลงที่ 1 (P1) มีพื้นที่การเพาะปลูก 1,200 ตารางเมตร และแปลงที่ 2 (P2) มีพื้นที่การเพาะปลูก 2,400 ตารางเมตร โดยที่แปลงปลูกข้าวทั้งสองแปลงปลูกข้าว ด้วยวิธีหว่านน้ำตมและใช้น้ำจากคลองชลประทาน ซึ่งมีฤดูการปลูกข้าวในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี โดยการปลูกข้าวเริ่มจากการเตรียมดินโดยการไถกลบด้วยรถไถ เป็นระยะเวลา 2-3 วัน หลังจากนั้นทำการไถกลบและทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 วัน ก่อนเริ่มหว่านเมล็ดข้าวแบบนาตมและทำการใส่ปุ๋ยคอก (ขี้วัว) เมื่อข้าวเริ่มออกรวงจะใส่ปุ๋ยชีวภาพ โดยการปลูกข้าวของแปลงนาสาธิตทั้งสองแปลงนี้ไม่มีการใช้ยาฆ่าแมลง หลังจากข้าวออกรวงจะทำการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวข้าว ซึ่งฟางข้าวที่ได้จะถูกอัดให้เป็นก้อนและนำไปขาย และทำการไถกลบเฉพาะตอซังที่เหลืออยู่ในนา (ภาพที่ 5-5)



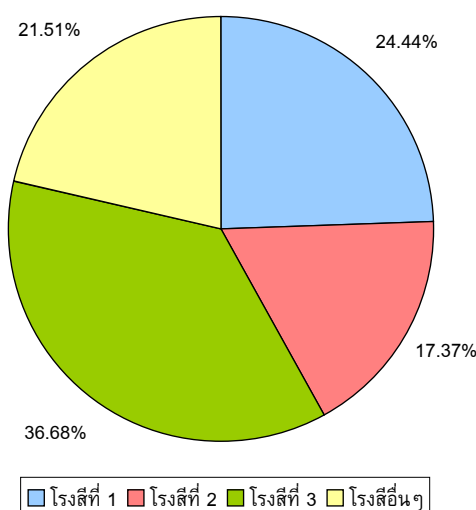
ภาพที่ 5-5 ขั้นตอนการผลิตข้าว

สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าว ครอบคลุมตั้งแต่การหว่านเมล็ดถึงการเก็บเกี่ยว รวบรวมโดยการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทน โดยใช้วิธี Closed chamber อ้างอิงจาก Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 1996 IPCC : Reference Manual ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ตั้งแต่ช่วงเตรียมดินจนถึงเกี่ยวข้าว (รายละเอียดการรวบรวมและวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซอธิบายในบทที่ 4)

5.1.2 ขั้นตอนการสีข้าว

หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวที่นาข้าวแล้ว เมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จะถูกขนส่งไปยังโรงสีข้าวเพื่อทำการสีข้าว โดยการสีข้าวเริ่มตั้งแต่ การรับข้าวเปลือกจากรถบรรทุกข้าว และป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่อง จากนั้นเป็นขั้นตอนการทำความสะอาดข้าวเปลือก ต่อมาข้าวเปลือกจะเข้าสู่เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก และผ่านเข้าสู่เครื่องแยกข้าวกล้องและข้าวเปลือกออกจากแกลบ โดยข้าวเปลือกจะถูกแยกออกจากข้าวกล้องเพื่อนำไปกะเทาะเปลือกอีกครั้ง ส่วนข้าวกล้องจะส่งผ่านไปยังเครื่องขัดขาว 3 รอบ และขัดมัน 2 รอบ ตลอดจนคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวที่สีแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการสีจะเป็นการคัดแยกข้าวเป็นขนาดต่างๆ เพื่อเตรียมจัดส่งหรือขายให้แก่ลูกค้าต่อไป

โรงสีหลัก 3 แห่ง ที่เป็นผู้จัดส่งวัตถุดิบข้าวหัก ได้แก่ โรงสีที่ 1 โรงสีที่ 2 และโรงสีที่ 3 คิดเป็นสัดส่วน 78.5% ของปริมาณข้าวหัก (ภาพที่ 5-6 จึงใช้ข้อมูลจาก 3 โรงสี เป็นข้อมูลตัวแทนของการสีข้าวโดยปรับสัดส่วนให้เป็น 100%)

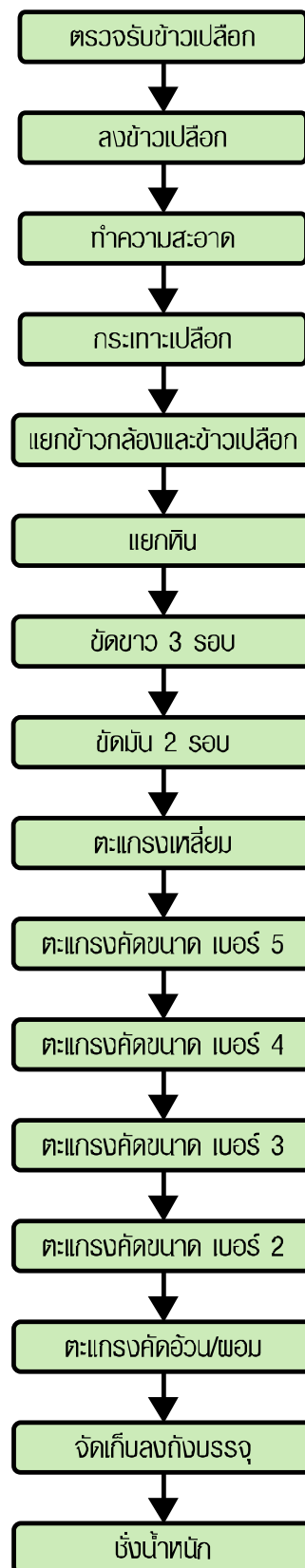


ภาพที่ 5-6 สัดส่วนการจัดส่งข้าวขาวของโรงสีให้บริษัทโครงการสาธิต

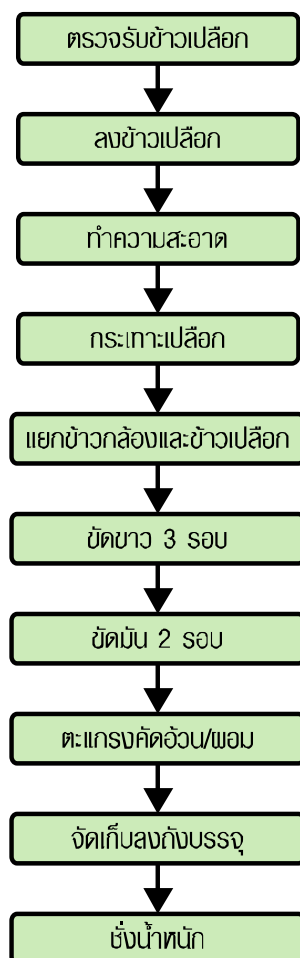
- โรงสีที่ 1 ตั้งอยู่ที่จังหวัดนครสวรรค์ มีการจัดส่งข้าวหักมายังบริษัท เพอร์ซิเดนท์ ไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) คิดเป็นสัดส่วน 24.4% ของการรับข้าวทั้งหมดของบริษัท โดยโรงสีมีกำลังการผลิต 56,096 ตันข้าวเปลือกต่อปี เทคโนโลยีการสีเป็นโรงสีขนาดกลาง พลังงานที่ใช้ในโรงสี คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยโรงสีรับข้าวเปลือกมาจากจังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่ใกล้เคียง และจัดส่งข้าวไปยัง บริษัท เพอร์ซิเดนท์ ไรซ์โปรดักส์ จำกัด

(มหาชน) โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ นำหนักรถบรรทุกเท่ากับ 16,335-16,830 กิโลกรัมต่อเที่ยว ระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) ประมาณ 610 กิโลเมตร ซึ่งมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือกจากรถบรรทุกข้าว หลังจากนั้นทำความสะอาดเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปน เช่น เศษหิน กรวด หรือสิ่งสกปรกออกจากข้าวเปลือก ต่อมาทำการกะเทาะเปลือกข้าวให้ได้เป็นข้าวกล้องและทำความสะอาดข้าวกล้องที่ได้ โดยการผ่านตะแกรงทำความสะอาดและการเป่าลมเพื่อคัดแยกสิ่งสกปรกออกจากข้าวกล้อง หลังจากนั้นทำการคัดแยกข้าวเปลือกที่หลงเหลืออยู่ออกจากข้าวกล้องและทำการเก็บข้าวกล้องลงถึงเก็บ ต่อมาทำการขัดขาว 3 รอบ ขัดมัน 2 รอบ และทำการคัดแยกต้นข้าว ปลายข้าว โดยต้นข้าวที่ได้จะผ่านตะแกรงเหล็ยมเพื่อคัดแยกเป็น ต้นข้าว ข้าวรวม และข้าวหัก และผ่านตะแกรงกลมเพื่อคัดแยกข้าวเป็นขนาดต่าง ๆ รวมทั้งแยกเมล็ดข้าวที่มีรูปร่างผิดปกติ เช่น เมล็ดอ้วน เมล็ดลีบ เป็นต้น และทำการบรรจุภาชนะบรรจุเพื่อเตรียมการขนส่งให้แก่ลูกค้า (ภาพที่ 5-7)

- โรงสีที่ 2 ตั้งอยู่ที่จังหวัดเพชรบุรี มีสัดส่วนการส่งข้าวหักมายัง บริษัท เพอร์ซิเดนท์ ไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) คิดเป็น 17.4% โรงสีมีกำลังการผลิต 30 ตันข้าวเปลือกต่อวัน จัดเป็นโรงสีขนาดกลาง ใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง มีการรับซื้อข้าวเปลือกจากพ่อค้าคนกลางซึ่งรับข้าวมาจากนาข้าวในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี โดยการขนส่งข้าวเปลือกจากนาข้าวไปยังโรงสีมีระยะทาง (ไป-กลับ) 10-20 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ 10 ล้อ และรถอีแต่น มีการจัดส่งข้าวที่ผ่านการสีไปยังบริษัท เพอร์ซิเดนท์ ไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ นำหนักรถบรรทุก 13,500-16,500 กิโลกรัมต่อเที่ยว ระยะทางขนส่ง (ไป-กลับ) 180 กิโลเมตร โดยมีขั้นตอนการสีข้าว เริ่มตั้งแต่การรับข้าวเปลือก หลังจากนั้นเป็นการกะเทาะเปลือกได้เป็นข้าวกล้อง และข้าวกล้องจะผ่านตะแกรงโยกเพื่อทำความสะอาดข้าวกล้องและแยกสิ่งเจือปนออก ต่อมาจะทำการขัดขาว 3 รอบ และขัดมัน 2 รอบ บรรจุลงภาชนะบรรจุเพื่อรอการจัดส่งต่อไป (ภาพที่ 5-8)



ภาพที่ 5-7 ขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีที่ 1



ภาพที่ 5-8 ขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีที่ 2

- โรงสีที่ 3 ตั้งอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา เป็นผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่มีสัดส่วนการส่งข้าวหักมายัง บริษัท เพอร์ซิเดนทีไรซ์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) คิดเป็นสัดส่วน 36.7% โดยรับซื้อข้าวจากโรงสีต่างๆ ในจังหวัดนครราชสีมา รวมทั้งจังหวัดใกล้เคียง และดำเนินการขนส่งมายังบริษัท

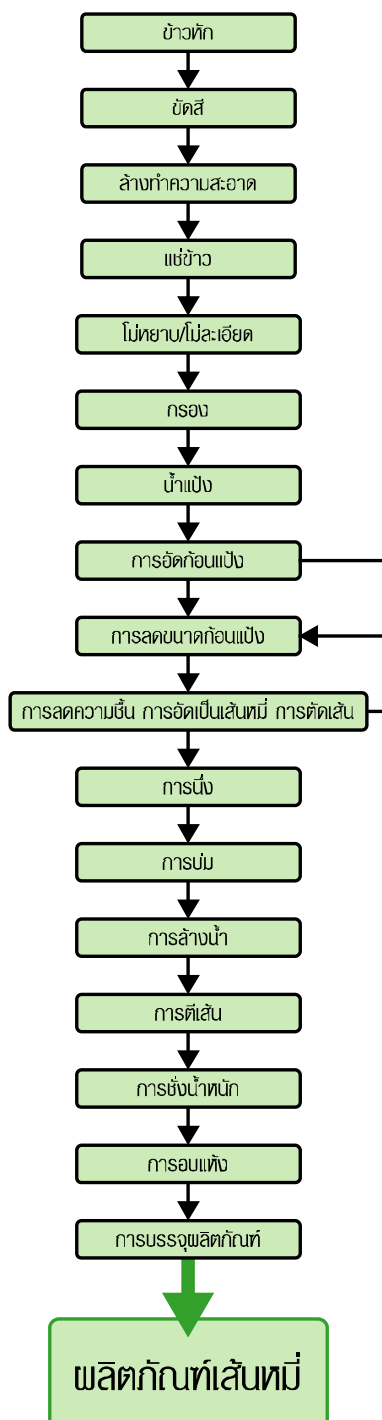
5.1.3 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

(1) การผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง

เริ่มตั้งแต่ การตรวจรับข้าวหักในเรื่องคุณภาพ หลังจากนั้นจะเป็นการขัดสีและการล้างทำความสะอาด ต่อมาจะเป็นการแช่ข้าวและการไม่ข้าวให้ได้เป็นน้ำแป้ง หลังจากนั้นนำน้ำแป้งที่ผ่านการกรองมาอัดเป็นก้อนแป้ง และทำการขึ้นรูป (extrusion) ก้อนแป้ง ต่อมานำแป้งที่ได้ไปทำการลดความชื้นให้เส้นแห้ง (pre-drying) ทำการขึ้นรูป และตัดเส้นให้เป็นเส้นหมี่ นำเส้นหมี่ที่

ได้ไปทำการหนึ่งเพื่อให้เส้นสุก และทำการบ่มเพื่อให้เส้นขึ้นได้ดี (aging) หลังจากนั้นนำเส้นหมี่ไปทำการล้างน้ำและยีเส้นให้เส้นเรียงเป็นระเบียบ ต่อมาจะทำการชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดและนำไปทำการอบแห้ง ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้งลงภาชนะบรรจุ ถุง OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม

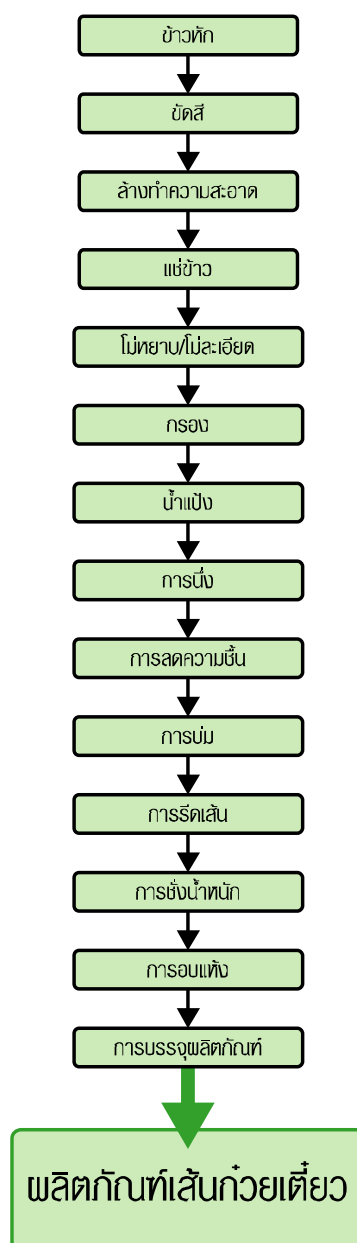
Mat.



ภาพที่ 5-9 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง

(2) การผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

เริ่มตั้งแต่การตรวจรับข้าวหัก หลังจากนั้นจะเป็นการขัดสี และล้างทำความสะอาด ต่อมาจะเป็นการแช่ข้าวและม่ข้าวให้ได้เป็นน้ำแป้ง นำน้ำแป้งที่ผ่านการกรองมาทำการนึ่ง หลังจากนั้นทำการลดความชื้นให้เส้นแห้ง (pre-drying) ต่อมานำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไปทำการบ่มเพื่อให้เส้นขึ้นได้ (aging) และทำการรีดเส้น หลังจากนั้นจะทำการชั่งน้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวตามที่กำหนดและทำการอบแห้ง ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งลงภาชนะบรรจุ คือ ถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม

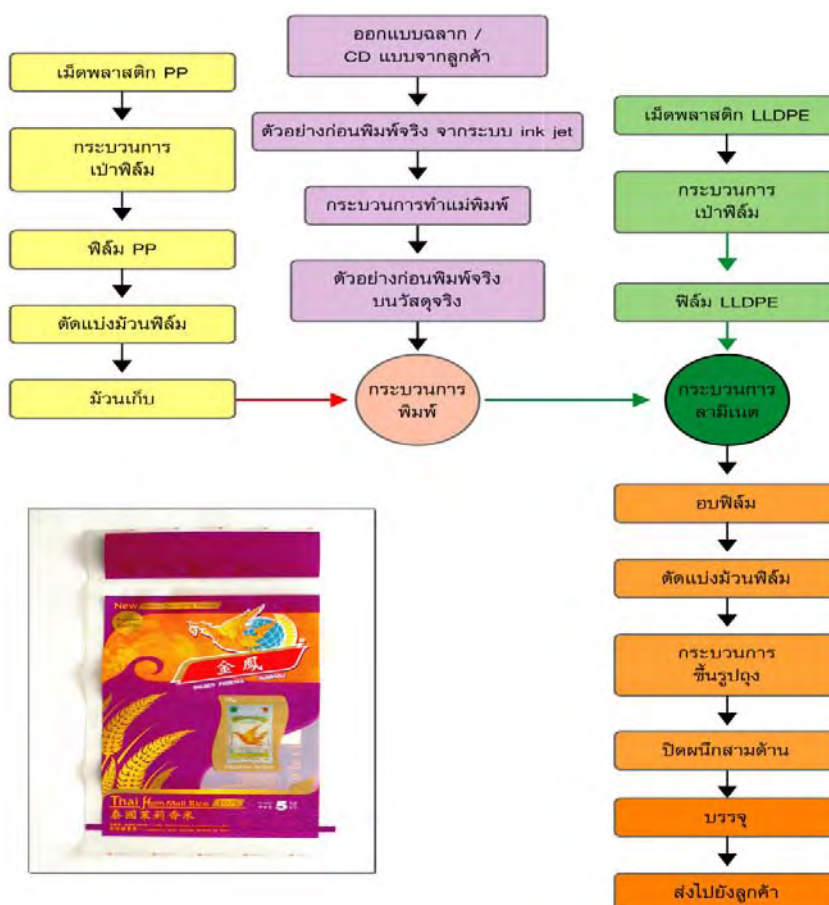


ภาพที่ 5-10 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

5.1.4 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์

(1) ถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 250 กรัม

ขั้นตอนการผลิตถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาดบรรจุ 250 กรัม เริ่มตั้งแต่การออกแบบภาชนะบรรจุและภาพกราฟฟิคบนภาชนะบรรจุ นำภาพกราฟฟิคที่ได้รับการออกแบบมาทำการแยกสีและพิมพ์ตัวอย่างบนกระดาษเพื่อตรวจสอบความถูกต้องสีและความคมชัด ก่อนนำไปทำแม่พิมพ์ จากนั้นทำการพิมพ์ทดสอบบนฟิล์ม Mat. OPP (Matte orientation polypropylene) อีกครั้งเพื่อตรวจสอบสีและความคมชัดก่อนการพิมพ์จริงลงบนฟิล์ม Mat. OPP จากนั้นนำฟิล์มพิมพ์ที่ได้ไปทำการประกบติดกับฟิล์ม LLDPE (Linear low density polyethylene) โดยวิธี Dry lamination ซึ่งฟิล์ม LLDPE ผลิตโดยวิธีการเป่า และผ่านการปรับสภาพผิวเพื่อเพิ่มความสามารถในการประกบติดกับฟิล์ม Mat. OPP หลังจากได้ฟิล์มประกบติดกันแล้วนำฟิล์มที่ได้ไปทำการตัดขอบขึ้นรูปถุงแบบขยายข้าง ห่อเพื่อนำส่งไปยัง บริษัท เพอร์ซิเจนท์โรสโปรดักส์ จำกัด (มหาชน) ต่อไปภาพที่ 5-11)



ภาพที่ 5-11 ขั้นตอนการผลิตถุง Mat. OPP/LLDPE

5.1.5 ขั้นตอนการจัดจำหน่าย

ขั้นตอนการจัดจำหน่ายไปยังผู้ซื้อ ในการศึกษาที่ตั้งสมมุติฐานให้เป็นผู้ซื้อที่สหราชอาณาจักร ซึ่งขอบเขตการขนส่งสิ้นสุดที่ท่าเรือ Thames Port เมืองลอนดอน สหราชอาณาจักร ซึ่งขอบเขตการขนส่งเริ่มตั้งแต่การขนส่งจาก บริษัท เพอร์ซิเดนทีโรสโปรดักส์ จำกัด (มหาชน) ไปยังท่าเรือลาดกระบัง โดยใช้รถหัวลากที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง หลังจากเป็นการขนส่งจากท่าเรือลาดกระบังไปยังท่าเรือแหลมฉบังโดยใช้รถหัวลากหรือรถไฟ เป็นระยะทางประมาณ 204 กิโลเมตร และการขนส่งทางเรือจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังที่ท่าเรือ Thames Port เมืองลอนดอน สหราชอาณาจักร เป็นระยะทางประมาณ 8,948 ไมล์ทะเล

5.2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง และบริษัทผู้ผลิตภาชนะบรรจุ อย่างไรก็ตามข้อมูลปฐมภูมิที่ได้เป็นเพียงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออก ซึ่งยังต้องการข้อมูลหัตถภูมิสำหรับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน เช่น การขุดเจาะพลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า การผลิตและใช้ปุ๋ย การผลิตและใช้สารเคมี เป็นต้น โดยพิจารณาใช้แหล่งที่มาของข้อมูลหัตถภูมิ ตามลำดับ ดังนี้

- ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความ
- ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของต่างประเทศ โดยพิจารณาเลือกข้อมูลที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด
- ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของประเทศไทยมากที่สุด

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ แหล่งที่มาของข้อมูลและวิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน แสดงในตาราง 5-1 ถึง 5-5

ตารางที่ 5-1 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
การขนส่งเมล็ดพันธุ์	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการใช้น้ำ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและใช้ปุ๋ย	ข้อมูลทุติยภูมิ	การผลิตปุ๋ยจากฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008) และการคำนวณหาปริมาณการปล่อย N_2O จากการใช้ปุ๋ย ด้วยวิธี IPCC (1996)
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (รถไถในการไถกลบ)	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการปลูกข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การตรวจวัด
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเก็บเกี่ยว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการจัดการฟางข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
การขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์เกษตรกร
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 5-2 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณข้าวเปลือกที่สี	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะ พลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ (EGATT, 2552) และฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณข้าวที่สีแล้ว (แยกตามประเภทข้าว ได้แก่ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ปลายข้าว แกลบ และรำ)	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
การขนส่งไปยังบริษัทผู้ผลิตเส้นไหม	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงสี
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต น้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ แห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 5-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตเส้นไหมแห้งและเส้นก๊วยเตี๋ยวแห้ง

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณสารขาเข้า(วัตถุดิบ พลังงาน บรรจุภัณฑ์)/ สารขาออก (ผลิตภัณฑ์หลัก ผลิตภัณฑ์ร่วม ผลิตภัณฑ์ระยะกลาง มลพิษ และของเสีย)ในแต่ละ กระบวนการผลิต	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะ พลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ (EGATT, 2552) และ ฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
การผลิตน้ำ	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
การบำบัดน้ำเสีย	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
ระบบแสงสว่าง	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
การซ่อมบำรุง	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
กิจกรรมตรวจสอบคุณภาพ	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต สารเคมี	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)

ตารางที่ 5-3 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตเส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (ต่อ)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 5-4 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่ง

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ชนิดยานพาหนะ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์
ระยะทางการขนส่ง	ข้อมูลปฐมภูมิ	ระยะทางการขนส่งทางบก http://maps.google.co.th ระยะทางการขนส่งทางน้ำ www.searates.com/reference/portdistance/
ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

ตารางที่ 5-5 วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	แหล่งที่มา	วิธีการรวบรวม
ปริมาณวัตถุดิบ	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขุดเจาะพลังงานปฐมภูมิและการผลิตไฟฟ้า	ข้อมูลทุติยภูมิ	รายงานวิชาการ EGATT, 2552) และฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณภาชนะบรรจุที่ผลิตได้	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
การขนส่งไปยังบริษัทผู้ผลิตเส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	ข้อมูลปฐมภูมิ	การสัมภาษณ์โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูล Ecolnvent (Frischknecht <i>et al.</i> , 2008)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลทุติยภูมิ	ฐานข้อมูลการขนส่งของประเทศไทย (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

5.3 วิธีการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

หลังจากการรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยการตรวจสอบสมดุลมวลสารและพลังงาน (Mass and energy balance) รวมทั้งการตรวจสอบสมมุติฐาน แหล่งที่มาของข้อมูลทดแทน (หากมี) ตลอดจนความผิดปกติของค่าข้อมูล จากการเปรียบเทียบค่าข้อมูลที่ได้ออกกับการศึกษาก่อนหน้านี้หรือจากประสบการณ์ก่อนหน้านี้

ตารางที่ 5-6 แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน วิธีการรวบรวม และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

ขั้นตอน	แหล่งที่มาของข้อมูล	วิธีการรวบรวมข้อมูล	การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล
การปลูกข้าว	ข้อมูลปฐมภูมิ	- การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับวิธีการปลูกและการจัดการระหว่างการปลูก (เช่น การไถพรวน การใส่ปุ๋ย) และหลังจากการเก็บเกี่ยว (เช่น การจัดการซังข้าว) - การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากแปลงนาข้าว	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้และค่าอ้างอิงตามรายงาน IPCC (2006)
การสีข้าวที่โรงสี	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของโรงสี	ทำสมดุลมวลสาร ปันส่วนโดยใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การผลิตผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัท	ทำสมดุลมวลสาร ปันส่วนโดยใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การผลิตถุง	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัทผลิตถุง	ทำสมดุลมวลสาร และเทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การบรรจุ	ข้อมูลปฐมภูมิ	- ระบบการจัดเก็บข้อมูลของบริษัท	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้
การจัดจำหน่าย	ข้อมูลทุติยภูมิ	- ฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมต่างประเทศ	เทียบกับการรายงานค่าที่วัดได้ก่อนหน้านี้

หมายเหตุ ประเมินจากการปลูกข้าวตลอดปี (1 ฤดู) การสีข้าวตลอดปี การผลิตเส้นไหมและก๋วยเตี๋ยวตลอดปี รอบการผลิตถุงตามคำสั่งซื้อล่าสุด และการจัดจำหน่ายตลอดปี

6. ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน เป็นดังนี้

6.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว แสดงในตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการปลูกข้าว

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
พื้นที่ (ตารางเมตร)	1,200	ข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	482
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	21	ก๊าซมีเทน (กิโลกรัม)	42
ปุ๋ยชีวภาพ (กิโลกรัม)	75	ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (กิโลกรัม)	0.5

6.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี
แสดงในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี

โรงสีที่ 1		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	60	27%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	60	27%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	60	27%
รถอีแต๋น (กิโลเมตร)	60	10%
การขนส่งโดยพ่อค้าคนกลาง		
รถกระบะ (กิโลเมตร)	107	3%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	107	3%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	107	3%
รวม		100%

ตารางที่ 5-8 ข้อมูลบัญชีรายการการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสี (ต่อ)

โรงสีที่ 2		
การขนส่งโดยเกษตรกรรายย่อย		
ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง	สัดส่วนการขนส่ง
รถกระบะ (กิโลเมตร)	15	30%
รถบรรทุก 6 ล้อ (กิโลเมตร)	15	30%
รถบรรทุก 10 ล้อ (กิโลเมตร)	15	30%
รถไถ่ตัน (กิโลเมตร)	15	10%
รวม		100%

6.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าวของโรงสีผู้ค้าปัจจัย

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าว แสดงในตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการสีข้าว

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	1,000	ต้นข้าว (กิโลกรัม)	523	26.5
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	44	ปลายข้าวเบอร์ 1 (กิโลกรัม)	109	17.5
		ปลายข้าวเบอร์ 2 (กิโลกรัม)	19	12.0
		ปลายข้าวเบอร์ 4 (กิโลกรัม)	37	9
		รำ (กิโลกรัม)	79	5
		แกลบ (กิโลกรัม)	232	1

6.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวหักไปยังบริษัทผู้ผลิต

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวหักไปยังบริษัทผู้ผลิต
แสดงในตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-10 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งข้าวหักไปยังบริษัทผู้ผลิต

ผู้ค้าปัจจัยการผลิต	ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่ง(กิโลเมตร)
โรงสีที่ 1	รถบรรทุก 10 ล้อ	610
โรงสีที่ 2	รถบรรทุก 10 ล้อ	288

6.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตข้าว (โรงสีผู้ค้าปัจจัย โรงที่ 12)
แสดงในตารางที่ 5-11 ถึง 5-12

ตารางที่ 5-11 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง (บางรายการ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
ปริมาณข้าวหัก (กิโลกรัม)	1,309	ปริมาณเส้นหมี่แห้ง (กิโลกรัม)	1,000
ปริมาณน้ำใช้ (ลิตร)	15,079	เศษข้าวเปลือก, กรวด, หิน (กิโลกรัม)	20
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	3,920	ปริมาณเศษเส้นหมี่ (กิโลกรัม)	100
พลังงานไอน้ำ (กิโลกรัมไอน้ำ)	1,980	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลิตร)	14,454

ตารางที่ 5-12 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (บางรายการ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
ปริมาณข้าวหัก (กิโลกรัม)	1,114	ปริมาณเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (กิโลกรัม)	1,000
ปริมาณน้ำใช้ (ลิตร)	13,953	เศษข้าวเปลือก, กรวด, หิน (กิโลกรัม)	17
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	4,893	ปริมาณเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว (กิโลกรัม)	110
พลังงานไอน้ำ (กิโลกรัมไอน้ำ)	560	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลิตร)	9,670

6.6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุแสดงในตารางที่ 5-31

ตารางที่ 5-13 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตถุง (บางรายการ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) (กิโลกรัม)	153	ถุง Mat.OPP/LLDPE (กิโลกรัม)	253.8*
ฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีนแบบด้าน (Matte Orientation Polypropylene, Mat.OPP) (กิโลกรัม)	116	เศษพลาสติก (กิโลกรัม)	26
โทลูอีน (Toluene) (กิโลกรัม)	17		
เมทิล เอทิล คีโตน (Methyl ethyl ketone) (กิโลกรัม)	10		
เอทิล อะซิเตท (Ethyl acetate) (กิโลกรัม)	7		
กาว (กิโลกรัม)	12		
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	1,803		

* หมายถึง น้ำหนักถุงเท่ากับ 5.4 กรัมต่อถุง

6.7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย

รายละเอียดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย แสดงในตาราง
ที่ 5-14

ตารางที่ 5-14 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดจำหน่าย

เส้นทางการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง
โรงงาน - ท่าเรือแหลมฉบัง	รถหัวลาก	204 กิโลเมตร
ท่าเรือคลองเตย – ท่าเรือ Thamesport	เรือ	8,948 ไมล์ทะเล*

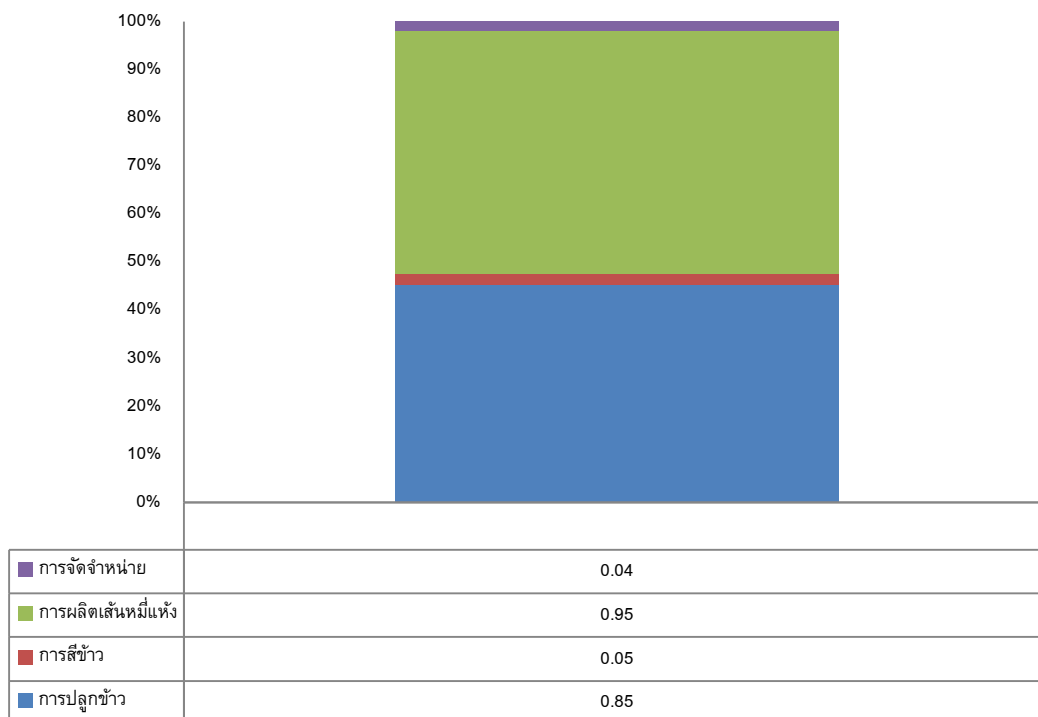
* หมายถึง 1 ไมล์ทะเล เท่ากับ 1.852 กิโลเมตร

7 ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

7.1 ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง มีค่าเป็น 1.9 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ภาพที่ 5-12) โดยพบว่าขั้นตอนการปลูกข้าวและการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 45% และ 51% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับส่วนขั้นตอนการสีข้าว และการจัดจำหน่าย มีสัดส่วนการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 % ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ

1.9 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง ขนาด 250 กรัม

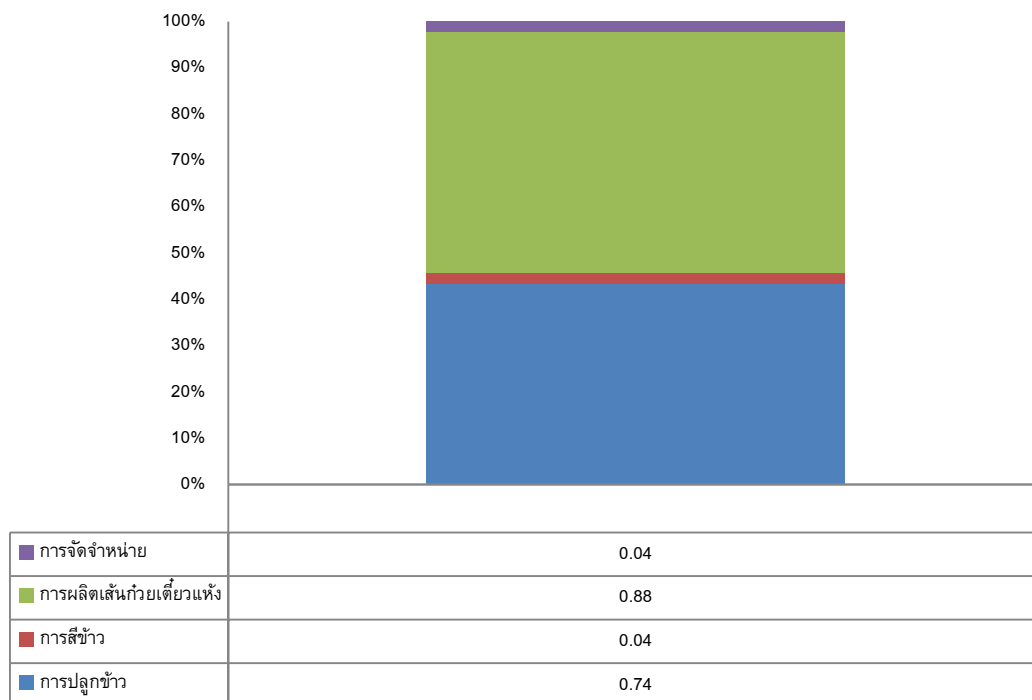


ภาพที่ 5-12 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่แห้ง

7.2 ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

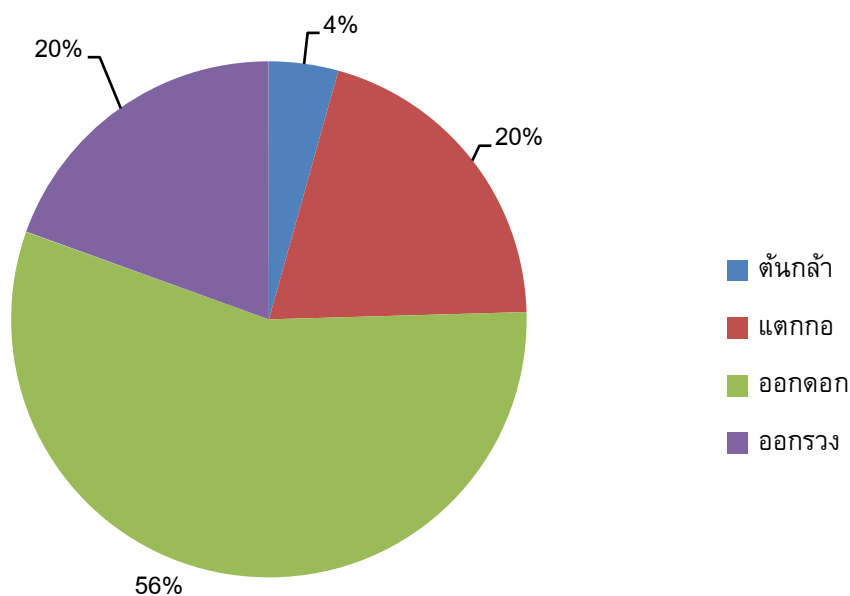
ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม มีค่าเป็น 1.7 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ภาพที่ 5-13) ในทำนองเดียวกัน พบว่าขั้นตอนการปลูกข้าวและการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 43% และ 52% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการสีข้าว และการจัดจำหน่าย มีสัดส่วนการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ

1.7 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ขนาด 250 กรัม

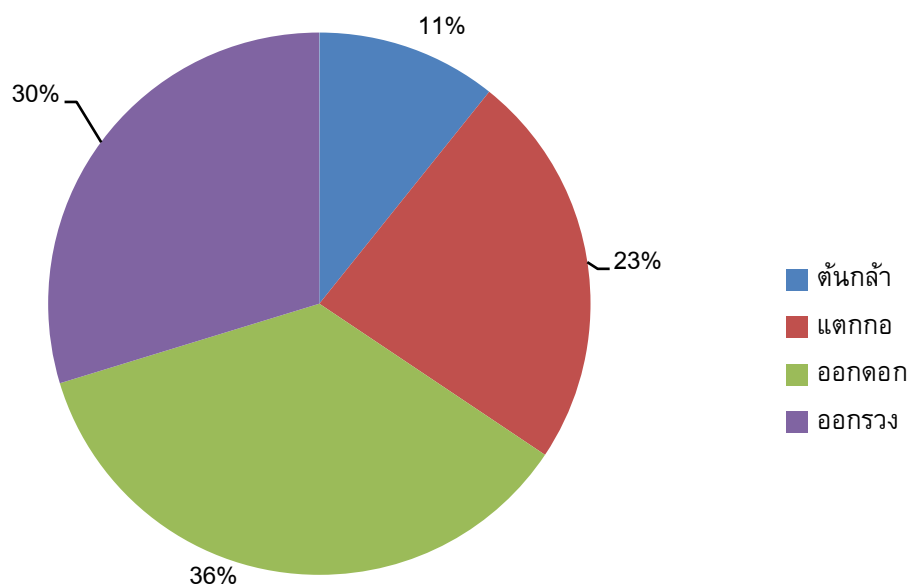


ภาพที่ 5-13 ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

ในขั้นตอนการปลูกข้าว พบว่ามีสาเหตุสำคัญมาจากการปล่อยก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะการออกดอกเป็นหลัก คิดเป็น 56 และ 36 % ของการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ทั้งหมดในนาข้าวตามลำดับ (ภาพที่ 5-14 และภาพที่ 5-15) โดยการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในการปลูกข้าวพันธุ์เหลืองประทิว คิดเป็น 0.087 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก และ 0.001 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก ตามลำดับ หรือคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 3.8 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก



ภาพที่ 5-14 สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนในขั้นตอนการปลูกข้าว



ภาพที่ 5-15 สัดส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการปลูกข้าว

จากผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ทำให้สามารถจำแนกได้ว่าการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของผลิตภัณฑ์เส้นไหมแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าวเป็นสำคัญ ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการปลูกข้าว ซึ่งอยู่บน

พื้นฐานที่ไม่กระทบต่อวิถีชีวิตของชาวนา แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว คือ การพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขัง เพื่อลดกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนที่ต้องการสภาพไร้อากาศอันเนื่องมาจากการขังน้ำ และการจัดการการเพาะปลูกในนาข้าว สามารถทำได้โดยการจัดการปริมาณน้ำในนาข้าวระหว่างการเพาะปลูก ซึ่งทำได้โดยการระบายน้ำออกจากนา ก่อนช่วงที่ต้นข้าวออกรวง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด การดึงน้ำออกจากนา จะทำให้ดินนากลับคืนสู่สภาพมีออกซิเจน ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ และการควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยเคมีบางประเภทโดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงจะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน และเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชันซึ่งทำให้เกิดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในที่สุด ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีควรจำกัดให้มีปริมาณเพียงพอเฉพาะที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เท่านั้น ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซังเพื่อลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการเพาะปลูกในรอบถัดไป ซึ่งฟางข้าวยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกหลายทาง เช่น นำไปใช้เป็นวัสดุปลูกพืช ปลูกเห็ด ใช้ทำปุ๋ยหมักชีวภาพ หรือแม้แต่นำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบชีวมวล และในขั้นตอนการผลิตเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานไอน้ำซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิต ซึ่งการลดการสูญเสียของพลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิตอาจทำได้โดยหุ้มฉนวนระบบผลิตและระบบส่งจ่ายไอน้ำ การนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ และการป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำโดยตรวจสอบและซ่อมแซมจุดที่มีการรั่วไหล รวมทั้งปรับปรุงระบบการผลิตให้เกิดของเสียลดลงและได้ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ก็จะเป็นการลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

บทที่ 6

ประเด็นปัญหาเชิงปฏิบัติ ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

“แหล่งที่มาและวิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง การพิจารณาใช้ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติเป็นลำดับแรก หากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือเป็นรายการที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมค่อนข้างต่ำ อาจพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งที่น่าเชื่อถือแทน”

จากการดำเนินการในโครงการนี้ สามารถจำแนกประเด็นปัญหาในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และแนวทางแก้ไขเชิงปฏิบัติ รายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.1 ขั้นตอนการปลูกข้าว

ตามที่มาตรฐาน PAS กำหนดให้มีการนับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงและทางอ้อม รวมทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบ นั้น ซึ่งในหลายกรณีพบว่าไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้ทั้งหมด เนื่องจากการจัดซื้อข้าวโดยผ่านพ่อค้าคนกลางหรือตลาดกลาง ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังแหล่งปลูกข้าวที่แน่นอนได้ ประกอบกับระบบการปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ที่ใช้ระบบการปลูกข้าว ปริมาณวัตถุดิบ และวิธีการจัดการที่แตกต่างกันไป อื่นๆ ในการศึกษาที่มีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซในตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าวโดยการตรวจวัดจริง เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านการงบประมาณในการดำเนินการจึงทำการตรวจวัดจากแหล่งปลูกข้าวแห่งเดียว

ทั้งนี้การปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวคิดเป็นหน่วยต่อพื้นที่ ซึ่งเมื่อนำมาคิดเป็นปริมาณการปล่อยต่อผลผลิตแล้วพบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตข้าวขึ้นกับปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เป็นหลัก ในปีที่มีผลผลิตน้อยจะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูง ในขณะที่ปีที่มีผลผลิตสูงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต่ำ ดังนั้นตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ก็คือผลผลิตที่ได้ในแต่ละครั้งของการเพาะปลูก

นอกจากการใช้ข้อมูลจากการวัดจริงแล้ว อาจใช้ข้อมูลจากการศึกษาภายในประเทศที่มีการอ้างอิง ทั้งนี้ ต้องเลือกใช้ค่าการปล่อยต่อพื้นที่จากแหล่งการปลูกที่มีวิธีการปลูกใกล้เคียงกัน เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ การจัดการน้ำและการใส่ปุ๋ย จึงต้องเลือกใช้ค่าการปล่อยจากแหล่งอ้างอิงที่มีเงื่อนไขการปลูกใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการปล่อยจากแหล่งอ้างอิงได้ อาจใช้ค่าการปล่อยจากรายงานในคู่มือการคำนวณบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ รวบรวมโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (1996 IPCC Revised Guideline on National Greenhouse Gas Inventory) (ตารางที่ 6.1 และ 6.2) หรือค่าการปล่อยจากการศึกษาในประเทศไทยที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 6.3 หากพื้นที่ที่ปลูกไม่เข้าข่ายในตารางดังกล่าว อาจเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่เป็นค่าอ้างอิง (Default value) จากคู่มือการคำนวณบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติของ IPCC ปี 2006 เท่ากับ 23.4 กรัมมีเทนต่อตารางเมตรต่อการเพาะปลูก 180 วัน หากการเพาะปลูกที่มีจำนวนวันน้อยกว่า 180 วันให้ใช้ค่า 1.3 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน คูณกับจำนวนวันในการเพาะปลูกแทน

ตารางที่ 6-1 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย ตามประเภทของการทดลอง (Revised 1996 IPCC report)

สถานที่	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตร ต่อ ชั่วโมง)	อัตราการปล่อยต่อฤดูกาล (กรัมมีเทนต่อตารางเมตร)	ชุดการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
อยุธยา	3.3-7.9	13-20	CU, OM, WM	Siriratpiraya, 1990
บางเขน	4.3-21.7	16-55	SE	Minami, 1994; Yagi <i>et al.</i> , 1994
ชัยนาท	1.6	4	-	Yagi <i>et al.</i> , 1994
เชียงใหม่	3.7-5.5	9-13	MF, OM	Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1995
เชียงใหม่	9.0-9.5	20-21	CU	Siriratpiraya <i>et al.</i> , 1995
คลองหลวง	3.8	8	-	Minami, 1994; Yagi <i>et al.</i> , 1994
ขอนแก่น	23.0	76	-	Minami, 1994; Yagi <i>et al.</i> , 1994
นครปฐม	9.4-12.0	25-32	SE	Towprayoon <i>et al.</i> , 1991
ปทุมธานี	1.9-4.6	5-11	MF, OM	Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1994
พิษณุโลก	.6.6-7.2	17-18	SE	Katoh <i>et al.</i> , 1995
แพร่	16.6-22.2	51-59	SE	Minami, 1994; Yagi <i>et al.</i> , 1994
ราชบุรี	3.2-42.5	9-117	MF, OM	Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1994

ตารางที่ 6-1 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย ตามประเภทของการทดลอง (Revised 1996 IPCC report) (ต่อ)

สถานที่	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตร ต่อ ชั่วโมง)	อัตราการปล่อยต่อฤดูกาล (กรัมมีเทนต่อตารางเมตร)	ชุดการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
เชียงใหม่ (สันป่าตอง)	10.4-16.1	25-40	SE	Minami,1994;yagi <i>et al.</i> , 1994
สุรินทร์	15.0-24.5	41-66	MF,OM	Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1994
สุรินทร์	13.3	41		Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1994
สุพรรณบุรี	19.5-32.2	51-75	SE	Minami,1994; Yagi <i>et al.</i> ,1994

*หมายเหตุ CU = cultivar, OM = organic matter, WM = Water management, SE = Seasons, MF = fertilizer

ตารางที่ 6-2 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวระบบต่างๆ ตามประเภทของการจัดการน้ำ (Revised 1996 IPCC report)

ระบบการ ปลูกข้าว	จำนวน	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (กรัมมีเทนต่อตารางเมตรต่อวัน)			อัตราการปล่อยต่อฤดูกาล (กรัมมีเทนต่อตารางเมตร)			เอกสารอ้างอิง
ชลประทาน	27	0.38	0.48	0.72	34	48	86	Jermsawatdipong <i>et al.</i> , 1994; Chairaj, 1994;
น้ำฝน	4	0.02	0.15	0.45	1	15	68	Kimura & Minami, 1995; Charoenship <i>et al.</i> ,
น้ำลึก	2	0.09		0.17	12	-	32	1995; Siriratpiriya, 1994

ตารางที่ 6-3 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจากการศึกษาในประเทศไทยก่อนหน้านี้

จังหวัด	ค่าการปล่อยมีเทนต่อ รอบการปลูก (กรัมต่อตารางเมตร)	ประเภทของนา	พันธุ์ข้าว	เอกสารอ้างอิง
นครปฐม	19.5-60.7	นาปี	ไม่ระบุ	อภิัญญา, 1999
นครปฐม	20.5-61.6	นาปรัง	ไม่ระบุ	Towprayoon <i>et al.</i> , 1993
พระนครศรีอยุธยา	63.7	นาสวน	กข 23	เตียวยืนยง, 1994
พระนครศรีอยุธยา	68.7	นาสวน	สุพรรณบุรี 90	
พระนครศรีอยุธยา	32.8	นาห้ำขึ้น	เล็บมือนาง 111	
พระนครศรีอยุธยา	15.20	นาห้ำขึ้น	หัตตรา 60	
ไม่ระบุ	34.80	นาปรัง	ไม่ระบุ	ชัยโรจน์ และคณะ, 1993
ไม่ระบุ	43.20	นาปี	ไม่ระบุ	
ราชบุรี	4.0-59	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	พิมาวรรณ และคณะ, 1994

ตารางที่ 6-3 ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจากการศึกษาในประเทศไทยก่อนหน้านี้ (ต่อ)

จังหวัด	ค่าการปล่อยมีเทนต่อ รอบการปลูก (กรัมต่อตารางเมตร)	ประเภทของนา	พันธุ์ข้าว	เอกสารอ้างอิง
สุรินทร์	0.6-17	นาหว่าน	ไม่ระบุ	จิตตสาตรา, 1999
สิงห์บุรี	29.35	นาหว่าน	สุพรรณบุรี 1	
สิงห์บุรี	34.89	นาหว่าน	สุพรรณบุรี 90	
สิงห์บุรี	28.21	นาหว่าน	ชัยนาท 1	
สิงห์บุรี	33.09	นาหว่าน	กท 15	
สิงห์บุรี	32.57	นาหว่าน	สุพรรณบุรี 60	
นนทบุรี	11.86	นาหว่าน	ชัยนาท 1	
กาญจนบุรี	9.36		ชัยนาท 1	
สุพรรณบุรี	56.40	นาดำ, นาหว่าน	ชัยนาท 1	ยายรู้รอบ, 2000
สมุทรสาคร	56.79	นาปรัง	สุพรรณบุรี 1	พูนแก้ว, 2003
สมุทรสาคร	25.55	นาปี		วิบล ชัน, 2007
สมุทรสาคร	26.09	นาปี, ช้างน้ำ	สุพรรณบุรี 1	Towprayoon <i>et al.</i> , 2005
สมุทรสาคร	18.60	นาปี ปล่อยน้ำครั้งเดียว	สุพรรณบุรี 1	Towprayoon <i>et al.</i> , 2005
สมุทรสาคร	16.79	นาปี ปล่อยน้ำหลายครั้ง	สุพรรณบุรี 1	Towprayoon <i>et al.</i> , 2005

ทั้งนี้ IPCC สนับสนุนให้ใช้ข้อมูลในพื้นที่มากกว่าค่าอ้างอิง (Default value) ซึ่งค่าที่ทำการวัดได้เองในประเทศ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติในรายงานแห่งชาติครั้งที่สองโดยแบ่งค่าการปล่อยเป็นรายภาคและฤดูกาลเพาะปลูก เช่น ในการปลูกข้าวนาปี ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้ค่า 21.11 ส่วนภาคกลางและภาคใต้ใช้ค่า 18.86 กรัมมีเทนต่อตารางเมตรต่อการเพาะปลูก สำหรับข้าวนาปรังใช้ค่า 6.78 ทุกภาค ค่าการปล่อยจากรายงานแห่งชาติครั้งที่สองนี้ เป็นการวัดจริงในสภาพที่ปล่อยน้ำเพียงครั้งเดียวในนาชลประทาน และใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก เมื่อนำไปใช้ต้องมีการปรับค่าให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงโดยใช้ค่าแฟกเตอร์ในการจัดการน้ำ (Scaling factor) และค่าแฟกเตอร์ในการใส่ปุ๋ย (Conversion factor) โดยกรณีของน่าน้ำฝนให้ใช้ (Scaling factor) แฟกเตอร์ 0.67 คูณ ส่วนการใช้ปุ๋ยหากเป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับนาข้าวในภาคเหนือและภาคอีสาน ให้ใช้ค่าแฟกเตอร์ในการใส่ปุ๋ย 2.15 ส่วนในภาคกลางและใต้ ใช้ค่าแฟกเตอร์ในการใส่ปุ๋ย 1.26 เป็นตัวคูณ เช่น นาน้ำฝนในภาคเหนือที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลักมีค่าการปล่อยเท่ากับ $(21.22 \times 0.67 \times 2.15) = 30.4$ กรัมมีเทนต่อตารางเมตรต่อการเพาะปลูกหนึ่งครั้งเป็นต้น โดยการคำนวณแบบนี้มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) อยู่ที่ร้อยละ 12.40 ทั้งนี้ค่าที่ได้จากการวัดจริงนั้น จะเป็นค่าที่สะท้อนปริมาณการปล่อยเกิดขึ้นจากกิจกรรมและเงื่อนไขของการเพาะปลูกได้ดีที่สุด

ในกรณีที่บริษัทโครงการสาธิต มีการพัฒนาโครงการสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (สปก.) ร่วมกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว อาจพิจารณาว่าแปลงนาที่เข้าร่วมโครงการ สปก. มีแนวโน้มที่จะใช้ปุ๋ยเคมีน้อยกว่าแปลงนาทั่วไป ตามข้อกำหนดของมาตรฐานการเกษตรกรรมที่ดี (Good Agricultural Practices, GAP) ซึ่งน่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำกว่า อันนำไปสู่การพิจารณาไม่ใช้ค่าเฉลี่ยของประเทศซึ่งน่าจะมีค่าสูงกว่าสถานการณ์จริง หรือใช้ค่า Collection factor ที่เหมาะสม นอกจากนี้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์เหลืองประทิว นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของการผลิตและใช้ปุ๋ยที่ใช้ในการบำรุงดินก่อนและระหว่างการปลูกด้วย ในขณะที่ประเทศไทยสั่งซื้อปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ ทำให้ต้องมีการใช้ฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ จากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของต่างประเทศ

ดังนั้น ประเทศไทย ควรเร่งดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์เหลืองประทิว ซึ่งสามารถใช้เป็นค่าเฉลี่ยของประเทศ แต่ต้องมีการพิจารณาว่าต้องมีการรวบรวมข้อมูลจากระบบการปลูกข้าวที่ระบบ พื้นที่ปลูกและจำนวนตัวอย่างเท่าไร วิธีการจัดการต่อข้าวหลังการเก็บเกี่ยวอย่างไร จึงจะถือเป็นตัวแทนข้อมูลของประเทศไทยที่เหมาะสม

1.2 ขั้นตอนการสีข้าว

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสีข้าว พบว่าในบางกรณีมี การจัดซื้อข้าวจากโรงสีที่เป็นพ่อค้าคนกลาง ซึ่งมีการรับซื้อข้าวจากโรงสีอื่น ๆ เพื่อดำเนินการจัดส่งให้บริษัทโครงการสาธิตต่อไป ทำให้เป็นอุปสรรคในการติดตามและรวบรวมข้อมูล ทำให้เล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ทั้งนี้ผลจากการศึกษานี้บ่งชี้ว่า กระบวนการสีข้าว มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณค่อนข้างน้อย ทำให้อาจพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิในส่วนนี้ได้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งต่อไป

1.3 ขั้นตอนการแปรรูปข้าว

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการแปรรูปข้าว พบว่ามีการตรวจวัดพลังงานด้วยมิเตอร์เพียงจุดเดียว ทำให้ไม่สามารถแยกรายละเอียดปริมาณการใช้พลังงาน (ไฟฟ้าและไอน้ำ) ในแต่ละกระบวนการผลิตย่อยได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้ในการคำนวณหาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ แต่จะไม่ทราบรายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน เพื่อจำแนกขั้นตอนหลักที่มีการปล่อยอันนำไปสู่การจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อย ในบางกรณีที่บริษัทผู้ผลิต

มีการดำเนินการตรวจวัดพลังงาน (Energy auditing) พบว่าจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างต่อการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หากไม่มี สามารถพิจารณาใช้ข้อมูลจากป้ายติดเครื่องจักร (Name plate) พร้อมทั้งพิจารณาค่าตัวประกอบภาระ (Loading factor) ส่วนปริมาณไอน้ำ ควรพิจารณารวบรวมข้อมูลจากพลังงานปฏุมภูมิที่ใช้ในการผลิตพลังงานไอน้ำ รวมทั้งการคำนวณด้วยทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในการประเมินปริมาณพลังงานไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตย่อย

1.4 ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ

ในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ พบว่าในผลิตภัณฑ์หนึ่งอาจมีการใช้ภาชนะบรรจุมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้ บ่งชี้ว่าภาชนะบรรจุไม่ใช่ประเด็นหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งมักมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ ทำให้เล็งเห็นความจำเป็นในการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของภาชนะบรรจุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างหยาบ เพื่อให้ทราบสัดส่วน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาชนะบรรจุ ในการนำไปพิจารณาตัดสินใจความจำเป็นในการรวบรวมข้อมูลปฏุมภูมิหากมีส่วนมากและใช้ข้อมูลทุติยภูมิแทนหากมีส่วนน้อย ในระหว่างที่ยังไม่มีฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตภาชนะบรรจุในประเทศไทย สามารถอ้างอิงกับผลจากการศึกษาก่อนหน้านี้ควรพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (ข้อมูลการศึกษาของไทยหรือต่างประเทศที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในไทย) อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีภาชนะบรรจุอาจมีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหาร/เครื่องดื่มบรรจุในกระป๋องโลหะ ในกรณีดังกล่าวควรพิจารณาใช้ข้อมูลปฏุมภูมิ

นอกจากนี้ยังพบปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของภาชนะบรรจุ ซึ่งมักจะมีอายุการใช้งานเพียงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นก็จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ ตามความต้องการของลูกค้าหรือตามกลยุทธ์ทางการตลาดที่ดำเนินการ ณ เวลานั้นๆ และยังมีการเปลี่ยนแปลงการจัดซื้อจากผู้ค้าปัจจัยการผลิตอยู่ตลอดตามราคา คุณภาพของชิ้นงานที่ต้องการ และเวลาการส่งของ ทำให้เก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานผลิตภาชนะบรรจุได้ค่อนข้างลำบาก ประกอบกับทัศนคติของบริษัทผู้ผลิตภาชนะบรรจุ ว่าภาชนะบรรจุไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลักและไม่อยากเสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลให้

1.5 ขั้นตอนการบริโภค

ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถทำได้ทั้ง B2B หรือ B2C ในเบื้องต้น บริษัทโครงการสาธิตทั้งสองบริษัทกำหนดขอบเขตเป็น B2B เนื่องจากเป็นการซื้อขายสินค้ากับผู้ซื้อ

ภาคธุรกิจในประเทศ ดังนั้นขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงสิ้นสุดที่ท่าเรือที่ต่างประเทศซึ่งถือเป็นจุดรับสินค้าของผู้ซื้อ อย่างไรก็ตามมีการพิจารณาเพิ่มเติมหากผู้ซื้อต้องการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อผู้บริโภค (B2C) ทำให้มีการพิจารณาถึงวิธีการบริโภคผลิตภัณฑ์ (Consumer profile) ว่าควรพิจารณาจากวิธีการปรุงตามคำแนะนำที่ติดอยู่บนภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ หรือควรพิจารณาวิธีการบริโภคของผู้บริโภคในประเทศซึ่งอาจมีวัฒนธรรมการกินต่างกัน มีวิธีการปรุงอาหารต่างกัน เป็นต้น เนื่องจากไม่มีข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO 14025 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหาร

1.6 ขั้นตอนการขนส่ง

ข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนการขนส่ง คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งด้วยยานพาหนะแต่ละประเภท อย่างไรก็ตามในหลายกรณีเป็นการประเมินจากอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อลิตร) หรือจากชนิดยานพาหนะ ระยะทางในการขนส่ง น้ำหนัก/ปริมาตรที่ขนส่งต่อเที่ยว การขนส่งผลิตภัณฑ์อื่นๆในขากลับหรือไม่มีการขนส่งผลิตภัณฑ์ใดๆ ในกรณีที่มีการขนส่งหลายเส้นทาง ควรพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจากสัดส่วนน้ำหนัก/ปริมาตรการขนส่งในแต่ละเส้นทาง

อนึ่ง ในกรณีที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ไปหลายประเทศ อาจพิจารณาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉพาะจากการขนส่งไปยังแต่ละประเทศ หรือใช้ค่าเฉลี่ยจากการขนส่งไปทุกประเทศก็ได้ แต่หากเลือกคำนวณค่าเฉพาะของแต่ละประเทศ ก็น่าจะส่งผลถึงการพิมพ์ตัวเลขลงบนภาชนะบรรจุ ในบางประเทศอาจมีปริมาณความต้องการเพียงเล็กน้อยหรือมีการสั่งซื้อที่ไม่แน่นอน ทำให้เล็งเห็นว่าอาจต้องสั่งทำภาชนะบรรจุในปริมาณที่เกินความจำเป็น เนื่องจากการสั่งซื้อภาชนะบรรจุนั้นมีจำนวนชิ้นงานขั้นต่ำที่สามารถรับผลิตให้ได้

1.7 ขั้นตอนการจัดการของเสีย

ข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนการจัดการของเสีย คือ สัดส่วนวิธีการจัดการของเสียในระดับประเทศ (หมายถึง สัดส่วนของชนิดขยะที่จัดการโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล หรือการเผาเป็น %) ให้เล็งเห็นความจำเป็นในการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.1 เกณฑ์การตัดออก

เกณฑ์การตัดออกในมาตรฐาน PAS กำหนดให้สามารถตัดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะรายการที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่า 1% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม และการตัดออกสามารถทำได้รวมกันไม่เกิน 5% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม ทำให้เกิดคำถามว่ารายการใดสามารถตัดออกได้ ซึ่งหมายความว่าต้องทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างหยาบ ของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมทุกรายการก่อน แม้ว่าจะใช้ในปริมาณน้อยหรือมากก็ตาม (รายการที่ใช้ในปริมาณน้อย อาจมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง หรือรายการที่ใช้ในปริมาณมาก อาจมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ) ทำให้เกิดความต้องทางแนวทางเชิงปฏิบัติว่ารายการใดสามารถตัดออกได้ รายการใดไม่ควรตัดออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายการเครื่องปรุง เช่น พริก หอมแดง กะเทียม ใบมะกรูด เป็นต้น หรือภาชนะบรรจุ ตลอดจนสารเคมีที่อาจใช้ในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาตัดออก

2.2 วิธีการปันส่วน

วิธีการปันส่วนในมาตรฐาน PAS กำหนดให้ใช้ราคาขาย ณ จุดผลิต ในการปันส่วนระหว่างผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการสีข้าว พบว่ามีผลิตภัณฑ์หลักคือ ข้าวที่สีแล้วที่สามารถคัดแยกออกเป็นข้าวเกรด/กลุ่มต่างๆ กับ และผลิตภัณฑ์ร่วม คือ แกลบ/รำ ซึ่งการปันส่วนระหว่างข้าวที่สีแล้วเกรด/กลุ่มต่างๆ น่าจะใช้วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก ส่วนการปันส่วนระหว่างแกลบและรำ น่าจะใช้วิธีการปันส่วนตามราคาขาย เนื่องจากแกลบมีน้ำหนักมากอันเนื่องจากมีความชื้นสูงและรวมกันเป็นก้อน ซึ่งอาจส่งผลให้มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผิดไปจากความเป็นจริงหากใช้การปันส่วนด้วยน้ำหนัก แม้แต่การปันส่วนข้าวเกรด/กลุ่มต่างๆ อาจเห็นว่าการปันส่วนด้วยราคาขายมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากข้าวเกรด/กลุ่มต่างๆ มีราคาขายแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

“ประเทศไทย ควรเร่ง พัฒนางค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารไทย และผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่อุปทาน อันเป็นการส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นเครื่องมือการจัดการเพื่อจำแนกแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิต และสนับสนุนการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยฉลากคาร์บอน เพื่อกระตุ้นการบริโภคที่คำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนเร่งพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเพื่อรองรับการประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์”

1. ประโยชน์ที่โครงการสาธิตได้รับ

ผลจากการเข้าร่วมดำเนินโครงการวิจัยนี้ในฐานะบริษัทโครงการสาธิต ทำให้ได้รับผลประโยชน์ต่อบริษัทฯ รายละเอียดดังนี้

- การพัฒนางค์ความรู้ของบุคลากรของบริษัทโครงการสาธิต เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามมาตรฐาน PAS 2050 และ National guideline ของประเทศไทย ตลอดจนความก้าวหน้าของข้อตกลงจากที่ประชุม ISO 14067
- การพัฒนางค์ความรู้ของบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทาน ของบริษัทโครงการสาธิต เกี่ยวกับมาตรฐานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะความเกี่ยวข้องของบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต ในการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์
- การพัฒนาประสบการณ์เชิงปฏิบัติของบุคลากรของบริษัทโครงการสาธิต รวมทั้ง บริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิตเกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานของบริษัทโครงการสาธิต ในการจำแนก รวบรวม และตรวจสอบคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการใช้ ในการดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

- การพัฒนาศักยภาพของบริษัทโครงการสาธิต ในการเตรียมความพร้อมดำเนินการขอ
รับรองผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อขึ้นทะเบียนติดฉลากคาร์บอน เพื่อเพิ่มขีด
ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการจากตลาด

2. ข้อเสนอประเด็นเชิงรุกการเจรจา ISO 14067

ผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ บ่งชี้ ข้อเสนอประเด็นเชิงรุกเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และ
ฉลากคาร์บอนสำหรับการเจรจา ISO 14067 รายละเอียดดังนี้

2.1 แหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.1.1 การปลูกข้าว

- การปลูกข้าว พบว่าหากพิจารณาใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ควรมีการกำหนดหลักการ
สุ่มตัวอย่างแปลงนาข้าวให้ชัดเจน เนื่องจากระบบการปลูกข้าวและวิธีการจัดการระหว่างการปลูก
ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ในแต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกัน

- การปลูกข้าว พบว่าหากพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ในกรณีที่บริษัท
ผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่สามารถจำแนกแหล่งปลูกข้าวได้ ควรมีการกำหนด
แหล่งที่มาข้อมูลทุติยภูมิจากการศึกษาภายในประเทศที่มีการอ้างอิง โดยต้องเลือกใช้ค่าการปล่อย
ต่อพื้นที่จากแหล่งการปลูกที่มีวิธีการปลูกและเงื่อนไขการปลูกใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ส่วนใน
กรณีที่บริษัทผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่สามารถหาค่าการปล่อยจากแหล่งอ้างอิงได้
อาจใช้ค่าการปล่อยจากรายงานในคู่มือการคำนวณบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ รวบรวมโดย
คณะกรรมการระหว่างประเทศด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (1996 IPCC Revised
Guideline on National Greenhouse Gas Inventory) (ตารางที่ 6.1 และ 6.2)

2.1.2 การสีข้าว

- การสีข้าว พบว่าหากพิจารณาใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ควรมีการกำหนดหลักการสุ่ม
ตัวอย่างโรงสีข้าวให้ชัดเจน เนื่องจากขนาดโรงสี ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักร
ตลอดจนแหล่งที่มาของพลังงานและเชื้อเพลิงที่ใช้ ในแต่ละโรงสีนั้นมีความแตกต่างกัน หาก
พิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ในกรณีที่บริษัทผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่สามารถ

จำแนกโรงสีข้าวได้ ควรมีการกำหนดแหล่งที่มาข้อมูลทุติยภูมิ จากการศึกษาภายในประเทศที่มีการอ้างอิง

2.1.3 การผลิตหรือการแปรรูปข้าวสาร

การผลิตหรือการแปรรูปข้าวสาร พบว่ามักไม่มีการติดมิเตอร์เพื่อตรวจวัดพลังงานหรือการใช้น้ำในกระบวนการย่อยๆ ทุกกระบวนการ ดังนั้นควรมีการอนุโลมให้รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยใช้หลักการคำนวณทางทฤษฎีในกรณีจำเป็นสำหรับการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เช่น การ พิจารณาใช้ข้อมูลจากป้ายติดเครื่องจักร (Name plate) พร้อมทั้งพิจารณาค่าตัวประกอบภาระ (Loading factor) หรือการพิจารณารวบรวมข้อมูลจากพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการผลิตพลังงานไอน้ำ รวมทั้งการคำนวณด้วยทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ในการประเมินปริมาณพลังงานไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตย่อย

2.1.4 การผลิตภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุ มักจะมีอายุการใช้งานเพียงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นก็จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ ตามความต้องการของลูกค้าหรือตามกลยุทธ์ทางการตลาดที่ดำเนินการ ณ เวลานั้นๆ และยังมีการเปลี่ยนแปลงการจัดซื้อจากผู้ค้าปัจจัยการผลิตอยู่ตลอดตามราคา คุณภาพของชิ้นงานที่ต้องการ และเวลาการส่งของ ทำให้เก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานผลิตภาชนะบรรจุได้ค่อนข้างลำบาก ดังนั้นควรมีการอนุโลมให้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิได้ หากการผลิตภาชนะบรรจุ สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เช่น น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม

2.1.5 การบริโภค

วิธีการบริโภคผลิตภัณฑ์ (Consumer profile) เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO 14025 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้น ควรพิจารณาจากวิธีการปรุงอาหารตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตที่ติดอยู่บนภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์

2.1.6 การจัดการของเสีย

การจัดการของเสีย ควรมีการกำหนดแหล่งที่มาข้อมูลทุติยภูมิ จากการศึกษาภายใน/ต่างประเทศที่มีการอ้างอิง

2.2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.2.1 เกณฑ์การตัดออก

เกณฑ์การตัดออกในมาตรฐาน PAS กำหนดให้สามารถตัดข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะรายการที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่า 1% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม และการตัดออกสามารถทำได้รวมกันไม่เกิน 5% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม ทำให้เกิดคำถามว่ารายการใดสามารถตัดออกได้ ซึ่งหมายความว่าต้องทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างหยาบ ของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมทุกรายการก่อน แม้ว่าจะใช้ในปริมาณน้อยหรือมากก็ตาม (รายการที่ใช้ในปริมาณน้อยอาจมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง หรือรายการที่ใช้ในปริมาณมาก อาจมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ) ทำให้เกิดความต้องการแนวทางเชิงปฏิบัติว่ารายการใดสามารถตัดออกได้ ซึ่งประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาตัดออก

2.2.2 เกณฑ์การปันส่วน

วิธีการปันส่วนในมาตรฐาน PAS กำหนดให้ใช้ราคาขาย ณ จุดผลิต ในการปันส่วนระหว่างผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการสีข้าว พบว่ามีผลิตภัณฑ์หลักคือ ข้าวที่สีแล้ว ที่สามารถคัดแยกออกเป็นข้าวเกร็ด/กลุ่มต่างๆ กับ และผลิตภัณฑ์ร่วม คือ แกลบ/รำ ซึ่งการปันส่วนระหว่างข้าวที่สีแล้วเกร็ด/กลุ่มต่างๆ น่าจะใช้วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก ส่วนการปันส่วนระหว่างแกลบและรำ น่าจะใช้วิธีการปันส่วนตามราคาขาย เนื่องจากแกลบมีน้ำหนักมากอันเนื่องมาจากมีความชื้นสูงและรวมกันเป็นก้อน ซึ่งอาจส่งผลให้มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผิดไปจากความเป็นจริงหากใช้การปันส่วนด้วยน้ำหนัก แม้แต่การปันส่วนข้าวเกร็ด/กลุ่มต่างๆ อาจเห็นว่าการปันส่วนด้วยราคาขายมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากข้าวเกร็ด/กลุ่มต่างๆ มีราคาขายแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน

2.3 การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ในกรณีที่ผู้ค้าปัจจัยการผลิตไม่อาจเปิดเผยข้อมูลต่อบริษัทผู้ผลิตซึ่งเป็นผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอน อาจพิจารณาเปิดเผยข้อมูลโดยตรงกับบริษัทที่ปรึกษา และ/หรือ ผู้ตรวจรับรองผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยให้มีการเซ็นสัญญาตกลงรักษาความลับ ภายใต้เงื่อนไขการส่งมอบเฉพาะผลลัพธ์การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับบริษัทผู้ผลิตเท่านั้น

3. ข้อเสนอเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนเชิงนโยบาย

ผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ บ่งชี้ ข้อเสนอเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนเชิงนโยบายรายละเอียดดังนี้

- การพัฒนาองค์ความรู้ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารไทย รวมทั้งบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยสามารถอ้างอิงจากมาตรฐาน PAS 2050 และ National guideline ของประเทศไทย ตลอดจนพิจารณารายละเอียดวิธีการตามข้อตกลงจากที่ประชุม ISO 14067 เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินการตามความต้องการของตลาดในอนาคต
- การพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ควรพิจารณาจัดทำฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าว (ครอบคลุมพันธุ์ต่างๆ ระบบปลูกหลากหลายระบบ การจัดการระหว่างการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยววิธีต่างๆ ในพื้นที่แต่ละภูมิภาค/จังหวัด โรงสีข้าวที่มีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ที่มีระดับเทคโนโลยีที่ใช้แตกต่างกัน ตลอดจนการผลิตภาชนะบรรจุภาชนะบรรจุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างหยาบ เพื่อให้ทราบสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาชนะบรรจุ ในการนำไปพิจารณาตัดสินใจความจำเป็นในการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิภาชนะบรรจุในประเทศไทย

4. ข้อเสนอเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากคาร์บอนสำหรับผู้ประกอบการทั่วไป

สำหรับผู้ประกอบการทั่วไป การนำ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” มาใช้เป็นเครื่องมือการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และบริการขององค์กร นอกจากจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงานอีกด้วย ในขณะเดียวกันองค์กรธุรกิจอาจเล็งเห็นว่า การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ผ่าน “ฉลากคาร์บอน” เป็นการแสดงความจริงจังและจริงจังในการให้คำมั่นสัญญาต่อตนเองและสังคม ที่จะพยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งย่อมส่งผลดีต่อภาพลักษณ์ขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นความเป็นผู้นำทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental leadership) การแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility) ตลอดจนเป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับแบรนด์สินค้า (Brand enhancement) ได้เป็นอย่างดี

สำหรับการปรับตัวและเตรียมความพร้อมของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารไทย ได้แก่ บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Finished product) บริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต ไม่ว่าจะเป็นผู้ผลิต

ผลิตภัณฑ์ทุติย หรือ ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate product) ในการดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เพื่อดำเนินการฉลากคาร์บอน สามารถทำได้โดย

- การพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยสามารถอ้างอิงจากมาตรฐาน PAS 2050 และ National guideline ของประเทศไทย ตลอดจนพิจารณารายละเอียดวิธีการตามข้อตกลงจากที่ประชุม ISO 14067

- การสร้างความรู้และเข้าใจให้กับบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะความเกี่ยวข้องของบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต ในการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ อันนำไปสู่ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูล ตลอดจนการจัดการแบบมีส่วนร่วม ในการพยายามลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวงจรชีวิต ซึ่งเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

- การพัฒนาระบบบัญชีหรือระบบการเก็บข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยระบบบันทึกข้อมูลที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นั้น ควรครอบคลุมข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร ปริมาณการใช้พลังงาน /เชื้อเพลิง รวมทั้งปริมาณการเกิดของเสียและมลพิษที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการผลิตย่อย (ในกรณีที่ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละกระบวนการผลิตย่อย สามารถคำนวณผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ แต่จะไม่ทราบรายละเอียดว่าขั้นตอน/กิจกรรมใดก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากหรือน้อยเพียงใด ทำให้ไม่สามารถแนวทางในการจัดการ) นอกจากนี้การตรวจวัดพลังงานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างมากจะช่วยเพิ่มคุณภาพของข้อมูลที่ได้ ในขณะเดียวกัน การสร้างความเข้าใจของบุคลากรระดับปฏิบัติการในการดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- กมล ทับทิมเทศ. 2543. การวิเคราะห์พลังงานในโรงงานผลิตอาหารเส้นหมี่อบแห้ง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2544. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการลดของเสียและการใช้
ประโยชน์จากของเสีย. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2548.
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2542. เอกสารวิชาการเรื่อง ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี,
สถาบันวิจัยข้าว, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมวิชาการเกษตร. 2551. นาข้าว.
แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/pl_data/RICE/1stat/st02.html, 15 ตุลาคม 2551
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2547. ภาวะอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกไทย ช่วง 6 เดือนแรก
ของปี 2547. แหล่งที่มา: http://202.142.213.109/thaimachinery/knowledge4_1.php
- งามชื่น คงเสรี. 2542. ข้าว-การบรรจุหีบห่อ. วิชาการเกษตร. 17(3): 239 – 253.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. โรงพิมพ์บริษัท เอส.พี.เอ็ม การพิมพ์ จำกัด,
กรุงเทพฯ.
- จารุณี จัตราภิตติพรชัย. 2550. ภาชนะบรรจุอาหารในกฎหมายไทย. สารานุกรม: บทความ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2534. ดินที่ใช้ปลูกข้าว: **Paddy soil science**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะ
เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 420 หน้า
- นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และวิทยา มะเสนา. 2533. การสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการเผาฟางข้าวใน
นา. วารสารแก่นเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 3(18) :
123-127.

นิวัติ เจริญศิลป์, ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, บุญชิน บุตตาบุญ และประโยชน์ เจริญธรรม. 2540.
โครงการวิจัยการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว: ผลงานทางวิชาการ. ศูนย์วิจัยข้าว
ปราจีนบุรี, 70 หน้า

บริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด. 2548. กลไกการพัฒนาที่สะอาด. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ
อนุรักษ์พลังงาน. แหล่งที่มา: <http://www2.dede.go.th/dede/cdm/process.htm>, 25
กุมภาพันธ์ 2552.

ปาริฉัตร ศุภชลสิทธิ์. 2543. การประหยัดพลังงานและเทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรม
กล้วยเตี้ยและเส้นไหม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะบุตร วนิชพงษ์พันธุ์. 2536. การปลดปล่อยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยมีเทน
จากนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พงศธร อาทธรุสุข. 2550. **Life Cycle Assessment (LCA) and Green Productivity (GP):
เครื่องมือเพื่อการพัฒนาผลผลิตอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน**, แหล่งที่มา :
http://202.183.190.2/dwnld/prdarticle/21_lifecycass.pdf

พจน์ย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2541. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กรมพัฒนา
ที่ดิน. 144 หน้า

รัตนารรณ มั่งคั่ง แซบเปียร์ กิ่วล่า พูนสุข ประเสริฐสรรพ งามทิพย์ ภู่วโรดม และนฤชิต ดำ
ปิ่น. 2550. การประยุกต์การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบมี
ส่วนร่วมภายในห่วงโซ่การผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (*Panaeus vannamei*) แซ่แซ้งแบบ
เป็นตัว รายงานโครงการวิจัยเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ระวีวรรณ กาญจนสุนทร. 2537. ผลของการทำนาสวนและนาไร่ต่อการปล่อยก๊าซมีเทนใน
จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณิ เอกศิลป์. 2542. ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ Gasifier ในการผลิตไฟฟ้าในโรงสีข้าว
ขาวและข้าวกล้องในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต
3(2): 42-48

วิไล เตียวยืนยง. 2547. การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาสวนและนาข้าวขึ้นน้ำใน
จังหวัด พระนครศรีอยุธยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันอาหาร. 2551. อุตสาหกรรมข้าว. แหล่งที่มา :
www.nfi.or.th/infocenter/, 22 กรกฎาคม 2551.

ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2550. ผลิตภัณฑ์ข้าว: ตลาดส่งออกที่ยังเติบโตต่อไปได้. แหล่งที่มา:
<http://www.positioningmag.com/prnews/prnews.aspx?id=56261>, 20 ตุลาคม 2551.

สายพิน พูนแก้ว. 2546. อิทธิพลของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2547. फिल्मพลาสติก สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร. แหล่งที่มา : http://www.sme.go.th/cms/c/journal_articles/view_article_content?article_id=ISIC002-C03&article_version=1.0

อภิชาติ เทอดโยธิน และ คณะ. 2538. การวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงสีข้าว สำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมในประเทศไทย. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์) 29(1): 87-99

อภิญา วงศ์กำภู. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยและการจัดการน้ำต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรรรรณ ศรีรัตน์พิริยะ. 2541. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมโลกจากก๊าซเรือนกระจกต่อการทำนาข้าว. รายงานการวิจัย สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อัมมาร และ วิโรจน์. 2533. ประมวลความรู้เรื่องข้าว. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Antón, M.A., Castells, F., Montero, J.I. และ Munoz, P. 2003. Most significant substances of LCA to Mediterranean Greenhouse Horticulture, pp. 199-204. In Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th**. Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.



- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., และ Reinhardt, G.A. 2003. Life cycle assessment of bread production – a comparison of eight different scenarios -, pp. 9-16. *In* Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th** . Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Carbon Trust. 2007. **Carbon Footprint Methodology**. Carbon Trust, UK. Available Source: www.carbontrust.co.uk/NR/rdonlyres/6DEA1490-254B-434F-B2B2-1D93F0B0C98/0/Methodology_summary.pdf (last accesses in November, 2007)
- Casey, J.W. and Holden, N.M. 2003. A systematic description and analysis of GHG emission resulting from Ireland's milk production using LCA methodology, pp. 219-221. *In* Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th**. Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Chareonsilp, N., Buddhaboon, C., Promanart, P., Wassmann, R. and Lantin, R.S. 2000. Methane emission from deepwater rice fields in Thailand. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 58: 121-130.
- De Boer, I.J.M., Iepema, G. and Thomassen, M.A. 2003. Environmental Impact Assessment at Commercial Dairy Farms, pp.214-218. *In* Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th** . Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Denier Van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U., 1996. Oxidation of methane in the rhizosphere of rice plants. **Biol Fert Soils** 22, pp. 359–366
- Fiala, N. 2008. Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. **Ecological Economics** 2008.
- Hearn G.L., and Ballard J.R. 2005. The use of electrostatic techniques for the identification and sorting of waste packaging materials resources. **Conservation and recycling** 44(1): 91-98.



- Hekkert M.P., L. A.J. Joosten and E. Worrell. 2000. Reduction of CO₂ emissions by improved management of material and product use: the case of transport packaging resources, **Conservation and recycling**. 30(1). 1-27
- Jeffrey Bor, Y., Yu-Lan C. And Esher H. 2004. The market-incentive recycling system for waste packaging containers in Taiwan. **Environmental Science & Policy**. 7(6): 509-523.
- Kruamas Smakgahn, 2003, **Empirical model and process base model application on methane and nitrous oxide emissions from thai rice fields**, 159 pages
- Ledgard, S.F., Finlayson, J.D. Patterson, M.G. Carran, R.A., and Wedderburn, M.E. 2003. Effects of Intensification of Dairy Farming in New Zealand on Whole-system Resource Use Efficiency and Environmental Emissions, pp. 226-229. *In* Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th** . Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Milà i Canals, L., Burnip, G.M., Suckling, D.M. and Cowell, S.J. 2003. Sources of Site-Dependency and Importance of Energy Consumption in Agricultural LCA: Apple Production in New Zealand, pp. 236-242. *In* Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th** . Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Milà i Canals, L., Cowell, S.J., Sim, S. and Basson, L. 2007. Comparing Domestic versus Imported Apples: A Focus on Energy Use, **Env Sci Pollut Res** 14(5): 338-344.
- Mungkung, R. 2005. **Shrimp Aquaculture in Thailand: Application of Life Cycle Assessment to support sustainable development**. PhD Dissertation. University of Surrey. Guildford, UK.
- Mungkung, R., Udo de Haes, H.A., and Clift, R. 2006. Potentials and Limitations of Life Cycle Assessment in Setting Ecolabelling Criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. **International Journal of Life Cycle Assessment** 11(1): 55-59.



- Ponnamperuma, F.N. 1984. Straw as a source of nutrients for wet land rice. pp. 117 – 136. *In International Rice Research Institute, Organic matter and rice.* Los Banos, Philippines.
- Ross, S. 1989. **Soil processes a systematic approach**, Great Britain at University Pass. USA. 444 pages
- Ross S. and Evans D. 2003. The environment effect of reusing and recycling a plastic-based packaging system. **Journal of Cleaner.** 561 – 571.
- Sanjuàn, N., Clemente, G. and Úbeda, L. 2003. LCA of the integrated production of oranges in the Comunidad Valenciana (Spain), pp. 210-213. *In Niels Halberg, ed. International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th.* Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Soroka, W. 2002. Fundamentals of Packaging Technology. **3rd ed. Institute of Packaging Professionals**, Illinois.
- Sybille, B., Steiner, R. and Jungbluth, N. **LCA of packed food products –the function of flexible packaging,** Source: <http://www.flexpack-europe.org/upload/Documents/ESU - Flexible Packaging 2008 - Exec Sum.pdf>
- Towporayoon, S., Asawapisit, S. and Wanichpongpan, P. 1993. "Methane Emission from Rice Paddy Field in Thailand", pp. 435-438. *In the International Conference on Regional Environmental and Climate Change in East Asia*, Taiwan.
- Towprayoon, S., Smakgahn, K. and Poonkaew, S. 2005. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. **Chemosphere** 59: 1547–1556.
- Vibol, S. 2006. Comparative estimation of GHG emission from rice field using specific emission factors of rice straw management. 130 pages.
- Wallén, A., Brandt, N. and Wennersten, R. 2004. Does the Swedish consumer's choice of food influence greenhouse gas emission?. *Environmental Science & Policy* 2004(7): 525-535.



White, R. Boardman, B. and Thottathil, S. 2007. **Carbon labelling: Evidence, issues and questions (Briefing paper for the Tesco-ECI carbon labelling workshop, 3-4 May 2007)**. Carbon labelling workshop, London, UK. Available Source: www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/carbonlabelling_workshop.pdf (last accesses in November, 2007)

Zabaniotou, A. and Kassidi, E. 2003 . Life cycle assessment applied to egg packaging made from polystyrene and recycled paper. **Journal of Cleaner**. 549 – 559.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 1

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การตรวจรับข้าวกล้อง	ปริมาณข้าวกล้องที่รับ (กิโลกรัม)			
	พลังงานเชื้อเพลิงรถ folk lift			
การลำเลียงลงถึงเก็บ ข้าวกล้อง	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวกล้องที่ลงถึง (กิโลกรัม)			
		ปริมาณข้าวกล้องที่สูญเสีย (กิโลกรัม)		
การทำความสะดวก	ปริมาณข้าวกล้องที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวกล้องที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณสิ่งเจือปน (กิโลกรัม)		
การชั่งน้ำหนัก	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้ (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ชั่ง (กิโลกรัม)			
	ชนิดและจำนวนเครื่องชั่งที่ใช้			
		ข้าวหอมมะลิที่ชั่งได้ (กิโลกรัม)		
		เศษข้าวจากการชั่ง (กิโลกรัม)		
ถึงพักข้าวกล้อง	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวกล้องที่ลงถึง (กิโลกรัม)			
		ปริมาณข้าวกล้องที่สูญเสีย (กิโลกรัม)		

ตารางที่ 1 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
ถึงพักข้าวกล้อง	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวกล้องที่ลงถึง (กิโลกรัม)			
		ปริมาณข้าวกล้องที่สูญเสีย (กิโลกรัม)		
การขัดขาว	ปริมาณข้าวกล้องที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวขาวที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณรำดิบที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ราคาขายรำดิบ (บาท/กิโลกรัม)		
ถึงพักข้าวขาว	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวขาวที่ลงถึง (กิโลกรัม)			
		ปริมาณข้าวขาวที่สูญเสีย (กิโลกรัม)		
การแยกหิน	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวที่เข้าเครื่อง (กิโลกรัม)			
		ปริมาณข้าวที่ออกจากเครื่อง (กิโลกรัม)		
		ปริมาณเศษหินที่แยกได้ (กิโลกรัม)		
การขัดมัน	ปริมาณข้าวที่เข้าขัดมัน (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร)			

ตารางที่ 1 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การขัดมัน (ต่อ)		ปริมาณข้าวขาวขัดมันที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณผงรำที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ราคาขายผงรำ (บาท/กิโลกรัม)		
การยีส	ปริมาณข้าวขาวขัดมันที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวขาวที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณสิ่งเจือปนที่ได้ (กิโลกรัม)		
การยึ่งแก้ว	ปริมาณข้าวที่เข้ายึ่งแก้ว (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณเศษแก้วที่ได้ (กิโลกรัม)		
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวที่ได้ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณเศษแก้วที่ได้ (กิโลกรัม)		
ตะแกรงคัดขนาด	ปริมาณข้าวที่คัดขนาด (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณต้นข้าว (กิโลกรัม)		
		ปริมาณปลายข้าวเบอร์ 5 (กิโลกรัม)		
		ปริมาณปลายข้าวเบอร์ 4 (กิโลกรัม)		
		ปริมาณปลายข้าวเบอร์ 3 (กิโลกรัม)		
		ปริมาณปลายข้าวเบอร์ 2 (กิโลกรัม)		
		ปริมาณปลายข้าวเบอร์ 1 (กิโลกรัม)		

ตารางที่ 1 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
ปริมาณข้าวที่เข้า ตะแกรงคัดคุณภาพ	ปริมาณข้าวที่เข้าตะแกรงคัด คุณภาพ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวได้คุณภาพ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณข้าวรูปร่างผิดปกติ (กิโลกรัม)		
การชั่งน้ำหนัก	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ชั่ง (กิโลกรัม)			
	ชนิดและจำนวนเครื่องชั่งที่ใช้			
		เศษข้าวจากการชั่ง (กิโลกรัม)		
จัดเก็บลงถังบรรจุ	ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่บรรจุ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณข้าวที่สูญเสียจากการ จัดเก็บ (กิโลกรัม)		
ผ่านแม่เหล็ก	ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
		เศษโลหะ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ได้ (กิโลกรัม)		
การชั่งน้ำหนัก	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้ (ลิตร)			
	ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ชั่ง (กิโลกรัม)			
	ชนิดและจำนวนเครื่องชั่งที่ใช้			
		เศษข้าวจากการชั่ง (กิโลกรัม)		

ตารางที่ 1 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การบรรจุผลิตภัณฑ์	ประมาณข้าวเต็มเมล็ดที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	ชนิดและปริมาณถุงพลาสติกที่ใช้ บรรจุ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
	พลังงานเชื้อเพลิง (ลิตร)			
		ปริมาณเศษถุงพลาสติก (กิโลกรัม)		
		ปริมาณผลิตภัณฑ์ข้าวที่ได้ (กิโลกรัม)		
เครื่องตรวจจับโลหะ	ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
		เศษโลหะ (กิโลกรัม)		
		ปริมาณข้าวหอมมะลิที่ได้ (กิโลกรัม)		

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง/เส้นหมี่แห้ง

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การรวบรวมข้าวหักจาก โรงสี	ปริมาณข้าวหักที่ใช้		กิโลกรัม	
	เชื้อเพลิงที่ใช้		ลิตร	
การขัดสี	ปริมาณข้าวก่อนขัดสี		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เศษข้าวเปลือก, กรวด, หิน		กิโลกรัม	
การล้างทำความสะอาด	ปริมาณข้าวก่อนล้าง		กิโลกรัม	
	ปริมาณข้าวหลังล้าง		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการล้างข้าว		ลิตร	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
การแช่ข้าว	ปริมาณข้าวที่ใช้แช่		กิโลกรัม	
	ปริมาณข้าวหลังแช่		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการแช่ข้าว		ลิตร	
การไม่หยาบ/ไม่ละเอียด	ปริมาณข้าวที่ใช้ไม่		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษข้าว/แป้งจากการไม่หยาบ		กิโลกรัม	
การกรอง	ปริมาณน้ำแป้งที่ได้		ลิตร	
	ปริมาณแป้งที่ได้		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษแป้งที่ไม่ผ่านการกรอง		กิโลกรัม	

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
กระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว				
เตรียมน้ำแป้ง	ชนิดสารเคมีที่ใช้		กิโลกรัม	
	- trade name			
	- CAS number			
	- MSDS			
	ปริมาณน้ำแป้ง		ลิตร	
	ปริมาณน้ำแป้งที่ปล่อยสู่ถังพัก		ลิตร	
	ปริมาณน้ำหล่อเย็น		ลิตร	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
ถังพักน้ำแป้ง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
การนึ่ง	ปริมาณน้ำแป้ง		ลิตร	
	ปริมาณเส้นที่นึ่ง		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษจากการนึ่งแผ่น		กิโลกรัม	
การลดความชื้น	ปริมาณเส้นก่อนลดความชื้น		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นหลังลดความชื้น		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษจากการอบ		กิโลกรัม	
Aging	ปริมาณแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษแผ่นก๋วยเตี๋ยว		กิโลกรัม	
	ปริมาณแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้		กิโลกรัม	

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การรีดเส้น	ปริมาณแผ่นก๋วยเตี๋ยวก่อนรีด		กิโลกรัม	
	ปริมาณแผ่นก๋วยเตี๋ยวหลังรีด		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการรีดเส้น		ลิตร	
	ปริมาณเศษเส้นก๋วยเตี๋ยว		กิโลกรัม	
การชั่งน้ำหนัก	ปริมาณเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ชั่ง		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้		ลิตร	
	เศษก๋วยเตี๋ยวจากการชั่ง		กิโลกรัม	
	ชนิดและจำนวนเครื่องชั่งที่ใช้		เครื่อง	
การอบแห้ง	ปริมาณเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนอบ		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบ		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เศษก๋วยเตี๋ยวจากการอบ		กิโลกรัม	
การบรรจุภัณฑ์	ชนิดและปริมาณของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุ		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนบรรจุ		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษถุงบรรจุภัณฑ์		กิโลกรัม	
	ปริมาณผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้		กิโลกรัม	
	เศษก๋วยเตี๋ยว		กิโลกรัม	
	ชนิดและปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่ตรวจพบ		กิโลกรัม	

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
กระบวนการผลิตเส้นหมี่				
การเตรียมน้ำแป้ง	ปริมาณน้ำแป้งที่ใช้		ลิตร	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ชนิดสารเคมีที่ใช้		กิโลกรัม	
	- trade name - CAS number - MSDS			
การอัดแป้ง	ปริมาณน้ำแป้งที่ใช้		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการอัดแป้ง		ลิตร	
	เศษจากการอัดแป้ง		กิโลกรัม	
	ปริมาณก้อนแป้งที่ได้		กิโลกรัม	
การขึ้นรูปครั้งที่ 1	ปริมาณแป้งจากขั้นตอนการอัดแป้ง		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณแป้งที่ขึ้นรูปได้		กิโลกรัม	
	เศษแป้งจากการขึ้นรูป			
การลดความชื้น การขึ้นรูปครั้งที่ 2 และการตัดเส้น	ปริมาณแป้งอัด		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นหมี่		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณเศษแป้ง/เศษเส้นที่เหลือทิ้ง		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำหล่อเย็น		ลิตร	

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การนึ่ง	ปริมาณเส้นหมี่ก่อนนึ่ง		กิโลกรัม	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่ใช้			
	เศษเส้นหมี่จากการนึ่ง		กิโลกรัม	
การบ่มเส้น	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	เส้นก่อน aging		กิโลกรัม	
	เส้นหลัง aging		กิโลกรัม	
	เศษเส้นจากการ aging		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
การล้างน้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณเส้นหมี่ก่อนล้างน้ำ		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นหมี่หลังล้างน้ำ		กิโลกรัม	
	เศษเส้นหมี่		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการล้าง		ลิตร	
การยีสเส้น	ปริมาณเส้นหมี่ก่อนตีเส้น		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นหมี่หลังตีเส้น		กิโลกรัม	
	ปริมาณน้ำที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณน้ำทิ้งจากการล้าง		ลิตร	
การชั่งน้ำหนัก	ชนิดและจำนวนเครื่องชั่งที่ใช้		เครื่อง	
	ปริมาณเส้นหมี่ที่ชั่ง		กิโลกรัม	
	เศษเส้นหมี่จากการชั่งน้ำหนัก		กิโลกรัม	

ตารางที่ 2 แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า/ออก	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยงาน/ ผู้ให้ข้อมูล
การอบแห้ง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	พลังงานไอน้ำที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้		ลิตร	
	ปริมาณก่อนที่อบ		กิโลกรัม	
	เศษจากการอบ		กิโลกรัม	
การบรรจุภัณฑ์	ชนิดและปริมาณของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุ		กิโลกรัม	
	ชนิดและปริมาณกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุ		กิโลกรัม	
	ปริมาณเส้นหมี่ก่อนบรรจุ		กิโลกรัม	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		กิโลวัตต์-ชม.	
	ปริมาณเศษถุงบรรจุภัณฑ์		กิโลกรัม	
	ปริมาณผลิตภัณฑ์เส้นหมี่ที่ได้		กิโลกรัม	
	เศษเส้นหมี่		กิโลกรัม	
	ชนิดและปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่ตรวจพบ		กิโลกรัม	