

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของที่มาและปัญหา

ปัจจุบันวิกฤติโลกร้อน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีการสร้างโอกาสการพัฒนาสินค้าเกษตรส่งออก ผู้ประกอบการพยายามพัฒนากระบวนการผลิตสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นทิศทางการพัฒนาที่หลายประเทศกำหนดไว้ในนโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ สำหรับประเทศไทยคือธุรกิจส่งออกโดยแนวโน้มในอนาคตเรื่องของการค้ากับต่างชาติที่จะมีการกำหนดปริมาณคาร์บอนในสินค้า ถ้าพิจารณาปัญหาโลกร้อนดังกล่าวจะทำให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องตื่นตัวพยายามคิดค้นหาทางป้องกัน แก้ไขปัญหา และบรรเทาปัญหาผลกระทบ นอกจากนี้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ยังมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเกษตร การพัฒนาและขยายตัวในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และ การทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งล้วนแต่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) และส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)

ดังนั้นจึงมีการศึกษาและวิจัยอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ การแสดงข้อมูล “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์เพื่อสื่อสารไปยังผู้ซื้อและผู้บริโภค ด้วยฉลากที่เรียกว่า “ฉลากคาร์บอน” (Carbon Label) ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต้องเตรียมรับมือสำหรับประเทศไทยคือ ธุรกิจส่งออก โดยแนวโน้มในอนาคตเรื่องของการค้ากับต่างชาติ ที่จะมีการกำหนดปริมาณคาร์บอนในสินค้า เช่น กฎหมายใหม่ของสหรัฐฯ จะมีการกำหนดค่าการปล่อยคาร์บอนในสินค้าที่ส่งออกไปยังประเทศนั้น จะต้องติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่เหมือนเป็นการบอกมาตรฐานว่าสินค้านั้นจะไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ในแง่ความสำคัญ คาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาแต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ เป็นต้นนั้นเป็นเครื่องมือที่กระตุ้นให้ภาคการผลิต หาแนวทางการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ในขณะเดียวกัน ก็เป็นการสร้างความตระหนักให้แก่ผู้บริโภค รวมทั้งสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก บรรเทาปัญหาโลกร้อน โดยคาดหวังว่า เมื่อผู้บริโภคมีความเข้าใจและมีข้อมูลเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (รวมทั้งมีสินค้าเป็นทางเลือกเพียงพอ) ผู้บริโภคจะใช้ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในการเลือกตัดสินใจซื้อสินค้าที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำ จากการคำนวณก๊าซเรือนกระจกตามกำหนดในคู่มือการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) พบว่าประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิในปี พ.ศ. 2546 เท่ากับ 344.2 ล้านตัน มาจากภาคพลังงาน(56.1 เพอร์เซ็นต์) เกษตรกรรม (24.1 เพอร์เซ็นต์) การกำจัดของเสีย (7.8 เพอร์เซ็นต์) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ (6.6 เพอร์เซ็นต์) และกระบวนการอุตสาหกรรม (5.4 เพอร์เซ็นต์)ตามลำดับ โดยมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(CO₂) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 70 นอกจากนี้จะเป็นก๊าซมีเทน (CH₄) ประมาณร้อยละ 25 และอีกประมาณร้อยละ 5 เป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548) เนื่องจากปัจจุบันประชาชนทั่วโลกหันมาใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากขึ้น ภูมิปัญญาพื้นบ้านที่เคยลิ้มเลือนถั่วลิสงฝืนมาใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น อัญชันถูกนำมาเป็นสินค้าสมัยใหม่ โดยเฉพาะแยมพุดสระผมและครีมนวดผม ซึ่งกำลังได้รับการพัฒนาให้ทันสมัยมากขึ้น และคุณสมบัติของดอกอัญชันใช้ในการรักษาเส้นผมให้ดกดำ และป้องกันผมร่วง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าอัญชันมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า Butterfly pea หรือ Shell creeper ในภาษาไทยเรียกว่า อัญชัน อัญชันบ้าน อังชัน อัญชันเขียว (ภาคกลาง) เอื้องจัน แดงจัน อังจัน (ภาคเหนือ) อัญชันออกดอกหมุนเวียนตลอดทั้งปี ลักษณะนิสัยชอบดินที่มีความชื้นปานกลาง แสงแดดเต็มวัน มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว คุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่งของพืช “อัญชัน” ด้านนิเวศวิทยาสามารถอยู่ร่วมกับพืชชนิดอื่นได้เป็นอย่างดี ส่วนผลของดอกอัญชันเป็นฝักยาวเหมือนฝักถั่วเขียว เมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ อัญชันยังมีสรรพคุณให้ประโยชน์และคุณค่าทางสมุนไพร กล่าวคือ เมล็ด ราก นำมาทำเป็นยา มีสรรพคุณคือ ดอกสกัดสีมาทำสีผสมอาหาร ช่วยปลูกผมทำให้ผมดำขึ้น เมล็ด เป็นยาระบาย ราก บำรุงตาแก้ตาฟาง ภูพินแก้ปวดฟัน ตาฉะ และปรุงเป็นยาขับปัสสาวะ นำรากมาถูกับน้ำฝนใช้หยอดหูและหยอดตา และสกัดสีจากดอกมาทำเป็นเครื่องสำอางสมุนไพรดอกอัญชัน ขนมหันฟ้า ขนมะลองฟ้า ทอผ้าฝ้ายสมุนไพรดอกอัญชัน แยมพุดสระผม อาหารหลากหลายสูตรที่ทำจากดอกอัญชันอย่างมากมาย นับว่าดอกอัญชันเป็นไม้ดอกที่มีคุณค่ามหาศาลต่อคนไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าคนโบราณนิยมใช้ดอกอัญชันมาทำคิ้วเด็กอ่อนที่มีคิ้วค่อนข้างบาง เพื่อให้คิ้วหนาขึ้น หรือนำมาทาศีรษะให้ผมดกดำจึงกลายมาเป็นวิวัฒนาการของแยมพุดสระผมที่มีส่วนผสมของดอกอัญชันในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตแยมพุดสระผมและครีมนวดผมอัญชันตลอดวัฏจักรชีวิต เพื่อใช้ในการสนับสนุนและส่งเสริมในการการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรให้ได้คุณภาพและมาตรฐานสากลและส่งเสริมความแข็งแกร่งของตราสินค้าเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรอย่างครบวงจร นอกจากนี้ประเทศไทยยังขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle assessment: LCA) ที่มุ่งเน้นผลเชิงปริมาณโดยพิจารณาตลอดวงจรชีวิตตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานเป็นต้น เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือเพิ่มทางเลือกในการผลิต เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Wenzel, Hauschild and Alting, 1997; Lee, and Inaba, 2004; สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2549)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตแยมพุดสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน เป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณ โดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ของก๊าซต่างๆโดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลาที่กำหนด เช่น 20, 100, 500 ปี โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWPของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี โดยใช้เทคนิคการพิจารณาตลอด

วงจรชีวิตเป็นเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งจะมีผลพลอยได้ในการเพิ่มคุณค่าให้แก่อุตสาหกรรมเกษตรที่เปลี่ยนแปลงให้เป็นเครื่องสำอาง ที่มีราคาสูงและนำไปสู่การใช้เป็นข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ได้ในระยะต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1. เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชัน โดยตลอดวัฏจักรชีวิต
- 1.2.2. เพื่อทราบแนวทางในการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1. จำแนกประเด็นปัญหาที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชันโดยตลอดวัฏจักรชีวิต
- 1.3.2. กำหนดหน่วยหน้าที่ของการศึกษา (Functional unit) คือแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชัน จำนวน 100 กรัมต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์
- 1.3.3. หาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน โดยตลอด
วัฏจักรชีวิตคิดเป็นกิโลกรัมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2 equivalent) ต่อหน่วยหน้าที่ของการศึกษา
- 1.3.4. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชัน (ข้อมูลประกอบด้วยวัตถุดิบ สารเคมี และพลังงานที่ใช้ในกระบวนการต่างๆตั้งแต่ การเพาะปลูก การขนส่งและการผลิต โดยรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากเกษตรกร จากโรงงานผลิตแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชันและรวมถึงรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)

บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของดอกอัญชัน



รูปที่ 2.1 ดอกอัญชัน

(ที่มา: <http://myveget.com/70/การเพาะปลูกดอกอัญชัน.bsp>)

ดอกอัญชัน (อังกฤษ: Asian pigeonwings; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Clitoria ternatea* L.) เป็นไม้เถา ลำต้นมีขนนุ่ม มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ ปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อน มีชื่อพื้นเมืองอื่นอีกคือแดงชัน (เชียงใหม่) และเอื้องชัน (เหนือ) (เต็ม สมิตินันท์, 2549) อยู่ในวงศ์ Papilionaceae ซึ่งเป็นวงศ์ของถั่วประเภท pea ทั้งหมด เช่น ถั่วลันเตา (sweet pea) อัญชันเป็นไม้เลื้อยเนื้ออ่อน อายุสั้น ใ้ยอดเลื้อยพัน ลำต้นมีขนปกคลุม ใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามยาว 6-12 เซนติเมตร มีใบย่อยรูปไข่ 5-7 ใบ กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ผิวใบด้านล่างมีขนหนาปกคลุม ดอกสีขาว ฟ่ำ และม่วง ดอกออกเดี่ยวๆ รูปทรงคล้ายฝัา หอยเชลล์ ออกเป็นคู่ตามซอกใบ กลีบดอก 5 กลีบ ดอกบานเต็มที่ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตรกลีบคลุมรูปกลม ปลายเว้าเป็นแฉ่ง ตรงกลางมีสีเหลือง มีทั้งดอกซ้อนและดอกกลา ดอกชั้นเดียวกลีบชั้นนอกมีขนาดใหญ่กลีบสีเหลือง ส่วนกลีบชั้นในขนาดเล็กแต่ดอกซ้อนกลีบดอกมีขนาดเท่ากัน ซ้อนเวียนเป็นเกลียว ออกดอกเกือบตลอดปี ผลแห้งแตก เป็นฝักแบน กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 5-8 เซนติเมตร เมล็ดรูปไต สีดำ มี 5-10 เมล็ด อัญชันมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียเขตร้อน ก่อนจะถูกนำไปแพร่พันธุ์ในแอฟริกา ออสเตรเลีย และอเมริกา การปลูกอัญชันมีวิธีการปลูกง่ายและขึ้นง่ายไม่ต้องการดูแลรักษามากนัก วิธีการปลูกโดยการนำต้นกล้าจากการเพาะเมล็ดมาปลูกลงแปลงปลูก และบริเวณใกล้เคียงแปลงปลูกควรมีรั้ว หรือไม้ระแนงเพื่อให้เถาอัญชันเลื้อยพัน หรือยึดเกาะเพื่อการทรงตัวได้ การดูแลรักษา อัญชันเป็นไม้กลางแจ้งที่มีความต้องการแสงพอสมควร แต่ก็ไม่ถึงกับต้องการแสงจัดมาก ต้องการน้ำปานกลาง การรดน้ำจะต้องไม่ถึงกับแฉะ รดน้ำแต่พอชุ่มก็พอ และควรรดน้ำ วันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและช่วงเย็น อัญชันจะขึ้นได้ดีในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี ใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกผสมกับดินปลูก ไม่มีโรคและแมลงที่สำคัญ ส่วนขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

2.2 ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ตามที่ระบุในพิธีสารเกียวโต มี 6 ตัว ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) และเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) การวิเคราะห์ปริมาณในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแฮมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชัน อาศัยการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ด้วยหลักการ การประเมินวัฏจักรชีวิต (life cycle assessment; LCA) ตามมาตรฐาน ISO 14040 โดยการใช้ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Equivalency factor) จากการเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐานคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามรายงานของ IPCC (IPCC, 2007) โดยกำหนดค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก ในเวลา 100 ปีเป็นดังนี้ CO_2 , CH_4 และ N_2O มีค่าเป็น 1, 25 และ 298 ตามลำดับ และเพื่อแสดงผลในเชิงปริมาณคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในหน่วยกิโลกรัม (kg CO_2 equivalent)

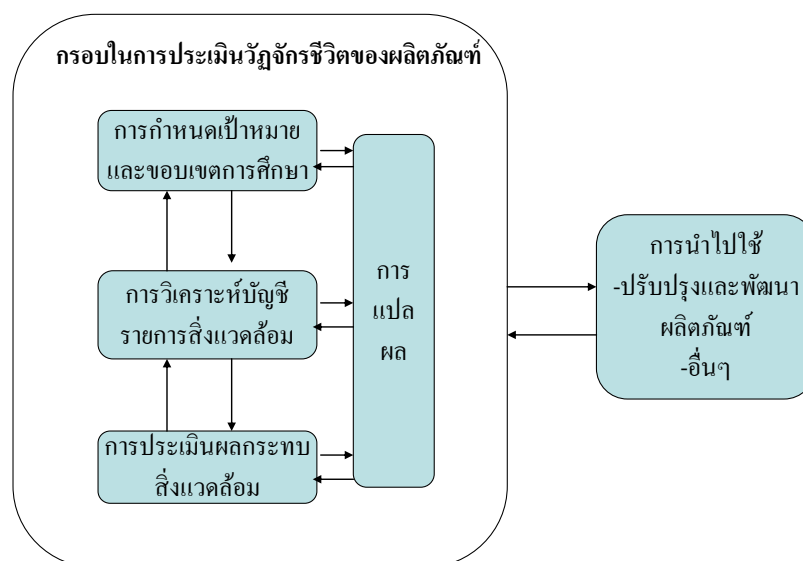
สูตรการคำนวณ GWP = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ X ค่าศักยภาพ ในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (life cycle assessment) คือการรวบรวมข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกเพื่อ ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจขึ้นของผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิต (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) ขอบเขตการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจขึ้นของผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิต (life cycle of product) ครอบคลุมตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบและแปรรูป (raw material acquisition) กระบวนการผลิต (manufacturing) การใช้งานและบำรุงรักษา (use and maintenance) การใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (reuse/recycle) จนกระทั่งการกำจัดขั้นสุดท้าย (disposal) ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้อง ในทุกๆขั้นตอน รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์

วิธีการมาตรฐานของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการจัดการ สิ่งแวดล้อม

อนุกรม 14040 มีกรอบวิธีปฏิบัติและหลักการเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (goal and scope definition) ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (inventory analysis) ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (impact assessment) และขั้นตอนที่ 4 การตีความและแปลผล (interpretation) การวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังรูปที่ 2.2 แสดงกรอบดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอนในมาตรฐาน ISO 14040



รูปที่ 2.2 แสดงกรอบดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอนในมาตรฐาน ISO 14040

กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิต โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ผลการศึกษา การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้คือ 1) แบบ cradle-to-grave (business-to-consumer; B2C) เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ 2) แบบ cradle-to-gate (business-to-business; B2B) เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่สารเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป ตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (product category rules; PCRs) การกำหนดรูปแบบการประเมินขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือความต้องการของผู้ประกอบการ ทั้งนี้ การประเมินแบบ B2B ซึ่งมีขอบเขตการคำนวณไม่ครบตลอดวัฏจักรชีวิตจะไม่สามารถตีเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ได้ แต่สามารถให้ข้อมูลค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แก่คู่ค้าในระบบซัพพลายเชน(คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2544) เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่ติดบนสินค้าต่างๆ นั้น เป็นการสื่อสารด้านสิ่งแวดล้อมจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค ทำให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร เช่น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนฟุตพริ้นท์) ของเสื้อยืดผ้าฝ้าย 100% ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนฟุตพริ้นท์) ของข้าวหอมมะลิบรรจุถุง เป็นต้น โดยขณะนี้ในหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย แม้ว่าในปัจจุบันจะยังไม่มีมาตรการบังคับใช้ฉลากชนิดนี้ในรูปแบบของกฎหมาย แต่ในอนาคตมีความเป็นไปได้สูงที่จะถูกบังคับจากคู่ค้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) เพื่อผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ประเทศไทยดำเนินโครงการนำร่องการใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มาตั้งแต่ต้นปี 2552 และมีการรับรองผลิตภัณฑ์กลุ่มแรกอย่างเป็นทางการ เมื่อวันที่ 25 ธ.ค.2552 จนถึงขณะนี้ มี 63 ผลิตภัณฑ์ จาก 25 บริษัท ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แล้ว และขณะนี้ มีอีกกว่า 50 บริษัท/องค์กร ที่สนใจจะประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ และขอ

รับรองเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีทั้งผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ไนลอน ถุงยางอนามัย กระเบื้อง เม็ดพลาสติก ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี บรรจุภัณฑ์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า จึงเห็นได้แต่ละ บริษัท/องค์กรดังกล่าวมีขีดความสามารถที่สูงขึ้นในการส่งสินค้าไปยังประเทศคู่ค้าทั่วโลกได้ตามเงื่อนไขต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2553)

การจำแนกข้อมูลบัญชีรายชื่อรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory data) ที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า (Inputs) คือปริมาณวัตถุดิบและพลังงานและปริมาณสารขาออก (Outputs) คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate product) ของ เสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (ISO, 2006) แหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายชื่อรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตของผู้ประกอบกิจการโดยตรง หรือข้อมูล ที่ผู้ประกอบกิจการโรงงานสามารถเข้าถึงได้หรือได้รับความร่วมมือในการสนับสนุนข้อมูลตลอดห่วงโซ่การผลิต และ ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตของผู้ประกอบกิจการ โรงงานโดยอ้อม หรือข้อมูลจากผู้ประกอบกิจการโรงงานไม่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่มาจาก ฐานข้อมูลที่จำเพาะกับประเทศไทย (National LCI databases) เช่น ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือ ฐานข้อมูลต่างประเทศ (International LCI databases) เช่น การผลิตวัตถุดิบ ปุ๋ย สารเคมี เป็นต้น หลังจาก รวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยการตรวจสอบสมดุลมวลสาร และพลังงาน (Mass and energy balance) รวมทั้งการตรวจสอบสมมติฐาน แหล่งที่มาของข้อมูล ทดแทน (ถ้ามี) ตลอดจนค่าความผิดปกติของค่าข้อมูลที่ได้รับจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้หรือจาก ประสบการณ์ที่ผ่านมา ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของ ผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่ สิ่งแวดล้อมในแต่ละกิจกรรมการผลิต บางกรณีมีการพิจารณาปันส่วน (Allocation) หากกระบวนการผลิต ใดมีผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม

2.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างงานศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนำไปสู่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของผลิตภัณฑ์ข้าวโดย ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการ วิจัย (สกว.) ที่แสดงให้เห็นว่า หากทราบข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เราสามารถคิดหาทางเลือกหรือแนวทางลด ก๊าซเรือนกระจกได้อีกมาก จากการศึกษาวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิบรรจุ ขนาด 5 กิโลกรัม พบว่าปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมมีค่าเท่ากับ 22 กิโลกรัมของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในขั้นตอนการปลูกข้าว คิดเป็น 94% ส่วน ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุและขั้นตอนการสีข้าว มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 2% และขั้นตอนการ จัดจำหน่ายเพียง 1% คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นเครื่องมือเล็กๆ แต่มีผลต่อการแก้ไขปัญหาใหญ่ของโลก ช่วย ให้ข้อมูลพื้นฐานซึ่งเป็นกลไกสำคัญต่อการก้าวสู่ “สังคมคาร์บอนต่ำ” ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์และทิศทางการพัฒนา ที่กำลังจะกำหนดไว้ในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ของประเทศไทย (Carbon Footprint Thailand, 2553) ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องตั้งแต่วัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ในการปลดปล่อยก๊าซเรือน

กระจกในขั้นต้นเพื่อนำไปสู่การแสดงผลข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมอัญชันและแชมพูสระผมอัญชันในขั้นต่อไป ข้อมูลจากมูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร จังหวัดปราจีนบุรี พบว่ามีหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยา ยาสมุนไพร เครื่องสำอาง และอาหาร เป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่เรียกว่า GMP ย่อมาจาก Good Manufacturing Practice ซึ่งจำเป็นในการผลิตและควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามและทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ยา อาหาร หรือเครื่องสำอางได้อย่างปลอดภัย โดยเน้นการป้องกันและขจัดความเสี่ยงที่อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความไม่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค หลักการของ GMP ครอบคลุมตั้งแต่สถานที่ตั้งของสถานประกอบการ โครงสร้างอาคาร ระบบการผลิตที่ดีมีความปลอดภัย และมีคุณภาพได้มาตรฐานทุกขั้นตอน นับตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนการผลิต ระบบควบคุมตั้งแต่วัตถุดิบ ระหว่างการผลิต ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การจัดเก็บ การควบคุมคุณภาพ และการขนส่งจนถึงผู้บริโภค มีระบบบันทึกข้อมูล ตรวจสอบและติดตามผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมถึงระบบการจัดการที่ดีในเรื่องสุขอนามัย (Sanitation และ Hygiene) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มูลนิธิฯ ผลิตเช่นแชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชันดังรูป 2.3 และมีลักษณะเด่นและคุณประโยชน์ของแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชันดังตารางที่ 2.1 ซึ่งมีองค์ประกอบและรายละเอียดดังนี้ แชมพูสระผมอัญชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาดเส้นผมและหนังศีรษะ ด้วยส่วนผสมของสารสกัดอัญชันจึงช่วยลดปัญหาผมร่วงก่อนวัย ลดการหลุดร่วงของผม ช่วยให้ผมจัดทรงง่ายเป็นประกายเงางาม เหมาะสำหรับทุกสภาพผม ส่วนประกอบหลักคือสารสกัดดอกอัญชัน ในแง่สรรพคุณมีแอนโทไซยานินในสารสกัดดอกอัญชันทำให้เส้นผมแข็งแรงเป็นเงางามและมีสุขภาพดี วิธีใช้โดยชโลมผมที่เปียกด้วยน้ำเปล่าเทแชมพูลงบนฝ่ามือ ชโลมลงบนผมที่เปียกทิ้งไว้สักครู่แล้วจึงล้างออกด้วยน้ำสะอาด มีรูปแบบและขนาดขวดพลาสติก ขนาด 300 มิลลิลิตร อายุผลิตภัณฑ์มีอายุ 3 ปี (นับจากวันที่ผลิต) การเก็บรักษาควรเก็บที่อุณหภูมิห้องห่างจากแสงแดดและความร้อน ครีมนวดผมอัญชัน ครีมนวดผมใช้หลังสระผม มีส่วนผสมของสารสกัดจากดอกอัญชันที่มีประสิทธิภาพในการช่วยป้องกันผมร่วงก่อนวัยอันควร และการหลุดร่วงของเส้นผมเหมาะกับทุกสภาพผม มีส่วนประกอบหลักเป็น สารสกัดอัญชัน สรรพคุณคือช่วยให้เส้นผมนุ่มสลวย ไม่พันกัน เป็นเงางาม ควรใช้เป็นประจำคู่กับแชมพูอัญชัน วิธีใช้คือหลังสระผมด้วยแชมพู ชโลมด้วยครีมนวดผมให้ทั่วเส้นผม แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า มีรูปแบบ/ขนาดบรรจุเป็นขวดพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร อายุผลิตภัณฑ์ 3 ปี (นับจากวันที่ผลิต) การเก็บรักษาควรเก็บที่อุณหภูมิห้อง ห่างจากแสงแดดและความร้อน (มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร, 2554)



รูปที่ 2.3 แชมพูสระผมอัญชัน และครีมนวดผมอัญชัน

(ที่มา: มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร, 2554)

ตารางที่2.1 ลักษณะเด่นและคุณประโยชน์ของแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน

แชมพูสระผมอัญชัน	
ลักษณะเด่น	คุณประโยชน์
มีส่วนผสมของสารสกัดดอกอัญชัน	สารสำคัญในดอกอัญชัน คือ แอนโทไซยานิน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงหนังศีรษะ จึงช่วยป้องกันผมร่วงก่อนวัย ป้องกันการหลุดร่วงของผม ทำให้ผมดกดำ เงางาม
มี pH ระหว่าง 5-6	เป็นค่า pH เท่ากับสภาพหนังศีรษะ ช่วยป้องกันการแพ้และระคายเคือง
ครีมนวดผมอัญชัน	
ลักษณะเด่น	คุณประโยชน์
มีส่วนผสมของสารสกัดอัญชัน	เมื่อหมักผมทิ้งไว้ สารสำคัญในดอกอัญชัน คือ แอนโทไซยานินจะช่วยปรับสภาพผม กระตุ้นการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงหนังศีรษะ ป้องกันการเกิดผมร่วงก่อนวัย และลดการหลุดร่วงของเส้นผม
มี pH ระหว่าง 4-5	เป็นค่า pH เท่ากับสภาพหนังศีรษะ ช่วยป้องกันการแพ้และระคายเคือง

(ที่มา:มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร, 2554)

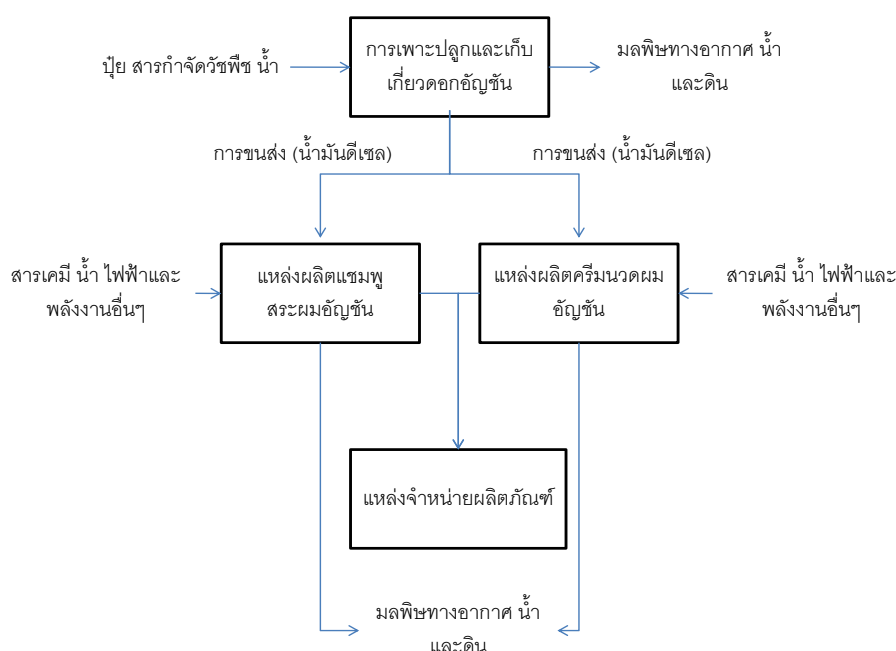
การศึกษาครั้งนี้เกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตผลิตภัณฑ์แชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชันจะเป็นแนวทางหนึ่งของการคำนึงถึงความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลผลิตทางการเกษตร และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการขอคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ได้ในขั้นต่อไป อันจะทำให้มีผลต่อการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศ

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตหรือLCA ดำเนินการทดลองตามหลักการของ ISO 14040 และ ISO 14044 (Wenzel, 1997) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังนี้ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และการแปลผล

3.1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ การปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำและดิน และกำหนดหน่วยการทำงาน (functional unit) เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการค้นหาหรือคำนวณข้อมูลของสารเข้าและออกจากระบบ การวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือภาวะโลกร้อน(global warming) กำหนดหน่วยหน้าที่ของการศึกษา คือแอมพูสระผสมอัญชันจำนวน 100 กรัมต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ และครีมνωดผสมอัญชัน จำนวน 100 กรัมต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ ขอบเขตที่ศึกษาคือวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแอมพูสระผสมอัญชันเปรียบเทียบกับการผลิตครีมνωดผสมอัญชัน รวมทั้งการขนส่ง ดังรูปที่ 3.1 แต่ไม่รวมพิจารณาการเพาะปลูกอัญชันเพราะได้จากการปลูกระบบเกษตรอินทรีย์ ใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกผสมกับดินปลูก ไม่มีโรคและแมลงที่สำคัญ จึงตั้งสมมุติฐานว่ามีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนนี้น้อยมาก



รูปที่ 3.1 กรอบการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตแอมพูสระผสมอัญชันและครีมνωดผสมอัญชัน

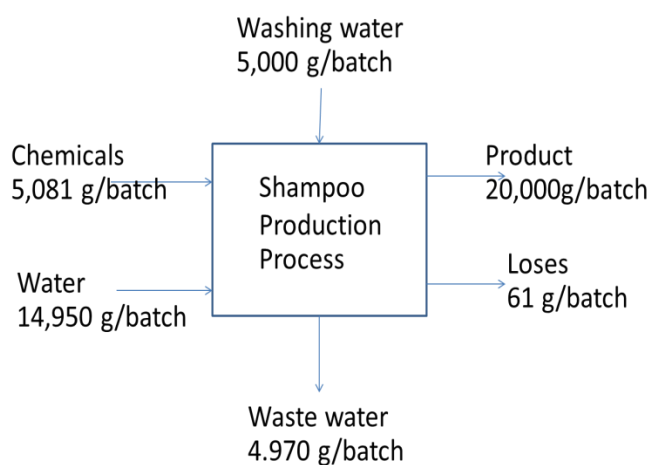
3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมคือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่างๆที่ได้กำหนดไว้เพื่อหาจำนวนสารเข้า(input) และสารออก(output) ของระบบผลิตภัณฑ์ (product system) เพื่อนำมาคำนวณการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละระบบย่อย มีดังนี้

3.2.1 ระบบย่อยการผลิตแชมพูสระผมอัญชัน

เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำดอกอัญชันมาสกัดสารจากดอกอัญชันเพื่อนำมาผลิตแชมพูสระผมอัญชัน ซึ่งการผลิตแชมพูสมุนไพรนี้มีขั้นตอนการผลิตเหมือนแชมพูทั่วไป จะมีความแตกต่างกันเพียงส่วนผสมที่นำมาใช้ ดังรูปที่ 3.2 ทั้งนี้ขั้นตอนการผลิตแชมพูทั่วไปเป็นดังนี้

- 1). ผสมสารชำระล้างเช่น Sodium laureth sulfate และน้ำจำนวนหนึ่ง(ประมาณ 2/3 ของน้ำที่ต้องใช้ทั้งหมด) คนให้เข้ากัน
- 2) เติมสารเพิ่มฟองและคนให้เข้ากันจนสารละลายมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น
- 3) เติมสารปรับสภาพเส้นผม
- 4) ละลายเกลือแกงในน้ำจำนวนหนึ่ง แล้วเติมลงไปในส่วนผสมดังกล่าวและคนให้เข้ากันจนสารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น
- 5) ปรับ pH ของสารให้มีความระหว่าง 5.5-6.5 ด้วยสารปรับความเป็นกรด-ด่างเช่น citric acid
- 6) เติมสารกันเสีย สี น้ำหอม และสารสกัดจากสมุนไพร ตามลำดับ
- 7) เติมน้ำส่วนที่เหลือ เพื่อปรับปริมาตรจนได้ปริมาณแชมพูตามต้องการและคนให้เข้ากัน

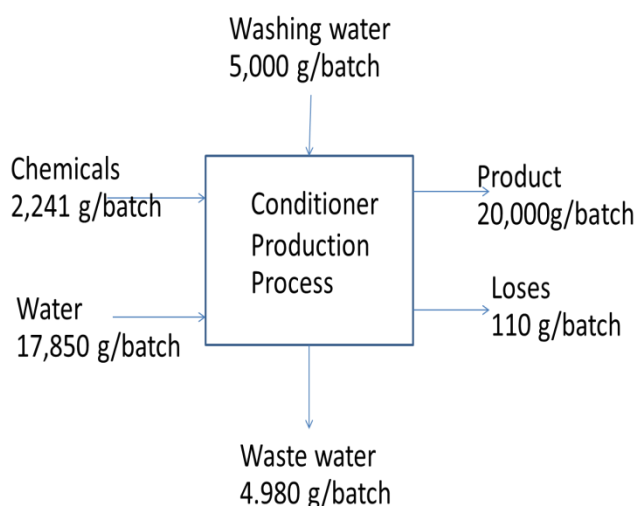


รูปที่ 3.2 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในการผลิตแชมพูสระผมอัญชัน

3.2.2 ระบบย่อยการผลิตครีมνωฒมอัญชัน

เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำดอกอัญชันมาสกัดสารจากดอกอัญชันเพื่อนำมาผลิตครีมνωฒมอัญชันซึ่งการผลิตครีมνωฒมนี้มีขั้นตอนการผลิตเหมือนครีมνωฒมทั่วไป จะมีความแตกต่างกันเพียงส่วนผสมที่นำมาใช้ ดังรูปที่ 3.3 ทั้งนี้ขั้นตอนการผลิตครีมνωฒมอัญชันทั่วไปเป็นดังนี้

- 1) ผสม fatty alcohol , mineral oil, plant oil, และ สารอื่นๆให้ เข้าด้วยกันแล้วหลอมให้เหลวที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 °C
- 2) คนให้เข้ากันจนเป็นครีม
- 3) เมื่ออุณหภูมิของครีมลดลง(ประมาณ 40-45 °C) จึงเติมสารกันเสียและน้ำหอมและคนให้เข้ากัน



รูปที่ 3.3 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในการผลิตครีมνωฒมอัญชัน

3.2.3 ระบบย่อยการขนส่งและพลังงานที่ใช้

กำหนดให้มีการเก็บข้อมูลการขนส่งดอกอัญชันชนิดแห้ง จำนวน 3 กิโลกรัมจากแห่งผลิตที่จังหวัดปราจีนบุรี มายังจังหวัดปทุมธานี เดินทางไปกลับเป็นระยะทาง 127 กิโลเมตร (ข้อมูลจากกรมทางหลวง) โดยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก Full load 7 ตัน วิ่งแบบปกติ ส่วนพลังงานที่ใช้ คือพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงได้แก่น้ำมันดีเซลและก๊าซหุงต้ม(LPG)จากก๊าซธรรมชาติ

3.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการต่างๆคือค่าปริมาณในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตขนมพุดดิ้งและครีมพุดดิ้ง อาศัยการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ด้วยหลักการ LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040 โดยการใช้ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Equivalency factor) จากการเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐานคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามรายงานของ IPCC (IPCC, 2007) โดยกำหนดค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก ในเวลา 100 ปีเป็นดังนี้ CO₂ , CH₄ และ N₂O มีค่าเป็น 1, 25 และ 298 ตามลำดับ และเพื่อแสดงผลในเชิงปริมาณคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในหน่วยกิโลกรัม (kg CO₂ equivalent) ซึ่งมี สูตรการคำนวณ $GWP = \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์} \times \text{ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน}$

3.4 การแปลผล

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนการประเมินผลกระทบ ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการแก้ไข ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ณ จุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบเพื่อทำให้ลดการปลดปล่อยมวลสารต่างๆและส่งผลให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การเตรียมแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน

ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ การปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม กำหนดหน่วยหน้าที่ของการศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการค้นหาหรือคำนวณข้อมูลของสารขาเข้าและออกจากระบบที่ศึกษา หน่วยหน้าที่ของการศึกษาคือแชมพูสระผมอัญชันจำนวน 100 กรัมต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ ครีมนวดผมอัญชันจำนวน 100 กรัมต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาดังรูปที่ 4.1 รูปที่4.2 ตารางที่ 4.1และตารางที่ 4.2



สารสกัดจากดอกอัญชัน



ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้

รูปที่ 4.1 การเตรียมสารสกัดจากดอกอัญชันและสารเคมีที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 4.1 ส่วนผสมหลักแชมพูสระผม

Function	Ingredient	Substance used for LCA analysis	Percentage (%)	Amount(g) in 20,000 g of product
Anionic surfactants	Sodium laureth sulfate	Sodium sulphate	13.11	2,622
Amphoteric surfactant	Cocamidopropyl betaine	Glycerine	4.56	912
Conditioning agent	PEG75 Lanolin ethoxylate	Fatty acids, from vegetarian oil	3.80	760
Viscosity controlling agents	Cocamide diethanolamidesuds booster	Sodium chloride	3.42	684
Preservatives	Bronidox L	Preservatives	0.12	23
pH adjustment	Citric acid	Citric acid	0.12	23
Water	Water	Water	74.75	14,950
Perfume	Fresh spring 548647		0.29	57
			100.16	20,031

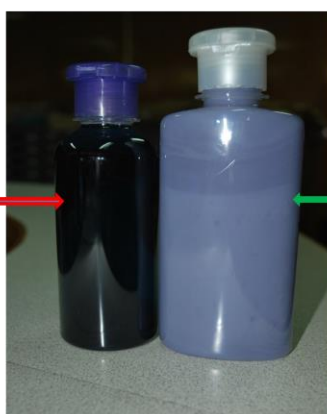
เมื่อพิจารณาการสมดุลมวลของสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตแชมพูสระผมเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{INPUT(g)} &= \text{OUTPUT (g)} + \text{LOSES (g)} \\ 25,031 &= 24,970 + 61 \\ \text{Percentage loses} &= (61 \times 100) / 25031 = 0.24 \% \end{aligned}$$



← เครื่องกวน

แชมพูสระผมอยู่ชั้นขนาด
ปริมาตร 240 มิลลิลิตร



ครีมนวดอยู่ชั้นขนาด
ปริมาตร 240 มิลลิลิตร

รูปที่ 4.2 เครื่องกวนที่ใช้ในการผลิตแชมพูสระผมและครีมนวดผม

ตารางที่ 4.2 ส่วนผสมหลักครีมนวดผม

Function	Ingredient	Substance used for LCA analysis	Percentage (%)	Amount(g) in 20,000 g of product
Oils, Waxes, Silicones	Cetyl alcohol	Fatty acids, from vegetarian oil	3.08	616
Cationic surfactant	Cetrimonium chloride	Sodium chloride	3.08	616
Emollient, humectants	Fatty alcohol	Glycerine	3.45	690
Viscosity controlling agents	Cocamide diethanolamidesuds booster	Sodium chloride	0.90	180
Opacifying agent	Sodium lauryl ether sulfate and Cocamide meapearl shine concentrate		0.30	60
Preservatives	Bronidox L	Preservatives	0.09	18
Water	Water	Water	89.25	17,850
Perfume	Fresh spring 548647		0.30	60
			100.45	20,090

เมื่อพิจารณาการสมดุลมวลของสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตครีมนวดผมเป็นดังนี้

INPUT(g)	=	OUTPUT (g)+	LOSES (g)
25,090	=	24,980	+ 110
Percentage loses = (110X100)/25090 = 0.44 %			

4.2 ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตแชมพูสระผม

ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในการผลิตแชมพูสระผมจำนวน 100 กรัม ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากการผลิตแชมพูสระผมหนึ่งหน่วยหน้าที่ของการศึกษา

สารขาเข้า(Input)	g	kgCO ₂ -eq/20kg of product	kgCO ₂ /FU
<i>กระบวนการผลิต</i>			
Sodium sulphate	2,622	1.2428	6.2141
Glycerine	912	0.5892	2.9458
Fatty acids, from vegetarian oil	760	1.2700	6.3498
Sodium chloride	684	0.1382	0.6908
Preservatives	23	0.0361	0.1806
Citric acid	23	0.0363	0.1817
Water	14,950	0.0045	0.0224
<i>การขนส่งและพลังงาน</i>			
Diesel (kg)	27	8.6866	43.4330
Electricity (kWh)	0.78	0.4376	2.1880
รวมทั้งหมด			62.2062
สารขาออก(Output)	g		
Shampoo	20,000		

4.3 ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตครีมνωผสม

ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในการผลิตครีมνωผสมจำนวน 100 กรัมดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากการผลิตครีมνωผสมหนึ่งหน่วยหน้าที่ของการศึกษา

สารขาเข้า(Input)	g	kgCO ₂ -eq/20kg of product	kgCO ₂ /FU
<i>กระบวนการผลิต</i>			
Fatty acids, from vegetarian oil	616	1.0293	5.1467
Sodium chloride	616	0.1244	0.6222
Glycerine	690	0.4457	2.2287
Sodium chloride	180	0.0364	0.1818
Preservatives	18	0.0283	0.1413
Water	17,850	0.0054	0.0268
<i>การขนส่งและพลังงาน</i>			
Diesel (kg)	27	8.6850	43.4250
Electricity (kWh)	0.78	0.4376	2.1880
รวมทั้งหมด			53.9604
สารขาออก(Output)	g		
Conditioner	20,000		

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแชมพูสระผมอัญชันพบว่า มีค่ามากกว่าการผลิตครีมนวดผมอัญชัน เท่ากับ 8.2458 gCO₂-eqต่อ 100 กรัมผลิตภัณฑ์ โดยที่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแชมพูสระผมอัญชันและครีมนวดผมอัญชัน เป็น 62.2062 และ 53.9604 gCO₂-eqต่อ 100 กรัมผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ และยังพบว่าส่วนของการขนส่งจะให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดทั้งสองผลิตภัณฑ์ จะมีผลต่อการเกิดภาวะโลกร้อนมากขึ้น ถ้าต้องการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็ควรจัดหาวัตถุดิบในบริเวณที่ใกล้เคียงกับแหล่งผลิต นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าส่วนของแชมพูและครีม นวดผมสมุนไพรหมายถึงแชมพูและครีมนวดผมที่มีการผสมสมุนไพรเข้าไป เพื่อบำรุงเส้นผมและหนังศีรษะ เนื่องจากการผลิตแชมพูโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก ไขมัน จะมีส่วนผสมของสารเคมีซึ่งมีผลข้างเคียงต่อสุขภาพเส้นผมและหนังศีรษะของผู้ใช้ ส่วนครีมนวดผมใช้กับเส้นผมภายหลังการสระผม เพื่อ แก้ไขสภาพเส้นผมภายหลังสระให้มีสภาพอ่อนนุ่ม ทำให้ผมไม่พันกันยุ่ง หวีได้ง่ายและสามารถจัดแต่งผมตาม ต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการใช้งานและการกำจัดซาก ผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ใช้ได้พิจารณาในแง่ความตระหนักของสิ่งแวดล้อมและใช้ในการตัดสินใจที่จะ เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเมื่อมีข้อมูลมากขึ้นจะทำให้ สามารถช่วยลดการปลดปล่อย ก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศได้มากขึ้นโดยการลดการใช้พลังงานโดยการใช้ น้ำที่ไม่ต้องให้ความร้อนขณะใช้ แชมพูสระผมและครีมนวดในการอาบน้ำเป็นต้น และทราบแนวทางในการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นของ ผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. **แนวปฏิบัติในการจัดทำฉลากคาร์บอน**
ฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋อง. กรุงเทพมหานคร: ออพิทกราฟฟิค.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2548. “กลไกพัฒนาที่สะอาด.” [ออนไลน์]. สืบค้น
 ได้จาก: <http://www.dede.go.th/dede/cdm/process.htm> เมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2552
- เต็ม สมิตินันท์ . 2549. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย** สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ
 สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
- มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร. 2554. “ครีมνωตผมอัญชัน,” [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก:
http://www.abhaiherb.com/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog...
 เมื่อ6/9/2011.
- มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร. 2554. “แชมพูสระผมอัญชัน,” [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก:
http://www.abhaiherb.com/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog..
 เมื่อ6/9/2011.
- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการ
 พัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2549. **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศ**
เศรษฐกิจ. กรุงเทพมหานคร. หน้า 1-14.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2553. “กระทรวงอุตสาหกรรมไฟเขียว MTEC จัดระเบียบคาร์บอน
 ฟุตพริ้นท์,” [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: <http://www.ryt9.com/s/prg/1017738>.
- “Carbon Footprint Thailand,” 2553. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก:
http://carbonfootprintthailand.blogspot.com/2011/04/carbon-footprint_4864.html
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Change in Atmospheric Constituents and
 in Radiative Forcing. (IPCC: 2007) Available:
http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch02.pdf (December 15. 2009)
- ISO, 2006. **Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and**
Framework (ISO 14040: 2006).
- Lee, K. and Inaba, A. 2004. **Life Cycle Assessment Best Practices of ISO 14040 Series**.
 Singapore: Asia-Pacific Economic Cooperation.
- Wenzel, H., Hauschild, M. and Alting, L. 1997. **Environmental Assessment of Products:**
Vol.1. Methodology, Tools and Cases Studies in Product Development. London:
 Chapman & Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ตารางที่ ก-1 ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในเวลา 100 ปี (IPCC, 2007)

ก๊าซเรือนกระจก	ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก ในเวลา 100 ปี
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
HFC ₅	124-14,800
PFC ₅	7,390-12,200
SF ₆	22,800

ตารางที่ ก-2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกองขยะแบบต้น (IPCC, 2006)

องค์ประกอบของมูลฝอย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกองขยะแบบต้น (tCO ₂ -e ต่อดัชนีมูลฝอย)
กระดาษ/กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

หมายเหตุ: การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบการฝังกลบให้ใช้ตามข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกองขยะแบบต้น(tCO₂-e ต่อดัชนีมูลฝอย) ของ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories-Volume 5: Waste ดังตารางที่ ก-2 สำหรับวัสดุอื่นๆที่นอกเหนือจากตาราง และเมืองประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 tCO₂-e/ตันมูลฝอย หากเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์ ในกรณีที่โรงงานมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริง

ภาคผนวก ข ตัวอย่าง Emission Factor ซึ่งรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ

ลำดับ ที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ต่อ หน่วย (kg CO ₂ -e/ หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
วัตถุดิบ/สารเคมี				
1.	Alcohol	Kg	1.2600	ECOINVENT 2.0, IPCC 2007 GWP 100a (Ethanol from ethylene, at plant/RER S)
2.	Acetic acid	Kg	0.9321	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
3.	Citric acid	Kg	1.5800	ข้อมูลทดแทนจากค่าของ acetic acid, 98% in H ₂ O, at plant/kg/RER, ECOINVENT 2.0
4.	Dispersing agent (Anionic)	Kg	2.9078	Anionic surfactant ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศไทย
5.	Dispersing agent (Nonionic)	Kg	3.3483	Nonionic surfactant ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศไทย
6.	Ethanol	Kg	6.5236	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
7.	Ethylene glycol	Kg	0.7380	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
8.	Glycerin	Ton	646	โครงการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของประเทศไทย (Cradle to Gate)
9.	Methanol	Kg	0.2676	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
10.	PET	Kg	3.7700	ETH-ESU 96 (PET ETH S)
11.	Preservative	Kg	4.9300	Bisphenol A, power, at plant/kg/RER, ECOINVENT 2.0
12.	Preservative	Kg	1.5700	ECOINVENT 2.0
13.	Sodium chloride	Kg	0.2020	Sodium chloride, powder, at plant/RER S, ECOINVENT 2.0
14.	Sodium sulfate	Kg	0.4740	Sodium sulphate, powder, production mix, at plant/ RER U, ECOINVENT 2.0
15.	น้ำมันปาล์ม	Kg	1.6710	G to G: วิทยานิพนธ์ ม. เกษตรศาสตร์เรื่องการ เปรียบเทียบพลังงานเพิ่มสุทธิและผลกระทบทาง สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบหลักใน การผลิตไบโอดีเซล
16.	น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RBDPO)ค่าเฉลี่ยของประเทศไทย	Ton	987	โครงการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของประเทศไทย (Cradle to Gate)
17.	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (Olein)ค่าเฉลี่ยของประเทศไทย	ton	1010	โครงการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของประเทศไทย

				(Cradle to Gate)
น้ำ				
1.	น้ำประปา	Kg	0.0003	ECOINVENT 2.0
2.	น้ำประปา	m ³	0.0264	Metropolitan Waterworks Authority (Thailand)
3.	น้ำอ่อน(softening, use resin and ion exchange)	Kg	2.58E-05	ECOINVENT 2.0
4.	การบำบัดน้ำเสีย (Waste water treatment)	L	0.0012	JEMAI
พลังงาน/การขนส่ง				
1.	LPG Mix	Kg	0.4826	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
2.	NGL	Kg	0.4645	Thai LCI data
3.	ก๊าซหุงต้ม(LPG)จากกระบวนการกลั่น	Kg	0.3851	Thai LCI data
4.	ก๊าซหุงต้ม(LPG)จากก๊าซธรรมชาติ	Kg	0.4980	Thai LCI data
5.	แก๊สโซลีน (Gasoline)	Kg	0.3409	Thai LCI data
6.	เบนซิน-การเผาไหม้	L	2.1896	IPCC 2007(use calorific value from DEDE)
7.	ดีเซล(Diesel)/น้ำมันโซลาร์	Kg	0.3215	Thai LCI data
8.	ดีเซล-การเผาไหม้	L	2.7080	IPCC 2007
9.	ไฟฟ้า	kWh	0.5610	TC Common data
10.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก Full load 7 ตัน วิ่งปกติ 0 % Loading	Km	0.3105	Thai LCI data
11.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก Full load 7 ตัน วิ่งปกติ 100 % Loading	Tkm	0.1399	Thai LCI data
12.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ Full load 7 ตัน วิ่งปกติ 0 % Loading	Km	0.3315	Thai LCI data
13.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ Full load 7 ตัน วิ่งปกติ 100 % Loading	Tkm	0.1820	Thai LCI data
14.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งปกติ 0 % Loading	Km	0.4882	Thai LCI data
15.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งปกติ 100 % Loading	Tkm	0.0471	Thai LCI data
16.	เรือ แบบ bulk	Tkm	0.0020	European Environment Agency Transport and Environmental Reporting Mechanism Report, 2009
17.	เรือบรรทุก container	Tkm	0.0100	The Environmental Footprint of Surface Freight Transportation, Lawson Economics Research Inc., 2007
18.	รถไฟ	Tkm	0.1111	rain I, IDEMAT

ภาคผนวก ค ชื่อสินค้าและชื่อทางเคมี

ลำดับ ที่	ชื่อสินค้า	ชื่อทางสารเคมี
1	TEXAPON N8000	Sodium lauryl ethr sulfate, surfactant
2	AMINON C02S	Cocamide diethanollamidesuds booster, suds stabilizer, thickner
3	AMPHITOL 55AB	Cocamidopropyl betain
4	BRONIDOX L	5-Brom-5-nitro-1,3-dioxan, preservative
5	PEG75 LANOLIN	PEG75 Lanolin ethoxylate
6	KALCOHL 6098	Cetyl alcohol
7	CARSOQUAT CT429 (Rinse Compounds)	Cetrimonium chloride/Quarternary Saltconditionner
8	EMANON PCSA	Sodium lauryl ether sulfate+Cocamide meapearl shine concentrate