รายงานวิจัย

เรื่อง

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผ้าครามด้วยรอยเท้าคาร์บอน

Value Addition in Indigo Products using Carbon Footprint

อาจารย์ ดร.ประวิทย์ อ่วงอารีย์

อาจารย์ ดร.วิจิตรา สุจริต

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รายงานวิจัย

เรื่อง

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผ้าครามด้วยรอยเท้าคาร์บอน

Value Addition in Indigo Products using Carbon Footprint

อาจารย์ ดร.ประวิทย์ อ่วงอารีย์

อาจารย์ ดร.วิจิตรา สุจริต

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

หัวข้อวิจัย การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผ้าครามด้วยรอยเท้าคาร์บอน

ผู้ดำเนินการวิจัย อาจารย์ ดร.ประวิทย์ อ่วงอารีย์ และ อาจารย์ ดร.วิจิตรา สุจริต

ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ภัทรลภา ฐานวิเศษ

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปี พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามในจังหวัดสกลนคร โดยทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามที่ผลิตโดยบ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ผ้าซิ่นย้อมครามและผ้าพันคอย้อมคราม ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนใช้งาน (Cradle to Gate) โดยทำการประเมินผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน 100 ปี (GWP100) ด้วยซอฟต์แวร์สำเร็จรูป SimaPro พบว่าผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตรมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และผ้าพันคอย้อมครามขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แหล่งที่มาสำคัญของก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้งสองมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการตัดเย็บและขนส่ง ส่วนกระบวนการปลูกครามมีผลกระทบน้อยมากเนื่องจากใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อยและใช้น้ำฝนในการเพาะปลูกแบบธรรมชาติ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผ้าซิ่นและผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่นพบว่าผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าผลิตภัณฑ์ย้อมด้วยธรรมชาติอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับฝ้ายทอมือ หากมีการปรับมาใช้เปลี่ยนฝ้ายอินทรีย์ทอมือก็จะทำให้การปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดน้อยลง

คำสำคัญ การปลดปล่อยคาร์บอน รอยเท้าคาร์บอน คราม สภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจก

Research Title Value Addition in Indigo Products using Carbon Footprint
Researcher Dr. Prawit Uang-aree and Dr. Wichidtra Sudjarid
Research Consultants Dr. Phatlapha Thanwised
Organization Faculty of Science and Technology Sakon Nakhon Rajabhat University
Published Year 2017

Abstract

The purpose of the study was to evaluate the greenhouse gas (GHG) emissions from Sakon Nakhon indigo products. The products of Tham Tao village, Samakkhi Phatthana subdistrict, Akat Amnuai district, Sakon Nakhon province – indigo sarongs and indigo scarves – were assessed the GHG emissions using the cradle to gate life cycle assessment (LCA), moreover; the 100 years global warming potential (GWP100) of greenhouse gas were analyzed by SimaPro software. The indigo sarongs, 100 cm wide and 200 cm long, released GHG of 6.42 kg CO_2 equivalent, similarly; the indigo scarves, 35 cm wide and 200 cm long, released GHG of 1.54 kg CO_2 equivalent. The major sources of GHG were the tailor energy consumption and the shipment. The GHG emissions of indigo plant were insignificant, hence; the indigo cultivated areas were small-sized, and it were planted by nature rain. In addition; the GHG emissions of Sakon Nakhon indigo products were higher than the other nature dye, for both indigo sarongs and indigo scarves were weaved by the cotton which merged from industrial cotton and handloom cotton. If the manufacturers weave indigo products from organic handloom cotton, the GHG emissions will decrease.

Keywords Carbon Emission, Carbon Footprint, Indigo, Global warming, greenhouse gas

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย สำหรับบุคคากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ขอขอบพระคุณกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตผ้าฝ้ายย้อมคราม บ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนครที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัย ท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1

1.2 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ 3

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ฝ้าย 4

2.2 คราม 12

2.3 ผ้าย้อมคราม 14

2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ 17

2.5 การวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 21

3.1 แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 21

3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต 23

3.3 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม 25

3.4 การวิเคราะห์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 25

3.5 การตีความและแปลผล 26

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ 26

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 27

4.1 พื้นที่ศึกษา 27

4.2 ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม 27

4.3 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 33

สารบัญ (ต่อ)

4.4 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น 36

4.5 แนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม 37

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 38

5.1 สรุป 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

เอกสารอ้างอิง 40

ภาคผนวก 42

บัญชีตาราง

ตารางที่ 2.1 การใช้ปุ๋ยกับฝ้ายในดินชนิดต่าง ๆ 7

ตารางที่ 3.1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซต่าง ๆ 27

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการปลูกฝ้าย 30

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กระบวนการปลูกคราม 31

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการหีบฝ้ายและปั่นด้าย 31

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังกระบวนการทำน้ำย้อมสีคราม
กลุ่มผู้ผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม 32

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมกระบวนการย้อมสีผ้าซิ่นย้อมคราม 33

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการทอผ้าซิ่น 33

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการทอผ้าพันคอ 34

ตารางที่ 4.8 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าซิ่นย้อมคราม 35

ตารางที่ 4.9 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าพันคอย้อมคราม 36

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น 38

บัญชีภาพ

ภาพที่ 2.1 ต้นฝ้าย 4

ภาพที่ 2.2 ใบฝ้าย....5

ภาพที่ 2.3 ดอกฝ้าย....5

ภาพที่ 2.4 ผลและเมล็ดฝ้าย....6

ภาพที่ 2.5 เครื่องหีบฝ้ายแบบลูกกลิ้ง....8

ภาพที่ 2.6 เครื่องจักรปั่นด้าย....9

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสารประกอบฟลาโวนอยดิ์ 10

ภาพที่ 2.8 สารประกอบเทอร์ปีนอยด์หรือไอโซปีนอยด์.... 10

ภาพที่ 2.9 สารประกอบแอนทราควิโนนและแนฟทาควิโนน.... 11

ภาพที่ 2.10 สารประกอบแอลคาลอยด์ 11

ภาพที่ 2.11 ใบและดอกคราม.... 12

ภาพที่ 2.12 ผลคราม.... 13

ภาพที่ 2.13 เมล็ดคราม.... 13

ภาพที่ 2.14 กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต.... 20

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.... 22

ภาพที่ 3.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต.... 24

ภาพที่ 3.3 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา.... 25

ภาพที่ 4.1 ข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการผลิตผ้าพันคอ
และผ้าซิ่นย้อมคราม.... 29

ภาพที่ 4.2 ผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อนการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม.... 36

ภาพที่ 4.3 ผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อนการผลิตผ้าพันคอย้อมคราม.... 37

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โลกมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและมีการพัฒนาอย่างมากตั้งแต่ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงยุคปัจจุบันหรือยุคโลกาภิวัตน์ที่ผู้คนมีการพัฒนาการติดต่อสื่อสาร การคมนาคมขนส่ง และเทคโนโลยีสารสนเทศอันแสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี และวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงระหว่างปัจเจกบุคคล ชุมชน หน่วยธุรกิจ และรัฐบาลทั่วทั้งโลก ดังนั้นเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์จึงได้เกิดอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งขนาดเล็กและใหญ่มากมาย เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นต้น ฯลฯ ซึ่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนมากสนองต่อความต้องการในการใช้พลังงาน ดังนั้นเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเหล่านี้เป็นจำนวนมากจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เถ้าเหลือทิ้ง ฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งของเสียเหล่านี้บางชนิดเป็นตัวการสำคัญหลักที่ทำให้เกิดภาวะปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) และบรรยากาศของโลกร้อนขึ้น เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากผลกระทบดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดกระบวนการคาร์บอนเครดิตที่นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM (Clean Development Mechanism) ได้รับการนำมาใช้เพื่อเป็นกลไกในการอนุญาตให้ประเทศที่พัฒนาแล้วที่ประสงค์ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสามารถซื้อโควตาคาร์บอนจากผู้ประกอบการในประเทศกำลังพัฒนาที่มีโครงการพัฒนาที่สะอาด ซึ่งรู้จักกระบวนการนี้ในชื่อเรียกว่าการค้าขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจก จากแนวคิดคาร์บอนเครดิตจึงได้มีการศึกษาหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้นโดยการวิเคราะห์กิจกรรมต่าง ๆ ให้ครอบคลุมตลอดอายุของผลิตภัณฑ์นั้นด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ที่วิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ หรือ แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน

ผ้าย้อมครามเป็นสินค้าทำมือที่สนใจและนิยมมากแต่ผ้าย้อมครามคุณภาพดียังออกสู่ตลาดน้อย ขณะที่ผ้าย้อมครามคุณภาพปานกลางออกสู่ตลาดมากผ้าย้อมครามคุณภาพดี แม้จะให้สีเข้มหรือจาง ก็ต้องให้สีที่สดใสเสมอ ดูสะอาด ติดทน สีไม่ตกจนซีดจาง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ต้องอาศัยคุณภาพของวัตถุดิบ ประกอบกับความรู้ความชำนาญการของผู้ผลิตอย่างแท้จริงการย้อมผ้าครามด้วยสีครามจากธรรมชาติซึ่งเป็นทั้งศาสตร์และศิลปะที่คนโบราณได้กระทำและสืบทอดกันมาจนปัจจุบัน การให้สีครามธรรมชาติต้องอาศัยเวลานานนับเดือนขั้นตอนที่ซับซ้อน ความชำนาญของผู้ผลิตที่อาจต้องเผชิญกับความยากลำบากเพื่อควบคุมให้เกิดสีครามทุกครั้งสำหรับการย้อม ผ้าย้อมครามจึงไม่ใช่เป็นแต่เพียงผ้าที่มีสีน้ำเงินเข้มธรรมดาผืนหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นผ้าที่

มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ในเรื่องกลิ่นหอมและมีสีเป็นเอกลักษณ์เฉพาะผืน ซึ่งไม่เหมือนผ้าที่ย้อมจาก สีคราม สังเคราะห์จากโรงงานที่สามารถผลิตได้ปริมาณมากและรวดเร็วเพราะใช้เครื่องจักร สถานการณ์ปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์จากผ้าย้อมครามธรรมชาติกำลังเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมจากชาวต่างประเทศ โดยเฉพาะในประเทศแถบทวีปยุโรป และ ทวีปเอเชียอย่าเช่นประเทศญี่ปุ่น จนมีผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ด้วยเหตุผลที่ผ้าย้อมครามเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ ทั้งส่วนของเส้นใยและส่วนของการเกิดสีในผืนผ้า ผ้าฝ้ายย้อมครามจึงเป็นงานหัตถกรรมที่มีเอกลักษณ์เฉพาะผืนไม่ซ้ำแบบใครนับได้ว่าเป็นงานศิลปะอีกแขนงหนึ่งเลยก็ว่าได้ ผ้าย้อมครามส่วนใหญ่เป็นผลผลิตจากชุมชน หรือกลุ่มงานที่ประกอบอาชีพด้านทอผ้าพื้นเมืองเป็นหลัก สามารถสร้างเสริมเป็นอาชีพหลักให้กับหลายชุมชนของจังหวัดสกลนคร

งานวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญของผ้าฝ้ายย้อมครามของจังหวัดสกลนครจึงทำการศึกษาถึงการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมคราม 2 ชนิดคือ ผ้าพันคอย้อมครามและผ้าซิ่นย้อมครามโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ทั้งสองในการเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ครามของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามได้วิธีการหนึ่ง สำหรับผลิตภัณฑ์ครามที่ศึกษาในการวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มแม่บ้าน ทอผ้า อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร

1.2 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

การจัดการสิ่งแวดล้อมในอดีตเป็นการบำบัดหรือจัดการของเสียของเสียที่ปลายทาง (end - of -pipe treatment) โดยพิจารณาเฉพาะของเสีย และมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นหลักทั้งนี้หากพิจารณาจากการผลิตตลอดวงจรผลิตภัณฑ์ จะพบว่าทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตต่างก่อให้เกิดภาระต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้นทำให้เกิดแนวความคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยการวิเคราะห์และจัดการระบบสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยมุมมองโดยตลอดวัฏจักรชีวิต (life cycle approach) หรือเรียกว่าตั้งแต่เกิดจนตาย (cradle-to-grave) เพื่อทราบถึงประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมตลอดทุกกิจกรรมของผลิตภัณฑ์และทำการแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด ไม่เป็นการผลักภาระปัญหาไปสู่กระบวนการอื่น ๆ ต่อไป โดยหน่วยงาน SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry) ได้นำเสนอเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นครั้งแรกในปี 1990 โดยให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตคือกระบวนการเชิงรูปธรรม ที่ทำการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิตหรือกิจกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการจำแนกและบอกปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมทั้งปริมาณการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากปริมาณพลังงานวัตถุดิบที่ใช้และปริมาณการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อบ่งชี้แนวทางในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตครอบคลุมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิต หรือกิจกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิตการขนส่ง การจัดจำหน่ายการนำมาใช้ซ้ำการดูแลรักษาสภาพการใช้หมุนเวียนและการกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ หรือ แปรรูป และการ

จัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด หน่วยงานระดับนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการวิธีการมาตรฐานในการประเมินวัฏจักรชีวิตที่สำคัญอีกหน่วยงานหนึ่งคือ International Organization for Standardization (ISO) โดยได้ริเริ่มพัฒนาวิธีการมาตรฐานในการประเมินวัฏจักรชีวิตขึ้นครั้งแรกในปี 1993 และต่อมาในปี 1997 ได้พัฒนาเป็นวิธีการมาตรฐานในการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยได้ให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้ว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตคือการประมวลและประเมินสารขาเข้าสารขาออกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นของระบบผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตอธิบายไว้ในกลุ่มมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนุกรม 14040

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนหรือรอยเท้าคาร์บอนของการผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามในจังหวัดสกลนคร

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามที่จะประเมินรอยเท้าคาร์บอนคือผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในใช้งานได้แก่ผ้าพันคอย้อมครามและผ้าซิ่นย้อมคราม

2.โครงการนี้มีพื้นที่ในการดำเนินการวิจัยในจังหวัดสกลนคร

3.โครงการนี้มีระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

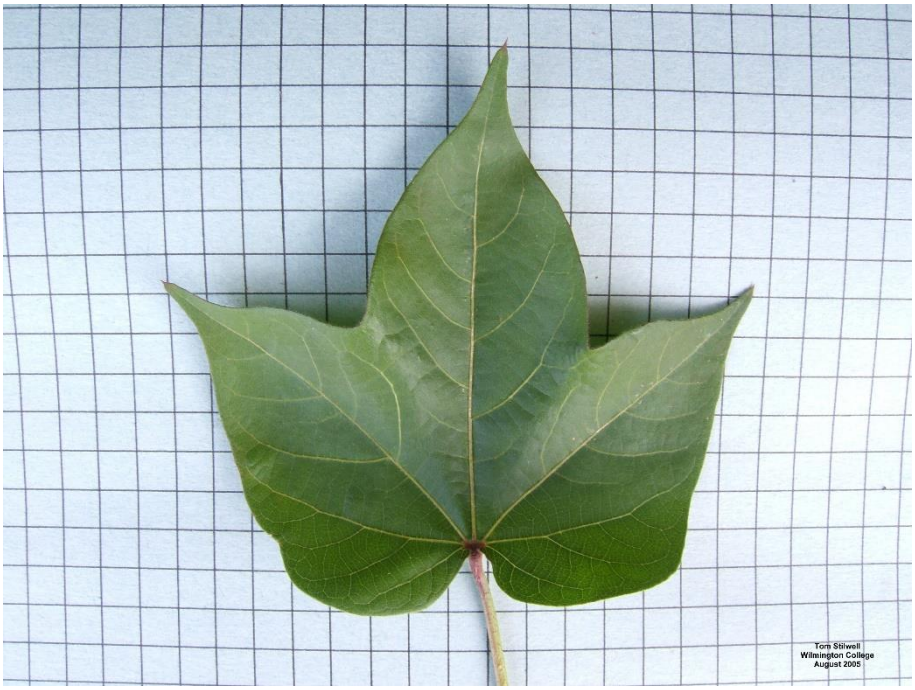
ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามของกลุ่มสตรีจังหวัดสกลนครมีมูลค่าสูงขึ้นในฐานะผลิตภัณฑ์ที่ใส่ใจและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝ้าย

ฝ้าย ชื่อสามัญ Cotton ฝ้าย ชื่อวิทยาศาสตร์ *Gossypium hirsutum L.* จัดอยู่ในวงศ์ชบา (MALVACEAE) มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลางและเขียตอนใต้ จัดเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ฝ้ายเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง สูงประมาณ 2-5 ฟุต หรือมากกว่านี้ มีลำต้นจริง และแตกกิ่งเวียนรอบต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ใบฝ้ายเกิดที่ข้อข้องลำต้น และกิ่ง ใบมีก้านยาว ตัวใบมีขนาดเท่าฝ่ามือ กางออกเป็นแฉกมี 3-7 แฉก ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ส่วนมากที่ใต้ใบ ก้านใบ และลำต้นมักมีขนสั้นปกคลุมบาง ๆ ดอกฝ้ายจะเกิดที่ข้อเหนือโคนใบ เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีกลีบรองเป็นแฉกๆ และลึก รูปร่างสามเหลี่ยม คล้ายใบหุ้มดอกจำนวน 3 ใบ ประกบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเรียกว่า ปี้ (bud or square) เมื่อดอกบานจะมีสีขาวนวลถึงสีเหลือง กว้างประมาณ 3 นิ้ว มีทั้งหมด 5 กลีบ เรียงซ้อนกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ดอกฝ้ายจะมีก้านกระเปาะละอองเกสรตัวผู้ติดคลุมรอบ ๆ รังไข่ ของดอกฝ้ายมี 3-4 ห้อง หรือ 4-5 ห้องแล้วแต่ชนิด ผลฝ้ายมีรูปร่างแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ มีลักษณะกลม ผิวเรียบ และมีรูปไข่ มีสีเขียวอ่อน เมื่อแก่มีสีน้ำดำ และจะปริแตกออก มีระยะจากดอกบานจนถึงสมอแตกประมาณ 40-70 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยผลหนึ่งจะมี 3-5 ช่อง แต่ละช่องจะมีเมล็ดฝ้ายเรียงเป็น 2 แถว ประมาณ 8 เมล็ดขึ้นไป แต่ละเมล็ดอัดแน่นด้วยเส้นใยสีขาวดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.1 ต้นฝ้าย (Christiaan Kooyman, 2006)



ภาพที่ 2.2 ใบฝ้าย (Tom Stilwell, 2005)

ภาพที่ 2.3 ดอกฝ้าย (Benjamint444, 2011)

ภาพที่ 2.4 ผลและเมล็ดฝ้าย (H2O-C, 2006)

2.1.1 การปลูกฝ้าย

การปลูกฝ้ายโดยทั่วไปในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการปลูกโดยมีการใช้สารเคมีได้แก่การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน การสารป้องกันกำจัดโรคฝ้าย และสารปราบศัตรูฝ้ายซึ่งมีฤดูกาลปลูกเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน ถึงกลางเดือนกรกฎาคม แตกต่างกันออกไปตามสภาพฝนของแต่ละภาค ก่อนการปลูกฝ้ายประมาณ 1 เดือน ควรมีการเตรียมดินก่อน โดยการไถดะ1 ครั้ง พลิกดินและตากไว้ปล่อยให้วัชพืชแห้งตาย อีกทั้งยังช่วยให้เชื้อโรคและแมลงศัตรูต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในดินถูกทำลายไปด้วย หลังจากนั้นประมาณ 2-3 สัปดาห์จึงไถแปร ขั้นตอนต่อมาจะทำการพรวนดินให้มีขนาดละเอียดพอสมควร จากนั้นจึงจะหยอดเมล็ดฝ้ายได้ วิธีการปลูกให้หยอดเมล็ดเป็นหลุมๆ หลุมละ 5-7 เมล็ด พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยเคมีรองก้นหลุม กลบดินให้มิดเมล็ดใช้ระยะระหว่างแถว 125-150 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 50 เซนติเมตร โดยอายุตั้งแต่เพราะปลูกถึงเก็บเกี่ยวฝ้ายดอกได้ อยู่ระหว่าง 110-160 วัน

พันธุ์ฝ้ายที่เหมาะสมและได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในประเทศไทย คือ พันธุ์ศรีสำโรง 60 พันธุ์ศรีสำโรง 2 และพันธุ์ฝ้ายนครสวรรค์ 1 โดยพันศรีสำโรง 60 มีลักษณะประจำพันธุ์คือ มีทรงต้นโปร่ง สูงประมาณ 140 เซนติเมตร ใบค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักฝ้ายปุยทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอประมาณ 6.3 กรัม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110-160 วัน เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงค่อนข้างสม่ำเสมอดี น้ำหนัก100 เมล็ด หนักประมาณ 11 กรัม ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 329-360 กิโลกรัมต่อไร่เปอร์เซ็นต์ปุย 39.5% ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มิลลิเมตร (1.14 นิ้ว) ขณะที่พันธุ์ศรีสำโรง 2โดยมีลักษณะประจำ พันธุ์มีทรงต้นโปร่ง สูงประมาณ 120-140 เซนติเมตร ใบมีขนาดเล็ก อายุเก็บเกี่ยว 110-155 วัน น้ำหนักปุยทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอประมาณ 6.3 กรัม เมล็ดมีขนาดปานกลาง น้ำหนัก 100 เมล็ด หนักประมาณ 11.4 กรัม ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 280-330 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ปุย 38 % ความยาวเส้นใยประมาณ 30 มิลลิเมตร (1.19 นิ้ว) ส่วนพันธุ์ฝ้ายนครสวรรค์ 1ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงต้นสูงโปร่ง รูปกรวยยาวคล้ายต้นสนกิ่งผลสั้น ทำให้สะดวกต่อการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำ

จัดแมลงศัตรูฝ้ายความสูงประมาณ 140 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวประมาณ105-150 วัน น้ำหนักปุยทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอ 5.9 กรัม ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 300-360 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ปุย 39.5% ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มิลลิเมตร (1.14 นิ้ว) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

การดูแลรักษาโดยการให้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตฝ้าย มีอัตราการให้ธาตุอาหารที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของทั้งชนิดดิน ระดับความอุดมสมบูรณ์ดิน สภาพท้องถิ่นผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ดังตารางที่ 2.1

อย่างไรก็ตามการปั่นด้ายเพื่อให้ได้คุณภาพสูงมีความต้องการใช้ฝ้ายเส้นใยยาวประมาณ 3 ซม. เพื่อพัฒนาการผลิตสิ่งทอให้มีคุณภาพเพิ่มความสามารถในการแข่งขันการส่งออก กรมวิชาการเกษตรจึงพัฒนาพันธุ์ฝ้าย เพื่อให้ได้พันธุ์ฝ้ายที่มีคุณภาพเส้นใยดี มีเสถียรภาพการให้ผลผลิตสูง โดยคัดเลือกคู่ผสมระหว่าง (GDI 9-67 X Pima 79-106) ที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่และพันธุ์ศรีสำโรง 2 เป็นพันธุ์พ่อ จนกระทั่งปี 2543 ได้พันธุ์ตากฟ้า 2 ซึ่งผลการศึกษาในแปลงทดสอบในไร่เกษตรกรพบว่าให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีความเหนียวของเส้นใยปานกลาง ความสม่ำเสมอของเส้นใยสูงมาก และมีความยาวเส้นใยประมาณ 1.18 นิ้ว เกษตรกรนิยมปลูกฝ้ายพันธุ์นี้เนื่องจากผลผลิตสูง เส้นใยยาว ขายได้ราคาดีโดยโรงงานหีบฝ้ายให้ราคาสูงกว่าฝ้ายพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกอยู่ทั่วไปกิโลกรัมละ 3 บาท (ปริญญาและคณะ, 2544)

ตารางที่ 2.1 การใช้ปุ๋ยกับฝ้ายในดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดดิน	**พื้นที่จังหวัด**	**ปริมาณธาตุอาหารที่ใช้ (กก.ไร่)**	
		อัตราต่ำ $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ **/ ไร่**	**อัตราสูง** $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ **/ ไร่**
ดินเหนียวสีน้ำตาลหรือดินเหนียวสีแดง (Ustropepts,Eutropepts Haplustolls Haplustlalfs,Paleustalfs Paleustults)	สระบุรี ลพบุรี นครสวรรค์ นครราชสีมา เพชรบูรณ์ จันทบุรี เลย เชียงราย น่าน	6-12-6	12-12-6
ดินเหนียวสีดำ (Calciustolls,Haplustoll Pellusters)	ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบุรี สระบุรี	6-0-0	6-6-6
ดินร่วนและดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล (Haplustalfs)	สุโขทัย สุพรรณบุรี กาณจนบุรี	6-6-0	6-6-6
ดินร่วนเหนียวที่เป็นดินตื้นหรือลึก ปานกลาง (Haplustults)	เพชรบุรี กาณจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์	6-6-0	6-6-6

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

2.1.2 การหีบฝ้าย

การหีบฝ้ายเป็นการแยกฝ้ายที่เก็บเกี่ยวมาจากไร่ เรียกว่า “ฝ้ายดอก หรือฝ้ายทั้งเมล็ด” เมื่อจะนำเส้นใยหรือปุยฝ้ายไปใช้ จะต้องแยกปุยฝ้ายและเมล็ดฝ้ายออกจากกันก่อน กรรมวิธีแยกปุยฝ้ายและเมล็ดฝ้ายออกจากกันเรียกว่า “การหีบฝ้าย” โดยที่ปริมาณปุยฝ้ายที่ได้รับ จะได้มากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของชนิดพันธุ์ฝ้าย และความชื้นของฝ้ายที่นำเข้าหีบ โดยทั่วไปมักจะถือว่าฝ้ายทั้งเมล็ด 3 กิโลกรัม จะให้ปุย 1 กิโลกรัม และเมล็ด 2 กิโลกรัม เครื่องหีบฝ้ายที่ใช้ในโรงงานหีบฝ้ายหรือเกษตรกรที่ทำการหีบฝ้ายเองจะใช้เครื่องที่มีลักษณะแบบลูกกลิ้ง (roller gin) มีลักษณะคือ มีลูกกลิ้งที่มีแกนเหล็กอยู่กลาง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 นิ้วและมีใบมีดบนยาวเท่ากับลูกกลิ้งแบบขนานชิดกับลูกกลิ้ง ดังภาพที่ 2.5 เมื่อนำฝ้ายทั้งเมล็ดป้อนเข้าไปที่ลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะพาเส้นใยไปยังใบมีดและลอดใบมีดไปออกอีกด้านหนึ่ง ส่วนเมล็ดฝ้ายผ่านเข้าไปไม่ได้ ก็จะตกลงอีกด้านหนึ่ง ซึ่งในระยะเวลา 8 ชั่วโมงสามารถหีบฝ้ายปุยทั้งเมล็ดได้ประมาณ 400-500 กิโลกรัม หลังจากปั่นด้ายแล้วจะได้ปุยฝ้ายเพื่อไปสู่โรงงานปั่นด้ายต่อไป (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2536)

ภาพที่ 2.5 เครื่องหีบฝ้ายแบบลูกกลิ้ง (Phil and Ellie, 2014)

2.1.3 การปั่นด้ายฝ้าย

การปั่นด้ายเป็นการนำเอาปุยฝ้าย ที่ได้แยกส่วนเมล็ดออกโดยขบวนการหีบฝ้ายแล้วซึ่งเรียกว่าฝ้ายปุยไปผ่านกรรมวิธีเพื่อผลิตเป็นเส้นด้ายตามขนาดหรือเบอร์ต่าง ๆ ดังต้องการด้วยเครื่องจักรดังภาพที่ 2.6 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทอผ้า ซึ่งการคำนวณเบอร์เส้นด้ายฝ้ายคิดจากข้อกำหนดความยาวต่อน้ำหนักที่มีหน่วยที่นิยมใช้ คือ cotton count โดย 1 cotton count เท่ากับเส้นด้ายยาว 840 หลา หนัก 1ปอนด์ โดยเทคโนโลยีการปั่นด้ายฝ้ายแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือการปั่นด้ายแบบ Ring spinning และ OE spinning ซึ่งระบบการปั่นด้ายแบบ OE spinning เป็นกระบวนการปั่นแบบใหม่สามารถปั่นด้ายเร็วกว่าแบบ ring ไม่น้อยกว่า 4 - 5 เท่า แต่มีข้อจำกัดเพราะสามารถปั่นด้ายที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง โดยมากมักเป็นเบอร์ด้ายที่ต่ำกว่าเบอร์ 40 ลงมา ทั้งนี้กระบวนการปั่นด้ายประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญได้แก่ การเปิดผสมเส้นใย (opening) เส้นใยฝ้ายจะถูกนำมาผสมและทำความสะอาดเส้นใย จากนั้นจะถูกส่งไปยังการสางใย (carding) เพื่อจัดเรียงเส้นใยให้ยืดขนานออกให้มากที่สุด และเข้าสู่กระบวนการรีดปุย (drawing) ซึ่งเป็นการเพิ่มการเรียงตัวของเส้นใยที่เหยียดยาวให้ขนานกันมากขึ้น ขณะเดียวกันลดความไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากความแตกต่างของเส้นใยลงและเส้นใยจากการสางหลาย ๆ เส้นจะถูกตีเกลียวรวมกัน นอกจากนี้เส้นด้ายฝ้ายอาจถูก

ส่งต่อไปยังกระบวนการหวี (comding) การทำโรฟวิง (roving) การปั่นด้าย (spinning) และการกรอด้าย (winding) ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามการปั่นด้ายอาจไม่จำเป็นต้องผ่านครบทุกขั้นตอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต โดยพบว่าเส้นด้ายหวี จะมีความเหนียวมากกว่าเส้นด้ายสาง ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถปั่นด้ายฝ้ายขนาดเล็กที่มีคุณภาพสูงได้ดี ซึ่งส่วนใหญ่เส้นด้ายที่มีความละเอียดมากกว่าเบอร์ 40 จะเป็นเส้นด้ายหวี ขณะที่เส้นใยที่สั้น ๆ เบอร์ต่ำกว่า 40 จะเป็นเส้นด้ายสางซึ่งเป็นด้ายที่มีคุณภาพต่ำและราคาถูกกว่าเส้นด้ายหวี (เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล, 2541)

ภาพที่ 2.6 เครื่องจักรปั่นด้าย (Clem Rutter, 2013)

2.1.4 การย้อมสีฝ้าย

2.1.4.1 การย้อมสีสังเคราะห์

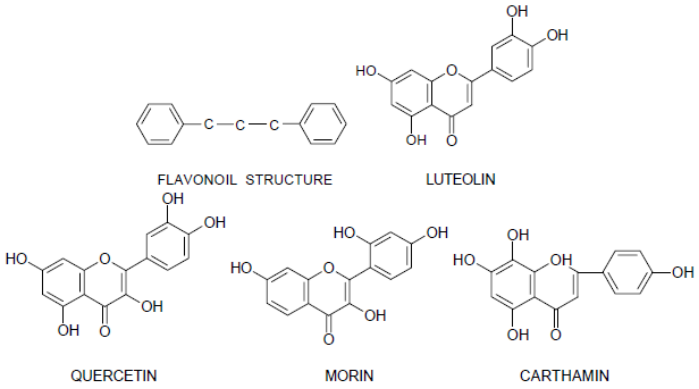
สีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยมีหลายชนิด การย้อมที่จะให้ผลดีนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีย้อมกับเส้นใยจะต้องมีมากกว่าอำนาจการรวมตัวของสีย้อมกับน้ำ สีย้อมส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่เป็นผลิตภัณฑ์สังเคราะห์มาจากน้ำมันปิโตรเลียม เมื่อผ่านการสกัดจะได้สารไฮโดรคาร์บอนออกมา ได้แก่ เบนซีน ไซลีน ซึ่งเป็นสารคาร์บอนไม่อิ่มตัว สารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะถูกนำไปทำปฏิกิริยาด้วยกระบวนการไนเตรชันแอมมิเนชันเพื่อจะเปลี่ยนสภาพให้เป็นสารตัวกลางและจากสารตัวกลางที่เตรียมได้นี้จะเปลี่ยนเป็นสีย้อมด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น สีเบสิค (basic dyes) ใช้ย้อมใยขนสัตว์ ไหม ไนลอน และอะคริลิก เป็นสีประจุบวก แต่ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติ เพราะไม่ทนการซักและแสง สีอะโซอิกหรือสีแนฟทอล (azoic or naphthol dyes) ใช้ย้อมผ้าฝ้ายพิมพ์ดอก โลฟิน โพลีเอสเตอร์ ไนลอน อะซิเตต และเรยอน สีวัต (Vat dyes) ใช้ย้อมฝ้าย เรยอน อะคริลิก โมดอะคริลิก และไนลอน เป็นสีที่ติดทนในแสงและน้ำสูงที่สุด ทนการซักและการฟอกขาว สีรีแอคทีฟ (reactive dyes) ใช้ย้อมใยเซลลูโลสได้ดี ให้สีสดใสทุกสีติดทนในทุกสภาพ ยกเว้นสารฟอกขาวพวกคลอรีน และเหงื่อที่เป็นด่าง ทนการซักดีสีไม่ตก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542) การเลือกสีย้อมต้อง

พิจารณาถึงคุณสมบัติและความเหมาะสมกับชนิดของเส้นใย ถึงแม้ว่าสีย้อมหลายชนิดที่สามารถพิมพ์บนเส้นใยได้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะให้สีย้อมที่สดใสและมีคุณสมบัติต่าง ๆ เท่ากันหมด

2.1.4.2 การย้อมสีธรรมชาติ

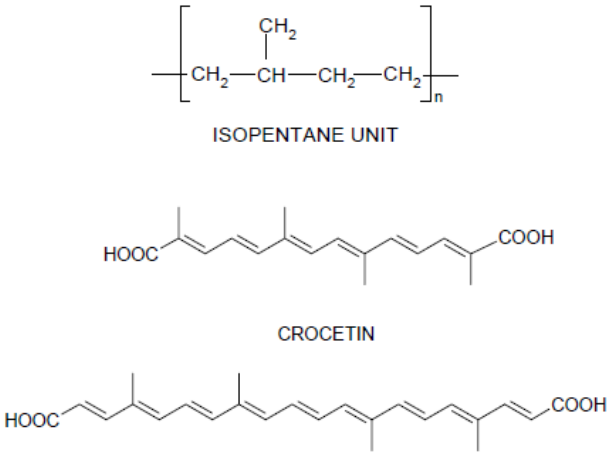
สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์และแร่ธาตุ สีที่ได้จากพืชมักเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชตั้งแต่ราก ลำต้น เปลือกต้น แก่นไม้ ใบ ดอกผล และเมล็ด ส่วนสีธรรมชาติจากสัตว์ซึ่งพบมากในประเทศไทยนั้นเป็นกลุ่มสีแดงที่ขับออกมาจากตัวแมลง *Laccifera lacca* หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ครั่ง การที่พืชต่างให้สีแตกต่างกันก็เนื่องจากในพืชนั้นมีสารให้สีต่างกัน ซึ่ง เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส (2536) ได้กล่าวถึงสารให้สีที่สำคัญ 4 ชนิดดังต่อไปนี้

1) สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ชนิดนี้ใช้เป็นสีย้อมกันมากมักให้สีเหลืองถึงส้ม-เหลือง มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น C6-C3-C6 โดยที่ C6 ส่วนมากเป็นวงเบนซิน (benzene ring) ดังแสดงในภาพที่ 2.7



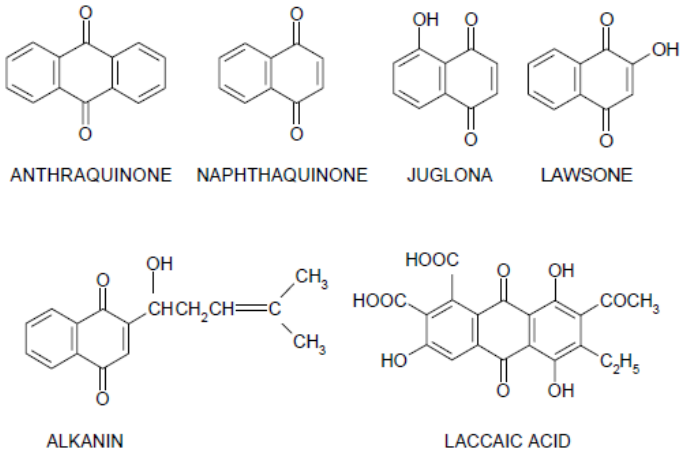
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส, 2536)

2) สารประกอบเทอร์ปีนอยด์หรือไอโซปีนอยด์ (terpenoids orisoprenoids) สารในกลุ่มนี้เป็นสารที่มีชีวะสังเคราะห์จากหน่วยไอโซเพนเทน (isopentane unit, C5) เช่น crocetin จากหญ้าฝรั่น (saffron) มีสีเหลือง bixin จากเมล็ดคำ แสดให้สีส้ม-แดง มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.8



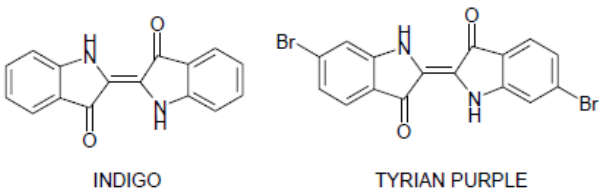
ภาพที่ 2.8 สารประกอบเทอร์ปีนอยด์หรือไอโซปีนอยด์ (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส, 2536)

3) สารประกอบแอนทราควิโนนและแนฟทาควิโนน (anthraquinonesand naphthaquinones) สารในกลุ่มนี้มักจะให้สีแดง แอนทราควิโนนที่ใช้เป็นสีย้อม เช่น aliarin จากรากต้น madderและจากแก่นของต้นยอ laccaic acid จากครั่ง ส่วนแนฟทาควิโนน เช่น juglone จากเปลือกมันฮ่อ ให้สีเขียวถึงน้ำตาล มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 สารประกอบแอนทราควิโนนและแนฟทาควิโนน (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส, 2536)

4. สารประกอบแอลคาลอยด์ (alkaloids) สารในกลุ่มนี้มักจะได้จากพืชชั้นสูงและจะมีไนโตรเจนอะตอมอยู่ในโมเลกุล ได้แก่สี indigo จากต้นคราม ซึ่งให้สีน้ำเงิน มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 สารประกอบแอลคาลอยด์ (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส, 2536)

โดยในการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ สามารถแบ่งวิธีการย้อมออกได้ 3 วิธีคือ

1) Vet dyes โดย reduce เป็นการทำให้สารที่เป็นสีในพืชละลายได้ในน้ำก่อนจากนั้นจึงนำผ้ามาย้อมในสารละลายดังกล่าว ต่อจากนั้นนำผ้าที่ย้อมแล้วไปทำการผึ่งแดด ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดการ oxidation เป็นการเปลี่ยนสารละลายที่ใช้ย้อมให้เป็นของแข็งจับอยู่บนผ้า

2) Direct dyes หรือ substantive dye กล่าวคือโมเลกุลของเส้นใยฝ้ายเป็นเซลลูโลสซึ่งมีหมู่ไฮดอกซิล (OH group) อยู่มาก จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของสีได้โดยตรง

3) Mordant dyes การย้อมวิธีนี้ต้องนำผ้าชุบน้ำยา mordant ก่อนจากนั้นจึงนำไปย้อมในน้ำยาของสี น้ำยา Mordant เป็นสารละลายของเกลือโลหะหนัก เช่น เกลือของอลูมิเนียม ทองแดง โครเมียม ดีบุก เหล็กและแทนนิน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการย้อม คือเมื่อเส้นใยผ่านการย้อมสีและการย้อมด้วย

สารละลายมอร์แดนท์แล้วโลหะของสารละลายมอร์แดนท์เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่แข็งแรงกับสีและเส้นใย ผ้าที่ย้อมโดยวิธีนี้มีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของ Mordant ถึงแม้ว่าจะใช้สีชนิดเดียวกันก็ตาม (วนิดา และคณะ, 2531)

2.2 คราม

ครามเป็นพืชมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Indigofera tinctoria* จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae และมีชื่อสามัญว่า Indigo สูงประมาณ 1-2 เมตร จัดเป็นพรรณไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นมีลักษณะกลมสีเขียว มักพาดเกาะตามสิ่งที่อยู่ใกล้กับลำต้น ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด โดยเป็นพรรณไม้ที่ชอบแสงแดด ทนทานต่ออากาศร้อน ฝน และดินเค็มได้ดี พบขึ้นได้ตามป่าโปร่งทางภาคอีสานและทางภาคเหนือจะนิยมปลูกต้นครามกันไว้เพื่อใช้สำหรับทำสีย้อมผ้า และมักขึ้นเป็นวัชพืชทั่วไปตามพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป ใบครามมีลักษณะคล้ายกับใบก้างปลาแต่จะมีขนาดเล็กกว่า โดยใบเป็นใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับกัน ลักษณะของใบย่อยเป็นรูปวงรีแกมรูปขอบขนาน หรือเป็นรูปไข่กลับ ปลายใบมน โคนใบสอบ ส่วนขอบใบเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 0.8-1 เซนติเมตร และยาวประมาณ 1.5 - 3.5 เซนติเมตร แผ่นใบสีเขียมลักษณะบาง ดอกครามเป็นช่อตามซอกใบ ช่อดอกยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ดอกย่อยมีลักษณะเป็นรูปดอกถั่ว กลีบดอกเป็นสีม่วงแกมสีน้ำตาลหรือเป็นสีชมพูและเป็นสีเขียวอ่อนแกมดังภาพที่ 2.11 สำหรับผลมีลักษณะเป็นฝักกลมขนาดเล็ก ยาวประมาณ 5-8 เซนติเมตร โดยออกเป็นกระจุก ฝักมีลักษณะคล้ายฝักถั่ว ภายในฝักมีเมล็ดสีครีมอมสีเหลืองขนาดเล็ก ดังภาพที่ 2.12-2.13

ภาพที่ 2.11 ใบและดอกคราม (Kurt Stübe, 2004)

ภาพที่ 2.12 ผลคราม (Antonie Van Den Bos, 2007)

ภาพที่ 2.13 เมล็ดคราม

การปลูกครามสามารถทำได้ทั้งในฤดูแล้งและฝนโดยการปลูกในฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนหรือถ้าปลายเดือนมีนาคมมีฝนตกชุกก็สามารถเริ่มหว่านเมล็ดได้เช่นเดียวกัน โดยหลังเตรียมดินจะการหว่านเมล็ดครามที่ได้เตรียมไว้หรือเพาะเมล็ดในถุงเมื่องอกเป็นต้นกล้ามีใบจริง 5 ใบขึ้นไปจึงนำมาปลูกในแปลงที่เตรียมไว้แล้ว สำหรับการปลูกในฤดูแล้งจะหว่านเมล็ดครามในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม เมื่อต้นครามงอกขึ้นมาจะปล่อยให้เจริญเติบโตประมาณ 4 ถึง5 เดือนขึ้นไปก็สามารถนำต้นครามไปใช้ได้

2.3 ผ้าย้อมคราม

2.3.1 ประวัติความเป็นมา

สีครามเป็นสีย้อมธรรมชาติที่เก่าแก่มาก ซึ่งมนุษย์รู้จักกันมากว่า 6,000 ปีประชากรที่อาศัยในเขตร้อนของโลกล้วนเคยทำสีครามจากต้นไม้ชนิดต่าง ๆ ในพื้นถิ่นแต่สีครามคุณภาพดีผลิตจากเอเชียดังเช่นสีครามจากอินเดียเป็นที่นิยมของคนอังกฤษมากกว่าสีครามจากเยอรมันและฝรั่งเศส อย่างไรก็ตามการใช้สีครามลดลงเหลืออย่างมาก

ยิ่งไปกว่านั้นประเทศไทยพบกับปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์ซึ่งรวมถึงสีย้อมด้วยสีย้อมผ้าซึ่งเป็นออกไซด์ของโลหะหนักเช่นเดียวกัน โลหะหนักเหล่านี้หลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็งและเมื่อสวมใส่แล้วรู้สึกร้อน จึงมีกระแสหันมานิยมสีย้อมธรรมชาติในปัจจุบันอีกทั้งโดยการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ได้สืบทอดกันมาแต่คนยุคก่อนมาพัฒนาเป็นเทคนิคการย้อมผ้าครามในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการย้อมครามของจังหวัดสกลนครที่มีการประกอบเป็นอาชีพอยู่มากบริเวณ บ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย ผ้าย้อมครามที่ผลิตจากจังหวัดสกลนครเป็นที่สนใจและต้องการมาก แต่ผ้าย้อมครามคุณภาพดียังออกสู่ตลาดน้อยขณะที่ผ้าย้อมครามคุณภาพปานกลางออกสู่ตลาดจำนวนมาก ซึ่งผ้าย้อมครามหรือสีครามคุณภาพดี สีจะเข้มหรือจางก็ต้องสีสดใสสะอาดติดทน สีไม่ตกซึ่งคุณภาพเหล่านี้เป็นผลมาจากคุณภาพของวัตถุดิบและความรู้ความชำนาญ ของผู้ผลิตการเตรียมสีครามและย้อมสีครามมีเทคนิคพิเศษกว่าการย้อมสีธรรมชาติอื่น ๆ

เทคนิคการย้อมผ้าครามเริ่มตั้งแต่การเลือกใบครามอายุพอดีและอยู่ในสภาพใบสด ดังนั้นจะต้องเก็บใบครามอายุประมาณ 3 – 4 เดือน ในตอนเช้ามืดก่อนน้ำค้างแห่งและแช่น้ำปริมาณท่วมใบครามพอดีทันทีและแช่ประมาณ 18 – 24 ชั่วโมงหากใช้เวลาแช่มากหรือน้อยกว่านี้จะได้ปริมาณสีครามน้อย การแช่ใบครามสดในน้ำนี้ไม่ใช้การแช่เพื่อให้สีครามละลายน้ำออกมาดังเช่นการต้มเปลือกไม้แต่การแช่นี้เป็นการให้สารเคมี 2 ชนิดที่อยู่ในใบครามสดทำปฏิกิริยากันและเกิดเป็นสีครามที่ละลายน้ำได้ หากใบครามแห้งสารเคมีชนิดหนึ่งในใบครามเสียสภาพไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอีกชนิดหนึ่งได้ดังนั้นถ้าปล่อยให้ใบครามแห้งก่อนแล้วนำมาแช่น้ำจะไม่ได้สีคราม เช่นเดียวกับการต้มใบครามก็ไม้ได้สีครามเนื่องจากความร้อนทำให้สารเคมีในใบครามกลายสภาพ (อนุรัตน์ สายทอง, 2554)

2.3.2 การผลิตผ้ามัดหมี่ย้อมคราม

การผลิตผ้ามัดหมี่ย้อมครามเป็นงานวิทยาศาสตร์พื้นบ้านสีครามที่เกาะจับเส้นใยฝ้ายจัดเป็นสารอินทรีย์จำพวกแอนทราควิโนน (Anthraquinone) โดยมีไดควิโนน (Diquinone) ต้นตอของสีครามที่ได้เนื้อสีมาจากใบครามมีสารจำพวกกลูโคไซด์อินดิแคน (Glucoside Indican) ซึ่งไม่มีสีแต่ละลายในน้ำได้ จะถูกไฮโดรไลส์ด้วยเอนไซม์ในธรรมชาติแยกน้ำตาลกลูโคสออกส่วนที่เหลือเรียกว่าอินดอกซิล (Indoxyl) ซึ่งเป็นสารไม่มีสีเช่นกันแต่ละลายในน้ำได้อินดอกซิลเมื่อถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดย ผ่านออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นสีครามโดยผ่านการผสมผสานกับปูนขาวเนื่องจากครามไม่ละลายในน้ำจึงเป็นสีย้อมไม่ได้ในภาวะเช่นนี้ต้องรีดิวซ์สีครามเปลี่ยนเป็นสารลิวโคอินดิโก (Leuco Indigo) ซึ่งไม่มีสีเรียกว่า อินดิโก้ไว้ (Indigowhite) หรืออยู่ในรูปเกลือแอลคาไลของสีครามซึ่งไม่มีสีสารไม่มีสีละลายน้ำได้นี้สามารถแทรกเข้าไปในเนื้อของเส้นใยฝ้ายขณะย้อมแต่หลังจากย้อมแล้วต้องคลี่ให้เส้นใยที่ย้อมแล้วสัมผัสกับอากาศสารลิวโคอินดิโกจะถูกออกซิไดส์กลับเป็นเนื้อครามสีน้ำเงินที่ไม่ละลายในน้ำเปล่าสีน้ำเงินจึงเกาะจับเนื้อเส้นใยฝ้ายเมื่อนำมาซักสีไม่ค่อยตกแม้จะซักไป

นาน ๆ สียังคงอยู่เช่นเดิมผ้าย้อมครามจึงโดดเด่นเรื่องสีติดทนนอกจากนี้ยังมีกลิ่นของครามตามธรรมชาติอีกด้วยโดยสรุปครามเป็นสารแอนทราควีโนนที่เปลี่ยนโครงสร้างจากสภาพออกซิไดส์ไปเป็นสภาพรีดิวซ์เป็นสารละลายในน้ำด่างเปลี่ยนโครงสร้างจากสภาพรีดิวซ์ไปเป็นสภาพออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนในอากาศสีครามที่ใช้ย้อมเส้นใยฝ้ายคือสีครามสภาพรีดิวซ์ส่วนสีครามที่เกาะจับเส้นใยฝ้ายคือสีครามสภาพออกซิไดส์ การย้อมสีครามมีรายละเอียดในการย้อมดังนี้

2.3.2.1 การก่อหม้อครามในภาคอีสาน

การก่อหม้อครามย้อมฝ้ายพื้นเมืองเรียกกันว่า ผ้าย้อมหม้อครามหรือผ้าจุ่มหม้อคราม ในบางท้องที่อาจจะเรียกว่า ผ้าย้อมหม้อนิล เพราะย้อมได้ดำสนิทซึ่งต้องใช้เวลาในการเตรียมการมากส่วนกรรมวิธีของการผลิตเป็นเทคนิคเฉพาะตัวที่ได้รับการสืบทอดจากบรรพบุรุษต้องผ่านการฝึกหัดให้เกิดความชำนาญเป็นการเฉพาะตัวมีเคล็ดลับในการย้อมไม่มีการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรต้องอาศัยความชำนาญที่ได้ฝึกฝนจดจำจากคำบอกเล่าเท่านั้นการก่อหม้อครามในภาคอีสาน เป็นการเตรียมครามที่ผ่านการหมักและการตีครามมาแล้วซึ่งส่วนใหญ่จะใช้โอ่งดินเผาขนาดกลางและเตรียมน้ำด่างที่ได้จากพรรณไม้ต่าง ๆ ใช้นิ้วจุ่มเพื่อชิมดูว่ามีส่วนผสมพอดีหรือไม่ (ให้ได้รสปานกลาง) น้ำครามที่เตรียมเอาไว้นำมาผสมให้เข้ากันอีกทีหนึ่งและน้ำครามเก่าเป็นหัวเชื้อของการสืบทอดซึ่งเป็นคติความเชื่อขึ้นอยู่กับวิธีการของแต่ละบุคคลในการผสมน้ำครามให้เข้ากันโดยใช้ขันตักน้ำครามที่ได้ผสมกันไว้เทลงไปในโอ่งที่หมักไว้ชาวอีสานเรียกวิธีการนี้ว่า “โจกคราม” ซึ่งเป็นการทำให้เกิดกระบวนการออกซิไดส์โดยให้อากาศออกซิเจนผ่านน้ำที่กำลังเทจากขันลงในโอ่งหมักเพื่อสร้างสารสีน้ำเงิน เมื่อผ่านอากาศจะกลายเป็นสีครามหากปาดผิวคราบน้ำในหม้อครามจะเห็นเป็นสีเหลืองเขียวขี้ม้าเมื่อถูกอากาศจะกลายเป็นสีคราม

2.3.2.2 ปูนขาว

ปูนขาวที่เผาจากหินธรรมชาตินั้นจะหาซื้อเมื่อไรก็ได้หินปูนขาวเหล่านี้นำเข้ามาจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวบรรจุอยู่ในปีบซื้อขายกันเป็นกิโลกรัมก่อนอื่นจะต้องนำหินปูนขาวมาละลายด้วยน้ำครามเสียก่อนการละลายต้องทำด้วยความระมัดระวังเพราะหินปูนเหล่านี้ยังอมความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้การเผาหินปูนใช้ไฟในการเผาประมาณ 800 – 1200 °C เมื่อโดนน้ำจะระเบิดแตกเป็นก่อนเล็กก่อนน้อยช่างตีครามจึงใส่น้ำครามทีละน้อยลงในบนเนื้อของหินปูนเพื่อป้องกันการระเบิดอย่างรุนแรงนั้นเองจากนั้นจะละลายให้เป็นของเหลวเสียก่อนที่จะเทลงไปในโอ่งน้ำครามในอัตราส่วนตามความชำนาญของแต่ละคนปูนขาวจะเป็นสารทำปฏิกิริยาทำให้ครามเกาะตัวโดยเฉลี่ยในเนื้อคราม 5 กิโลกรัมต่อโอ่งโดยประมาณหากใส่ลงไปมาก ๆ เนื้อครามจะกระด่างเวลาย้อมจะได้สีอ่อนการใช้ปูนขาวต่อโอ่งประมาณ1 -1 1/2 กิโลกรัมจากปัญหาที่เกิดจากกระบวนการผลิตครามเปียกกลุ่มตีครามบ้านถ่ำเต่าจึงเปลี่ยนความคิดนำปูนแดงที่ใช้ในการกินหมากมาแทนปูนขาวซึ่งให้ผลผลิตมากกว่าปัญหาของการเผาไหม้หินปูนไม่หมดก็เป็นอันหมดไปทำให้สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้และได้จดทะเบียนเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

2.3.2.3 ขี้เถ้า

ขี้เถ้าได้มาจากการเผาจากพันธุ์ไม้บางชนิด เช่น ดั่ง เป็นส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้เป็นขี้เถ้าที่มีสีเทานิยมนำขี้เถ้ามาแช่น้ำหรือเกรอะเถ้านำน้ำด่างที่ได้มาใช้แทนสบู่ในการซักล้างหรือนำมาผสมในการย้อมเส้นใยสำหรับการย้อมสีที่ได้จากพันธุ์ไม้ธรรมชาติ

2.3.2.4 เตรียมน้ำด่าง

การเตรียมน้ำด่างสามารถทำได้จากพรรณไม้นานาชนิดขี้เถ้าที่จะนำมาใช้เราต้องใช้พรรณไม้สดซึ่งจัดหาเอาเองนำมาเผาเอาไว้ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำน้ำด่าง นำขี้เถ้าชนิดใดชนิดหนึ่งใส่ไว้ในโอ่งดินเอาไว้สำหรับการหมักน้ำด่างส่วนใหญ่จะใช่หม้อก่นรั่วใส่ขี้เถ้าเอาไว้เทน้ำให้ไหลผ่านกรองเอาน้ำด่างใส่ไว้ในหม้อดินน้ำด่างจะไม่กัดภาชนะทิ้งไว้จนนอนก้นหากขี้เถ้าจืดก็เปลี่ยนใหม่จัดเตรียมไว้ให้พอกับการใช้งานผู้ที่มีความชำนาญเมื่อสัมผัสก็จะรู้ว่าน้ำด่างมีคุณภาพหรือไม่เมื่อสัมผัสแล้วไปล้างมือจะรู้สึกลื่น ๆเป็นใช้ได้บางครั้งจะใช้วิธีชิมดูว่ามีความเค็มมากน้อยเพียงใดควรรักษาความเข้มข้นของน้ำด่างเอาไว้เพราะความเข้มข้นสามารถเสื่อมไปได้สารที่ได้จากน้ำด่างเป็นตัวช่วยในขบวนการก่อสีของครามทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นส่วนสำคัญในการก่อสีของครามส่วนใหญ่นิยมนำขี้เถ้ามาหมักเสียก่อนจากนั้นจะนำมากรองเอาแต่น้ำด่างแบบหยดเก็บรวบรวมเอาไว้ต่อการใช้ทุกวัน น้ำดั่ง หรือ น้ำด่าง เป็นสารที่ละลายจากขี้เถ้าโดยกรองน้ำที่ตกตะกอนโดยผ่านการกรองเป็นน้ำใสๆในน้ำด่างมีค่าความเป็นกรด pH น้อยกว่า 7 สามารถนำมาใช้แทนสบู่ในการซักล้างหรือนำมาใช้เป็นส่วนผสมของการสีธรรมชาติเพื่อความสะดวกในการกรองน้ำด่างภาชนะที่นำมาใช้ก็มีหลายรูปแบบตามแต่ที่จะหาได้โดยใช้วิธีการหมักหรือการผ้านน้ำโดยตีน้ำให้เข้ากับขี้เถ้าแล้วเทใส่ภาชนะที่จะใช้กรองน้ำด่างให้น้ำไหลผ้านอย่างช้า ๆ น้ำที่นำใช้ในผ้านขี้เถ้าจะต้องคำนวณเพื่อความเข้มข้นของน้ำด่างที่จะนำมาใช้งานหากมีความจืดการย้อมสีธรรมชาติก็ไม่ได้ สีตามที่ต้องการ

2.3.2.5 การก่อสีของคราม

การก่อสีของครามคือการกำหนดอัตราส่วนขี้เถ้าและการหมักโดยอัตราส่วนขี้เถ้า 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 1ลิตรและนำขี้เถ้ามาหมักในน้ำ 1 คืน จากนั้นนำมากรองให้ได้น้ำใสแบบหยดเก็บรวบรวมเอาไว้ใช้

2.6.2.6 การมัดหมี่

การมัดหมี่เป็นการสร้างลวดลายการทอผ้ามัดหมี่เป็นการสานขัดเนื้อผ้าให้ปรากฏลวดลายที่ได้มัดเอาไว้ในกระบวนของการทอผ้ามัดหมี่ขณะที่ทอผ้ามัดหมี่อยู่นั้นเป็นช่วงที่มีความสำคัญมากจะต้องใช้สมาธิในการเพ่งมองเพื่อจัดให้ลวดลายให้ตรงกันด้วยการช่วยดึงเส้นพุ่งหัวท้ายให้ตรงกันเสียก่อนที่จะใช้ฟืมกระทบให้เกิดความหนาแน่นของการสานขัดกันเองด้วยการยกเขาตะกอขึ้นลงให้เส้นพุ่งที่มีลวดลายสอดผ่านด้วยกระสวยนำส่งการมัดหมี่จึงไม่ใช้เรื่องง่ายที่คิดว่าทำได้กันทุกคนการสร้างสรรค์ทางความคิดเป็นของที่ต้องมีการฝึกฝนจนมีความชำนาญผลงานจึงจะต้องตาต้องไม่ใช่เห็นคนทำได้เราต้องทำได้เหมือนกันซ้ำยังอวดดีว่าตนเองเก่งออกแบบลวดลายได้แต่ผลงานออกมาเป็นชิ้นเป็นอันปรากฏว่าตลาดไม้รับซื้อเลยสักชิ้นเดียวรอแล้วรออีกก็ยังเป็นกองผ้าอยู่อย่างนั้นผลสุดท้ายต้องส่งไปแปรรูปเป็นอย่างอื่นเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุผลผลิตของการแปรรูปออกมาก็ยังดูไม่ได้เพราะลวดลายและสีสันนั้นเองที่เป็นต้นเหตุของเรื่องนี้

2.6.2.7 การย้อมคราม

นำปอยหมี่ที่ผ้านการฆ่าไขมันเรียบร้อยแล้วลงในหม้อครามใช้มือขยำให้ทั่วเส้นใยฝ้ายที่อ่อนตัวซึมซับน้ำครามได้ดีทำให้การย้อมครามมีความสวยงามตามที่ช่างย้อมเรียกว่า หม้องาม หรือ กินอิ่ม ในขณะที่แช่เส้นใยฝ้ายในหม้อครามควรใช้มือขยำหมั่นคอยกลับเส้นใยฝ้ายอยู่เสมอมีการตรวจสอบว่าได้สีครามเข้มตามที่ต้องการหรือไม้ใน คาบแรก จากนั้นจึงนำเส้นใยฝ้ายใส่ถุงหมักเอาไว้เตรียมการย้อมใหม่ในคาบที่สอง จนได้สีตามที่ต้องการการย้อมซ้ำก็ต้องเตรียมครามเหมือนเดิมทุกประการเมื่อย้อมได้ที่ตามที่

ต้องการแล้วคราวนี้จะต้องเอาเส้นใยฝ้ายที่ย้อมเสร็จไปตากแดดจัดให้แห้งสนิทเสียก่อนที่จะนำมาซักล้างให้สะอาดเพื่อสิ่งสกปรกที่เกาะติดอยู่กับเส้นใยฝ้ายออกให้หมดการย้อมฝ้ายด้วยวิธีการนี้เวลาทอเป็นผืนผ้าย้อมมีความสวยงามที่แตกต่างกันกับการทอเป็นผืนผ้าแล้วนำมาย้อมสีสันในส่วนนี้จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนการย้อมครามที่จะต้องคอยตรวจว่าย้อมได้เสมอกันทั้งปอยหมี่หรือเปล่าโดยการปอยหมี่มาเรียงตามลำดับในปัจจุบันมีการพัฒนาลวดลายให้มีสีที่แตกต่างกันจะใช้โอกาสนี้แก่หมี่ย้อมสีอ่อนให้เรียบร้อยจากนั้นจึงจะนำไปตากให้แห้งเสียก่อน1แดดจากนั้นจะนำมาแช่น้ำทำความสะอาดแล้วนึ่งในหวดนึ่งข้าวเหนียวอีกที่หนึ่งตากให้แห้งสนิท

2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554) เสนอวิธีการประเมินรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ไว้ดังนี้

2.4.1 การกำหนดขอบเขต (Scope)

ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะต้องมีการกำหนดขอบเขตโดยใช้หลักการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดเศษซากหลังการใช้งานซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงานได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์สามารถวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ การเกิดฝนกรด ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ความเป็นพิษ เป็นต้น มาประเมินร่วมด้วย

2.4.2 การศึกษาเอกสารอ้างอิง

ในการศึกษารอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์จะต้องศึกษาข้อกำหนดและแนวทางในการวิเคราะห์โดยจะต้องมีการอ้างอิงเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.4.3 การกำหนดบทนิยาม

การกำหนดบทนิยาม เป็นการอธิบายความหมายและคำจำกัดความของคำที่ใช้เช่น การปันส่วน หมายถึง การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออก ของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์

2.4.4 รูปแบบการประเมิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถแบ่งรูปแบบการประเมินได้ดังต่อไปนี้

1) แบบ Business-to-Consumer: B2C เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

2) แบบ Business-to-Business: B2B เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์

2.4.5 ข้อมูลสนับสนุน

ข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย ชื่อผลิตภัณฑ์ ขอบเขตกระบวนการผลิต วัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลอื่น ๆ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดต้องได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี หรือตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ที่แสดงฉลากนั้นอยู่ในตลาด

2.4.6 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัด

ในการวิเคราะห์รอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ในส่วนของการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและหน่วยวัดมีองค์ประกอบดังนี้

1) ชนิดของก๊าซเรือนกระจกก๊าซเรือนกระจก
2) ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)
3) ระยะเวลาที่ใช้ทำการประเมิน
4) แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก
5) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอน
6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอน
7) การเก็บกักคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ (Carbon storage in product)
8) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use change)
9) หน่วยการวิเคราะห์ (Unit of analysis)
10) การชดเชย (Offsetting)

2.4.7 กรอบแนวคิดการคำนวณ

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบ และการแปลผล โดยต้องวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากหลังจากการใช้งาน

2.4.8 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาค่าการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการดังนี้

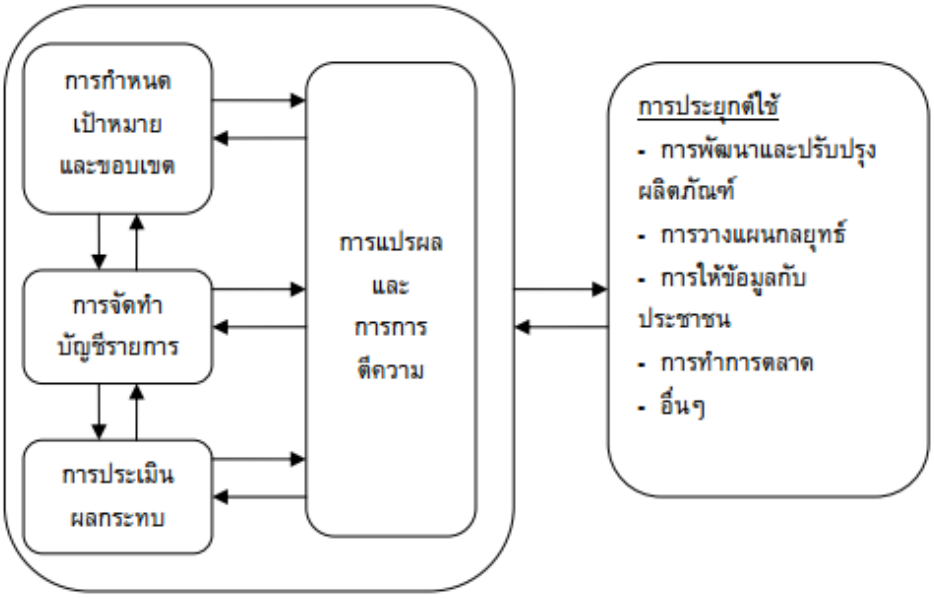
1) ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการคูณเข้ากับ Emission factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้น ๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

2) แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

2.4.9 การแสดงผล

การแสดงปริมาณรอยเท้าคาร์บอนบนผลิตภัณฑ์ ควรแสดงด้วยตัวเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง (Three significant numbers) เช่น 3.15 kg, 152 g เป็นต้น

อย่างไรก็ตามวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานสิ่งแวดล้อม อนุกรม ISO 14040 ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ และประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และบริการซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ ขบวนการผลิต การใช้งาน/การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำรวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ การกำจัดหลังหมดอายุ การใช้งานรวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมและเพื่อหาวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สำหรับกรอบการดำเนินการวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนคือการกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์การศึกษา การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการตีความและแปลผลการศึกษา ดังแสดงในภาพ 2.14



ภาพที่ 2.14 กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554)

2.5 การวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

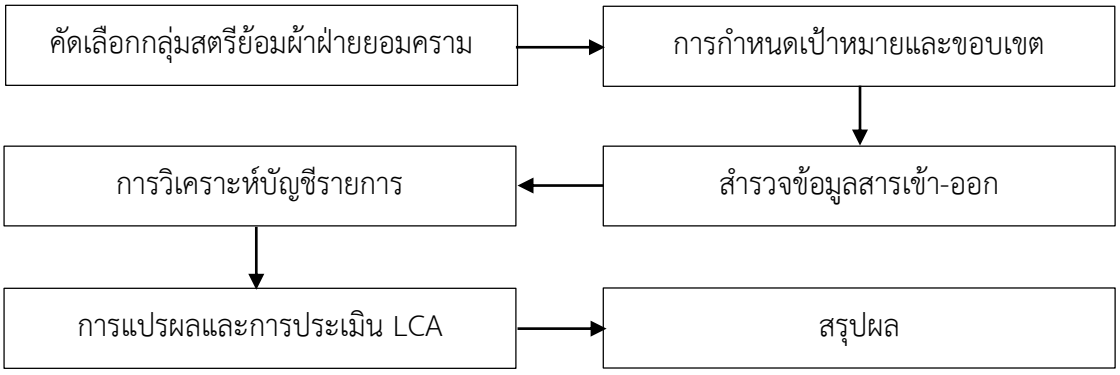
การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยมีการประเมินสินค้าต่าง ๆ อยู่หลากหลายประเภท โดยเริ่มแรกมีการนำการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ประเมินวงจรชีวิตของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตู้เย็นพาณิชย์ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2544) โรตาลี่คอมเพรสเซอร์ (นงค์นุช พฤติชัยวิบูล, 2547) สายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้วัสดุทดแทนพีวีซี (จันจิรา หะยียามา, 2547) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (นรรัตน์ รอดประเสริฐ, 2548) และ เครื่องปรับอากาศ (ธนัท ชัยสุขโกศล, 2551) เป็นต้น เมื่อการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เริ่มมีการนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายต่อมาจึงเริ่มมีการนำมาใช้ประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ภาคการเกษตรมากขึ้น เช่น ฉัตรเพชร ยศพล (2552) ได้ประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับประเทศไทยโดยจัดทำในรูปแบบบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว แยกตามขั้นตอนเป็น 3 ส่วนได้แก่ การทำนาปลูกข้าว การแปรรูปในโรงสี และ

โรงงานแปรรูปข้าว และการขนส่ง แต่ยกเว้นบรรจุภัณฑ์และการจำหน่าย สุธี คงศิริ (2552) ได้การประเมินวงจรชีวิตการผลิตมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังด้วยโปรแกรม Sima Pro เวอร์ชัน 5.1 โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพาะปลูกมันสำปะหลังตลอดทั้งวงจรชีวิตตั้งแต่เกิดจนตาย Wichita Itayapairot (2009) ได้ศึกษาประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย โดยศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมดิน การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการผลิตน้ำตาลรวมไปถึงผลิตผลอื่นๆ กรกต พรมโสดา (2551) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปโดยใช้โปรแกรม Sima Pro 7.1 พบว่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เท่ากับ -1.01x105 kg CO_2 เทียบเท่า ชลธิชา สุทธิบุตร (2550) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำพบว่ากระบวนการทางการเกษตรก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รองลงมาคือการนำไปใช้และการผลิตไบโอดีเซลตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ทางด้านหัตถกรรมมีการนำหลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เข้ามาใช้ประเมินผลที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน อาทิเช่น หทัยชนก ศรีเล็ก (2552) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พรมทอมือโดยใช้โปรแกรม Sima Pro 7.1 พบว่าผลิตภัณฑ์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านฝนกรดและสารอาหารในแหล่งน้ำมากที่สุด ฐิติกร ชูไพโรจน์ (2552) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตผ้าฝ้ายคลุมไหล่เพื่อการติดฉลากสิ่งแวดล้อมพบว่าผ้าฝ้ายคลุมไหล่มีศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 1,965 kg CO_2 เทียบเท่า อภิวรรณ สุวรรณนที (2556) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูพบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 1.46 kg CO_2 เทียบเท่า

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประเทศไทยได้มีการนำหลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลากหลายทั้งผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานยนต์ ภาคการเกษตร การผลิตเครื่องนุ่งห่ม การผลิตอาหาร ซึ่งการใช้หลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์นี้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นในฐานะผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าครามยังคงมีการทำวิจัยอยู่น้อย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เฉพาะถิ่นการวิจัยนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าและโอกาสในการส่งออกสู่ต่างประเทศให้ผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมครามของจังหวัดสกลนครจึงจะทำการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตผ้าครามต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยพัฒนาทดลองเพื่อจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ สำหรับวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากวงจรการผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยฐานข้อมูลที่มีเผยแพร่ทั่วไป เช่น ฐานข้อมูลจาก LCA Software การวิจัยนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ ข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิได้จากการเก็บข้อมูลของกลุ่มสตรีทอผ้าฝ้ายย้อมครามในเขตพื้นที่จังหวัดสกลนคร และข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีในประเทศไทย เช่น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สำนักงานจังหวัดสกลนคร ศูนย์ครามมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ 6 ขั้นตอนคือ 1) คัดเลือกกลุ่มสตรีย้อมผ้าฝ่ายยอมครามและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 2) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต 3) สำรวจข้อมูลสารเข้า-ออก 4) การวิเคราะห์บัญชีรายการ 5) การแปรผลและการประเมิน LCA และ 6) สรุปผล ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมด้านอื่นคือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะรวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ขั้นตอนการปลูกฝ้าย การปลูกคราม การขนส่ง การย้อม การตัดเย็บ จะเห็นได้ว่าการร่วมพิจารณากิจกรรมอื่น ๆ ตั้งแต่ จะเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าย้อมคราม Cradle to Gate เหล่านี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และรับทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหา การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในการวิจัยนี้มีแนวทางการประเมิน 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

สิ่งแรกที่ต้องทำในการประเมินวัฏจักรชีวิตคือการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของสิ่งที่เราต้องการศึกษาว่าเราต้องการศึกษาอะไร และผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เป้าหมายหลักของการทำ LCA มีความแตกต่างกัน ได้แก่

1. เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ที่จะเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม

2. เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้พื้นฐานของการออกแบบ และข้อมูลในเชิงตัวเลขค่อนข้างมาก

3. เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งต้องอาศัยความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบกรตัดสินใจเลือกซื้อ

เป้าหมายเหล่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ขอบเขตของการศึกษา ทั้งนี้หากวัตถุประสงค์ของการศึกษาต้องการได้ผลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ขอบเขตการศึกษา ระยะเวลาการศึกษา และงบประมาณที่ใช้ในการศึกษาก็จะสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ผลจากการศึกษาจะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ต่อไป

สำหรับการกำหนดขอบเขตของการประเมินนั้นจะต้องให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมาย เช่น หากต้องการประเมินเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ขอบเขตของการประเมินย่อมไม่จำเป็นจะต้องรวมถึงขั้นตอน การใช้งาน และกำจัดเมื่อหมดอายุ เพราะผลกระทบจากขั้นตอนเหล่านี้ย่อมใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุ (เช่น กระดาษ พลาสติกประเภทต่าง ๆ) หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นการบริการ (เช่น ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิง) ซึ่งมีคุณลักษณะการใช้งานเหมือนกัน แต่หากต้องการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าที่เดียวกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปลายทางต่าง ๆ (เช่น ตู้เย็น เตารีด) เราจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุด้วย

2) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมควรจะครอบคลุมถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังการไหล (Flow chart) ของกระบวนการผลิต และปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของระบบทั้งหมด

3) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าย้อมคราม เป็นการคำนวณเพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์และจากขั้นตอน การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่ออธิบายค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ การประเมินผลกระทบจะเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าซิ่นย้อมครามสามารถจำแนกออกได้เป็นขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอน

4) การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม

การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมทั้งแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและในกลุ่มของสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุง

ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและระสิทธิผลสูงสุด ทั้งนี้การตีความและการแปรผลควรทำด้วยความระมัดระวังและอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษา เป้าหมาย วัตถุประสงค์การศึกษาของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผู้ที่จะนำข้อมูลที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์

3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต

3.2.1 เป้าหมาย

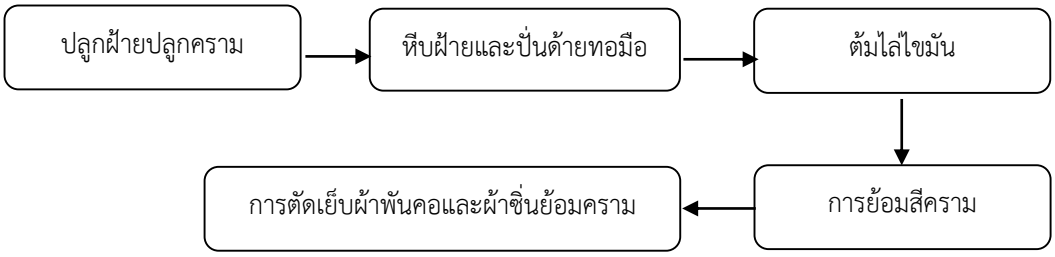
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มุ่งเป้าในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยทำการศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนถึงมือผู้บริโภคเพื่อให้ได้ข้อมูลสิ่งแวดล้อม อันนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอย้อมคราม ว่าส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ว่าจำนวนมากน้อยเพียงใด สามารถจำแนกวัตถุประสงค์การศึกษาได้ดังนี้

1) ศึกษากระบวนการผลิตผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมครามตั้งแต่การได้มากซึ่งวัตถุดิบจนถึงมือผู้บริโภค
2) ศึกษาปริมาณการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมครามโดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

3.2.2 ขอบเขต

3.2.2.1 ขอบเขตการศึกษา

การกำหนดขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมครามมี 5 ขั้นตอนคือ 1) การปลูกฝ้ายปลูกคราม 2) การหีบฝ้ายและปั่นด้ายทอ 3) การต้มไล่ไขมัน 4) การย้อมสีคราม และ 5) การตัดเย็บผ้าพันคอและผ้าย้อมครามดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

3.2.2.2 พื้นที่การศึกษา

ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต คลอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนของการปลูกฝ้ายปลูกคราม การฟอกย้อม การทอผ้า การใช้งาน ตลอดจนการขนส่งผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน ของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา คือ ผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม โดยรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมจากกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตผ้าย้อมคราม หมู่บ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

3.2.2.3 หน่วยหน้าที่การใช้งาน

การศึกษาครั้งนี้กำหนดหน่วยหน้าที่การใช้งาน (functional unit) คือ ผ้าพันคอย้อมคราม ขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืน/ปี เนื่องจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตผ้าพันคอน้อมครามใช้สัดส่วนด้ายพุ่งและด้ายยืนแตกต่างกัน จึงทำให้การทอผ้าขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร มีความยาวไม่เท่ากัน โดยพบว่ากลุ่มกลุ่มย้อมสีธรรมชาติทอได้ยาว 57 เมตร และกลุ่มที่ใช้ฝ้ายอินทรีย์ผสมฝ้ายสำเร็จรูปจากโรงงานทอได้ยาว 45 เมตร จึงได้กำหนดให้ผ้าขนาดความยาว 1,440 เมตร สำหรับผ้าซิ่นยอมครามกำหนดขนาดหน่วยหน้าที่การใช้งานต่างออกไปมี ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 288 ผืน/ปี โดยตั้งสมมติฐานว่ามีการใช้งาน 15 ครั้งต่อปี มีอายุการใช้งาน 2 ปี

3.2.2.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

การศึกษาครั้งนี้มีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ที่ใช้ในขั้นตอนการปลูกฝ้าย
2) ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน กระบวนการหีบและปั่นฝ้าย
3) ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ที่ใช้ในขั้นตอนการปลูกคราม
4) ปริมาณการใช้วัตถุดิบและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งในทุกขั้นตอน
5) ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสีย กระบวนการย้อมสีและการทอผ้าพันคอย้อมคราม

3.2.2.5 ดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การวิจัยนี้ดำเนินการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 1 ด้านคือ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) เป็นดัชนีชี้ที่บ่งชี้ศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้าน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

3.3 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

หลังจากกำหนดพื้นที่การศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเริ่มจัดทำตารางรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมตามขอบเขตการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นครบถ้วน โดยจดบันทึกข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้ภายในกลุ่มที่ทำการผลิตผ้าพันคอย้อมและผ้าซิ่นครามโดยคิดคำนวณจากบิลค่าใบเสร็จไฟฟ้า เครื่องวัดไฟฟ้า และดูจากขนาดกำลังหวัดของมอเตอร์เครื่องจักรที่ถูกใช้งาน ส่วนข้อมูลการใช้น้ำดูจากมิเตอร์ที่ติดตั้ง และคำนวณปริมาณของถังและบ่อย้อมต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์หัวหน้ากลุ่มผู้ผลิต รวมถึงจากการสังเกตการปฏิบัติหน้าที่ของคนงาน ข้อมูลทุติยภูมิได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากวารสารวิชาการ รายงานวิชาการ บทความวิชาการรวมทั้งฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อชวยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตรายละเอียดของแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษาเป็นดังนี้

3.3.1 การสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ

จากการวิจัยการสำรวจข้อมูลขั้นปฐมภูมิได้แก่ การใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงานปริมาณการเกิดมลพิษ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์หรือวัดผลโดยตรงของกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่

1) การปลูกครามและการย้อมคราม

2) การต้มไล่ไขมัน

3) การตัดเย็บผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมคราม

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลขั้นทุติยภูมิ

การวิจัยนี้จะรวบรวมข้อมูลขั้นทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการปลูกฝ้ายจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษ จากสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2536)

2. ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการหีบฝ้ายและปั่นด้าย จะใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่รายงานไว้โดย Søren et al. (2007) เป็นข้อมูลการใช้พลังงานในการหีบฝ้ายและปั่นด้ายภายในประเทศ

3.4 การวิเคราะห์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนในการแสดงประเภทของผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยใช้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Characterization factor) ในการคูณเพื่อเปลี่ยนปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ของของผลกระทบและทำการรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบตามสมการที่ 3.1

$$EP_j = \sum\left(Q_i x EF_{ij}\right) \qquad (3.1)$$

เมื่อ EP_j (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent) Q_i (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j) EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent / kg substance j)

ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) เป็นดัชนี ชี้ที่บ่งชี้ศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้าน เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์ โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารอ้างอิง คำนวณดังสมการที่ 3.2

$$Global\ Warming\ Potential = \sum(GWP_i x m_i) \qquad (3.2)$$

เมื่อ mi คือปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (kg) GWPi คือศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสาร i (kg) (ฐิติกร ชูไพโรจน์, 2552) ซึ่งสามารถแสดงเป็นค่าและอายุช่วงชีวิตของก๊าซต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซต่าง ๆ (Myhre G. et al., 2013)

ก๊าซ	อายุช่วงชีวิต (ปี)	GWP	
		20 ปี	100 ปี
Methane	12.4	86	34
Hydrofluorocarbon (HFC-134a)	13.4	3790	1550
Chlorofluorocarbon (CFC-11)	45.0	7020	5350
Nitrous oxide	121.0	268	298
Carbon tetrafluoride	50000	4950	7350

3.5 การตีความและแปลผล

การแปลผลการวิเคราะห์จะทำให้สามารถทราบถึงความรุนแรงของผลกระทบที่จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงแหล่งที่มาของปัญหา เพื่อที่จะได้นำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการบวนประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผ้าพันคอย้อมคราม เพื่อเป็นแนวทางและหาวิธีการในการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการวิทยานิพนธ์นี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) อุปกรณ์ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างภาคสนาม ได้แก่
    1. แผ่นตารางเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม
    2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ
    3. กล้องถ่ายภาพ
2) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้แก่
    1. เครื่องคอมพิวเตอร์
    2. โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro รุ่น 8.2.3 (เวอร์ชั่นทดลองใช้งาน)

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 พื้นที่ศึกษา

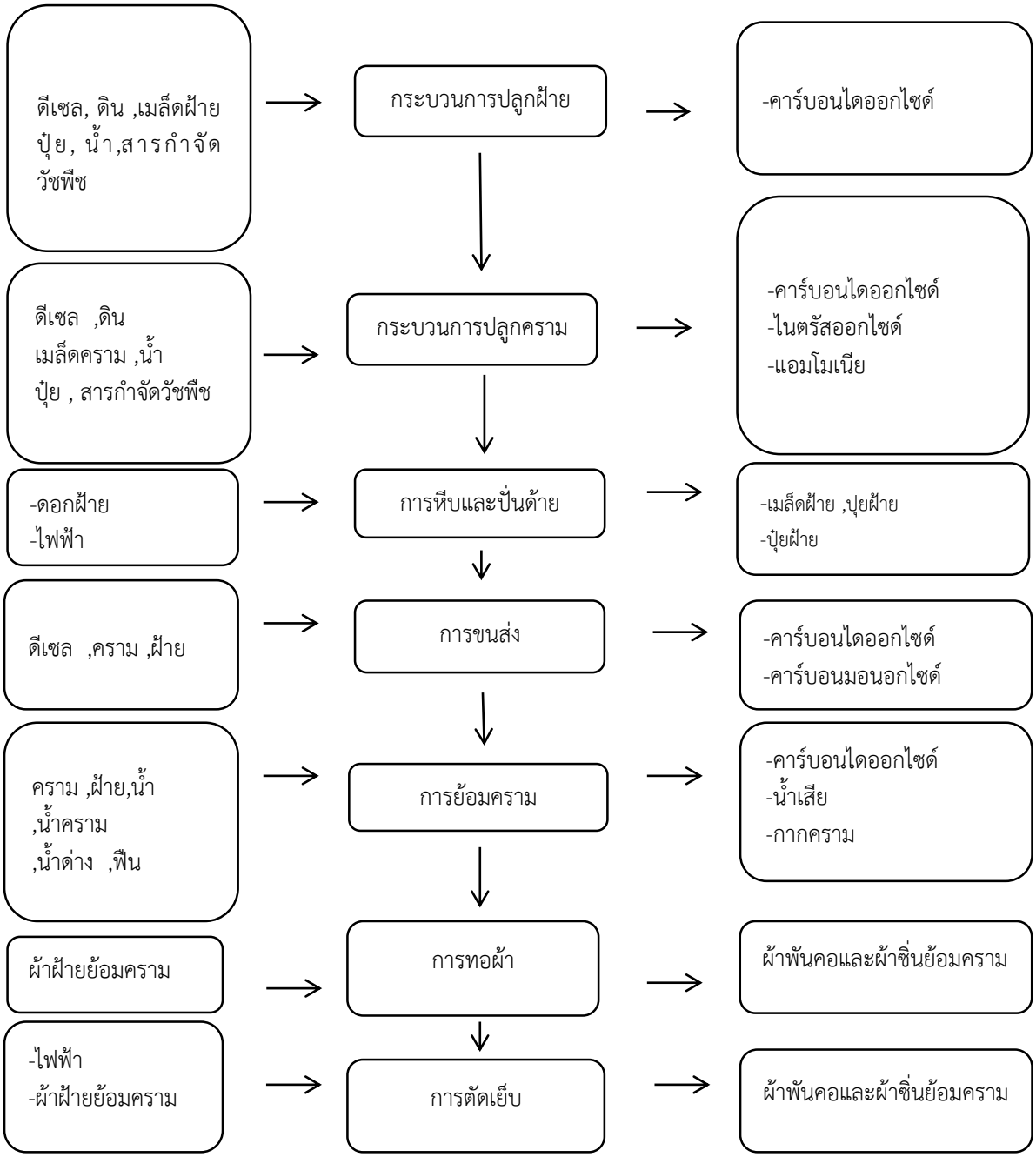
บ้านถ้ำเต่าตั้งอยู่ที่ ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร เดิมตำบลสามัคคีพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของตำบลโพนงาม จำนวน 5 หมู่บ้าน คือ บ้านถ้ำเต่า บ้านโนนจำปา บ้านหนองสามขา และบ้านนาดอกไม้ และส่วนหนึ่งของตำบลอากาศจำนวน 3 หมู่บ้านคือบ้านคอนทอย บ้านหนองสนุก และบ้านหนองเผือ ประกาศแยกเป็นตำบลสามัคคีพัฒนาเมื่อปี 2525 มีหมู่บ้านทั้งหมด 8 หมู่บ้าน ต่อมา ในปี 2543 แยกหมู่บ้านถ้ำเต่าหมู่ที่1 ออกไปอีก 1 หมู่บ้าน คือบ้านสามัคคี หมู่ 9 และในปี 2544 แยกบ้านโนนจำปาหมู่ที่ 2 ออกไปอีก1 หมู่บ้าน คือบ้านโนนจำปา หมู่ 10 ปัจจุบันมีหมู่บ้านทั้งหมด10 หมู่บ้าน และได้รับการยกฐานะจากสภาตำบลเป็นองค์การบริหารส่วนตำบล เมื่อปี 2539 มีที่ตั้งและอาณาเขตอำเภออากาศอำนวยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้ทิศเหนือ ติดกับ ต.โพนงาม อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร ทิศใต้ ติดกับ ต.อากาศอำนวย อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร ทิศตะวันออก ติดกับ ต.สามผง อ.ศรีสงคราม จ.นครพนมทิศตะวันตก ติดกับ ต.โพนงาม อ.อากาศอำนวย จ.สกลนคร

บ้านถ้ำเต่า อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนครเป็นชุมชนที่อยู่ในท่องที่ของบ้านโพนงาม มีชาติพันธุ์ “ไทญ้อ” อาศัยอยู่เป็นแหล่งอุดมสมบูรณ์ ในอดีต “ชาวลาวกาว” ได้อพยพเข้ามาตั้งชุมชนในปี 2455 กระทั่งมีการก่อตั้งชุมชนใหม่ในดง “ถ้ำเต่า” คำว่า“ถ้ำเต่า” จากคำบอกเล่าได้พบแหล่งเตาเผาหรืออาจเป็นเตาหล่อเครื่องใช้ในอดีตซึ่งอยู่ในบริเวณศาลเจ้าปู่ และยังมีหนองน้ำซึ่งอยู่ทางด้านทิศเหนือของหมู่บ้านเรียกกันว่า “หนองซุ่งเต่า” จากคำว่า “ถ้ำเตา” กลายเป็น “ถ้ำเต่า” ซึ่งเรียกกันมาจนถึงปัจจุบัน ศาลเจ้าปู่ จึงเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ยึดเหนี่ยวจิตใจของชาวบ้านถ้ำเต่าชาวบ้านที่นี่ยังมีวิถีชีวิตเรียบง่าย เลี้ยงชีพด้วยการทำไร่ ทำนา และทอผ้าเป็นอาชีพเสริม "ผ้าฝ้ายย้อมคราม" งานหัตถกรรมขึ้นชื่อที่ได้รับการถ่ายทอดเป็นมรดกจากรุ่นสู่รุ่น โดดเด่นทั้งกรรมวิธีและลวดลายผ้า จนได้รับการคัดสรรเป็นสินค้าโอทอประดับห้าดาวบ้านถ้ำเต่า เป็นแหล่งปลูกต้นครามและผลิตน้ำครามมากที่สุดในประเทศ มีการปรับปรุงที่ทำการกลุ่มเพื่อต้อนรับผู้มาเยี่ยมชมการออกแบบลายผ้าและบรรจุภัณฑ์ การตกแต่งตู้แสดงสินค้า การเตรียมงานและการจัดเทศกาลตีคราม ซึ่งเป็นการสร้างความตระหนักด้านศิลปวัฒนธรรมและเอกลักษณะของผ้าย้อมครามให้รู้จักแพร่หลาย

4.2 ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

4.2.1 เก็บรวบรวมบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและซิ่นย้อมคราม

จากการลงพื้นที่ศึกษาสำรวจและเก็บรวบรวมบัญชีรายการ การผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมคราม สามารถอธิบายตามลำดับวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมคราม ประกอบด้วย การปลูกฝ้าย การปลูกฝ้าย การหีบและปั่นด้าย การขนส่งทุกขั้นตอน การย้อม การทอ และการตัดเย็บ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการผลิตผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม

4.2.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการปลูกฝ้าย

จากการศึกษาของ ฐิติกร ชูไพโรจน์ (2552) พบว่าฝ้ายเคมีนิยมปลูกในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยข้อมูลการปลูกฝ้ายจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ฤดูปลูกและเก็บเกี่ยวฝ้ายตั้งแต่เดือน พ.ค. 2549 – ก.พ. 2550 พบว่าเนื้อที่เพาะปลูกฝ้ายทั่วประเทศเท่ากับ 29,242 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 213 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งใช้พันธุ์ฝ้ายที่ที่นิยมปลูกกันทั่วไปได้แก่ พันธุ์ศรีสำโรง 2 พันธุ์ศรีสำโรง 60 และพันธุ์ตากฟ้า 2 โดยมีวิธีการปลูก การใช้ปุ๋ยเคมี ตามเอกสารแนะนำวิธีการปลูกฝ้ายจากกรมวิชาการเกษตรและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของกองกีฏและสัตว์วิทยา โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 12-6-6 โดยมีสัดส่วนของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยดับเบิ้ลซูปเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยโปรแทสเซียมคลอไรด์เท่ากับ 30, 15 และ 10 กิโลกรัม และมีการใช้ยาฆ่าแมลง 2.7

กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการปลูกฝ้ายอินทรีย์ซึ่งใช้เมล็ดฝ้ายพันธุ์ฝ้ายพื้นเมืองที่เรียกว่า “ฝ้ายตุ่น” ในอำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง เป็นลักษณะการปลูกแบบไร้สารเคมีซึ่งไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงโดยปลูกที่ระยะห่าง 70 เซนติเมตร พบว่ามีผลผลิตต่อไร่ประมาณ 80 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพบว่าการปลูกฝ้ายพันธุ์พื้นเมืองโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูฝ้ายทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกฝ้ายแบบทั่วไปผลผลิตจากการปลูกฝ้ายทั่วไปพบว่า น้ำหนักดอกฝ้ายทั้งเมล็ด 3 กิโลกรัมหลังจากหีบแล้วจะได้ปุยฝ้าย 1 กิโลกรัม และเมล็ด 2 กิโลกรัม ดังนั้นการผลิตผ้าซิ่นย้อมครามอินทรีย์ จึงช่วยลดการใช้ปุ๋ยลงโดยเฉลี่ย 5 เท่า และลดการใช้สารกำจัดศัตรูฝ้ายลงได้ 5 เท่า แต่ต้องใช้ที่ดินในการปลูกฝ้ายถึง 22.23 ตารางเมตร/การทอผ้า 1 ตร.ม. ซึ่งมากกว่าการใช้ฝ้ายทั่วไปที่ใช้ ที่ดินเพียง 0.75 ตารางเมตร/การทอผ้า 1 ตร.ม. ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการปลูกฝ้าย

พารามิเตอร์	**ปริมาณการใช้ต่อการทอผ้าฝ้ายขนาด 1 ตร.ม.**	
	ฝ้ายทั่วไป	**ฝ้ายอินทรีย์**
ที่ดิน (ตารางเมตร)	0.75	22.23
ปุ๋ย 12-6-6 (กิโลกรัม)[1]		
- แอมโมเนียมซัลเฟต	0.014	0
- ดับเบิ้ลซูปเปอร์ฟอสเฟต	0.007	0
- โพแทสเซียมคลอไรด์	0.005	0
สารปราบศัตรูฝ้าย (กรัม)[2]		
- คาร์โบซัลแฟน 20%	0.020	0
- ซูปเปอร์ครอน 500 อีซี	0.590	0
- ฮอสตาธีออน 40 อีซี	0.648	0

4.2.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมกระบวนการปลูกคราม

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มเกษตรกรบ้าน ถ้ำเต่า จะเริ่มทำการเตรียมดินและปลูกคราม ระหว่างเดือนเมษายนถึง สิงหาคม ซึ่งระยะเวลาในการปลูกต้องใช้เวลา 3 เดือน จึงจะสามารถเก็บเกี่ยวครามได้ กระบวนการปลูกครามจะเริ่มจากการเตรียมดิน ไถกลบเพื่อให้วัชพืชกลายเป็นปุ๋ยพืชสดในดิน ตากดินไว้สักระยะ จากนั้นขุดและย่อยดินแล้วคราดให้หน้าดินเรียบเสมอกัน และเริ่มทำการตอนการปลูกครามโดยใช้ปุ๋ย ยูเรีย สูตร 46-0-0 ซึ่งจะได้ครามประมาณ ในการปลูกครามประมาณ 100 กิโลกรัม/ไร่ ใช้พื้นที่ในการปลูกประมาณ 4 ไร่ ใบครามสดให้สีครามประมาณร้อยละ 0.4 หรือทั้งกิ่งทั้งใบแก่และใบอ่อนประมาณ 8 กิโลกรัม จึงได้เนื้อครามปนปูนขาว 1 กิโลกรัม ย้อมฝ้ายได้ประมาณ 200-300 กรัม ซึ่งจะสามารถใช้ย้อมผ้าได้ตลอดปี จะแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กระบวนการปลูกคราม

พารามิเตอร์	ปริมาณการใช้
ที่ดิน (ตารางเมตร)	6,400
ปุ๋ย 46-0-0 (กรัม)[1] - ไนโตรเจน - ฟอสฟอรัส - โพแทสเซียม	 46 0 0
คราม (กิโลกรัม)	400

4.2.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการหีบฝ้ายและปั่นด้ายฝ้าย

ฝ้ายทั่วไปที่เก็บเกี่ยวมาจากไร่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการหีบฝ้าย ซึ่งเป็นการแยกปุยฝ้ายและเมล็ดฝ้ายออกจากกันก่อน ซึ่งเครื่องหีบฝ้ายมีลักษณะแบบลูกกลิ้ง โดยใช้มอเตอร์กำลังขนาด 5 แรงม้า สามารถหีบฝ้ายได้ประมาณ 55 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประมาณ 3.7 กิโลวัตต์/ชั่วโมง หลังจากหีบฝ้ายจนได้ฝ้ายปุยแล้ว จะทำการขนส่งต่อไปยังโรงงานปั่นด้ายเพื่อปั่นด้ายขนาดเส้นใยเบอร์ 10 ซึ่งใช้วิธีการปั่นด้ายแบบ ring พบว่าพลังงานในขั้นตอนการปั่นด้ายฝ้ายเบอร์ 10 ประมาณ 2.1 กิโลวัตต์/กิโลกรัม โดยในกระบวนการปั่นด้ายจะเกิดของเสียจากการสางเส้นใยประมาณ 15% ขณะที่ฝ้ายอินทรีย์พันธุ์ฝ้ายพื้นเมืองที่มีการปลูกโดยไม่ใช้สารเคมี ใช้วิธีการหีบฝ้ายและปั่นด้ายด้วยมือใช้เครื่องมืออุปกรณ์จากภูมิปัญญาพื้นบ้าน จึงไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนนี้ จะแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการหีบฝ้ายและปั่นด้าย Søren et al., (2007)

พารามิเตอร์	ปริมาณการใช้ต่อการทอผ้าฝ้ายขนาด 1 ตร.ม.	
	ฝ้ายทั่วไป	ฝ้ายอินทรีย์
<u>กระบวนการหีบฝ้าย</u>		
<u>สารขาเข้า</u>		
ดอกฝ้าย (กก.)	0.144	1.111
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชม.)	-	-
<u>สารขาออก</u>		
ปุยฝ้าย (กก.)	0.048	0.370
เปลือกและเมล็ดฝ้าย (กก.)	0.096	0.880
<u>กระบวนการปั่นด้าย</u>		
<u>สารขาเข้า</u>		
ปุยฝ้าย (กก.)	0.048	0.370
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชม.)	0.100	-
<u>สารขาออก</u>		
ด้ายฝ้ายสำเร็จรูป (กก.)	0.424	-
ด้ายฝ้ายปั่นมือ (กก.)	-	0.231
เศษเส้นใยฝ้าย (กก.)	0.007	0.139

4.2.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กระบวนการขนส่ง

จากการศึกษาข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบจากในกระบวนการขนส่งด้ายฝ้ายสำเร็จรูปจากโรงงานมายังกลุ่มแม่บ้านจะขนส่งโดยใช้ รถบรรทุกระยะทาง 768 กิโลกรัม/กิโลเมตร การขนส่งครามจากพื้นที่ปลูกมายังกลุ่มแม่บ้าน มีระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุกในการขนส่งคราม 0.1 ตัน/กิโลเมตร การขนส่งผ้าฝ้ายไปยังสถานที่ตัดเย็บ โดยรถจักรยานยนต์ ระยะทางในการขนส่ง 4 กิโลกรัม/กิโลเมตร สำหรับการขนส่งฟืนและธรรมชาติที่ใช้ในการย้อมสีไม่นำมาเนื่องจากขนส่งในระยะทางใกล้ๆ ซึ่งสามารถหาได้จากบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มผู้ผลิต ทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังกระบวนการทำน้ำย้อมสีครามกลุ่มผู้ผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม

ชนิดวัตถุดิบ	โรงงานปั่นด้าย- ร้านค้า		แหล่งเพาะปลูกคราม- กลุ่มแม่บ้าน		กลุ่มแม่บ้าน – สถานที่ตัดเย็บ	
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหะ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหนะ	ระยะทางทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหนะ
ด้ายฝ้ายสำเร็จรูป	768	รถบรรทุก	-	-	-	-
คราม	-	-	10	รถบรรทุก	-	-

4.2.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมกระบวนการย้อมคราม

กระบวนการย้อมครามมีการใช้น้ำในปริมาณสูง เนื่องจากการย้อมสีครามในน้ำย้อม (indigo white) แทรกเข้าไปอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้ดีเมื่อยกเส้นใยพ้นน้ำย้อม สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศสีครามจะถูกออกซิไดส์เป็นสีน้ำเงิน (indigo blue) ซึมอยู่ภายในเส้นใย เส้นใยที่ย้อมติดสีครามได้ดีจึงเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีหมู่ –OH ในโครงสร้าง โดยเฉพาะใยฝ้ายสีครามที่แยกได้เป็นสารเคมีในรูปออกซิไดส์ เรียกว่าเนื้อคราม (Indigo blue) สีน้ำเงิน มีสมบัติไม่ละลายน้ำ จึงใช้ย้อมไม่ได้ต้องทำให้เปลี่ยนเป็นรูปรีดิวซ์ในน้ำย้อม (Indigo white) ไม่มีสี ละลายน้ำได้ ภูมิปัญญาท้องถิ่นเตรียมน้ำย้อมโดยหมักเนื้อครามในน้ำขี้เถ้า ให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียในน้ำย้อมทุกวัน (อนุรัตน์ สายทอง, 2554) ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำเพื่อล้างฝ้ายเป็นจำนวนมากอีกทั้งการย้อมสีธรรมชาติยังใช้ระยะเวลามากกว่าการย้อมสีเคมี โดยต้องมีการต้มสกัดสีจากวัสดุทางธรรมชาติจึงทำให้มีการใช้ฟืนมากกว่าการย้อมสีเคมี นอกจากนี้การย้อมสีธรรมชาติมีขั้นตอนในการเตรียมน้ำสียุ่งยากใช้เวลาเวลานานและไม่มีสูตรการย้อมที่แน่นอน (ชลธิรา, 2546) การย้อมแต่ละครั้งจึงให้สีที่ไม่เหมือนเดิม ทำให้ต้องมีการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้งกว่าจะได้สีที่ต้องการเกิดน้ำเสียเพิ่มขึ้นและมีสีส่วนเกินเจือปนในน้ำทิ้งเป็นจำนวนมาก การย้อมสีธรรมชาติเกิดสารอินทรีย์จากต้นคราม เป็นผลให้มีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand;COD) และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid; SS) จากกระบวนการฟอกย้อมสีธรรมชาติสูง

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนบีโอดีต่อซีโอดีของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีพบว่า การย้อมสีครามมีค่าสัดส่วน BOD ต่อ COD ประมาณ 0.2-0.3 ซึ่งต่ำกว่าคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยทั่วไปซึ่งควรมีสัดส่วน BOD ต่อ COD อยู่ประมาณ 0.3-0.5 แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้โดยง่าย (เข็มชัย และคณะ, 2541) การย้อมสีครามนั้นมีค่าสัดส่วน BOD ต่อ COD ต่ำที่สุดคือ 0.2 ซึ่งอัตราส่วนบีโอดีและซีโอดี (BOD:COD) อาจเป็นได้ตั้งแต่ 0.1 – 0.8 (หรืออยู่นอกช่วงดังกล่าวก็ได้) แต่มักไม่เกิน1 น้ำเสียที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีควรมี บีโอดีและซีโอดี (BOD:COD) ไม่น้อย

กว่า 0.5 อัตราส่วน (BOD:COD) ยิ่งต่ำยิ่งแสดงว่า การย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้นได้ยาก ซึ่งสำหรับการย้อมครามมีสารขาเข้าและสารขาออก ดังตารางที่ 4.5 โดยพบว่าค่า BOD:COD ของน้ำเสียมีค่าค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมกระบวนการย้อมสีผ้าซิ่นย้อมคราม

พารามิเตอร์ (หน่วย)	ปริมาณ
สารขาเข้า	
ด้ายฝ้ายเบอร์ 10 (กิโลกรัม)	86
ด้ายฝ้ายปั่นมือ (กิโลกรัม)	202
น้ำ (กิโลกรัม)	336
น้ำคราม (กิโลกรัม)	60
สารขาออก	
BOD (กิโลกรัม)	0.52
COD (กิโลกรัม)	2.40
SS (กิโลกรัม)	5.58

4.2.7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมทอผ้าฝ้าย

ในขั้นตอนการทอผ้าซิ่นย้อมคราม พบว่ามีการใช้ด้ายฝ้ายปั่นมือเป็นด้ายพุ่ง ส่วนด้ายยืนใช้ด้ายฝ้าย ชนิดคือด้าย ฝ้ายแปรรูป (เรยอง) เบอร์ 10 ที่ช้างย้อมเรียกว่าฝ้ายชีกวาง และด้ายปั่นมือ ทั้งนี้พบว่าการทอผ้าซิ่นมีสัดส่วนการใช้ด้ายพุ่งและด้ายยืนแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งการทอเป็นผ้าซิ่นย้อมครามขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร พบว่าต้องใช้ด้ายฝ้ายน้ำหนักรวมกันถึง 288 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.6 สำหรับผ้าพันคอยอมครามพบว่ามีการใช้ด้ายฝ้ายปั่นมือเป็นด้ายพุ่ง ส่วนด้ายยืนใช้ด้ายฝ้าย 2 ชนิดคือด้ายฝ้ายเบอร์ 10 และด้ายปั่นมือ ซึ่ง พบว่าต้องใช้ด้ายฝ้ายน้ำหนักรวมกัน 258.8 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการทอผ้าซิ่น

ด้ายฝ้าย (กิโลกรัม)	ผ้าซิ่น (ผืน)
ด้ายฝ้ายเบอร์ 10	86
ด้ายฝ้ายปั่นมือ	202
รวม	288

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการทอผ้าพันคอ

ด้ายฝ้าย(กิโลกรัม)	ผ้าพันคอย้อมคราม	
	(ฝ้ายทั่วไป) ย้อมสีคราม	(ฝ้ายอินทรีย์) ย้อมสีคราม
ด้ายโรงงานฝ้ายเบอร์ 10	86	0
ด้ายฝ้ายปั่นมือ	0	172.8
รวม	258.8	

4.2.8 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการใช้พลังงาน

ในขั้นตอนกระบวนการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมคราม พบว่ามีการมี ใช้ผ้าฝ้ายย้อมคราม 288 กิโลกรัม จะได้ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร ได้ผ้าซิ่นย้อมครามทั้งหมด 288 ผืน ขั้นตอนการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมครามมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก จักรไฟฟ้า 720 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และเตารีด 1,472 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ดังนั้นการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมครามมีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2,192 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.8 สำหรับผ้าพันคอยอมครามพบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2,091 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยการปั่นด้ายเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด 1,931 กิโลวัตต์/ชั่วโมง รองลงมาคือกระบวนการตัดเย็บ 128 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และหีบฝ้าย 32 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

4.3 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

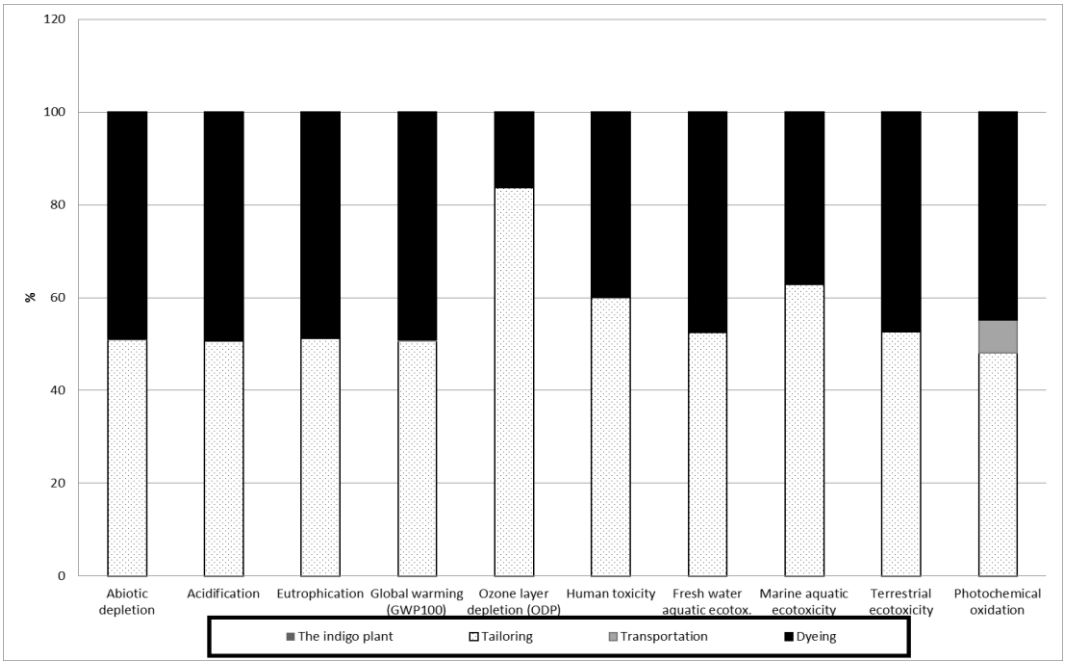
ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมของผ้าซิ่นย้อมครามโดยวิธี CML 2 Baseline 2000 version 2.05 / the Netherlands 1997 ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าซิ่นย้อมครามจากการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro เวอร์ชั่น 8.2.3 ซึ่งวิธีนี้จะครอบคลุมผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมผ้าซิ่นย้อมครามขนาดกว้าง 1เมตร ยาว 2 เมตร น้ำหนัก 400 กรัม ของกระบวนการปลูก การขนส่ง การย้อม และการตัดเย็บเท่ากับ 0, 3.25, 909 และ 937 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ หากคิดต่อ 1 ผืนผ้าซิ่นยอมครามมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.2 ส่วนปริมาณของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจักรชีวิตผ้าพันคอย้อมครามขนาด 0.35 x 2 เมตร จำนวน 720 ผืน ของกระบวนการปลูก การขนส่ง การย้อม และการตัดเย็บเท่ากับ 0, 3.25, 545 และ 564 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับหากคิดต่อ 1 ผืนผ้าซิ่นยอมครามมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.3

ค่าสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจักรชีวิตผ้าพันคอย้อมครามขนาด กว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืนต่อปี มีการปลดปล่อยตลอดทั้งกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือคิดเป็นผ้าพันคอ 1 ผืน มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สามารถพิจารณาในแต่ละกลุ่มผลกระทบพบว่ากลุ่มของผลกระทบในการ

ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) มีการปลดปล่อยตลอดกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยแต่ละกระบวนการดังนี้ กระบวนการตัดเย็บ (Tailoring) มีการปลดปล่อย 564 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 51% สาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งการเผาไหม้ทรัพยากรเชื้อเพลิงเหล่านี้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน กระบวนการย้อม (Dyeing) มีการปลดปล่อย 545 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 49% สาเหตุมาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นได้ กระบวนการขนส่ง (Transportation) มีการปลดปล่อย 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุมาจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันของรถบรรทุกในการขนครามจากไร่มาโรงย้อมครามและการนำผ้าพันคอย้อมครามมายังร้านตัดเย็บซึ่งมีระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก การปล่อยก๊าซมลพิษ คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ส่วนกระบวนปลูกครามนั้นมีการปลดปล่อยที่น้อยมากหรือแทบไม่มีการปลดปล่อยเลยเนื่องจากการปลูกครามนั้นใช้พื้นที่เพียงสี่ไร่มีการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี 1 กระสอบต่อ 1 ไร่ สำหรับผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาดกว้าง 1เมตร ยาว 2 เมตร น้ำหนัก 400 กรัม 288 ผืน สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดคือ การตัดเย็บร้อยละ 50.7 การย้อมครามร้อยละ 49.1 และการขนส่งร้อยละ 0.18 ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการตัดเย็บและจากการบวนการย้อมเช่นเดียวกันกับผ้าพันคอย้อมคราม

ตารางที่ 4.8 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าซิ่นย้อมคราม

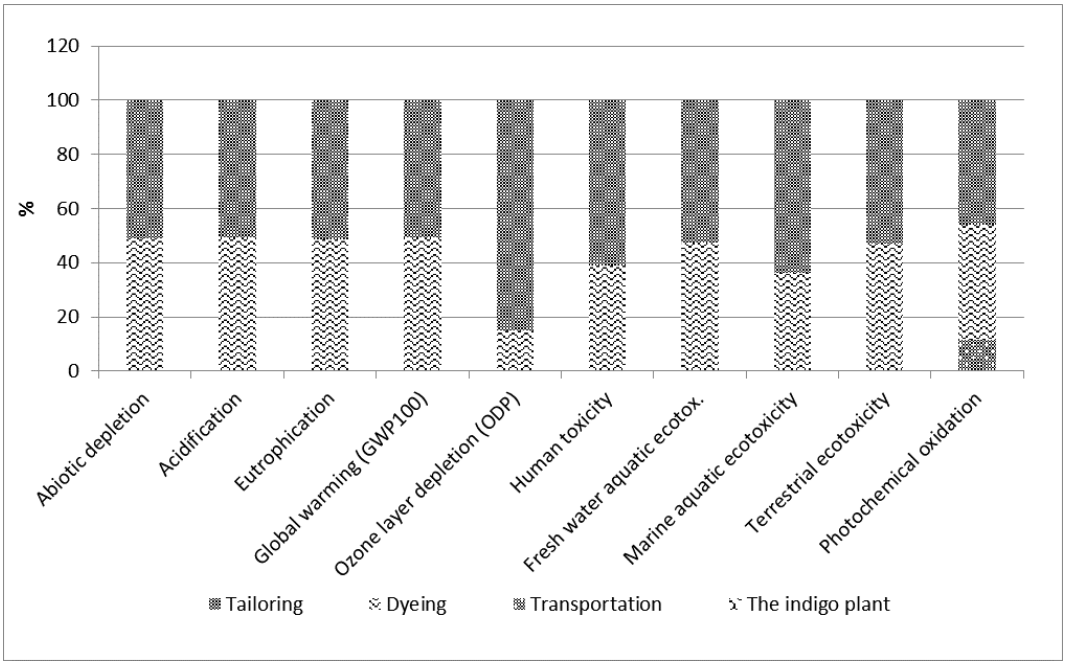
กระบวนการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม	**ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**
การปลูกคราม	0 (ปลดปล่อยน้อยมากจึงให้ค่าเป็น 0)
การขนส่ง	3.25
การย้อม	909
การตัดเย็บ	937
รวมผ้าซิ่นย้อมครามขนาด1*2 เมตร จำนวน 288 ผืน	1,850
ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาด 1*2 เมตร จำนวน 1 ผืน	6.42



ภาพที่ 4.2 ผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อนการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม

ตารางที่ 4.9 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าพันคอย้อมคราม

กระบวนการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม	**ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**
การปลูกคราม	0 (ปลดปล่อยน้อยมากจึงให้ค่าเป็น 0)
การขนส่ง	3.25
การย้อม	545
การตัดเย็บ	564
รวมผ้าซิ่นย้อมครามขนาด1*2 เมตร จำนวน 288 ผืน	1,110
ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาด 1*2 เมตร จำนวน 1 ผืน	1.54



ภาพที่ 4.3 ผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อนการผลิตผ้าพันคอย้อมคราม

4.4 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น

การเปรียบเทียบการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น ๆ โดยเทียบเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้นมีการปลดปล่อยทั้งหมดกี่กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ดังนี้ ผ้าพันคอย้อมครามขนาด 0.35 x 2 เมตรมีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าซิ่นย้อมครามขนาด 1 x 2 เมตรมีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวาง ตราไทยซิลค์วิลเลจ ขนาด 60x160 ซม. มีการปลดปล่อย 0.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ไหมมัดหมี่ 3 สี ตราสตูดิโอแน่นหนา มีปลดปล่อย 3.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายทั่วไปย้อมสีไดเร็กท์ ขนาด 90 x 200 ซม. มีการปลดปล่อย 1.67 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว 90 x 200 ซม. มีการปลดปล่อย 0.59 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ฐิติกร ชูไพโรจน์, 2552) ดังตารางที่ 4.10

จากการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น จะเห็นได้ว่าผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวางและผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว จะมีการปลดปล่อยที่น้อยมากเนื่องจากมีการใช้ฝ้ายอินทรีย์และใช้สีย้อมจากสีธรรมชาติในกระบวนการผลิต ส่วนผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมครามมีการปลดปล่อยอยู่ที่ระดับสูงกว่าเนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับฝ้ายทอมือ จึงเห็นสมควรให้ใช้ฝ้ายอินทรีย์หรือฝ้ายทอมือและใช้สีจากธรรมชาติในการผลิตเพื่อเป็นการลดการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น

ผลิตภัณฑ์	ขนาด	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ผ้าพันคอย้อมคราม	35 x 200 ซม.	1.54
ผ้าซิ่นย้อมคราม	100 x 200 ซม.	6.42
ผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวาง	60x160 ซม.	0.7
ผ้าคลุมไหล่ไหมมัดหมี่ 3 สี	ขนาด 90 x 200 ซม.	3.2
ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายทั่วไปย้อมสีไดเร็กท์	ขนาด 90 x 200 ซม.	1.67
ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว	90 x 200 ซม.	0.59

4.5 แนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมคราม บ่งชี้ว่ากระบวนการตัดเย็บและกระบวนการย้อมเป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนมากที่สุดตามลำดับ โดยแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

กระบวนการตัดเย็บถือเป็นปัญหาหลักของการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของจักรไฟฟ้าและเตารีด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตผ้าซิ่นที่มีการใช้งานทั้งเตารีดและจักรซึ่งแตกต่างกระบวนการตัดเย็บของผ้าพันคอย้อมครามที่ไม่มีการใช้จักรเย็บผ้ามีเพียงการใช้เตารีดเท่านั้น จากการสำรวจพื้นที่สำรวจของกลุ่มแม่บ้านมีการใช้งานเตารีดในรุ่นเก่าจึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้หากมีการซื้อหรือเลือกใช้เตารีดรุ่นใหม่ที่ประหยัดพลังงานก็จะส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก

กระบวนการย้อมถือเป็นปัญหาหลักของการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนเนื่องจากมีการใช้ฝ้ายจากโรงงาน ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในการปั่นด้าย ทั้งนี้หากเลือกใช้ฝ้ายปั่นมือหรือฝ้ายอินทรีย์จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างมาก

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การประเมินวัฏจักรชีวิตการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ โดยเลือกศึกษาที่กลุ่มทอผ้าบ้านถ้ำเต่า อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร ผลการประเมินผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) ผ้าพันคอย้อมครามด้วยวิธี CML 2 Baseline 2000 version 2.03 พบว่าผ้าพันคอย้อมครามขนาด กว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืนต่อปี มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยมีการปลดปล่อยตลอดทั้งกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นผ้าพันคอ 1 ผืน มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยแต่ละกระบวนการดังนี้ กระบวนการตัดเย็บ (Tailoring) มีการปลดปล่อย 564 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 51% สาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งการเผาไหม้ทรัพยากรเชื้อเพลิงเหล่านี้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน กระบวนการย้อม (Dyeing) มีการปลดปล่อย 545 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 49% สาเหตุหลักมาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในกระบวนการปั่นด้าย กระบวนการขนส่ง (Transportation) มีการปลดปล่อย 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุมาจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันของรถบรรทุกในการขนครามจากไร่มาโรงย้อมครามและการนำผ้าพันคอย้อมครามมายังร้านตัดเย็บ

ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาด กว้าง1 เมตร ยาว 2 เมตร น้ำหนัก 400 กรัม 288 ผืน มีการใช้งาน 15 ครั้ง/ปี มีค่าผลกระทบ 1,850 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากคิดเป็นต่อ 1 ผืน จะมีผลกระทบเท่ากับ 6.423 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าซึ่งรวมทั้งหมดทุกขั้นตอนตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการปลูก กระบวนการขนส่ง กระบวนการย้อมและกระบวนการตัดเย็บพบว่ากระบวนการตัดเย็บ มีการปลดปล่อยเท่ากับ 937 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 51% สาเหตุหลักมาจากการใช้ไฟฟ้า ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งการเผาไหม้ทรัพยากรเชื้อเพลิงเหล่านี้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ประกอบด้วยโดยมีค่าผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนซึ่งสูงสุด กระบวนการย้อมมีการปลดปล่อย 909 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 49% สาเหตุหลักมาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในกระบวนการปั่นด้าย ขณะที่กระบวนการขนส่ง ซึ่งผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมของผ้าซิ่นย้อมครามมีผลกระทบเท่ากับ 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ

0.176% ผลจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันของรถบรรทุกในการขนครามและการขนส่งผ้าชิ่นย้อมครามไปยังร้านตัดเย็บ

สำหรับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์ในกระบวนการปลูกครามมีการปลดปล่อยน้อยมากหรือแทบไม่มีการปลดปล่อยเลยเนื่องจากในกระบวนการปลูกครามมีการปลูกเพียงพื้นที่ในการเพาะปลูก 4-5 ไร่/ปี เพาะปลูกโดยใช้น้ำฝน และมีการใช้สารเคมีในปริมาณน้อย

การเปรียบเทียบการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น ๆ ผ้าพันคอย้อมครามนั้นมีการปลดปล่อยอยู่ที่ระดับกลางจากผลิตภัณฑ์ชิ้นอื่นเนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับผ้ายทอมือ ถ้าหากในกระบวนการผลิตใช้ฝ้ายอินทรีย์หรือฝ้ายทอมือแทนก็จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานก็จะสามารถลดกระทบในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าชิ่นย้อมครามผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การส่งเสริมให้กลุ่มแม่บ้านใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายอินทรีย์จะสามารถลดลดกระทบในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้ดีกว่าการใช้ผ้าฝ้ายจากโรงงานอุตสาหกรรม

2. การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาผลกระทบด้านอื่นเพิ่ม เช่น ผลกระทบต่อมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศในน้ำ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรกต พรมโสดา.2551. **การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2542. **การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมฟอกย้อม**. ม.ป.ป.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. **เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับฝ้าย**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์.

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2541. **การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม**. โรงพิมพ์บริษัทประชาชนจำกัด, กรุงเทพฯ.

เข็มชัย เหมะจันทร์, ปราณี รัตนวลีดีโรจน์และรัดเกล้า ภูติวรนา. 2541. **รายงานโครงการวิจัยเรื่องการตรวจสอบทางสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเคมีสิ่งทอ**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

จันจิรา หะยียามา .2547. **การประเมินวัฏจักรชีวิตของสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้ วัสดุทดแทนพีวีซี**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรเพชร ยศพล.2552. **การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับประเทศไทย**. เอกสารประกอบการวิชุมวิชาการ; 25 มีนาคม 2552; นครราชสีมา.

ชลธิชา สุทธิบุตร.2550. **การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำเชียงใหม่**: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชลธิรา โมชฎาพร. 2546. **การย้อมไหมด้วยสีจากใบหูกวาง**. วิทยานพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง Glover, B. and J.H.Poerce.1993. **Are Natural Colorants Good for Your Health?**. JSDC. 109:5-7.

ฐิติกร ชูไพโรจน์. 2552. **การประเมินวัฏจักรชีวิตผ้าฝ้ายคลุมไหล่เพื่อการติดฉลากสิ่งแวดล้อม**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักหอสมุด: กรุงเทพมหานคร.

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2536. **สารเคมีที่ให้สีของพืช**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม

ธนัท ชัยสุขโกศล.2551. **การประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วน header assembly ในเครื่องปรับอากาศ** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวารสารศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อสารมวลชน]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นงค์นุช พฤติชัยวิบูล.2547. **การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรตารี่**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรรัตน์ รอดประเสริฐ. 2548. **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปริญญา สีบุญเรือง, พยนต์ คุ้มภัยและวรยุทธ์ ศิริชุมพันธ์. 2544. **ตากฟ้า 2 : ฝ้ายเส้นใยยาวพันธุ์แรกของประเทศไทย**. สถาบันวิจัยพืชไร่. กรุงเทพฯ.

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2544. **การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2536. **เอกสารวิชาการเรื่องฝ้าย**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุธี คงศิริ. 2552. **การประเมินวงจรชีวิตการผลิตมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

หทัยชนก ศรีเล็ก. 2552. **การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พรมทอมือ : กรณีศึกษาตั้งแต่กระบวนการย้อม-กระบวนการตบแต่งสำเร็จ**.มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สำนักหอสมุด:กรุงเทพมหานคร.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554**. แนวทางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร**. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. กรุงเทพมหานคร.

อนุรัตน์ สายทอง. 2554. **ครามและผลิตภัณฑ์ครามสกลนคร** : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สกลนคร.

อภิวรรณ สุวรรณนที. 2556 .**การประเมินวัฏจักรชีวิตและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. สำนักหอสมุด:กรุงเทพมหานคร.

Antonie Van Den Bos. 2007. **Indigofera tinctoria**. Retrieves, July 30, 2017, from http://www.curacao-nature.com/images/plants/thumbnails/indigofera%20tinctoria%2041%20AN%20cur%20wacawa_600x0.JPG

Christiaan Kooyman. 2006. **Cotton plant**. Retrieves, July 30, 2017, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cotton_plant.jpg

Clem Rutter. 2013. **The Museum of Science and Industry (Manchester).** Retrieves, July 30, 2017, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ring_spinning_frame_MOSI_Textile_Hall_6412.JPG

Benjamint444. 2011. **Gossypium darwinii**. Retrieves, July 30, 2017, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin%27s-cotton-flower.jpg

ISO14040. 2006. **Environmental management –Life Cycle Assessment- Principles and framework**. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.

H2O-C. 2006. **cotton plant**. Retrieves, July 30, 2017, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CottonPlant.JPG

Kurt Stüber. 2004. **Indigofera tinctoria**. Retrieves, July 30, 2017, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigofera_tinctoria1.jpg

Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang. 2013. **Anthropogenic and Natural Radiative Forcing**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y.

Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Søren, E.L., H. John, K.H. Hans, W. Henrik, L.F. Henrik and K.M. Frans. 2007. **EDIPTEX – Environmental assessment of textiles**. Danish Ministry of the Environment, Denmark.

Tom Stilwell. 2005. **Cotton**. Retrieves, July 30, 2017, from http://www.livingcropmuseum.info/CropDetail/Cotton/Cotton_%20leaf.JPG

Phil and Ellie. 2014. **Frogmore and Delta Music Museum**. Retrieves, July 30, 2017, from http://philellieontheroadagain.blogspot.com/2014/03/frogmore-and-delta-music-museum-3192014.html

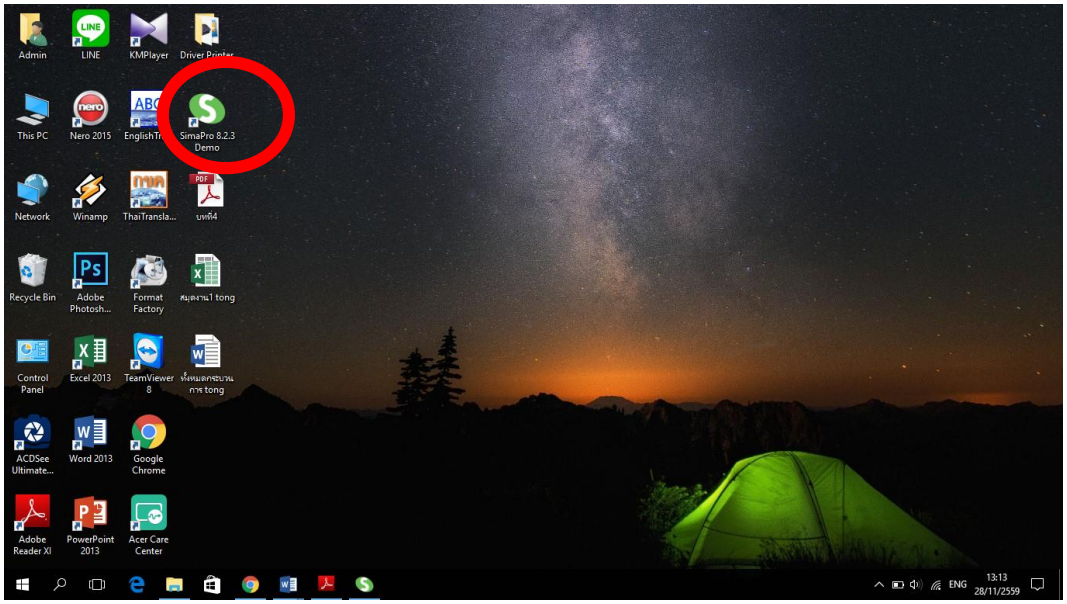
Wichita Witayapairot.2009. **Life Cycle Assessment of Sugar Production in Northeastern Thailand. Paper presented at the International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009**; 2009 December 2 – 4; Chiang Rai, Thailand

ภาคผนวก

วิธีการใช้โปรแกรม Simapro version 8.2.3

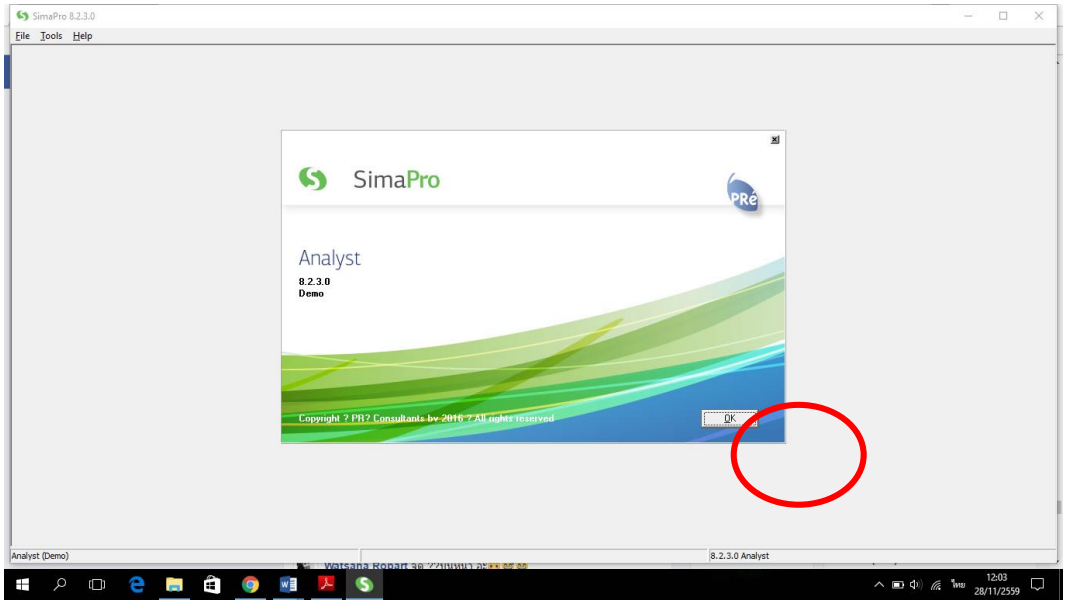
วิธีการใช้โปรแกรม Simapro version 8.2.3

1.เลือกสัญลักษณ์โปรแกรมที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 1 หน้าจอจะปรากฏหน้าเริ่มต้นของโปรแกรม ดังภาพ



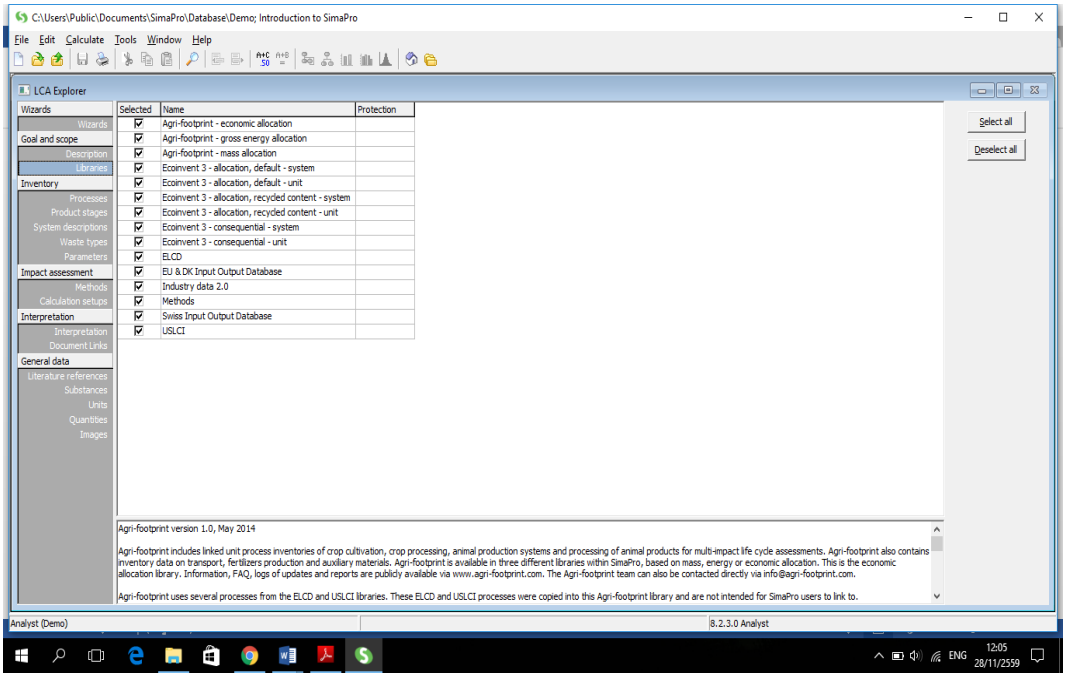
สัญลักษณ์โปรแกรมหน้าจอคอมพิวเตอร์

2. กดปุ่ม OK ที่หน้าจอปรากฏ



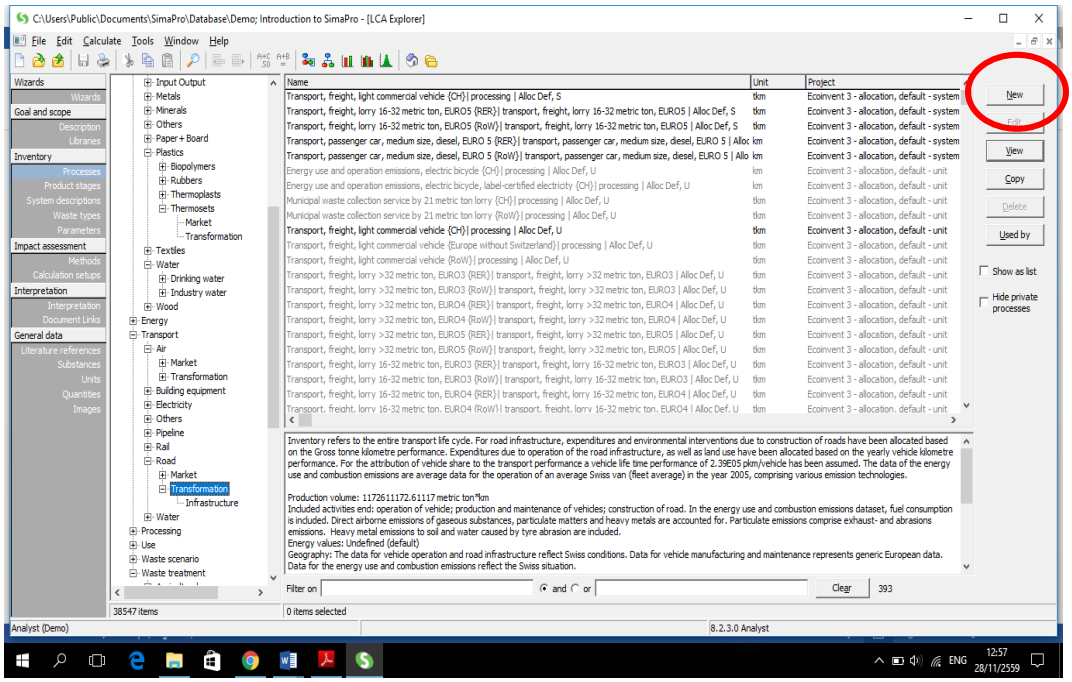
หน้าเริ่มต้นของโปรแกรม

3.เมื่อแผ่นงานที่เลือกถูกเปิด ในส่วนของ Goal and scope ที่ด้านซ้ายของจอ คลิกเลือก DQI Requirement เพื่อเลือกข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการ ดังภาพ



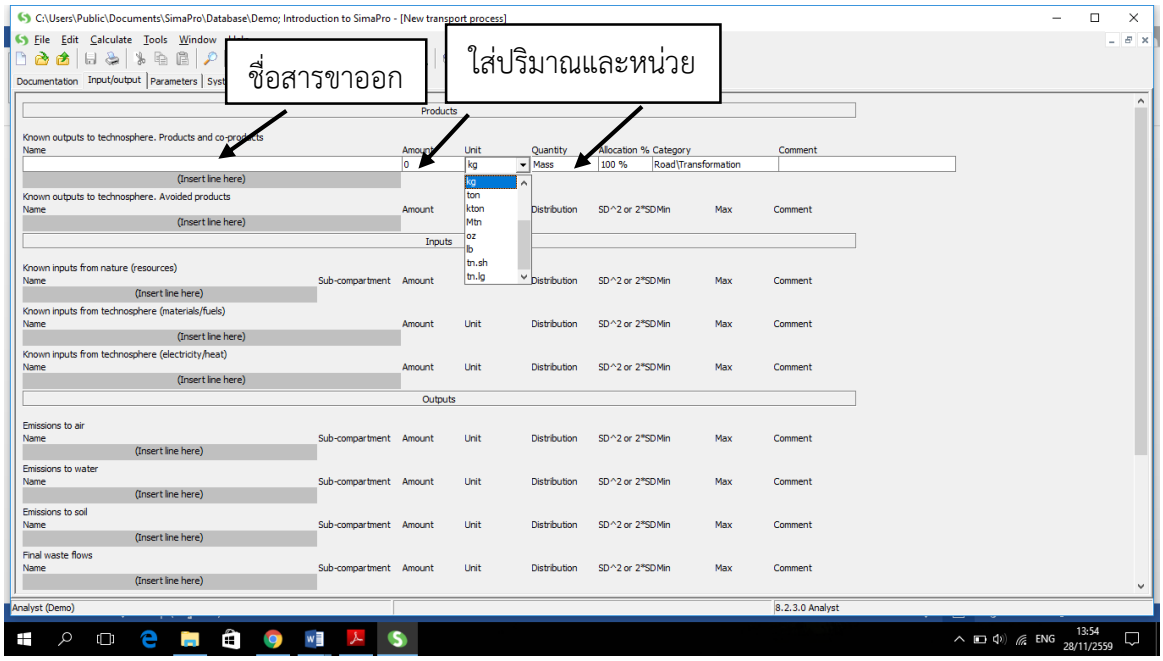
การเลือก DQI Requirement

4.เลือกที่ process ในส่วนของ Inventory ที่ด้านซ้ายของจอ หน้าจอจะแสดงดังภาพ จากนั้นเลือกหมวดของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (ในภาพตัวอย่างเลือก Transport ชนิด Rode) และกดเลือก New หน้าจอจะแสดงตารางสำหรับข้อมูลสารขาเข้าสารขาออก ของกระบวนการ



การเลือก process

5 ใส่ข้อมูลสารขาออกของกระบวนการลงในตาราง โดยดับเบิลคลิก (Double Click) เพื่อใส่ชื่อสารขาออก (Output) หรือผลิตภัณฑ์ ในช่องว่าง (ถ้าต้องการเพิ่มบรรทัดในการป้อนข้อมูลให้คลิกที่ช่องสีเทา) จากนั้นใส่ปริมาณสารขาออก และหน่วยวัด (เลือกจากหน่วยที่มีในระบบ)

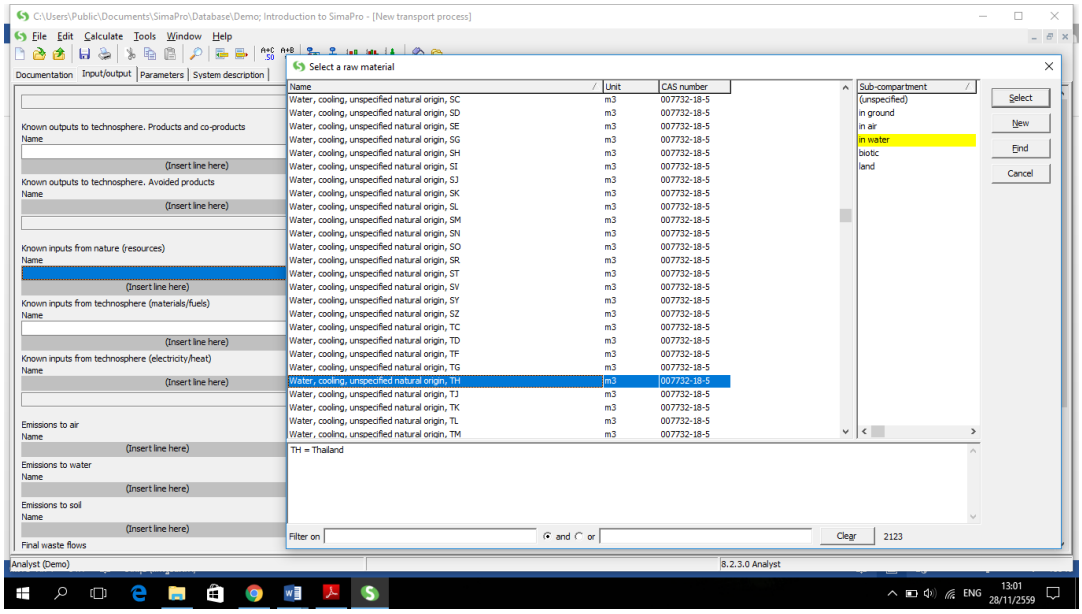


ตารางสำหรับป้อนข้อมูล

6. ใส่ข้อมูลสารขาเข้าของกระบวนการลงในตาราง ซึ่งสารขาเข้าจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ Input from nature (resource), Input from technosphere (materials/fuels) และ Input from technosphere (electricity/heat)

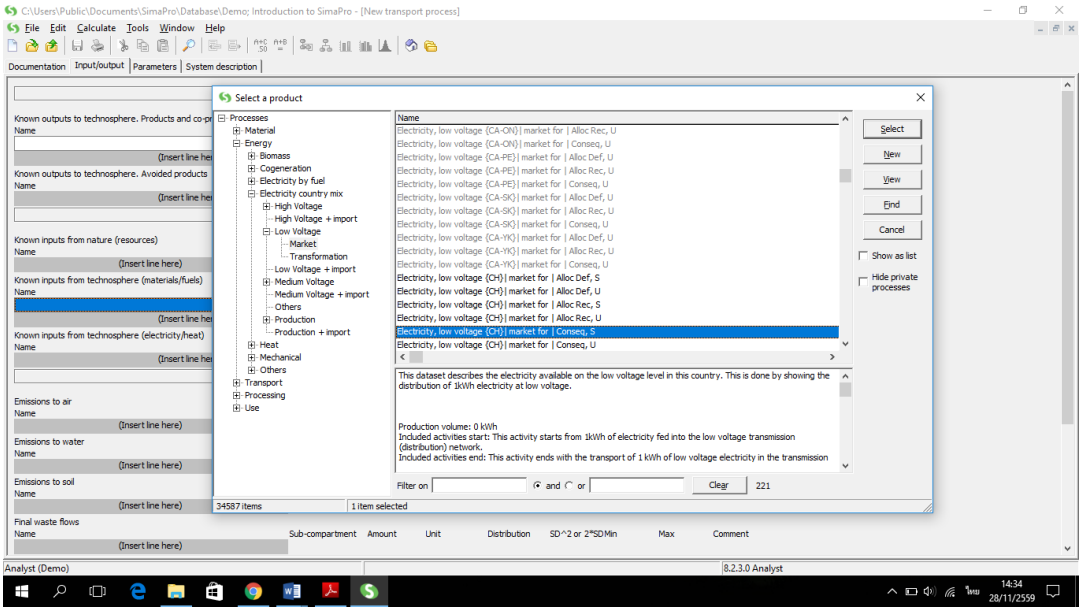
6.1 การใส่ข้อมูลสารขาเข้าประเภท Input from nature (resource)

ดับเบิลคลิก (Double Click) ที่ช่องสีน้ำเงิน ดังภาพ หน้าต่าง Select a raw material จะปรากฏขึ้น เลือกข้อมูลที่ต้องการ แล้วกด Select จากนั้นใส่ปริมาณ และหน่วยวัด (เลือกจากหน่วยวัดที่มีให้ในระบบ)



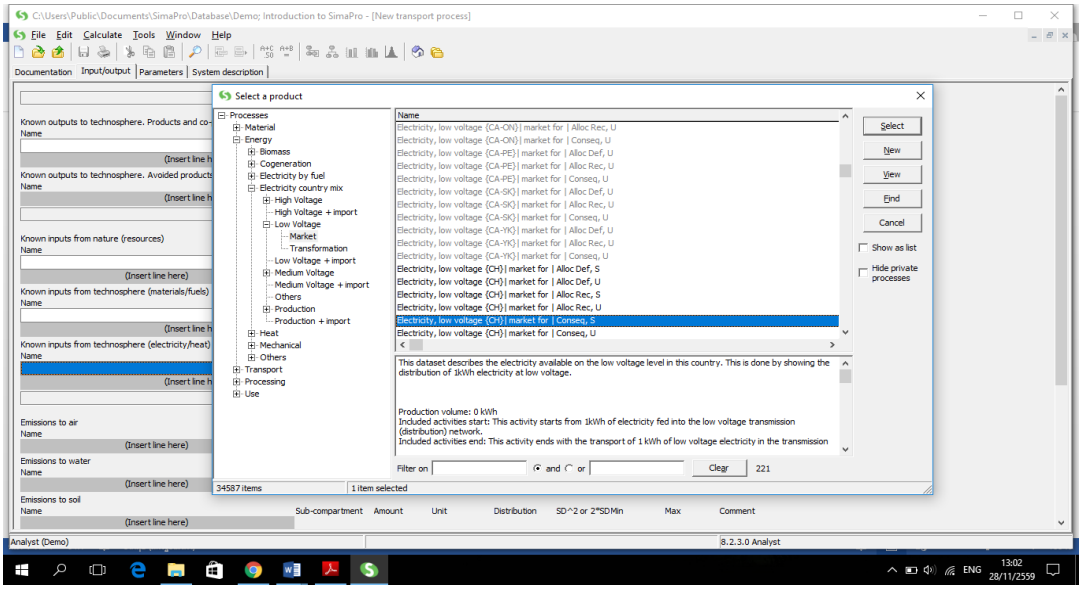
ตารางสำหรับป้อนข้อมูลประเภท Input from nature (resource)

6.2.การใส่ข้อมูลสารขาเข้าประเภท Input from technosphere (electricity/heat) ในส่วนของข้อมูลประเภทนี้ สามารถใช้วัตถุที่มีให้ในฐานข้อมูล หรือข้อมูลจากกระบวนการที่สร้างขึ้นก็ได้ ทำโดยดับเบิลคลิก (Double Click) ที่ช่องสีน้ำเงิน ดังภาพ หน้าต่าง Select a product จะปรากฏขึ้น เลือกวัสดุหรือกระบวนการที่ต้องการ แล้วกด Select จากนั้นใส่ปริมาณ และหน่วยวัด (เลือกจากหน่วยวัดที่มีให้ในระบบ)



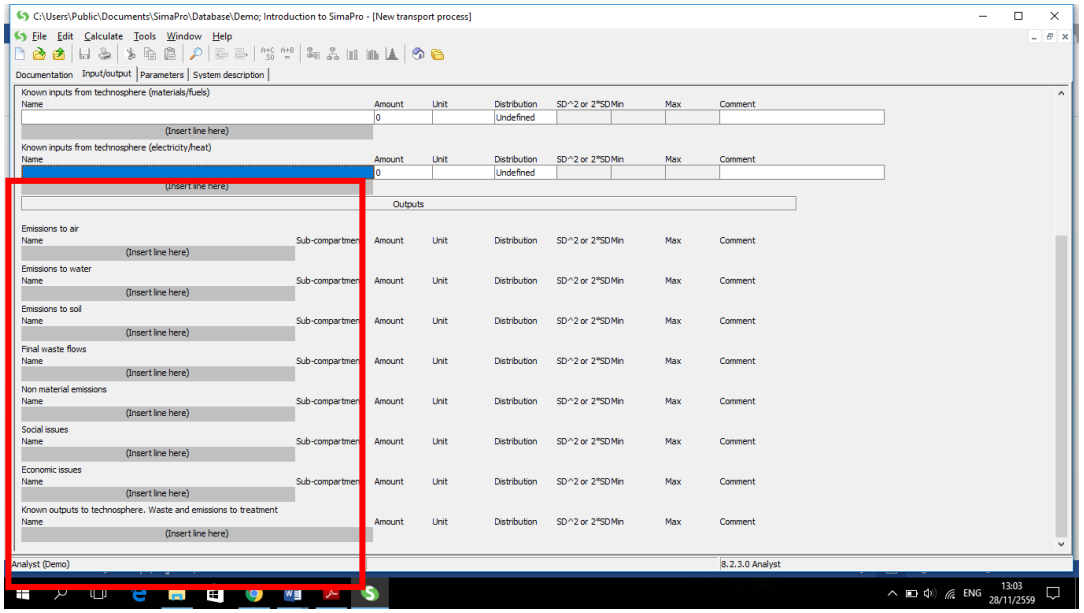
ตารางสำหรับป้อนข้อมูลสารขาเข้าประเภท Input from technosphere (materials/fuels)

6.3 การใส่ข้อมูลสารขาเข้าประเภท Input from technosphere (materials/fuels) ในส่วนของข้อมูลประเภทนี้ สามารถใช้วัตถุที่มีให้ในฐานข้อมูล หรือข้อมูลจากกระบวนการที่สร้างขึ้นก็ได้ ทำโดยดับเบิลคลิก (Double Click) ที่ช่องสีน้ำเงิน ดังภาพ หน้าต่าง Select a product จะปรากฏขึ้น เลือกวัสดุหรือกระบวนการที่ต้องการ แล้วกด Select จากนั้นใส่ปริมาณ และหน่วยวัด (เลือกจากหน่วยวัดที่มีให้ในระบบ)



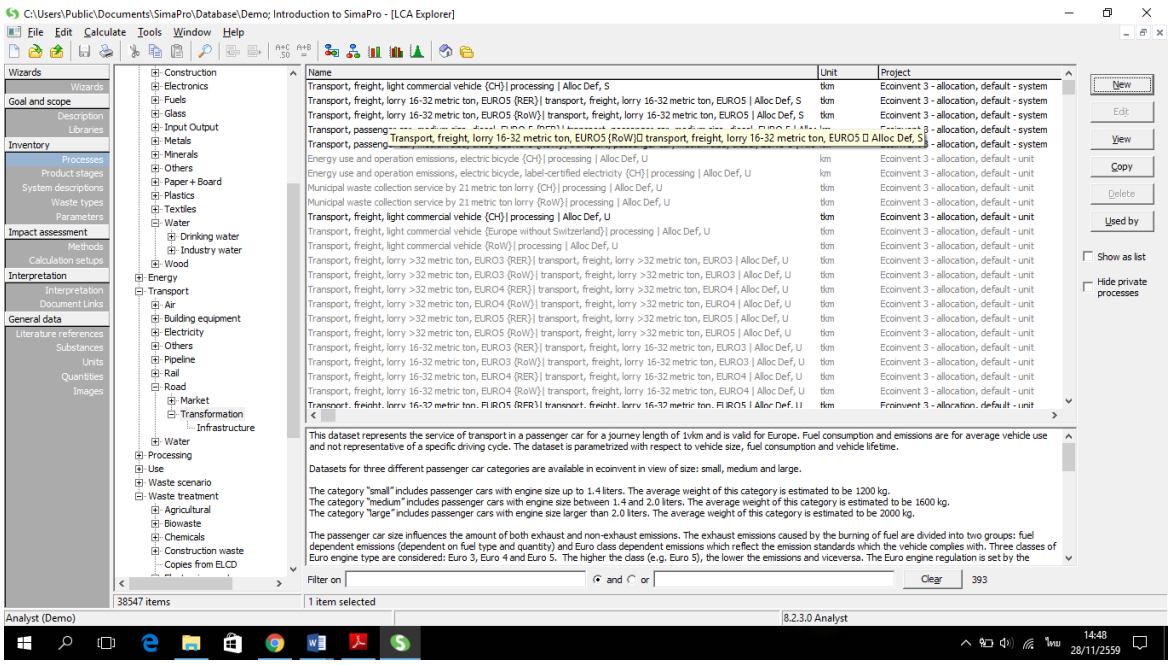
ตารางสำหรับป้อนข้อมูลสารขาเข้าประเภท Input from technosphere (materials/fuels)

7.ใส่ข้อมูลสารขาออกอื่นๆ ในตาราง ดังแสดงภาพ

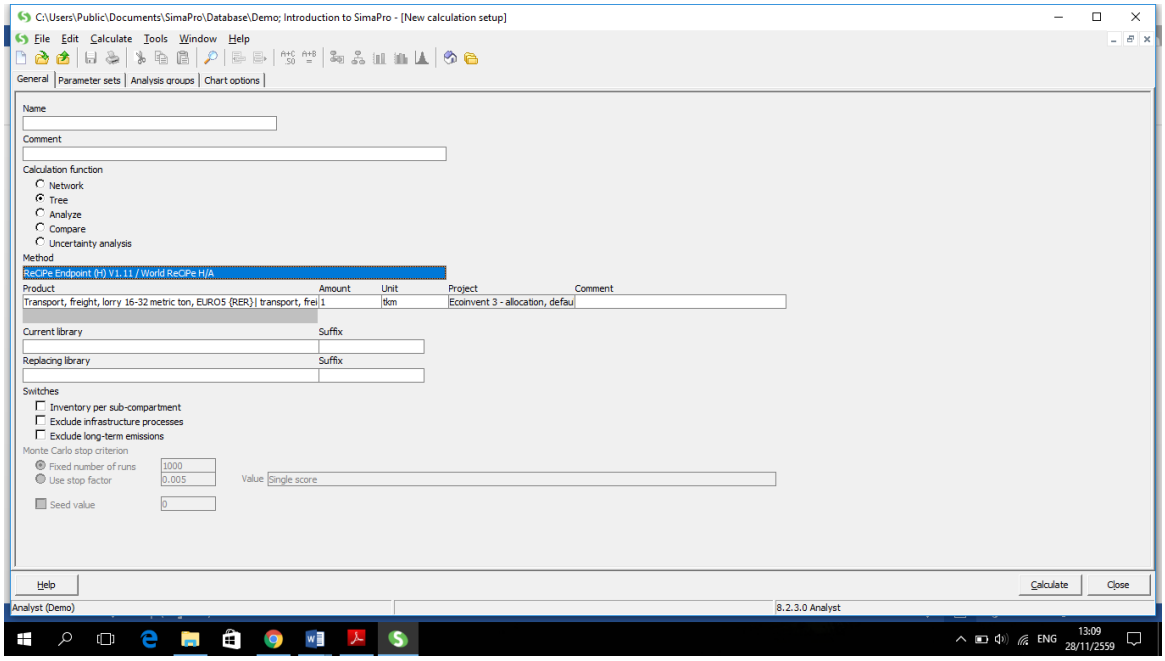


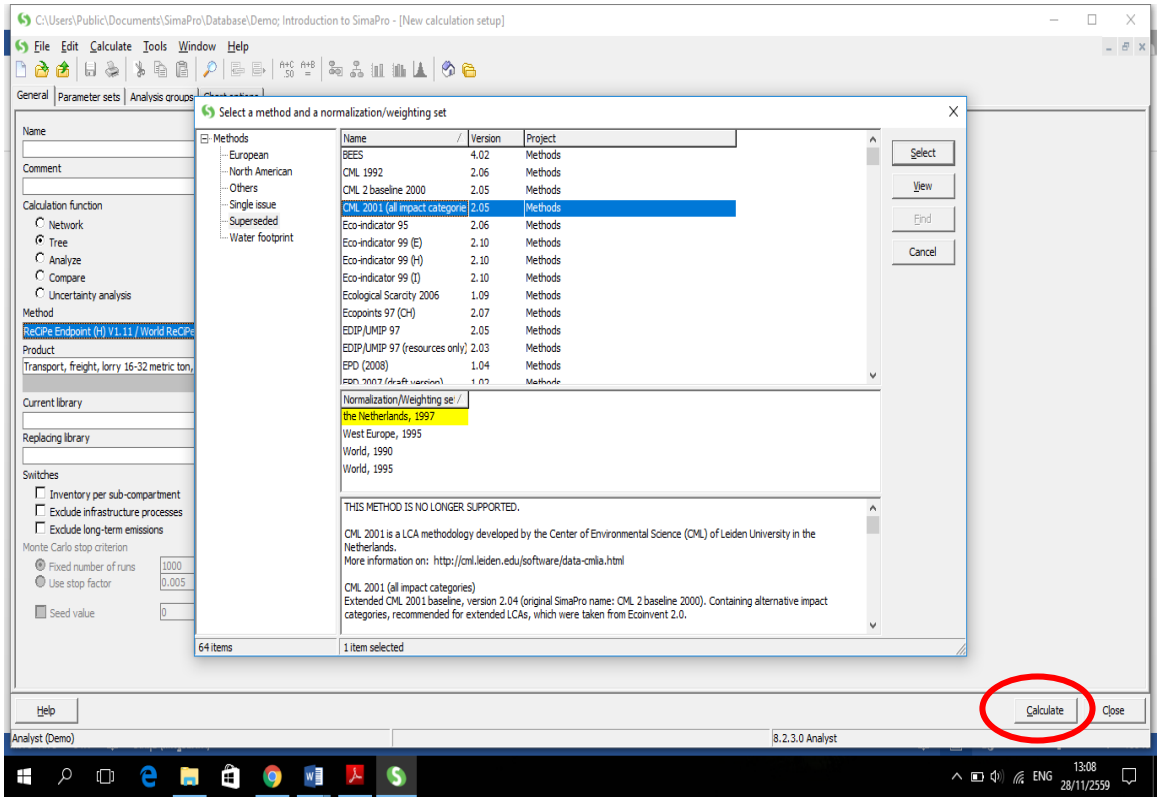
ตารางแสดงสารขาออก อื่นๆ

8. สร้างแผนผัง (Network) ของกระบวนการและประเมินผลกระทบ โดยเลือกกระบวนการที่ต้องการใส่ของ Process ดังภาพที่ 10 แล้วกดปุ่ม ที่หน้าจอ จะปรากฏดังภาพ ใส่ชื่อและข้อมูลที่ต้องการ จากนั้นเลือกวิธีการประเมิน (Method) ให้เป็นวิธี CML 2 Baseline 2000 version 2.03 แล้วกดปุ่ม Calculaet



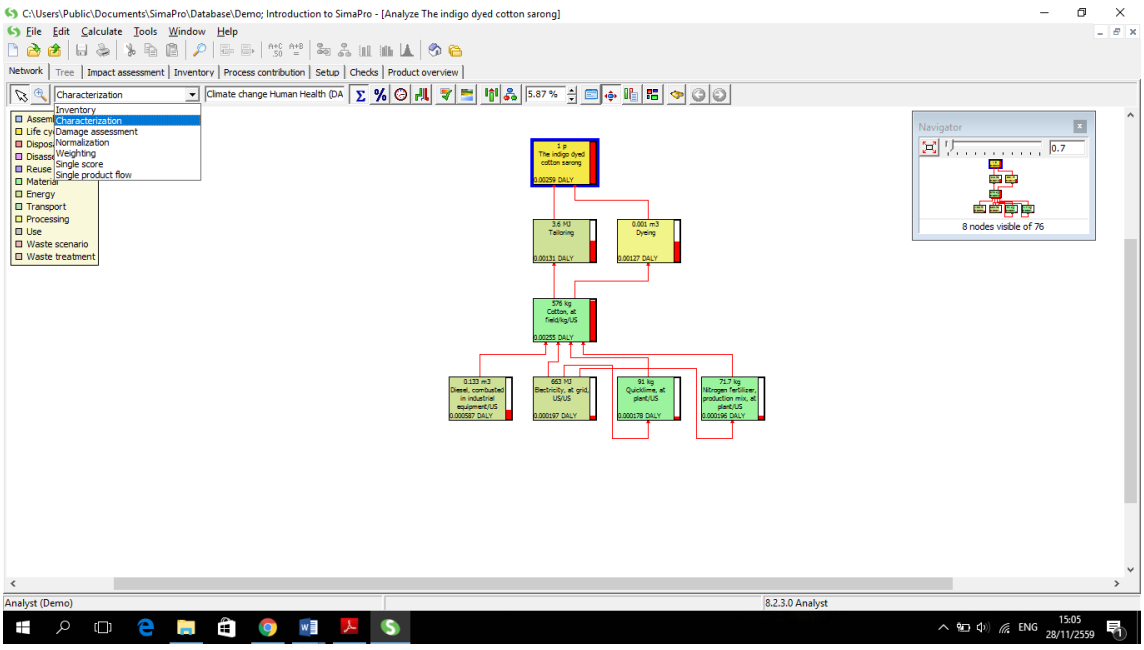
เลือกกระบวนการ





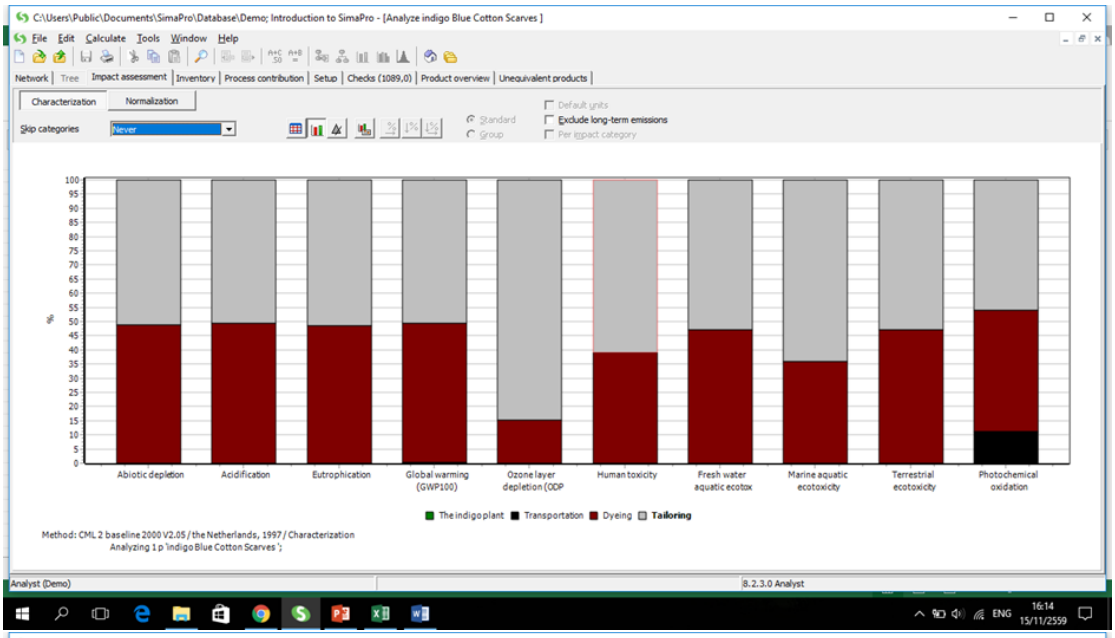
การเลือกวิธีการประเมิน

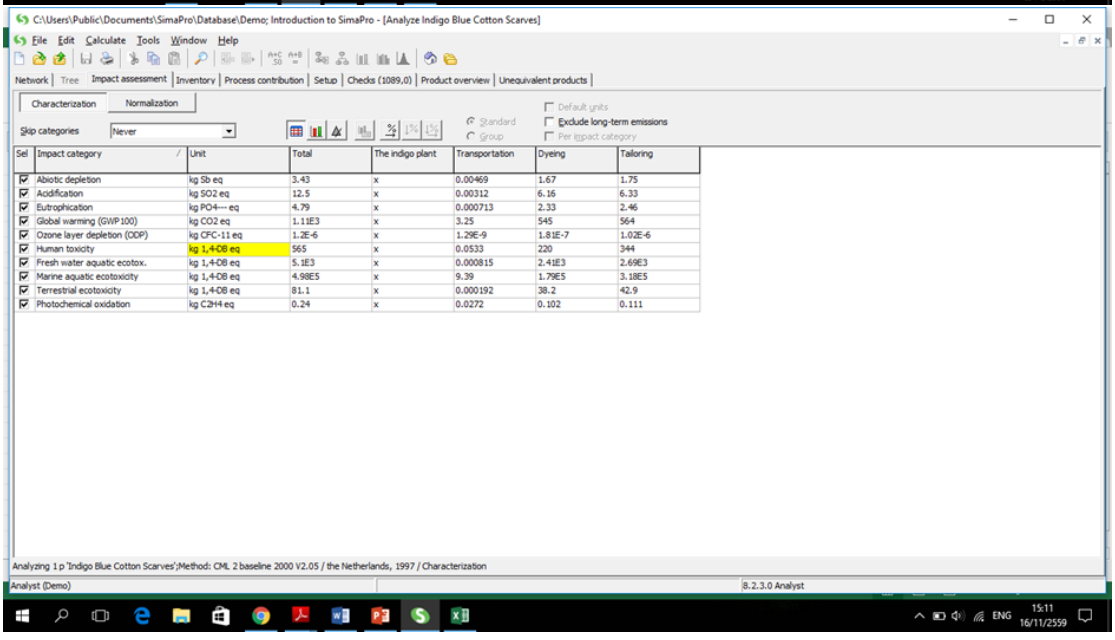
9. หน้าจอจะแสดงแผนผังกระบวนการ ซึ่งสามารถเลือกชนิดของแผนผังได้ ดังภาพที่ 12 และสามารถเลือกประเภทของผลกระทบที่ต้องการได้ โดยการดับเบิลคลิกที่ช่องผลกระทบ ดังภาพ



รูปแบบแผนผังกระบวนการและการเลือกชนิดของแผนผัง

10. เมื่อเลือกเข้ามาที่หน้าต่าง Impact assessment จะทำให้สามารถดูข้อมูลที่เป็นตัวเลข และเป็นกราฟแท่งที่เป็นผลกระทบได้ โดยถ้าต้องการข้อมูลที่เป็นตัวเลข ให้เลือกข้อมูลที่ และถ้าต้องการข้อมูลที่เป็นกราฟแท่ง ให้เลือกที่ ดังภาพ





การเลือกชนิดข้อมูล

การประเมินรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ผ้าครามจังหวัดสกลนคร

Carbon Footprint Assessment of Sakon Nakhon Indigo Products

ประวิทย์ อ่วงอารีย์[1*], ทรงพล ประโยชน์มี[1], ปนัดดา แสงวุฒิ[1], ณัฐ โล่คำ[1], ชฎาพร วงศ์หนายโกด[1] และ วิทยา พาระแพง[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สกลนคร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามในจังหวัดสกลนคร โดยทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามที่ผลิตโดยบ้านถ้ำเต่า อำเภออากาศอำนวย จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ผ้าซิ่นย้อมครามและผ้าพันคอยอมคราม ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนใช้งาน โดยทำการประเมินผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน 100 ปี (GWP100) ด้วยซอฟต์แวร์สำเร็จรูป SimaPro พบว่าผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตรมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และผ้าพันคอย้อมครามขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แหล่งที่มาสำคัญของก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้งสองมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการตัดเย็บและขนส่ง ส่วนกระบวนการปลูกครามมีผลกระทบน้อยมากเนื่องจากใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อยและใช้น้ำฝนในการเพาะปลูกแบบธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผ้าซิ่นและผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น พบว่าผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามมีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าผลิตภัณฑ์ย้อมด้วยธรรมชาติอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับฝ้ายทอมือ หากมีการปรับมาใช้เปลี่ยนฝ้ายอินทรีย์ทอมือก็จะทำให้การปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดน้อยลง

คำสำคัญ: การปลดปล่อยคาร์บอน รอยเท้าคาร์บอน ผลิตภัณฑ์ผ้าคราม สภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

The purpose of the study was to evaluate Carbon Footprint from Sakon Nakhon indigo products. The products of Tham Tao village, Akat Amnuai district, Sakon Nakhon province – indigo sarongs and indigo scarves – were assessed the greenhouse gas (GHG) emissions using the cradle to gate life cycle assessment (LCA), moreover; the 100 years global warming potential (GWP100) of greenhouse gas were analyzed by SimaPro software. The indigo sarongs, 100 cm wide and 200 cm long, released GHG of 6.42 kg CO_2 equivalent, similarly; the indigo scarves, 35 cm wide and 200 cm long, released GHG of 1.54 kg CO_2 equivalent. The major sources of GHG were the tailor energy consumption and the shipment. The GHG emissions of indigo plant were insignificant, hence; the indigo cultivated areas were small-sized, and it were planted by nature rain. In addition; the GHG emissions of Sakon Nakhon indigo products were higher than the other nature dye, for both indigo sarongs and indigo scarves were weaved by the cotton, which merged from industrial cotton and handloom cotton. If the manufacturers weave indigo products from organic handloom cotton, the GHG emissions will decrease.

Keywords: Carbon Emission, Carbon Footprint, Indigo products, Global warming, greenhouse gas

[1] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ prawit@snru.ac.th โทร. 0 4297 0030

1. บทนำ

โลกมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและมีการพัฒนาอย่างมากตั้งแต่ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงยุคปัจจุบันหรือยุคโลกาภิวัตน์ที่ผู้คนมีการพัฒนาการติดต่อสื่อสาร การคมนาคมขนส่ง และเทคโนโลยีสารสนเทศ อันแสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี และวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงระหว่างปัจเจกบุคคล ชุมชน หน่วยธุรกิจ และรัฐบาลทั่วทั้งโลก ดังนั้นเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์จึงได้เกิดอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งขนาดเล็กและใหญ่มากมาย เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นต้น ฯลฯ ซึ่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนมากสนองต่อความต้องการในการใช้พลังงาน ดังนั้นเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเหล่านี้เป็นจำนวนมากจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เถ้าเหลือทิ้ง ฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งของเสียเหล่านี้บางชนิดเป็นตัวการสำคัญหลักที่ทำให้เกิดภาวะปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) และบรรยากาศของโลกร้อนขึ้น เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากผลกระทบดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดกระบวนการคาร์บอนเครดิตที่นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM (Clean Development Mechanism) ได้รับการนำมาใช้เพื่อเป็นกลไกในการอนุญาตให้ประเทศที่พัฒนาแล้วที่ประสงค์ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสามารถซื้อโควตาคาร์บอนจากผู้ประกอบการในประเทศกำลังพัฒนาที่มีโครงการพัฒนาที่สะอาด ซึ่งรู้จักกระบวนการนี้ในชื่อเรียกว่าการค้าขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจก จากแนวคิดคาร์บอนเครดิตจึงได้มีการศึกษาหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้นโดยการวิเคราะห์กิจกรรมต่าง ๆ ให้ครอบคลุมตลอดอายุของผลิตภัณฑ์นั้นด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ที่วิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ หรือ แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบ รอยเท้าคาร์บอนเป็นการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมของมนุษย์หรือที่ปล่อยออกมาทั้งหมดจากวงจรกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยครอบคลุมสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนออกมาไม่ว่าจะเป็นการปล่อยทั้งทางตรงและทางอ้อมการปล่อยคาร์บอน เช่น รอยเท้าคาร์บอนทางตรง คือการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ รวมถึงการบริโภคไฟฟ้า และการใช้ยานพาหนะต่าง ๆ รอยเท้าคาร์บอนทางอ้อม คือ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผลผลิต หรือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ โดยคำนวณร่วมกับกระบวนการผลิต

การประเมินปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนหรือรอยเท้าคาร์บอนของการผลิตภัณฑ์หนึ่ง ต้องดำเนินการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการบริโภคผลิตภัณฑ์ตลอดทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เป็นวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต และการทำลายซาก ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยจะใช้หลักการการประเมินวงจรชีวิต (Life cycle assessment) ในการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาตลอดทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะแสดงผลออกมาในรูปของปริมาณศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg-CO_2e) การประเมินปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ผ้าครามจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ในฐานะผลิตภัณฑ์ OTOP จากภาคการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการใช้สินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน ตลอดจนเพิ่มโอกาสการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ

ผ้าย้อมครามเป็นสินค้าทำมือที่สนใจและนิยมมากแต่ผ้าย้อมครามคุณภาพดียังออกสู่ตลาดน้อย ขณะที่ผ้าย้อมครามคุณภาพปานกลางออกสู่ตลาดมากผ้าย้อมครามคุณภาพดี แม้จะให้สีเข้มหรือจาง ก็ต้องให้สีที่สดใสเสมอ ดูสะอาด ติดทน สีไม่ตกจนซีดจาง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ต้องอาศัยคุณภาพของวัตถุดิบ ประกอบกับความรู้ความชำนาญการของผู้ผลิตอย่างแท้จริงการย้อมผ้าครามด้วยสีครามจากธรรมชาติซึ่งเป็นทั้งศาสตร์ และศิลปะที่คนโบราณได้กระทำและสืบทอดกันมาจนปัจจุบัน การให้สีครามธรรมชาติต้องอาศัย

เวลานานนับเดือนขั้นตอนที่ซับซ้อน ความชำนาญของผู้ผลิตที่อาจต้องเผชิญกับความยากลำบากเพื่อควบคุมให้เกิดสีครามทุกครั้ง สำหรับการย้อม ผ้าย้อมครามจึงไม่ใช่เป็นแต่เพียงผ้าที่มีสีน้ำเงินเข้มธรรมดาผืนหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นผ้าที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ในเรื่องกลิ่นหอมและมีสีเป็นเอกลักษณ์เฉพาะผืน ซึ่งไม่เหมือนผ้าที่ย้อมจาก สีครามสังเคราะห์จากโรงงานที่สามารถผลิตได้ปริมาณมากและรวดเร็วเพราะใช้เครื่องจักร สถานการณ์ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากผ้าย้อมครามธรรมชาติกำลังเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมจากชาวต่างประเทศ โดยเฉพาะในประเทศแถบทวีปยุโรป และ ทวีปเอเชียอย่าเช่นประเทศญี่ปุ่น จนมีผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการด้วยเหตุผลที่ผ้าย้อมครามเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ ทั้งส่วนของเส้นใยและส่วนของการเกิดสีในผืนผ้า ผ้าฝ้ายย้อมครามจึงเป็นงานหัตถกรรมที่มีเอกลักษณ์เฉพาะผืนไม่ซ้ำแบบใครนับได้ว่าเป็นงานศิลปะอีกแขนงหนึ่งเลยก็ว่าได้ ผ้าย้อมครามส่วนใหญ่เป็นผลผลิตจากชุมชน หรือกลุ่มงานที่ประกอบอาชีพด้านทอผ้าพื้นเมืองเป็นหลักสามารถสร้างเสริมเป็นอาชีพหลักให้กับหลายชุมชนของจังหวัดสกลนคร

การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยมีการประเมินสินค้าต่าง ๆ อยู่หลากหลายประเภทโดยเริ่มแรกมีการนำการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ประเมินวงจรชีวิตของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตู้เย็นพาณิชย์ [10], โรตาลี่คอมเพรสเซอร์ [8], สายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้วัสดุทดแทนพีวีซี [2], หลอดฟลูออเรสเซนต์ [9] และเครื่องปรับอากาศ [7] เป็นต้น เมื่อการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เริ่มมีการนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายต่อมาจึงเริ่มมีการนำมาใช้ประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ภาคการเกษตรมากขึ้น ได้ประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับประเทศไทยโดยจัดทำในรูปแบบบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ข้าว แยกตามขั้นตอนเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทำนาปลูกข้าว การแปรรูปในโรงสีและโรงงานแปรรูปข้าว และการขนส่ง แต่ยกเว้นบรรจุภัณฑ์และการจำหน่าย [3,13], มีการประเมินวงจรชีวิตการผลิตมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังด้วยโปรแกรม Sima Pro เวอร์ชัน 5.1 โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพาะปลูกมันสำปะหลังตลอดทั้งวงจรชีวิตตั้งแต่เกิดจนตาย [12], มีการศึกษาประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทยโดยศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมดิน การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการผลิตน้ำตาลรวมไปถึงผลิตผลอื่น ๆ [17], การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปโดยใช้โปรแกรม Sima Pro 7.1 พบว่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เท่ากับ (-) 1.01x10^5 kg CO_2 เทียบเท่า [1], การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำพบว่ากระบวนการทางการเกษตรก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รองลงมาคือการนำไปใช้และการผลิตไบโอดีเซลตามลำดับ [4] สำหรับผลิตภัณฑ์ทางด้านหัตถกรรมมีการนำหลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เข้ามาใช้ประเมินผลที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน อาทิเช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พรมทอมือโดยใช้โปรแกรม Sima Pro 7.1 พบว่าผลิตภัณฑ์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านฝนกรดและสารอาหารในแหล่งน้ำมากที่สุด [13], การประเมินวัฏจักรชีวิตผ้าฝ้ายคลุมไหล่เพื่อการติดฉลากสิ่งแวดล้อมพบว่าผ้าฝ้ายคลุมไหล่มีศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 1,965 kg CO_2 เทียบเท่า [5], การประเมินวัฏจักรชีวิตและรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูพบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 1.46 kg CO_2 เทียบเท่า [14]

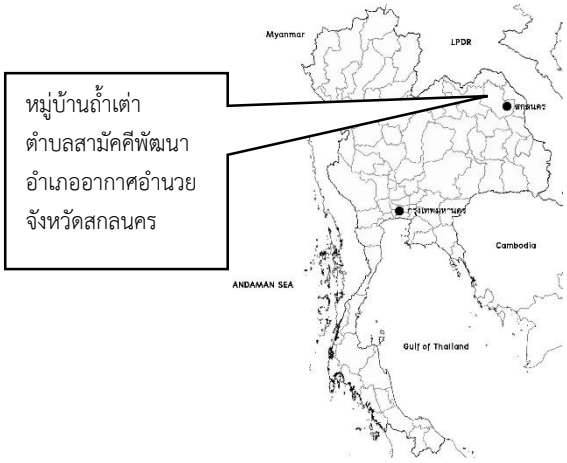
จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประเทศไทยได้มีการนำหลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลากหลายทั้งผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานยนต์ ภาคการเกษตร การผลิตเครื่องนุ่งห่ม การผลิตอาหาร ซึ่งการใช้หลักการการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์นี้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นในฐานะผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าครามยังคงมีการทำวิจัยอยู่น้อยเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เฉพาะถิ่นการวิจัยนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของรอยเท้าคาร์บอนที่สามารถเพิ่มมูลค่าและโอกาสในการส่งออกสู่ต่างประเทศให้ผลิตภัณฑ์ผ้ายอมครามของจังหวัดสกลนคร

บทความนี้เล็งเห็นความสำคัญของผ้าฝ้ายย้อมครามของจังหวัดสกลนครจึงทำการศึกษาถึงการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ผ้ายอมคราม 2 ชนิดคือ ผ้าพันคอย้อมครามและผ้าชิ่นย้อมครามโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้งสองในการเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ครามของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายยอมครามได้วิธีการหนึ่ง สำหรับผลิตภัณฑ์ครามที่ศึกษาในการวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มแม่บ้าน ทอผ้า อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยพัฒนาทดลองเพื่อจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ สำหรับวิเคราะห์การปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากวงจรการผลิตผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยฐานข้อมูลที่มีเผยแพร่ทั่วไป เช่น ฐานข้อมูลจาก LCA Software การวิจัยนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ ข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิได้จากการเก็บข้อมูลของกลุ่มสตรีทอผ้าฝ้ายย้อมครามกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตผ้าย้อมคราม หมู่บ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร ดังรูปที่ 1 และข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีในประเทศไทย เช่น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สำนักงานจังหวัดสกลนคร ศูนย์คราม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ 6 ขั้นตอนคือ 1) คัดเลือกกลุ่มสตรีย้อมผ้าฝ่ายยอมครามและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 2) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต 3) สำรวจข้อมูลสารเข้า-ออก 4) การวิเคราะห์บัญชีรายการ 5) การแปรผลและการประเมิน LCA และ 6) สรุปผล โดยการวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro รุ่น 8.2.3 (เวอร์ชั่นทดลองใช้งาน) เป็นเครื่องมือในการประมวลผล



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

2.1 หน่วยหน้าที่การใช้งาน

การศึกษาครั้งนี้กำหนดหน่วยหน้าที่การใช้งาน (functional unit) คือ ผ้าพันคอย้อมคราม ขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืน/ปี เนื่องจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตผ้าพันคอย้อมครามใช้สัดส่วนด้ายพุ่งและด้ายยืนแตกต่างกัน จึงทำให้การทอผ้าขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร มีความยาวไม่เท่ากัน โดยพบว่ากลุ่มกลุ่มย้อมสีธรรมชาติทอได้ยาว 57 เมตร และกลุ่มที่ใช้ฝ้ายอินทรีย์ผสมฝ้ายสำเร็จรูปจากโรงงานทอได้ยาว 45 เมตร จึงได้กำหนดให้ผ้าขนาดความยาว 1,440 เมตร สำหรับผ้าซิ่นย้อมครามกำหนดขนาดหน่วยหน้าที่การใช้งานต่างออกไปมี ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 288 ผืน/ปี โดยตั้งสมมติฐานว่ามีการใช้งาน 15 ครั้งต่อปี มีอายุการใช้งาน 2 ปี

2.2 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมตามขอบเขตการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นครบถ้วน โดยจดบันทึกข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้ภายในกลุ่มที่ทำการผลิตผ้าพันคอย้อมและผ้าชิ่นครามโดยคิดคำนวณจากบิลค่าใบเสร็จไฟฟ้า เครื่องวัดไฟฟ้า และดูจากขนาดกำลังวัตต์ของมอเตอร์เครื่องจักรที่ถูกใช้งาน ส่วนข้อมูลการใช้น้ำดูจากมิเตอร์ที่ติดตั้ง และคำนวณปริมาณของถังและบ่อย้อมต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์หัวหน้ากลุ่มผู้ผลิตรวมถึงจากการสังเกตการปฏิบัติหน้าที่ของคนงาน ข้อมูลทุติยภูมิได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากวารสารวิชาการ รายงานวิชาการ บทความวิชาการรวมทั้งฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อชวยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตรายละเอียดของแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษาเป็นดังนี้

2.2.1 การสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ

การวิจัยการสำรวจข้อมูลขั้นปฐมภูมิได้แก่ การใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงานปริมาณการเกิดมลพิษ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์หรือวัดผลโดยตรงของกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ 1) การปลูกครามและการย้อมคราม 2) การต้มไล่ไขมัน และ 3) การตัดเย็บผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม

2.2.2 การรวบรวมข้อมูลขั้นทุติยภูมิ

การวิจัยนี้จะรวบรวมข้อมูลขั้นทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ 1) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการปลูกฝ้ายจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษ จากสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร [11] และ 2) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการหีบฝ้ายและปั่นด้าย ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการใช้พลังงานในการหีบฝ้ายและปั่นด้าย [16]

2.3 การวิเคราะห์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนในการแสดงประเภทของผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยใช้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Characterization factor) ในการคูณเพื่อเปลี่ยนปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ของของผลกระทบและทำการรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบตามสมการที่ 1

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

เมื่อ EP_j (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ [kg substance equivalent] Q_i (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา [kg substance j] EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j [kg substance equivalent / kg substance j]

ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) เป็นดัชนี ชี้ที่บ่งชี้ศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์ โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารอ้างอิง คำนวณดังสมการที่ 2

$$\text{Greenhouse effect} = \sum (GWP_i \times M_i) \quad (2)$$

เมื่อ m_i คือปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (kg) GWP_i คือศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสาร i (kg) [5] ซึ่งสามารถแสดงเป็นค่าและอายุช่วงชีวิตของก๊าซต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 1

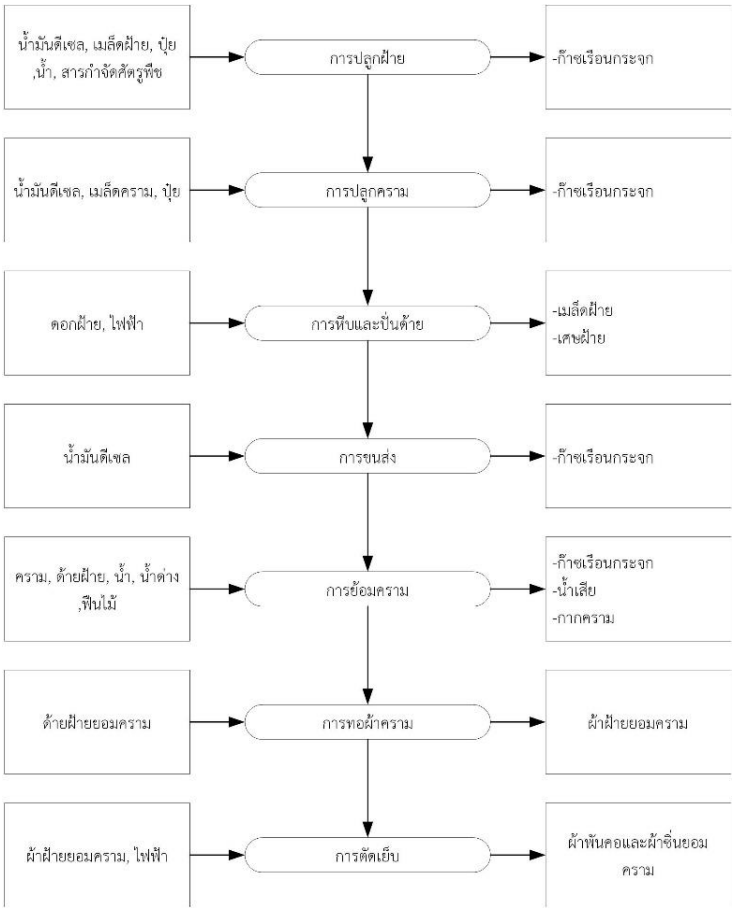
ตารางที่ 1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซต่าง ๆ [15]

ก๊าซ	อายุช่วงชีวิต (ปี)	GWP	
		20 ปี	100 ปี
Methane	12.4	86	34
Hydrofluorocarbon (HFC-134a)	13.4	3790	1550
Chlorofluorocarbon (CFC-11)	45.0	7020	5350
Nitrous oxide	121.0	268	298
Carbon tetrafluoride	50,000	4950	7350

3. ผลการศึกษา

3.1 เก็บรวบรวมบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและชิ่นย้อมคราม

จากการลงพื้นที่ศึกษาสำรวจและเก็บรวบรวมบัญชีรายการการผลิตผ้าชิ่นย้อมคราม ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม สามารถอธิบายตามลำดับวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม ประกอบด้วย การปลูกฝ้าย การปลูกฝ้าย การหีบและปั่นด้าย การขนส่งทุกขั้นตอน การย้อม การทอ และการตัดเย็บ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตและสารขาเข้าและออกของผ้าพันคอและผ้าชิ่นย้อมคราม

3.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการปลูกคราม

กลุ่มแม่บ้านทอผ้าย้อมคราม บ้านถ้ำเต่า มีฤดูปลูกและเก็บเกี่ยวครามตั้งแต่เดือนเมษายน-เดือนกรกฎาคม มีผลผลิตโดยมีวิธีการปลูกโดยเตรียมดินด้วยการไถพรวนและเก็บเศษไม้ให้หมด จากนั้นจึงหว่านเมล็ดและเกลี่ยดินกลบป้องกันมดหรือแมลง โดยเกลี่ยดินบาง ๆ ให้ต้นอ่อนแทงดินขึ้นมาได้หรือปลูกโดยวิธีหยอดหลุมเป็นแถวหลุมละ 3-4 เมล็ด แต่ละแถวห่างกันประมาณ 40-60 เซนติเมตร เมื่อได้น้ำฝนเมล็ดครามจะเริ่มงอก การใช้ปุ๋ยเคมียูเรียจำนวน 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นครามอายุ 3 เดือนให้สีครามมากที่สุด ต้นครามสูงประมาณ 1-2 เมตร ใบประกอบแบบขนนกเรียงสลับ ปลายใบเดี่ยว ใบย่อยรูปรี ดอกช่อออกตามซอกใบ ดอกย่อยรูปดอกถั่ว กลีบดอกสีชมพู ผลเป็นฝักมีทั้งฝักตรงและฝักโค้ง ภายในฝักมี 7-12 เมล็ด คราม 1 ไร่ จะได้น้ำครามประมาณ 100 กิโลกรัม ซึ่งจะปีละ 4 ไร่เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานทั้งปี

3.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการย้อมสีคราม

การย้อมสีธรรมชาติมักประสบปัญหาในขั้นตอนในการเตรียมน้ำสียุ่งยาก ต้องเสียเวลาในการเตรียมวัตถุดิบการสกัดสีใช้เวลานาน และไม่มีสูตรการย้อมที่แน่นอน การย้อมแต่ละครั้งให้สีที่ไม่เหมือนเดิม ทำให้ต้องมีการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้งกว่าจะได้สีที่ต้องการเกิดน้ำเสียเพิ่มขึ้นและมีสีส่วนเกินหลุดล่วงเจือปนในน้ำทิ้งเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การย้อมสีธรรมชาติใช้วัสดุทางธรรมชาติเพื่อทำการย้อมสี ได้แก่ น้ำคราม 60 ลบ.เมตร ต่อด้ายฝ้ายแปรรูป (เรยอง) เบอร์ 10 86 กิโลกรัมและด้ายฝ่ายปั่นมือ 172.8 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการใช้สีย้อมเคมีหลายสิบเท่า ทำให้การย้อมสีธรรมชาติเกิดสารอินทรีย์จากไม้ย้อมสีต่าง ๆ ปนเปื้อนในน้ำทิ้งเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้น้ำทิ้งมีค่าบีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) และของแข็งแขวนลอย (SS) จากกระบวนการฟอกย้อมสีธรรมชาติมักสูงและพืชต่าง ๆ ที่นำมาย้อมสีธรรมชาตินั้นมีสารให้สีต่างกันซึ่งมีสารที่สำคัญ เช่น สารประกอบแอลคาลอยด์ เนื่องจากสารประกอบดังกล่าวมีลักษณะเป็นหมู่วงแหวนเบนซินซึ่งย่อยสลายได้ยากทางชีวภาพ และมีปริมาณการใช้วัสดุทางธรรมชาติเป็นจำนวนมากเพื่อนำมาย้อมสีจึงมีผลทำให้มีค่า COD สูงตามไปด้วย[6] เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนบีโอดีต่อซีโอดีของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีพบว่าการย้อมครามมีค่าสัดส่วน BOD ต่อ COD เป็น 0.52 ต่อ 2.40 กิโลกรัม หรือประมาณ 0.2-0.3 ซึ่งต่ำกว่าคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยทั่วไปควรมีสัดส่วน BOD ต่อ COD อยู่ประมาณ 0.3-0.5 แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ธรรมชาติย่อยสลายสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้ยาก ทั้งนี้พบว่าน้ำทิ้งจากการย้อมสีธรรมชาติจากครามมีค่าสัดส่วน BOD ต่อ COD ต่ำที่สุดคือ 0.2 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารขาเข้าและออกของการย้อมคราม

สารขาเข้า	**หน่วย**	**ปริมาณ**
ด้ายฝ้ายเบอร์ 10	กิโลกรัม	86
ด้ายฝ้ายปั่นมือ	กิโลกรัม	172.8
น้ำคราม	ลบ.เมตร	60
น้ำ	ลบ.เมตร	0.336
สารขาออก	**หน่วย**	**ปริมาณ**
BOD	กิโลกรัม	0.52
COD	กิโลกรัม	2.40
SS	กิโลกรัม	5.58

3.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการทอผ้า

ในขั้นตอนการทอผ้าซิ่นย้อมคราม พบว่ามีการใช้ด้ายฝ้ายปั่นมือเป็นด้ายพุ่ง ส่วนด้ายยืนใช้ด้ายฝ้ายแปรรูป (เรยอง) เบอร์ 10 ที่ช่างย้อมเรียกว่าฝ้ายชีกวาง และด้ายปั่นมือ ทั้งนี้พบว่าการทอผ้าซิ่นมีสัดส่วนการใช้ด้ายพุ่งและด้ายยืนแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งการทอเป็นผ้าซิ่นย้อมครามขนาดหน่วยหน้าที่การใช้งาน คือ ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 288 ผืน พบว่าต้องใช้ด้ายฝ้ายน้ำหนักรวมกันถึง 288 กิโลกรัม สำหรับผ้าพันคอย้อมครามพบว่ามีการใช้ด้ายฝ้ายปั่นมือเป็นด้ายพุ่ง ส่วนด้ายยืนใช้ด้ายฝ้าย 2 ชนิดคือด้ายฝ้ายเบอร์ 10 และด้ายปั่นมือ มีขนาดหน่วยหน้าที่การใช้งานขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืน ซึ่งพบว่าต้องใช้ด้ายฝ้ายน้ำหนักรวมกัน 258.8 กิโลกรัม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 น้ำหนักเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีสำหรับการทอ

ด้ายฝ้าย	ผ้าพันคอย้อมคราม(กิโลกรัม)	ผ้าซิ่น(กิโลกรัม)
ด้ายฝ้ายเบอร์ 10	86	86
ด้ายฝ้ายปั่นมือ	172.8	202
รวม	258.8	288

3.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กระบวนการขนส่ง

จากการศึกษาข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบจากในกระบวนการขนส่งด้ายฝ้ายสำเร็จรูปจากโรงงานมายังกลุ่มแม่บ้านจะขนส่งโดยใช้รถบรรทุกระยะทาง 768 กิโลเมตร การขนส่งครามจากพื้นที่ปลูกมายังกลุ่มแม่บ้าน มีระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุกในการขนส่งคราม 0.1 กิโลเมตร การขนส่งผ้าฝ้ายไปยังสถานที่ตัดเย็บ โดยรถจักรยานยนต์ ระยะทางในการขนส่ง 4 กิโลเมตร สำหรับการขนส่งฟืนและธรรมชาติที่ใช้ในการย้อมสีไม่นำมาคิดคำนวณเนื่องจากขนส่งในระยะทางใกล้ ซึ่งสามารถหาได้จากบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มผู้ผลิต ทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังกระบวนการทำน้ำย้อมสีครามกลุ่มผู้ผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม

ชนิดวัตถุดิบ	โรงงานปั่นด้าย- ร้านค้า		แหล่งเพาะปลูกคราม- กลุ่มแม่บ้าน	
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหะ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหนะ
ด้ายฝ้ายสำเร็จรูป	768	รถบรรทุก	-	-
คราม	-	-	10	รถบรรทุก

3.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการใช้พลังงาน

ในขั้นตอนกระบวนการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมคราม พบว่ามีการมี ใช้ผ้าฝ้ายย้อมคราม 288 กิโลกรัม จะได้ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร ได้ผ้าซิ่นย้อมครามทั้งหมด 288 ผืน ขั้นตอนการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมครามมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก จักรไฟฟ้า 720 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และเตารีด 1,472 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ดังนั้นการตัดเย็บผ้าซิ่นย้อมครามมีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2,192 กิโลวัตต์/ชั่วโมง สำหรับผ้าพันคอยอมคราบพบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2,091 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยการปั่นด้ายเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด 1,931 กิโลวัตต์/ชั่วโมง รองลงมาคือกระบวนการตัดเย็บ 128 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และหีบฝ้าย 32 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

3.6 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมของผ้าซิ่นย้อมครามโดยวิธี CML 2 Baseline 2000 version 2.05 / the Netherlands 1997 ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการผลิตผ้าซิ่นย้อมครามจากการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro เวอร์ชั่น 8.2.3 ซึ่งวิธีนี้จะครอบคลุมผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) พบว่า

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมผ้าซิ่นย้อมครามขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร ของกระบวนการปลูก การขนส่ง การย้อม และการตัดเย็บ เท่ากับ 0, 3.25, 909 และ 937 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ หากคิดต่อ 1 ผืนผ้าซิ่นยอมครามมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 5 ส่วนปริมาณของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจักรชีวิตผ้าพันคอย้อมครามขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืน ของกระบวนการปลูก การขนส่ง การย้อม และการตัดเย็บเท่ากับ 0, 3.25, 545 และ 564 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับหากคิดต่อ 1 ผืนผ้าซิ่นยอมครามมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 6

ค่าสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจักรชีวิตผ้าพันคอย้อมครามขนาดหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืนต่อปี มีการปลดปล่อยตลอดทั้งกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือคิดเป็นผ้าพันคอ 1 ผืน มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สามารถพิจารณาในแต่ละกลุ่มผลกระทบพบว่ากลุ่มของผลกระทบในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) มีการปลดปล่อยตลอดกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยแต่ละกระบวนการดังนี้ กระบวนการตัดเย็บ (Tailoring) มีการปลดปล่อย 564 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 51 สาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งการเผาไหม้ทรัพยากรเชื้อเพลิงเหล่านี้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน กระบวนการย้อม (Dyeing) มีการปลดปล่อย 545 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 49 สาเหตุมาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการปั่นได้ กระบวนการขนส่ง (Transportation) มีการปลดปล่อย 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุมาจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันของรถบรรทุกในการขนครามจากไร่มาโรงย้อมครามและการนำผ้าพันคอย้อมครามมายังร้านตัดเย็บซึ่งมีระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก การปล่อยก๊าซมลพิษ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ส่วนกระบวนปลูกครามนั้นมีการปลดปล่อยที่น้อยมากหรือแทบไม่มีการปลดปล่อยเลย เนื่องจากการปลูกครามนั้นใช้พื้นที่เพียงสี่ไร่มีการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี 1 กระสอบต่อ 1 ไร่ สำหรับผ้าซิ่นย้อมครามขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 288 ผืน สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิด คือ การตัดเย็บร้อยละ 50.7 การย้อมครามร้อยละ 49.1 และการขนส่งร้อยละ 0.18 ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกันกับผ้าพันคอย้อมคราม

ตารางที่ 5 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าซิ่นย้อมคราม

กระบวนการผลิตผ้าซิ่นย้อมคราม	**ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**
การปลูกคราม	0
การขนส่ง	3.25
การย้อม	909
การตัดเย็บ	937
รวมผ้าซิ่นย้อมครามขนาด 1x2 เมตร จำนวน 288 ผืน	1,850
ผ้าซิ่นย้อมคราม ขนาด 1x2 เมตร จำนวน 1 ผืน	6.42

ตารางที่ 6 ปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผ้าพันคอย้อมคราม

กระบวนการผลิตผ้าพันคอย้อมคราม	**ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**
การปลูกคราม	0
การขนส่ง	3.25
การย้อม	545
การตัดเย็บ	564

รวมผ้าพันคอย้อมครามขนาด 0.35x2 เมตร จำนวน 720 ผืน	1,110
ผ้าพันคอย้อมครามขนาด 0.35x2 เมตร จำนวน 1 ผืน	1.54

3.7 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น

การเปรียบเทียบการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น ๆ โดยเทียบเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้นมีการปลดปล่อยทั้งหมดกี่กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ดังนี้ ผ้าพันคอย้อมครามขนาดขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าซิ่นย้อมครามขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 6.42 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวาง ตราไทยซิลค์วิลเลจขนาดกว้าง 0.60 เมตร ยาว 1.60 เมตร มีการปลดปล่อย 0.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ไหมมัดหมี่ 3 สี ตราสตูดิโอแน่นหนา มีปลดปล่อย 3.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายทั่วไปย้อมสีไดเร็กท์ขนาดกว้าง 0.90 เมตร ยาว 2.00 เมตร มีการปลดปล่อย 1.67 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว ขนาดกว้าง 0.90 เมตร ยาว 2.00 เมตร มีการปลดปล่อย 0.59 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า [5] ดังตารางที่ 7

จากการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น จะเห็นได้ว่าผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวางและผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว จะมีการปลดปล่อยที่น้อยมากเนื่องจากมีการใช้ฝ้ายอินทรีย์และใช้สีย้อมจากสีธรรมชาติในกระบวนการผลิต ส่วนผ้าพันคอและผ้าซิ่นย้อมครามมีการปลดปล่อยอยู่ที่ระดับสูงกว่าเนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับฝ้ายทอมือ จึงเห็นสมควรให้ใช้ฝ้ายอินทรีย์หรือฝ้ายทอมือและใช้สีจากธรรมชาติในการผลิตเพื่อเป็นการลดการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น [5]

ผลิตภัณฑ์	ขนาด(เมตร)	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ผ้าพันคอย้อมคราม	0.35 x 2.00	1.54
ผ้าซิ่นย้อมคราม	1.00 x 2.00	6.42
ผ้าพันคอสีธรรมชาติจากใบหูกวาง	0.60 x 1.60	0.70
ผ้าคลุมไหล่ไหมมัดหมี่ 3 สี	0.90 x 2.00	3.20
ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายทั่วไปย้อมสีไดเร็กท์	0.90 x 2.00	1.67
ผ้าคลุมไหล่ผ้าฝ้ายอินทรีย์ย้อมสีมะพร้าว	0.90 x 2.00	0.59

4. สรุปและอภิปรายผล

การประเมินวัฏจักรชีวิตการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ โดยเลือกศึกษาที่กลุ่มทอผ้าบ้านถ้ำเต่า อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร ผลการประเมินผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) ผ้าพันคอย้อมครามด้วยวิธี CML 2 Baseline 2000 version 2.03 พบว่าผ้าพันคอย้อมครามขนาด กว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 720 ผืนต่อปี มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยมีการปลดปล่อยตลอดทั้งกระบวนการทั้งสิ้น 1,110 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นผ้าพันคอ 1 ผืน มีการปลดปล่อยทั้งสิ้น 1.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยในกระบวนการตัดเย็บ (Tailoring) มีการปลดปล่อย 564 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 51 เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมาจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน กระบวนการย้อม (Dyeing) มีการปลดปล่อย 545 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 49 สาเหตุหลักมาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในกระบวนการปั่นด้าย กระบวนการขนส่ง (Transportation) มีการปลดปล่อย 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุมาจากการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันของรถบรรทุกในการขนครามจากไร่มาโรงย้อมครามและการนำผ้าพันคอย้อมครามมายังร้านตัดเย็บ

ผ้าชิ่นย้อมคราม ขนาด กว้าง1 เมตร ยาว 2 เมตร 288 ผืน มีค่าผลกระทบ 1,850 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากคิดเป็นต่อ 1 ผืน จะมีผลกระทบเท่ากับ 6.423 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกระบวนการตัดเย็บ มีการปลดปล่อยเท่ากับ 937 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า. คิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 51 จากการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตในประเทศไทย กระบวนการย้อมมีการปลดปล่อย 909 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับร้อยละ 49 มาจากฝ้ายที่นำมาย้อมเป็นผ้ายโรงงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในกระบวนการปั่นด้าย รวมถึงกระบวนการขนส่งซึ่งมีผลกระทบเท่ากับ 3.25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นสัดส่วนผลกระทบเท่ากับ 0.176% จากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งด้วยรถบรรทุกไปยังร้านตัดเย็บ

สำหรับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์ในกระบวนการปลูกครามมีการปลดปล่อยน้อยมากหรือแทบไม่มีการปลดปล่อยเลยเนื่องจากในกระบวนการปลูกครามมีการปลูกเพียงพื้นที่ในการเพาะปลูก 4-5 ไร่/ปี เพาะปลูกโดยใช้น้ำฝน และมีการใช้สารเคมีในปริมาณน้อย

การเปรียบเทียบการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผ้าพันคอย้อมครามกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอชนิดอื่น ๆ ผ้าพันคอย้อมครามนั้นมีการปลดปล่อยอยู่ที่ระดับกลางจากผลิตภัณฑ์ชิ้นอื่นเนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการใช้ฝ้ายโรงงานร่วมกับผ้ายทอมือ ถ้าหากในกระบวนการผลิตใช้ฝ้ายอินทรีย์หรือฝ้ายทอมือแทนก็จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานก็จะสามารถลดกระทบในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย สำหรับบุคคากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และขอขอบพระคุณกลุ่มแม่บ้านผู้ผลิตผ้าฝ้ายย้อมคราม บ้านถ้ำเต่า ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนครที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัย ท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรกต พรมโสดา.2551. การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[2] จันจิรา หะยียามา .2547. การประเมินวัฏจักรชีวิตของสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้ วัสดุทดแทนพีวีซี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] ฉัตรเพชร ยศพล.2552. การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับประเทศไทย. เอกสารประกอบการวิชุมวิชาการ; 25 มีนาคม 2552; นครราชสีมา.

[4] ชลธิชา สุทธิบุตร.2550. การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำเชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] ฐิติกร ชูไพโรจน์. 2552. การประเมินวัฏจักรชีวิตผ้าฝ้ายคลุมไหล่เพื่อการติดฉลากสิ่งแวดล้อม.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักหอสมุด: กรุงเทพมหานคร.

[6] เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2536. สารเคมีที่ให้สีของพืช. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม

[7] ธนัท ชัยสุขโกศล.2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วน header assembly ในเครื่องปรับอากาศ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวารสารศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อสารมวลชน]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] นงค์นุช พฤติชัยวิบูล.2547. การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรตารี่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[9] นรรัตน์ รอดประเสริฐ. 2548. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[10] เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2544. การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[11] สถาบันวิจัยพืชไร่. 2536. เอกสารวิชาการเรื่องฝ้าย. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[12] สุธี คงศิริ. 2552. การประเมินวงจรชีวิตการผลิตมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[13] หทัยชนก ศรีเล็ก. 2552. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พรมทอมือ : กรณีศึกษาตั้งแต่กระบวนการย้อม-กระบวนการตบแต่งสำเร็จ.มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สำนักหอสมุด:กรุงเทพมหานคร.

[14] อภิวรรณ สุวรรณนที. 2556 .การประเมินวัฏจักรชีวิตและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักหอสมุด:กรุงเทพมหานคร.

[15] Ø. Hodnebrog, M. Etminan, J. S. Fuglestvedt, G. Marston, G. Myhre, C. J. Nielsen, K. P. Shine, T. J. Wallington. 2013. Global warming potentials and radiative efficiencies of halocarbons and related compounds: A comprehensive review. Reviews of Geophysics, Volume 51, Issue 2 June 2013. 300–378.

[16] Søren, E.L., H. John, K.H. Hans, W. Henrik, L.F. Henrik and K.M. Frans. 2007. EDIPTEX –Environmental assessment of textiles. Danish Ministry of the Environment, Denmark.

[17] Wichita Witayapairot. 2009. Life Cycle Assessment of Sugar Production in Northeastern Thailand. Paper presented at the International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009; 2009 December 2 – 4; Chiang Rai, Thailand

Creative RMUT and Sustainable Innovation for Thailand 4.0

RMUTCON

The 9th Rajamangala University of Technology National Conference

The 8th Rajamangala University of Technology International Conference

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

ประวิทย์ อ่วงอารีย์ กรงพล ประโยชน์มี ปนัดดา แสงวุฒิ
ณัฐ โล่คำ ชฎาพร วงศ์หนายโกด และ วิทยา พาระแพง

ได้ร่วมนำเสนอบทความประเภทการบรรยาย สาขาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

เรื่อง การประเมินรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ผ้าครามจังหวัดสกลนคร

ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9th RMUTNC)
ระหว่างวันที่ 7 – 9 สิงหาคม 2560 ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวะ วสุนธราภิวัฒก์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์