บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

เป้าหมายและขอบเขตในการทำวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการทางด้านกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดกระป๋อง ขนาด 325 ซีซี 1 กระป๋อง โดยเริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดของเสีย

2. ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 โดยประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) ซึ่งวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีพิธีสารเกียวโต บัญชีตาม PAS 2050 และก๊าซเรือนกระจก 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

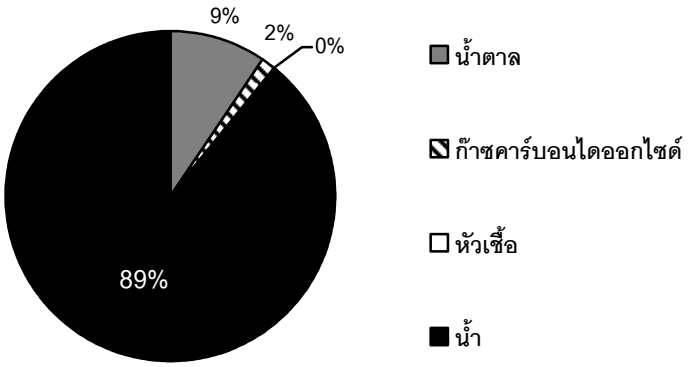
3. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเลือกชนิดของก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโต PAS 2050 และก๊าซเรือนกระจก 3 ชนิด

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต (Process Investigation)

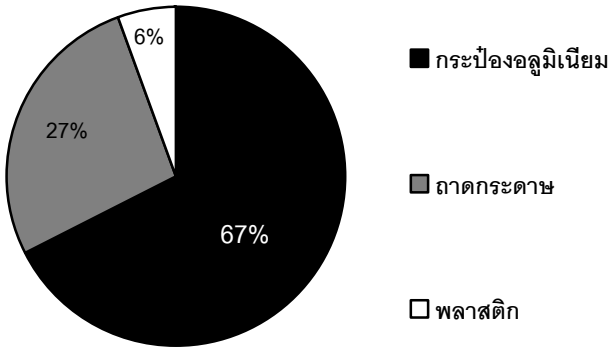
3.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดกระป๋อง ขนาด 325 ซีซี ได้แก่ กระป๋องอลูมิเนียม น้ำตาล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถาดกระดาษ หัวเชื้อ พลาสติก และน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็นประกอบ 2 ส่วน คือส่วนผสมของผลิตภัณฑ์และส่วนของบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.2.1

ภาพที่ 3.2.1
สัดส่วนวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต



ก. ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์



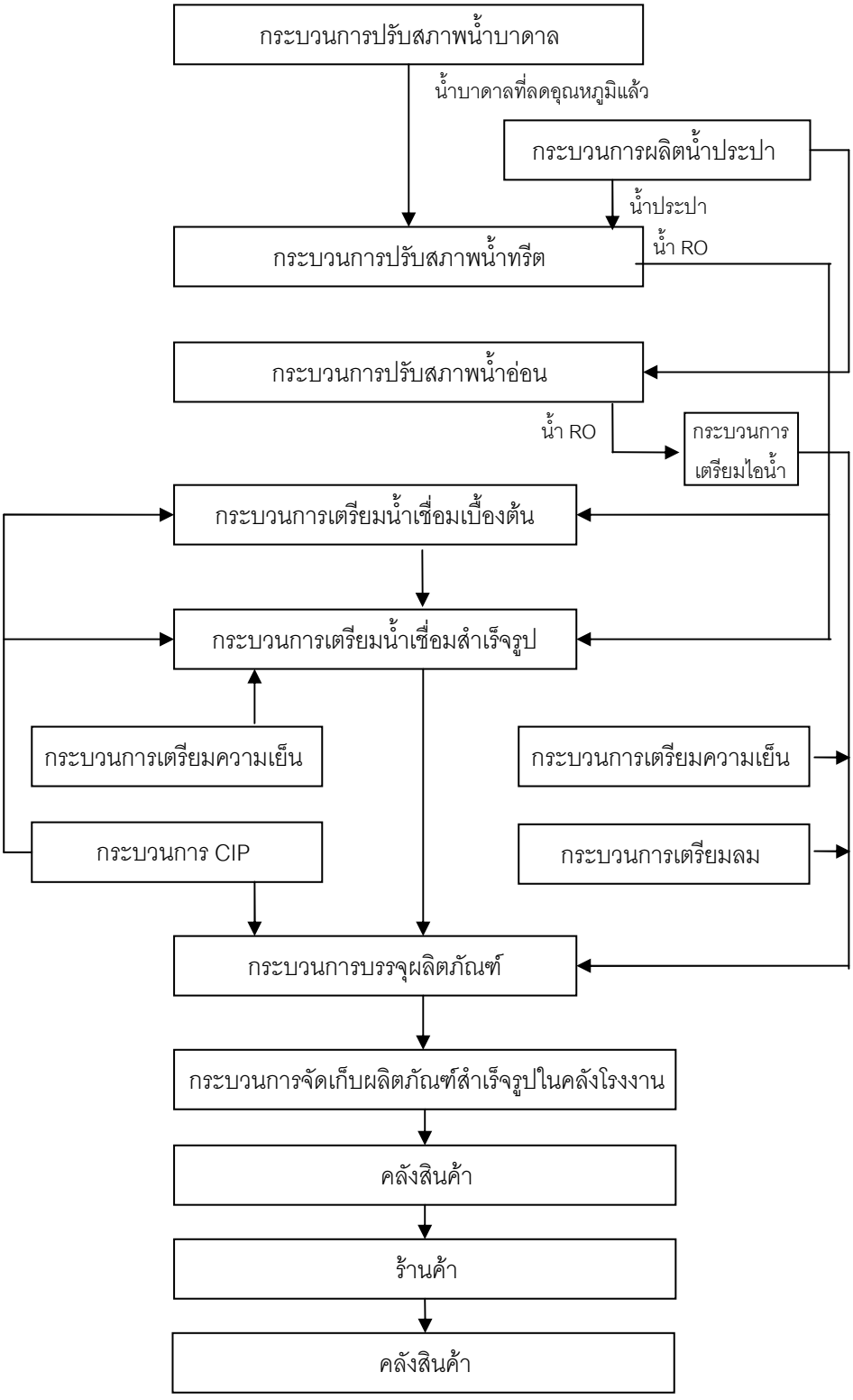
ข. ส่วนของบรรจุภัณฑ์

3.2.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ชนิดบรรจุกระป๋อง ขนาด 325 ซีซี เริ่มต้นที่กระบวนการเตรียมน้ำ เนื่องจากส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์เป็นน้ำทั้งสิน 89% ดังภาพที่ 3.1 ได้แก่ กระบวนการปรับสภาพน้ำบาดาล น้ำที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว และน้ำอ่อน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการเตรียมน้ำเชื่อมสำเร็จรูป จากนั้นทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในกระป๋อง โดยมีการอัดลมเข้าไปในระหว่างบรรจุด้วย เมื่อสิ้นสุดกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์จะถูกลำเอียงผ่านสายพานไปยังคลังเก็บสินค้าของโรงงาน และจะถูกส่งต่อไปยังคลังสินค้าตามสาขา หรือจังหวัดต่างๆ ต่อไปเพื่อส่งต่อไปยังผู้บริโภค แผนผังกระบวนการผลิต แสดงในภาพที่ 3.2.2

ภาพที่ 3.2.2

แผนผังกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ชนิดบรรจุกระป๋อง ขนาด 325 ซีซี



3.3 **การจัดทำบัญชีรายการ** (Data Inventory)

3.3.1 **การเก็บรวบรวมข้อมูล** (Data Collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็นข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุตติยภูมิ ซึ่งข้อมูลปฐมภูมิคือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ การตรวจวัดจากการลงพื้นที่ และการสอบถามสัมภาษณ์กลุ่มเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ชนิดกระป๋อง ส่วนข้อมูลทุตติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากรายงาน งานวิจัยต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 ข้อมูลจากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากอนุสัญญาสหประชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (UNFCC) คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ข้อมูลบัญชีรายการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย จากสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ PAS2050 เป็นต้น

3.3.2 **คุณภาพข้อมูล**(Data Quality)

ข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นโรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขนาดใหญ่และเป็นที่นิยม จึงสามารถเป็นตัวแทนของโรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มได้

3.3.3 **หน่วยการทำงาน** (Functional Unit)

หน่วยการทำงานในการศึกษาครั้งนี้คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ชนิดบรรจุกระป๋องขนาด 325 ซีซี

3.3.4 **การปันส่วนข้อมูล** (Allocation)

ในกรณีที่กระบวนการผลิตได้ผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิดจำเป็นต้องมีการปันส่วนข้อมูลสาธารณูปโภคและมลสารที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษานี้จะใช้ข้อมูลปริมาณมวลสารเป็นตัวกำหนดสัดส่วนการปันส่วน

3.3.5 **สมดุลมวลสารและพลังงาน** (Mass and Energy Balance)

1. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต การขนส่ง ดำเนินการโดยการประเมินจากปริมาณคาร์บอน (Carbon) ที่อยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งอ้างอิงจาก Carbon Emission Factor (CEF) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ดังตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก) การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3 – 1)

$$CO_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times CEF_i) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12} \quad (3-1)$$

โดยที่

CO_2Emision	= ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)
Fuel Consumption	= ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)
CEF_i	= สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ)
Fraction oxidized	= สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99
Carbon Stored	= คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมมติฐานให้เท่ากับ 0

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรืองกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO_2) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3 – 2)

$$\text{Non} - CO_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{abc} \text{ X Fuel Consumption}_{abc} \quad (3-2)$$

Non – CO_2 Emission	= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg)
Emission Factor	= สัมประสิทธิ์การปล่อยมลสารที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg/TJ)
a	= Fuel Type หมายถึงชนิดของเชื้อเพลิง
b	= Sector Activity หมายถึงกิจกรรมที่ศึกษาเช่นการเกษตร เป็นต้น
c	= Technology Type หมายถึงรูปแบบของเครื่องยนต์

ค่า Emission Factor ของก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงในตารางที่ ก.2-ก.6 (ภาคผนวก ก)

2. สมมติฐานและวิธีการคำนวณอัตราการบรรทุก

การขนส่งวัตถุดิบต่าง ๆ เข้าสู่โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเครื่องดื่ม ชนิดกระป๋อง มีการขนส่งโดยใช้รถบรรทุกที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน ได้แก่ รถกระบะ รถบรรทุกขนาด 10 ล้อ และรถบรรทุกขนาด 18 ล้อ รวมทั้งในกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์สู่คลังสินค้าและผู้บริโภคอีกด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ACF_{avg} = \sum_{i=1}^{n} (F_i \times R_i) \qquad (3-3)$$

ACF_{avg} = อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถโดยเฉลี่ย, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_i = สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_i = อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถแต่ละชนิด, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

$$AUCF_{avg} = \sum_{j=1}^{n} (F_j \times R_j) \qquad (3-4)$$

$AUCF_{avg}$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าโดยเฉลี่ย, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_j = สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_j = อัตรากรใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าแต่ละชนิด, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

3.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสียหรือสารขาเข้าและขาออก ในแต่ละกระบวนการที่ได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ซึ่งการประเมินผลกระทบของ

การศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Midpoint) โดยมุ่งเน้นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) โดยวิธีการประเมินผลกระทบขั้นกลางดังกล่าวนี้มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ การจำแนกผลกระทบออก เป็นหมวดหมู่ (Classification) และการคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบ (Characterization)

การคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบ (Characterization) เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลปริมาณสารต่าง ๆ ที่ได้จากการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มของผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกถึงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน โดยดูจากค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential environment impact) ซึ่งคำนวณจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคซึ่งการคำนวณและการจำแนกกลุ่มของผลกระทบขั้นกลางในการศึกษานี้จะยึดตามวิธีคำนวณมาตรฐานสากลที่นิยมใช้กันอยู่ปัจจุบัน เช่น CML หรือ Eco-indicator เป็นต้น ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่น่าสนใจ คือ ภาวะโลกร้อน (Global warming) การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification) การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ผลกระทบเหล่านี้เกิดจากการปลดปล่อยของมลสารต่าง ๆ การคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะใช้สมการดังต่อไปนี้

$$EP(j)_i = Q_i \times EF(j) \qquad (3\text{-}22)$$

โดยที่

$EP(j)_i$ = ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละด้าน (j)

Q_i = ปริมาณการปลดปล่อยสารแต่ละชนิด (i)

$EF(j)$ = ค่าปัจจัยของสารแต่ละชนิดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้าน (j)

j = ภาวะโลกร้อน (Global warming)

ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยนี้จะใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของ

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ (Commercial Software) เช่น SimaPro มาช่วยสำหรับการศึกษาวิจัย

ตารางที่ 3.4.1

แบบจำลองการวิเคราะห์ Classification & Characterization ตามแบบของ CML2 Baseline 2000

Impact Categories	Model	Refference	ตัวย่อ
การทำให้โลกร้อน (global warming)	IPCC	(kg of CO_2-equivalents)	GWP
การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (ozone layer depletion)	WMO	(kg of CFC-11 Equivalents)	ODP
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (human toxicity)	USES-LCA	(kg of 1,4-DB Equivalents)	HTP
การออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (photochemical oxidation)	UNECE Trajectery	(kg of C_2H_4)	POCP
ภาวะความเป็นกรด (acidification)	RAINS 10 Model	(kg of SO_2 equivalents)	AP
การมีสารอาหารของพืชน้ำเกินสมดุล (eutrophication)	Based on stoichiometric Procedure of Heijung (1992)	(kg of PO_4 equivalents)	EP
ความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (fresh water aquatic ecotoxicity)	USES - LCA	(kg of 1,4-DB Equivalents)	$FRTP_{inf}$
ความเป็นพิษในน้ำทะเล (marine aquatic ecotoxicity)	USES - LCA	(kg of 1,4-DB Equivalents)	$MAETP_{inf}$
ความเป็นพิษในดิน (terrestrial ecotoxicity)	USES - LCA	(kg of 1,4-DB Equivalents)	$TETP_{inf}$

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2550

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งจะประเมินในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

ภาวะโลกร้อน (Global warming) เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศของโลก ถูกห่อหุ้มด้วยก๊าซเรือนกระจก ทำให้กั้นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลก ไม่ให้สะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศ เหมือนเรือนกระจกที่ใช้เพาะปลูกต้นไม้ในเขตหนาว ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปในเรือนกระจกได้ แต่ความร้อนยังคงอยู่ภายใน ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4)

นตัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูโรคาร์บอน (PFC) และ ซัลเฟอร์เฮกซฟลูโอไรด์ (SF_6) ตามพิธีสารเกียวโต ซึ่ง PAS 2050 ได้กำหนดให้ใช้ตาม IPCC 2007 ซึ่งมีจำนวนก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 60 ชนิด

3.5 **การแปลผลการศึกษา** (Interpretation)

การแปลผลการศึกษา คือ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบายข้อจำกัด และการจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการศึกษาวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลือกชนิดของก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโตและ PAS2050 โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยประเมินในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) สามารถสรุปแผนการดำเนินการวิจัยได้ดังภาพที่ 3.5.1

ภาพที่ 3.5.1
แผนผังการดำเนินการวิจัย