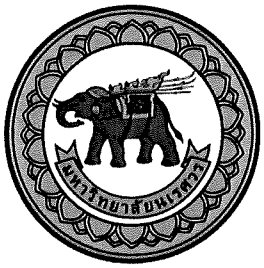


รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

Life Cycle Assessment of Far Infrared Radiation Dryer

โดย

ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ และคณะ

วิทยาลัยพลังงานทดแทน

กันยายน 2560

สัญญาเลขที่ R2559B114

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

Life Cycle Assessment of Far Infrared Radiation Dryer

ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ

ผศ.ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์

กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์

ดร.บงกช ประสิทธิ์

นายวิกานต์ วันสูงเนิน

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน.....

เลขทะเบียน 104842

เลขเรียกหนังสือ ว TP 363 W763ร 2559

สนับสนุนโดย

งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน ผลจากการศึกษาพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 8,891.8 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการใช้งานมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 8,201.44 $kgCO_2eq/kg$ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูปมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 537.29 $kgCO_2eq/kg$ และสุดท้ายเป็นขั้นตอนจัดหาวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 153.07 $kgCO_2eq/kg$ ซึ่งในขั้นตอนนี้การจัดหาแผ่นเซรามิกจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 132.7 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,157.35 MJ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ และใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุด 1,682.7 MJ เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบและต้องขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูป มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดขั้นตอน 131.85 kWh มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80.34 $kgCO_2eq/kWh$ และมีใช้พลังงาน 474.66 MJ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงาน 47.65 MJ แนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมคือ ในช่วงการเตรียมวัตถุดิบควรซื้อแผ่นเซรามิกในพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง ควรเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงจากกาซชีวภาพทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มในขั้นตอนการใช้งาน

คำสำคัญ: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, การประเมินวัฏจักร, การแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล, เครื่องอบแห้ง

Abstract

This research was study to evaluate energy and carbon dioxide throughout the life cycle of far infrared radiation dryer. Since the supply of raw material, process of forming and using. The results of the study found that carbon dioxide emissions throughout the life cycle are 8,891.8 kgCO2eq/kg. The maximum carbon footprint is 8,201.44 kgCO2eq/kg, next steps is molding with carbon dioxide emission of 537.29 kgCO2eq/kg. And finally, the raw material procurement. Carbon dioxide emissions are 153.07 kgCO2eq / kg. In this stage, the supply of ceramic sheet is the most carbon dioxide

emissions 132.7 kgCO2eq/kg., Due to the transportation of raw materials from the remote areas to the assembly plant and the forming of the dryer. In addition, the total energy

consumption was 2,157.35 MJ using fuel energy in the raw material procurement process. And electric power in the forming and operating procedures of the dryer. The most energy-consuming process is 1,682.7 MJ. Because there are many raw materials in the components, and the raw materials must be transported from remote areas from the assembly plant and the dryer, next steps is the forming process. There is 131.85 kWh of electricity consumed. The carbon dioxide emissions are 80.34 kgCO2eq/kWh and 474.66 MJ of energy is consumed. Lastly, the energy usage is 47.65 MJ. Guideline to reduce an environment impact should buy ceramic plates in the vicinity to reduce fuel consumption in transit during the preparation of raw materials. It should be replaced with bio-fuels instead of LPG in use.

Keywords: carbon dioxide emission, life cycle assessment, far infrared radiation, Dryer

บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบันมีผลผลิตทางการเกษตรผลิตออกสู่ท้องตลาดค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการสนับสนุนการผลิตจากหลายๆ หน่วยงาน ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ออกมา ล้นตลาด ส่งผลให้ราคาผลผลิตที่ได้มีราคาค่อนข้างต่ำและบางส่วนที่จำหน่ายไม่ทันเกิดการเน่าเสีย การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร การอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้ทันกับผลผลิตที่มี เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และยังเป็นการถนอมผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้อยู่ยังมีสมรรถนะไม่เพียงพอกับการใช้งาน คือ อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของกลุ่มเกษตรกร และในบางฤดูกาลก็ไม่สามารถที่จะอบแห้งได้ จึงทำให้รายได้จากการอบแห้งที่เกษตรกรควรจะได้รับลดลงไปและทำให้เสียโอกาสที่จะเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร ที่สำคัญเครื่องอบแห้งดังกล่าวยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาเป็นส่วนช่วยในการอบแห้ง แสดงให้เห็นว่าระบบดังกล่าวก็ยังไม่ใช่ระบบที่เป็นพลังงานทดแทนทั้งระบบ กล่าวคือ ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลอยู่ ซึ่งก็เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่า เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดคาร์บอนได ออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ได้รับการเผยแพร่ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นเครื่องอบแห้งที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยวิธีแบบชาวบ้าน มีสมรรถนะที่ดี แต่ปัญหาของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ คือ ระบบความร้อนเสริมและระบบควบคุมอัตราการไหลเวียนของลมยังคงใช้ไฟฟ้าอยู่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่เป็นการประหยัดพลังงานตามนโยบายของประเทศ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ารังสีอินฟราเรดระยะไกล(Far Infrared Radiation : FIR) มีศักยภาพที่ดีมากในการพัฒนาสู่การนำมาใช้ในกระบวนการการอบแห้ง เนื่องจาก FIR สามารถส่งผ่านคลื่นเข้าไปสู่ภายในเนื้อวัสดุอบแห้งและสร้างความร้อนจากภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความชื้นเกิดการระเหยจากภายในสู่ภายนอก ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของ

เครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกในตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน ซึ่งขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตเครื่องนั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้านอื่น เช่น มลพิษทางเสียง หรือแม้แต่มลพิษทางอากาศที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อนำมาพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

มีขอบเขตของโครงการวิจัย ได้แก่

1. งานวิจัยนี้จะเลือกใช้ระบบอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. การประเมินวัฏจักรชีวิตทางด้านสิ่งแวดล้อม พลังงานและเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน

3. ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยคำนวณจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต

โดยคณะวิจัยได้ทำการวิจัยที่

ชุมชนบ้านเขาน้อย ต.ดงประคำ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 1,242 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการขึ้นรูปมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 537.29 $kgCO_2eq/kg$ รองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 153.07 $kgCO_2eq/kg$ ซึ่งในขั้นตอนนี้การจัดหาแผ่นเซรามิกจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 132.7 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ และสุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 551.74 $kgCO_2eq/kg$ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,157.35 MJ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ และใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุด 1,682.7 MJ เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบและต้องขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูป มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดขั้นตอน 131.85 kWh มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80.34 $kgCO_2eq/kWh$ และมีใช้พลังงาน 474.66 MJ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงาน 47.65 MJ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจในการเลือก และปรับปรุงกระบวนการหรือเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนสำหรับการหาพลังงานทดแทนในอนาคต

3. สามารถนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลด้วยวิธีอื่นๆ ได้และเพื่อใช้เป็นแนวทางเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟร าเรดระยะไกลในอนาคตต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทสรุปผู้บริหาร	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
การประเมินวัฏจักรชีวิต	4
ทฤษฎีเบื้องต้นของการอบแห้ง	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
ขั้นตอนการวิจัย	26
ผลการศึกษา	29
สรุปผลการศึกษา	33
อภิปรายผลการศึกษา	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

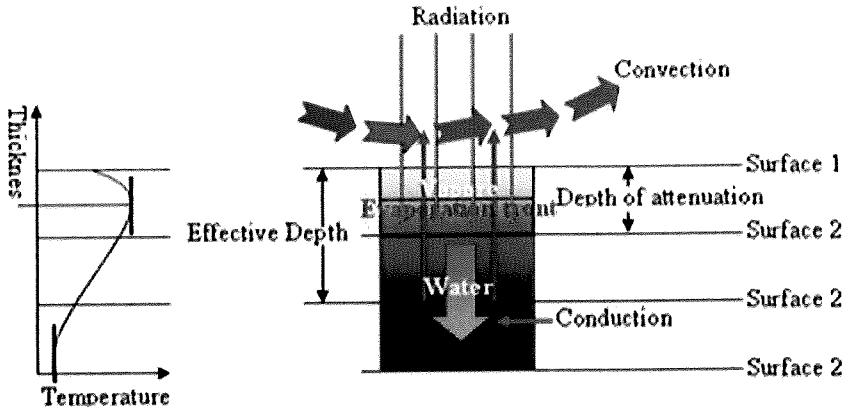
ตาราง		หน้า
1	เปรียบเทียบเครื่องอบแห้งประเภทต่างๆ	19
2	ค่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยปริมาณพลังงาน (ค่าความร้อนสุทธิ)	28
3	ค่า Emission factor ที่นำมาใช้ในงานวิจัย	28
4	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ	29
5	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ	32
6	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งาน	33

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ผลกระทบของ FIR ต่อความชื้นในวัสดุ	2
2	แสดงการอบแห้งโดยระบบ FIR	2
3	กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040	5
4	ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิต	6
5	การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ	9
6	แผนผังวัฏจักรชีวิตสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Business-to-Consumer	13
7	แผนผังวัฏจักรชีวิตสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Business-to-Business	13
8	ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งโดยใช้การแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลร่วมกับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว	18

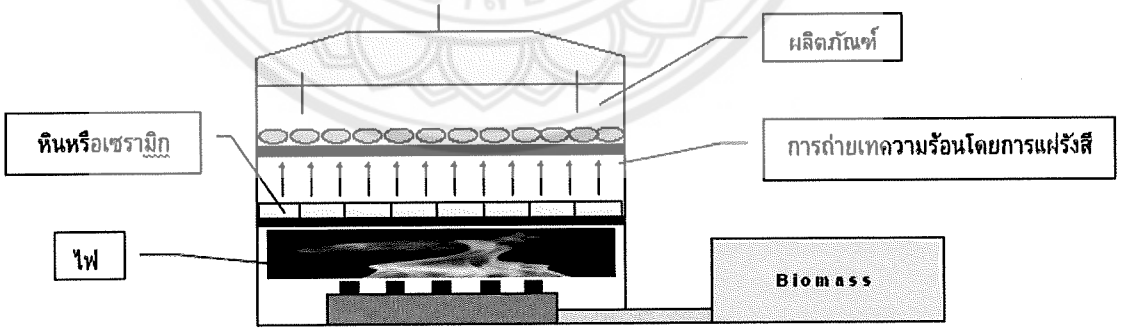
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันมีผลผลิตทางการเกษตรผลิตออกสู่ท้องตลาดค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการสนับสนุนการผลิตจากหลายๆหน่วยงาน ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ออกมาล้นตลาด ส่งผลให้ราคาผลผลิตที่ได้มีราคาค่อนข้างต่ำและบางส่วนที่จำหน่ายไม่ทันเกิดการเน่าเสีย การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรโดยการอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้ ดังนั้นหากมีเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสมรรถนะสูงๆ สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีแดดหรือไม่มีก็ตาม ก็จะช่วยให้การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้ทันกับผลผลิตที่มี ซึ่งจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากการแปรรูปผลผลิตก็เสมือนเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และยังเป็นการถนอมผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานยิ่งขึ้นอีกด้วย แต่ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้อยู่ยังมีสมรรถนะไม่เพียงพอกับการใช้งาน คือ อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของกลุ่มเกษตรกร และในบางฤดูกาลก็ไม่สามารถที่จะอบแห้งได้ จึงทำให้รายได้จากการอบแห้งที่เกษตรกรควรจะได้รับลดลงไปและทำให้เสียโอกาสที่จะเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร ที่สำคัญเครื่องอบแห้งดังกล่าวยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาเป็นส่วนช่วยในการอบแห้ง แสดงให้เห็นว่าระบบดังกล่าวก็ยังไม่ใช่ระบบที่เป็นพลังงานทดแทนทั้งระบบ กล่าวคือ ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลอยู่ ซึ่งก็เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่า เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนหรืออาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าระบบดังกล่าวเป็นระบบที่เป็นพลังงานทดแทนอย่างแท้จริงแล้วนั้นก็ทำให้รายได้ที่เกษตรกรได้รับจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์นั้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่ต้องนำรายได้ที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์ไปจ่ายให้กับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป ปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ได้รับการเผยแพร่ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นเครื่องอบแห้งที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยวิธีแบบชาวบ้าน มีสมรรถนะที่ดี แต่ปัญหาของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ คือ ระบบความร้อนเสริมและระบบควบคุมอัตราการไหลเวียนของลมยังคงใช้ไฟฟ้าอยู่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่เป็นการประหยัดพลังงานตามนโยบายของประเทศ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ารังสีอินฟราเรดระยะไกล(Far Infrared Radiation : FIR) มีศักยภาพที่ดีมากในการพัฒนาสู่การนำมาใช้ในกระบวนการการอบแห้ง เนื่องจาก FIR สามารถส่งผ่านคลื่นเข้าไปสู่ภายในเนื้อวัสดุอบแห้งและสร้างความร้อนจากภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความชื้นเกิดการระเหยจากภายในสู่ภายนอก ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมากดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลกระทบของ FIR ต่อความชื้นในวัสดุ

กล่าวคือ เมื่อให้ความร้อนแก่เซรามิกจะทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนในช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่า FIR ขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะสามารถแผ่รังสีอินฟราเรดย่านความถี่ 3 – 1,000 μm. ไปยังโมเลกุลของวัสดุที่ต้องการอบแห้งได้ โดยจะส่งผลให้ความชื้นของวัสดุนั้นระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งการอบแห้งด้วยกระบวนดังกล่าวสามารถอบแห้งได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีแสงแดดหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากความร้อนที่ให้แก่เซรามิกได้จากเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) แสดงดังภาพที่ 2 แต่การสร้างคลื่นความร้อนจาก FIR ในปัจจุบันจะเป็นหลอดเซรามิกที่ใช้พลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังหาซื้อยากในท้องตลาดและมีราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำแผ่นเซรามิกที่มีคุณสมบัติทนความร้อน สามารถแผ่รังสีความร้อนได้ หาซื้อง่ายในท้องตลาดและมีราคาถูกมาใช้ในกระบวนการอบแห้ง โดยเป็นตัวสร้างคลื่นความร้อนที่ใช้พลังงานชีวมวลไปยังวัสดุที่ต้องการอบแห้ง



ภาพที่ 2 แสดงการอบแห้งโดยระบบ FIR

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ในตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน ซึ่งขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตเครื่องนั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้านอื่น เช่น มลพิษทางเสียง หรือแม้แต่มลพิษทางอากาศที่

ยังไม่สามารถชี้วัดได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อนำมาพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะเลือกใช้ระบบอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. การประเมินวัฏจักรชีวิตทางด้านสิ่งแวดล้อม พลังงานและเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน

3. ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยคำนวณจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจในการเลือก และปรับปรุงกระบวนการหรือเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนสำหรับการหาพลังงานทดแทนในอนาคต

3. สามารถนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลด้วยวิธีอื่นๆ ได้และเพื่อใช้เป็นแนวทางเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลในอนาคตต่อไป

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

จัดสัมมนาผลการศึกษา โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นเจ้าหน้าที่ของรัฐบาล เช่น อบต. กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ครู อาจารย์ หรือแม้แต่ชาวบ้านที่สนใจ เพื่อสามารถนำความรู้ไปถ่ายทอดสู่เกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตในครั้งนี้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม และการจัดการสิ่งแวดล้อม สู่ความยั่งยืนของชุมชน

สถานที่ทำการทดลอง

ชุมชนบ้านเขาน้อย ต.ดงประคำ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

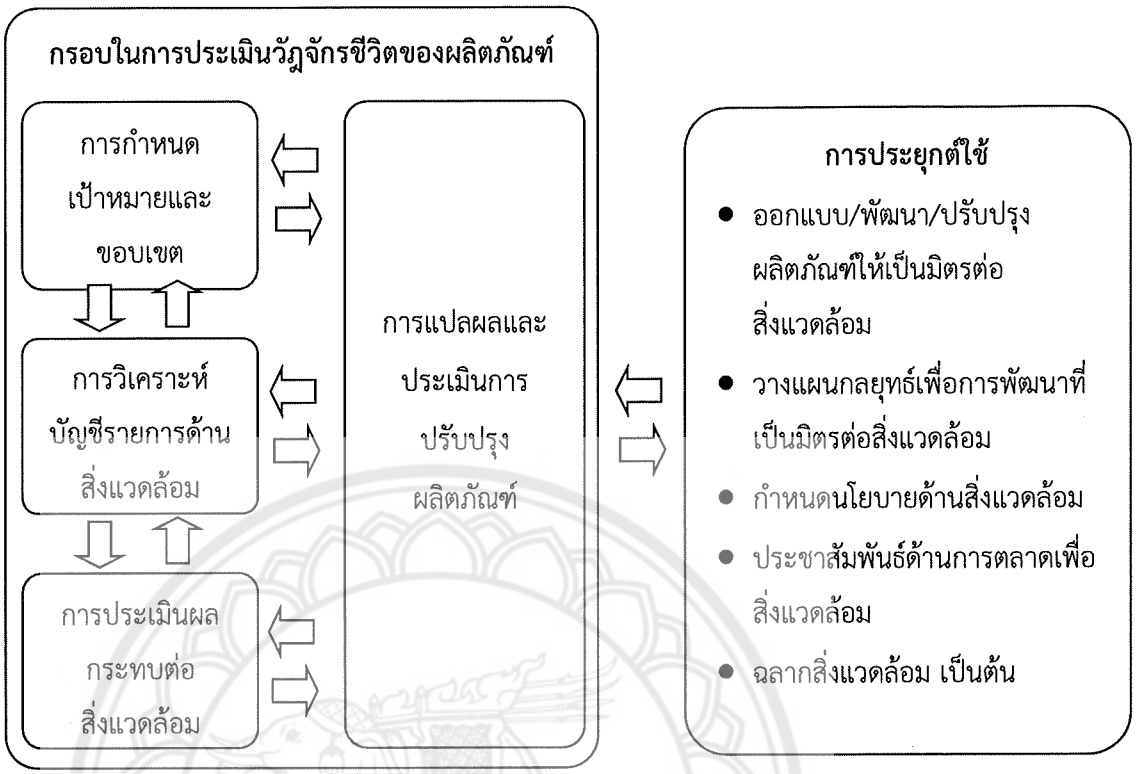
1. การประเมินวัฏจักรชีวิต [1]

1.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

1.2 หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่ (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) (3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และ (4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040

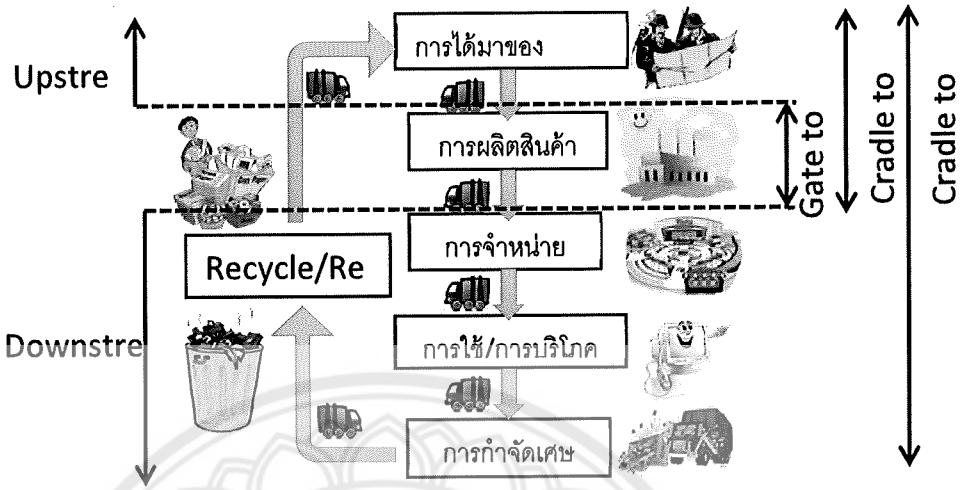
1.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

1) การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนแรกในการทำ LCA โดยพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา เพื่อให้ผู้รับสามารถนำผลการประเมินไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ ผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าการใช้งานไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมเป้าหมายเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายและวัตถุประสงค์ จะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่าง ๆ ของเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง การกำหนดเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ต้องครอบคลุมปัญหาเหล่านี้ ได้แก่ การนำผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้ทำอะไร การเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นเมื่อมีการนำหลักการ LCA มาพิจารณาและผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไร

2. การกำหนดขอบเขตการศึกษา (System Boundary) [2] คือ การกำหนดในสิ่งที่เราต้องการประเมินวัฏจักรชีวิตภายใต้ข้อจำกัดหรือขอบเขตของผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือกระบวนการรวมถึงปัจจัยที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาไม่ว่าจะเป็นวัสดุและพลังงานที่นำเข้ามาในระบบหรือผลพลอยได้ของเสียที่ออกมาจากระบบซึ่งในการกำหนดขอบเขตของระบบจะต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการประเมินโดยที่สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนของทรัพยากร พลังงานและวัตถุดิบจาก

สิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนนำไปแปรรูปในกระบวนการต่างๆในขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตออกเป็น 4 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 4 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิต

- Gate to gate พิจารณากระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากกระบวนการทั้งหมดในการผลิต

- Cradle to gate ประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต แต่ไม่อาจไม่ร่วมขั้นตอนขั้นตอนการใช้งานหรือการกำจัดซาก

- Cradle to grave เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบเต็มรูปแบบทำการประเมินตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน การจัดการซากตลอดวัฏจักรชีวิต

- Cradle to Cradle เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to grave ในกรณีขั้นตอนการกำจัดซากเป็นแบบกระบวนการรีไซเคิล ทำให้ได้สินค้าเดิมออกมาแสดงขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตทั้ง 4 แบบ

หน่วยหน้าที่และหน่วยการทำงานของระบบ (Function and Functional Unit) ซึ่งระบบอาจมีหน้าที่หลายอย่าง และหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA โดยขึ้นอยู่กับเป้ าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษา จึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่ทำการศึกษาให้ชัดเจน และหน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสารขาเข้าและสารขาออกของระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของ LCA ที่สามารถวัดผลความแตกต่างของระบบได้ และมีหน้าที่พื้นฐาน 3 ประการคือ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนและคุณสมบัติพื้นฐานคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการเนื่องจากการศึกษา LCA ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และข้อมูลมีความแตกต่างกันทั้งที่มาและวิธีการเพื่อได้มาซึ่งข้อมูล ดังนั้นการระบุรายละเอียดและระดับคุณภาพของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ

ต้องการใช้ผลของ LCA เปรียบเทียบกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในช่วงเวลาใดและระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- เทคนิคที่ต้องการศึกษา
- พื้นที่ที่ต้องการศึกษา
- ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและต้องเป็นตัวแทนของสภาพจริง
- แหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อสามารถตรวจสอบประเภทของข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูล
- ความหลากหลายและความไม่แน่นอนของข้อมูลและวิธีที่ใช้

1.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI)

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล หมายถึงการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึง การใช้ทรัพยากรและพลังงาน หรือการปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศ ดิน และน้ำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงจากวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์บัญชีรายการอาจต้องทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เก็บมาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูลหรือประเด็นปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope Definition) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยประเด็นสำคัญต่างๆ ดังนี้

1) การสร้างหน่วยของข้อมูลหรือ การเตรียมการเก็บรวบรวมข้อมูล

การสร้างหน่วยของข้อมูล เป็นการระบุกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในรูปผังแสดงกระบวนการ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงาน โดยเริ่มจากการศึกษาวัตถุดิบ การใช้พลังงาน ขั้นตอนการผลิต การขนส่งการบริโภคและการกำจัด ซึ่งจำเป็นต้องระบุวัตถุดิบ พลังงานและกระบวนการต่าง ๆ ให้ครบถ้วนเนื่องจากมวลสารที่เข้าระบบจะต้องสมมูลกับมวลสารที่ออกจากระบบ

2) การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีความแตกต่างกันตั้งแต่การเริ่มใช้วัตถุดิบซึ่งมีหลากหลายประเภท ต้องสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ และข้อมูลเหล่านั้นต้องมีการเชื่อมโยงกัน ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้ าหมายและขอบเขตการศึกษาว่าจะมีการพิจารณาละเอียดมากน้อยเท่าใด

3) การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูล หากระบบที่เกี่ยวข้องมีหลายประเภท ต้องมีการแจกแจงตามประเภทผลิตภัณฑ์ตามเหตุผลที่ชัดเจนและวิธีที่ระบุไว้ แล้วนำมาคำนวณซึ่งกระบวนการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น NETS (Numerical Environmental Total Standard) Method เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้วิจัย นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ LCA จำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองงานด้าน LCA โดยเฉพาะ สามารถเลือกได้ตามชนิดและข้อมูลของงาน เช่น ฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro ที่ถูกพัฒนาขึ้นและเป็นที่นิยมในวงการ LCA

4) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ต้องมีการควบคุมกระบวนการตั้งแต่การคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูลและสรุป

5) การเชื่อมโยงข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ต้องมีความเชื่อมโยงกัน โดย Input และ Output จะต้องสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในกระบวนการย่อย

6) การปันส่วนและการแปรใช้ใหม่

การประเมินวัฏจักรชีวิตในระบบที่มีความซับซ้อน เป็นไปไม่ได้ที่จับคลอบคลุมผลกระทบจากขอบเขตของระบบได้ทั้งหมด วิธีแก้ไขสามารถทำได้ 2 วิธี คือ (1) เพิ่มขอบเขตของระบบ (2) จัดทำรายการที่มีความสัมพันธ์กับการศึกษาและประเมินผลกระทบ

7) การนำเสนอของข้อมูลในรูปของแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย

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

1.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

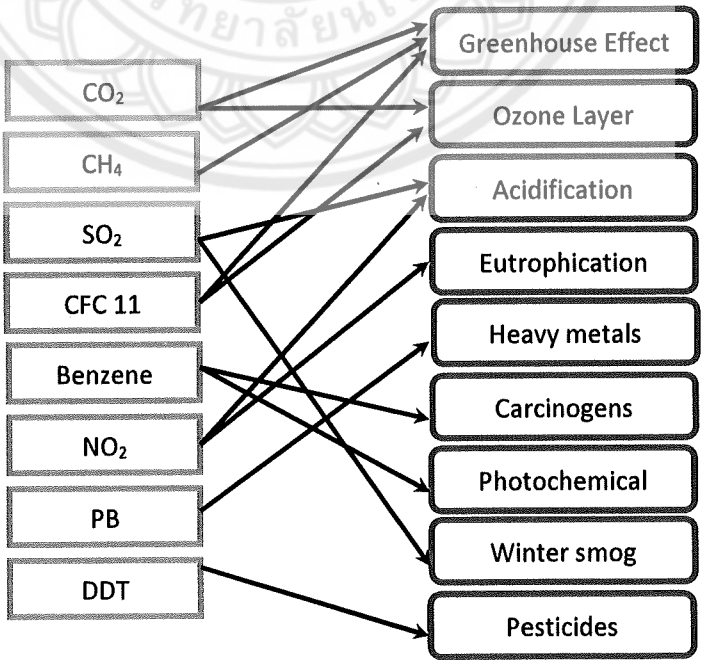
เป็นการนำข้อมูลมาทำการแปลงแยกแยะตามชนิดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญแต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

1) <u>การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ (Impact Categories)</u> เป็นการจำแนกว่าระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้าง และเกิดขึ้นในกระบวนการใด โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการมาใช้วิเคราะห์และจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ของสารขาเข้าและสารขาออกทั้งหมดอย่างเป็นหมวดหมู่ สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและนิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพื่อประเมินผลกระทบ ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)
- การทำให้โลกร้อน (Global Warming)
- การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion)
- การสิ้นเปลืองทรัพยากร (Resource Depletion)
- การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี(Photochemical Oxidation)
- การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification)
- การก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษในมหาสมุทร (Aquatic Ecotoxicicity)
- ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Nutrification)

2) การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท (Classification and characterization) การจำแนกประเภท คือขั้นตอนการจำแนกกลุ่มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลที่ได้ในการจัดทำบัญชีรายการหรือ LCI โดยจะดูถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับผลกระทบที่เกิดขึ้นยกตัวอย่าง เช่น NO_2 ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้าน การเกิดฝนกรด (Acidification) และการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของพืชชั้นต่ำในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ดังภาพที่ 5 ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ได้แก่



ภาพที่ 5 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซชนิดที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมในบรรยากาศของโลกมากที่สุดในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ เป็นตัวการสำคัญที่สุดของปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินเพื่อผลิตไฟฟ้า การตัดไม้ทำลายป่า

- ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดจากของเสียจากสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย การทำนาที่ลุ่มน้ำท่วมขัง การเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินก๊าซธรรมชาติ และการทำเหมืองถ่านหิน

- ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และจากการใช้ปุ๋ยไนเตรดในไร่นา การขยายพื้นที่เพาะปลูก การเผาไหม้ เผาหญ้า มูลสัตว์ที่ย่อยสลาย และเชื้อเพลิงถ่านหินจากอุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในขบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมี หรืออุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด

- คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon- CFsC) เป็นก๊าซที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในเครื่องทำความเย็นชนิดต่างๆ เป็นก๊าซขับดันในกระป๋องสเปรย์ และเป็นสารผสมทำให้เกิดฟองในการผลิตโฟม เป็นต้น ซีเอฟซี มีผลกระทบรุนแรงต่อบรรยากาศทั้งในด้านทำให้โลกร้อนขึ้น ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และทำลายบรรยากาศโลกจนเกิดรูรั่วในชั้นโอโซน

3) <u>การกำหนดบทบาท (Characterization)</u> คือ การแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภท ว่าก่อให้ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านใดแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานหรือที่เรียกว่าEquivalent or Characterization factors: EF โดยสามารถหาได้จากสมการ

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

EP_j = (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent)

Q_i = (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} = (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

4) <u>การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization)</u> คือ ขั้นตอนการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$NP_{j(product)} = EP_j / (T \times ER_j)$$

$NP_{j(product)=}$ (Normalized environment impact potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization reference) คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

5) การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

WP_j = (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year: Pt.)

WF_j = (Weighting factor) คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

สำหรับในโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นได้ใช้ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรปค่าที่ได้หลังจากขั้นตอนการให้น้ำหนัก เรียกว่า คะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) มีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ Person for target year หน่วยเดียวกับค่า NP_j ซึ่งหน่วย Pt. เกิดจากกระบวนการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวม ค่าในกลุ่มผลกระทบที่มีหน่วยต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนมีหน่วย kg CO_2 ภาวะการลดลงของชั้นบรรยากาศมีหน่วย kg CFC11 โดยการหาด้วยค่ากลาง ดังนั้นค่า Pt. จะเป็นการแสดงจำนวนเท่าของค่ากลาง จะสามารถรู้ว่าค่านั้นมีค่ามากหรือน้อยจะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ากลาง หรือใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Pt ด้วยกัน

1.2.4 การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของ LCA คือ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมหรือ LCI แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มาสรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบนั้นเป็นเท่าใด และสามารถทำให้ทราบถึงที่มาของผลกระทบนั้นเพื่อที่จะนำไปสู่ ผลสรุป และข้อเสนอแนะต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการแปลความหมายของผลกระทบนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง และอยู่ภายใต้เป้าหมายวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนแรกด้วย วัตถุประสงค์ของการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นก็เพื่อ จำแนกแนวทางและหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงประเด็น หรือสามารถนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้ โดยอาศัยมุมมองทาง

สิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจต่อไปสำหรับขั้นตอนการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นประกอบด้วยขั้นตอนหลักสามขั้นตอน ได้แก่

- การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ โดยทั่วไปจะพิจารณาเลือกช่วงในวัฏจักรชีวิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุ เพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลกระทบลดลงต่อไป
- การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกันโดยมองถึงความเป็นไปได้ถึงแนวทางทั้งหมดที่จะนำมาปรับปรุง โดยสอดคล้อง กันกับกระบวนการ ทั้งในด้านเทคนิคและต้นทุนประกอบกันเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด
- คัดเลือกทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยทำการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยเรียงลำดับจากวิธีที่เป็นไปได้มากที่สุดจากมากไปหาน้อยในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกับความเหมาะสมของเทคนิคและต้นทุนในทางเลือกนั้นๆ โดยจัดทำเป็นบทสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานผลที่ได้ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไป

1.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ [3]

ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ การเลือกผลิตภัณฑ์ การจัดทำแผนผังวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การกำหนดขอบเขตการประเมิน การรวบรวมข้อมูล การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และการตรวจสอบความถูกต้อง

1.3.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน ควรกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของโครงการ ประเด็นสำคัญที่ควรนำมาพิจารณา คือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจนได้รับการรับรองฉลากคาร์บอนได้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความได้เปรียบในเชิงการแข่งขัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมีโอกาสทางด้านการตลาด เพื่อสิ่งแวดล้อมและมีศักยภาพในการส่งออกไปยังประเทศที่มีข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม โอกาสและความร่วมมือจากผู้จัดหาวัตถุดิบ เวลาและทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

1.3.2 กำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน เพื่อศึกษาและประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานหรือกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ให้ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซาก โดยขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อจำแนกรายการวัตถุดิบทั้งหมด กิจกรรมและกระบวนการที่เกี่ยวข้องเช่น วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ การจัดทำแผนผังวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7

ภาพที่ 6 แผนผังวัฏจักรชีวิตสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Business-to-Consumer

ภาพที่ 7 แผนผังวัฏจักรชีวิตสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Business-to-Business

การสร้างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การวิเคราะห์รายการวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้น โดยครอบคลุมถึงวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้สำหรับการจัดเก็บสินค้าและการขนส่ง โดยอาจเริ่มต้นง่ายๆ จากการใช้สูตรการผลิต (Bill-of-Materials: BOM)

2. แจกแจงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการใช้ รวมถึงภาชนะบรรจุต่างๆ

3. แจกแจงรายการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการบริโภค เช่น การผลิตและขนส่งวัตถุดิบ การผลิตสินค้า การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซาก

1.3.3 การกำหนดขอบเขตการประเมิน การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. แบบ Business-to-Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Grave

2. แบบ Business-to-Business (B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Gate

1.3.4 การรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิสำหรับนำมาใช้ประเมิน ให้รวบรวมข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในการควบคุมขององค์กร ตัวอย่างเช่น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุดิบและสาธารณูปโภคในกระบวนการผลิต การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นต้น ในกรณีของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำ ที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตได้

สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมมาพิจารณาได้ โดยต้องพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มาจากพื้นฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกับกระบวนการที่สนใจมากที่สุด โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1. ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

2. ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peerreviewed publications)

3. ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป เช่น ฐานข้อมูลจากซอฟต์แวร์ ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรมฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

4. ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ

1.4 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ [3]

ในส่วนนี้จะอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดและวิธีการคำนวณคาร์บอน**ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์** โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์**เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน**ของผลิตภัณฑ์ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณ ดังสมการต่อไปนี้

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2Emission) สามารถคำนวณได้จากสมการ 1

$$CO_2\text{Emission} = (EF \times AD) \qquad (1)$$

โดยที่ CO_2Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2

EF (Emission factor) = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO_2

AD (Activity data) = ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซ CO_2

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 Emission) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2 [1]

$$\text{Net } CO_2 \text{ Emission} = CO_2\text{Emission} - CO_2\text{reduction} \qquad (2)$$

โดยที่ Net CO_2 Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

CO_2Emission = ปริมาณที่ปล่อยก๊าซ CO_2

CO_2reduction = ปริมาณที่ลดการปล่อยก๊าซ CO_2

2. ทฤษฎีเบื้องต้นของการอบแห้ง [4]

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงทำให้เก็บรักษาได้ไม่นานการอบแห้งจะทำให้ช่วยเก็บรักษาผลผลิตได้ยาวนานขึ้น

การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสียและยืดเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในการพัฒนาวิธีการอบแห้งผลผลิตเกษตรได้มีการพัฒนามาเป็นลำดับ ตั้งแต่วิธีการตากแห้งโดยอาศัยแสงแดดจนกระทั่งพัฒนามาเป็นการใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น การอบแห้งมีหลายวิธีแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เช่น การอบแห้งโดยวิธีตากแห้งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดพลังงานแต่ใช้เวลาในการอบแห้งนาน การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทำได้ยากเนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ การอบแห้งด้วยลมร้อนทำให้มีการใช้พลังงานที่สูงในการให้ความร้อนกับตัวกลางของไหล (ลม) และลมร้อนก็จะถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์และของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวโดย Capillary Flow ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้นและความดันไอที่แตกต่างกันระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน การอบแห้งด้วยวิธีนี้มีความสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่าวิธีการตากแห้งแต่สามารถชดเชยในเรื่องเวลาการอบแห้งซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ามากและความสามารถในการอบแห้งสูงกว่า การอบแห้งจะมีลักษณะแห้งจากภายนอกเข้าสู่ภายในทำให้เมื่ออบแห้งใกล้ถึงความชื้นที่ต้องการไอน้ำในเนื้อวัสดุข้างในจะออกมาที่ผิวยากขึ้นเนื่องจากโครงสร้างผิวมีความพรุนน้อยลงจึงใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าผิวของวัสดุมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมากอุณหภูมิและความ เข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ส่งผลให้อัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของอากาศร้อนมีค่าคงที่และเมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวของวัสดุย่อมเปลี่ยนไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นไอน้ำที่ผิววัสดุจะลดลงส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นที่อยู่ที่ระหว่างการอบแห้งด้วยอัตราคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต อัตราการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งไม่เกิดความแตกต่างของความดันไอจะเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับความชื้นสมดุล

การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร (Heat and Mass Transfer)

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่วัสดุทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนที่ออกจากวัสดุ แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านวัสดุทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธี คือ

1. การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านวัสดุกระแสลมร้อนจะทำหน้าที่ให้ความร้อนและเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อน (convection)

2. การแผ่วัสดุเป็นชั้นบางๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) ทำให้ไอน้ำกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนือวัสดุ วัสดุที่ร้อนจัดทำให้ไอน้ำกระจายตัวได้ดีวัสดุ จึงแห้งในเวลาสั้นๆ

3. การให้ความร้อนแก่วัสดุในเครื่องอบโดยการนำความร้อน การพาความร้อนหรือการแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศที่มีอากาศออกไปควบแน่นข้างนอก

4. การปรับสภาพความดันและอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดร่วมสาสามสถานะ (Triple Point) แล้วให้พลังงานความร้อนหรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิดน้ำ เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอโดยตรง วิธีนี้เรียกว่า การทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง

5. การทำแห้งอีกแบบหนึ่งไม่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนแต่เป็นการใช้ความดันออสโมติก ลดปริมาณน้ำจากชิ้นอาหาร ได้แก่ การทำผลไม้แช่อิ่ม เมื่อแช่ชิ้นผลไม้ในน้ำเชื่อม น้ำในอาหารจะเคลื่อนย้ายออกมาที่น้ำเชื่อมข้างนอกและน้ำเชื่อมจะเคลื่อนแทนที่เข้าไปในชิ้นผลไม้จนความเข้มข้นภายในและภายนอกผลไม้เท่ากัน แต่วิธีนี้ยังคงเหลือน้ำในชิ้นผลไม้อีกจึงนิยมนำไปแปรรูปโดยการทำแห้งอีกครั้งหนึ่ง

ความสำคัญของการอบแห้ง [5] ประโยชน์ของการอบแห้งสามารถสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย

2. เพื่อลดปริมาตรและน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและขนส่งได้

3. เพื่อช่วยในกระบวนการการผลิตดีขึ้น ในกรณีนี้อาจจะไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ

การหาค่าความชื้นของวัสดุ [6] การหาความชื้นแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีตรงและวิธีอ้อม ได้แก่

1. วิธีทางตรง เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูดความชื้นในห้องสุญญากาศเป็นวิธีที่ใช้เวลาแต่มีความถูกต้องสูง สามารถนำมาใช้อ้างอิงได้

2. วิธีทางอ้อม สามารถทำได้โดยการวัดคุณสมบัติของวัสดุซึ่งขึ้นกับความชื้น เช่น ความต้านทานไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเลคตริค เป็นวิธีที่สามารถทำได้โดยรวดเร็ว แต่มีความถูกต้องไม่สูงนัก

วิเคราะห์การอบแห้ง [5]

ค่าความชื้น (Moisture content, M) คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุกับมวลของวัสดุตามมาตรฐาน AOAC (Association of Official Analytical Chemists, AOAC 2005) ความชื้นในวัสดุสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, M_w) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, M_d) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

สมการความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{w - d}{w} \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)

w คือ มวลเปียกของวัสดุ (g)

d คือ มวลแห้งของวัสดุ (g)

สมการความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{w - d}{d} x100 \qquad (4)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)

w คือ มวลเปียกของวัสดุ (g)

d คือ มวลแห้งของวัสดุ (g)

การหาค่าความชื้นนี้นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎีและช่วยในเรื่องของการคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ที่ว่าเกือบคงที่นี้เป็นเพราะวัสดุทางการเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาพลาญสารอาหารทำให้ส่วนใหญ่มวลแห้งจะมีการลดลงเพียงเล็กน้อย

ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ [7]

ในการอบแห้งจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากวัสดุเกษตรขณะอบแห้ง ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดความชื้นเริ่มต้น ความชื้นสุดท้าย และปริมาณของผลผลิตที่ต้องการอบแห้ง จะสามารถคำนวณน้ำหนักสุดท้ายหลังอบแห้งแล้วนำไปคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย ออกจากผลิตภัณฑ์ได้จากสมการ

$$W_f = W_i \frac{(1-M_i)}{(1-M_f)} \qquad (5)$$

$$m_w = W_i - W_f \qquad (6)$$

เมื่อ W_f คือ น้ำหนักสุดท้ายหลังอบแห้ง, g

W_i คือ น้ำหนักก่อนอบแห้ง, g

M_f คือ ความชื้นสุดท้ายหลังอบแห้ง, (w.b)

M_i คือ ความชื้นก่อนอบแห้ง, (w.b)

m_w คือ น้ำหนักน้ำที่ต้องระเหย, g

อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง [7]

เมื่อเราทราบปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยและระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งแล้วจะนำไปประเมินอัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุอบแห้ง ซึ่งสามารถประเมินได้จากสมการ

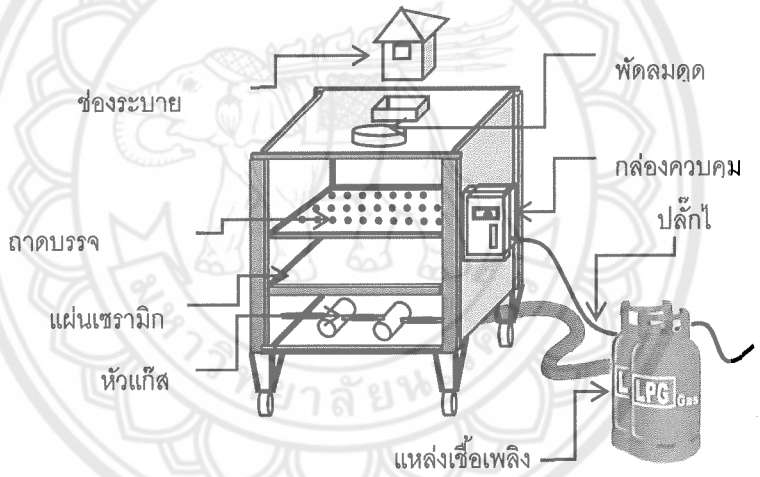
$$\dot{m}_w = \frac{m_w}{t} \quad (7)$$

เมื่อ $\dot{m}_w$ คือ อัตราการระเหยน้ำ, g-water/h

m_w คือ น้ำหนักน้ำที่ต้องระเหย, g

t คือ เวลาในการอบแห้ง, h

เครื่องอบแห้งโดยใช้การแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลร่วมกับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลี่ยมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) เป็นเครื่องอบแห้งโดยใช้การแผ่รังสีร่วมกับเชื้อเพลิง LPG ดังแสดงในภาพที่ 3 เป็นเครื่องอบแห้งต้นแบบที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยการแผ่รังสีอินฟาเรดร่วมกับเชื้อเพลิง LPG เครื่องอบแห้งมีขนาดความจุ 2-3 kg แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนกำเนิดความร้อน (ห้องเผาไหม้) ส่วนห้องอบแห้งและกล่องควบคุมโดยมีรายละเอียดและส่วนประกอบดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งโดยใช้การแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกล
ร่วมกับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว

1. ส่วนกำเนิดความร้อน ประกอบด้วยห้องเผาไหม้ แผ่นเซรามิก ท่อนำแก๊สและหัวแก๊ส เป็นส่วนที่ให้คลื่นความร้อนกับห้องอบแห้ง โดยนำแผ่นเซรามิกมาใช้เป็นตัวกำเนินคลื่นความร้อน ให้แก่ห้องอบแห้งและแผ่นเซรามิกจะได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลี่ยมเหลว (Liquefied Petroleum Gas)

2. ส่วนห้องอบแห้ง ประกอบด้วยถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ถูกเจาะเป็นรูวงกลมขนาดประมาณ 3/16 หุน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถสัมผัสกับคลื่นความร้อนได้โดยตรงและพัดลมดูดอากาศจะติดอยู่ที่ช่องระบายอากาศบนหลังคาตู้อบ ช่องระบายอากาศจะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมและหลังคารูปทรงสี่เหลี่ยมหน้าจั่ว ความ

ร้อนจากส่วนกำเนินความร้อนจะสามารถเข้าสู่ห้องอบแห้งได้ทางด้านล่าง โดยการแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นเซรามิกมายังผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง

3. ส่วนกล่องควบคุม ประกอบด้วยสวิตช์เปิด-ปิดเครื่องและสวิตช์เปิด-ปิดพัดลมดูดอากาศ ตัวควบคุมเวลา และตัวควบคุมอุณหภูมิ โดยทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายแก๊ส ควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้ง ควบคุมการทำงานของพัดลมดูดอากาศ ควบคุมเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

ตู้อบแบบนี้จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใดๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบที่เข้มงวด หรืออบวัตถุดิบหลายๆ ชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อยๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเครื่องอบแห้งประเภทต่างๆ [8]

	สภาพของวัตถุดิบ	เครื่องอบ	การเดินเครื่อง	กระแสของลมร้อน	กำลังผลิต	วัตถุดิบที่เหมาะสม	
						ดีมาก	ดี
ระบายความร้อนด้วยลมร้อน	ปลิวไปกับลมร้อน	Flash dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	2,3	
		Spray dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	1,2	
	กวน	drying tumbler, through flow drying tumbler	ต่อเนื่อง	ขนานไหลผ่านกระแสชนกัน	สูง	3,4,5	
		Bezel stirring dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน (ขนาน)	สูง	3	
		Fluidized bed dryer	batchหรือต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	3	
		Multistage disk dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง		3
	วางนิ่ง	Tray dryer	batch	ขนาน	ต่ำ	7	2,4

	สภาพของวัตถุดิบ	เครื่องอบ	การเดินเครื่อง	กระแสของลมร้อน	กำลังผลิต	วัตถุดิบที่เหมาะสม	
						ดีมาก	ดีมาก
รับความร้อนด้วยลมร้อน	วางนิ่ง	Tray dryer	batch	ขนาน	ต่ำ	7	2,4
			ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน		2,5,6	3,4,7
	เคลื่อนที่	Tunnel dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง	2,7,8	4,5,9
		Nozzle jet dryer	ต่อเนื่อง	กระแสชนกัน	สูง	8,9	
		band dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	2,5,6	3,4,7
		turbo dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3	
		Vertical dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3,4	
	กวน	bezel, disk stirring dryer (ความดันปกติสุญญากาศ)	batchหรือต่อเนื่อง		ต่ำ	2,3	
		steam heated tube bundle drying tumbler	ต่อเนื่อง		สูง	3,4,5	
	วางนิ่ง	Vacuum, freeze tray dryer	batch		ต่ำ	10	2,3
	เคลื่อนที่	drum dryer	ต่อเนื่อง		ต่ำ	1,2	
		multi-disk dryer	ต่อเนื่อง		สูง	8	
	เครื่องอบแบบอินฟราเรด		batchหรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง	9	8
	เครื่องอบไมโครเวฟ		batchหรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง		7

หมายเหตุ: ประเภทวัตถุดิบ 1.วัตถุดิบที่เป็นของเหลวหรือ slurry 2. วัตถุดิบที่เป็นครีม 3. วัตถุดิบที่เป็นผง 4.วัตถุดิบที่เป็นก้อน 5.วัตถุดิบที่เป็นเกล็ด 6.วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยสั้นๆ 7.วัตถุดิบหล่อ 8.วัตถุดิบที่เป็นแผ่นบางต่อเนื่อง 9.ผิวที่ทาเคลือบไว้ 10.วัตถุดิบแข่แข็ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อีลีหย๊ะ สนิโซ และคณะ [9] ศึกษาเรื่องสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมรังสีอินฟราเรด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด เพื่อหาอัตราส่วนความชื้นและสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม มีวิธีการคือนำเห็ดไปทำความสะอาดและนำไปทำให้ความชื้นสม่ำเสมอ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้นสุ่มตัวอย่าง ประมาณ 40-50 กรัม ไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC 2005 ที่เหลือนำไปวางในอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมในภาชนะปิด เป็นเวลา 30-60 นาที ก่อนทดลองอบแห้ง จากนั้นนำเห็ดนางฟ้าไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 300 กรัม ไปอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180-240 นาที ระหว่างการอบแห้งในชั่วโมงแรก นำเห็ดมาชั่งน้ำหนักทุกๆ15 นาที ชั่วโมงที่ 2 และ 3 นำมาชั่งทุกๆ20 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที ทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ผลการทดลองสรุปได้ว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุด มีอัตราส่วนความชื้นลดลงจาก 1.00 เฉลี่ยเท่ากับ 0.23 0.18 0.08 และ 0.06 ตามลำดับ ในเวลา180 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอบแห้งเห็ดนางฟ้า

อภินันท์ วัลภา และคณะ [10] ศึกษาเรื่องผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของเห็ดนางฟ้าภูฐานระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอินฟราเรดแบบถังหมุน เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งจะสุ่มตัวอย่างทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 540 นาที เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความชื้นตามวิธีมาตรฐาน AOAC วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter Minolta Model DP-301) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE โดยการทดสอบครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของค่า L* (color lightness index) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความเข้มของสีที่พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ว่ามีความสว่างหรือความมืดมากเพียงใด มีค่าตั้งแต่ 0 คือวัสดุมีสีดำจนถึง 100 คือวัสดุมีสีขาว พบว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งในช่วง 150 นาทีแรกของการอบแห้ง อัตราการลดลงของความชื้นเห็ดเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากรูปแบบการให้ความร้อนของรังสีอินฟราเรดที่มีต่อวัสดุที่มีความชื้นสูง ซึ่งไม่มีประสิทธิภาพเหมือนวัสดุความชื้นต่ำ แต่หลังจากความชื้นของตัวอย่างลดลงถึงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นเริ่มต้น อัตราการลดลงของความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเข้าสู่สภาวะการอบแห้งคงที่ จากนั้นความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเข้าสู่ระดับความชื้นสมดุล และการเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งค่า L* ลดลงตาม

ระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเห็ดมีสีคล้ำลงตามระยะเวลาที่ใช้ ผลการทดลองสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลงมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการอบแห้งเท่ากันในการอบแห้ง

อภินันท์ วัลภา และคณะ [11] ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอิฟาเรด การทดลองเป็นมะม่วงหิมพานต์เกรดบี ขนาด1.2-1.5 กรัมต่อเมล็ด มีความชื้นเฉลี่ย 4.02 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเปียก วางตัวอย่างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ 200 กรัมบนตะแกรงที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับตะแกรงได้ 3 ระยะ คือ 15, 20 และ 25 ซม. แต่ละระยะมีการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรด 3 ระดับคือ 0.2, 0.4 และ 0.6 วัตต์/ตารางเซนติเมตร ในแต่ละสภาวะของการทดลองจะใช้ระยะเวลาในการคั่วอบ 10, 20, 30, 40, 50และ 60 นาที ตัวอย่างที่ผ่านการคั่วอบแล้วจะนำมาทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นก่อนนำมาตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและความชื้นตามวิธี AACC (2000) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีแนวโน้มลดลงตามเวลาที่ใช้ในการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด เมื่อมีการจ่ายพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ให้กับหลอดอินฟราเรดเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบเพิ่มสูงขึ้น ระยะห่างที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้อัตราการลดลงของความชื้นลดต่ำลง ในทุกๆระดับการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรดในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด

อำไพรศักดิ์ ทีบุญมา และคณะ [12] ศึกษาเรื่องการอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด และหาสมการการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งขิง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนความชื้น อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ วิธีการทดลองจะใช้ขิงอายุ 10 เดือน หั่นขวางหนาประมาณ 0.2 เซนติเมตร ทำการอบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 990-1020 เปอร์เซ็นมาตรฐานแห้ง อบจนกระทั่งน้ำหนักของขิงคงที่ โดยทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขความดันสัมบูรณ์ 5 10 และ 15 กิโลปาสคาล และอุณหภูมิอบแห้งที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อลดความดันสัมบูรณ์หรือเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งจะทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงและยังพบว่า สมการของ Modified Henderson and Pabis สามารถทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรดได้ดีที่สุด โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) มากที่สุด และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error, RMSE) น้อยที่สุด

กิตติ สถาพรประสาธน์ และคณะ [13] ศึกษาเรื่องอิทธิพลของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบการอบแห้งด้วยเจตสเปาเต็ดเบดเป็นจังหวะ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการอบแห้งด้วยเจตสเปาเต็ดเบดเป็นจังหวะร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล (FIR) ซึ่งใช้สำหรับการอบแห้งวัสดุทางการเกษตร และได้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิอบแห้งที่ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส และรูปแบบการอบแห้งเป็นจังหวะที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

วัสดุทางการเกษตร ซึ่งในที่นี้ได้แก่เมล็ดพริกไทยและพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ในงานวิจัยนี้จะใช้การอบแห้งเป็นจังหวะโดยการจ่ายอากาศเข้าระบบเป็นช่วงเท่านั้น โดยการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเน้นไปที่จลนพลศาสตร์การอบแห้งพริกไทย และความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งที่เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ ส่วนที่สองเน้นไปที่คุณภาพทางกายภาพของพริกไทยที่ได้จากการอบแห้ง ผลการทดลองสรุปได้ว่า การอบแห้งเป็นจังหวะร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลกับการอบแห้งด้วยเจตสเปาเต็ดเบดในช่วงที่ระบบหยุดพักการทำงานสามารถลดการใช้พลังงานในการอบแห้งลงได้มาก โดยการอบแห้งแบบเป็นจังหวะด้วยการจ่ายอากาศเข้าสู่ระบบเป็นช่วงและการอบแห้งต่อเนื่องต่อด้วยการจ่ายอากาศเข้าสู่ระบบเป็นช่วงพร้อมกับประยุกต์ FIR เข้ากับระบบในช่วงที่ระบบหยุดพักการทำงาน (หรือ SV-FIR และ CSV-FIR ตามลำดับ) ที่อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส จะช่วยลดการใช้พลังงานในการอบแห้งลงได้ 31 - 36% เมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบต่อเนื่อง ในเรื่องของคุณภาพของพริกไทย พบว่า อุณหภูมิอบแห้งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของพริกไทย โดยพริกไทยที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าและการแตกของเมล็ดพริกไทยระหว่างการอบแห้งเป็นจังหวะกับการอบแห้งต่อเนื่องมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ปราณี หนูทองแก้ว และคณะ [14] ศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิต ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยทำการวิจัยตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใดตามมาตรฐาน ISO 14040-14043 ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การจัดทำบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบ การแปลผลวัฏจักรชีวิต ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ผลกระทบที่เกิดจากการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตรมีค่าเท่ากับ 1.52 × 10-3 Pt ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่ คือ การเกิดพิษในดินที่ส่งผลต่อมนุษย์ (Human toxicity soil) มีค่าความรุนแรงของผลกระทบ เท่ากับ 2.70 × 10-4 Pt รองลงมา คือ การก่อตัวของโอโซนที่เป็นพิษต่อพืช (Ozone formation Vegetation) และ การก่อตัวของโอโซนที่เป็นพิษต่อมนุษย์ (Ozone formation Human) ซึ่งมีค่าความรุนแรงของผลกระทบเท่ากับ 2.21×10-4 Pt และ 2.09 × 10-4 Pt ตามลำดับ ขั้นตอนที่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการใช้งาน มีค่าความรุนแรงของผลกระทบ เท่ากับ 8.00 × 10-4 Pt รองลงมา คือ กระบวนการการผลิตไบโอดีเซล และกระบวนการทางการเกษตร ซึ่งมีค่าความรุนแรงของผลกระทบ เท่ากับ 6.01× 10-4 Pt และ 1.23 × 10-4 Pt ตามลำดับ ผลกระทบส่วนใหญ่ที่เกิดในขั้นตอนการใช้งาน คือ การก่อตัวของโอโซนที่เป็นพิษต่อพืช (Ozone formation Vegetation) ซึ่งมีค่าผลกระทบเท่ากับ 2.08 × 10-4 Pt รองลงมา คือ การก่อตัวของโอโซนที่เป็นพิษต่อมนุษย์ (Ozone formation Human) และ การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำ (Terrestrial eutrophication) ซึ่งมีค่าความรุนแรงของผลกระทบ เท่ากับ 1.94× 10-4 Pt และ 1.93× 10-4 Pt ตามลำดับ

นวรัตน์ จงมีสุข และคณะ [15] ศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิม ทั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการผลิตวัตถุดิบและการขนส่งวัตถุดิบมายังบริษัทผลิตสี และใช้ข้อมูล

ปฐมภูมิสำหรับกระบวนการผลิตสีในบริษัท โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิม 1 ตันครอบคลุมการผลิตวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังบริษัทผลิตสี และกระบวนการผลิตสีในบริษัท โดยดำเนินการตามวิธีที่กำหนดไว้ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.2 สำหรับประมวลผลข้อมูลและผลกระทบที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิม 1 ตัน เกิดจากการผลิตวัตถุดิบมากที่สุด รองลงมาคือกระบวนการผลิตสีในบริษัทและการขนส่งวัตถุดิบมายังบริษัทผลิตสี ซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ คือ ด้านก่อให้เกิดความเป็นพิษของแหล่งน้ำทะเล ก่อให้เกิดความเป็นพิษของแหล่งน้ำจืดและศักยภาพในการทำให้เกิดฝนกรด ส่วนในด้านสำหรับการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิมในบริษัทที่แม้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก แต่ก็พบว่าสาเหตุของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาจากการใช้กระแสไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลในการผสมวัตถุดิบ การบดและการบรรจุ สำหรับการขนส่งวัตถุดิบมายังบริษัทผลิตสี ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าระยะทางและน้ำหนักของวัตถุดิบเป็นตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก ดังนั้นการขนส่งสารอีพอกซี เรซิน ซึ่งให้ค่าปริมาณ-ระยะทางมากที่สุด จึงเป็นสาเหตุหลักของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

ประพิธาร์ ธนารักษ์ และคณะ [16] ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยงานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว ประเมินตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐาน ISO 14040 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การประเมินผลกระทบ การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต ผลการศึกษาสรุปได้ว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 38.23 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต หรือ 0.04 $kgCO_2eq$/kg โดยขั้นตอนการเพาะปลูก มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 20.68 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต รองลงมาคือขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การเตรียมดินและการเตรียมท่อนพันธุ์ 9.98 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต 4.02 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต และ 3.55 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต ตามลาดับ และมีการใช้พลังงานทั้งหมด 202.66 MJ/ตันผลผลิต ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานมากที่สุด 119.30 MJ และขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ใช้พลังงานน้อยที่สุด 22.14 MJ

กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์ [17] ศึกษาเรื่องการศึกษาการแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวภาพเพื่อใช้ในการอบแห้ง ในงานวิจัยนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบการแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลของเซรามิก การนำเซรามิกมาใช้ในกระบวนการอบแห้งโดยการแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกล ซึ่งการให้ความร้อนแก่แผ่นเซรามิกที่อุณหภูมิตั้งแต่ 5 °C – 145 °C และเพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 5 °C เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความยาวคลื่นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่การแพร่ออกมาจากผิวเซรามิกที่อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่กำหนดตามกฎของแพลงค์ จากการศึกษาพบว่าพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่ส่งออกมาจากแผ่นเซรามิกจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และความยาวคลื่นที่ให้กำลังการแพร่รังสีสูงสุดจะมีขนาดความยาวคลื่นสั้นลงเมื่อระดับอุณหภูมิของแผ่นเซรามิกสูงขึ้น จากการทดลองการอบแห้งขิงขนาด 1x1x1 cm ที่ระยะห่างระหว่างแผ่นเซรา

อ TP
262
พ7435
1044842 2559

มิกกับถาดบรรจุภัณฑ์ และอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้งต่างๆกัน เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการอบแห้งแบบมีแผ่นเซรามิกและไม่มีแผ่นเซรามิกเป็นตัวกำเนิดคลื่นความร้อน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งขิง คือ การอบแห้งที่ระยะ 5 cm อุณหภูมิ 80 °C ซึ่งสามารถลดความชื้นจาก 1207.9 %db ให้เหลือ 13.2 %db ในเวลาการอบแห้ง 2 ชั่วโมง อัตราการอบแห้ง 0.008 g H_2O/min โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง 11.5 MJ/g H_2O evap

ไพรัช อุศุภรัตน์ และคณะ[18] ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีจุดประสงค์เพื่อให้องค์กรใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลในวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษสู่สภาวะแวดล้อม และสามารถนำผลไปใช้เพื่อการวางแผนจัดการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ขอบเขตในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2553 วิธีการขั้นตอนการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กรตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตขององค์กร การกำหนดขอบเขตของการศึกษา การระบุแหล่งที่มาและการคำนวณปริมาณของก๊าซเรือนกระจก การจัดทำรายงาน การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน โดยผลการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์ทั้งหมด 34,355 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยแบ่งออกเป็นขอบเขตที่ 1 คิดเป็น 1,693 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขอบเขตที่ 2 คิดเป็น 31,271 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยที่กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพรินท์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 91 และขอบเขตที่ 3 คิดเป็น 1,391 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากพิจารณาคาร์บอนฟุตพรินท์ต่อจำนวนนักศึกษาจะเท่ากับ 1.62 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนักศึกษาหนึ่งคน

นุชนาท วรารักษ์ประภัทร์ และคณะ[19] ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานสุรา มีวัตถุประสงค์ คือ ประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในโรงงานสุราและเสนอแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโรงงานสุรามีวิธีการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้แนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมขององค์กรในแง่มุมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในพื้นที่ศึกษา โรงงานสุราในจังหวัดขอนแก่น โดยมขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมินขององค์กร กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในแหล่งต่างๆ ภายในขอบเขตการดำเนินงาน คำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสรุปผลและประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยกกำหนดขอบเขตองค์กรแบบควบคุมการดำเนินการ และกำหนดปีฐานเก็บข้อมูล คือ ปี พ.ศ. 2556 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2556 ผลการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2556 โรงงานสุรามีปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวม 24.859.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากไบโอจินิคคาร์บอน (ชีวมวลและก๊าซชีวภาพ) มากที่สุด 20991.48 tCO_2eq รองลงมาคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากแหล่งกำเนิดฟอสซิล เท่ากับ 2010.79 tCO_2eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 1857.41 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 84448.09 และ 7.47 ตามลาดับ การหมักส่าเป็นกิจกรรมหลักที่ทาให้

เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในองค์กร รองลงมา คือ การผลิตไอน้ำ (จากการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพ) การใช้พลังงานไฟฟ้า การผลิตไอน้ำ (จากการเผาไหม้น้ำมันเตา) และการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะองค์กรเป็นเจ้าของ คิดเป็นร้อยละ 62.53 21.91 7.47 3.96 และ 2.67 ตามลำดับ

จันจิรา อินทร์จันทร์ [20] ศึกษาการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล มีลักษณะพิเศษคือใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด และสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบปรับอัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งให้คงที่ได้ตามต้องการการศึกษาการอบแห้งเห็ดนางฟ้าโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเห็ดนางฟ้าได้ดังนี้ พบว่า อุณหภูมิสำหรับการอบแห้งเห็ดนางฟ้าเพื่อให้เห็ดมีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาด โดยพิจารณาที่สี ความแห้งของเห็ด อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จำนวนชั่วโมงที่ใช้ คือ 7 ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศ 0.068 กิโลกรัมต่อวินาที โดยอบแห้งเห็ดนางฟ้าที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 933% มาตรฐานแห้ง หรือประมาณ 90.32% มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ 188% มาตรฐานแห้ง หรือประมาณ 18.18% มาตรฐานเปียก ในการศึกษาความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานสำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ซึ่งอบแห้งเห็ดนางฟ้า พบว่า ใช้พลังงานสำหรับการอบแห้งเห็ดนางฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 42.05 เมกกะจูล โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่สามารถประหยัดได้ 27.05 เมกกะจูล งานไฟฟ้าที่ใช้กับขดลวดความร้อน 2.5 เมกกะจูล และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์พัดลม 12.5 เมกกะจูล

ขั้นตอนการวิจัย

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตผลิตภัณฑ์โดยมีขอบเขตตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามนิยามของหลักการเบื้องต้นและขอบเขตของ LCA ในมาตรฐาน ISO-14040 ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และการแปรผล (Life Cycle Interpretation) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

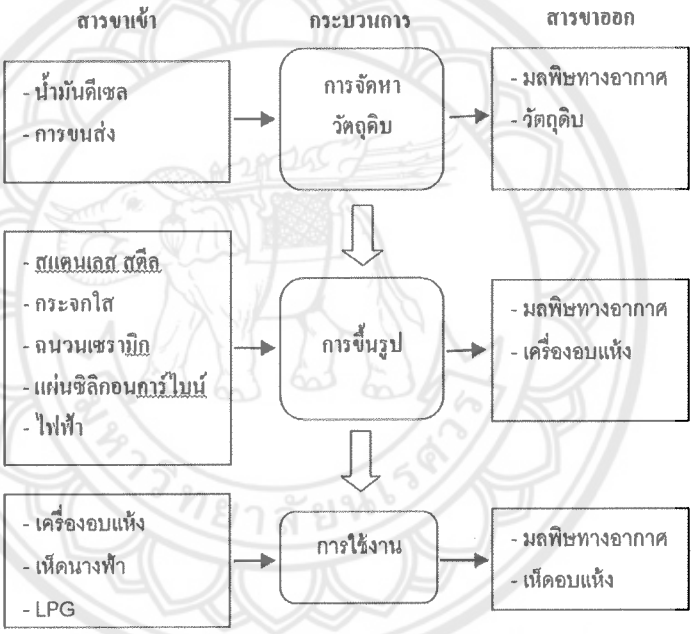
1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งานโดยนำมาใช้อบเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งอาจ

ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้โดยศึกษาเป็นต้นทุนต่อหน่วย คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเครื่องอบแห้งขนาด 0.169 m^3

2. การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการ

เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกของการสร้างเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยพิจารณาจากทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม [การประเมินวัฏจักรชีวิต,2558] ดังภาพที่ 9 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ การเก็บรวมรวมข้อมูลการใช้วัสดุ พลังงานที่ใช้ รวมทั้งจากการสอบถาม และจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เช่น ค่า Emission Factor นำมาจากฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย



ภาพที่ 9 ชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก

3. การประเมินผลกระทบ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นไม่นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นมาร่วมประเมินด้วย โดยแปรข้อมูลจากบัญชีรายการให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการคำนวณจากสมการ 1 โดยแสดงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

4. การแปรผลการประเมินวัฏจักร

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการ แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการ สรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปรค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการสร้างเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยผลการประเมินวัฏจักรชีวิตแสดงในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) พลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนจะคำนวณจากการนำเชื้อเพลิงทางตรง (Direct energy) เพื่อมาคูณกับค่าการแปลงพลังงาน ดังสมการที่ 2 โดยแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง แสดงค่าความร้อนสุทธิตามเชื้อเพลิง องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์กรมหาชน[6] ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยปริมาณพลังงาน (ค่าความร้อนสุทธิ)

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสุทธิ	หน่วย
น้ำมันดีเซล	36.42	MJ/Litre
ไฟฟ้า	3.60	MJ/kWh
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	26.62	MJ/Litre

ตารางที่ 3 ค่า Emission factor ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย(	อ้างอิง
1	สแตนเลส สตีล (SUS304)	kg	6.15	www.winnipeg.ca
2	แผ่นเซรามิก (silica)	kg	0.0223	IPCC
3	ฉนวนใยแก้ว	kg	2.5453	Thai national database
4	กระจกฉนวนความร้อน	kg	1.6994	Thai national database
5	น้ำมันดีเซล(เผาไหม้)	ลิตร	2.7446	IPCC
6	พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6093	Thai national database
7	ก๊าซหุงต้ม (LPG)	kg	3.11	IPCC

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย(	อ้างอิง
8	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading	km	0.3111	Thai national database
9	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	tkm	0.2681	Thai national database

ผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์การประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบเป็นการขนส่งวัตถุดิบด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ดังแสดงในตารางที่ 4

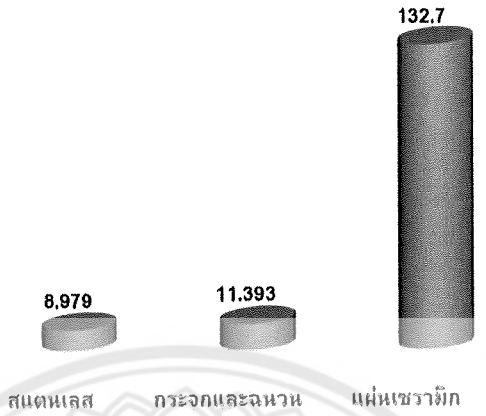
ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq$/หน่วย)	พลังงานที่ใช้ (MJ/หน่วย)
- การจัดหาสแตนเลส ระยะทาง 40 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.904	-

รายการ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq$/หน่วย)	พลังงานที่ใช้ (MJ/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.012	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.744	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	7.319	97.241
รวม		8.979	97.241
- การจัดหากระจกและฉนวน ระยะทาง 56 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.088	-
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.017	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	1.041	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	10.247	135.85
รวม		11.393	135.85
- การจัดหาแผ่นเซรามิก ระยะทาง 600 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	11.569	-
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.187	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	11.158	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	109.784	1449.6
รวม		132.698	1449.6

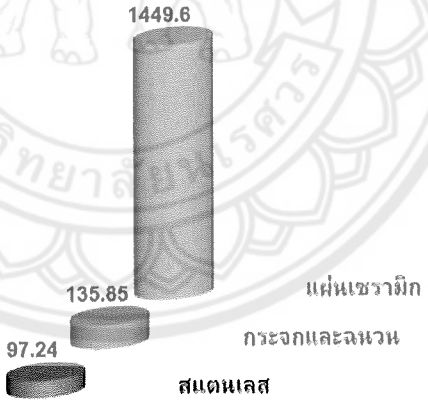
จากตารางที่ 4 เป็นการแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ โดยใช้รถกระบะ 4 ล้อขนาดเล็ก ขนสแตนเลส (SUS304) ปริมาณ 84.36 kg จาก จ.สมุทรปราการมายังกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 40 กิโลเมตร/เที่ยว ขนกระจกและฉนวน (CFO) ปริมาณ 5.63 kg จาก จ.นครปฐมมายังกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงาน

ประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 56 กิโลเมตร/เที่ยว และขนแผ่นเซรามิก (SiC) ปริมาณ 17.98 kg จาก จ.ลำปางมายังกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 600 กิโลเมตร/เที่ยว



ภาพที่ 10 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

จากภาพแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ในขั้นตอนการจัดหาสแตนเลส กระจกและฉนวน และแผ่นเซรามิก มีค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 8.98, 11.393 และ 132.7 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ



ภาพที่ 11 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

จากภาพแสดงปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการจัดหาสแตนเลส กระจกและฉนวน และแผ่นเซรามิก ค่าการใช้พลังงาน 97.24 135.85 และ 1449.6 MJ/kWh ตามลำดับ

2. ขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

ขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งใช้วิธีการเชื่อมต่อโครงสร้าง โดยใช้ไฟฟ้าขนาด 1,500 วัตต์ ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการขึ้นรูป ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ

ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq/kg$)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)
- โครงสร้าง		
ฐานรองเครื่อง	39.490	12
ผนังชั้นนอกด้านข้าง(ซ้าย ขวา)	79.047	9
ผนังชั้นนอกด้านหลัง	27.548	6
ผนังชั้นนอกด้านบน	26.442	7.5
ประตูหน้าเครื่อง	20.110	9
แหวนครอบกันฉนวน	1.573	4.5
ชุดรองรับท่อไฟ	3.702	3
ชุดรองรับซิลิกอนคาร์ไบด์	4.443	4.5
โครงพัดลมระบายอากาศ	17.491	7.5
กระจกใสทนความร้อน	7.002	0.3
ฉนวนเซรามิกไฟเบอร์	11.420	0.9
ผนังชั้นในด้านข้าง(ซ้าย ขวา)	0.056	4.5
ผนังชั้นในด้านหลัง	26.376	3
- ห้องอบแห้ง		
ผนังชั้นในด้านบน	19.852	3
แขนวางถาดวัสดุ	11.194	9
ถาดวัสดุ	227.378	18
- ห้องเผาไหม้		
ซิลิกอนคาร์ไบด์	0.401	0.15
ท่อไฟ	13.761	30
รวม	**537.286**	**131.85**

3. ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งานเป็นการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฐานด้วยเครื่องอบแห้งฯ โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 330 นาที ที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งาน

รายการ	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq/kg$)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)
เครื่องอบแห้งFIR	8186.98	-
แผ่นเซรามิก	1.604	-
เห็ดนางฟ้าภูฐาน	-	-
ถาดบรรจุผลิตภัณฑ์	9.375	-
เชื้อเพลิง LPG	3.479	47.6498
รวม	**8201.44**	**47.6498**

ขั้นตอนการอบแห้งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์เท่ากับ 8201.44 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการใช้เครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรด แผ่นเซรามิก และถาดบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการ มีการใช้พลังงานทั้งหมด 47.65 MJ เนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิง LPG ช่วยในกระบวนการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 1,242 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการขึ้นรูปมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 537.29 $kgCO_2eq/kg$ รองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 153.07 $kgCO_2eq/kg$ ซึ่งในขั้นตอนนี้การจัดหาแผ่นเซรามิกจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 132.7 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ และสุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 551.74 $kgCO_2eq/kg$ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,157.35 MJ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ และใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุด 1,682.7 MJ เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบและต้องขนส่งวัตถุดิบจาก

พื้นที่ห่างไกลจากโรงงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูป มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดขั้นตอน 131.85 kWh มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80.34 $kgCO_2eq/kWh$ และมีใช้พลังงาน 474.66 MJ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงาน 47.65 MJ

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ การขึ้นรูป และการใช้งาน โดยขั้นตอนการขึ้นรูปมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ รองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ซึ่งในกระบวนการนี้มีการขนส่งวัตถุดิบจึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อยที่สุดเกิดจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนการใช้พลังงานขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุดเกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ ส่วนขั้นตอนการการขึ้นรูปเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและประกอบเครื่องอบแห้งและขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

บรรณานุกรม

[1] สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย นนทบุรี, 2547.

[2] เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม. (2557). การประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน พิษณุโลก, มหาวิทยาลัยนเรศวร

[3] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. แนวทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้รับฉลากคาร์บอน. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.ปทุมธานี,2554

[4] ฤทธิไกร งามขุ่ม. (2547). การอบแห้งกล้วยหอมหั่นบางด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล. วิทยานิพนธ์ วศ.ม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า, ธนบุรี.

[5] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ 2537. การอบแห้งเมล็ดพืช : ความสำคัญของการอบแห้ง. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] ณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2546). การอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรด้วยพลังงานทดแทน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส(ผอส.) ด้านความร้อน. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ,2547

[8] Muhidin, R. and Hensel, O.: Influence of pretreatments on drying rates of chili pepper (Capsicum annum L.). Agric Eng Int: CIGR J. 14(1): 103-107, 2012.

[9] อีลียะ สนิโซและคณะ (2556). สภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[10] อภินันท์ วัลภาและคณะ (2556). ผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด.ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี

[11] อภินันท์ วัลภาและคณะ (2552). การเปลี่ยนแปลงความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอิฟาเรด. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี

[12] อำไพรศักดิ์ ทีบุญมาและคณะ (2553). การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[13] กิตติ สถาพรประสาธน์และคณะ (2556). อิทธิพลของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบการอบแห้งด้วยเจตสเปาเต็ดเบดเป็นจังหวะ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[14] ปราณี หนูทองแก้วและคณะ (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[15] นวรัตน์ จงมีสุขและคณะ (2556). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตสีเคลือบป้องกันสนิม. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

[16] ประพิธาริ์ ธนารักษ์และคณะ (2558). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 .พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร

[17] กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์ (2552). การศึกษาการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวภาพเพื่อใช้ในการอบแห้ง. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[18] ไพรัช อุศุภรัตน์ และคณะ(2557). ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[19] นุชนาท วรารักษ์ประภัทร์ และคณะ (2556). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานสุรา. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[20] จันจิรา อินทร์จันทร์(2545). การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาคผนวก

บทความที่เผยแพร่งานวิจัย

การประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

Energy and Carbon Dioxide Assessment through Life Cycle of Far Infrared Radiation Dryer

พิสิษฏ์ มณีโชติ,[1*] กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์,[2] ประพิธาริ์ ธนารักษ์[3], บงกช ประสิทธิ์[4] และวิกานต์ วันสูงเนิน[4]
Pisit Maneechot,[1*] Kingkarn Puntuwanit,[2] Prapita Thanarak, Bongkosh Prasit, Wikarn Wansungnern

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน ผลจากการศึกษาพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 8,891.8 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการใช้งานมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 8,201.44 $kgCO_2eq/kg$ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูปมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 537.29 $kgCO_2eq/kg$ และสุดท้ายเป็นขั้นตอนจัดหาวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 153.07 $kgCO_2eq/kg$ ซึ่งในขั้นตอนนี้การจัดหาแผ่นเซรามิกจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 132.7 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,157.35 MJ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ และใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุด 1,682.7 MJ เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบและต้องขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูป มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดขั้นตอน 131.85 kWh มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80.34 $kgCO_2eq/kWh$ และมีใช้พลังงาน 474.66 MJ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงาน 47.65 MJ แนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมคือ ในช่วงการเตรียมวัตถุดิบควรซื้อแผ่นเซรามิกในพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง ควรเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซชีวภาพทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มในขั้นตอนการใช้งาน

คำสำคัญ: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, การประเมินวัฏจักร, การแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล, เครื่องอบแห้ง

Abstract

This research was study to evaluate energy and carbon dioxide throughout the life cycle of far infrared radiation dryer. Since the supply of raw material, process of forming and using. The results of the study found that carbon dioxide emissions throughout the life cycle are 8,891.8 kgCO2eq/kg. The maximum carbon footprint is 8,201.44 kgCO2eq/kg,

---

[1]อาจารย์, [2]นิสิตปริญญาเอก, [3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, [4]เจ้าหน้าที่วิจัย, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
[1]Lecturer, [2]Doctoral student, [3]Assistant Prof., [4]Researcher, School of Renewable Energy Technology, Naresuan University, ,Phitsanulok, 65000, Thailand.
**Corresponding author; Pisit Maneechot, pisitm@nu.ac.th*

next steps is molding with carbon dioxide emission of 537.29 kgCO2eq/kg. And finally, the raw material procurement. Carbon dioxide emissions are 153.07 kgCO2eq / kg. In this stage, the supply of ceramic sheet is the most carbon dioxide emissions 132.7 kgCO2eq/kg., Due to the transportation of raw materials from the remote areas to the assembly plant and the forming of the dryer. In addition, the total energy consumption was 2,157.35 MJ using fuel energy in the raw material procurement process. And electric power in the forming and operating procedures of the dryer. The most energy-consuming process is 1,682.7 MJ. Because there are many raw materials in the components, and the raw materials must be transported from remote areas from the assembly plant and the dryer, next steps is the forming process. There is 131.85 kWh of electricity consumed. The carbon dioxide emissions are 80.34 kgCO2eq/kWh and 474.66 MJ of energy is consumed. Lastly, the energy usage is 47.65 MJ. Guideline to reduce an environment impact should buy ceramic plates in the vicinity to reduce fuel consumption in transit during the preparation of raw materials. It should be replaced with bio-fuels instead of LPG in use.

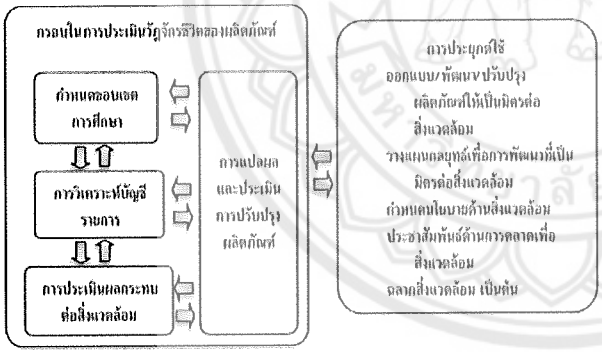
Keywords: carbon dioxide emission, life cycle assessment, far infrared radiation, Dryer

บทนำ

ปัจจุบันมีผลผลิตทางการเกษตรผลิตออกสู่ท้องตลาดค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการสนับสนุนการผลิตจากหลายๆ หน่วยงาน ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ออกมา ล้นตลาด ส่งผลให้ราคาผลผลิตที่ได้มีราคาค่อนข้างต่ำและบางส่วนที่จำหน่ายไม่ทันเกิดการเน่าเสีย การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร การอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้ทันกับผลผลิตที่มีเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และยังเป็นการถนอมผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้อยู่ยังมีสมรรถนะไม่เพียงพอกับการใช้งาน คือ อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของกลุ่มเกษตรกร และในบางฤดูกาลก็ไม่สามารถที่จะอบแห้งได้ จึงทำให้รายได้จากการอบแห้งที่เกษตรกรควรจะได้รับลดลงไป และทำให้เสียโอกาสที่จะเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร ที่สำคัญเครื่องอบแห้งดังกล่าวยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาเป็นส่วนช่วยในการอบแห้ง แสดงให้เห็นว่าระบบดังกล่าวก็ยังไม่ใช่ระบบที่เป็นพลังงานทดแทนทั้งระบบ กล่าวคือ ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลอยู่ ซึ่งก็เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่า เชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ได้รับการเผยแพร่ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นเครื่องอบแห้งที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยวิธีแบบชาวบ้าน มีสมรรถนะที่ดี แต่ปัญหาของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ คือ ระบบความร้อนเสริมและระบบควบคุมอัตราการไหลเวียนของลมยังคงใช้ไฟฟ้าอยู่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่เป็นการประหยัดพลังงานตามนโยบายของประเทศ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ารังสีอินฟราเรดระยะไกล(Far Infrared Radiation : FIR) มีศักยภาพที่ดีมากในการพัฒนาสู่การนำมาใช้ในกระบวนการการอบแห้ง เนื่องจาก FIR สามารถส่งผ่านคลื่นเข้าไปสู่ภายในเนื้อวัสดุอบแห้งและสร้างความร้อนจากภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความชื้นเกิดการระเหยจากภายในสู่ภายนอก ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกในตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งาน ซึ่งขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตเครื่องนั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้านอื่น เช่น มลพิษทางเสียง หรือแม้แต่มลพิษทางอากาศที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล เพื่อนำมาพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป

วิธีการศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตผลิตภัณฑ์โดยมีขอบเขตตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามนิยามของหลักการเบื้องต้นและขอบเขตของ LCA ในมาตรฐาน ISO-14040 ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และการแปรผล (Life Cycle Interpretation) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด [สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย,2547] ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 1



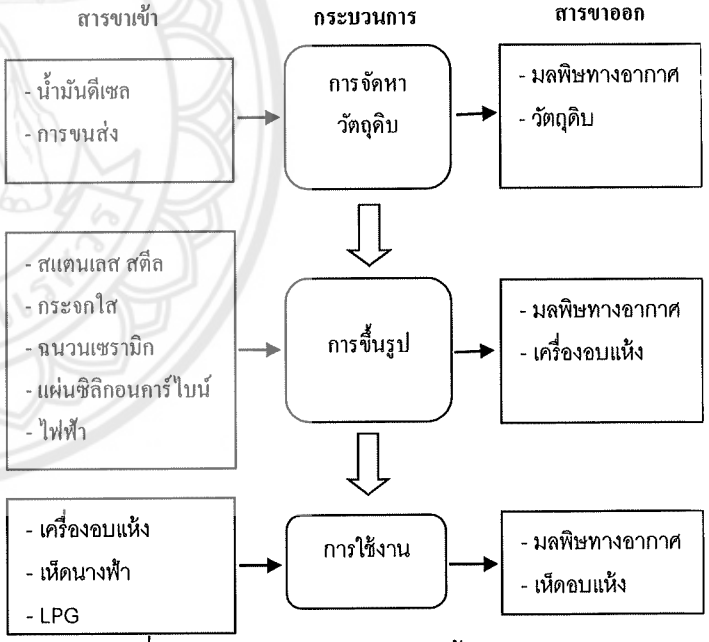
ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และการใช้งานโดยนำมาใช้อบเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้[กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม,2554] โดยศึกษาเป็นต้นทุนต่อหน่วย คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเครื่องอบแห้งขนาด 0.169 m^3

2. การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการ

เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกของการสร้างเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยพิจารณาจากทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม [การประเมินวัฏจักรชีวิต,2558] ดังภาพที่ 2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ การเก็บรวมรวมข้อมูลการใช้วัสดุ พลังงานที่ใช้ รวมทั้งจากการสอบถาม และจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เช่น ค่า Emission Factor นำมาจากฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย



ภาพที่ 2 ชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก

3. การประเมินผลกระทบ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นไม่นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นมาร่วมประเมินด้วย โดยแปรข้อมูลจากบัญชีรายการให้อยู่ในรูปของผลกระทบ

สิ่งแวดล้อมจากการคำนวณจากสมการ 1 โดยแสดงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

$$CO_2 \text{ Emission} = EF \times AD \quad (1)$$

โดยที่

CO_2Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2

EF (Emission factor) = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO_2

AD (Activity data) = ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซ CO_2

4. การแปรผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการ แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการ สรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปรค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการสร้างเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยผลการประเมินวัฏจักรชีวิตแสดงในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

พลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนจะคำนวณจากการนำเชื้อเพลิงทางตรง (Direct energy) เพื่อมาคูณกับค่าการแปลงพลังงาน ดังสมการที่ 2 โดยแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง แสดงค่าความร้อนสุทธิตามเชื้อเพลิง องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์กรมหาชน[6] ดังตารางที่1

$$\text{พลังงานที่ใช้} = \text{ปริมาณที่ใช้} \times \text{ค่าความร้อนสุทธิ} \quad (2)$$

ตารางที่ 1 ค่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยปริมาณพลังงาน (ค่าความร้อนสุทธิ) [กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2547]

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสุทธิ	หน่วย
น้ำมันดีเซล	36.42	MJ/Litre
ไฟฟ้า	3.60	MJ/kWh
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	26.62	MJ/Litre

ตารางที่ 2 ค่า Emission factor ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)	อ้างอิง
1	สแตนเลส สตีล (SUS304)	kg	6.15	www.winnipeg.ca
2	แผ่นเซรามิก (silica)	kg	0.0223	IPCC
3	ฉนวนใยแก้ว	kg	2.5453	Thai national database
4	กระจกฉนวนความร้อน	kg	1.6994	Thai national database
5	น้ำมันดีเซล(เผาไหม้)	ลิตร	2.7446	IPCC
6	พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6093	Thai national database
7	ก๊าซหุงต้ม (LPG)	kg	3.11	IPCC
8	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading	km	0.3111	Thai national database
9	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	tkm	0.2681	Thai national database

ผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์การประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบเป็นการขนส่งวัตถุดิบด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนได

ออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ดังแสดงในตารางที่ 3

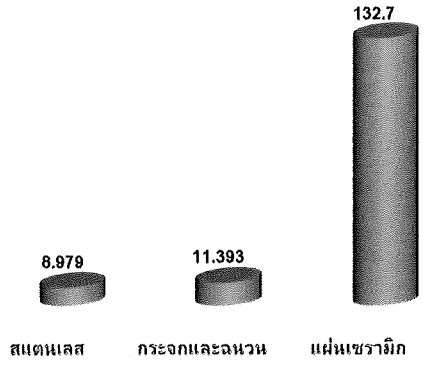
ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

- การจัดหาแผ่นเซรามิก ระยะทาง 600 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	11.569	-
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.187	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	11.158	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	109.784	1449.6
รวม		132.698	1449.6
- การจัดหากระจกและฉนวน ระยะทาง 56 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.088	-
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.017	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	1.041	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	10.247	135.85
รวม		11.393	135.85

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ (ต่อ)

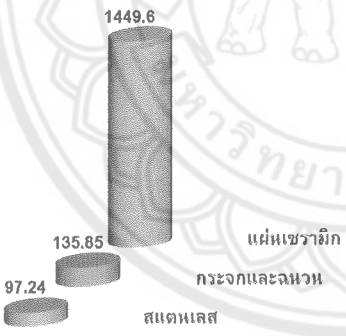
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq$/หน่วย)**	**พลังงานที่ใช้ (MJ/หน่วย)**
- การจัดหาสแตนเลส ระยะทาง 40 กิโลเมตร/เที่ยว			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.904	-
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.012	-
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.744	-
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	L	7.319	97.241
รวม		8.979	97.241

จากตารางที่ 3 เป็นการแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ โดยใช้รถกระบะ 4 ล้อ ขนาดเล็ก ขนสแตนเลส (SUS304) ปริมาณ 84.36 kg จาก จ.สมุทรปราการ มายังกรุงเทพฯซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 40 กิโลเมตร/เที่ยว ขนกระจกและฉนวน (CFO) ปริมาณ 5.63 kg จาก จ.นครปฐม มายังกรุงเทพฯซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 56 กิโลเมตร/เที่ยว และขนแผ่นเซรามิก (SiC) ปริมาณ 17.98 kg จาก จ.ลำปาง มายังกรุงเทพฯซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบเครื่องอบแห้งฯ เป็นระยะทาง 600 กิโลเมตร/เที่ยว



ภาพที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

จากภาพแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการจัดหาสแตนเลส กระจกและฉนวน และแผ่นเซรามิก มีค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 8.98, 11.393 และ 132.7 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

จากภาพแสดงปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการจัดหาสแตนเลส กระจกและฉนวน และแผ่นเซรามิก ค่าการใช้พลังงาน 97.24 135.85 และ 1449.6 MJ/kWh ตามลำดับ

2. ขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ

ขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งใช้วิธีการเชื่อมต่อโครงสร้าง โดยใช้ไฟฟ้าขนาด 1,500 วัตต์ ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการขึ้นรูป ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ

ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq/kg$)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)
- โครงสร้าง		
ฐานรองเครื่อง	39.490	12
ผนังชั้นนอกด้านข้าง(ซ้าย ขวา)	79.047	9
ผนังชั้นนอกด้านหลัง	27.548	6
ผนังชั้นนอกด้านบน	26.442	7.5
ประตูหน้าเครื่อง	20.110	9
แหวนครอบกันฉนวน	1.573	4.5
ชุดรองรับท่อไฟ	3.702	3
ชุดรองรับซิลิกอนคาร์ไบด์	4.443	4.5
โครงพัดลมระบายอากาศ	17.491	7.5
กระจกใสทนความร้อน	7.002	0.3
ฉนวนเซรามิกไฟเบอร์	11.420	0.9
ผนังชั้นในด้านข้าง(ซ้าย ขวา)	0.056	4.5
ผนังชั้นในด้านหลัง	26.376	3
- ห้องอบแห้ง		
ผนังชั้นในด้านบน	19.852	3
แขนวางถาดวัสดุ	11.194	9
ถาดวัสดุ	227.378	18
- ห้องเผาไหม้		
ซิลิกอนคาร์ไบด์	0.401	0.15
ท่อไฟ	13.761	30
รวม	**537.286**	**131.85**

3. ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งานเป็นการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฐานด้วยเครื่องอบแห้งฯ โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 330 นาที ที่อุณหภูมิ 80 - 90 เซลเซียส ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งาน

รายการ	ปริมาณการปล่อย CO_2 ($kgCO_2eq/kg$)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)
เครื่องอบแห้งFIR	8186.98	-
แผ่นเซรามิก	1.604	-
เห็ดนางฟ้าภูฐาน	-	-
ถาดบรรจุผลิตภัณฑ์	9.375	-
เชื้อเพลิง LPG	3.479	47.6498
รวม	**8201.44**	**47.6498**

ขั้นตอนการอบแห้งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 8201.44 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการใช้เครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรด แผ่นเซรามิก และถาดบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการ มีการใช้พลังงานทั้งหมด 47.65 MJ เนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิง LPG ช่วยในกระบวนการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 1,242 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการขึ้นรูปมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 537.29 $kgCO_2eq/kg$ รองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 153.07 $kgCO_2eq/kg$ ซึ่งในขั้นตอนนี้การจัดหาแผ่นเซรามิกจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 132.7 $kgCO_2eq/kg$ เนื่องจากมีการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ และสุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 551.74 $kgCO_2eq/kg$ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนเท่ากับ 2,157.35 MJ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ และใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและการใช้งานเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุด 1,682.7 MJ เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบและต้องขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ รองลงมาเป็นขั้นตอนการขึ้นรูป มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดขั้นตอน 131.85 kWh มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80.34 $kgCO_2eq/kWh$ และมีใช้พลังงาน 474.66 MJ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานมีกาใช้พลังงาน 47.65 MJ

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ การขึ้นรูป และการใช้งาน โดยขั้นตอนการขึ้นรูปมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เนื่องจากมีวัตถุดิบหลายชนิดเป็นองค์ประกอบรองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ซึ่งในกระบวนการนี้มีการขนส่งวัตถุดิบ จึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น สุดท้ายเป็นขั้นตอนการใช้งานจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อยที่สุด เกิดจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนการใช้พลังงานขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบมีการใช้พลังงานมากที่สุดเกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่งวัตถุดิบจากพื้นที่ห่างไกลจากโรงงงานประกอบชิ้นส่วนและขึ้นรูปเครื่องอบแห้งฯ ส่วนขั้นตอนการการขึ้นรูปเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการขึ้นรูปและประกอบเครื่องอบแห้ง และขั้นตอนการใช้งานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาผลกระทบในด้านอื่นๆ เช่น มลพิษทางน้ำ สารเคมีที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการผลกระทบต่อสุขภาพ

2. ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งกับเครื่องอบแห้งแบบอื่น นอกเหนือจากเทคโนโลยีที่ใช้วิธีการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล จึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล โดยได้รับเงินสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย นนทบุรี, 2547.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.สำนักพัฒนาธุรกิจองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) กรุงเทพมหานคร,2558

ฐานข้อมูล Emission factor in kg CO_2-equivalent per unit สืบค้นเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2559 จาก http://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf

ประพิธาร์ ธนารักษ์ เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม และพิสิษฏ์ มณีโชติ. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. วาสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 20 (ฉบับที่ 1).

ประพิธาร์ ธนารักษ์ พิสิษฏ์ มณีโชติ และวิกานต์ วันสูงเนิน. (2559). การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากหญ้าเนเปียร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 18 ฉบับที่ 2