บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยีสต์สกัด (Yeast Extract)

2.1.1 นิยามความหมายและองค์ประกอบของยีสต์สกัด

ยีสต์สกัดเป็นวัตถุแต่งกลิ่นรสธรรมชาติซึ่งได้จากกระบวนการสกัดสารประกอบที่มีประโยชน์ออกจากเซลล์ยีสต์ซึ่งอุดมด้วยกรดอะมิโน, โปรตีน, เกลือแร่และวิตามิน ที่ช่วยกระตุ้นการรับรู้รสชาติของผู้บริโภค

ตามคำนิยามของ The Food Chemical Codex ได้ให้ความหมายของยีสต์สกัดว่า ยีสต์สกัดคือ ส่วนของยีสต์เซลล์ที่ละลายน้ำได้ ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน เพปไทด์ คาร์โบไฮเดรต และเกลือ ยีสต์สกัดได้จากการสลายพันธะเพปไทด์ภายในเซลล์ยีสต์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติโดยกิจกรรมของเอนไซม์จากภายในเซลล์ยีสต์เอง หรืออาจเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์เกรดสำหรับอาหาร (Food grade enzyme) ที่เติมในกระหว่างกระบวนการผลิต

องค์ประกอบหลักของยีสต์สกัดได้แก่

- Nitrogen คิดเป็น 8-12%
- Protein คิดเป็น 50-70%
- Amino nitrogen คิดเป็น 3-5%
- Carbohydrate คิดเป็น 4-13%
- Lipid มีน้อยมากหรือไม่มีเลย

2.1.2 กระบวนการผลิตยีสต์สกัด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยีสต์สกัด ได้แก่ ยีสต์ตระกูล Saccharomyces cerevisiae ซึ่งนิยมใช้ในอุตสาหกรรม ยีสต์ขนมปัง (baker's yeast) และหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (brewer's yeast) โดยเซลล์ของยีสต์จะผ่านขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตดังนี้

1.กระบวนการหมักหรือกระบวนการเลี้ยงเชื้อ (Fermentation)

เป็นการเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ เริ่มด้วยการใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์มาเลี้ยงหลายๆ ขั้นตอนเพื่อให้มีปริมาณกล้าเชื้อมากพอแล้วจึงเพาะเลี้ยงลงถังหมักขั้นสุดท้าย การผลิตอาจทำได้โดยใช้ถังหมักขนาดเล็กหลายๆ ถึงต่อเนื่องกันภายใต้สภาวะที่ปลอดเชื้อ ควบคุม

อุณหภูมิและ pH ให้เหมาะสม และมีการเติมออกซิเจนที่มากพอ สำหรับการเจริญเติบโตของยีสต์ โดยอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ที่ใช้ได้แก่

- Carbon source เช่น Cane molasses, Glucose
- Nitrogen source เช่น Urea, Ammonia
- Phosphorus source เช่น Phosphoric acid, Mono ammonium phosphate
- Small amount nutrients เช่น Mineral (Cu, Zn), Vitamin (B6, B1, B12)

2. กระบวนการแยกและสกัด (Extraction)

เป็นกระบวนการแยกและสกัดสารสำคัญออกจากเซลล์ยีสต์ โดยประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

- Cell recovery เซลล์ยีสต์จะถูกแยกออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ
- Open of cell and autolysis เซลล์ยีสต์จะถูกย่อยสลายภายใต้สภาวะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณภูมิ, pH ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะอยู่ในช่วง 50 องศาเซลเซียส (H.Tanguler) ส่วน pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5.5-7.0 (Champagne, 1999) และความเข้มข้นของเกลือ ตลอดจนระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เอนไซม์ทำงานได้ดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของยีสต์และขนาดของโปรตีนที่จะถูกย่อยด้วย สำหรับเอนไซม์กลุ่มที่ทำงานในขั้นตอนนี้ เป็นเอนไซม์กลุ่มที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสสาร เช่น เอนไซม์ Protease, Gluconase, Nuclease และ Phosphodiesterase
- Separation ส่วนที่ไม่ละลายน้ำและส่วนที่ไม่ต้องการจากเซลล์ยีสต์ เช่น ผนังเซลล์ของยีสต์จะถูกแยกออกจากส่วนประกอบของเซลล์ยีสต์ที่ละลายน้ำได้
- Pasteurization and Concentration สารละลายยีสต์สกัดที่แยกเอาส่วนที่ไม่ต้องการออกไปแล้วนั้นจะถูกนำมาผ่านกระบวนการกรองด้วยไมโครฟิวเตอร์ เพื่อฆ่าเชื้อ และทำให้เข้มข้นขึ้นจากของเหลว (liquid) กลายเป็นครีม (paste) โดยผ่านเครื่องระเหยสูญญากาศ

3. กระบวนการทำแห้ง (Spray Dry)

สารละลายยีสต์สกัดที่เข้มข้นขึ้นและปลอดเชื้อจะถูกนำไปแปรรูปให้อยู่ในรูปผง โดยผ่านเครื่อง Spray dryer เทคโนโลยีขั้นสูง ที่ใช้แก๊ส LPG เป็นตัวช่วยให้ความร้อน

2.1.3 การนำยีสต์สกัดไปใช้ประโยชน์

1. ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นรสธรรมชาติสำหรับอาหารคาว เนื่องจากเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับสุขภาพของผู้บริโภคอย่างสารปรุงแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ ประกอบกับกลิ่นและรสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของยีสต์สกัด ส่งผลให้มีการใช้ยีสต์สกัดในการปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารแทนผงชูรส (Monosodium Glutamate - MSG) มีแนวโน้มว่าจะ

ได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันมีการใช้ยีสต์สกัดแต่งกลิ่นอาหารบางชนิดเลียนกลิ่นธรรมชาติของเนื้อ สัตว์และชีส ตลอดจนใช้แต่งรสในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ซุปกระป๋อง ซอส อาหารเสริมสำหรับทารกเป็นต้น ยีสต์สกัดและผลิตภัณฑ์จากยีสต์สกัดเป็นที่ นิยมบริโภคมากในประเทศแถบยุโรป ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์

2. ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนและสารส่งเสริมการเจริญสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ จุลินทรีย์ จากองค์ประกอบหลักของยีสต์สกัดที่อุดมไปด้วยไนโตรเจน วิตามิน และสารส่งเสริมการเจริญ ยีสต์สกัดจึงถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการผลิตสารปฏิชีวนะ ยาและอาหารเสริมอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์จากนมเป็นต้น

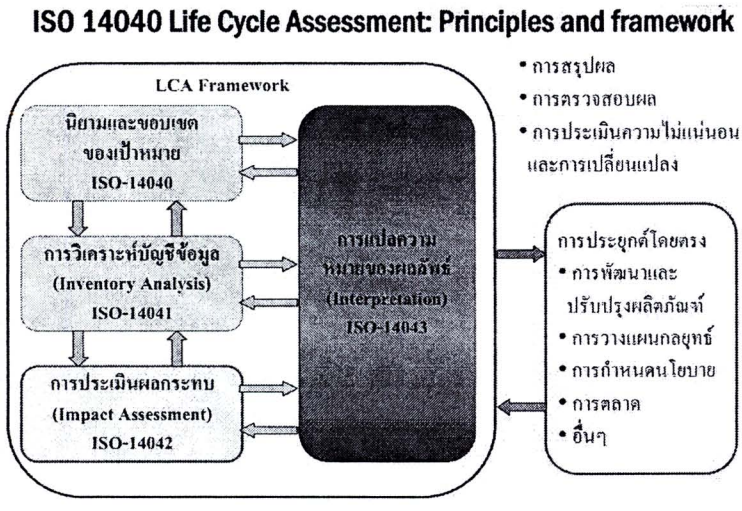
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) เป็นปรากฏการณ์ที่ทั่วโลกให้ความสนใจและเริ่มกล่าวถึงบ่อยขึ้นในปัจจุบัน สืบเนื่องจากสภาพภูมิอากาศกำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว มีหลายสาเหตุที่ทำให้โลกร้อน แต่สาเหตุหลักคือ ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งหนึ่งในต้นเหตุก็คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ศักยภาพการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1
แสดงค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	200-450	1
มีเทน (CH_4)	11	21
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	120	310
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	ก.พ.-19	140-11,700
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	>1,000	6,500-9,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	3,200	23,900

เนื่องจากผลกระทบด้านมลภาวะต่างๆ ส่งผลให้ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่พัฒนาแล้ว นำมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นเหตุผลในการบังคับใช้กฎระเบียบข้อบังคับและมาตรฐานเพื่อควบคุมสินค้าและบริการ ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้น คือ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)



ภาพที่ 2.1

แสดงกรอบดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

ที่มา : พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ การแปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่ง อาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบ ต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทาง

สิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีอยู่ คือ LCA เป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณชัดเจน ทำให้การศึกษา LCA มีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไปและสารอันตรายที่ถูก ปล่อยออกมา แต่ LCA จะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้น มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1.การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อม (Environmental loads) ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น พลังงานและวัตถุดิบที่ถูกใช้ การปล่อยของเสียและการแพร่กระจายของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

2.การประเมินและการหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(Environmental Impacts) ที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณภาระทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ถูกบ่งชี้มาในขั้นตอนแรก

3.การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อม และใช้ข้อมูลที่มีการแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ

2.2.2 **การประยุกต์ใช้** LCA

LCA สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยกลุ่มของผู้นำไปใช้งานอาจจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม/บริษัทเอกชน ภาครัฐ องค์กรเอกชน (NGOs) และผู้บริโภค

ภาคอุตสาหกรรม บริษัทเอกชน	ใช้สื่อสารให้ทราบถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์
	ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์
	ใช้ต่อรองกับผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ให้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
	พัฒนากลยุทธ์ด้านการตลาด กลยุทธ์ด้านธุรกิจ และแผนการลงทุน
	พัฒนากลยุทธ์ด้านนโยบาย
	พัฒนานโยบายของผลิตภัณฑ์

	การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3
ภาครัฐ	เป็นเกณฑ์ในการจัดทำข้อกำหนดของฉลากสิ่งแวดล้อม
	การพัฒนาและจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3
	พัฒนาระบบการฝาก-การขอคืน (Deposit-refund systems) ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนเงินทุน
	การพัฒนานโยบายทั่วไปของภาครัฐ
องค์กรเอกชน	เป็นข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อผู้บริโภค
	เป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการประชุม/สัมมนาในเวทีสาธารณะ
	ใช้ข้อมูลเพื่อกดดันภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม
ผู้บริโภค	ใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

2.2.3 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal definition and scope) ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สิ่งที่สำคัญและต้องกำหนดให้ชัดเจน คือ การกำหนดขอบเขตของการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางและข้อจำกัดขอบเขตของการศึกษาตลอดจนเพื่อให้การวิเคราะห์ผลลัพทธ์และผลสรุปที่ได้นั้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ด้วย การกำหนดขอบเขตของการศึกษาประกอบไปด้วย

- การกำหนดหน่วยการศึกษาหรือหน่วยหน้าที่ (Functional unit)
- การกำหนดขอบเขตของระบบที่พิจารณา (System boundaries) ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

แบบที่ 1 Gate to gate: Partial LCA โดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งทั้งสายโซ่การผลิต

แบบที่ 2 Cradle to gate: การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มา แต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือการกำจัดซาก

แบบที่ 3 Cradle to grave: เป็น LCA เต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบมาผลิตสินค้า การผลิตสินค้า การนำไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน

แบบที่ 4 Cradle to cradle: เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to grave ได้แก่ กรณีขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ เช่น กระบวนการรีไซด์เคิลซึ่งทำให้ได้สินค้าเดิมออกมา

- การกำหนดขอบเขตของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ระหว่างขอบเขตระบบที่จะศึกษาประเมินกับระบบอื่น (allocation)

2. การรวบรวมข้อมูล (Inventory analysis)

ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดของทรัพยากรที่ใช้และมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มจากการจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนที่มาของวัตถุดิบจนถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่เลิกใช้แล้ว การรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณที่เกิดขึ้นของสิ่งที่นำเข้า (Input) และผลที่ได้ (Output) ในแต่ละส่วนของกระบวนการ

3. การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นหรือมีโอกาสเกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินผลกระทบจากข้อมูลที่รวบรวมได้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การจำแนก (Classification) การจัดหมวดหมู่ (Characterization) และการประเมินค่า (Valuation)

โดยหมวดหมู่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จัดจำแนกได้แก่

- ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากร
- ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน
- ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน
- ทำให้เกิดปัญหาโฟโต้เคมิคอลสม็อก
- ทำให้เกิดปัญหาดินเป็นกรด
- ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์
- ทำให้เกิดพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ
- ทำให้เกิดพิษต่อระบบนิเวศทางบก
- ทำให้เกิด Nutrification ปริมาณการเพิ่มของสารอาหารในแหล่งน้ำ
- ทำให้เกิดการลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ

ในส่วนสุดท้ายของขั้นตอน คือ การประเมินค่าผลกระทบ โดยการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละดัชนีมากน้อยต่างกันในแต่ละหมวดปัญหา ผลจากการประเมินจะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงไร

4. การแปรผลการศึกษา (Interpretation)

เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตหรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและทำรายงานสรุปการแปรผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

ดังนั้นการทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งหมายถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการกำจัดซากหลังใช้งาน พร้อมทั้งมีการแสดงข้อมูลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าและกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นด้วย

2.3.1 รูปแบบการประเมิน

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

1) แบบ Business-to-Consumer: B2C เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคลอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งานและการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์

2) แบบ Business-to-Business: B2B เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือ จนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่อง ตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

2.3.2 **การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรื่อนกระจกของผลิตภัณฑ์**

ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ควรใช้วิธีการดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการคูณเข้ากับ Emission Factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

2) แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

3) ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย

4) ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบหรือสารขาเข้าออกบางรายการได้ ควรประมาณค่าโดยใช้การวิเคราะห์แบบ High-level แล้วเมื่อพบว่ารายการดังกล่าวมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกจากผลิตภัณฑ์ จะสามารถตัดรายการดังกล่าวออกได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4 วารสารปริทัศน์

ในกลุ่มของการผลิตน้ำตาลทรายนั้น พบว่าขั้นตอนทางการเกษตร ได้แก่กระบวนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว นั้นมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ดังเช่น 2 งานวิจัยนี้ ทำให้ประเด็นเรื่องการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนเป็นที่น่าสนใจกว่าประเด็นอื่น

วิทยา กันยา (2551) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง 1 ตันโดยทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การปลูกอ้อย กระบวนการผลิต ได้แก่ การหีบสกัด การทำใส การต้มระเหย การตกผลึก และการปั่นแยก เพื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยมลพิษซึ่งมีปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), คาร์บอนมอนนอกไซด์(CO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยทำการประเมินปัญหาการเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารในพืชน้ำและการทำลายชั้นโอโซน โดยคิดเป็นค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะที่กล่าวมา ผลจากการวิจัยพบว่า กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระบวนการปลูกอ้อย นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงในขั้นตอนการตกผลึกยังก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านการเกิดภาวะโลกร้อนทางด้านการเกิดฝนกรด ทางด้านการเพิ่มธาตุอาหารในพืชน้ำ ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการใช้ไอน้ำซึ่งใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง และขั้นตอนการหีบสกัดก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านการทำลายชั้นโอโซนอีกด้วย

Ramjeawan (2004) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยในการผลิตน้ำตาลทราย 1 ตัน บนเกาะ Mauritius ซึ่งทำการศึกษาตั้งแต่การเพาะปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยว การเผาอ้อย การขนส่ง การใส่ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืช การผลิตน้ำตาลทราย และการผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อย โดยได้เก็บข้อมูลและศึกษาผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ การสิ้นเปลืองพลังงาน การเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ การส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและสุขภาพของมนุษย์ ผลการศึกษาพบว่า จากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงนั้นเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 160 กิโลกรัมต่อตันน้ำตาล ส่วนขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ การปลูกอ้อยและการเก็บเกี่ยว (44%) รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยและยากำจัดวัชพืช (22%) กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและการนำกากอ้อยมาผลิตกระแสไฟฟ้า (20%) การขนส่ง (13%) และการเผาอ้อยส่งผลกระทบน้อยที่สุด (1%)

ในกลุ่มของการนำผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น กากถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และเมล็ดเรฟซีด มาผลิตน้ำมันนั้น พบว่า ขั้นตอนการขนส่งและการผลิตนั้นมีการใช้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 27 ก.ย. 2555
เลขทะเบียน 249216

เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากตามไปด้วย จึงมีการศึกษาให้มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลลดลง เช่น การนำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมในการผลิต ทำให้เรื่องของการลดการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพราะช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน ดังเช่น 3 งานวิจัยนี้

สุธี คงศิริ (2552) ได้ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของหัวมันสำปะหลัง 1 ตันและแป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน ครอบคลุมตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการแปรรูป ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิ จากรายงานและเอกสารวิชาการ รวมทั้งฐานข้อมูลของไทยและต่างประเทศจากการศึกษาพบว่า หัวมันสำปะหลัง 1 ตัน เกิดภาวะโลกร้อน 23.60 $kgCO_2eq$ ภาวะความเป็นกรด 0.19 $kgSO_2eq$ ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำ $3.22*10^{-2}$ kg PO_4^{3-} และการใช้ที่ดิน 200 เทียบเท่าตารางเมตรต่อปี ส่วนแป้งมันสำปะหลังนั้น เกิดภาวะโลกร้อน 531 $kgCO_2eq$ ภาวะความเป็นกรด 1.40 $kgSO_2eq$ ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำ 8.70 kg PO_4^{3-} ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าในการผลิตหัวมันสำปะหลัง ขั้นตอนการเตรียมดินทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดถึง 46.8% สามารถปรับปรุงได้โดยการลดการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการเตรียมดินจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้มีความสามารถประหยัดน้ำมัน ในส่วนของแป้งมันสำปะหลังพบว่าขั้นตอนการผลิตทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 46.5% สามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มระบบผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อจัดการน้ำเสียที่มาจากขั้นตอนการผลิต

Dalgaard และคณะ (2008) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกากถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม ที่ผลิตในอาร์เจนตินาและถูกส่งไปยังรอทเทอร์ดัม ฮาเบอร์ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งเป็นผู้นำเข้าน้ำมันจากกากพืชรายใหญ่ของกลุ่มประเทศยุโรป จุดประสงค์ของการศึกษานี้คือผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ตามมาจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่จากจากกากถั่วเหลือง โดยทำการประเมินปัญหาการเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารในพืชน้ำและการทำลายชั้นโอโซน และ การเกิดหมอกควันพิษ บัญชีรายการที่ทำการศึกษานั้นเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ตั้งแต่การเพาะปลูกถั่วเหลือง การผลิตกากถั่วเหลือง รวมไปถึงการผลิตน้ำมันปาล์ม, น้ำมันเรพซีด โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ข้อมูลที่ใช้ทั้งหมดได้มาจากผลการศึกษา LCA จากเอกสารอ้างอิง ไม่ได้มาจากการเก็บข้อมูลจริง แต่ใช้ข้อมูล LCA จากเอกสารอ้างอิง และใช้ฐานข้อมูลจาก EDIP97 เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า ส่วนที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มากที่สุดคือขั้นตอนการเพาะปลูกถั่วเหลือง กาก

ของถั่วเหลืองนั้นยังทำให้เกิดการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์อีกด้วย และการขนส่งโดยรถบรรทุกทำให้เกิดศักยภาพการเกิดฝนกรด เป็นอย่างมาก น้ำมันจากกากพืชที่ผลิตจากน้ำมันเรพซีดที่ผสมกับน้ำมันถั่วเหลืองนั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ น้ำมันจากกากพืชที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มที่ผสมกับน้ำมันถั่วเหลือง หรือ น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันปาล์ม, น้ำมันเรพซีด แบบเดี่ยวๆ ไม่มีการผสม

Yusoff and Hansen (2007) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันดิบในมาเลเซีย โดยอาศัยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ มาช่วยในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ทำการศึกษาตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การขนส่ง การโม่ ข้อมูลที่ใช้ ถูกรวบรวมมาจากข้อมูล จากการสำรวจ ข้อมูลทางสถิติของประเทศมาเลเซียเอง ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากฐานข้อมูล SimaPro โดยศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านการใช้พลังงาน ผลต่อสุขภาพและระบบนิเวศน์ จากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการขนส่งและการโม่นั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเนื่องมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาก

การศึกษา LCA ในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ส่วนใหญ่ที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มาก คือ กระบวนการผลิต รวมไปถึงการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ แต่ไม่ได้มองถึงผลิตภัณฑ์ที่สามารถรีไซค์เคิลได้ ว่าอาจจะช่วยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้ด้วยเช่นกัน รวมไปถึงการลดการใช้พลังงานที่มากในกระบวนการผลิต จะช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนได้เช่นกัน ดังเช่น 5 งานวิจัยนี้

Andersson และคณะ (1998) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของซอสมะเขือเทศ 1000 กิโลกรัม ที่ผลิตในประเทศสวีเดน ทำการศึกษาเพื่อหาจุดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ และใช้พลังงานมากที่สุด โดยทำการศึกษาตั้งแต่ ขั้นตอนทางการเกษตร อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ การขนส่ง การบริโภคและการจัดการของเสีย รวมไปถึงการใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆ ด้วย ข้อมูลที่ใช้นั้นถูกรวบรวมมาจากหลายแหล่งข้อมูลในประเทศสวีเดนตั้งแต่ปี 1993-1994 อาทิ เช่น ข้อมูลจากการซักถาม จากรายงานทางสิ่งแวดล้อม จากผู้ปลูกมะเขือเทศและจากผู้ผลิตซอสมะเขือเทศ ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้านพบว่าส่วนที่ส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและใช้พลังงานมากที่สุดคือ กระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้

Berlin (2002) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตในกระบวนการผลิตชีสต์กึ่งแข็งของประเทศสวีเดน โดยเลือกบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกขนาด 1 กิโลกรัม ข้อมูลที่ใช้ถูกรวบรวมมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและใช้ข้อมูลจำเพาะจากผู้ผลิตชีสต์ในประเทศสวีเดน เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่

กระบวนการผลิตนม และการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ การขนส่งไปยังผู้ค้า การใช้งานและการกำจัดซาก ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้านอีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึง ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานอีกด้วย จากผลการศึกษาพบว่าส่งผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด มาจากกระบวนการผลิตนม 8.3 $kgCO_2eq$ ส่วนกระบวนการผลิตชีสต์เองส่งผลกระทบแค่ 0.4 $kgCO_2eq$ และการขนส่งไปยังผู้ค้าส่งผลกระทบน้อยที่สุดคือ 0.05 $kgCO_2eq$

Eide (2002) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตในกระบวนการผลิตนม 1,000 ลิตร จากโรงงานผลิตนมในประเทศนอร์เวย์ โดยเปรียบเทียบจากโรงงานผลิตนม 3 ขนาด ที่มีกำลังการผลิตต่างกันคือ โรงงานขนาดเล็ก (กำลังการผลิต 7 ล้านลิตร/ปี) โรงงานขนาดกลาง (กำลังการผลิต 25 ล้านลิตร/ปี) และโรงงานขนาดใหญ่ (กำลังการผลิต 50 ล้านลิตร/ปี) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การขนส่งวัตถุดิบสู่กระบวนการผลิต กระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ การขนส่งไปยังผู้บริโภค การบริโภคและการจัดการของเสีย โดยศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน จากผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อนและการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำมากที่สุด คือ ขั้นตอนการเพาะปลูกวัตถุดิบทางการเกษตร ส่วนทางด้านการบริโภคและการจัดการของเสียนั้นจะส่งผลกระทบในด้านชั้นโอโซนถูกทำลายและความเป็นพิษต่อระบบนิเวศมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบจากโรงงานทั้ง 3 ขนาดนั้นพบว่าโรงงานที่มีกำลังการผลิตขนาดเล็กนั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากกำลังผลิตที่น้อยนั้น ส่งผลให้เครื่องจักรมีการทำงานที่ไม่ต่อเนื่อง การ Start-stop ที่บ่อยครั้งส่งให้มีการใช้พลังงานที่มาก

Cordella และคณะ (2008) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของ Italian Lager Beer จุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของเบียร์ 2 บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ เบียร์ขนาด 20 ลิตร ที่บรรจุโดยถังสแตนเลส และเบียร์ขนาด 33 เซ็นติลิตร ที่บรรจุโดยขวดแก้วโดยการจัดทำบัญชีรายการนั้นเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การใช้พลังงาน กระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ การขนส่ง การบริโภค และการกำจัดน้ำเสีย โดยข้อมูลส่วนใหญ่ถูกรวบรวมมาจากโรงงานผลิตเบียร์ Theresianer Brewery โดยตรง และนำผลที่ได้มาคำนวณโดยใช้ฐานข้อมูล SimaPro และ Eco-Indicator'99 มาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการผลิตเบียร์ 1 ลิตร จากทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์ โดยดูผลกระทบทางด้านการปลดปล่อยสารอนินทรีย์, การใช้ที่ดิน, การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จากผลการศึกษาพบว่า เบียร์ที่บรรจุในถังนั้นส่งผลกระทบน้อยกว่า เบียร์ที่บรรจุในขวดแต่ส่วนที่เกิดการปลดปล่อยสูงและใช้พลังงานมากนั้นเกิดจากการผลิตขวดแก้วและการปลูกข้าว

บาร์เลย์ สามารถสรุปได้ว่า LCA นั้นมีส่วนช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจเลือกที่จะบริโภคเบียร์ในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใดแล้วจะมีส่วนช่วยรับผิดชอบและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งผู้บริโภคยังมีช่วยให้สิ่งแวดล้อมยั่งยืนได้อีกด้วย

Thrane (2006) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาในประเทศเดนมาร์ก ทำการเปรียบเทียบจากปลาหลายสายพันธุ์และทำการเปรียบเทียบในด้านพลังงานที่ใช้ในการตกปลา ข้อมูลที่ใช้นั้นถูกรวบรวมมาจากข้อมูลทางสถิติ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากฐานข้อมูล LCA หลายฐานข้อมูลในประเทศเดนมาร์กเอง โดยหน่วยของการศึกษานี้ คือ 1 กิโลกรัมของปลาแฟลชฟิช ที่บรรจุในกล่องขนาด 300 กรัม ทำการศึกษาตั้งแต่ ขั้นตอนการตกปลา กระบวนการผลิต การขนส่ง การขายปลีกและการบริโภค โดยศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน จากผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการตกปลานั้น ส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดโดยเฉพาะปัญหาภาวะโลกร้อนและความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ เนื่องมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นจำนวนมาก

กลุ่มงานวิจัยที่ใช้ LCA มาเป็นเครื่องมือในศึกษาหาแนวทางการปรับปรุง และหาทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุด และช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน ดังเช่น 5 งานวิจัยนี้ และงานวิจัยของ Khatiwada and Silveira ได้มีการปันส่วนกากน้ำตาลและน้ำตาลจากค่าเศรษศาสตร์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกากน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์

เจนจิรา พุทธวรชัย (2552) ได้ทำการศึกษาแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตเครื่องดื่มกระป๋องโดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินนั้นเป็นข้อมูลการใช้น้ำ พลังงานและการเกิดของเสีย ซึ่งผลจากการประเมินโดยใช้หลักการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) นั้นพบว่าผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและเป็นปัญหามากที่สุด คือ ด้านภาวะโลกร้อน ดังนั้นจึงทำการประเมินผลกระทบที่เกิดจากสารขาเข้าที่ก่อให้เกิดผลกระทบในด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด พบว่าการใช้พลังงานนั้นส่งผลกระทบในด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด การแก้ปัญหาคือเรื่องการใช้พลังงาน จึงได้นำเอาหลักการเทคโลโลยีสะอาดเข้ามาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยคิดโครงการเพื่อลดการใช้พลังงาน 3 โครงการ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินเครื่องของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพ การรวมศูนย์ระบบทำความเย็น และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างระบบท่อน้ำเย็น หลังจากนั้นนำทั้ง 3 โครงการมาทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) เพื่อเลือกโครงการที่มีความเหมาะสมในการนำไปดำเนินการมากที่สุด

ทั้งในด้านการลงทุน และผลของการลดมลภาวะที่เกิดจากการผลิต จากผลการประเมินพบว่า การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินเครื่องของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพนั้นเป็นโครงการที่มีความเหมาะสมในการนำไปดำเนินการการมากที่สุด เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจน้อยที่สุดคือ 0 เนื่องจากไม่ต้องใช้เงินในการลงทุนและยังสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ถึง 8,520 กิ๊กกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่ากับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,692,166.67 กิโลกรัมต่อปี

Contreras และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาโดยทำการประเมินวัฏจักรชีวิตใน 4 ทางเลือกของการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้และของเสียจากการผลิตน้ำตาลทราย และอีกทั้งยังเป็นข้อแนะนำที่สามารถนำมาพัฒนาระบบได้ โดยตัวชี้วัดทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมอ้างอิงตามแบบจำลอง Eco-indicator99 และอาศัยฐานข้อมูลจาก Ecoinvent database และ SimaPro ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ได้ทำการศึกษาบัญชีรายการในส่วนของวัตถุดิบและสมดุลพลังงานใน 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ขั้นตอนทางการเกษตร และขั้นตอนทางอุตสาหกรรม โดยศึกษาใน 4 ทางเลือก ทางเลือกสุดท้ายเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย สามารถนำผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มาใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยการผลิตแอลกอฮอล์และไบโอแก๊ส และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 3 ทางเลือกที่ไม่มีการผลิตแอลกอฮอล์และไบโอแก๊ส

Khatiwada and Silveira (2011) ได้ทำการศึกษสมดุลก๊าซเรือนกระจกของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ในประเทศเนปาล เนื่องจากว่ากากน้ำตาลนั้นเป็นผลพลอยได้มาจากการผลิตน้ำตาลทราย จึงมีการปันส่วนค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ตามปริมาณการผลิตน้ำตาลทราย ได้อัตราส่วน น้ำตาลทราย:กากน้ำตาล เท่ากับ 22.2:1 ซึ่งเป็นค่าการปันส่วนทางเศรษศาสตร์ที่ใช้ราคาทางการตลาดมาเป็นตัวปันส่วน จากผลการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลนั้นพบว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 432.2 $kgCO_2eq$ ต่อเอทานอล 1 ลูกบาศก์เมตร ถ้านำเอทานอลไปผลิตน้ำมันจะช่วยลดการปลดปล่อยถึง 76.6% และมีการนำกากอ้อยไปผลิตไฟฟ้า การขายไฟฟ้าส่วนเกินจากที่ใช้ในโรงงานเองนั้น ช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้าน้ำมันดีเซลอีกด้วย ส่วนน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้นถ้านำไปบำบัดจะเกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 4,032 $kgCO_2eq$ ต่อเอทานอล 1 ลูกบาศก์เมตร จึงมีการนำน้ำเสียไปผ่านกระบวนการย่อยด้วยแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศ ทำให้ได้ไบโอแก๊สมาใช้ประโยชน์ ซึ่งลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 44% เมื่อเทียบกับการนำเอทานอลไปผลิตน้ำมัน แต่ถ้าเกิดการรั่วไหลของไบ

โอแก๊ส เพียงแค่ 10% จะทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 1,038 $kgCO_2eq$ ต่อเอทานอล 1 ลูกบาศก์เมตร เลยทีเดียว

Nielsen and Hoier (2009) ทำการศึกษาและพัฒนาการเพิ่มผลผลิต จากการใช้เอนไซม์ Phospholipase ในกระบวนการผลิต Mozzarella Cheese ในประเทศเดนมาร์ก โดยใช้ LCA เป็นเครื่องมีช่วยในการศึกษาและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาพบว่าในขั้นตอนการผลิตนมนั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง การใช้เอนไซม์ Phospholipase นั้นสามารถลดปริมาณการใช้นมในการผลิต Mozzarella Cheese อีกทั้งผลผลิตที่ได้ยังเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสรุปได้ว่าจากการใช้นมที่น้อยลงนั้นทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงตามไปด้วย

Ntiamoah and Afrane (2007) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตโกโก้ จากเมล็ดโกโก้ 1 กิโลกรัมในประเทศกานา ทำการศึกษาใน 3 ขั้นตอนคือ กระบวนการเพาะปลูก กระบวนการผลิต และกระบวนการขนส่ง ข้อมูลที่ได้นั้นถูกรวบรวมมาจาก รายงานของรัฐบาลกานาและข้อมูลจากสถาบันวิจัยโกโก้ในประเทศกานาเอง ส่วนข้อมูลเรื่องการใช้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง การขนส่งนั้น และการใช้ไฟฟ้านั้น มาจากฐานข้อมูล eco-invent และ Gabi 4 LCA ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้านและเปรียบเทียบวิธีการมาตรฐานและวิธีการปรับปรุงใหม่เช่น การลดการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงลง 50% และเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นก๊าซธรรมชาติ เพื่อหาแนวทางลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาพบว่าวีธีการที่ได้รับการปรับปรุงใหม่นั้นช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้จริง

กลุ่มงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงยีสต์ ซึ่งทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงยีสต์ เช่น อุณหภูมิ เวลา และ pH และเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญออกจากเซลล์ยีสต์ ซึ่งสภาวะที่ได้และลำดับการใช้เอนไซม์ในการสกัดสารสำคัญออกจากเซลล์ยีสต์จากเอกสารอ้างอิงนี้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตจริง ดังเช่น 3 งานวิจัยนี้

Chae และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาลำดับขั้นของการใช้เอนไซม์และการผสมเอนไซม์ตามอัตราส่วนต่างๆ เพื่อการผลิตยีสต์สกัดให้ได้รสชาติที่ดี ได้ค่าของแข็งและโปรตีนที่สูง ลำดับขั้นของการเติมเอนไซม์และปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์เป็นส่วนสำคัญในการผลิตยีสต์สกัด ปริมาณความเข้มข้นของนิวคลีเอสที่เหมาะสมที่แนะนำให้ใช้ คือ 0.03% ส่วนลำดับขั้นการเติมเอนไซม์ที่ได้ผลดี ได้แก่การเติมโปรตีเอสก่อนแล้วตามด้วยนิวคลีเอส ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 55.1% และทำให้ได้ปริมาณของกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นเป็น 3.67%

Champagne และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาการสกัดยีสต์ด้วยการแปรผันค่า pH ตั้งแต่ 4.0-8.5 โดยใช้ทั้งวิธีการ autolysis (การย่อยตัวเอง) และการใช้สารเคมีในการกระตุ้น และ

นอกจากนั้นยังใช้วิธีการเติมแบคทีเรียลงไปในการทดสอบเพื่อเช็คค่าการปนเปื้อนอีกด้วย โดยเปรียบเทียบผลที่ได้คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และอัลฟาอะมิโนไนโตรเจน ที่ได้จากการทดสอบ ผลการทดลองพบว่า ค่าแปรผันที่ pH 5.5 และกระตุ้นด้วยสารเคมี Ethyl acetate นั้นจะได้ปริมาณผลผลิตโดยรวม ไนโตรเจนทั้งหมดรวมทั้งค่าของแอลฟาอะมิโนไนโตรเจนสูงขึ้น

Tanguler และ Erten (2008) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของยีสต์แอลกอฮอล์สำหรับการผลิตยีสต์สกัดด้วยวิธีการ Autolysis (การย่อยตัวเอง) โดยบ่มยีสต์ที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส และใช้เวลาตั้งแต่ 8-72 ชั่วโมง เปรียบเทียบผลที่ได้คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด แอลฟาอะมิโนไนโตรเจน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งจากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยีสต์สกัดด้วยวิธีการ Autolysis คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

กลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาวิธีปรับปรุงกระบวนการทำแห้ง ให้ลดการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณที่มากลง สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นสาเหตุในการเกิดภาวะโลกร้อน ดังเช่น 3 งานวิจัยนี้

Hino และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาพัฒนา Nozzle ที่เหมาะสมของเครื่องทำแห้งในอุตสาหกรรมผลิตผงละเอียด พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและขนาดของ Nozzle รวมไปถึงการปรับอัตราการไหลของอากาศและของเหลว ให้เหมาะสมนั้นมีผลต่อการใช้พลังงานและศักยภาพของผลผลิตที่ได้

Luna-Solano (2004) ได้ทำการศึกษาและทดลองแบบจำลองของกระบวนการทำแห้งเพื่อพัฒนาระบบให้ใช้พลังงานน้อยที่สุดในกระบวนการทำยีสต์แห้ง ให้มีศักยภาพและความชื้นที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โมเดลการตอบสนองที่พื้นผิว (RSM: Response surface model) มาช่วยในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดลงจาก 55 เหรียญต่อกิโลกรัม เหลือเพียง 26.7 เหรียญต่อกิโลกรัม

Velic และคณะ (2003) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองและทำการคำนวณหาความเป็นไปได้ที่จะประหยัดพลังงานในกระบวนการทำแห้ง โดยใช้โปรแกรม excel มาช่วยในการคำนวณหาค่าสมดุลมวลและพลังงานตามกฎเทอร์โมไดนามิกส์ ผลที่คำนวณได้สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานและปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ พบว่า สามารถลดการใช้พลังงานในช่วงกระบวนการทำแห้งได้โดยการ หมุนเวียนไอเสียจากการเผาไหม้บางส่วน (~60%) กลับมาผสมอากาศดีเพื่อเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง ช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลงถึง 14% ทำให้ปลดปล่อยก๊าซเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยลง

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากแกลบและการเผาไหม้แกลบ ซึ่งแกลบนั้นเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ ที่ใช้ให้ความร้อนในกระบวนการผลิตยีสต์สกัด ดังเช่นงานวิจัยนี้

Chungsangunsit and Gheewala (2009) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบ เป็นกรณีศึกษาในประเทศไทย ซึ่งพบว่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบจากกระบวนการผลิตไอน้ำนั้น มีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยมากหรือแทบไม่มีเลย จึงพิจารณาให้เป็น 0 คือไม่เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยของเสียจากโรงผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดอื่น คือ โรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงถ่านหิน โรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงน้ำมัน และโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแก๊ส พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มาก สามารถสรุปได้ว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็น Biomass นั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล