



การเลือกวัสดุสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต
(Life Cycle Assessment หรือ LCA)

สถาบัน Oeko-Institut e.V.

การติดต่อ: info@oeko.de

<https://www.oeko.de>

สำนักงานใหญ่ที่เมือง Freiburg

Postfach / P.O. Box 17 71

79017 Freiburg. Deutschland / Germany

Phone: +49 761 45295-0

Fax: +49 761 45295-288

สำนักงานที่เมือง Darmstadt

Rheinstraße 95

64295 Darmstadt. Deutschland / Germany

Phone: +49 6151 8191-0

Fax: +49 6151 8191-133

สำนักงานที่กรุง Berlin

Borkumstraße 2

13189 Berlin. Deutschland / Germany

Phone: +49 30 405085-0

Fax: +49 30 405085-388

On behalf of:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany



สารบัญ

โครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว	5
บทสรุปผู้บริหาร	6
1.บทนำ	9
2.ประเภทบรรจุภัณฑ์	10
2.1 กุญช้อปปีง	10
2.1.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด	10
2.1.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม	10
2.1.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล	13
2.1.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่	14
2.1.5 สรุป	15
2.2 ภาชนะเครื่องดื่ม	15
2.2.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด	15
2.2.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม	16
2.2.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล	18
2.2.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่	18
2.2.5 สรุป	19
2.3 ถ้วยเครื่องดื่ม	20
2.3.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด	20
2.3.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม	20
2.3.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล	23
2.3.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่	24
2.3.5 สรุป	24
2.4 บรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับซื้อกลับบ้าน	25
2.4.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด	25
2.4.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม	25
2.4.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล	27
2.4.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่	27
2.4.5 สรุป	28

2.5	บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์	29
2.5.1	วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด	29
2.5.2	ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม	29
2.5.3	ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล	31
2.5.4	ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่	31
2.5.5	สรุป	31
3.	ประเด็นที่ไม่ครอบคลุมทั้งหมดในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต	33
3.1	สารอันตราย	33
3.2	ไมโครพลาสติกและการกักขัง	35
3.3	ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ที่ดิน	35
3.4	ฉากทัศน์ของการหมดอายุการใช้งานจริงของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ	36
3.5	การเปรียบเทียบฉากทัศน์ของการหมดอายุการใช้งาน	37
4.	บทสรุปและการดำเนินการที่สำคัญ	38
	รายการอ้างอิง	42

โครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว (Export Initiative for Green Technologies)

โครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว (Export Initiative for Green Technologies)

โครงการระดับโลกของ GIZ เรื่อง “การสนับสนุนโครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว” เป็นการดำเนินการความพยายามในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของกระทรวงสิ่งแวดล้อม คุ่มครองธรรมชาติ ความปลอดภัยทางปรมาณู และการคุ้มครองผู้บริโภคแห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (BMUV) โครงการส่งออกของกระทรวงสิ่งแวดล้อมมีเป้าหมายที่จะส่งออกความชำนาญที่มีอยู่ในเยอรมนี และสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนทั่วโลก โครงการดังกล่าว ครอบคลุมหัวข้อต่างๆ เช่น การจัดการขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพ มลพิษทางอากาศและน้ำ หรือโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน ประเทศพันธมิตรประกอบด้วย อียิปต์ จอร์แดน อินเดีย ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และยูเครน มาตรการของโครงการเน้นการเสริมสร้างความชำนาญทางเทคนิคและสถาบัน และวางรากฐานสำหรับการแนะนำและการใช้เทคโนโลยีที่ปกป้องสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ ที่ “ผลิตในเยอรมนี”

“โครงการทำงานร่วมกันเพื่อการลดพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Collaborative Action for Single-Use Plastic Prevention in Southeast Asia หรือ CAP SEA)” เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานระดับโลกของ GIZ เรื่อง “การสนับสนุนโครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว” ที่มุ่งเน้นการป้องกันการเกิดขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (SUP) ระบบใช้บรรจุภัณฑ์แบบใช้ซ้ำ และดำเนินการในประเทศไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย

[สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมของกิจกรรมของโครงการ CAP SEA โปรดดาวน์โหลดเอกสารได้ที่นี้](#)

บทสรุปผู้บริหาร

มีความเห็นที่ตรงกันมากขึ้นเกี่ยวกับผลเชิงลบของพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อสุขภาพมนุษย์ระบบนิเวศในน้ำและบนบก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความหลากหลายทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติตามมาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีมากมายแตกต่างกัน ความไม่สอดคล้องในมาตรการที่จะแก้ปัญหาพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ ส่วนหนึ่งมาจากการขาดความรู้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและศักยภาพของการเลือกวัสดุสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน และทางเลือกของพลาสติกใช้ครั้งเดียว เปรียบวิธีวิจัยของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life-Cycle Assessment หรือ LCA) จะให้การวิเคราะห์ที่เปิดเผยของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยเน้นประเด็นที่ต้องมีการแทรกแซงอย่างเร่งด่วน และชี้ให้เห็นถึงการขัดแย้งทางผลประโยชน์ที่อาจมี ระหว่างเป้าหมายสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน รายงานฉบับนี้ ใช้การทบทวนวรรณกรรมของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์และทางเลือกต่างๆ รายงานจะเน้นการใช้บรรจุภัณฑ์ 5 ชนิด คือ ขวดพลาสติก ภาชนะเครื่องดื่ม ด้วยเครื่องดื่มบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับซื้อกลับบ้าน และบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์

การวิเคราะห์ในรายงานฉบับนี้ นำไปสู่ข้อสรุปและการพิจารณาสำหรับการพัฒนานโยบาย เพื่อแก้ปัญหาของพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดังนี้:

- ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวอื่นๆ ที่ทำจากวัสดุที่ต่างกัน ไม่ใช่ทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม: ไม่มีผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวใดที่ดีกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด เพียงแต่เปลี่ยนภาระ ดังนั้น ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวอาจดูดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง เมื่อเทียบกับตัวต่อตัว แต่ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวทั้งหมดมีการสูงทางด้านการใช้ทรัพยากร

- ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว: การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ มีศักยภาพสูงสุดในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม หากการนำกลับมาใช้ใหม่ของบรรจุภัณฑ์ที่คงทนมีอัตราต่ำ จะไม่ดีไปกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ดังนั้น ต้องมีหลักประกันเรื่องอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่สูง และต้องลดการสูญเสียในช่วงการเก็บในโลจิสติกส์ย้อนกลับของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้น้อยที่สุด

- การดำเนินงานสิ่งแวดล้อมของโลจิสติกส์ การขนส่ง และวงจรการล้างเพิ่มเติม สำหรับผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ไม่พอลกกลับความได้เปรียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เหนือกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว: การเปลี่ยนไปยังระบบการนำกลับมาใช้ใหม่มีผลต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มากกว่าระยะทางที่ต้องขนส่งไปยังสถานีล้าง และสอดคล้องกับขั้นตอนการล้างที่ใช้เครื่องล้างจาน จากประสิทธิภาพพลังงานที่เพิ่มขึ้นของเครื่องล้างจาน และจากสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์หมุนเวียนในการกำหนดสัดส่วนการใช้พลังงาน พุทพรีนด้านสิ่งแวดล้อมของภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่จะลดลงไปอีก

- การพิจารณาความท้าทายและข้อจำกัดด้านเทคนิคของการรีไซเคิล เป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่มากกว่าการรีไซเคิล: การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของบรรจุภัณฑ์ มีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการรีไซเคิลมาก หากผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจากวัสดุรีไซเคิลหลังการบริโภค ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะยิ่งต่ำลงไปอีก เป็นที่ทราบกันว่า การเก็บและการรีไซเคิลมีอัตราค่อนข้างต่ำในหลายประเทศ ในทางเทคนิคแล้ว ความสามารถในการรีไซเคิลของวัสดุ ไม่ได้หมายความว่าในทางปฏิบัติ มันจะถูกนำไปรีไซเคิลจริงๆ

- การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ไม่ได้พิจารณาผลกระทบของสารอันตราย การเกิดไมโครพลาสติก การทิ้งขยะ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างเพียงพอ หากประเด็นดังกล่าวถูกซึมซับ ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่เหนือผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว จะเห็นชัดมากขึ้น: ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ไปสู่การลดการใช้ทรัพยากร ดังนั้น จึงทำให้เกิดความต้องการการใช้ที่ดินและกิจกรรมการสกัดน้อยลง เป็นการหลีกเลี่ยงความขัดแย้งในการใช้ที่ดิน และการปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่กระตุ้นให้เกิดการสูญเสียทางชีวภาพ น้ำหนักที่มากขึ้นของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่และคงทน ทำให้มันมีแนวโน้มที่จะทิ้งขยะน้อยกว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้ครั้งเดียวที่มีน้ำหนักเบากว่า เมื่อรวมสารอันตรายและการเกิดไมโครพลาสติก ผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้ครั้งเดียวก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างรุนแรงต่อสุขภาพมนุษย์ สภาพแวดล้อมในน้ำและบนบก และความหลากหลายทางชีวภาพ

- ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ทำจากพลาสติกชีวภาพ ไม่มีจุดแข็งเหนือผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้แล้วทิ้งอื่นๆ: มีเพียงการเปลี่ยนการดำเนินงานสิ่งแวดล้อม เมื่อบรรจุภัณฑ์พลาสติกทำจากฟอสซิลถูกแทนที่ด้วยบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ ในขณะที่พลาสติกทำจากฟอสซิลดั้งเดิมมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศสูงกว่า พลาสติกชีวภาพก็เกี่ยวข้องกับศักยภาพที่สูงกว่าของการปรับกรดและมลภาวะจากธาตุอาหารพืช รวมทั้งข้อกำหนดของที่ดิน ดังนั้น จึงทำให้เกิดการแข่งขันเรื่องที่ดินสำหรับการผลิตอาหาร และยังนำไปสู่การสูญเสียพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นการคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

- ประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ถูกประเมินค่าสูงเกินไปและขึ้นอยู่กับบริบทเป็นอย่างมาก: ในสภาพแวดล้อมที่ล้อมรอบ เช่น ปุ๋ยหมักที่บ้าน น้ำทะเล เป็นต้น เวลาที่ใช้ในการสลายตัวจะนานมาก ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงไม่แก้ปัญหาก็จริง ในโรงงานปุ๋ยหมักทางอุตสาหกรรม บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จะใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าขยะอินทรีย์อื่นๆ ส่งผลให้มีปัญหาการบริหารจัดการสำหรับโรงงานปุ๋ยหมัก ผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ยังก่อให้เกิดปัญหาในการคัดแยกในกระบวนการรีไซเคิลของพลาสติกดั้งเดิม นำไปสู่การเสื่อมคุณภาพของวัสดุรีไซเคิล

- การบริหารจัดการช่วงหมดอายุการใช้งานในบริบทเฉพาะ มีอิทธิพลอย่างสูงต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์: ไม่มีวิธีการแบบเดียวที่แก้ปัญหาได้ทั้งหมด สำหรับการบริหารจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ ทั้งหมด หากการบริหารจัดการขยะของประเทศหนึ่งส่วนใหญ่ใช้ขยะฝังกลบ และหากการนำกลับมาใช้ใหม่ของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่มีอัตราต่ำ บรรจุภัณฑ์พลาสติกรีไซเคิลอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ ส่วนประเทศที่การบริหารจัดการขยะใช้การเผาในเตาเผาเป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะมีการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงานหรือไม่ ฝ้าย กระดาษ และพลาสติกทำจากแป้ง อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ โดยรวม อาจสรุปได้ว่า การรีไซเคิลมีประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าขยะฝังกลบ อย่างไรก็ตาม หลังจากดูทางเลือกของวัสดุเฉพาะที่ซับซ้อน ที่จำเป็นต้องพิจารณา ในการบริหารจัดการขยะที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การเปลี่ยนไปใช้ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่เพียงแต่ดีในเชิงปฏิบัติเท่านั้น แต่ยังนำไปสู่ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอีกด้วย

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น น้ำหนัก ขนาด การใช้วัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล การกำหนดสัดส่วนพลังงานของกระบวนการผลิต และทางเลือกการบำบัดขยะ: ปัจจัยเหล่านี้ต้องทำการวิเคราะห์เป็นกรณีๆ ไป เพื่อประเมินผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเภทและทางเลือกของผลิตภัณฑ์จากมุมมองเชิงนิเวศน์ เป็นที่เห็นชัดว่า ควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรีไซเคิลได้ ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด นอกจากนี้ต้องพิจารณาการแลกเปลี่ยนระหว่างความสามารถในการนำไปรีไซเคิลและประโยชน์ด้านสภาพภูมิอากาศในทันที จากการลดน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ ในประเทศที่โรงงานเผาขยะในเตาเผาต่ำกว่ามาตรฐาน บรรจุภัณฑ์ที่ซับซ้อนและไม่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ และที่อาจมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศต่ำ อาจนำไปสู่การปล่อยแก๊สที่เป็นอันตรายเช่นกัน ในกรณีดังกล่าว การใช้บรรจุภัณฑ์ที่หนักกว่าแต่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ดีกว่า อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

- บรรจุภัณฑ์อาหาร ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับประเด็นเรื่องการแก้ปัญหาบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน: การป้องกันขยะอาหารผ่านทางบรรจุภัณฑ์โดยยึดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ หากมองอย่างกว้างและเป็นระบบต่อหัวข้อดังกล่าว เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องตั้งคำถามถึงความหมายของการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารสดในระยะทางไกล และเก็บรักษาเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานมาก ในทางตรงกันข้าม วิธีการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าอาหารตามฤดูกาลและตามภูมิภาค สำหรับผลิตภัณฑ์ผักสดในระยะทางใกล้ๆ ข้อกำหนดการเก็บรักษาที่น้อยลง และการบริโภคทันที จึงเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตหลายเรื่อง ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของห่วงโซ่อาหารตามฤดูกาลและตามภูมิภาค ที่มีสัดส่วนของผักที่สูง

1. บทนำ

การตกเทียงเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการเพิ่มขึ้นของพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ ได้ดำเนินมา 2-3 ปีแล้ว ไม่เป็นการกล่าวเกินจริง หากจะประกาศว่า เกิดอันตรายต่องานสังคมทั่วโลก ถึงความเร่งด่วนในการลดปัญหาดังกล่าว ดังจะเห็นได้จากข้อตกลงระหว่างประเทศ นโยบายระดับชาติและระดับภูมิภาค และโครงการริเริ่มของภาคเอกชนจำนวนมาก ในขณะที่มีความเห็นพ้องกันมากขึ้น ถึงผลเชิงลบของการเพิ่มขึ้นของพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศทางน้ำและทางบก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความหลากหลายทางชีวภาพ การปฏิบัติและการเข้าใจผลกระทบของมาตรการในการแก้ปัญหาดังกล่าว มีความหลากหลายอย่างมาก ความไม่สอดคล้องของมาตรการในการแก้ปัญหาพลาสติกใช้ครั้งเดียวและขยะบรรจุภัณฑ์ ส่วนหนึ่งเป็นเพราะการขาดความรู้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและศักยภาพของการเลือกวัสดุสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความยั่งยืน และทางเลือกพลาสติกใช้ครั้งเดียว

ระเบียบวิธีวิจัยของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life-Cycle Assessment หรือ LCA) จะให้การวิเคราะห์เบ็ดเสร็จของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยเน้นสาขาที่ต้องการการแทรกแซงโดยด่วน และชี้ให้เห็นถึงการขัดแย้งทางผลประโยชน์ที่อาจมีระหว่างเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในขณะเดียวกัน การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่ได้เสนอภาพที่สมบูรณ์เสมอไป และต้องเสริมด้วยข้อมูลเพิ่มเติม ที่เน้นบริบทมากขึ้น และพิจารณาประเด็นที่ไม่ได้มีการกล่าวถึงในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

รายงานฉบับนี้ ทำการทบทวนวรรณกรรมของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตมากมาย เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์และทางเลือกที่แตกต่างกัน รายงานเน้นการใช้บรรจุภัณฑ์ 5 ประเภท คือ ขวดซอปปิง ภาชนะเครื่องดื่ม ถ้วยเครื่องดื่ม บรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับซื้อกลับบ้าน และบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นสิ่งสำคัญที่จะเน้นว่า รายงานนี้ไม่ได้ใช้แบบจำลองการประเมินวัฏจักรชีวิต แต่จะสังเคราะห์ข้อมูลและผลลัพธ์ที่เกิดจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจำนวนหนึ่ง การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตที่วิเคราะห์แล้ว ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ระหว่างกัน เพราะถูกวิเคราะห์โดยผู้เขียนที่แตกต่างกัน ในภูมิภาคต่างๆ ที่ใช้ชุดข้อมูลและการสันนิษฐานที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม รายงานนี้ ในขณะที่ไม่ทำลายความแตกต่างที่เป็นปกติวิสัยในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะที่ครอบคลุม เพื่อชี้แนะการตัดสินใจที่มีข้อมูลมากขึ้น ผู้บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน

รายงานฉบับนี้ จัดทำโดยสถาบัน eko-Institut ของเยอรมนี ผู้อ่านเป้าหมายของรายงาน คือ ผู้มีอำนาจตัดสินใจทางการเมืองและบริษัทต่างๆ ในไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย ปัจจุบัน ผู้อ่านเป้าหมายในประเทศที่กำลังมาข้างหน้า ได้รับการสนับสนุนจากโครงการโมดูลของ GIZ ชื่อ CAP SEA (Collaborative Action for Single-Use Plastic Prevention in Southeast Asia หรือโครงการทำงานร่วมกันเพื่อการลดพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวภายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้) ทั้งนี้ วัตถุประสงค์ของโครงการ CAP SEA คือ การสนับสนุนการลดขยะพลาสติก และส่งเสริมระบบบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ในไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย โดยเน้นต้นน้ำและรวมเข้าไปในกลยุทธ์เศรษฐกิจหมุนเวียนที่กว้างกว่า เพื่อให้คำปรึกษาแก่รัฐบาล

CAP SEA ได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากกระทรวงสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ธรรมชาติ และความปลอดภัยนิวเคลียร์ของรัฐบาล

สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และเป็นส่วนหนึ่งโครงการระดับโลกเพื่อสนับสนุน “โครงการส่งออกเทคโนโลยีสีเขียว”(“Export Initiative for Green Technologies”) โดย GIZ เป็นหน่วยปฏิบัติหลัก และระยะเวลาการดำเนินการจากเดือนสิงหาคม 2019 ถึงเดือนมีนาคม 2023

2. ประเภทบรรจุภัณฑ์

2.1 ถุงซอปปิง

ถุงซอปปิงใช้ในการขนส่งสินค้าในขณะซอปปิง ถุงที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโลก คือ ถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว (single-use plastic bag หรือ SUPB) หรือรู้จักในอีกชื่อหนึ่งว่า ถุงขยะ ที่โดยเฉลี่ยจะใช้ประมาณ 15 นาทีและทิ้งไป เป็นที่คาดว่า มีการใช้ถุงซอปปิง 500,000 ล้านใบทั่วโลกทุกปี (Plastic Oceans 2021) อย่างไรก็ตาม มีทางเลือกสำหรับถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว บทนี้จะกล่าวถึงฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของถุงซอปปิงใช้แล้วทิ้งและถุงทางเลือก

2.1.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด

ถุงใช้แล้วทิ้ง หรือถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว (SUPB) โดยปกติทำจาก low-density polyethylene (LDPE) หรือ high-density polyethylene (HDPE) ถุงกระดาษโดยปกติก็เป็นถุงใส่ของใช้ครั้งเดียว

ถุงพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ เป็นถุงใส่ของที่ผลิตเพื่อใช้งานที่หลากหลาย และโดยปกติ ทำจาก polypropylene (PP) หรือ polyethylene terephthalate (PET) ถุงผ้าฝ้ายที่ผลิตจากฝ้ายทอ ก็เป็นทางเลือกของถุงใส่ของพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่

ถุงพลาสติกชีวภาพ เป็นถุงใส่ของ ที่โดยปกติผลิตเพื่อการใช้งานที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ถุงชีวภาพที่นำกลับมาใช้ใหม่ ยังมีจำหน่ายในตลาด ทั้งนี้ ถุงพลาสติกชีวภาพ โดยปกติทำจากวัตถุดิบชีวภาพ เช่น polylactic acid (PLA) วัสดุขี้เถ้าอินทรีย์ พืชผล เช่น อ้อย ข้าวโพด และบางครั้ง ไม้ “ชีวภาพ” ไม่ได้หมายความว่า วัตถุดิบมีลักษณะหมุนเวียน 100% เสมอไป พลาสติก ชีวภาพยังสามารถใช้ในคอมโพสิตที่ประกอบด้วยพลาสติกจากน้ำมัน เช่น PET ชีวภาพประกอบด้วยอ้อย 30% และกรดยาสูบ ฟอสซิล 70% (DUH 2018a)

ถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นถุงใส่ของที่โดยทั่วไปผลิตสำหรับการใช้ครั้งเดียว โดยทำทั้งจากวัตถุดิบชีวภาพ หรือ วัตถุดิบจากฟอสซิล วัตถุดิบชีวภาพที่มักใช้สำหรับผลิตถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้แก่ แป้ง เซลลูโลส คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากมันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น และ PLA โดยได้รับการออกแบบให้ย่อยสลายได้ทางชีวภาพภายใต้สภาวะเฉพาะ (1) และปล่อย CO₂ และมีเทน

ถุงพลาสติกแตกสลายได้ชนิดอ็อกโซ เป็นถุงใส่ของที่ผลิตสำหรับการใช้ครั้งเดียวเท่านั้น ทำจากพลาสติกดั้งเดิม เช่น PE และจากสารเติมแต่ง (2) ถุงพลาสติกเหล่านี้ออกแบบมาเพื่อให้แตกตัวเป็นไมโครพลาสติกหลังการใช้

2.1.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม

น้ำหนักของถุงซอปปิงมีผลต่อการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ถุง SUPBหนักประมาณ 6 กรัม ในจีน อินเดีย สิงคโปร์และสหรัฐฯ แต่หนัก 18-20 กรัมในฟินแลนด์ สเปน และสหราชอาณาจักร (UNEP 2020a) หากถุงทั้งสองมีหน่วยหน้าที่เหมือนกัน ถุงจากฟินแลนด์ สเปนและสหราชอาณาจักร จะมีฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าถุงจากจีน อินเดีย สิงคโปร์และสหรัฐฯ 3 เท่า อย่างไรก็ตาม ถุงหนัก 18-20 กรัมอาจใหญ่กว่าถุงหนัก 6 กรัมและสามารถใส่ของได้มากกว่า แต่ถุงที่หนักกว่าก็อาจหมายความว่าถุงแข็งแรงกว่าและสามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง อย่างไรก็ตาม ถุงหนัก 18-20 กรัมจะต้องใช้แทนถุงหนัก 6 กรัม 3 ถุง เพื่อที่ว่าถุง SUPB ทั้งสองจะสามารถ เปรียบเทียบกันได้ ในส่วนของผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ระยะทางที่ถุงต้องถูกขนส่งก่อนนำไปใช้ ดูเหมือนจะไม่ผลต่อการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ (Khoo et al. 2010; Edwards und Fry 2011)

(1) พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพส่วนใหญ่ออกแบบเพื่อให้ย่อยสลายภายใต้สภาวะในโรงงานหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม

(2) โลหะ-ไอออน เช่น โคบอลต์ แมงกานีส เหล็ก

การศึกษาของ Civancik-Uslu et al. (2019) เปรียบเทียบถุงใช้ครั้งเดียว 3 ถุงทำจาก HDPE กระดาษ และพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ 2 ถุง ทำจาก LDPE และ PP การศึกษาดังกล่าวยังครอบคลุมผลกระทบของศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะ ซึ่งศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะ พิจารณาประเด็นต่างๆ รวมทั้งน้ำหนักของถุง อัตราการย่อยสลายของถุง และราคาของถุง (สันนิษฐานว่า ถุงที่มีราคาถูกกว่า จะถูกโยนทิ้งไป) ผู้เขียนสรุปดังนี้:

- ถุง HDPE ใช้ครั้งเดียว มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถุง LDPE ที่นำกลับมาใช้ใหม่ เกือบ 30 เท่า ในส่วนของศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะ

- ถุงอีก 3 ใบ มีประสิทธิภาพดีกว่าถุง LDPE หลายเท่า ในส่วนของศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะ

- ถุง HDPE ใช้ครั้งเดียว มีประสิทธิภาพดีเท่ากับหรือดีกว่าถุงอื่นๆ ในส่วนของการเกิดหมอกควันทางเคมี การใช้ น้ำ การปนเปื้อน และมลภาวะจากราตุอาหารพืช

- ถุง LDPE ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำที่สุด ตามด้วยถุง HDPE ใช้ครั้งเดียว

- ถุงกระดาษและถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงที่สุด แต่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในส่วนของศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะ

- ถุงกระดาษ ถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ และถุงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีประสิทธิภาพต่ำสุด ในส่วนของมลภาวะจากราตุอาหารพืช

- ถุงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีการใช้น้ำสูงสุด

ดังนั้น ไม่มีถุงใดที่ดีกว่าถุงอื่น ในประเภทผลกระทบทั้งหมด วัสดุที่มีน้ำหนักเบาว่า อาจมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศต่ำกว่า ดังในกรณีของถุง HDPE ใช้ครั้งเดียว และถุง LDPE ที่นำกลับมาใช้ใหม่ แต่ก็อาจมีศักยภาพในการทำให้เกิดการกักขยะเพิ่มขึ้น เพราะวัสดุที่มีน้ำหนักเบาอาจปลิวไปตามลมได้

การศึกษาของคณะกรรมการยุโรป (2019) เปรียบเทียบถุง LDPE ใช้ครั้งเดียว ถุงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และถุง LDPE ชีวภาพ ทั้งนี้ ถุงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำจากแป้งและโคโพลิเอสเตอร์ ถุง LDPE ชีวภาพ ผลิตในบราซิลจากอ้อย ในขณะที่ถุงอื่นๆ ผลิตในยุโรป โดยสรุป ไม่มีวัสดุถุงใดที่ดีไปกว่ากันอย่างเห็นได้ชัดในการศึกษานี้ ถุง LDPE ชีวภาพ มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่ำสุด เทียบกับถุงอีก 2 ชนิด ผลลัพธ์ที่ต่างของประเภทผลกระทบทั้งสองนี้ ติดตามด้วยการแลกเปลี่ยนในประเภทผลกระทบอื่นๆ ถุง LDPE ชีวภาพ มีประสิทธิภาพแย่ที่สุดในประเภทผลกระทบของการปนเปื้อน มลภาวะจากราตุอาหารพืช ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเกิด หมอกควันทางเคมี ส่วนถุง LDPE ใช้แล้วทิ้ง มีประสิทธิภาพดีกว่าถุงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเล็กน้อย ในส่วนของสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลของคณะกรรมการยุโรป (2019) พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กระบาค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential หรือ GWP) ในระยะฝั่งกลบ มากกว่าถุง LDPE มาก จากการปล่อยแก๊สมีเทนในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ทั้งนี้ ถุง LDPE มีความเฉื่อย และไม่ปล่อยแก๊สในระยะฝั่งกลบ หากเปรียบเทียบเครดิตจากกระบวนการทำปุ๋ยหมักของถุงทำจากแป้ง ด้วยเครดิตจากการรีไซเคิลถุง LDPE เครดิตจากกระบวนการรีไซเคิล จะสูงกว่าเครดิตจากการทำปุ๋ยหมักมาก ประโยชน์ต่อสภาพภูมิอากาศของการรีไซเคิล LDPE จะมากกว่าประโยชน์ของการหมักทำปุ๋ยของถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาก จากความจริงที่ว่า การรีไซเคิล LDPE นำไปสู่การทดแทนวัสดุฟอสซิลใหม่ๆ ในขณะที่การหมักทำปุ๋ยทดแทนเพียงปุ๋ย (European Commission 2019)

หากการบริหารจัดการขยะของประเทศใด ส่วนใหญ่ใช้ระยะฝั่งกลบ และการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่มีอัตราต่ำ ถุงพลาสติกรีไซเคิลอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ ในประเทศที่การบริหารจัดการขยะใช้การเผาในเตาเผาเป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะหรือไม่มีการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงานก็ตาม ฝาย กระดาษ และพลาสติกทำจากแป้ง จึงอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม อย่างหลังขึ้นอยู่กับน้ำหนักของถุงเป็นอย่างมาก อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมของถุงเหล่านี้ และขั้นตอนการผลิตของกระดาษ (UNEP 2020a)

การศึกษาของ Kimmel (2014) เปรียบเทียบถุงใช้ครั้งเดียว 4 ถุง คือ ถุง HDPE ดั้งเดิม ถุง HDPE ที่รีไซเคิลบางส่วน ถุงกระดาษที่รีไซเคิลบางส่วน และถุงกระดาษที่รีไซเคิล 100 % และถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ 2 ถุง คือ ถุงทำจาก LDPE 1 ถุง และถุงทำจาก non-woven polypropylene (NWPP) อีก 1 ถุง ถุง HDPE ที่รีไซเคิลบางส่วน ทำจากวัสดุรีไซเคิล 30% และทำจากวัสดุใหม่ 70 % ส่วนถุงกระดาษที่รีไซเคิลบางส่วน ทำจากวัสดุรีไซเคิล 40 % และทำจากกระดาษคราฟท์ 60 % ผลลัพธ์มีดังนี้:

- ถุงใช้แล้วทั้งทำจากกระดาษรีไซเคิลบางส่วน มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด
- ถุงกระดาษทำจากถุงรีไซเคิล 100 % มีประสิทธิภาพสูงกว่าถุงกระดาษทำจากกระดาษรีไซเคิลบางส่วน ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ยกเว้นการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล และมลภาวะจากราตุอาหารพิษในน้ำที่ซึ่งทั้งสองมีประสิทธิภาพเหมือนกัน
- อย่างไรก็ตาม ถุงกระดาษรีไซเคิล 100 % มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถุง SUPB ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกประเภท ยกเว้น การปรับกรด และความเป็นพิษในน้ำจืดและในน้ำทะเล
- หากใช้ถุงกระดาษ 3.7 ครั้ง ก็จะดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าถุง SUPB
- ถุง HDPE ที่รีไซเคิลบางส่วน มีประสิทธิภาพ 0-30 % สูงกว่าถุง HDPE ใหม่ ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด
- ถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากนำมาใช้บ่อยเพียงพอ แต่หากใช้เพียงหนึ่งครั้ง จะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด
- ถุง LDPE ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีประสิทธิภาพดีกว่าถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่
- ถุง LDPE ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ต้องใช้ประมาณ 6-9 ครั้งเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีกว่าถุง HDPE ที่รีไซเคิลบางส่วน และถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องใช้ 13-20 ครั้ง จึงจะดีกว่าถุงใช้แล้วทิ้ง

Muthu et al. (2011) เปรียบเทียบถุง SUPB ทำจาก PE ถุงกระดาษ ถุง Non-woven polypropylene (NWPP) และถุงผ้าฝ้าย ผู้เขียนพิจารณาผลกระทบต่อประเภทการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และสันนิษฐานว่า ถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ใช้แทน ถุง SUPB 100 ใบ และถุงผ้าฝ้ายใช้แทนถุง SUPB 50 ใบ พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ในการศึกษา คือ ยองกง จีน และอินเดีย ในการศึกษาดังกล่าว ถุงกระดาษมีประสิทธิภาพต่ำสุด ผู้เขียนระบุว่า ถุงกระดาษใช้ “ใช้พลังงานในปริมาณสูง จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ไฟฟ้า และสารเคมี เป็นต้น” ถุง SUPB และถุงผ้าฝ้ายที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เทียบกันได้ที่ทั้งสองชนิดต่ำกว่าถุงกระดาษ ส่วนถุง PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้เขียนสรุปว่า การรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถุงช้อปปิ้ง

การศึกษาของ Khoo et al. (2010) เปรียบเทียบถุงชีวภาพใช้ครั้งเดียว ทำจากข้าวโพด และถุงใช้แล้วทิ้ง ทำจากพลาสติก PP จากฟอสซิล การศึกษาดำเนินการในสิงคโปร์ ถุงชีวภาพผลิตในสหรัฐฯ ผู้เขียนระบุว่า ถุงชีวภาพมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential หรือ GWP) การปรับกรด และการทำลายชั้นโอโซน สูงกว่าถุง PP จากฟอสซิล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพราะการใช้พลังงานที่สูง ในระหว่างการผลิตของพลาสติกชีวภาพ โดยเฉพาะ การเปลี่ยนกลูโคสเป็นโพลิเมอร์ต้องใช้พลังงานสูง ผู้เขียนสรุปว่า การนำเข้าจากต่างประเทศไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลลัพธ์

2.1.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล

โดยทั่วไป วัสดุถุงซอปปิงหลายชนิด เช่น PP, HDPE, LDPE หรือกระดาษ สามารถนำไปรีไซเคิลได้ (3) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ บ่อยครั้ง ถุงเหล่านั้นไม่ได้ถูกนำไปรีไซเคิล ซึ่งไม่ใช่จากเหตุผลทางเทคนิค แต่เป็นเพราะถุงดังกล่าวไม่ได้เข้าไปในสายธารการรีไซเคิลเลย ในการประเมินวัฏจักรชีวิตบางเรื่อง กรณีนี้จะเรียกว่า ไม่มีคุณค่าของการรีไซเคิล หรือมีก็น้อย และอีกเหตุผลหนึ่ง คือ บ่อยครั้ง ถุง SUPB จะถูกนำกลับมาใช้เป็นถุงขยะ หลังการใช้ครั้งแรกเป็นถุงซอปปิง (Muthu et al. 2011) ดังนั้น มันก็จะจบลง ในถังขยะ แทนที่จะเป็นในสายธารการรีไซเคิลเลย

การวิเคราะห์การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตที่แตกต่างกันในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นถึงข้อสันนิษฐานที่หลากหลาย ในส่วนของความสามารถในการนำไปรีไซเคิลของถุงซอปปิง ดังนี้:

- Civancik-Uslu et al. (2019) ประเมินว่า ครึ่งหนึ่งของถุงกระดาษ และถุง HDPE, LDPE และ PP ส่วนน้อย (10 %) ถูกนำไปรีไซเคิลหลังการใช้ ซึ่งขอบเขตการศึกษา คือ สเปนและเดนมาร์ก

- การศึกษาของ Kimmel (2014) สันนิษฐานว่าอัตราการรีไซเคิลจะเหมือนกันในสหรัฐฯ

- ในทางตรงกันข้าม การศึกษาของคณะกรรมการยุโรป (2019) สันนิษฐานว่า ถุงพลาสติกประมาณ 30 % จะถูกนำไปรีไซเคิลเมื่อสิ้นสุดวงจรชีวิต

Muthu et al. (2011) ใช้ข้อมูลจากแบบสำรวจผู้บริโภค โดย Li Yi et al. (2010) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยทำการวิเคราะห์ พฤติกรรมของคนในจีน อองกง และอินเดีย จากข้อมูลของ Muthu et al. (2011) การรีไซเคิลถุงซอปปิงจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมผู้บริโภคเป็นอย่างมาก คณะผู้เขียนได้สันนิษฐานอัตราการรีไซเคิล ดังนี้:

- จีน

- o 21 % สำหรับถุงพลาสติก

- o 31 % สำหรับถุงกระดาษ

- o 22 % สำหรับถุงไม่ทอ

- อองกง

- o 22 % สำหรับถุงพลาสติก

- o 25 % สำหรับถุงกระดาษ

- o 25 % สำหรับถุงที่ไม่ทอ

- อินเดีย

- o 18% สำหรับถุงพลาสติก

- o 25% สำหรับถุงกระดาษ

- o 21% สำหรับถุงที่ไม่ทอ

(3) ที่สามารถรีไซเคิลได้ หรือรีไซเคิล หมายถึง การบำบัดในช่วงหมดอายุการใช้งาน ในขณะที่การใช้วัสดุรีไซเคิล หมายถึง วัสดุรีไซเคิลที่ใช้ในการผลิตแทนที่จะใช้วัสดุใหม่

ในส่วนของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและพลาสติกชีวภาพ นอกจากความเสี่ยงที่พลาสติกดังกล่าวจะเข้าสู่สายธารขยะที่ผิดแล้ว ยังมีปัญหาทางเทคนิคเกี่ยวกับการรีไซเคิล เพราะหากมันเข้าไปในสายธารการรีไซเคิล อาจก่อให้เกิดปัญหาการคัดแยกในกระบวนการรีไซเคิลของพลาสติกจากฟอสซิล (UNEP 2020a) ผู้รีไซเคิลส่วนใหญ่ไม่สามารถเห็นข้อแตกต่างระหว่างพลาสติก ชีวภาพและพลาสติก จากฟอสซิล ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสลายของคุณภาพของวัสดุรีไซเคิล

ในทางตรงกันข้าม การใช้วัสดุรีไซเคิลในการผลิต สามารถลดฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของถุงช้อปปิ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ หากถุงพลาสติกมีปริมาณที่รีไซเคิล 30 % ก็จะมีประสิทธิภาพดีกว่าถุงที่ทำจากวัสดุใหม่ 100% ในอัตรา 0-30 % ขึ้นอยู่กับประเภทผลกระทบ (Kimmel 2014) การใช้วัสดุรีไซเคิลยังช่วยลดฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของกระดาษ ทั้งนี้ ถุงกระดาษที่รีไซเคิล 100 % จะมีประสิทธิภาพดีกว่าถุงกระดาษคราฟท์ในแต่ละประเภทผลกระทบ อย่างไรก็ตาม ถุงกระดาษทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % ก็ยังมีฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าถุง SUPB ทำจากพลาสติกใหม่ ยกเว้นการปรับกรด และความเป็นพิษในน้ำจืดและในทะเล

2.1.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบสำคัญต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของถุงช้อปปิ้ง อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงที่สูงกว่า มีอิทธิพลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าการรีไซเคิล (Muthu et al. 2011) ถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ อาจมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมเหนือกว่าถุง SUPB หากใช้หลายครั้ง ส่วนถุงผ้าฝ้ายต้องนำมาใช้ใหม่ก็ครั้ง ขึ้นอยู่กับการศึกษา เช่น จากข้อมูลของ UNEP (2020a) จะต้องใช้ถุงผ้าฝ้าย 50-150 ครั้ง จึงจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าถุง SUPB ในขณะที่กลุ่มปฏิบัติการเพื่อสิ่งแวดล้อมเยอรมนี (Environmental Action Germany หรือ DUH) คาดว่า ถุงผ้าฝ้ายต้องใช้ 25-32 ครั้ง จึงจะเปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อมได้กับถุง SUPB (DUH 2021)

นอกจากนี้ ความนิยมของถุงช้อปปิ้งที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจาก PP, PE และ PET กำลังเพิ่มขึ้น เพราะคุ้มค่า และในบางกรณีใช้เพียง 3 ครั้งก็จะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าถุง SUPB (DUH 2021) ถุง PP ที่หนาและคงทน คาดว่าต้องใช้ 10-20 ครั้ง แต่ถุง PE ที่บางกว่าแต่ก็นำกลับมาใช้ใหม่ ต้องใช้ 5-10 ครั้ง เพื่อที่จะให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเหมือนกับถุง SUPB ซึ่งไม่เพียงแต่ถุงต้องมีการเก็บรักษาที่นานเท่านั้น แต่ผู้บริโภคต้องนำถุงแต่ละถุงกลับมาใช้ใหม่หลายครั้งด้วย (UNEP 2020a) ถุงพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ผลิตจากวัสดุรีไซเคิลมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งก็ทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เช่น ในเยอรมนี 90 % ของถุง PET ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ผลิตจากขวดพลาสติกรีไซเคิล (DUH 2021)

การศึกษาของ Muthu et al. (2011) ใช้ข้อมูลจากการสำรวจผู้บริโภค (Li Yi et al. 2010) พบว่า อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงคงทนทำจาก PP สูง 78 % ในจีน 69 % ในฮ่องกง และ 55 % ในอินเดีย อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงผ้าฝ้าย (73-80 %) สูงกว่าถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว ซึ่งถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ระหว่าง 42-55 % (Muthu et al. 2011) เป็นที่สันนิษฐานว่า ถุงพลาสติกใช้แล้วทิ้ง ส่วนหนึ่งนำกลับมาใช้ใหม่เป็นถุงขยะ ดังนั้น คำว่า “ใช้ครั้งเดียว” จึงไม่ถูกต้องนัก แต่วัตถุประสงค์เดิมของถุงพลาสติกคือใช้เพียงครั้งเดียวเป็นถุงช้อปปิ้ง

อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศต่างๆ แสดงว่า ถุงคงทนทำจาก PP ใช้เพียง 2-5 ครั้ง ขึ้นอยู่กับประเทศ ในขณะที่ถุงผ้าฝ้ายมีการนำกลับมาใช้ใหม่ 4-5 ครั้ง อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่เหล่านี้ต่ำกว่าจุดคุ้มทุนที่ถุงต่างๆ เหล่านี้ ต้องบรรลุเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบเชิงนิเวศน์ได้กับถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว แบบสำรวจลูกค้าสำหรับอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ ต่างจากอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่สันนิษฐานในฉากทัศน์เส้นฐานของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอื่นๆ เช่น Muthu et al. (2011) สันนิษฐานว่า ถุงผ้าฝ้ายสามารถใช้แทนถุงใช้แล้วทิ้ง 50-150 ใบ ในฟินแลนด์ ในฉากทัศน์เส้นฐานของ Muthu et al. (2011) สันนิษฐานว่า ถุงผ้าฝ้ายสามารถใช้แทนถุงใช้แล้วทิ้ง 50 ใบ (ซึ่งจัดกับถุงผ้าฝ้ายที่นำกลับมาใช้ใหม่ 4-5 ครั้ง ในแบบสำรวจลูกค้า) Kimmel (2014) คาดว่าถุงคงทนทำจาก PP ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ 14.6 ครั้งในสหรัฐฯ

ดูเหมือนว่าอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ในการศึกษามากมาย ไม่สอดคล้องกับอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่แท้จริง และก็ยังมีความแตกต่างอย่างมากในอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ ระหว่างประเทศและทวีป การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตมากมาย จะเน้นยุโรปหรือสหรัฐฯ (Kimmel 2014; Muthu et al. 2011) ในขณะที่อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ในเอเชียหรือแอฟริกา สันนิษฐานว่าจะน้อยกว่า ถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่อาจอยู่เหนือสถานะใช้ครั้งเดียว หากอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สูงพอ

2.1.5 สรุป

ถุงซอปปิงที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าถุงใช้ครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ เป็นปัจจัยที่คาด หากอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สูงเท่าใด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็จะต่ำเท่านั้น หากการนำกลับมาใช้ใหม่ของถุงคงที่ที่นำกลับมาใช้ใหม่มีอัตราต่ำ มันจะไม่ดีเท่าถุง SUPB ถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่มีแนวโน้มที่จะมีฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิต มากกว่าถุงใช้แล้วทิ้ง จากการใช้วัสดุที่คงทนมากกว่า เมื่อถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ถูกใช้บ่อยๆ อย่างเพียงพอ การใช้พลังงานที่สูงกว่าในช่วงการผลิตจะได้รับการทดแทน หากถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ถูกนำไปใช้เหนือจุดคุ้มทุน ฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมจะยิ่งลดลงไปอีก จำนวนครั้งที่ถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ ต้องถูกนำไปใช้ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้เชิงนิเวศกับถุง SUPB ขึ้นอยู่กับวัสดุ

ยังมีถุงซอปปิงที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจากพลาสติก เช่น PP, PE หรือ PET ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมมากยิ่งขึ้น จากค่าใช้จ่ายที่ต่ำและผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี มันจะใช้น้อยครั้งกว่าถุงผ้าฝ้าย ทำให้มันเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าถุง SUPB ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของถุงซอปปิงอาจลดลงไปอีก หากถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ทำจากวัสดุรีไซเคิล

จากน้ำหนักที่มาก ถุงพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีศักยภาพในการก่อให้เกิดการกักเก็บที่ต่ำกว่าถุง SUPB อย่างไรก็ตาม ก็ยังก่อให้เกิดปัญหาเดียวกันกับถุง SUPBs หากจบลงในธรรมชาติ โดยจะทำให้เกิดมลพิษจากไมโครพลาสติกและผลกระทบทางกายภาพต่อสัตว์ ในทางตรงกันข้าม จากน้ำหนักที่เบา ถุงพลาสติกใช้ครั้งเดียว มีศักยภาพในการก่อให้เกิดการกักเก็บที่สูง เพราะจะปลิวตามลมได้ง่าย และจะจบลงเป็นขยะ แทนที่จะเข้าสู่ระบบการจัดการขยะตามที่ตั้งใจไว้ เป็นที่น่าเสียดายว่า ศักยภาพในการก่อให้เกิดการกักเก็บ ไม่ได้มีการพิจารณาในการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่

เมื่อต้องเลือกวัสดุสำหรับถุงซอปปิง ไม่มีถุงใช้ครั้งเดียวใดที่ดีไปกว่าถุงอื่น ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ประเภทและน้ำหนักของวัสดุของถุงซอปปิง มีลักษณะที่สำคัญในการกำหนดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของถุงซอปปิง ถุงที่ทำจากวัสดุเดียวกันแต่น้ำหนักมากกว่า 2 เท่า จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 2 เท่า นอกเสียจากจะใช้บ่อยครั้งขึ้น หรือใช้ในการขนส่งสินค้ามากขึ้น

ถุงใช้ครั้งเดียวทำจากพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือชีวภาพ ไม่มีจุดแข็งเหนือถุงพลาสติกใช้แล้วทิ้งอื่นๆ มันเพียงแต่มีอายุการใช้งานที่สั้น และก่อให้เกิดขยะในปริมาณเท่ากัน นอกจากนี้ ยังก่อให้เกิดปัญหาการคัดแยกในกระบวนการรีไซเคิลของพลาสติกจากฟอสซิล ศักยภาพของคาร์บอนฟุตพริ้นต์ถูกยกเลิกไป จากการปล่อยแก๊สที่มากขึ้นในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น การปนเปื้อน มลภาวะจากธาตุอาหารของพืช ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเกิดหมอกควันทางเคมี ความจริงแล้ว คำว่า “ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ” เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลาสติกกลุ่มนี้ เช่น การกักเก็บอย่างไม่เหมาะสมในถังขยะ การกักเก็บอย่างสะเปะสะปะ และการใช้ผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้งอย่างสะเปะสะปะ (Umweltbundesamt 2021)

2.2 ภาชนะเครื่องดื่ม

ภาชนะเครื่องดื่มเป็นพาหนะในการขนส่งหรือดื่มเครื่องดื่ม ภาชนะเครื่องดื่มเป็นจำนวนมาก อยู่ในประเภทบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว เช่น น้ำอัดลม 70 % ในสหราชอาณาจักร บรรจุในขวด PET ใช้ครั้งเดียว ที่เหลือจะบรรจุกระป๋อง กล่องหลายชั้นใส่เครื่องดื่มหรือแก้ว (BSDA 2021) อย่างไรก็ตาม มีทางเลือกของขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว บทนี้จะกล่าวถึงฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมของภาชนะเครื่องดื่มใช้ครั้งเดียวและภาชนะทางเลือก

2.2.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด

ขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว โดยปกติ ทำจาก PET, PET รีไซเคิล (rPET) หรือ HDPE ขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว ทำจากวัตถุดิบชีวภาพ ก็มีจำหน่ายในตลาดด้วย ขวดแก้ว เป็นได้ทั้งภาชนะเครื่องดื่มใช้ครั้งเดียวหรือที่นำกลับมาใช้ใหม่ ในขณะที่กระป๋องอะลูมิเนียม มักใช้เป็นภาชนะเครื่องดื่มใช้ครั้งเดียว

บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษหลายชั้นสำหรับบรรจุเครื่องดื่ม โดยปกติเป็นภาชนะเครื่องดื่มใช้ครั้งเดียว และโดยปกติทำจากชั้นจำนวนหลายชั้น ของกล่องกระดาษ พลาสติก และอะลูมิเนียม

ขวดเครื่องดื่มที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยปกติจะผลิตจากวัสดุต่างๆ เช่น เหล็กกล้า อะลูมิเนียม PP หรือแก้ว

การใช้ที่ไม่ใช่ภาชนะ หมายความว่า ไม่มีการใช้วัสดุเพื่อการขนส่งเครื่องดื่มหรือสำหรับขั้นตอนการดื่ม เครื่องดื่ม เช่น น้ำจืดโดยตรงจากก๊อก

2.2.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม

การศึกษาของ Benavides et al. (2018) เปรียบเทียบขวด PET 3 ชนิด (PET ใหม่ รีไซเคิล และชีวภาพ) ขวด PET รีไซเคิลในการศึกษานี้ ทำจากวัสดุรีไซเคิล 35 % และวัสดุชีวภาพหรือวัสดุใหม่ 65 % จากการศึกษา ขวดชีวภาพ 100 % มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำกว่าขวดจากฟอสซิล 100 % คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดต่ำกว่า PET รีไซเคิลและ PET จากฟอสซิลผสมกัน รวมทั้ง PET รีไซเคิล และ PET ชีวภาพผสมกัน นอกจากนี้ Benavides et al. (2018) ได้เปรียบเทียบวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธีในการผลิต terephthalic acid (TPA) จากพลาสติกชีวภาพ และพบว่า การผลิตบนพื้นฐานของสารตัวกลาง isobutanol จะมีประสิทธิภาพ ดีกว่า 88 % ในความสมดุลของคาร์บอน เมื่อเทียบกับขวด PET จากฟอสซิล ในขณะที่การผลิตจากการหมักน้ำตาลโดยตรง จะมีประสิทธิภาพดีกว่า 22% เทียบกับขวดจากฟอสซิล ผู้เขียนมีข้อเสนอแนะดังนี้:

- การใช้ PET ชีวภาพเพิ่มขึ้น แทน PET จากฟอสซิล จะช่วยลดค่า GWP และการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล
- การผสมกันระหว่าง PET ชีวภาพและวัสดุรีไซเคิล จะมีประสิทธิภาพดีกว่า 35 % - 73 % ในส่วนของค่า GWP เมื่อเทียบกับขวด PET จากฟอสซิล
- การผสมกันของ PET ชีวภาพ ทำจากสารตัวกลาง isobutanol และวัสดุรีไซเคิล มีการใช้พลังงานฟอสซิลต่ำที่สุด กล่าวคือ น้อยกว่าขวด PET จากฟอสซิล 59 %
- ทางเลือกที่ดีที่สุดรองลงมา ในส่วนของการใช้พลังงานฟอสซิล คือ PET ชีวภาพ ที่ทำจากสารตัวกลาง isobutanol และใช้พลังงานฟอสซิลน้อยกว่าขวด PET ทำจากฟอสซิล 50 %
- ผู้เขียนไม่ได้เปรียบเทียบขวดที่ทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % แต่ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า มันจะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่น้อยกว่าขวดชีวภาพที่ได้จากการหมักน้ำตาลโดยตรง แต่ไม่น้อยไปกว่าขวด PET ชีวภาพ ทำจากสารตัวกลาง isobutanol

ในการศึกษาโดย Chen et al. (2016) ขวด PET ชีวภาพ ในส่วนของค่า GWP จะมีประสิทธิภาพดีกว่าขวด PET จากฟอสซิล เมื่อรวมผลกระทบที่หลีกเลี่ยงได้ และที่แย่กว่านั้น เมื่อไม่รวมผลกระทบที่หลีกเลี่ยงได้ ผลกระทบที่หลีกเลี่ยงได้ เป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่หลีกเลี่ยงผ่านการใชีวิต และจึงถือว่าเป็นเครดิต เช่น ผู้เขียนให้เครดิตแก่ขวด PET ชีวภาพทำจากไม้ จากการหลีกเลี่ยงการเผาองฟืนไม้ จากการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากพืชที่ขายไม่ได้ การเผาองฟืนไม้มีนิยามปฏิบัติในทุกภูมิภาคแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ เพื่อลดความเสี่ยงจากไฟป่า อย่างไรก็ตาม การเผาองฟืนไม้ไม่มีนิยามปฏิบัติในทุกภูมิภาค การที่เครดิตจะใช้ได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับขอบเขตทางภูมิศาสตร์ของการศึกษา ผลกระทบที่หลีกเลี่ยงได้ ควรตีความอย่างระมัดระวัง หากมันมีความอ่อนไหวต่อผลลัพธ์ และโดยเฉพาะเมื่อมันใช้ฝ่ายเดียว (สำหรับผลิตภัณฑ์เดียว) ในการประเมินวัฏจักรชีวิตที่เบ็ดเสร็จ ผู้เขียนเปรียบเทียบขวด PET ชีวภาพที่แตกต่างกัน ดังนี้:

- ขวด PET ชีวภาพ ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด จะประกอบด้วย TPA ทำจากไม้
- PLA ที่ทำจากผลิตผลทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด มีจุดอ่อนด้านสิ่งแวดล้อม จากการใช้พลังงานเพิ่มเติมที่ฟาร์ม และ/หรือการผลิตสารเคมีที่เกี่ยวข้อง
- ขวด PET จากฟอสซิล มีประสิทธิภาพดีกว่าขวด PET ชีวภาพ ในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการปรับกรด ผลภาวะจากธาตุอาหารของพืชทางบก ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ หมอกควันและการทำลายชั้นโอโซน ไม่ว่าผลกระทบจะหลีกเลี่ยงได้หรือไม่ก็ตาม ดังนั้น การใช้พลาสติกชีวภาพสามารถนำไปสู่การแลกเปลี่ยน กล่าวคือ ศักยภาพของภาวะโลกร้อนที่อาจลดลง แต่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นในประเภทอื่นๆ

อีกการศึกษาหนึ่ง พบว่า PLA ชีวภาพ (จากมันสำปะหลัง) มีจุดแข็งเหนือ PET จากฟอสซิล ในส่วนของค่า GWP การใช้พลังงานฟอสซิล และสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย แต่จุดอ่อน คือ การปรับกรดและผลภาวะจากธาตุอาหารพืช (Papong et al. 2014) Schlecht et al. (2019) ระบุการแลกเปลี่ยนที่เหมือนกัน ที่ซึ่งการเปลี่ยนจาก PE จากฟอสซิล เป็น PE ชีวภาพในระบบบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มเป็นกล่องกระดาษหลายชั้น ทำให้ค่า GWP ต่ำลง แต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นในส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

การศึกษาของ Papong et al. (2014) สรุปว่า ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของ PLA ได้รับอิทธิพลอย่างสูงจากการบำบัดขยะ ในวากทัศน์การบำบัดขยะ สำหรับขยะฝังกลบ ขวด PET จะมีประสิทธิภาพดีกว่าขวด PLA 30% -100 % ในส่วนของค่า GWP มันเกี่ยวข้องกับความจริงที่ว่า ขวด PET มีความเฉื่อยในขยะฝังกลบ และขวด PLA ปล่อยแก๊สมีเทนในขยะฝังกลบ หากไม่สามารถ

ผักก็จะมีแทนเหล่านี้ได้ มันจะนำไปสู่ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศที่สูง ฉากทัศน์การบำบัดขยะที่ดีที่สุด สำหรับขวด PLA คือ การเผาในเตาเผาที่มี การนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน ในขณะที่สำหรับขวด PET จะเป็นการรีไซเคิล (Papong et al. 2014)

อีกทางเลือกหนึ่งของขวดจากพอลิเอทิลีนใช้ครั้งเดียว นอกจากพลาสติกชีวภาพแล้ว ยังมีระบบบรรจุภัณฑ์ที่เครื่องดื่มทำจากกล่องกระดาษที่มีหลายชั้น จากข้อมูลของ Markwardt et al. (2017) และ Schlecht et al. (2019) ระบบบรรจุภัณฑ์ที่เครื่องดื่มทำจากกล่องกระดาษที่มีหลายชั้น ในส่วนของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ควรถือว่าดีกว่าขวด PET ขวด HDPE ขวดแก้ว ภาชนะ PP ที่มีที่ปิดเป็นอะลูมิเนียม และช็อกกันต๋ง ในสาขาเครื่องดื่มส่วนใหญ่ (ยกเว้นน้ำ) ขวด PET จากพอลิเอทิลีนจะมีประสิทธิภาพดีกว่า สำหรับประเภทผลกระทบต่อมลภาวะจากราตุอาหารพิษในน้ำเท่านั้น การใช้พลาสติกชีวภาพเป็นฝา แทนที่จะใช้พลาสติกจากพอลิเอทิลีน สำหรับระบบบรรจุภัณฑ์ที่เครื่องดื่มทำจากกล่องกระดาษที่มีหลายชั้น จะทำให้ค่า GWP ต่ำลง แต่จะเพิ่มภาระด้านสิ่งแวดล้อมในประเภทผลกระทบต่ออื่นๆ (Markwardt et al. (2017); Schlecht et al. (2019)

การศึกษาของ Amienyo et al. (2013) เปรียบเทียบขวดแก้ว กระป๋องอะลูมิเนียม และขวด PET ใช้ครั้งเดียว และสรุปว่า:

- ขวด PET ขนาด 2 ลิตร มีจุดแข็งเหนือวัสดุอีก 2 ประเภท ในประเภทสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่
- กระป๋องอะลูมิเนียมมีประสิทธิภาพดีที่สุด ในประเภทสิ่งแวดล้อมของมลภาวะจากราตุอาหารพิษ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก และการทำลายชั้นโอโซน
- ขวดแก้วมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในประเภทสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ยกเว้นมลภาวะจากราตุอาหารพิษ และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำที่เป็นน้ำจืด
- ขวดแก้วต้องใช้ 3 ครั้ง จึงจะสามารถเปรียบเทียบกับได้ซึ่งสิ่งแวดล้อมกับขวด PET ขนาด 0.5-ลิตร และกระป๋องอะลูมิเนียม
- นอกจากนี้ ขนาดของภาชนะก็มีความสำคัญ ขวด PET ขนาด 2 ลิตร จะมีประสิทธิภาพดีกว่าขวด PET ขนาด 0.5 ลิตร ในส่วนของระบบนิเวศ

เพื่อให้ได้หน่วยหน้าที่ที่เหมือนกันของปริมาณเครื่องดื่มใดๆ ขวดขนาดใหญ่จะทำให้อัตราส่วนขวด-วัสดุ-เครื่องดื่มต่ำลง และจะทำให้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมดีขึ้น Markwardt et al (2017) ได้ข้อสรุปเดียวกัน ในการศึกษา หน่วยหน้าที่ คือ 1,000 ลิตรของเครื่องดื่ม และสรุปว่า ขวดยิ่งใหญ่เท่าใด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็จะน้อยลงเท่านั้น

มีการเปรียบเทียบระหว่างน้ำประปาและน้ำบรรจุขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว น้ำประปามีประสิทธิภาพดีกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว ในทุกประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Garcia-Suarez et al. 2019; Dettore 2009) เนื่องจากน้ำประปาไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการผลิต บรรจุภัณฑ์ และช่วงการหมดอายุใช้งาน

2.2.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล

ประโยชน์สำคัญของการรีไซเคิล คือ การลดการใช้วัสดุใหม่ ซึ่งบ่อยครั้งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การรีไซเคิลมีความสำคัญเป็นพิเศษ สำหรับทรัพยากรไม่หมุนเวียน เช่น ขวดพลาสติกทำจากพอลิเอทิลีน ดังนั้น การรีไซเคิลจึงเชื่อว่าเป็นการบำบัดขยะที่ดีที่สุด สำหรับขวด PET ทำจากพอลิเอทิลีน (Papong et al. 2014) ในการศึกษาโดย Amienyo et al. (2013) ผู้เขียนสรุปว่า การเพิ่มการรีไซเคิลขวด PET จาก 24 % (สถานะโดยเฉลี่ยที่สันนิษฐานในสหราชอาณาจักร ในปี 2009) เป็น 60 % จะลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของขวด PET ลง 50 % ส่วน Benavides et al. (2018) ก็มีข้อสรุปเหมือนกัน คือ การใช้วัสดุรีไซเคิล แทนที่จะใช้วัสดุใหม่ จะนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้ปริมาณวัสดุรีไซเคิลขึ้นอยู่กับวัสดุเป็นอย่างมาก และบ่อยครั้งต่างกันอย่างมากจากอัตราการใช้รีไซเคิลของประเทศหนึ่ง เช่น มีขวด PET ทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % ในตลาด ถึงแม้ว่าจะไม่มีประเทศใดที่มีอัตราการใช้รีไซเคิลถึง 100 % ก็ตาม ในรายงานการศึกษา Amienyo et al. (2013) สันนิษฐานว่า ตัวกระป๋องอะลูมิเนียมประกอบด้วยวัสดุรีไซเคิล 48 % และขวดแก้วประกอบด้วยวัสดุรีไซเคิล 35 % ส่วนขวด PET สันนิษฐานว่าผลิตจากวัสดุใหม่ 100 % จากการเพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิลในขวด PET ในสหภาพยุโรปตั้งแต่ปี 2013 และจากกฎหมายของระเบียบพลาสติกใช้ครั้งเดียวของสหภาพยุโรปที่กำหนดให้มีพลาสติกใช้รีไซเคิลขั้นต่ำ 25 % สำหรับขวดเครื่องดื่มจาก PET ภายในปี 2025 จึงเป็นที่คาดว่า ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของขวด PET ใช้ครั้งเดียว เมื่อเทียบกับขวดแก้วและกระป๋องอะลูมิเนียมใช้ครั้งเดียว จะเพิ่มขึ้นในประเภทสิ่งแวดล้อมบางประเภท นอกจากนี้ จำเป็นต้องประเมินว่า กระป๋องอะลูมิเนียมและขวดแก้วมีประสิทธิภาพดีกว่าขวด PET หรือไม่ ในประเภทสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น มลภาวะจากราตุอาหารพิษ

อัตราการรีไซเคิลจะต่างกันไปตามภูมิภาคและประเทศ ในมาเลเซีย จากข้อมูลของ World Bank (2021a) การเก็บสำหรับอัตราการใช้รีไซเคิลของบรรจุภัณฑ์ PET (ซึ่งรวมขวด PET แผ่น และฟิล์ม) จะอยู่ระหว่าง 28% - 45% และอัตราการรีไซเคิลของเครื่องดื่ม PET คาดว่าอยู่ที่ 55% ในปี 2019 อย่างไรก็ตาม ไม่มีขวด PET ที่เก็บและที่นำไปรีไซเคิลเป็นวัสดุเกรดอาหาร จากความไม่แน่นอนด้านกฎหมาย ในการได้รับใบรับรองฮาลาล สำหรับการใช้ rPET ในเกรดอาหาร (World Bank 2021a) ในไทย การเก็บสำหรับอัตราการรีไซเคิลของบรรจุภัณฑ์ PET จะอยู่ระหว่าง 31% - 62% ในปี 2019 ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ PET เพียง 3% ถูกนำไปรีไซเคิล เป็น rPET เกรดอาหาร การห้ามการใช้ rPET ในเกรดอาหารในไทยเป็นเหตุผลของการผลิต rPET ในอัตราต่ำ (World Bank 2021b) ในอินโดนีเซีย การเก็บสำหรับอัตราการรีไซเคิลของขวด PET อยู่ที่ 22% (GA Circular 2019) การเก็บสำหรับอัตราการรีไซเคิลของขวด PET ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยสากล ซึ่งสันนิษฐานว่าอยู่ที่ 54% ในปี 2020 (GA Circular 2019)

2.2.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

ขวดแก้วใช้ครั้งเดียวมีประสิทธิภาพต่ำกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ยกเว้นมลภาวะจากธาตุอาหารพืช ที่ซึ่งสามารถเทียบกันได้ หรือดีกว่า (Amienyo et al. 2013; Schlecht et al. 2019) ขวดแก้วต้องใช้ 3 ครั้งจึงจะสามารถเปรียบเทียบได้ในเชิงนิเวศกับขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว (Amienyo et al. 2013) ซึ่งเหมือนกับขวดอะลูมิเนียมที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะต้องใช้ 3 ครั้งเช่นกัน จึงจะสามารถเปรียบเทียบได้ในเชิงนิเวศกับขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว (PathWater 2019) Detzel et al. (2016) สรุปว่า ในเยอรมนี ขวดแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีประสิทธิภาพดีกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียวในเชิงนิเวศ จากอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่เพียงพอ เมื่อมีการใช้ภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่อยู่เหนือจุดคุ้มทุน ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของมันจะดีกว่าภาชนะพลาสติกใช้ครั้งเดียวเสมอ

ขวดแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบมัดจำ (deposit return scheme หรือ DRS) มีฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (150 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ม.³) เทียบกับขวดแก้วที่รีไซเคิลหลังการใช้ครั้งเดียว (350 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ม.³) ซึ่งก็เหมือนกับน้ำแร่ในขวด PET ภายใต้ระบบมัดจำ (69 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ม.³) เทียบกับขวดน้ำแก้วภายใต้ระบบมัดจำ (84 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ม.³) และขวด PET ใช้ครั้งเดียว (139 กก. คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า/ม.³) ซึ่งหมายความว่า ควรใช้ขวดแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่มากกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว การประหยัดจะยิ่งสูงขึ้น หากมีการใช้ขวด PET ที่นำกลับมาใช้ใหม่ แทนขวด PET ใช้ครั้งเดียว

Krüger et al. (2010) มีผลลัพธ์เดียวกัน โดยเปรียบเทียบเบียร์ที่เสิร์ฟในขวดแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่ (ด้วยอัตราการเติมใหม่ 25 ครั้ง) กับขวด PET ใช้แล้วทิ้ง กระป๋องอะลูมิเนียมใช้แล้วทิ้ง และขวดแก้วใช้แล้วทิ้ง และสรุปว่าขวดแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่มีคุณสมบัติดังนี้:

- มีค่า GWP น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขวดแก้วใช้แล้วทิ้ง
- มีค่า GWP ครึ่งหนึ่งของกระป๋องอะลูมิเนียม และ
- มีค่า GWP น้อยกว่าขวด PET ใช้แล้วทิ้ง 37.5 %

2.2.5 สรุป

การใช้ PET ชีวภาพแทน PET จากฟอสซิล สามารถลดค่า GWP และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แต่อาจเพิ่มการใช้น้ำและมลภาวะจากธาตุอาหารพืช การใช้รีไซเคิล PET จากฟอสซิล สามารถปรับปรุงฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อม แต่ PET ชีวภาพก็ยังคงดีกว่าในส่วนองค่า GWP ในทางตรงกันข้าม ควรใช้ขวด PET ทำจากฟอสซิลมากกว่า PLA จากการปล่อยแก๊สมีเทนที่สูง เมื่อมีการบำบัดขยะในขยะฝังกลบ

นอกจากวัสดุแล้ว ขนาดของภาชนะก็มีความสำคัญ จากสัดส่วนที่ต่ำกว่าระหว่างบรรจุภัณฑ์และเครื่องดื่ม เครื่องดื่มในขวดที่ใหญ่กว่า จะใช้วัสดุน้อยกว่าต่อลิตรของเครื่องดื่ม หากความแตกต่างระหว่างวัสดุทั้งสองชนิดไม่มากเกินไป การเปลี่ยนขนาดของภาชนะอาจเปลี่ยนลำดับของผลการดำเนินงานด้านวัสดุ

แนวคิดเดียวกันในการลดอัตราวัสดุต่อเครื่องดื่มก็คือ การส่งเสริมการใช้ขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่ หากใช้ขวดดังกล่าว อัตราวัสดุต่อเครื่องดื่มก็จะลดลง ไม่มีข้อบังคับใดที่จะต้องผลิตขวดใหม่ทั้งหมดสำหรับเครื่องดื่มใหม่ เพียงแต่ต้องล้างขวดเท่านั้นระหว่างการใช้ ขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีวงจรการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างเพียงพอ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าภาชนะทางเลือกใช้ครั้งเดียว

ขวดแก้วใช้ครั้งเดียว เป็นทางเลือกที่แย่ที่สุดสำหรับภาชนะใส่เครื่องดื่ม แต่หากนำกลับมาใช้ใหม่ 3 ครั้ง จะสามารถเปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อมได้กับกระป๋องอะลูมิเนียมใช้ครั้งเดียว หรือขวด PET ใช้ครั้งเดียว ที่ทำจากวัสดุใหม่ 100% ทั้งนี้ จำนวนครั้งที่ใช้ขวดจะมีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเหมือนกับขวดอะลูมิเนียม เมื่อใช้เป็นขวดใช้ครั้งเดียว จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม เมื่อขวดอะลูมิเนียมที่นำกลับมาใช้ใหม่ ใช้มากกว่า 3 ครั้ง จะมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศต่ำกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว การใช้เพิ่มเติมแต่ละครั้งจะลดฟุตพริ้นท์ทางสิ่งแวดล้อม ถ้าอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่สูงพอ ขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่ก็จะมีประสิทธิภาพดีกว่าภาชนะทางเลือกใช้ครั้งเดียว ในมุมมองทางด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ ภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่สามารถลดจำนวนขยะได้

สำหรับขวดใช้ครั้งเดียว การรีไซเคิลเป็นการบำบัดขยะที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม จากอัตราการรีไซเคิลในมาเลเซียและอินโดนีเซีย ไม่ใช่ขวด PET ทั้งหมดที่จะถูกนำไปรีไซเคิล ในทางตรงกันข้าม ขวด PET จะจบลงในระยะฝังกลบหรือรั่วไหลไปในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรใช้ภาชนะทางเลือกที่ลดขยะ เช่น ขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่

ทางเลือกที่ดีที่สุด คือ การไม่ใช้ภาชนะ เช่น น้ำประปา อย่างไรก็ตาม น้ำประปาและน้ำบรรจุขวดใช้แล้วทิ้ง ไม่ได้ใช้งานเหมือนกัน เช่น น้ำประปาในตัวของมันเองดื่มไม่ได้ เพื่อให้ดื่มได้ น้ำประปาต้องใช้ขวดที่เป็นขวดนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ การที่น้ำประปาจะดื่มได้หรือไม่ ก็แตกต่างกันไปตามภูมิภาค

2.3 ถ้วยเครื่องดื่ม

ถ้วยเครื่องดื่มใช้ครั้งเดียวใช้อย่างแพร่หลายในระบบบรรจุภัณฑ์สำหรับเครื่องดื่มช็อกลับบ้าน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะใช้อย่างง่ายและอย่างรวดเร็ว แต่ก็ถูกทิ้งไปและอาจจบลงเป็นขยะในทะเล มีการบริโภคถ้วยใช้ครั้งเดียวจำนวนกว่า 500,000 ล้านใบทั่วโลกในแต่ละปี และไม่ใช่จำนวนนี้ทั้งหมดที่จะจบลงในระบบการบริหารจัดการขยะ แต่เป็นขยะไปทั่วโลก บทนี้จะกล่าวถึงฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุต่างๆ ของถ้วยใช้ครั้งเดียวและภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่

2.3.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด

วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับถ้วยเครื่องดื่ม มีดังนี้:

ถ้วยเครื่องดื่มทำจากพลาสติกจากฟอสซิลใช้ครั้งเดียว สามารถทำจากพลาสติกประเภทต่างๆ วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดได้แก่ polystyrene (PS), expanded polystyrene (EPS), high impact polystyrene (HI-PS), Polycarbonate, PE, PET และ rPET นอกจากนี้ ถ้วยเครื่องดื่มทำจากพลาสติกใช้ครั้งเดียว สามารถทำจากวัสดุชีวภาพได้เช่นกัน เช่น PLA วัสดุขยะอินทรีย์ หรือ พืชผล เช่น อ้อยและข้าวโพด

ถ้วยกระดาษใช้ครั้งเดียว โดยปกติจะมากับชั้นเคลือบพลาสติกหรือไวนิล ชั้นเคลือบพลาสติกสามารถทำมาจากวัสดุจากฟอสซิล หรือ วัสดุชีวภาพ ซึ่งชั้นเคลือบพลาสติกหรือไวนิล จะป้องกันไม่ให้กระดาษเปียก

ถ้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีความคงทนมากกว่าและใช้งานได้หลายอย่าง และยังทำจากวัสดุประเภทต่างๆ ที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ PP, HDPE และ LDPE

ถ้วยที่ไม่ใช่พลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปทำจาก เซรามิก และ แก้ว สำหรับไม่ใช่ช็อกลับบ้าน และถ้วยเหล็กกล้า หรือไฟสำหรับช็อกลับบ้าน

2.3.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม

การศึกษาของ van der Harst und Potting (2013) เปรียบเทียบการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ต่างกันสำหรับถ้วยใช้แล้วทิ้ง และสรุปว่า ไม่มีวัสดุถ้วยใช้แล้วทิ้งที่มีประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ เทียบกับวัสดุทางเลือกอื่น มีการเปรียบเทียบถ้วยทำจาก PLA ถ้วยทำจากฟอสซิล เช่น HI-PS, EPS, PP, PET และ rPET และถ้วยกระดาษแข็ง ทำจาก PE, PLA และที่เคลือบด้วยไวนิล ค่าความแตกต่างของ GWP เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น น้ำหนักของถ้วย ขั้นตอนการผลิต ทางเลือกในการจัดสรร และการบำบัดขยะ

ในการศึกษาต่อมา van der Harst et al. (2014) มีข้อสรุปดังนี้:

- ถ้วยใช้แล้วทิ้งทำจาก PLA และถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่เคลือบ PLA มีจุดแข็งเหนือถ้วยใช้แล้วทิ้ง ทำจาก PS สำหรับประเภทผลกระทบของค่า GWP และการทำลายทรัพยากร

- อย่างไรก็ตาม ด้วยทำจาก PS พบว่า มีประสิทธิภาพดีกว่าด้วยอีกสองชนิด สำหรับผลกระทบต่อความต้องการพลังงานสะสม การปรักกรด มลภาวะจากธาตุอาหารพืช การเกิดหมอกควันจากสารเคมี สารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก และการทำลายชั้นโอโซน

การเลือกด้วยกระดาษหรือด้วยพลาสติกอินทรีย์ แทนที่จะใช้ด้วยทำจาก PS จะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ค่า GWP และการทำลายทรัพยากรที่ต่ำกว่า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่า ในประเภทอื่นๆ อีกมากมาย

ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของด้วยกระดาษขึ้นอยู่กับเวลาของการศึกษา ในรายงานการศึกษาต่างๆ ด้วยกระดาษมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ปรากฏในการศึกษาใหม่ๆ UNEP (2021) เสนอว่า ด้วยกระดาษน่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าในช่วงการผลิต หากมีฐานข้อมูลใหม่ล่าสุด เนื่องจากการใช้พลังงานลดลง ในฐานข้อมูลใหม่ๆ สำหรับการผลิตกระดาษ

Foteinis (2020) เปรียบเทียบด้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่ทำจาก PE และจบลงในขยะฝังกลบหรือถูกนำไปรีไซเคิล กับด้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ และมีข้อสรุปดังนี้:

- ด้วยกระดาษที่เคลือบด้วย PE และรีไซเคิล มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับด้วยที่จบลงในขยะฝังกลบ
- พุตพรีนที่ด้านสิ่งแวดล้อมของด้วยกระดาษที่ส่งไปรีไซเคิล จะน้อยกว่าด้วยกระดาษที่ถูกส่งไปขยะฝังกลบ 40% ในขั้นตอนของขยะฝังกลบ ด้วยกระดาษจะสลายตัวและปล่อยแก๊ส CO₂ และมีเทน การปล่อยแก๊สเรือนกระจกเหล่านี้ สามารถลดได้ด้วยการรีไซเคิลกระดาษ เห็นได้ชัดว่าการรีไซเคิลยังหลีกเลี่ยงกันผลิตภัณฑ์ใหม่ และนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- นอกจากนี้ พบว่า การเปลี่ยนไปใช้ด้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดการปล่อยแก๊สได้ 69 % เมื่อเทียบกับด้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่เป็นขยะในขยะฝังกลบ
- ด้วยกระดาษที่รีไซเคิลมีประสิทธิภาพต่ำกว่าด้วย PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ยกเว้น สุขภาพมนุษย์ สันนิษฐานว่า ด้วยดังกล่าวนำกลับมาใช้ใหม่ 500 ครั้ง และ >90 % ของแก๊สที่ปล่อยออกมา เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการล้าง
- สรุปได้ว่า การรีไซเคิลมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าขยะฝังกลบ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนไปใช้ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่จะให้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ในอีกการศึกษาหนึ่ง พบว่าด้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจาก PP แก้ว หรือไม้ มีค่า GWP ต่ำกว่า 88% เมื่อเทียบกับด้วยกระดาษที่เคลือบด้วย PLA (Almeida et al. 2018)

CupClub (2018) เปรียบเทียบข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของ CupClub บริษัทให้บริการบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มที่นำกลับมาใช้ใหม่ในสหราชอาณาจักร รวมถึงการขนส่งไปยังสถานีล้างส่วนกลาง การล้างและการทำให้แห้ง ด้วยด้วยกระดาษเคลือบข้างในด้วย PE ใช้แล้วทิ้ง ด้วยกระดาษเคลือบภายในด้วย PLA ใช้แล้วทิ้ง ด้วย EPS ใช้แล้วทิ้ง และด้วยเซรามิกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยของ CupClub ทำจาก PP และการบริหารจัดการขยะของมัน สันนิษฐานว่า จะนำไปรีไซเคิล 90 % ไปขยะฝังกลบ 5 % และไปเผาในเตาเผา 5 % ผู้เขียนสรุปดังนี้:

- ด้วยของ CupClub มีค่า GWP ต่ำกว่าด้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ด้วย EPS และด้วยเซรามิก สำหรับด้วยของ CupClub การใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการล้าง คิดเป็นอย่างน้อย 80 % ของประเภทผลกระทบต่อทั้งหมด ยกเว้นการใช้
- เกณฑ์การทำซ้ำของด้วยของ CupClub คือ การใช้ 72 ครั้ง เมื่อเทียบกับด้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง และ 100 ครั้งสำหรับด้วยทำจากสไตรโฟม
- หากด้วยกระดาษใช้แล้วทิ้งมีอัตราการรีไซเคิล 80 % ด้วย CupClub จะต้องใช้ 132 ครั้ง เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ทางสิ่งแวดล้อม คาดว่า อายุการใช้งานของด้วย CupClub จะอยู่ที่การใช้ 132 ครั้ง
- ด้วยเซรามิกจะต้องใช้ 2,000 ครั้ง จึงจะคุ้มทุน เมื่อเทียบกับด้วย CupClub

นอกจากนี้ ผู้เขียนใน CupClub (2018) ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อศึกษาผลกระทบของรถที่เกี่ยวเปล่า การเพิ่มระยะทาง การขนส่ง โดยใช้ปัจจัยของ 10 จะเพิ่มผลลัพธ์ของประเภทผลกระทบส่วนใหญ่ น้อยกว่า 0.5 % (ยกเว้น ความเป็นพิษต่อระบบ นิเวศทางบก) ดังนั้น ระยะทางในกรณีที่เกี่ยวข้องที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องถูกขนส่งไปยังสถานีสั่ง ไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนไปใช้ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับถ้วยใส่เครื่องดื่ม มากกว่าระยะทางที่จะต้องถูกขนส่งไปยังสถานีสั่ง

Martin et al. (2018) เปรียบเทียบเครื่องดื่มร้อนที่เสิร์ฟในถ้วยเซรามิก ล้างด้วยมือ หรือในเครื่องล้างจานกับ ถ้วยกระดาษที่เคลือบด้วย PE และฟองจาก PS พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของการศึกษานี้ คือ เยอรมนี ได้มีการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการชะล้างถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม และวิเคราะห์ว่าเครื่องดื่มร้อนควรเสิร์ฟในถ้วยเซรามิกที่นำกลับมาใช้ใหม่ หรือถ้วยกระดาษใช้ครั้งเดียว ส่วนการทิ้งขยะจะใช้วิธีเผาในเตาเผา สรุปได้ว่า:

- เครื่องดื่มร้อนควรเสิร์ฟในถ้วยเซรามิกที่นำกลับมาใช้ใหม่ และวิธีชะล้างตลอดจนอุณหภูมิของน้ำ มีอิทธิพลอย่างมากต่อฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ถ้วยเซรามิกทั้งที่มีฝาหรือไม่มีฝา และที่ล้างในเครื่องล้างจาน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ถ้วยเซรามิกมีฝาที่ล้างด้วยมือ และถ้วยน้ำร้อนมีผลกระทบสูงสุดต่อสิ่งแวดล้อม

- ถ้วยเซรามิกที่ล้างในเครื่องล้างจาน จะมีประสิทธิภาพดีกว่าถ้วยเซรามิกที่ล้างด้วยมือ ในประเภทของผลกระทบทั้ง 14 ประเภท

- ถ้วยเซรามิกที่ไม่มีฝา และล้างด้วยมือในน้ำเย็น จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าหากล้างในเครื่องล้างจาน ดังนั้นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการล้างด้วยมือ จึงขึ้นอยู่กับว่าน้ำนั้นร้อนหรือไม่

- ถ้วยกระดาษจะอยู่ระหว่างสองขั้วสุดโต่งของถ้วยเซรามิก

- จุดคุ้มทุนด้านสิ่งแวดล้อมของถ้วยเซรามิก ที่ล้างในเครื่องล้างจานที่เท่ากับถ้วยกระดาษ คือ 11 ครั้ง โดยไม่มีฝา และ 13 ครั้งโดยมีฝา และ

- ถ้วยเซรามิกที่ไม่มีฝาที่ล้างด้วยมือและน้ำร้อน ต้องใช้ 89 ครั้ง และมีฝา กว่า 750 ครั้ง จึงจะสามารถเปรียบเทียบกับด้านสิ่งแวดล้อมได้กับถ้วยกระดาษใช้ครั้งเดียว

การศึกษาของ Woods und Bakshi (2014) เน้นการใช้พลังงานของเครื่องล้างจานในสหรัฐฯ เมื่อเทียบกับภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่ (ถ้วยเซรามิก) กับภาชนะทางเลือกที่ใช้แล้วทิ้ง (EPS) ถ้วยเซรามิกเป็นทางเลือก “ที่แย่ที่สุด” ในกลุ่มถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ที่มีอายุการใช้งานเหมือนกัน (ถ้วยแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่และถ้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่) อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนสรุปว่า ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้งในครัวเรือนส่วนใหญ่ในสหรัฐฯ หรือแม้แต่กับเครื่องล้างจานรุ่นที่เก่าที่สุดที่ใช้ในสหรัฐฯ (ตั้งแต่ปี 2004) จากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างจานรุ่นใหม่ที่ประหยัดพลังงาน (2016) ฟุตพริ้นท์ทางสิ่งแวดล้อมของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่จะลดลง ผู้เขียนคาดว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่จะลดลงไปอีกในอนาคต เมื่อสัดส่วนของแก้วและพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนการใช้พลังงานของสหรัฐฯ เพิ่มขึ้น และเมื่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ส่วนใหญ่ อยู่ในขั้นตอนการล้างที่ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

การศึกษาของ Changwichean und Gheewala (2020) เปรียบเทียบถ้วยพลาสติกใช้แล้วทิ้งประเภทต่างๆ (PLA, PP และ PET) ที่มีฝา กับถ้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ และมีฝาพลาสติก ถ้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ (ที่ล้างด้วยมือหรือล้างในเครื่องล้างจาน) มีค่า GWP และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่ำกว่าภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง หากใช้อย่างน้อย 140 ครั้ง นอกจากนี้ ถ้วยพลาสติกมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อการบริโภคในดิน และการเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เมื่อล้างด้วยมือ ผู้เขียนสรุปว่า การล้างภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยมือ มีผลทำให้ค่า GWP ต่ำกว่าการล้างในเครื่องล้างจาน ทั้งนี้ ถ้วยทำจาก PLA มีค่า GWP ต่ำที่สุดในกลุ่มภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง ตามด้วย PP และ PET การศึกษานี้จะเน้นไปที่พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ คือ ประเทศไทย ที่ซึ่งพฤติกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลสูงต่อจำนวนการใช้ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ผู้บริโภคอาจไม่ต้องการใช้ถ้วยใบเดียวกันบ่อยพอที่จะบรรลุจุดคุ้มทุน ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำไมจุดคุ้มทุนจึงมีความสำคัญ

ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ สามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ หากอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ สันนิษฐานว่าจะต่ำ Vercauteren et al. (2010) เปรียบเทียบภาชนะทางเลือกทำจาก PC ที่นำกลับมาใช้ใหม่ กับภาชนะทางเลือก ใช้แล้วทิ้งต่างๆ (PP กระดาษที่เคลือบด้วย PE และ PLA) สำหรับเสิร์ฟในงานหนึ่งงาน โดยสันนิษฐานว่า อัตราการสูญเสียของ ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ คือ 12.5 % สำหรับงานใหญ่ และ 5.5 % สำหรับงานเลี้ยงในเบย์ม และสรุปว่า สำหรับงานใหญ่ ถ้วยที่ นำกลับมาใช้ใหม่เป็นทางเลือกที่แย่ที่สุด ในส่วนของค่า GWP และประเภทของผลกระทบส่วนใหญ่ จากอัตราการทดแทนและการใช้ พลังงานที่สูง ในขั้นตอนการทำความสะอาด และถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้งเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด สำหรับงานเล็ก ถ้วยที่นำกลับมาใช้ ใหม่เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด และถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้งเป็นทางเลือกที่แย่ที่สุด ในส่วนของค่า GWP และประเภทของผลกระทบส่วนใหญ่

2.3.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล

การรีไซเคิลถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง แทนที่จะส่งไปขยะฝังกลบ สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ 36 % (Foteinis 2020) ผู้เขียนคาดการณ์ว่า ในปัจจุบัน ถ้วยกระดาษ 1 ใน 400 ใบ ถูกนำไปรีไซเคิลในสหราชอาณาจักร ซึ่งตรงกันข้ามกับลำดับชั้นของ ขยะ (waste hierarchy) ในแผนปฏิบัติการด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนของคณะกรรมาธิการยุโรป ถ้วยกระดาษเคลือบด้านในด้วย พลาสติกที่เหลือนั้น จะจบลงที่ขยะฝังกลบ หรือแย่ยิ่งกว่านั้น เป็นขยะในสิ่งแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษจากไมโครพลาสติกและปัญหา สิ่งแวดล้อมอื่นๆ

ถ้วยพลาสติกที่เคลือบด้านในด้วย PE จากพืช มีค่า GWP ต่ำกว่าถ้วยกระดาษที่เคลือบด้านในด้วย PE จากฟอสซิลและต่ำกว่า ถ้วยกระดาษที่เคลือบด้านในด้วย PLA จากประโยชน์ของความสามารถในการนำไปรีไซเคิลได้ (VTT 2019) เส้นใยของถ้วย กระดาษที่เคลือบด้านในด้วย PE จากพืช สามารถรีไซเคิลได้ 7 เท่า ดังนั้น จึงบ่งชี้ว่าพลาสติกอีกสองประเภท (VTT 2019) อย่างไรก็ตาม เพียงเพราะมันสามารถรีไซเคิลได้ ไม่ได้หมายความว่า มันจะถูกนำไปรีไซเคิล Almeida et al (2018) คาดว่า อัตราการรีไซเคิลของถ้วยกระดาษเคลือบด้วย PE อยู่ที่ 21 % ในยุโรป และ 10 % ในออสเตรเลียและในสหรัฐฯ

การรีไซเคิลถ้วยทำจาก PLA นำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่าการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการเผาในเตาเผา (van der Harst et al. 2014) ผู้เขียนยังสรุปด้วยว่า การรีไซเคิลถ้วยกระดาษแข็งเคลือบด้วย PLA นำไปสู่ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมที่ต่ำ เมื่อเทียบกับการเผาในเตาเผา และการทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีการบำบัดขยะที่ควรทำน้อยที่สุด สำหรับ PLA และถ้วยกระดาษแข็งเคลือบด้วย PLA จากการปล่อยแก๊สมีเทนและความจริงที่ว่าไม่มีเครดิตที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดดังกล่าว หากถ้วยถูกเผาในเตาเผาโดยมีการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน ก็จะได้รับเครดิตสำหรับการผลิตไฟฟ้า

การใช้ปริมาณวัสดุรีไซเคิลสามารถลดผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากอัตราการรีไซเคิล การเพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิล 25 % สามารถลดผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของถ้วยเครื่องดื่ม 35-56 % จากรายงานการศึกษาของ Changwathan und Gheewala (2020)

ช่วงหมดอายุการใช้งานเป็นช่วงที่สำคัญสำหรับถ้วยใช้ครั้งเดียว โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่า หากอัตราการรีไซเคิลสูงมากเท่าใด ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศก็จะต่ำลงเท่านั้น ถึงแม้ว่าการรีไซเคิลจะเป็นทางเลือกของการทิ้งที่ดีที่สุดสำหรับวัสดุส่วนใหญ่ และ อัตราการรีไซเคิลสูงก็เป็นที่น่าพอใจ แต่ในความเป็นจริง อัตราการรีไซเคิลยังค่อนข้างต่ำในหลายประเทศ แม้แต่สำหรับถ้วยกระดาษ (กระดาษเป็นวัสดุรีไซเคิลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย) (Foteinis 2020) ความจริงแล้ว บ่อยครั้งถ้วยกระดาษไม่ได้จบลงในสายธารการ รีไซเคิลขยะ ในฐานที่เป็นถ้วยเครื่องดื่มแบบถือ บ่อยครั้งจะจบลงที่ถังขยะ ซึ่งจะนำไปฝังกลบหรือเผาในเตาเผา ถึงแม้วัสดุ จะสามารถรีไซเคิลได้ทางเทคนิค แต่ไม่ได้หมายความว่า มันจะรีไซเคิลได้ เช่น PS สำหรับถ้วยใช้แล้วทิ้งและฝาครอบอย่างแพร่หลายและ สามารถรีไซเคิลได้ทางเทคนิค แต่อัตราการรีไซเคิลกลับต่ำและมีเพียงไม่กี่ประเทศที่ใช้ PS ในสายธารการรีไซเคิล (UNEP 2021) การรีไซเคิล PS มีราคาสูงและ

บ่อยครั้งถูกมองว่าไม่ทำกำไรอย่างเพียงพอ นอกจากนี้ สภาพของวัสดุอาจนำไปสู่การบำบัดขยะที่ต่างกัน เช่น หากถ้วยยังมีสิ่ง ตกค้างของวัสดุอันตราย มันก็อาจถูกนำไปเผาในเตาเผา หรือถูกส่งไปฝังกลบ แทนที่จะถูกนำไปรีไซเคิล

2.3.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

การที่ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีประสิทธิภาพดีกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้งหรือไม่ ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ถูกใช้ ทั้งนี้ จำนวนครั้งที่ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ต้องใช้ เพื่อให้ถึงจุดคุ้มทุนของภาชนะทางเลือกใช้ครั้งเดียว ขึ้นอยู่กับวัสดุของมัน และวัสดุของภาชนะทางเลือกใช้ครั้งเดียว ถ้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ต้องใช้ 21 ครั้ง จึงจะเปรียบเทียบได้เชิงสิ่งแวดล้อม กับถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่ถูกส่งไปฝังกลบ และ 41 ครั้งเมื่อเทียบกับถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่ถูกส่งไปรีไซเคิล (Foteinis 2020) ในการศึกษาของ Foteinis (2020) เขาสันนิษฐานว่า อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของถ้วยพลาสติกทำจาก PP คือ 500 ครั้งในสหราชอาณาจักร

ในการศึกษาโดย VTT (2019) ผู้เขียนสรุปว่า ถ้วยเซรามิกที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องใช้ 350 ครั้ง จึงจะคุ้มทุนกับถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ทั้งนี้ ช่วงการชะล้าง คิดเป็น 90 % ของการปล่อยแก๊ส นอกจากนี้ ผู้เขียนตั้งข้อสังเกตว่า ถ้วยเซรามิกจะไม่มีวันแตก ถึงแม้ว่าจะล้างถ้วยเซรามิกอย่างไม่เพียงพอ หรือมากกว่า 80 % ของถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง จะถูกนำไปรีไซเคิลหลังการใช้ ผู้เขียนใช้สูตรฟุตพริ้นท์กมูเนเวียน ซึ่งจะให้เครดิตบางส่วนในกระบวนการรีไซเคิล สำหรับการประหยัดวัสดุใหม่ ซึ่งไม่จำเป็นต้องผลิตสำหรับถ้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ผู้เขียนคาดว่า จำเป็นต้องมีอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ 20 ครั้ง เพื่อให้ถึงจุดคุ้มทุน หากถ้วยกระดาษใช้ครั้งเดียวถูกนำไปรีไซเคิล จุดคุ้มทุนจะเปลี่ยนเป็นการใช้ 32 ครั้งสำหรับถ้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ส่วนถ้วยเหล็กกล้าที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องใช้อย่างน้อย 130 ครั้ง จึงจะถึงจุดคุ้มทุนกับถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง

การศึกษาโดย Almeida et al. (2018) สรุปว่า แก้วหรือถ้วยทำจาก PP จำเป็นต้องใช้ 24 ครั้ง จึงจะมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ถ้วยกระดาษเคลือบด้วย PE และ 10 ครั้ง จึงจะดีกว่าถ้วยกระดาษเคลือบด้านในด้วย PLA

อย่างไรก็ตาม วิธีการล้างก็สามารถมีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของถ้วยเครื่องดื่มที่นำกลับมาใช้ใหม่เช่นกัน ถ้วยเหล็กกล้าที่ล้างด้วยมือจะต้องใช้ 20 40 และ 70 ครั้ง เพื่อให้มีค่า GWP ต่ำกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง ทำจาก PET, PP หรือ PLA (Changwichan und Gheewala 2020) ทั้งนี้ ถ้วยเหล็กกล้าที่ล้างในเครื่องล้างจาน จำเป็นต้องใช้ประมาณ 100 ครั้ง จึงจะมีค่า GWP ต่ำกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง ทำจาก PET, PP หรือ PLA และจำเป็นต้องใช้ 140 ครั้ง เพื่อให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดต่ำกว่าภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง (Changwichan und Gheewala 2020)

ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ อาจปรับปรุงให้ดีขึ้นไปอีก โดยการใช้ถ้วยหลายครั้งระหว่างการล้าง (Martin et al. 2018; Woods und Bakshi 2014)

2.3.5 สรุป

ในการเปรียบเทียบถ้วยใช้แล้วทิ้ง อาจกล่าวได้ว่า ถ้วยกระดาษสามารถเปรียบเทียบได้ในเชิงนิเวศน์ กับถ้วยทำจาก PET ที่รีไซเคิล และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าถ้วยทำจาก PS ในขณะที่ถ้วยกระดาษเคลือบด้านในด้วยโพลีเอทิลีน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าถ้วยพลาสติก ถ้วย PLA และถ้วยกระดาษที่เคลือบด้านในด้วย PLA ไม่จำเป็นต้องมีประสิทธิภาพดีกว่าภาชนะทางเลือกพลาสติกจากพอลิโพรพิลีน ในส่วนของสิ่งแวดล้อม

การรีไซเคิลเป็นการบำบัดช่วงหมดอายุการใช้งานที่เป็นที่นิยมส่วนใหญ่ ถึงแม้บ่อยครั้งจะเป็นไปได้ที่จะรีไซเคิล แต่ที่ไม่ได้รีไซเคิลเป็นเพราะเหตุผลด้านค่าใช้จ่าย ระบบการจัดการขยะทั่วไปในภูมิภาค และพฤติกรรมของผู้บริโภค

บริบททางภูมิศาสตร์ของการศึกษามีความสำคัญ เพราะการใช้เทคโนโลยีและพลังงานจะเป็นเฉพาะภูมิภาคและเฉพาะประเทศ ถึงแม้การเผาในเตาเผาพร้อมการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน เป็นการบำบัดการจัดการขยะที่ใช้อย่างแพร่หลายในยุโรป แต่ขยะฝังกลบก็ยังเป็นทางเลือกการจัดการขยะหลักในภูมิภาคอื่น เช่น เอเชีย โดยเฉพาะ ขาดการจัดการขยะในประเทศกำลังพัฒนา โดยภาชนะใช้แล้วทิ้งจะจบลงเป็นขยะในระบบการจัดการขยะที่ไม่เป็นทางการ อัตราการรีไซเคิล ซึ่งมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ จะเปลี่ยนไปทั่วโลก ไม่ว่าถ้วยจะถูกนำไปรีไซเคิลบ่อยหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการใช้ และสภาพที่เป็นอยู่เมื่อถึงขยะ เช่น หากถ้วยกระดาษปนเปื้อนด้วยวัสดุอันตราย มันก็จะมีแนวโน้มว่า จะถูกนำไปเผาในเตาเผาหรือถูกส่งไปขยะฝังกลบมากกว่าจะถูกนำไปรีไซเคิล

สำหรับถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ช่วงการล้างเป็นช่วงของวัฏจักรชีวิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด ในขณะที่สำหรับถ้วยใช้แล้วทิ้ง เป็นช่วงการผลิต การใช้วัสดุรีไซเคิลเพื่อผลิตถ้วย จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของถ้วยแต่ละใบ โดยเฉพาะสำหรับถ้วยใช้แล้วทิ้ง หรือสำหรับถ้วยที่ต้องใช้การผลิตที่ใช้พลังงานเข้มข้น เช่น ถ้วยเหล็กกล้าที่นำกลับมาใช้ใหม่

โดยทั่วไป ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง ถึงแม้จะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องใช้เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง การสูญเสียถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่อาจสูงกว่า หากผู้บริโภคไม่ได้เป็นเจ้าของถ้วย ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ 10-140 ครั้ง เพื่อให้มีฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง ในทางตรงกันข้าม ศักยภาพในการทำให้เกิดการทิ้งขยะของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต่ำกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง จากน้ำหนักที่หนักกว่า ในหมู่ถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ถ้วยทำจาก PP มีจุดแข็งทางด้านสิ่งแวดล้อมเหนือถ้วยเซรามิก และจึงจำเป็นต้องใช้น้อยกว่าเพื่อเปรียบเทียบกับถ้วยใช้แล้วทิ้ง

ในการศึกษาวัฏจักรชีวิต ไม่ชัดเจนว่า การล้างด้วยมือ หรือการล้างในเครื่องล้างจาน จะดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากันสำหรับถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่า เครื่องล้างจานรุ่นใหม่มักจะใช้พลังงานน้อยลง เมื่อเทียบกับรุ่นเก่า ดังนั้น จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการล้างด้วยมือ อย่างไรก็ตาม หากล้างด้วยมือด้วยน้ำเย็น อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าการล้างด้วยเครื่องล้างจานจากคนรุ่นก่อน

2.4 บรรจุภัณฑ์อาหารช็อกليبบ้าน

ระบบบรรจุภัณฑ์อาหารช็อกليبบ้านจะใช้ในการขนส่งอาหารจากร้านอาหารไปยังสถานที่ต่างๆ เพื่อบริโภค เช่น ที่บ้านของลูกค้า และยังใช้อย่างแพร่หลายในสาขาการส่งอาหาร บรรจุภัณฑ์ที่ช็อกليبบ้านอาจมีรูปทรงต่างๆ และทำจากวัสดุต่างๆ ขึ้นอยู่กับอาหารที่ขนส่ง ระบบบรรจุภัณฑ์อาหารช็อกลิปบ้านส่วนใหญ่เป็นการใช้ครั้งเดียว แต่ก็มีการเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ บทนี้จะเปรียบเทียบวัสดุต่างๆ ของบรรจุภัณฑ์ที่ช็อกลิปบ้านใช้ครั้งเดียว และภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่

2.4.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด

บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกช็อกลิปบ้านใช้ครั้งเดียว อาจทำจากพลาสติกจากฟอสซิลต่างๆ เช่น PS, extruded polystyrene (XPS), PP และ PET หรืออาจทำจาก พลาสติกชีวภาพ เช่น PLA หรือวัตถุดิบชีวภาพ เช่น วัสดุพืชอินทรีย์ หรือ พืชผล เช่น อ้อยหรือข้าวโพด และไม้ ระบบบรรจุภัณฑ์ที่ช็อกลิปบ้านใช้ครั้งเดียว อาจทำจากวัสดุอื่นมากกว่าพลาสติก เช่น กระดาษหรือไฟเบอร์

ระบบบรรจุภัณฑ์หลายชั้นช็อกลิปบ้าน เป็นระบบบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากชั้นต่างๆ ของวัสดุ ชั้นที่ต่างกันอาจเป็นพลาสติกจากฟอสซิล พลาสติกชีวภาพ หรือวัสดุที่ไม่ใช่พลาสติก ทำให้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่หลากหลาย

2.4.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม

การผลิต PLA อาจเป็นขั้นตอนการผลิตที่ใช้พลังงานเข้มข้น ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ PLA ผลิตจากวัสดุพืชชีวภาพ หรือ isobutanol จะดีกว่า PLA ที่ผลิตโดยตรงจากน้ำตาลหมัก ผลิตภัณฑ์จาก PLA ใช้ครั้งเดียวไม่มีจุดแข็งที่ชัดเจนเหนือทางเลือกเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อหันไปศึกษาผลิตภัณฑ์อื่น การศึกษาโดย Suwanmanee et al. (2013) สรุปว่า กล่องทำจาก PLA มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากล่องทำจาก PS เมื่อระบบไฟฟ้าใช้เครื่องใช้ที่เชื่อมต่อกันสำหรับการจ่ายไฟฟ้าของไทย เครื่องใช้ที่เชื่อมต่อกันสำหรับการจ่ายถ่านหินของไทย หรือแก๊สของไทย (Suwanmanee et al. 2013) นอกเหนือจากค่า GWP ผู้เขียนได้พิจารณาการปนเปื้อนและการเกิดหมอกควันทางเคมี กล่องทำจาก PS มีประสิทธิภาพดีกว่ากล่องจาก PLA ในทั้งสามประเภทผลกระทบ ผู้เขียนไม่รวมการจัดการขยะ หากรวมการจัดการขยะ จะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่แย่กว่ากล่องทำจาก PLA เนื่องจากการจัดการขยะในประเทศไทยจะเป็นการใช้ขยะฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ การทิ้ง PLA ในขยะฝังกลบจะปล่อยแก๊สมีเทนและ CO₂ ออกมา การปล่อยแก๊สจากการใช้ที่ดินที่เปลี่ยน จากข้าวโพดและมันสำปะหลัง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่นำไปสู่ค่า GWP ของ PLA (Suwanmanee et al. 2013)

Madival et al. (2009) เปรียบเทียบระบบบรรจุภัณฑ์สตรอเบอรี่ที่แตกต่างกัน ทำจาก PLA, PET และ PS ผู้เขียนสรุปว่า ช่วงการขนส่งของวัสดุบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุ ผลการศึกษานี้ ขึ้นอยู่กับระยะทางที่สันนิษฐานไว้ การสรุปว่าช่วงการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญของฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อม ตรงกันข้ามกับผลลัพธ์ของ Edwards und Fry (2011) และ Khoo et al. (2010) ในการศึกษาของ Madival et al. (2009) บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PET มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศมากที่สุด จากนั้นหนักที่หนักกว่า และผลกระทบที่มากกว่าในช่วงการผลิตและการขนส่ง ระบบบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PS จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดจาก 7 ใน 9 ประเภทผลกระทบ ส่วน PLA จะมีประสิทธิภาพดีกว่า ในประเภทผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ และพลังงานเท่านั้น

Johansson et al. (2019) เปรียบเทียบภาชนะอาหารหลายชั้นใช้ครั้งเดียว 3 ชนิดดังนี้:

- FibreForm ซึ่งประกอบด้วยกระดาษชีวภาพหลายชั้น ลามิเนตด้วยฟิล์มหลายชั้นทำจาก PE, PA, ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH) และกาวยาง
- อสังขฐานหลายชั้นของ PET, PE, EVOH, polybutylene และกาวยาง
- EPS

ภาชนะ FibreForm ทำจากวัสดุชีวภาพ 85 % และกระดาษเป็นส่วนประกอบหลัก ภาชนะอีกสองใบทำจากฟอสซิล ภาชนะทั้งหมดมีน้ำหนักทำจากวัสดุจากฟอสซิล ภาชนะ FibreForm มีประสิทธิภาพดีกว่าวัสดุอีกสองชนิด ในประเภทสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาทั้งหมด 4 ประเภท ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่า เป็นเพราะผลกระทบที่ต่ำกว่าของการผลิตภาชนะ FibreForm เมื่อเทียบกับประเภทอื่นๆ ภาชนะ FibreForm ยังมีค่า GWP ต่ำกว่ามากในช่วงการหมักอายุการใช้งาน เทียบกับอีก 2 ประเภท จุดแข็งของช่วงการหมักอายุการใช้งานของภาชนะ FibreForm เป็นผลของการรีไซเคิล ผู้เขียนระบุว่า ภาชนะ FibreForm สามารถรีไซเคิลได้ในระบบการรีไซเคิล บรรจุภัณฑ์กระดาษที่มีอยู่ ดังนั้น 89.4% ของภาชนะ FibreForm จึงเข้าสู่สายธารของการรีไซเคิล ในขณะที่ภาชนะอีก 2 ประเภทจะถูกนำไปเผาไหม้ในเตาเผา การศึกษาไม่ได้กล่าวถึง ฟิล์มหลายชั้น ทำจาก PE และ PA มีผลต่อกระบวนการรีไซเคิลภาชนะ FibreForm อย่างไร

หลักฐานแสดงว่า บรรจุภัณฑ์อาหารทำจากกระดาษใช้ครั้งเดียวเพื่อซื้อกลับบ้าน มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า ภาชนะทางเลือกทำจากพอลิเอทิลีนบางตัว เช่น มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ดีกว่า PS และ PLA เมื่อการบำบัดขยะคือขยะฝังกลบ และกระดาษไม่ได้แสดงการสลายตัวจากการเคลื่อน อย่างไรก็ตาม หากคำนึงถึงการสลายตัวของกระดาษในระหว่างการบำบัดขยะ วัสดุทางเลือกของกระดาษจะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงกว่า PS แต่ยังคงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ทำจาก PLA (Franklin Associates 2011) จุดแข็งสำคัญของบรรจุภัณฑ์กระดาษ คือ การรีไซเคิลเป็นเรื่องที่ดำเนินการทั่วไปในหลายประเทศ ไม่เหมือนการรีไซเคิล PLA หรือ PS

การศึกษาโดย Belley (2011) เปรียบเทียบกล่องพลาสติกที่แตกต่างกัน 6 ใบ และกล่อง 1 ใบ ทำจากเยื่อกระดาษขึ้นรูปที่รีไซเคิล (molded pulp หรือ MP) และผู้เขียนมีข้อสรุปดังนี้:

- ถาดทำจาก XPS และ MP มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดและกล่องทำจาก PLA มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่แย่ที่สุด
- วัตถุดิบและช่วงการผลิตของถาด มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด
- กล่องพลาสติกทำจาก PET รีไซเคิล 100 % มีผลลัพธ์ที่เทียบได้กับ XPS และ MP ในประเภทผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และมลภาวะจากธาตุอาหารพืชในน้ำ
- XPS ไม่ได้ทำจากวัสดุรีไซเคิล แต่มวลต่ำของมันมีผลต่อการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี

ภูมิศาสตร์ของการศึกษาของ Belley (2011) คือ เมืองควิเบก พร้อมไฟฟ้าที่สัดส่วนส่วนใหญ่เป็นไฟฟ้าพลังน้ำ ผู้เขียนระบุว่า ผลลัพธ์มีความอ่อนไหวต่อสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิต อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนสัดส่วนการใช้ไฟฟ้า ไม่เปลี่ยนข้อสรุปที่ว่า XPS และ MP เป็นวัสดุทางเลือกใช้ครั้งเดียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

การศึกษาโดย Gallego-Schmid et al. (2019) เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวสำหรับซื้อกลับบ้าน 3 ประเภท ทำจาก XPS, PP และอะลูมิเนียม พร้อม Tupperware ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจาก PP การศึกษาสรุปได้ดังนี้:

- XPS มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดในหมู่วัสดุทางเลือกใช้ครั้งเดียว
- Tupperware จะต้องใช้ 16-39 ครั้ง เพื่อให้ได้คะแนนดีกว่าภาชนะทำจาก XPS ใช้แล้วทิ้ง ในประเภทผลกระทบต่อสุขภาพส่วนใหญ่
- มีเพียงผลกระทบต่อประเภทการทำลายทรัพยากรเท่านั้น ที่ Tupperware ต้องใช้ 208 ครั้ง
- Tupperware ทำจากอะลูมิเนียมใช้แล้วทิ้งและทำจาก PP ใช้ครั้งเดียว เป็นทางเลือกที่แย่ที่สุด
- PP ใช้ครั้งเดียวมีค่า GWP สูงสุด และมีความต้องการพลังงานปฏิกิริยาสูงที่สุด
- ถึงแม้ XPS จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุด ในหมู่ภาชนะใช้ครั้งเดียว แต่ก็มีศักยภาพในการทำให้เกิดการทิ้งขยะสูงสุดด้วย จากการมีน้ำหนักเบา และ
- การรีไซเคิล XPS ไม่ใช่ลำดับความสำคัญต้นๆ ในประเทศต่างๆ ส่วนใหญ่ ด้วยค่าใช้จ่ายที่สูง ซึ่งมีผลทำให้ XPS มีศักยภาพในการทำให้เกิดการทิ้งขยะ

ภาชนะทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่สำหรับซื้อกลับบ้าน จะต้องใช้ 18 ครั้ง จึงจะมีค่า GWP ที่ดีกว่าภาชนะทำจาก XPS ใช้แล้วทิ้ง สำหรับซื้อกลับบ้าน (Gallego-Schmid et al. 2019) Baumann et al. (2018) มีข้อสรุปเหมือนกัน คือ ในเชิงสิ่งแวดล้อม ภาชนะพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ดีกว่าภาชนะทำจาก PS ใช้แล้วทิ้ง และภาชนะพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับขนส่งผักและผลไม้ ในเชิงนิเวศน์ จะดีกว่าภาชนะใช้แล้วทิ้ง ทำจากไม้ พลาสติก และกระดาษแข็ง (Accorsi et al. 2014)

ปัจจัยสำคัญที่ไม่ได้มีการพิจารณาในการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่ สำหรับระบบซื้อกลับบ้าน คือ ระบบบรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องอาหารได้ดีเพียงใด สิ่งนี้สำคัญ เพราะอาหารที่ถูกปกป้องในระบบบรรจุภัณฑ์ บ่อยครั้ง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่า ระบบบรรจุภัณฑ์ที่อยู่รอบนอก (Notamicola et al. 2017) ดังนั้น การปกป้องอาหารควรเป็นความสำคัญลำดับแรกสำหรับระบบบรรจุภัณฑ์อาหาร

2.4.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล

ความสามารถในการนำไปรีไซเคิลมีความสำคัญต่อภาชนะใช้ครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ในทางทฤษฎี เป็นไปได้ที่จะรีไซเคิล แต่ไม่ได้หมายความว่า ในทางปฏิบัติ จะมีการรีไซเคิล เช่น การรีไซเคิล XPS มีความเป็นไปได้ทางทฤษฎี แต่ไม่มีการนำไปปฏิบัติจากค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้น ส่วนมาก XPS จึงถูกนำไปเผาในเตาเผา หรือถูกส่งไปยังขยะฝังกลบแทน (Gallego-Schmid et al. 2019; Belley 2011) อีกอุปสรรคหนึ่งของการรีไซเคิลบรรจุภัณฑ์สำหรับช็อกليبบ้าน ก็คือ การปนเปื้อนของขยะอาหาร ซึ่งจะจบลงในถังขยะมากกว่าจะถูกนำไปรีไซเคิล เพราะผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะทิ้งภาชนะลงในถังขยะ

ในการศึกษาที่ดำเนินการในแคนาดา Belley (2011) สันนิษฐานว่า กล่อง PET ทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % ในขณะที่อัตราการรีไซเคิลอยู่ที่เพียง 38 % เช่นเดียวกัน MP ก็ถูกสันนิษฐานว่า ทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % แต่มีเพียง 41 % ที่รีไซเคิลในช่วงการหมดอายุการใช้งาน กล่อง PLA ถูกสันนิษฐานว่า ประกอบด้วยวัสดุรีไซเคิล 10 % และกล่องดังกล่าว 100 % จบลงในขยะฝังกลบ ซึ่งแสดงว่า การสันนิษฐานในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่สอดคล้องเสมอไปกับการรีไซเคิลในชีวิตจริง อย่างไรก็ตาม การสันนิษฐานดังกล่าวก็ยังสมเหตุสมผล เพื่อชี้้นำการตัดสินใจไปสู่การอำนวยความสะดวกให้อัตราการรีไซเคิลสูงขึ้น

สำหรับความสามารถในการรีไซเคิล ไม่ใช่เพียงวัสดุเท่านั้นที่มีความสำคัญ แต่ก็ขึ้นอยู่กับว่า มันเป็นวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมดหรือวัสดุประเภทหลายชั้น เป็นการยากกว่าสำหรับโรงงานรีไซเคิลที่จะรีไซเคิลวัสดุบริสุทธิ์ สำหรับโรงงานรีไซเคิล บ่อยครั้งเป็นการยากที่จะแยกวัสดุที่แตกต่างกันจากวัสดุประเภทหลายชั้น ดังนั้น ในหลายกรณี บรรจุภัณฑ์ประเภทหลายชั้นจะถูกนำไปเผาในเตาเผา หรือนำไปขยะฝังกลบ แทนที่จะนำไปรีไซเคิล

อีกตัวอย่างหนึ่งของอุปสรรคของการรีไซเคิล คือ เมื่อบรรจุภัณฑ์ทำจาก PLA พบว่าอยู่ในสายธารขยะ ทั้งนี้ PLA มีผลกระทบต่ออัตราการรีไซเคิล PET โรงงานคัดแยกขยะทั่วไปส่วนใหญ่มีปัญหาในการแยกแยะระหว่าง PET และ PLA ซึ่งเป็นการลดระดับความบริสุทธิ์ของคอมพิวเตอร์ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว (recyclate) ทำจาก PET ดังนั้น PLA มีแนวโน้มที่จะจบลงในขยะฝังกลบหรือเตาเผาขยะ มากกว่าถูกส่งไปรีไซเคิลขยะ ซึ่งดีกว่า (Benetto et al. 2015)

2.4.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่มีความสำคัญในบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่สำหรับช็อกليبบ้าน Tupperware ที่ทำจาก PP จะต้องใช้ 16-208 ครั้ง เพื่อให้ดีกว่า XPS ขึ้นอยู่กับประเภทผลกระทบและการบริหารจัดการช่วงหมดอายุการใช้งาน (Gallego-Schmid et al. 2019) สำหรับประเภทผลกระทบของ GWP ภาชนะทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องใช้เพียง 18 ครั้งเพื่อให้ได้ค่า GWP ต่ำกว่า XPS (Gallego-Schmid et al. 2019) ส่วน Tupperware ทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ต้องใช้ 208 ครั้ง จึงจะดีกว่า XPS เฉพาะประเภทผลกระทบด้านกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ สำหรับประเภทผลกระทบอีก 10 ด้าน อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สูงสุด 39 ครั้งก็เพียงพอ

Tupperware ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจาก PP มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับ Tupperware ทำจากแก้ว การศึกษาของ Gallego-Schmidt et al. (2019) สรุปว่า ภาชนะใส่อาหารเป็นแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องใช้ 3.5 ครั้งน้อยกว่าภาชนะใส่อาหารทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ทางสิ่งแวดล้อม เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องระบุตรงกันว่า การรีไซเคิลแก้วเป็นการปฏิบัติทั่วไปในหลายประเทศ และการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่รวมความเสี่ยงของการทิ้งขยะหรือไม่โครพลาสติก ซึ่งคาดว่าจะสูงกว่าสำหรับ Tupperware ทำจาก PP

2.4.5 สรุป

อาจกล่าวได้ว่า โดยทั่วไป ภาชนะใส่อาหารทำด้วยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่สำหรับช็อกليبบ้าน เช่น ภาชนะสำหรับช็อกليبบ้านทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าทางเลือกใช้ครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม ต้องแน่ใจว่ามีการนำกลับมาใช้ใหม่บ่อยครั้งอย่างเพียงพอ มีทางเลือกวัสดุต่างๆ สำหรับภาชนะช็อกليبบ้านที่นำกลับมาใช้ใหม่ ภาชนะทำจาก PP มีจุดแข็งเหนือภาชนะแก้ว จากการปล่อยแก๊สน้อยกว่าในระหว่างการผลิต และจากน้ำหนักที่เบากว่า ภาชนะแก้วจะต้องนำไปใช้บ่อยเท่าภาชนะ PP 3.5 เท่า เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบกันได้ในชีวิตจริง

การบริหารจัดการขยะยังเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ และมีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ เช่น บรรจุภัณฑ์อาหารทำจากกระดาษใช้ครั้งเดียวสำหรับช็อกليبบ้าน มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดีกว่า PS และ PLA เมื่อการบำบัดขยะเป็นขยะฝังกลบและกระดาษไม่ย่อยสลายจากการเคลื่อน อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการย่อยสลายของกระดาษระหว่างการบำบัดขยะ ทางเลือกของกระดาษจะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ทำจาก PS แต่ยังคงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ทำจาก PLA

ถึงแม้ดูเหมือนว่าภาชนะทำจาก PS/XPS จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าทางเลือกวัสดุใช้ครั้งเดียวอื่นๆ โดยทั่วไป XPS จะไม่นำไปรีไซเคิลจากค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้น มันจะถูกนำไปเผาในเตาเผาหรือไปยังขยะฝังกลบ การเผาในเตาเผาพร้อมการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงานนิยมในยุโรปมากกว่าในสหรัฐฯ ในขณะที่ขยะฝังกลบเป็นที่นิยมมากกว่าในสหรัฐฯ และประเทศในเอเชียส่วนใหญ่ นอกจากนี้ น้ำหนักที่เบาของบรรจุภัณฑ์ทำจาก XPS ยังเพิ่มความเสี่ยงจากการปลิวตามลมและจบลงโดยการเป็นขยะ

โดยปกติ อาหารที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์มีฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่อยู่รอบอาหาร ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของระบบบรรจุภัณฑ์สำหรับซื้อกลับบ้าน คือ เพื่อปกป้องอาหาร หากวัสดุที่มีฟุตพริ้นต์ด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าวัสดุอีกชนิด ปกป้องอาหารเพื่อไม่ให้สูญเสียอาหาร จึงควรใช้มากกว่า ในกรณีส่วนใหญ่ บรรจุภัณฑ์ที่อาหารประเภทหลายชั้นสำหรับซื้อกลับบ้านสามารถเพิ่มคุณสมบัติที่หลากหลายยิ่งขึ้นให้กับระบบบรรจุภัณฑ์ นำไปสู่การปกป้องอาหารที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ชั้นหลายชั้นทำให้ยากต่อการรีไซเคิลวัสดุ

บรรจุภัณฑ์ทำจาก PLA สำหรับซื้ออาหารกลับบ้าน มีประสิทธิภาพดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PET สำหรับซื้ออาหารกลับบ้าน สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม เป็นการยากที่โรงงานคัดแยกส่วนใหญ่จะเห็นความแตกต่างระหว่าง PLA และ PET ทำให้ยากที่จะใช้ประโยชน์จากการรีไซเคิลเพื่อบำบัดขยะและการทำปุ๋ยหมักที่ดีกว่า เพราะ PLA มีแนวโน้มที่จะจบลงในขยะฝังกลบหรือเตาเผาขยะ

พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญ ในผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบบรรจุภัณฑ์ซื้อกลับบ้านสำหรับภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง ช่วงการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของช่วงการผลิตจะเชื่อมโยงโดยตรงกับการกำหนดสัดส่วนพลังงานที่ใช้ในภูมิภาค ซึ่งก็จริงสำหรับระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ในช่วงการล้างภาชนะด้วย

2.5 บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์

ต่างกับระบบบรรจุภัณฑ์และเครื่องดื่มอื่นๆ ในการศึกษานี้ บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์มีหน้าที่อื่นนอกเหนือจากการขนส่งเนื้อสัตว์ วัตถุประสงค์หลักของบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ ปกป้องเนื้อสัตว์จากจุลินทรีย์ก่อโรค บ่อยครั้ง เนื้อจะบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ระบบบรรจุภัณฑ์อื่นๆ เช่น ระบบบรรจุภัณฑ์ซื้อกลับบ้าน หรือถุงกับข้าว บ่อยครั้ง ใช้ในเวลาสั้นๆ แต่บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ออกแบบเพื่อให้มีอายุได้นาน ตั้งแต่วันจนถึงเดือน บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบเพื่อปกป้องเนื้อสัตว์ให้มีอายุการเก็บรักษาที่นาน และไม่ต้องทิ้งไป บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ ทำจากพลาสติกจากฟอสซิลใช้ครั้งเดียว บทนี้จะเปรียบเทียบวัสดุพลาสติกต่างๆ และวัสดุทางเลือก

2.5.1 วัสดุที่นิยมใช้มากที่สุด

ระบบบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ เป็นพลาสติกใช้ครั้งเดียว เช่น XPS, PET, PP, PE และ polyamide (PA) และยังทำจากพลาสติกชีวภาพ เช่น PLA หรือใช้ระบบบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ทำจากฟิล์มขึ้นรูปด้วยความร้อนหลายชั้น บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ทำจากฟิล์มขึ้นรูปด้วยความร้อน โดยปกติผลิตโดยใช้วัสดุที่ผสมกันหลากหลาย เช่น PA/PE และ PE/EVOH

2.5.2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม

ในการศึกษาโดย Pauer et al. (2020) ได้มีการเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์เบคอนที่แตกต่างกัน 6 ใบ ในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้:

- บรรจุภัณฑ์ฟิล์มขึ้นรูปด้วยความร้อน 2 ใบ (PA/PE และ PE/EVOH)
- ถุงสุญญากาศ 2 ใบ (PA และ PE) และ
- ถุงหัด 2 ใบ (PE/polyvinylidene dichloride (PVdC) และ PA/EVOH/PE)

Pauer et al. (2020) สรุปว่า ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัสดุบรรจุภัณฑ์ และปริมาณของ PA จากวัสดุ 6 ประเภทที่ศึกษา ถุงหัดที่มี PVdC มีคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่ำที่สุด และฟิล์มขึ้นรูปด้วยความร้อนที่มี PA/PE มีคาร์บอนฟุตพริ้นต์สูงที่สุด ถึงแม้ฟิล์ม PE/EVOH จะรีไซเคิลได้ดีกว่า จะพบว่า ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะสูงกว่าผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของฟิล์มหัดที่มี PVdC มาก ดังนั้น ในกรณีนี้ มีการแลกเปลี่ยนระหว่างการรีไซเคิลที่ดีกว่า และประโยชน์ต่อสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลจากการลดน้ำหนัก ซึ่งจะต้องแลกมาด้วยการรีไซเคิล อย่างเห็นได้เด่น อีกการศึกษาโดย Barlow und Morgan (2013) ก็เน้นการลดวัสดุของวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยไม่ลดความสามารถในการปกป้อง ซึ่งควรได้รับการจัดลำดับความสำคัญให้เหนือกว่าการปรับปรุงการรีไซเคิล อย่างไรก็ตาม เป็นที่สังเกตว่า ไม่ทุกประเทศมีโรงงานเผาขยะที่ทันสมัย

ที่สามารถรองได้ออกชิ้นที่เป็นพียออก ดังนั้น การเผา PVDc ด้วยเทคโนโลยีที่ต่ำกว่ามาตรฐาน จึงอาจนำไปสู่การปล่อยแก๊สที่เป็นอันตราย ซึ่งจะลดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมลงไป ในกรณีดังกล่าว การใช้บรรจุภัณฑ์ที่หนักกว่าแต่รีไซเคิลได้ดีกว่าจึงอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

ในทางตรงกันข้าม การใช้วัสดุรีไซเคิล สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังที่การศึกษาของ Maga et al. (2019) แสดงไว้ อย่างไรก็ตาม วัสดุรีไซเคิลที่นำไปใช้ จะต้องปฏิบัติตามกฎข้อบังคับสำหรับการใช้ที่สัมผัสอาหาร โดยเฉพาะเนื้อสัตว์

การศึกษาโดย Maga et al. (2019) เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ใช้แล้วทั้ง 9 ประเภท ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสรุปดังนี้:

- บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ทำจาก XPS ที่มีน้ำหนักเบา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสุด และที่ทำจาก PLA มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด
- ภาชนะทำจาก PP เป็นภาชนะที่ดีเป็นอันดับสองรองจาก XPS
- บรรจุภัณฑ์หลายชั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด และจากการไม่สามารถรีไซเคิลด้วย
- กล่อง PET ทำจากวัสดุรีไซเคิล 100 % จะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่ากล่อง PET ที่ทำจากวัสดุใหม่ 100% ถึง 75 %
- กล่อง PLA ทำคะแนนต่ำที่สุด จาก 10 ใน 13 ประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนในอีก 3 ประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (การร่อยหรองของทรัพยากร การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หากไม่รวมคาร์บอนไบโอเจนิค (biogenic carbon)) ผลจาก PLA พบว่า จะอยู่ระหว่างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุอื่น

การศึกษาโดย Wikström et al. (2016) ได้เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ใช้ครั้งเดียวสองประเภท คือ หลอดและภาชนะ ทำจาก PET และฟิล์มพลาสติกทำจาก LDPE และ PET ส่วนหลอดทำจาก PA หลอดนั้นหนักน้อยกว่าภาชนะประมาณ 80 % จึงใช้สื่อน้อยกว่า ผลแสดงว่า หลอดมีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมดีกว่า หากไม่พิจารณาต้นทุนของลูกค้านั้น อย่างไรก็ตาม กลายเป็นว่า ภาชนะที่มีลักษณะแข็งแรง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าหลอด เพราะลูกค้าไม่สามารถใช้บรรจุภัณฑ์หลอดจนหมดได้ง่ายนัก การออกแบบหลอดของบรรจุภัณฑ์ก่อให้เกิดขยะอาหารมากขึ้น ดังนั้น ภาชนะจึงมีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมดีกว่าบรรจุภัณฑ์หลอด หากรวมการพิจารณาพฤติกรรมของผู้บริโภคด้วย ในกรณีนี้ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงของเนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ จึงเป็นปัจจัยที่ชี้ขาด ในทางตรงกันข้าม หลอดสามารถรักษาอาหารข้างในได้นานกว่าซึ่งอาจมีการเปลี่ยนผลการดำเนินงานกลับไปยังบรรจุภัณฑ์หลอดอีกครั้ง

การศึกษาโดย Dilkes-Hoffman et al. (2018) ได้เปรียบเทียบระบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (thermoplastic starch หรือ TPS และ polyhydroxyalkanoate (PHA) ที่เป็นวัสดุหลายชั้น) กับระบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากฟอสซิล ทำจาก PP ทั้งนี้ ระบบบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและระบบบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PP มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เหมือนกัน ในช่วงการผลิต คาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของระบบบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ขึ้นอยู่กับการทิ้งขยะเป็นอย่างมาก หากการทิ้งขยะเป็นขยะฝังกลบ โดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นสองเท่าของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PP คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ อาจเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของระบบบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PP หากอัตราการนำกลับคืนมาของมีเทนที่ขยะฝังกลบอยู่ที่ 97 % อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนระบุว่า อัตราการนำกลับคืนมาโดยเฉลี่ยของมีเทนในออสเตรเลียอยู่ที่ 30 % ซึ่งจะไปสู่จุดอ่อนของระบบบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่มีบทบาท เมื่อเทียบกับภาพรวมของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Heller et al. 2019) การปกป้องผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ควรเป็นความสำคัญอันดับแรกของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การป้องกันขยะอาหารผ่านทางบรรจุภัณฑ์ โดยการยืดอายุการเก็บรักษา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ (Pilz 2017) ไม่ใช่เนื้อสัตว์ทุกชิ้นที่ง่ายจะห่อในพลาสติก เช่น เนื้อสัตว์เป็นจำนวนมากขายตามร้านขายเนื้อ เนื้อสัตว์ ไล้กรอก และแฮมที่หั่นใหม่ๆ มีแนวโน้มที่จะเสียจากจุลินทรีย์มากกว่าเนื้อที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้ครั้งเดียว ดังนั้น วัสดุจากร้านขายเนื้อจึงมีอัตราการสูญเสียที่ค่อนข้างสูง (Pilz 2017)

เนื่องจากช่วงการผลิตมีผลกระทบมากที่สุดต่อฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของระบบบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว (ไม่รวมเนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์) ฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของภาชนะทำจาก PS ขึ้นโพลีเอทิลีน สำหรับเนื้อสด สามารถลดได้ 14 % โดยใช้พลังงานหมุนเวียนในขั้นตอนการผลิต (Ingrao et al. 2015)

2.5.3 ความสามารถในการนำไปรีไซเคิล

สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ มีความกังวลเกี่ยวกับสารปนเปื้อนจากพลาสติกรีไซเคิลที่เข้าไปในอาหาร วัสดุรีไซเคิลต้องปฏิบัติตามระเบียบการใช้ที่สัมผัสอาหาร โดยเฉพาะเนื้อสัตว์

ในการศึกษาโดย Maga et al. (2019) อัตราการรีไซเคิลสันนิษฐานว่าอยู่ที่ประมาณ 40 % ของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PP รีไซเคิล ในบริบทของยุโรป การรีไซเคิลสันนิษฐานว่าจะไม่มี สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุหลายชั้น PET รีไซเคิล XPS หรือ PLA แทนที่จะรีไซเคิล วัสดุจะถูกนำไปเผาในเตาเผา หรือส่งไปขยะฝังกลบ ถาดทำจาก PET รีไซเคิลสันนิษฐานว่าจะเป็วัสดุรีไซเคิล 100 % และจากการใช้วัสดุรีไซเคิล คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงมีสัดส่วน 75% น้อยกว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถาดทำจากวัสดุใหม่ 100%

จากการศึกษาของ Pauer et al. (2020) บรรจุภัณฑ์ฟิล์มชั้นรูปด้วยความร้อน (PA/PE และ PE/EVOH) สามารถนำไปรีไซเคิลได้ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีจุดแข็งของการสามารถรีไซเคิลได้ แต่มันก็มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงกว่าถาดทำจาก PE/PVdC

2.5.4 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

ไม่มีการประเมินบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ทบทวน

2.5.5 สรุป

ไม่มีการประเมินทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่ของระบบบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ ความหนาและน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์สามารถลดฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ให้ต่ำลงได้ ตราบเท่าที่มีการปกป้องอาหารที่จำเป็น การใช้วัสดุรีไซเคิลสามารถลดฟุตพริ้นท์ด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้อย่างมาก นอกจากนี้ ความสามารถในการรีไซเคิลหลังการบริโภคของบรรจุภัณฑ์ สามารถลดค่า GWP ของวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้

การลดน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ในบริบทของระบบบรรจุภัณฑ์ที่มีหลายชั้น นำไปสู่ความสามารถในการรีไซเคิลที่ไม่ดี แต่โดยรวมช่วยลดผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ทางเลือกการจัดการขยะและเทคโนโลยีทางเลือกของการบำบัดขยะ มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อม เช่น ในประเทศที่โรงงานเผาขยะไม่มีเครื่องกรองไดออกซิน ดังนั้น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่หนักกว่าแต่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

ในประเทศส่วนใหญ่ใช้การบำบัดโดยขยะฝังกลบ การมีหรือไม่มีระบบการนำแท่นกลับคืนมา มีอิทธิพลต่อผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

นอกจากนี้ วัสดุรีไซเคิลบางชนิด เช่น XPS แสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำ แต่ไม่ถูกนำไปรีไซเคิลจากค่าใช้จ่ายที่สูง และเสี่ยงต่อการทิ้งขยะเพิ่มขึ้น จากน้ำหนักที่เบา

จากความสามารถในการรีไซเคิลที่ต่ำ ระบบบรรจุภัณฑ์ประเภทหลายชั้น มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม หากการออกแบบบรรจุภัณฑ์ประเภทหลายชั้นนำไปสู่อายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นของเนื้อสัตว์ ก็จะดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด ที่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าของเนื้อสัตว์

การปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดของบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ เช่น โดยเฉลี่ย เบคอนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 54 เท่าของบรรจุภัณฑ์ (Pauer et al. 2020) ดังนั้น การปกป้องอาหารควรเป็นเป้าหมายหลักของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การออกแบบหลอดสำหรับเนื้อสัตว์ อาจนำไปสู่ขยะอาหารในบรรจุภัณฑ์ เศษอาหารในบรรจุภัณฑ์อาจนำไปสู่การเผาในเตาเผาและขยะฝังกลบ แทนที่จะนำวัสดุบรรจุภัณฑ์ไปรีไซเคิล

3.ประเด็นที่ไม่ครอบคลุมทั้งหมดในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตพยายามนำเสนอ/พรีนด้านสิ่งแวดล้อมโดยรวมของสินค้า ในการดำเนินการดังกล่าวความจริงก็คือ ต้องทำให้ง่ายลงเป็นแบบจำลอง แบบจำลองที่ทำให้ง่ายลงนี้ ไม่สะท้อนความซับซ้อนของระบบในโลกของความเป็นจริง เช่น การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยปกติ จะไม่พิจารณาความเข้มข้นของสารอันตราย และขาดการนำเสนอผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ (UNEP 2020a)

พลาสติกสามารถสลายตัวเป็นไมโครพลาสติก หากไม่ถูกส่งไปยังระบบการทิ้งขยะที่ถูกต้อง ผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อระบบนิเวศถูกละเอียดอย่างสิ้นเชิง ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่ การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตบางเรื่องพยายามหาจำนวนของศักยภาพการทิ้งขยะของวัสดุ แต่วิธีนี้ไม่เป็นที่ยอมรับ และไม่ใช้ประเภทผลกระทบที่เป็นทางการของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

ถึงแม้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จะย่อยสลายภายใต้บางสถานการณ์ สถานการณ์ดังกล่าวบ่อยครั้งมักไม่เป็นไปตามนั้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตบ่อยครั้ง จะทำให้ดูง่ายว่า พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ หรือสลายตัวเหมือนกระดาษ (Civancik-Uslu et al. 2019) โดยปกติ มักไม่พิจารณาว่า จะมีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์หรือไม่

บทนี้จะเน้นประเภทผลกระทบบางประการ ที่ไม่ได้มีการกล่าวถึงในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่

3.1 สารอันตราย

ถุงซ้อปปั๊ม ภาชนะเครื่องดื่ม หรือถ้วย บรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับซื้อกลับบ้าน และบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกทำจากวัสดุที่มีการนิยมนิยามใช้มากที่สุด ตามที่ระบุในแต่ละส่วนก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตาม นอกจากเม็ดโพลีเมอร์หรือฟอยล์ การผลิตยังต้องการสารต่างๆ เพิ่มเติม เช่น สารเติมแต่ง กาว สารเคลือบ สารเสริม (4) และสารที่เพิ่มโดยไม่ได้ตั้งใจอื่นๆ

Groh et al. (2019) กล่าวว่า ทั้งหมด มีสารเคมีประมาณ 900-3,000 ชนิด ที่น่าจะเกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์พลาสติก สารเคมีอันตรายที่ระบุ ใช้ในพลาสติกในฐานะเป็นโมโนเมอร์ สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ ตัวทำละลาย สารลดแรงตึงผิว สารช่วยให้อ่อนตัว สารที่ทำให้เกิดการคงตัว ยาฆ่าแมลง สารหน่วงไฟ สารเร่ง และสารสี เป็นต้น ผู้วิจัยนำเสนอฐานข้อมูลของสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งรวมสารเคมีที่ใช้ในระหว่างการผลิตและ/หรืออยู่ในผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

ในส่วนของสารที่เป็นอันตราย Groh et al. (2019) พบว่า สารเคมี 906 ชนิด คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดย 63 ชนิดมีอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์สูงสุด และ 68 ชนิดมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (5) นอกจากนี้ สาร 7 ใน 906 ชนิดถูกจัดโดยสหภาพยุโรปว่าเป็นสารเคมีที่ตกค้างยาวนาน สะสมได้ในสิ่งมีชีวิต และมีความเป็นพิษ (PBT) หรือเป็นสารเคมีที่ตกค้างยาวนานและสะสมได้ในสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก และ สาร 35 ชนิด เป็นสารเคมีที่รบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ เป็นที่สังเกตว่า สารบางชนิดอาจมีอันตรายมากกว่าหนึ่งกลุ่ม

บรรจุภัณฑ์พลาสติกประกอบด้วยสารดังกล่าว ไม่ว่าจะใช้วัสดุใดก็ตาม เช่น วัสดุใหม่ รีไซเคิล หรือชีวภาพ (Geueke et al. 2018; Zimmermann et al. 2020) Zimmermann et al (2020) ศึกษาบรรจุภัณฑ์อาหารชีวภาพ เช่น ถาด ถ้วยกาแฟ ที่ห่อถุงใบชา การศึกษาแสดงว่า ผลิตภัณฑ์ชีวภาพเหล่านี้ ประกอบด้วยสารเคมีปริมาณเท่ากับพลาสติกจากฟอสซิล รวมทั้งบางตัวก็มีสมบัติเป็นพิษ

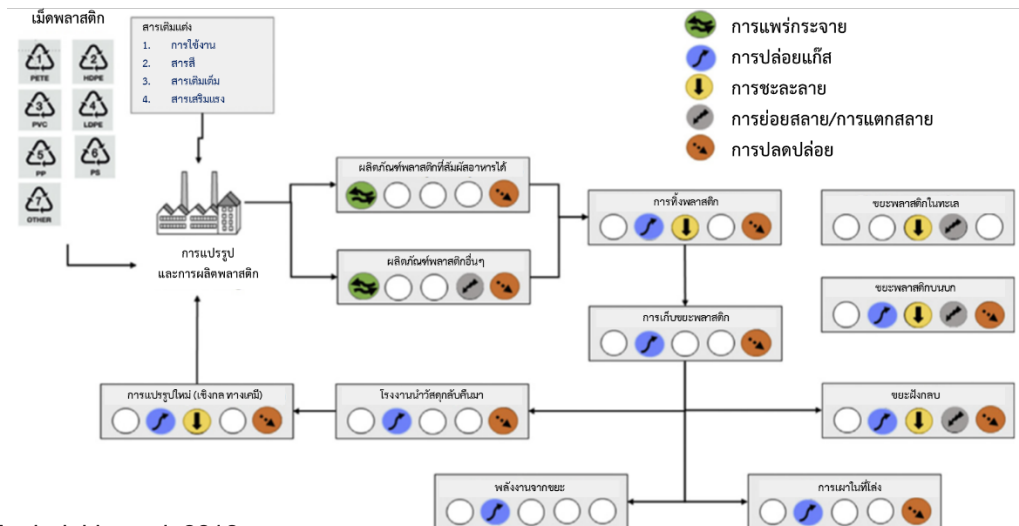
(4) สารที่จำเป็นในระหว่างขั้นตอนการผลิต เช่น ตัวทำละลาย

(5) การจำแนกความเป็นอันตรายของสารเคมี จากระบบสากลในการจำแนกความเป็นอันตรายของสารเคมี (Globally Harmonized System หรือ GHS)

และพบว่า ผลิตภัณฑ์ 29 ใน 43 ชนิดประกอบด้วยสารเคมีที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษพื้นฐาน 18 ชนิดก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง และ 11 ชนิดมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ (6)

ในการประเมินความเสี่ยงจากสารอันตราย นอกจากลักษณะที่เป็นอันตรายแล้ว (ตามที่ประเมินโดย Groh et al. (2019)) ต้องพิจารณาจากทัศนการณ์การได้รับสาร ภาพ 3-1 แสดงให้เห็นจากทัศนการณ์การได้รับสารและการปล่อยแก๊สของสารอันตรายจากพลาสติกในช่วงวัฏจักรชีวิต การปล่อยแก๊ส 5 ประเภทเข้าไปในบรรยากาศ อาจแตกต่างกัน การแพร่กระจายเข้าไปยังวัสดุที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ การปล่อยแก๊สไปในอากาศ การชะละลายลงไปในดินและสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำ การย่อยสลาย เช่น การเกิดไมโครพลาสติก และการปลดปล่อย

ภาพ 3-1: จากทัศนการณ์การได้รับสารเติมแต่งพลาสติกในวัฏจักรชีวิตของพลาสติก



ที่มา: Maniadakis et al. 2018

ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักกันดีของสารอันตรายที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์มีดังนี้:

- กลุ่มสาร polyfluorinated alkyl substances (PFAS) ใช้ในฟอยล์บรรจุภัณฑ์และการเคลือบพลาสติก (ใช้ครั้งเดียว) รวมทั้ง เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารทำจากกระดาษแข็ง ถ้วย และช้อนส้อม สาร PFAS จะสะสมในร่างกายมนุษย์ จากลักษณะที่ตกค้างยาวนาน และยังสะสมในสิ่งแวดล้อมโดยไม่ย่อยสลาย จากข้อมูลของหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพ ยุโรป (The European Food Safety Authority หรือ EFSA) มีความเชื่อมโยงระหว่างสาร PFAS เป็นรายชนิดและผลการฉีดยา วัคซีนที่ลดลง น้ำหนักเมื่อคลอดลดลง ระดับคอเลสเตอรอลที่สูงขึ้นและการติดเชื้อที่เพิ่มขึ้น เช่น ลำไส้อักเสบ อย่างไรก็ตาม สาร 4,700 ชนิดอีกหลายตัวยังแทบไม่มีการศึกษา

- กลุ่ม Bisphenols โดยมี Bisphenol A เป็นตัวแทนของกลุ่มที่เป็นที่รู้จักมากที่สุด ใช้เป็นโมโนเมอร์ในการผลิตพลาสติกโพลีคาร์บอเนตแบบใส เช่น ถ้วยหรือกระป๋องน้ำดื่ม และการผลิตวัสดุที่เกี่ยวข้องกับพลาสติกอื่นๆ เช่น การเคลือบด้านในกระป๋องอาหารและเครื่องดื่ม กลุ่มสารเคมีเหล่านี้เป็นสารที่รบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ จึงมีผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนของมนุษย์ อีกทั้งโมเลกุลของ BPA ยังสามารถเข้าไปในเครื่องดื่ม ในระหว่างการบริโภค

- สารอีกกลุ่มหนึ่ง คือ phthalates ซึ่งทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่น บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิดและการปิดฝาเกลียวมีส่วนประกอบของสาร phthalates อย่างไรก็ตาม สาร phthalates สามารถเข้าสู่อาหารได้ในระหว่างการผลิต เช่น เมื่อใช้น้ำมันพืช ผ่านท่อพลาสติกแบบอ่อนที่ทำจาก PVC สาร phthalates บางชนิดมีผลกระทบต่อไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การใช้ ขึ้นต่ำจะต้องไม่เกินหลักเกณฑ์การสัมผัสอาหารของสาร phthalate

(6) พลาสติกเติมแต่งพลาสติก เช่น butanediylidihexadecanamide, ethylenebis(palmitamide), erucamide and Irganox 1076 รวมทั้งสารที่เพิ่มโดยไม่ได้ตั้งใจ เช่น tetraoxacyclotetracosane-tetrone มาจากบรรจุภัณฑ์ PE และ tris(2-nonylphenyl) phosphate (ใน PE ชีวภาพ) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ย่อยสลายของสารต้านออกซิเดชัน tris(nonylphenyl) phosphite (TNPP)

- Polyvinyl chloride (PVC) ใช้ในบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวหลายประเภท เช่น ฉลากของขวดพลาสติก กล่องและภาชนะบรรจุภัณฑ์โปร่งแสง (7) โดยเฉพาะ PVC ถูกนำไปใช้ จากราคาที่ถูก มีความคงทน และป้องกันการซึม PVC ในตัวของมันเองไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ในทางเลือกการบริหารจัดการเมื่อหมดอายุการใช้งาน ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดด้วยความร้อนภายใต้สภาวะที่ไม่ได้ถูกควบคุม (การผลิตพลังงานจากขยะ การเผาในที่โล่ง และการแปรรูปใหม่) มันจะทำให้เกิดควันพิษเป็นจำนวนมาก (มีส่วนประกอบของ hydrogen chloride, dioxins และ furans) ดังนั้น ขยะจาก PVC เป็นความกังวลเป็นพิเศษในภูมิภาคที่ไม่มีหลักประกันของการบริหารจัดการขยะพลาสติกที่ดี

3.2 โพลีโพรพิลีนและการทิ้งขยะ

ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวจะใช้เพียงครั้งเดียวและทิ้งไป ผลก็คือ มีความเสี่ยงสูงที่มันจะจบลงโดยการเป็นขยะในสิ่งแวดล้อมมากกว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับพฤติกรรมของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวจะต่างจากผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เพิ่ม จะทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่มีค่ามากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การลดการทิ้งอย่างสะอาดหลังการใช้

ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ บ่อยครั้งมีความคงทนมากกว่าผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง ดังนั้น จึงมีน้ำหนักมากกว่า หากวัสดุมีน้ำหนักเบาเท่าใด ก็จะเปลี่ยนไปตามสมง่ายนั้นเท่านั้น และจึงจบลงเป็นขยะในสิ่งแวดล้อมง่ายขึ้นเช่นกัน (Civancik-Uslu et al. 2019) พลาสติกใช้ครั้งเดียวมีน้ำหนักเบาเป็นพิเศษ เช่น PS และ XPS มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำในการผลิตจากน้ำหนักที่เบา แต่จะมีศักยภาพในการก่อให้เกิดการทิ้งขยะสูงเป็นพิเศษ

วัสดุย่อยสลายในอัตราที่ต่างกัน เมื่อจบลงเป็นขยะในสิ่งแวดล้อม ในขณะที่วัสดุที่ใช้พลาสติก เช่น กระดาษ ไม้ จะย่อยสลายหลังระยะเวลาหนึ่ง แต่พลาสติกจากฟอสซิล และพลาสติกชีวภาพบางชนิดจะไม่สามารถย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ เมื่อพลาสติกเข้าไปในสิ่งแวดล้อม ก็จะอยู่ที่นั่นเป็นเวลานาน จากความเสถียรและความคงทน ลมและกระแสน้ำจะทำให้พลาสติกกระจายในวงกว้าง เมื่อเวลาผ่านไป การเสียดสีและการสึกกร่อนพลาสติก จะทำให้เกิดชิ้นส่วนเล็กๆ เรียกว่า ไมโครพลาสติก

การเข้าไปในร่างกายของขยะและพลาสติกจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของสัตว์และถึงทำให้เสียชีวิตได้ การเข้าไปในร่างกายของไมโครพลาสติก จะทำให้เกิดสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อห่วงโซ่อาหาร ไมโครพลาสติกจะพบในสัตว์น้ำทุกประเภท ตั้งแต่ปลาไปจนถึงนก และสัตว์น้ำเลี้ยงลูกด้วยนม (UBA 2013) ส่วนผลของการสะสมไมโครพลาสติกในห่วงโซ่อาหารที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ยังทำการวิจัยอย่างไม่เพียงพอ

3.3 ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ที่ดิน

พลาสติกชีวภาพไม่ได้มีความยั่งยืนมากไปกว่าพลาสติกดั้งเดิม การแทนที่พลาสติกจากฟอสซิลด้วยพลาสติกชีวภาพไม่ทำให้เกิดการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้าม ผลกระทบเปลี่ยน ในการศึกษาของ Ita-Nagy et al. (2020) ได้ทำการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตจำนวนหนึ่ง ที่เปรียบเทียบระหว่างพลาสติกชีวภาพกับพลาสติกจากฟอสซิล และสรุปว่า “โดยปกติ พลาสติกชีวภาพจะแสดงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ต่ำกว่าพลาสติกจากฟอสซิล [...] อย่างไรก็ตาม วัสดุดังกล่าวยังแสดงภาระที่สูงกว่าของประเภทสิ่งแวดล้อม ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวและการปลูกวัตถุดิบชีวภาพ ซึ่งรวมประเภทการประเมินวัฏจักรชีวิตที่เกี่ยวกับน้ำ เช่น ผลกระทบจากธาตุอาหารพืช และอากาศ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือการเกิดหมอกควันทางเคมี” การแลกเปลี่ยนแบบเดียวกันยังพบในการศึกษาอื่นๆ (van der Harst et al. 2014; European Commission 2019; Papong et al. 2014)

(7) เป็นการยากที่จะแยกแยะ PVC โปร่งแสงจาก PET โปร่งแสง ซึ่งนำไปใช้งานใช้ครั้งเดียวหลายประเภท การแยกแยะส่วนหนึ่งช่วยให้จากโค้ดรีไซเคิลที่พิมพ์ โดย 1 หมายถึง PET และ 3 หมายถึง PVC

ปัญหาอีกสามประการที่เกี่ยวกับวัสดุมีดังนี้:

- จากความท้าทายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use change หรือ LUC) (8) เป็นประเภทของการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ได้รับการประเมินน้อย อย่างไรก็ตาม Piemonte and Gironi (2011) ‘เน้นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีอิทธิพลสูงต่อการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกซึ่งจะดำเนินการโดยการใช้พลาสติกชีวภาพแทนพลาสติกจากน้ำมันใช้ครั้งเดียว’ ผู้เขียนยังชี้ให้เห็นถึง ‘ความสำคัญของการใช้ระยะชีวมวล หรือชีวมวลที่เติบโตในที่ดินเกษตรกรรมที่เสื่อมโทรมหรือรกร้าง เพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพ ซึ่งจะให้ประโยชน์ที่และอย่างยั่งยืน ในการปล่อยแก๊สเรือนกระจก’ ในการศึกษาของ Suwanmanee et al. (2013) ผู้เขียนพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของค่า GWP ของพลาสติกชีวภาพ

- เป็นที่ทราบกันจากการอภิปรายระหว่างอาหารและเชื้อเพลิง การอภิปรายที่สมเหตุสมผลกำลังดำเนินการอยู่ ในส่วนของความขัดแย้งเรื่องการใช้ที่ดิน เช่น ที่ดินใช้สำหรับปลูกพืชสำหรับอาหารหรือชีวมวล และพืชที่ปลูกเป็นอาหาร เช่น มันสำปะหลัง จะใช้ในการผลิตพลาสติกแทนอาหารหรือไม่

- ผู้ทำการศึกษการประเมินผลกระทบของวัสดุชีวภาพข้างต้น (European Commission 2018) ระบุว่า ‘ผลผลิตที่สูงในบราซิล และในสหรัฐฯ เป็นผลของการปลูกพืชเชิงเดี่ยวขนาดใหญ่ ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ผ่านการดัดแปลงทางพันธุกรรม (GMO) และผลร้ายอื่นๆ ที่ไม่รวมอยู่ในการประเมินวัฏจักรชีวิต สำหรับเหตุผลทางระเบียบวิธีวิจัยและความพร้อมใช้งานของข้อมูล’ หรือกล่าวโดยสั้นๆ อาจสรุปได้ว่า การปลูกพืชเชิงเดี่ยว ซึ่งรวมการใช้พันธุ์ GMO ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช นำไปสู่การสูญเสียของความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งโดยปกติยากที่จะประเมินในเชิงปริมาณ

ในประเด็นนี้ ตามที่สรุปโดย Piemonte และ Gironi (2011) พลาสติกจากพืชในภาคเกษตร เช่น ชานอ้อย ใบปาล์ม หน่อกะหล่ำปลีผสม ควรใช้มากกว่าวัสดุชีวภาพที่สามารถใช้เป็นอาหาร

3.4 ความท้าทายของการหมดอายุการใช้งานจริงของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

การปล่อยแก๊สในช่วงหมดอายุการใช้งานของการประเมินวัฏจักรชีวิตขึ้นอยู่กับวัสดุและวิธีการทิ้งขยะสำหรับพลาสติกใช้ครั้งเดียวส่วนใหญ่ การรีไซเคิลเป็นวิธีที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม โพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเข้ากันไม่ได้กับโพลีเมอร์อื่นๆ หลายประเภท (เช่น polyolefins และ PET) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสำหรับโรงงานรีไซเคิล เพราะการมีโพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพในวัตถุดิบที่นำไปรีไซเคิล เป็นตัวก่อกวนและลดคุณภาพของโพลีเมอร์รีไซเคิล

ดังนั้น การแก้ปัญหาที่เห็นได้ชัดมากที่สุดสำหรับโพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ การย่อยสลายโดยการทำปุ๋ยหมัก ในการประเมินวัฏจักรชีวิต การย่อยสลายของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ บ่อยครั้ง จะถูกทำให้ง่ายและละเลยพื้นฐานว่าเหมือน

กระดาษ (Civancik-Uslu et al. 2019; Mattila et al. 2011) จำนวนพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ย่อยสลายภายใต้สภาวะแวดล้อม เช่น การทำปุ๋ยหมักที่บ้าน น้ำทะเล เป็นต้น มีข้อจำกัดมาก พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพในเชิงพาณิชย์ต้องการการบำบัดเฉพาะ เพื่อย่อยสลายภายในเวลาที่เหมาะสมถึง 6 เดือน (การหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม) นอกจากนี้ จะใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าขยะอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาสำหรับโรงงานทำปุ๋ยหมักชีวภาพ (Kunitzsch 2018) ยิ่งกว่านั้น การย่อยสลายยังไม่เหมาะสำหรับการสะสมอินทรีย์วัตถุ

ทั้งพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและพลาสติกชีวภาพสามารถนำไปเผาในเตาเผาพร้อมการนำขยะมาใช้เป็นพลังงาน อย่างไรก็ตาม การเผาขยะในเตาเผา ขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการขยะของประเทศ สำหรับในไทยและในมาเลเซีย การบริหารจัดการขยะยังใช้ขยะฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ (Lacovidou and Siew 2020)

(8) กฎระเบียบพลังงานทดแทนของสหภาพยุโรป (EU Renewable Energy Directive หรือ RED) ให้คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรงว่า “เกิดขึ้นเมื่อการผลิตวัตถุดิบเริ่มต้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปกคลุมดิน พื้นที่ป่า ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ บ้านเรือน หรือที่ดินอื่น ไปยังพื้นที่เพาะปลูก หรือพื้นที่เพาะปลูกยืนต้น” การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางอ้อมมีคำจำกัดความดังนี้: “เมื่อทุ่งหญ้าและพื้นที่เกษตรกรรม จากเดิมเพื่อป้อนตลาดอาหารและอาหารสัตว์ ถูกเปลี่ยนไปเป็นการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ แต่ความต้องการที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงก็ยังมีอยู่ ผ่านทางการผลิตในปัจจุบันที่เข้มข้น หรือการนำที่ดินที่ไม่ใช่สำหรับเกษตรกรรม ไปใช้สำหรับการผลิตที่อื่น กรณีหลัง คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางอ้อม [...]”

ในขยะฝังกลบ พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพอาจปล่อยแก๊สมีเทนออกมา (European Commission 2019) ขยะฝังกลบที่ไม่ใช้มีเทน นำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Dilkes-Hoffman et al. 2018; Civancik-Uslu et al. 2019) ในการศึกษาโดย Papong et al. (2014) ผู้เขียนสรุปว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดใช้ครั้งเดียว ทำจากพลาสติกชีวภาพ สามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าตัว หากถูกนำไปขยะฝังกลบ โดยไม่มีการนำแก๊สมีเทนกลับคืนมา หากไม่มีการนำแก๊สมีเทนกลับคืนมา การเผาขยะในเตาเผาเป็นวิธีที่ดีสำหรับพลาสติกชีวภาพ (Mattila et al. 2011) เป็นที่สังเกตว่า ขยะฝังกลบในประเทศกำลังพัฒนาบ่อยครั้ง เป็นเพียงที่ทิ้งขยะ และไม่มีการจัดการอย่างควบคุม

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีจุดอ่อนที่เห็นชัด (Brizga et al. 2020; Oakes 5 พฤศจิกายน 2019; EEA 2020; Burgstaller et al. 2018; DUH 2018b) บ่อยครั้ง พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพถูกส่งเสริมว่าเป็นการแก้ปัญหาปริมาณขยะพลาสติก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน มันไม่ได้ลดปริมาณขยะและไม่ได้ลดปัญหาที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอย

สำหรับสาธารณชน คำว่า “ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ” ให้ความรู้สึกว่า พลาสติกสามารถย่อยสลายได้ทั้งหมด ซึ่งไม่เป็นความจริง ดังนั้น

ความเสี่ยงของผู้บริโภคในการทิ้งพลาสติกไปในสิ่งแวดล้อมอย่างสะเพร่า เช่น การทิ้งขยะ และความเสี่ยงในการเกิดไมโครพลาสติก จึงมีเพิ่มขึ้น

3.5 การเปรียบเทียบวาทกรรมของการหมดอายุการใช้งาน

การบำบัดขยะที่ดีที่สุด คือ การไม่ก่อให้เกิดขยะ เพื่อกำหนดว่าควรใช้การบำบัดขยะประเภทใด ลำดับชั้นของการจัดการขยะ (waste hierarchy) สามารถช่วยได้ ขั้นตอนห้าขั้นของลำดับชั้นของการจัดการขยะอธิบายว่า วิธีการบำบัดใดดีกว่าวิธีอื่น (European Commission 2020)

1. การป้องกัน
2. การเตรียมสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่
3. การรีไซเคิล
4. การนำกลับคืนมา
5. การทิ้ง

สองระดับแรกของลำดับชั้นของการจัดการขยะ สามารถบรรลุได้ด้วยผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ไม่ว่าจะนำกลับมาใช้ใหม่โดยตรง เหมือนถุงช้อปปิ้ง หรือเป็นการเตรียมสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ถ้วยนำกลับมาใช้ใหม่ที่ล้างก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่มีภาชนะใช้ครั้งเดียวประเภทใดที่บรรลุระดับสูงสุดของลำดับชั้นของการจัดการขยะ ไม่ว่าจะใช้วัสดุใดๆ ก็ตาม ทางเลือกของพลาสติกจากฟอสซิล เช่น พลาสติกชีวภาพหรือกระดาษ ไม่เปลี่ยนความจริงดังกล่าว ตราใดที่ยังเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ทั้งนี้ ระดับสูงสุดของภาชนะทางเลือกใช้ครั้งเดียวอยู่ในลำดับชั้นที่สาม

ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่ การรีไซเคิลถือว่าเป็นทางเลือกการจัดการขยะที่มีอยู่ที่ดีที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว (European Commission 2019; Papong et al. 2014) อย่างไรก็ตาม อัตราการรีไซเคิลในประเทศต่างๆ บ่อยครั้งไม่สูงพอที่จะรีไซเคิลผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวทั้งหมด ในประเทศไทย อัตราการรีไซเคิลของบรรจุภัณฑ์ทำจาก PET อยู่ระหว่าง 31% - 62% ในปี 2019 ในขณะที่เพียง 3% ของบรรจุภัณฑ์ทำจาก PET จะถูกนำไปรีไซเคิลเป็น rPET เกรดอาหาร (World Bank 2021b) ในทางตรงกันข้าม พลาสติกชีวภาพและที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ก่อให้เกิดปัญหาในสายธารการรีไซเคิล ตามที่กล่าวแล้วในบทที่ 3.4 สำหรับพลาสติกชีวภาพและที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สองระดับสุดท้ายของของลำดับชั้นของการจัดการขยะ เป็นการบำบัดขยะที่เป็นไปได้มากที่สุดเท่านั้น

4. บทสรุปและการดำเนินการที่สำคัญ

บทสรุปข้างล่างนี้ เป็นการสนับสนุนผู้ที่ทำหน้าที่ตัดสินใจในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อพิจารณาประเด็นการดำเนินการที่มีความหมายและมีความยั่งยืน สำหรับบรรจุภัณฑ์ ดังนี้:

ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวอื่นๆ ที่มาจากวัสดุที่ต่างกัน ไม่ใช่ทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ไม่มีผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวใดที่ดีกว่าอีกชนิดหนึ่ง ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด มีแต่เพียงการเปลี่ยนการะ เช่น ขวดแก้วใช้ครั้งเดียวมีประสิทธิภาพน้อยกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ยกเว้นมลภาวะจากธาตุอาหารพืช แม้แต่ถุงกระดาษใช้ครั้งเดียว ซึ่งบ่อยครั้ง ถูกมองว่าเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีประสิทธิภาพน้อยกว่าขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายประเภท ในทางตรงกันข้าม ถุงกระดาษมีศักยภาพในการก่อให้เกิดการกักตุนน้ำท่วมขังพลาสติกใช้ครั้งเดียว การใช้ PET ขวดพลาสติก PET จากฟอสซิล สามารถนำไปสู่การลดภาวะโลกร้อนที่อาจเกิดขึ้นและการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล ของขวดเครื่องดื่ม แต่อาจเพิ่มการใช้ น้ำและมลภาวะจากธาตุอาหารพืช ดังนั้น ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวอาจดูดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง เมื่อเทียบกับตัวต่อตัว แต่ผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวทั้งหมดมีการะสูงทางด้านการใช้ทรัพยากร

ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว

การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ มีศักยภาพสูงสุดในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สูงเพียงใด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็น้อยลงเพียงนั้น เช่น ในขณะที่ความนิยมถุงช้อปปิ้งที่นำกลับมาใช้ใหม่ ที่ทำจาก PP, PE และ PET กำลังเพิ่มขึ้น พบว่า มันคุ้มค่า และในบางกรณี ต้องนำกลับมาใช้ใหม่เพียงสองสามครั้งเท่านั้น เพื่อให้มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของสภาพภูมิอากาศน้อยลง เมื่อเทียบกับขวดพลาสติกใช้ครั้งเดียว อีกตัวอย่างหนึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนไปใช้ถ้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ สามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้เป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง เป็นหนึ่งในข้อยกเว้น ถ้วยทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ยังมีจุดแข็งด้านสิ่งแวดล้อมเหนือกว่าถ้วยเซรามิก และจึงจำเป็นต้องนำกลับมาใช้ใหม่น้อยลง เพื่อสามารถเทียบได้กับถ้วยใช้แล้วทิ้ง อย่างไรก็ตาม หากบรรจุภัณฑ์ประเภทคงทนที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ต่ำ ก็จะไม่ดีไปกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศต่างๆ แสดงว่า ปัจจุบัน มันอยู่ต่ำกว่าจุดคุ้มทุน ที่ต้องไปถึง เพื่อให้สามารถเทียบได้ในเชิงนิเวศกับผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ดังนั้น อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่สูงจึงจำเป็นต้องมีหลักประกัน และลดการสูญเสียในการเก็บในโลจิสติกส์ย้อนกลับของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ ศักยภาพในการก่อให้เกิดการกักตุนน้ำท่วมขังของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ ต่ำกว่าถ้วยใช้แล้วทิ้ง จากน้ำหนักที่มากกว่า

การด้านสิ่งแวดล้อมของโลจิสติกส์ การขนส่ง และวงจรการล้างเพิ่มเติม สำหรับผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ไม่พลิกกลับความได้เปรียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เหนือกว่าผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว

การเปลี่ยนไปใช้ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของภาชนะเครื่องดื่ม มากกว่าระยะทางที่ต้องขนส่งไปยังสถานีล้าง พบว่า ภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง แม้จะล้างในเครื่องล้างจานรุ่นเก่า จากประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นของเครื่องล้างจาน และสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของวัสดุหมุนเวียนในสัดส่วนการใช้พลังงาน พุตพันธ์ที่ด้านสิ่งแวดล้อมของภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่จะลดลงยิ่งขึ้น ในการศึกษาวัฏจักรชีวิต ไม่มีสิ่งใดที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมมากไปกว่ากัน ระหว่างการล้างด้วยมือ หรือในเครื่องล้างจานของถ้วยที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่า เครื่องล้างจานรุ่นใหม่ จะมีการใช้พลังงานต่ำกว่าเครื่องรุ่นเก่า จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการล้างด้วยมือ อย่างไรก็ตาม หากล้างด้วยมือด้วยน้ำเย็น อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าการล้างในเครื่องล้างจานจากคนรุ่นเก่า แต่ภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่บางตัว เช่น ถ้วยเซรามิกมีฝา ที่ล้างด้วยมือและด้วยน้ำร้อน จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าถ้วยกระดาษใช้แล้วทิ้ง ที่เคลือบด้านในด้วย PE และมีฝาทำด้วย PS เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่วนมากของระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ อยู่ในขั้นตอนการล้างที่ใช้ไฟฟ้าเข้มข้น

ในการพิจารณาความท้าทายและข้อจำกัดด้านเทคนิคของการรีไซเคิล การส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ จะมีความสำคัญมากกว่าการรีไซเคิล

การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของบรรจุภัณฑ์ มีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากกว่าการรีไซเคิลมาก เช่น ถูที่มีอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สูงกว่า จะมีอิทธิพลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าอัตราการรีไซเคิล หากผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจากวัสดุรีไซเคิลหลังการบริโภค ศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะยิ่งสูงกว่า อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบว่าการรีไซเคิลและการรีไซเคิลค่อนข้างจะต่ำในหลายประเทศ ถึงแม้วัสดุจะนำไปรีไซเคิลได้ทางเทคนิค แต่ก็ได้หมายความว่า มันจะรีไซเคิลได้จริงๆ ในทางปฏิบัติ เช่น ถ้วยกระดาษบ่อครั้งไม่ได้จบลงในสายธารการรีไซเคิลเลย แต่จบลงในถังขยะมากกว่า แล้วจึงถูกนำไปฝังกลบหรือถูกเผาในเตาเผา อีกตัวอย่างหนึ่ง คือ การใช้ PS สำหรับถ้วยใช้แล้วทิ้งและมีฝา ถึงแม้ว่า PS/XPS จะสามารถรีไซเคิลได้ทางเทคนิค มันจะเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่สูง รวมทั้งศักยภาพในการก่อให้เกิดการทิ้งขยะที่สูง นำไปสู่การหนีออกจากสายธารการรีไซเคิล นอกจากนี้ วัสดุถูกข้อบ่งชี้หลายชนิด เช่น PP, HDPE, LDPE หรือกระดาษสามารถรีไซเคิลได้ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ ถูเหล่านี้ บ่อยครั้ง ไม่ได้ถูกนำไปรีไซเคิล

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของพลาสติกใช้ครั้งเดียวและบรรจุภัณฑ์ ไม่พิจารณาเรื่องผลกระทบของสารอันตราย การเกิดไมโครพลาสติก การทิ้งขยะ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างเพียงพอ หากประเด็นดังกล่าวได้รับการซึมซับ ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่เหนือผลิตภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ก็จะเห็นเด่นชัดมากยิ่งขึ้น

การตระหนักถึงข้อจำกัดของระเบียบวิธีวิจัยของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นสิ่งสำคัญ ในขณะที่การประเมินวัฏจักรชีวิตจะให้ภาพที่ดีต่อผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญหลายเรื่อง แต่มันไม่ได้แสดงภาพทั้งหมด เช่น การทำแบบจำลองของวัสดุ น้ำหนักเบา สำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้ครั้งเดียว อาจนำไปสู่ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ทำจากวัสดุที่มีความคงทนมากกว่า (รวมพลาสติกประเภทคงทน) แต่ผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาใช้ครั้งเดียว มีแนวโน้มที่จะนำไปสู่การทิ้งขยะมากกว่า สารอันตรายเมื่อรวมกับการเกิดไมโครพลาสติก จะก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ สภาพแวดล้อมทางน้ำและทางบก และความหลากหลายทางชีวภาพ ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ไปสู่การลดข้อกำหนดด้านวัสดุและการใช้ทรัพยากรในภาพรวม ดังนั้น จึงก่อให้เกิดความต้องการที่ลดลงสำหรับการใช้ที่ดินและกิจกรรมการสกัดต่างๆ ดังนั้น จึงหลีกเลี่ยงความขัดแย้งเรื่องการใช้ที่ดินและการปลูกพืชเดี่ยว ที่กระตุ้นการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของขวดแก้ว หรือขวด PET นำไปสู่ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับแก้วใช้ครั้งเดียวหรือขวด PET

ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวทำจากพลาสติกชีวภาพ ไม่มีข้อได้เปรียบเหนือผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้แล้วทิ้งอื่นๆ

ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียว ทำจากพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือพลาสติกชีวภาพ มีอายุสั้น และทำให้เกิดปริมาณขยะเท่ากับวัสดุทางเลือกทำจากฟอสซิล ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น จะมีการเปลี่ยนการทิ้งเมื่อบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากฟอสซิลถูกแทนที่โดยบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ ในขณะที่พลาสติกดั้งเดิมจากฟอสซิล มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศที่สูงกว่า พลาสติกชีวภาพก็แสดงว่ามีศักยภาพด้านการปรับกรดและมลภาวะจากธาตุอาหารพืชที่สูงกว่า นอกจากนี้ ยังเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดเรื่องที่ดิน เช่น จากการผลิตวัตถุดิบในภาคเกษตร ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันในที่ดิน เพื่อผลิตอาหารหรือการสูญเสียพื้นที่ป่า นำไปสู่ความเสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยทั่วไป พลาสติกจากขยะเกษตรกรรม เช่น ชานอ้อย ใบปาล์ม ขยะเกษตรกรรมที่รวมกัน ยังดีกว่าวัสดุชีวภาพที่สามารถใช้เป็นอาหาร

ประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ถูกประเมินค่าสูงเกินไปและขึ้นอยู่กับบริบทเป็นอย่างมาก

ในสภาพแวดล้อมที่ล้อมรอบ เช่น ปุ๋ยหมักที่บ้าน น้ำทะเล เป็นต้น เวลาที่ใช้ในการสลายตัวจะนานมาก ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงไม่แก้ปัญหการทิ้งขยะ ภายใต้สถานการณ์ที่เป็นอุดมคติ ที่ซึ่งการเก็บบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีอัตราที่สูงมาก ก็ยังต้องมีการบำบัดเฉพาะในโรงงานปุ๋ยหมักทางอุตสาหกรรม เพื่อให้สลายตัวภายในระยะเวลาที่เหมาะสม โดยทั่วไป จะใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าขยะอินทรีย์อื่นๆ ส่งผลให้มีปัญหาการบริหารจัดการสำหรับโรงงานปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ การย่อยสลายไม่เหมาะสำหรับการสะสมอินทรีย์วัตถุ จึงยังกับวัตถุประสงค์ทั้งหมดของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ในทางตรงกันข้าม พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ก่อให้เกิดปัญหาการคัดแยกในกระบวนการรีไซเคิลของพลาสติกจากฟอสซิล ผู้รีไซเคิลส่วนใหญ่ไม่สามารถแยกแยะระหว่างพลาสติกชีวภาพและพลาสติกจากฟอสซิล ซึ่งนำไปสู่ความเสื่อมโทรมของคุณภาพของวัสดุรีไซเคิล เช่น PLA มีผลกระทบต่อการใช้รีไซเคิล PET นำไปสู่ระดับความบริสุทธิ์ที่ต่ำของคอมปาวด์ที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว (recyclate) ของ PET ที่แย่ที่สุด พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กระทบต่อศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential) ในขยะฝังกลบ มากกว่าพลาสติกจากฟอสซิลที่เฉื่อยมาก จากการปล่อยแก๊สมีเทนในขั้นตอนการหมักขยะมูลฝอย เกี่ยวกับเรื่องนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่า ขยะฝังกลบในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ ไม่มีการควบคุมและไม่มีการนำมีเทนกลับคืนมา

การจัดการช่วงหมดอายุการใช้งานในบริบทเฉพาะ มีอิทธิพลอย่างสูงต่อผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุบรรจุภัณฑ์

ไม่มีวิธีการแบบเดียวที่แก้ปัญหาได้ทั้งหมด สำหรับทางเลือกการบริหารจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุด สำหรับวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด หากการบริหารจัดการขยะของประเทศหนึ่งส่วนใหญ่ใช้ขยะฝังกลบ และหากการนำกลับมาใช้ใหม่ของบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่มีอัตราต่ำ บรรจุภัณฑ์พลาสติกโพรพิลีนอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ ในประเทศที่การบริหารจัดการขยะใช้การเผาในเตาเผาเป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงานหรือไม่ก็ตาม ฝ้าย กระดาษ และพลาสติกทำจากแป้ง อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับสภาพภูมิอากาศ บรรจุภัณฑ์อาหารทำจากกระดาษใช้ครั้งเดียวสำหรับช็อกโกแลตบับ มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำกว่า PS และ PLA เมื่อการบำบัดขยะใช้ขยะฝังกลบและกระดาษไม่ได้แสดงการสลายตัวจากการเคลือบ อย่างไรก็ตาม หากมีการพิจารณาการสลายตัวของกระดาษระหว่างการบำบัดขยะ วัสดุทางเลือกของกระดาษจะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่า PS แต่ยังคงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ PLA ในทางตรงกันข้าม หากพิจารณาการบำบัดขยะที่ดีที่สุดสำหรับขวด PLA ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ การเผาในเตาเผา พร้อมการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน ในขณะที่สำหรับขวด PET คือ การใช้โพรพิลีน โดยรวม อาจสรุปได้ว่าการใช้โพรพิลีนมีประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าขยะฝังกลบ อย่างไรก็ตาม หลังจากดูทางเลือกเฉพาะวัสดุที่ซับซ้อน ที่จำเป็นต้องพิจารณาในการเลือกทางเลือกการบริหารจัดการขยะที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การเปลี่ยนไปใช้ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่เพียงแต่ดีในเชิงปฏิบัติเท่านั้น แต่ยังนำไปสู่ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น น้ำหนัก ขนาด การใช้วัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด ความสามารถในการรีไซเคิล การกำหนดสัดส่วนพลังงานของกระบวนการผลิต และทางเลือกการบำบัดขยะ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นกรณีๆ ไป เพื่อประเมินผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเภทบรรจุภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ทางเลือก

จากมุมมองเชิงนิเวศน์ มีการนิยมใช้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมดอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการลดน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในกรณีของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด มีส่วนประกอบที่ง่ายต่อการรีไซเคิล และการมีโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนด้านการเก็บและการรีไซเคิลในประเทศ การลดมวลและปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่มีมากเกินไปและไม่จำเป็น มีศักยภาพสูงที่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แม้แต่ในกรณีของบรรจุภัณฑ์ที่มีหลายชั้น ที่ประกอบด้วยวัสดุต่างๆ เช่น เพื่อเป็นหลักประกันถึงสุขอนามัยและความปลอดภัยด้านอาหาร ระบบการเก็บและการบำบัดที่ดีในโรงงานเผาขยะสมัยใหม่ จะลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม ในกรณีดังกล่าว จะต้องพิจารณาการแลกเปลี่ยนระหว่างความสามารถในการรีไซเคิลวัสดุที่แยกแยะและประโยชน์ด้านสภาพภูมิอากาศในทันที เป็นที่ทราบกันว่า อัตราการรีไซเคิลวัสดุที่สูง จะเพิ่มปริมาณพลาสติกรีไซเคิลในตลาด และหากใช้ในผลิตภัณฑ์ จะนำไปสู่ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับพลาสติกใหม่ และเป็นที่น่าสนใจว่า ไม่ค่อยมีโรงงานเผาขยะสมัยใหม่ในประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ซับซ้อนที่รีไซเคิลไม่ได้ และที่อาจมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศต่ำ อาจนำไปสู่การปล่อยแก๊สที่มีอันตราย เช่น ไดออกซิน หากบำบัดในโรงงานเผาขยะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ในกรณีดังกล่าว การใช้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่หนักกว่าแต่ดีกว่า อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่า ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากกว่า เช่น ภาชนะทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่ อาจมีศักยภาพในการก่อให้เกิดการทิ้งขยะและการเกิดไมโครพลาสติกที่น้อยกว่า

นอกเหนือจากน้ำหนักและวัสดุแล้ว ขนาดของภาชนะก็มีความสำคัญ เช่น จากสัดส่วนที่ดีกว่าระหว่างบรรจุภัณฑ์และเครื่องดื่ม เครื่องดื่มในขวดที่ใหญ่กว่าจะใช้วัสดุน้อยกว่าต่อลิตรของเครื่องดื่ม ดังนั้น ขวดที่มีขนาดใหญ่กว่าจึงมีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าขวดที่มีขนาดเล็กกว่า หากไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างวัสดุทั้งสอง การเปลี่ยนขนาดของภาชนะอาจเปลี่ยนลำดับผลการดำเนินงานด้านวัสดุ แนวคิดเดียวกันในการลดอัตราสัดส่วนวัสดุต่อเครื่องดื่ม กำลังส่งเสริมขวดที่นำกลับมาใช้ใหม่

สำหรับภาชนะทางเลือกใช้แล้วทิ้ง ขั้นตอนการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการผลิตเชื่อมโยงโดยตรงกับการกำหนดสัดส่วนพลังงานที่ใช้ในภูมิภาคซึ่งก็เหมือนกับระบบที่นำกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการล้างภาชนะ เช่น ถังล้าง PLA มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าถังล้าง PS เมื่อระบบไฟฟ้าใช้เครื่องจักรที่เชื่อมต่อกันสำหรับการจ่ายไฟฟ้าของไทย เครื่องจักรที่เชื่อมต่อกันสำหรับการจ่ายถ่านหินของไทย หรือแก๊สของไทย จากการที่สัดส่วนการใช้พลังงานเป็นไฟฟ้า พลังน้ำส่วนใหญ่ บรรจุภัณฑ์ที่ช็อกโกแลตบับ ทำจาก XPS มีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด เทียบกับวัสดุทางเลือกใช้ครั้งเดียวอื่นๆ เช่น PP และอะลูมิเนียม ในกรณีดังกล่าว ภาชนะทำจาก PP ที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องใช้ระหว่าง 16-39 ครั้ง จึงจะดีกว่าภาชนะทำจาก XPS ใช้แล้วทิ้ง ในประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม XPS เกี่ยวข้องกับศักยภาพในการเกิด การทิ้งขยะที่สูงที่สุด จากน้ำหนักเบา และการรีไซเคิล XPS ไม่ใช้ความสำคัญลำดับแรกในประเทศต่างๆ ส่วนใหญ่ จากราคาที่สูง

บรรจุภัณฑ์อาหารควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษ กับประเด็นเรื่องการแก้ปัญหาบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน

ปัจจัยสำคัญที่ไม่ได้มีการพิจารณาในการประเมินวัฏจักรชีวิตส่วนใหญ่ คือ ทำอย่างไรจึงจะให้ระบบบรรจุภัณฑ์ปกป้องอาหารได้ดี สิ่งนี้สำคัญ เพราะอาหารที่ได้รับการปกป้องในระบบบรรจุภัณฑ์ บ่อยครั้งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าระบบบรรจุภัณฑ์ที่ร่อยรัง ดังนั้น การปกป้องอาหารควรเป็นความสำคัญอันดับแรก สำหรับระบบบรรจุภัณฑ์อาหาร การป้องกันเศษอาหารผ่านทาง

บรรจุภัณฑ์โดยยึดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ จากความสามารถในการรีไซเคิลที่ต่ำ ระบบบรรจุภัณฑ์หลายชั้นมีผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม หากมองจากมุมมองที่แคบลง หากการออกแบบบรรจุภัณฑ์หลายชั้นนำไปสู่อายุการเก็บรักษานานขึ้นของผลิตภัณฑ์อาหาร มันจะมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าวัสดุประเภทเดียวกันทั้งหมดที่มีอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์สั้นกว่า หากมองอย่างกว้างและเป็นระบบต่อหัวข้อดังกล่าว เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องตั้งคำถามถึงความหมายของการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารสดในระยะทางยาว และเก็บรักษาเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานมาก ในทางตรงกันข้าม วิธีการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าอาหารตามฤดูกาลและตามภูมิภาค สำหรับผลิตภัณฑ์ผักสดเป็นจำนวนมาก ในระยะทางใกล้ๆ ข้อกำหนดการเก็บรักษาที่น้อยลง และการบริโภคที่เพิ่มขึ้นจึงเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หลายเรื่อง ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของห่วงโซ่อาหารตามฤดูกาลและตามภูมิภาค ที่มีสัดส่วนของผักที่สูง

รายการอ้างอิง

- Accorsi, R.; Cascini, A.; Cholette, S.; Manzini, R.; Mora, C. (2014): Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. In: *International Journal of Production Economics* 152, pp. 88–101. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.12.014.
- Almeida, J.; Pellec, M. L.; Bengtsson, J. (2018): Reusable coffee cups life cycle assessment and benchmark.
- Amienyo, D.; Gujba, H.; Stichnothe, H.; Azapagic, A. (2013): Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks. In: *Int J Life Cycle Assess* 18 (1), pp. 77–92. DOI: 10.1007/s11367-012-0459-y.
- Barlow, C. Y.; Morgan, D. C. (2013): Polymer film packaging for food: An environmental assessment. In: *Resources, Conservation and Recycling* 78, pp. 74–80. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.07.003.
- Baumann, C.; Behrisch, J.; Brennan, T.; Downes, J.; Giurco, D.; Moy, C. (2018): Feasibility of reusable food containers for takeaway food in the Sydney CBD, [Revised], University of Technology. Sydney, Australia., 2018. Online available at https://www.uts.edu.au/sites/default/files/2019-09/ISF_Food%20container%20final%20report%202018.pdf, last accessed on 24 Aug 2021.
- Belley, C. (2011): Comparative Life Cycle Assessment report of Food Packaging products. Quebec. Online available at http://epspackaging.org/images/stories/comparative_lca_report_assessment_report_of_food_packaging.pdf, last accessed on 24 Aug 2021.
- Benavides; Dunn; Han; Biddy; Markham (2018): Exploring Comparative Energy and Environmental Benefits of Virgin, Recycled, and Bio-Derived PET Bottles. In: *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b00750.
- Benetto, E.; Jury, C.; Igos, E.; Carton, J.; Hild, P.; Vergne, C.; Di Martino, J. (2015): Using atmospheric plasma to design multilayer film from polylactic acid and thermoplastic starch: a screening Life Cycle Assessment. In: *Journal of Cleaner Production* 87, pp. 953–960. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.10.056.
- Brizga, J.; Hubacek, K.; Feng K. (2020): The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints. In: *One Earth* 3 (1), pp. 45–53. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.06.016.
- BSDA (2021): Packaging. British Soft Drinks Association (ed.). Online available at <https://www.britishsoftdrinks.com/Soft-Drinks/Packaging>, last updated on 18 Aug 2021, last accessed on 18 Aug 2021.
- Burgstaller, M.; Potrykus, A.; Weisenbacher, J.; Kabasci, S.; Merrettig-Bruns, U.; Sayder, B. (2018): Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe. Umweltbundesamt (ed.), 2018. Online available at www.umweltbundesamt.de/publikationen/gutachten-zur-behandlung-biologisch-abbaubarer, last accessed on 3 Aug 2021.
- Changwichan, K.; Gheewala, S. H. (2020): Choice of materials for takeaway beverage cups towards a circular economy. In: *Sustainable Production and Consumption* 22, pp. 34–44. DOI: 10.1016/j.spc.2020.02.004.
- Chen, L.; Pelton, R. E.; Smith, T. M. (2016): Comparative life cycle assessment of fossil and bio-based polyethylene terephthalate (PET) bottles. In: *Journal of Cleaner Production* 137, pp. 667–676. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.094.
- Civancik-Uslu, D.; Puig, R.; Hauschild, M.; Fullana-i-Palmer, P. (2019): Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator. In: *Science of The Total Environment* 685, pp. 621–630. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.372.

- CupClub (2018): CupClub Sustainability Report 2018 A comparative Life Cycle Assessment (LCA) of 12oz CupClub cup and lid., 2018. Online available at <https://drive.google.com/file/d/1C5Qzx31HQnVPg-EyglzR3PRDteQH5SfK/view>.
- Dettore, C. (2009): Comparative Life-Cycle Assessment of Bottled Versus Tap Water Systems, Comparative Life-Cycle Assessment of Bottled Versus Tap Water Systems, supervised by Keoleian, Gregory and Bulkley, Jonathan, 2009. Online available at <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/64482>.
- Detzel, A.; Kauertz, B.; Grahl, B.; Heinisch, J. (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen, commissioned by German EPA.
- Diana Ita-Nagy; Ian Vazquez-Rowe; Ramzy Kahhat; Gary Chinga-Carrasco; Isabel Quispe (2020): Reviewing environmental life cycle impacts of biobased polymers: current trends and methodological challenges. In: Int J Life Cycle Assess 25 (11), pp. 2169–2189. DOI: 10.1007/s11367-020-01829-2.
- Dilkes-Hoffman, L. S.; Lane, J. L.; Grant, T.; Pratt, S.; Lant, P. A.; Laycock, B. (2018): Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. In: Journal of Cleaner Production 180, pp. 325–334. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.01.169.
- DUH (2018a): Bioplastik – Mythen und Fakten, Bioplastics – Myths and facts. DUH (ed.), 2018. Online available at https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/Verpackungen/180220_DUH_Infopapier_Bioplastik_de_eng.pdf, last accessed on 23.09.21.
- DUH (2020): Mehrweg- und Einweggetränkeverpackungen, Fakten zu Ökobilanzergebnissen. Deutsche Umwelthilfe (ed.), 2020. Online available at https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Mehrwegschutz/Mehrweg_ist_Klimaschutz/Faktencheck_%C3%96kobilanzen_von_Getr%C3%A4nkeverpackungen.pdf, last accessed on 3 Aug 2021.
- DUH (2021): Deutsche Umwelthilfe e.V.: Die wichtigsten Tüten-Typen auf einen Blick. Online available at <https://www.duh.de/kommtnichtindietuete/tueten-typen/>, last updated on 17 Aug 2021, last accessed on 17 Aug 2021.
- DUH (ed.) (2018b): Bioplastics, Myths and facts, 2018.
- Edwards, C.; Fry, J. (2011): Life cycle assessment of supermarket carrier bags, Environment Agency. Bristol. Online available at <http://mistergui.com/downloads/life%20cycle%20assessment%20of%20supermarket%20carrier%20bags.doc>.
- EEA (ed.) (2020): Biodegradable and compostable plastics — challenges and opportunities, 2020. Online available at <https://www.eea.europa.eu/publications/biodegradable-and-compostable-plastics/download>, last accessed on 13 Jan 2021.
- European Commission (2019): Environmental impact assessments of innovative bio-based product. Task 1 of “Study on Support to R&I Policy in the Area of Bio-based Products and Services “ – Publications Office of the EU. Online available at <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/15bb40e3-3979-11e9-8d04-01aa75ed71a1>, last updated on 11 Aug 2021, last accessed on 11 Aug 2021.
- European Commission (2020): Waste prevention and management – Environment – European Commission. Online available at https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm, last updated on 14 Sep 2020, last accessed on 25 Aug 2021.

- European Commission (ed.) (2018): Environmental impact assessments of innovative bio-based products – Summary of methodology and conclusions, Task 1 of “Study on Support to R&I Policy in the Area of Bio-based Products and Services”, 2018, last accessed on 13 Jul 2021.
- Foteinis, S. (2020): How small daily choices play a huge role in climate change: The disposable paper cup environmental bane. In: *Journal of Cleaner Production* 255, p. 120294. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120294.
- Franklin Associates (2011): Life cycle inventory of foam polystyrene, Paper-based, and pla foodservice products. Online available at https://www.plasticfoodservicefacts.com/wp-content/uploads/2017/12/Peer_Reviewed_Foodservice_LCA_Study-2011.pdf, last accessed on 24 Aug 2021.
- GA Circular (2019): Full Circle – Final Report.pdf, Accelerating the Circular Economy for Post-Consumer PET Bottles in Southeast Asia. GA Circular (ed.). Online available at <https://drive.google.com/file/d/1Lwel36tvAdad7ph6b4hHnL3C2nJ9rgmm/view>, last updated on 23 Sep 2021, last accessed on 23 Sep 2021.
- Gallego-Schmid, A.; Mendoza, J. M. F.; Azapagic, A. (2018): Improving the environmental sustainability of reusable food containers in Europe. In: *Science of The Total Environment* 628–629, pp. 979–989. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.128.
- Gallego-Schmid, A.; Mendoza, J. M. F.; Azapagic, A. (2019): Environmental impacts of takeaway food containers. In: *Journal of Cleaner Production* 211, pp. 417–427. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.220.
- Garcia-Suarez, T.; Kulak, M.; King, H.; Chatterton, J.; Gupta, A.; Saksena, S. (2019): Life Cycle Assessment of Three Safe Drinking-Water Options in India: Boiled Water, Bottled Water, and Water Purified with a Domestic Reverse-Osmosis Device. In: *Sustainability* 11 (22), p. 6233. DOI: 10.3390/su11226233.
- Geueke, B.; Groh, K.; Muncke, J. (2018): Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production*, 193, 491–505. DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.05.005.
- Groh, K. J.; Backhaus, T.; Carney-Almroth, B.; Geueke, B.; Inostroza, P. A.; Lennquist, A.; Leslie, H. A.; Maffini, M.; Slunge, D.; Trasande, L.; Warhurst, A. M.; Muncke, J. (2019): Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. In: *Science of the Total Environment* 651, pp. 3253–3268. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.015.
- Hahladakis, J. N.; Velis, C. A.; Weber, R.; Iacovidou, E.; Purnell, P. (2018): An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. In: *Journal of Hazardous Materials* 344, pp. 179–199. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.10.014.
- Heller, M. C.; Selke, S.; Keoleian, G. A. (2019): Mapping the influence of food waste in food packaging environmental performance assessments, 2019.
- Ingrao, C.; Lo Giudice, A.; Bacenetti, J.; Mousavi Khaneghah, A.; Sant’Ana, A. S.; Rana, R.; Siracusa, V. (2015): Foamy polystyrene trays for fresh-meat packaging: Life-cycle inventory data collection and environmental impact assessment. In: *Food research international* (Ottawa, Ont.) 76 (Pt 3), pp. 418–426. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.07.028.
- Johansson, M.; Lafgrenand, C.; Sturges, M. (2019): Comparing the environmental profile of innovative Fibre Form® food trays against existing plastic packaging solutions, RISE Bioeconomy ReportNo: C20, 2019. Online available at <https://www.billerudkorsnas.com/globalassets/billerudkorsnas/sustainability/lca-and-epd/lca-tray-draft-report-final---24-09-2019.pdf>, last accessed on 24 Aug 2021.

- Kaiser, K.; Schmid, M.; Schlummer, M. (2018): Recycling of Polymer-Based Multilayer Packaging: A Review. In: *Recycling* 3 (1), p. 1. DOI: 10.3390/recycling3010001.
- Khoo, H. H.; Tan, R. B. H.; Chng, K. W. L. (2010): Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags. In: *Int J Life Cycle Assess* 15 (3), pp. 284–293. DOI: 10.1007/s11367-010-0162-9.
- Kimmel, R. (2014): Life cycle assessment of grocery bags in common use in the United States, *Environmental Studies*. 6. Online available at http://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=cudp_environment.
- Kröger, Theis; Detzel; Kunze (2010): Ökobilanzielle Untersuchung verschiedener Verpackungssysteme für Bier, 2010. Online available at <https://docplayer.org/53789233-Oekobilanzielle-untersuchung-verschiedener-verpackungssysteme-fuer-bier-endbericht-ifeu-institut-fuer-energieund-umweltforschung-heidelberg-gmbh.html>, last accessed on 23 Sep 2021.
- Kunitzsch, C. (2018): Bioplastik in der Kompostierung, Ergebnisbericht – Umfrage. DUH (ed.), 2018.
- Lacovidou, E.; Siew, K. (2020): Malaysia Versus Waste, Brunel University London. Online available at <https://www.brunel.ac.uk/news-and-events/news/articles/Malaysia-Versus-Waste>, last updated on 25 Aug 2021, last accessed on 25 Aug 2021.
- Li Yi; Subramanian Senthilkannan Muthu; Hu Junyan; Pik-Yin Mok; Chen Weibang (2010): Eco-Impact of Shopping Bags: Consumer Attitude and Governmental Policies. In: *Journal of Sustainable Development* 3 (2). DOI: 10.5539/jsd.v3n2p71.
- Madival, S.; Auras, R.; Singh, S. P.; Narayan, R. (2009): Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology. In: *Journal of Cleaner Production* 17 (13), pp. 1183–1194. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.03.015.
- Maga, D.; Hiebel, M.; Aryan, V. (2019): A Comparative Life Cycle Assessment of Meat Trays Made of Various Packaging Materials. In: *Sustainability* 11 (19), p. 5324. DOI: 10.3390/su11195324.
- Markwardt, S.; Wellenreuther, F.; Drescher, A.; Harth, J.; Busch, M. (2017): Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market. ifeu (ed.), 2017.
- Martin, S.; Bunsen, J.; Ciroth, A. (2018): Case Study Ceramic cup vs. Paper cup, 2018. Online available at https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2018/09/comparative_assessment_openLCA_coffee_mugs.pdf, last accessed on 23 Aug 2021.
- Mattila, T.; Kujanpää, M.; Dahlbo, H.; Risto Soukka; Tuuli Myllymaa (2011): Uncertainty and Sensitivity in the Carbon Footprint of Shopping Bags. In: *Journal of Industrial Ecology* 15 (2), pp. 217–227. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00326.x.
- Muthu, S. S.; Li, Y.; Hu, J. Y.; Mok, P. Y. (2011): Carbon footprint of shopping (grocery) bags in China, Hong Kong and India. In: *Atmospheric Environment* 45 (2), pp. 469–475. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.09.054.
- Notarnicola, B.; Tassielli, G.; Renzulli, P. A.; Castellani, V.; Sala, S. (2017): Environmental impacts of food consumption in Europe. In: *Journal of Cleaner Production* 140, pp. 753–765. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.06.080.

- Oakes, K. (5 Nov 2019): Why biodegradables won't solve the plastic crisis. In: BBC, 5 Nov 2019. Online available at <https://www.bbc.com/future/article/20191030-why-biodegradables-wont-solve-the-plastic-crisis>, last accessed on 5 Jul 2021.
- Papong, S.; Malakul, P.; Trungkavashirakun, R.; Wenunun, P.; Chom-in, T.; Nithitanakul, M.; Sarobol, E. (2014): Comparative assessment of the environmental profile of PLA and PET drinking water bottles from a life cycle perspective. In: Journal of Cleaner Production 65, pp. 539–550. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.09.030.
- PathWater (2019): Sustainable Bottled Water, the PATHWATER Life Cycle Assessment. In: PathWater. 2019, 2019. Online available at <https://drinkpathwater.com/blogs/news/sustainable-bottled-water-the-path-water-life-cycle-assessment>, last accessed on 23 Aug 2021.
- Pauer, E.; Tacker, M.; Gabriel, V.; Krauter, V. (2020): Sustainability of flexible multilayer packaging: Environmental impacts and recyclability of packaging for bacon in block. In: Cleaner Environmental Systems 1. DOI: 10.1016/j.cesys.2020.100001.
- Piemonte, V.; Gironi, F. (2011): Land use change emissions: How green are the bioplastics? In: Environmental Progress & Sustainable Energy 30, pp. 685–691. DOI: 10.1002/ep.10518.
- Pilz, H. (2017): Vermeidung von Lebensmittelabfällen durch Verpackung: Update 2017. denkstatt (ed.). Online available at <https://denkstatt.eu/publications/?lang=&>, last updated on 2017, last accessed on 15 Jul 2021.
- Plastic Oceans (2021): The Facts. Online available at <https://plasticoceans.org/the-facts/>, last updated on 21 Jul 2021, last accessed on 11 Aug 2021.
- Schlecht, S.; Wellenreuther, F.; Busch, M.; Markwardt, S. (2019): Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for beverages and liquid dairy products on the Swiss and Austrian market. ifeu (ed.). Heidelberg, 2019.
- Suwanmanee, U.; Varabuntoonvit, V.; Chaiwutthinan, P.; Tajan, M.; Mungcharoen, T.; Leejarkpai, T. (2013): Life cycle assessment of single use thermoform boxes made from polystyrene (PS), polylactic acid, (PLA), and PLA/starch: cradle to consumer gate. In: Int J Life Cycle Assess 18 (2), pp. 401–417. DOI: 10.1007/s11367-012-0479-7.
- UBA (2013): Auswirkungen von Meeresmüll. Umweltbundesamt (ed.). Online available at https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/auswirkungen_von_meeresmuell.pdf, last accessed on 24 Aug 2021.
- Umweltbundesamt (2021): Biobasierte und biologisch abbaubare Einwegverpackungen? Keine Lösung für Verpackungsmüll! Online available at <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biobasierte-biologisch-abbaubare-einwegverpackungen>, last updated on 17 Aug 2021, last accessed on 17 Aug 2021.
- UNEP (2020a): Single-use plastic bags and their alternatives, Recommendations from Life Cycle Assessments. In collaboration with United Nations Environment Programme, 2020.
- UNEP (2020b): Single-use plastic take-away food packaging and its alternatives. In collaboration with United Nations Environment Programme, UNEP. Online available at <https://www.lifecycleinitiative.org/library/single-use-plastic-take-away-food-packaging-and-its-alternatives/>, last updated on 24 Aug 2021, last accessed on 24 Aug 2021.

- UNEP (2021): Single-use beverage cups and their alternatives. In collaboration with United Nations Environment Programme, 2021.
- van der Harst, E.; Potting, J. (2013): A critical comparison of ten disposable cup LCAs. In: Environmental Impact Assessment Review 43, pp. 86–96. DOI: 10.1016/j.eiar.2013.06.006.
- van der Harst, E.; Potting, J.; Kroeze, C. (2014): Multiple data sets and modelling choices in a comparative LCA of disposable beverage cups. In: Science of The Total Environment 494–495, pp. 129–143. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.084.
- Vercalsteren; Spirinckx, C.; Geerken, T. (2010): Life cycle assessment and eco-efficiency analysis of drinking cups used at public events. In: Int J Life Cycle Assess 15 (2), pp. 221–230. DOI: 10.1007/s11367-009-0143-z.
- VTT (2019): Taking a closer look at the carbon footprint of paper cups for coffee. Online available at <https://www.huhtamaki.com/globalassets/global/highlights/responsibility/taking-a-closer-look-at-paper-cups-for-coffee.pdf>, last updated on 23 Aug 2021, last accessed on 23 Aug 2021.
- Wikström, F.; Williams, H.; Venkatesh, G. (2016): The influence of packaging attributes on recycling and food waste behaviour – An environmental comparison of two packaging alternatives. In: Journal of Cleaner Production 137, pp. 895–902. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.097.
- Woods, L.; Bakshi, B. R. (2014): Reusable vs. disposable cups revisited: guidance in life cycle comparisons addressing scenario, model, and parameter uncertainties for the US consumer. In: Int J Life Cycle Assess 19 (4), pp. 931–940. DOI: 10.1007/s11367-013-0697-7.
- World Bank (2021a): Market Study for Malaysia, Plastics Circularity Opportunities and Barriers. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Regio. Online available at <https://www.worldbank.org/en/country/malaysia/publication/market-study-for-malaysia-plastics-circularity-opportunities-and-barriers>, last updated on 3 Aug 2021, last accessed on 3 Aug 2021.
- World Bank (2021b): Market Study for Thailand: Plastics Circularity Opportunities and Barriers, Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Regio. Online available at <https://www.worldbank.org/en/country/thailand/publication/market-study-for-thailand-plastics-circularity-opportunities-and-barriers>, last updated on 2 Aug 2021, last accessed on 3 Aug 2021.
- Zimmermann, L.; Dombrowski, A.; Walker, C.; Wagner, M. (2020): Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition. In: Environment international 145, p. 106066. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106066.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36
53113 Bonn, Germany
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 – 5
65760 Eschborn, Germany
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

| www.giz.de