

식음료 서비스 매장의 일회용품 환경영향 저감 방안 연구: 프랜차이즈 샌드위치 매장 사례를 중심으로

정서영¹, 임하은¹, 조은진¹, 곽민정^{1*}

¹송실대학교 산업·정보시스템공학과

Reducing the Environmental Impact of Single-Use Products in Food Service Stores: A Case Study of Franchise Sandwich Shops

Seoyoung Jeong¹, Haeun Lim¹, Eunjin Jo¹, Minjung Kwak^{1*}

¹Department of Industrial and Information Systems Engineering, Soongsil University, Korea

ABSTRACT

This study proposes improvement strategies to reduce the use of single-use products generated during the production process at sandwich stores operated by Company S and analyzes their environmental impact through life cycle assessment (LCA). In accordance with ISO 14040 and 14044 standards, carbon emissions were quantified using the IPCC 2013 GWP 100a method within a cradle-to-grave system boundary via the SimaPro software. The proposed strategies were found to effectively reduce both the quantity of single-use products and CO₂ emissions. Scenario-based analysis was employed to suggest store-specific, customized strategies for individual stores. The findings provide practical implications for reducing the environmental impact of service industries.

Key words: life cycle assessment (LCA), single-use product, disposable product, carbon emission, food service industry

요 약

본 연구에서는 프랜차이즈 샌드위치 매장의 샌드위치 제조 공정에서 발생하는 일회용품 저감을 위한 개선 방안을 도출하고, 전과정평가를 통해 그 환경적 효과를 분석하였다. ISO 14040 및 14044 표준에 따라 Cradle-to-Grave 경계 내에서 IPCC 2013 GWP 100a 방법을 활용하여 개선안 도입 전후의 온실가스 배출량 변화를 분석하였다. 도출한 개선 방안은 일회용품 사용량과 온실가스 배출량을 모두 효과적으로 저감하는 것으로 확인되었으며, 시나리오를 통해 매장별 맞춤형 적용 방안을 제시하였다. 이는 서비스업 환경 영향 개선에 시사점을 제공한다.

주제어: 전과정평가, 일회용품, 탄소중립, 기후위기, 외식 서비스업, ESG경영

1. 서 론

현대 사회는 자원의 과도한 소비와 폐기물 급증이라는 문제에 직면해 있으며, 일회용품 사용이 주요 원인 중 하나로 지목

되고 있다. 일회용품은 편의성과 경제성 덕분에 광범위하게 사용되지만, 재활용률이 낮아 대부분 매립되거나 소각되며, 이로 인해 심각한 환경 문제가 발생하고 있다.

2019년 기준, 전 세계 플라스틱 소비량은 약 4억 6천만 톤

Date Received: Jul. 7, 2025, Date Revised: Aug. 18, 2025, Date Accepted: Aug. 25, 2025

* **Corresponding author** : Minjung Kwak, Tel: +82-2-828-7033, E-mail: mkwak@ssu.ac.kr

© Copyright 2025 The Korean Society for Life Cycle Assessment. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에 달하며, 2021년 기준으로 연간 약 5조 개의 비닐봉투가 사용되고 있다[1,2]. 그러나 이 중 재활용되는 비율은 단 9%에 불과하며, 나머지는 소각되거나 환경에 방치되어 비순환적 구조를 형성하고 있다[1]. 특히 일회용품의 주원료인 플라스틱은 자연적으로 분해되지 않아 토양과 해양 생태계를 오염시키며, 미세플라스틱과 유해 화학물질은 인체 건강에도 위협을 가하고 있다.

일회용품 사용으로 인한 환경적·경제적 부담도 점차 증가하고 있다. 2030년까지 일회용품 생산 및 폐기 과정에서 연간 1.34GT의 온실가스가 배출될 것으로 전망되며, 2050년까지는 누적 56GT에 이를 것으로 예상된다[3]. 또한 유럽에서는 해안 및 해변의 플라스틱 쓰레기를 치우는 데만 연간 약 6억 3천만 유로가 소요되며, 플라스틱이 해양 생태계에 미치는 연간 경제적 피해는 최대 130억 달러에 달한다[4].

이러한 일회용품 문제는 서비스 업종, 그중에서도 식음료 업종에서 더욱 심각하게 나타난다. 해당 업종은 위생과 서비스 속도를 중시하는 특성상 다양한 포장재, 식기류, 비닐봉투 등을 다량 사용하며, 이로 인한 폐기물과 온실가스 배출이 상당하다. 국내 일회용 플라스틱 제품 중 식품 포장재가 차지하는 비율은 약 78.3%에 달하며[5], 이는 식음료 업종이 일회용품 저감의 핵심 대상을 시사한다.

이러한 상황에서 식음료 업계의 환경적 책임은 점점 더 강조되고 있다. 더불어, 외식 기업의 친환경 운영은 환경 보호를 넘어 소비자 행동에도 긍정적인 영향을 미친다. Han[6]의 연구에 따르면, 일회용품 비사용 및 재활용과 같은 친환경 경영은 소비자의 재방문 의도를 높이는 데 기여하며, 이는 기업의 지속 가능성과 고객 신뢰 제고라는 두 가지 측면에서 유의미한 전략임을 보여준다.

이러한 배경에서 본 연구는 식음료 서비스 매장의 일회용품 환경 영향을 저감하기 위한 방안을 모색하고자 한다. 국제 사회는 재활용 가능 원료 사용, 일회용 비닐봉투 사용 금지 등 다양한 정책적 접근을 통해 문제 해결을 시도하고 있다[1,7]. 본 연구는 식음료 서비스 매장을 대상으로 여러 저감 방안의 효과를 정량적으로 평가함으로써, 실효성 있는 환경 영향 저감 전략 수립을 지원하고자 한다.

본 연구에서 다루는 프랜차이즈 샌드위치 브랜드는 고객 판매 성과 기준 국내 외식업종 14위, 패스트푸드 업종 3위에 선정될 정도로 외식업 대표 프랜차이즈 업체 중 하나이다[8]. 고객의 주문에 따라 맞춤형 샌드위치를 생산한다는 특징이 있으며, 샌드위치 제조 과정 중 많은 일회용 포장재를 사용한다.

본 연구는 매장에서 일회용품이 사용되는 전 과정(주문, 제조, 포장, 폐기)을 시각적 도표를 활용해 체계적으로 분석하고

일회용품 저감 방안 도입 전후의 환경영향 변화를 전과정 평가(LCA)를 통해 정량적으로 분석하고자 한다. 이러한 접근을 통해 각 매장 및 프랜차이즈 수준에서의 운영 효율성과 환경 성과를 동시에 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 일회용품 문제 해결에도 실질적으로 기여할 수 있을 것이다. 더 나아가, 본 연구에서 제시하는 분석 및 개선 방법은 유사 프랜차이즈 매장의 지속 가능성 강화 전략으로 확장 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 문헌을 고찰하고, 3장에서는 샌드위치 매장의 운영 프로세스를 분석한다. 4장에서는 일회용품 저감방안 도입 전후의 LCA 결과를 비교하여 환경적 개선효과를 정량적으로 분석한다. 마지막으로 5장에서는 연구 결과를 바탕으로 본 연구의 결론을 도출하고 시사점을 제시한다.

2. 문헌 연구

본 장에서는 일회용품 사용이 초래하는 환경적 영향과 관련된 선행연구를 고찰하고, 식음료 매장의 환경적 영향을 다룬 기존 문헌을 검토함으로써 본 연구의 필요성과 학문적 의의를 도출하고자 한다.

2.1. 일회용품 관련 연구

기존 연구는 일회용품의 사용이 환경에 미치는 영향을 분석하기 위해 다양한 사례를 중심으로 LCA를 활용해 왔다. 이를 통해 일회용품의 생산, 사용, 폐기 전반에서 발생하는 환경적 영향을 정량적으로 파악하고, 대안적인 재료와 시스템의 도입 가능성을 제시하였다.

일회용품은 3가지 유형으로 분류하였다. 우선 종이제품 관련 문헌 연구에서 Kim[9]은 펄프, 컵 원지, 골판지원지 등 종이제품의 원료 취득부터 폐기까지의 환경영향을 정성적, 정량적으로 분석하였다. Madsen[10]은 티슈 제품의 전체 수명 주기에서 발생하는 환경 영향을 종합적으로 분석하였고, 티슈 제품 중 환경 영향은 원료 생산과 제조 단계에서 발생하며, 특히 섬유 원료의 종류와 생산 방식이 큰 영향을 끼친다고 분석했다. Mastemak-Janus et al.[11]은 버진 펄프와 재활용 폐지를 원료로 한 티슈페이퍼 공정의 환경 영향을 분석하여 재활용 폐지를 사용하는 생산 공정이 에너지 소비와 온실가스 배출 측면에서 유리하며, 따라서 재활용 원료 사용의 중요성과 그에 따른 환경적 이점을 강조했다.

한편, 플라스틱 및 생분해성 소재 기반의 일회용품에 관한 연구도 진행되었다. Guo et al.[12]은 PP, Paper, PLA로 만든 빨대의 환경 영향을 비교하고 분석하였다. 종이 및 PLA 빨대

는 PP 빨대에 비해 생산과정에서 더 많은 에너지와 자원을 소비하여 온실가스 배출이 높지만 폐기 시 생분해성으로 인해 해양 오염 등 생태계에 미치는 영향은 PP 빨대보다 낮음을 확인하였다. Yadav et al.[13]은 재사용 가능한 플라스틱 식품 포장재의 환경 영향을 분석하였으며, GWP를 최소화하려면 재사용할 수 있는 용기는 최소 6번 이상 사용해야 일회용 포장의 영향을 능가할 수 있고, 재사용을 많이 할수록 일회용 포장 용기보다 환경 영향을 현저히 줄일 수 있음을 확인하였다.

복합 필름 및 비닐봉투에 대한 연구에서 Toniolo et al.[14]은 단일필름과 다중필름으로 생산된 두 가지의 포장재를 비교하였다. 다중필름 포장재는 제조 과정에서 자원의 소비와 온실가스 배출이 높게 나타나고, 단일필름은 재활용 과정에서의 추가 자원 소비에 환경적 부하를 감소시킬 수 있기 때문에 결과적으로 단일 재질 필름이 전 범주의 환경 영향을 줄이는데 더 유리함을 강조하였다. Ruban[15]은 전통적 비닐봉투와 생분해성 비닐봉투의 환경영향을 비교하였고 전통적 비닐 봉투가 생분해성 비닐봉투보다 환경 및 인간 건강에 미치는 부정적 영향이 크다는 점을 제시하였다.

기존 연구들은 일회용품의 유형별 특성과 사용 후 폐기 과정에서 발생하는 환경적 차이를 보여주고 있으며, 특히 생분해성 소재나 재활용할 수 있는 원료 사용이 환경에 미치는 긍정적인 영향을 강조하였다. 그러나 특정 산업, 특히 레스토랑운영에서의 일회용품 사용 및 환경적 영향에 대한 연구는 부족하다. 본 연구는 이러한 한계를 보완하고, 레스토랑 운영에서의 일회용품 사용의 환경적 영향을 분석하여 지속 가능한 개선 방안을 제시하고자 한다.

2.2. 레스토랑 관련 연구

레스토랑 운영에서의 환경적 영향을 분석한 기존 연구들은 지속 가능성 증진을 위한 다양한 시사점을 제공한다.

Pasukphun[16]은 패스트푸드 레스토랑에서 발생하는 온실가스 배출과 환경 비용을 분석하여 음식 준비와 전기 사용, 음식물 폐기물이 주요 배출 요인을 확인하고 이를 줄이기 위한 관리 방안으로 전기 소비를 줄이기 위한 기술적 혁신의 필요성을 제안하였다.

Castellani and Cardamone[17]은 일회용과 다회용을 비교하였다. 일회용 시스템이 원료 채취와 생산 단계에서 높은 영향을 미치지만, 다회용은 회수 및 세척 과정에서 더 큰 환경적 영향을 초래하며, 특히 다회용의 회수 및 세척 프로세스는 고객 행동과 에너지 사용 효율에 크게 의존한다고 결론지었다.

Aggarwal[18]은 학생 식당에서 사용하는 일회용 도시락 상자와 다회용 도시락 상자를 비교했다. 일회용에 비해 다회용

상자는 많은 분석 지표에서 환경 영향이 낮으며, 특히 기후 변화 영향은 59%나 감소할 수 있다. 경제적 평가 측면에서 일회용과 손익분기점이 같아지려면 평균 22회 이상 사용하면 된다고 분석하였다.

Lee[19]는 음식점 운영의 생애주기에서 발생하는 온실가스 배출량을 측정하고, 주요 배출원인을 식별하여 환경적 영향을 줄이는 것을 목표로 하여 전체 온실가스 배출량의 80% 이상이 재료 생산 과정에서 발생하며, 운송은 7%, 음식점 운영은 13%에 달한다고 하였다.

Hitt et al.[20]은 고객 행동 및 시스템 매개 변수에 따른 다양한 시나리오를 통해 단일 사용 용기와 다회 사용 용기의 생애주기 평가를 통해 두 시스템의 환경적, 경제적 성과를 비교하고, 고객 행동이 각 시스템의 지속 가능성에 미치는 영향을 분석하였고, 4~13회 사용 이후, 다회 사용 용기가 단일 사용 용기보다 환경적 성과가 우수함을 강조하였다.

Baldwin et al.[21]은 레스토랑과 식품 서비스 운영의 환경적 영향을 체계적으로 평가하고, 지속 가능성을 증진하기 위한 표준을 개발하고자 4개의 하위 시스템으로 나누어 분석하였고, 모든 영향 범주에서 식품 조달이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 환경적 영향을 줄이기 위한 지침으로 지역 식재료 사용 촉진, 폐기물 감소, 물 소비 절감 등을 제시하였다.

Arieniwa et al.[22]은 식품 및 음료(F&B) 산업에서 발견되는 일회용 플라스틱으로 인한 플라스틱 오염은 플라스틱의 생산, 사용 및 폐기에 대한 접근 방식을 재고해야 할 필요성을 강조한다.

Bengtsson and Seddon[23]은 닭고기 제품 LCA 중 하나로 닭을 키워서 레스토랑의 닭고기 형태로 납품하기까지의 과정을 다루었다. 이 연구의 결과는 제품 라인 전반에 걸친 환경성 개선에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

기존 연구들은 식자재 조달, 전기 소비, 음식물 폐기와 같은 요인들이 환경적 영향을 미친다는 점을 제시하고 있다. 그러나 이러한 연구들은 레스토랑 운영 과정에서 사용되는 일회용품 문제를 심층적으로 다루지 않았으며, 운영 과정 전반에 대한 환경적 영향을 줄이는 접근법에 대한 논의가 제한적이다.

3. 서비스 프로세스 분석

본 연구에서 다루는 샌드위치 제조 프로세스에 대한 기본 가정은 다음과 같다. 샌드위치 제조를 담당하는 직원은 2명이며, 이들은 하나의 주문을 협력하여 처리한다고 가정한다. 손님 샌드위치를 무조건 포장하여 구매하고, 일회용품 사용량은 샌드위치 종류에 무관하게 모두 같다고 가정한다. 숟가락과

포크, 빨대는 메뉴 당 1개씩 제공한다.

3.1. 프로세스 도식화 및 일회용품 배출량 분석

Fig. 1은 샌드위치 매장에서의 주문처리 프로세스를 도식화한 것으로 주문처리 단계(흰색 박스)별 각 과업(연주황색 박스)에서의 일회용품 발생량(녹색박스)을 나타낸다. 예를 들어 손님 응대 및 준비 과업을 수행하며, 일회용 비닐장갑 2개와 델리페이퍼 1장의 일회용품이 발생한다. 이는 직원 손에 끼는 비닐장갑과 샌드위치를 올려놓는 델리페이퍼다. 야채와 소스 넣기에서는 직원이 사용하는 비닐장갑 2개가 발생하고, 장갑은 매 샌드위치 제조 시 교체함을 가정한다. 또한 웨지의 경우

기본 웨지와 다른 웨지(치즈 웨지, 베이컨 치즈 웨지)를 모두 포함하여 표기하였다.

Table 1은 샌드위치 제조 프로세스 상에서 발생하는 일회용품 목록으로, 현재(개선 전) 샌드위치 제조 프로세스는 델리페이퍼(a)부터 영수증(q)까지 총 17가지 일회용품을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 각 일회용품의 무게는 실측을 통해 산정하였으며, 물질 구성과 제조공정은 원재료 정보를 참조하여 가정하였다.

그러나 각 주문별 일회용품 배출량은 주문내역에 따른 차이가 존재한다. 이 업체는 샌드위치를 기본으로 쿠키, 웨지감자, 스프, 음료 등 고객이 선택할 수 있는 사이드 메뉴를 제공한다.

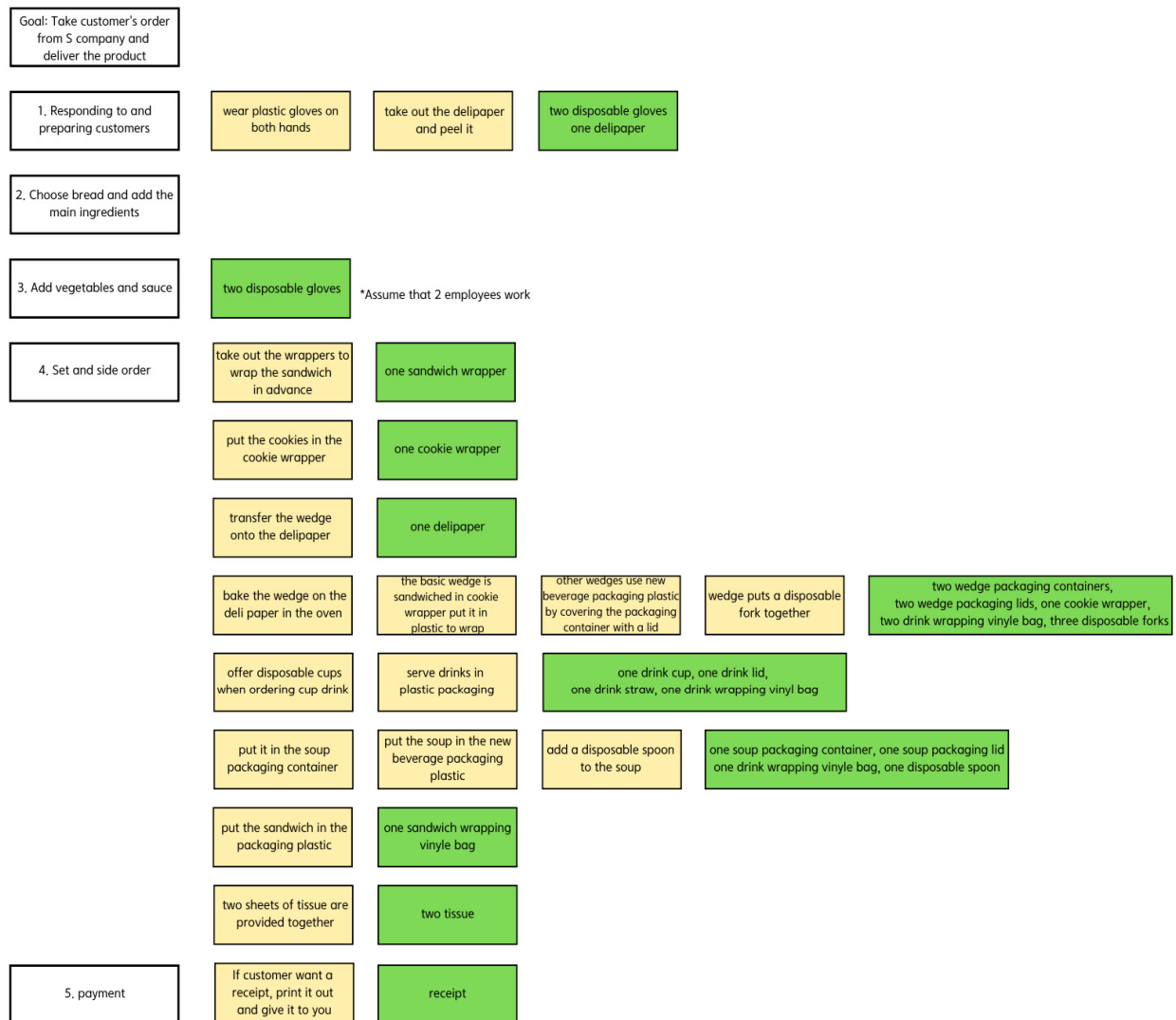


Fig. 1. Process analysis of a sandwich store.

Table 1. Simplified list of disposable items (before improvement)

Disposable items list	Index	Weight (g)	Raw materials assumptions	Manufacturing process assumptions
Delipaper	a	3	Needleleaf tree 90%, Low density polyethylene (LDPE) 10%	Extrusion (plastic film)
Disposable glove	b	0.5	LDPE 100%	Extrusion (plastic film)
Sandwich wrapper	c	4	Needleleaf tree 91.75%, LDPE 8.25%	Extrusion (plastic film)
Cookie wrapper	d	3	Needleleaf tree 60%, LDPE 40%	Extrusion (plastic film)
Wedge packaging container	e	9	Needleleaf tree 88.9%, LDPE 11.1%	Extrusion (plastic film)
Wedge packaging lid	f	3	Polystyrene(PS) 100%	Thermoforming (with calendering)
Disposable fork	g	2.5	PS 100%	Thermoforming (with calendering)
Disposable spoon	h	2.5	PS 100%	Thermoforming (with calendering)
Drink cup	i	9	Needleleaf tree 88.9%, LDPE 11.1%	Extrusion (plastic film)
Drink lid	j	3	PS 100%	Thermoforming (with calendering)
Drink wrapping vinyl bag	k	2	LDPE 100%	Extrusion (plastic film)
Straw	l	2	PP 100%	Extrusion (plastic pipes)
Soup packaging container	m	9	Needleleaf tree 88.9%, LDPE 11.1%	Extrusion (plastic film)
Soup packaging lid	n	3	PS 100%	Thermoforming (with calendering)
Sandwich wrapping vinyl bag	o	4	LDPE 100%	Extrusion (plastic film)
Tissue	p	1	Needleleaf tree 100%	-
Receipt	q	0.5	Paper (newsprint, pulp) 100%	-

사이드 메뉴별 일회용품 발생량이 모두 다르기 때문에, 메뉴의 조합에 따라 주문별 일회용품 발생량과 그로 인한 환경영향이 결정된다. 샌드위치 매장의 환경영향은 해당 매장이 어떤 메뉴 조합의 주문을 몇 건 처리하는지에 따라 달라진다. 이는 단위 당 환경영향이 고정되는 유형의 제품과 달리, 주문 당 또는 매장 당 환경영향이 고객의 선택에 따라 달라지는 서비스 상품의 특징을 시사한다.

주문내역과 주문량에 따라 변화하는 일회용품 배출량을 체계적으로 산정하기 위해, 본 연구에서는 앞서 진행한 프로세스 분석을 기반으로 메뉴 조합 목록화를 진행한다. 대상 제조 프로세스의 경우 가능한 메뉴 조합은 총 12가지로, 목록화 결과는 Table 2와 같다. Table 2의 좌측은 발생할 수 있는 메뉴 조

합이며, 우측은 그에 따른 일회용품 발생 목록과 그 양을 수치화하여 나타낸 것이다.

3.2. 일회용품 개선 방안 도출

본 연구는 샌드위치 제조 프로세스에서 발생하는 일회용품의 환경영향을 저감하기 위해, 원재료 변경, 중량 감소, 서비스 제공 방식 조정 등 다양한 개선 방안을 모색하였다. 그 결과, Table 3과 같이 총 여섯 가지의 개선 방안을 도출하였다.

개선 후 각 일회용품의 물질 구성은 Table 4에 제시하였다. 일부 품목(a, c, d, e, i, m)은 개선 전후 변화가 없으나, 포장용 뚜껑, 휴지, 식기 등의 품목(b, f, g, h, n, p)은 PP, 생분해성 플라스틱, 천연 소재 등으로 변경하는 개선안이 마련되었다.

Table 2. Disposable items used in sandwich production per order (Pre-improvement)

Menu combination	Number of disposable items generated																
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
Sandwich	1	4	1												1	2	1
Sandwich+drink	1	4	1						1	1	1	1			1	2	1
Sandwich+cookie	1	4	1	1											1	2	1
Sandwich+soup	1	4	1					1			1		1	1	1	2	1
Sandwich+wedge	2	4	1	1			1								1	2	1
Sandwich+cheesewedge	2	4	1		1	1	1				1				1	2	1
Sandwich+baconcheesewedge	2	4	1		1	1	1				1				1	2	1
Sandwich+drink+cookie	1	4	1	1					1	1	1	1			1	2	1
Sandwich+drink+soup	1	4	1					1	1	1	2	1	1	1	1	2	1
Sandwich+drink+wedge	2	4	1	1			1		1	1	1	1			1	2	1
Sandwich+drink+cheesewedge	2	4	1		1	1	1		1	1	2	1			1	2	1
Sandwich+drink+baconcheesewedge	2	4	1		1	1	1		1	1	2	1			1	2	1

Table 3. Improvement plan

No.	Improvement plan
1	The raw material for the lids of wedge, drink, and soup packaging (f, j, n) is replaced from polystyrene (PS) to polypropylene (PP), and the drink lid (j) is replaced with a straw-free drink lid (s)
2	Drink and sandwich packaging vinyl (k, o) are replaced with a single, larger biodegradable packaging vinyl (r)
3	Disposable gloves (b) are replaced with biodegradable vinyl
4	Waste paper is used as the raw material for tissue (p)
5	The raw material for disposable fork and spoon (g, h) is replaced with wood (fork, spoon)
6	No paper receipt (q) is provided

(표에서 물질 구성이 변경된 일회용품(b, f, g, h, n, p)은 b', f', g', h', n', p')로 표기하였다.) 이때 생분해성 플라스틱은 사용 후 높은 습도와 미생물이 확보된 산업용 퇴비화 시설에서 매립·분해되는 것으로 가정하였고, 나무 식기는 천연 소재로 분류하여 매립 폐기되는 것으로 가정하였다. 한편, 빨대, 음료수 컵 뚜껑, 개별 포장 비닐, 영수증(j, k, l, o, q)은 사용이 중단되며, 대신 큰 포장 비닐(r)과 빨대가 불필요한 음료 뚜껑(s)으로 대체된다. 이러한 개선을 통해 전체적으로 환경영향 저감 효과가 기대된다.

그러나 서비스 업종의 특성상 개별 품목의 변화만으로는 실제 환경영향 저감 효과를 정확히 평가하기 어렵다. 주문별 메

뉴 조합에 따라 일회용품의 실사용량이 크게 달라지기 때문이다. 예로써 Table 5는 개선안 1번부터 6번까지를 모두 적용하였을 시 메뉴 조합에 따른 주문별 일회용품 사용량을 목록화한 결과를 보여준다.

Table 5의 사례는 개선 대안의 환경적 효과가 메뉴 조합에 따라 상이하게 나타날 수 있음을 시사한다. 따라서 일회용품 개선안의 효과를 대안별로 비교하거나 점포 단위에서 종합적으로 평가하기 위해서는 다음과 같은 요소들을 통합적으로 고려할 필요가 있다:

- (1) 일회용품별 단위당 환경영향 변화,
- (2) 메뉴 조합별 주문 1건당 일회용품 소비량

Table 4. Simplified list of disposable items (after improvement)

Disposable items list	Index	Weight (g)	Raw materials assumptions	Manufacturing process assumptions
Delipaper	a	3	Needleleaf tree 90%, low density polyethylene (LDPE) 10%	Extrusion (plastic flim)
Disposable glove	b'	0.5	Biodegradable composite polyester 100%	Extrusion (plastic flim)
Sandwich wrapper	c	4	Needleleaf tree 91.75%, LDPE 8.25%	Extrusion (plastic flim)
Cookie wrapper	d	3	Needleleaf tree 60%, LDPE 40%	Extrusion (plastic flim)
Wedge packaging container	e	9	Needleleaf tree 88.9%, LDPE 11.1%	Extrusion (plastic flim)
Wedge packaging lid	f'	3	Polypropylene (PP) 100%	Thermoforming (with calendering)
Disposable fork	g'	2.5	Sawn timber 100%	-
Disposable spoon	h'	2.5	Sawn timber 100%	-
Drink cup	i	9	Needleleaf tree 88.9%, LDPE 11.1%	Extrusion (plastic flim)
Soup packaging container	m	9	LDPE 100%	Extrusion (plastic flim)
Soup packaging lid	n'	3	PP 100%	Thermoforming (with calendering)
Tissue	p'	1	Recycled pulp 100%	-
Wrapping vinyl bag(large size)	r	6	Biodegradable composite polyester100%	Extrusion (plastic flim)
Drink lid(straw-free)	s	3.5	PP 100%	Thermoforming (with calendering)

Table 5. Disposable items used in sandwich production per order (Post-improvement)

Menu combination	Number of disposable items generated																		
	a	b'	c	d	e	f'	g'	h'	i	j	k	l	m	n'	o	p'	q	r	s
Sandwich	1	4	1													2		1	
Sandwich+drink	1	4	1						1							2		1	1
Sandwich+cookie	1	4	1	1												2		1	
Sandwich+soup	1	4	1					1					1	1		2		1	
Sandwich+wedge	2	4	1	1			1									2		1	
Sandwich+cheesewedge	2	4	1		1	1	1									2		1	
Sandwich+baconcheesewedge	2	4	1		1	1	1									2		1	
Sandwich+drink+cookie	1	4	1	1					1							2		1	1
Sandwich+drink+soup	1	4	1					1	1				1	1		2		1	1
Sandwich+drink+wedge	2	4	1	1			1		1							2		1	1
Sandwich+drink+cheesewedge	2	4	1		1	1	1		1							2		1	1
Sandwich+drink+baconcheesewedge	2	4	1		1	1	1		1							2		1	1

(3) 점포별 주문 특성(각 메뉴 조합의 주문 비중)

이어지는 4장에서는 이러한 서비스 운영 특성과 소비 패턴을 반영한 정량적 분석을 수행함으로써, 일회용품 개선 대안의 환경적 효과를 보다 면밀하게 검토하고자 한다.

4. 전과정평가를 통한 일회용품 환경영향 분석

본 장에서는 LCA를 통해 샌드위치 제조 프로세스의 개선 전후 일회용품 환경영향을 비교해 보고자 한다.

4.1. 전과정평가 개요

본 연구에서는 샌드위치 매장에서 사용되는 일회용품의 환경적 영향을 정량적으로 분석하기 위해 전과정평가를 수행하였다. 기능단위는 단일 샌드위치 매장에서 하루 동안 사용되는 일회용품 총량으로 설정하고, 시스템 경계는 원료 단계부터 제품의 폐기까지인 Cradle-to-Grave로 정의하였다.

전과정평가는 ISO(International Organization for Standardization) 14040과 14044의 표준에 근거하여 수행하였으며, LCA 전용 소프트웨어인 SimaPro 8.0.4.30 버전을 활용하였다.

본 연구에서는 전과정 목록분석(life cycle inventory, LCI)을 위해 LCI 데이터베이스인 Ecoinvent3를 활용하였다. 데이터는 RoW(rest of the world)를 기준으로 설정하였으나 후자의 개선 전 원재료인 Sulfate pulp, unbleached의 경우 예외적으로 ReR(rest of Europe)로 설정하였다. 유럽의 제지 산업은 강도가 우수한 미표백 펄프를 포장재 및 산업용으로 활용하는 비율이 높으며, Ecoinvent 데이터의 지역 구분 방식에서도 유럽이 대표적인 생산지로 반영되었다[24]. 또한 단위가 m^3 , cm^3 인 원재료는 밀도를 곱하여 단위를 g으로 통일하였다. 개선 전과 개선 후 데이터는 ISO 14044에서 권장하는 할당 기본값 방식(default allocation, Alloc Def, S)을 적용하였다. Alloc Def, S는 재활용 원료의 환경부하를 첫 번째 수요자에 게만 귀속시키고, 이후 수요자에게는 부하를 부여하지 않는 시스템 경계 절단 방식(system boundary cut-off approach)에 기반을 둔다.

환경영향은 IPCC 2013 GWP(global warming potential) 100a 방법론을 통해 산출한 온실가스 배출량(GHG emission)을 기준으로 평가하였다. GWP 100a는 기후 변화 연구 및 정책 수립에서 가장 널리 사용되는 기준으로[25], 온실가스 배출의 중장기적인 기후 영향 평가에 적합하다. 또한, 환경성적표지 및 국제적으로 통용되는 LCA 연구에서 표준적으로 적용되므로, 본 연구에서도 이를 활용하여 분석을 수행하였다. 온실

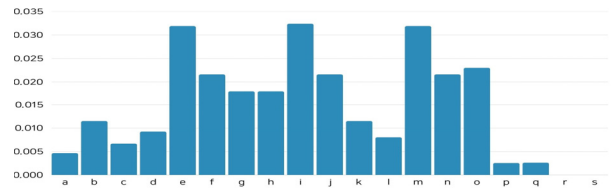


Fig. 2. GHG emissions per disposable item before process improvement (kg CO₂e).

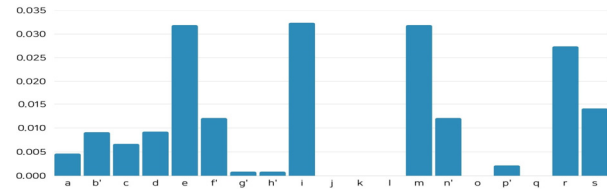


Fig. 3. GHG emissions per disposable item after process improvement (kg CO₂e).

가스 배출량의 단위는 국제적으로 널리 사용되는[26] CO₂ equivalent(CO₂e)을 사용하였다.

4.2. 일회용품별 단위당 환경영향 분석

Fig. 2는 개선 전 샌드위치 제조 프로세스에서 사용된 17가지 일회용품별 단위당 온실가스 배출량을 분석한 결과이다. 분석 결과 음료수 컵(i)이 13.3%, 웨지 포장 용기(e)가 13.1%, 스프 포장 용기(m)가 13.1%, 스프 포장 뚜껑(n)이 8.91%로 높은 비율을 차지하였다.

Fig. 3는 개선 후 일회용품별 단위당 온실가스 배출량을 분석한 결과이다. 개선 전에 비해 포크(g), 숟가락(h), 웨지 용기 뚜껑(f), 스프 포장 뚜껑(n)에 해당하는 온실가스 배출량이 현저하게 줄었음을 확인할 수 있다. 음료 포장 비닐(k)과 샌드위치 포장 비닐(o)이 하나의 큰 포장 비닐(r)로 사용되면서 무게가 무거워져 상대적으로 배출량이 높게 도출되었다. 또한, 텔리페이퍼(a), 샌드위치 포장지(c), 쿠키 포장지(d), 웨지 포장 용기(e), 음료 컵 용기(i), 스프 포장 용기(m)와 같은 경우에는 개선 대상에 포함하지 않았기 때문에 개선 전과 후에 차이가 없었고, 인텍스 j, k, l, q 값은 포장 비닐 하나만 사용, 빨대 미사용, 영수증 미제공과 같은 개선안에 따라 제외되었다.

4.3. 개선방안의 효과 분석: 단일 주문 수준

일회용품 개선방안의 환경적 효과를 분석하기 위해서는 앞서 4.2절에서 분석한 일회용품의 단위당 환경영향과 메뉴 조합을 함께 고려하여 주문별 온실가스 배출량(kg CO₂e)을 산정

Table 6. Comparative LCA results of disposable items per order (kg CO₂e)

Menu combination	Pre	Improvement plan						Avg
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	
Sandwich	0.051	0.051	0.055	0.049	0.051	0.051	0.048	0.051
Sandwich+drink	0.125	0.109	0.117	0.122	0.124	0.125	0.122	0.120
Sandwich+cookie	0.060	0.060	0.065	0.058	0.060	0.060	0.058	0.060
Sandwich+soup	0.134	0.125	0.127	0.132	0.134	0.117	0.131	0.128
Sandwich+wedge	0.083	0.083	0.087	0.081	0.083	0.065	0.080	0.080
Sandwich+cheesewedge	0.139	0.129	0.131	0.136	0.138	0.121	0.136	0.132
Sandwich+baconcheesewedge	0.139	0.129	0.131	0.136	0.138	0.121	0.136	0.132
Sandwich+drink+cookie	0.134	0.118	0.127	0.131	0.133	0.134	0.131	0.129
Sandwich+drink+soup	0.208	0.183	0.189	0.205	0.207	0.190	0.205	0.197
Sandwich+drink+wedge	0.157	0.141	0.150	0.154	0.156	0.139	0.154	0.149
Sandwich+drink+cheesewedge	0.212	0.187	0.194	0.210	0.212	0.195	0.210	0.201
Sandwich+drink+baconcheesewedge	0.212	0.187	0.194	0.210	0.212	0.195	0.210	0.201

Table 7. Comparative LCA results of disposable items per order (kg CO₂e %)

Menu combination	Improvement plan reduction (%)						Avg
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
Sandwich	0	<u>-7.84</u>	3.92	0	0	5.88	0.33
Sandwich+drink	12.80	6.40	2.40	0.80	0	2.40	4.13
Sandwich+cookie	0	<u>-8.33</u>	3.33	0	0	3.33	-0.28
Sandwich+soup	6.72	5.22	1.49	0	12.69	2.24	4.73
Sandwich+wedge	0	<u>-4.82</u>	2.41	0	21.69	3.61	3.82
Sandwich+cheesewedge	7.19	5.76	2.16	0.72	12.95	2.16	5.16
Sandwich+baconcheesewedge	7.19	5.76	2.16	0.72	12.95	2.16	5.16
Sandwich+drink+cookie	11.94	5.22	2.24	0.75	0	2.24	3.73
Sandwich+drink+soup	12.02	9.14	1.44	0.48	8.65	1.44	5.53
Sandwich+drink+wedge	10.19	4.46	1.91	0.64	11.47	1.91	5.10
Sandwich+drink+cheesewedge	11.79	8.49	0.94	0	8.02	0.94	5.03
Sandwich+drink+baconcheesewedge	11.79	8.49	0.94	0	8.02	0.94	5.03

해야 한다.

Table 6은 개선안 1번부터 6번까지를 적용하였을 때 이산화탄소 배출량 변화를 비교한 표로 각 수치는 해당 조합에서 사용되는 일회용품 품목별 환경영향 데이터를 기반으로 산출

하였다. Table 7은 Table 6에서 도출된 이산화 배출량을 토대로 계산한 감소율이다. 감소율은 {(개선 전 값-개선 후 값)/개선 전 값}×100으로 계산하였다. 각 표에서 밑줄로 표시된 값은 개선 전 대비 이산화탄소 배출량이 증가했음을 의미하며,

이는 특정 개선안이 오히려 환경 부하를 가중시킬 수 있음을 시사한다. 반면, 굵은 글씨로 표시된 값은 해당 메뉴 조합에서 가장 낮은 이산화탄소 배출량을 나타내어, 해당 메뉴 조합에서 환경적 효과가 우수한 개선안을 보여준다.

분석 결과, 대부분의 주문 조합에서 개선 대안 적용 시 CO₂ 배출량이 감소하는 경향이 나타났다. 특히 ‘샌드위치 + 음료 + 스프’와 같이 다수의 일회용품들을 포함하는 조합일수록 개선 효과가 더욱 뚜렷하였다. 예를 들어 ‘샌드위치 + 음료 + 스프’ 조합의 경우, 개선 전 CO₂배출량은 0.208이었으나, 개선안 2 적용시 0.189, 개선안 5 적용시 0.190으로 각각 9.1%, 8.7% 감소하였다. 반면, 크기가 큰 비닐봉지 하나만 사용한다는 개선안 2와 같은 경우에는 음료나 위지를 주문하지 않았을 경우에도 큰 비닐봉투를 사용하게 되기 때문에 샌드위치 단품 주문이나, 샌드위치+쿠키 또는 샌드위치 + 위지 같은 경우에는 CO₂배출량이 오히려 증가하는 경우가 생긴다.

이는 개선 대안의 환경적 효과가 단순히 일회용품의 수나 무게에 의해 결정되지 않고, 해당 대안이 어떤 품목에 어떻게 적용되느냐에 따라 상이한 영향을 미친다는 점을 보여준다. 이에 따라 다음 장에서는 실제 매장의 주문량 정보를 반영하여, 주문 빈도 기반의 점포 수준 분석을 통해 각 대안의 실질적 효과성을 평가하고자 한다.

4.4. 개선방안의 효과 분석: 점포 수준

이 절에서는 앞서 제시한 6가지 일회용품 개선방안을 기반으로, 각 개선안이 적용될 경우 점포 수준에서 기대되는 온실가스 저감량을 정량적으로 분석하였다. 특히 본 연구에서는 각기 다른 주문 특성을 지닌 가상의 점포 A와 점포 B를 고려함으로써 다음과 같은 목적을 달성하고자 하였다.

첫째, 각 개선안이 상이한 운영 조건에서 어느 정도의 환경적 효과를 발휘하는지를 확인하고, 둘째, 개선안의 효과가 주문량 및 주문 조합 변화에 얼마나 민감하게 반응하는지를 평가하며, 셋째, 이러한 비교를 통해 가장 일관되게 효과적인 개선 방안 또는 특정 조건에 최적화된 개선 방안을 도출하는 것이다.

이러한 접근은 실제 매장 운영 환경의 다양성과 불확실성을 반영하여 개선안의 적용 가능성을 높이고, 나아가 정책적, 관리적 측면에서의 유용한 의사결정 기준을 제공한다는 의의가 있다.

Table 8은 본 연구에서 가정한 두 점포의 주문 시나리오를 나타낸다. 점포 단위의 주문 데이터가 부재한 상황을 고려하여, 본 연구에서는 가상의 총 주문량을 300건으로 설정하고, 300건의 주문 내에서 주문 조합의 비율이 다른 점포 A, B를 설정함으로써, 두 가지 상이한 운영 환경에서의 개선안 효과를 비교 분석하였다. 이를 통해 특정 주문 특성에 따라 개선안의

Table 8. Order scenario for stores A and B

Menu combination	Store A		Store B	
	Ratio (%)	Count	Ratio (%)	Count
Sandwich	45	135	20	60
Sandwich+drink	10	30	10	30
Sandwich+cookie	7	21	5	15
Sandwich+soup	7	21	3	9
Sandwich+wedge	7	21	2	6
Sandwich+cheesewedge	1	3	5	15
Sandwich+baconcheesewedge	2	6	3	9
Sandwich+drink+cookie	8	24	15	45
Sandwich+drink+soup	3	9	10	30
Sandwich+drink+wedge	3	9	4	12
Sandwich+drink+cheesewedge	3	9	11	33
Sandwich+drink+baconcheesewedge	4	12	12	36

환경적 효과가 어떻게 달라지는지를 다각적으로 검토하고자 한다.

점포 A는 샌드위치 단품 주문이 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 샌드위치와 음료를 포함한 주문 조합이 전체 주문량의 21%(63건)를 차지한다는 특징이 있으며, 이에 따라 다양한 유형의 일회용품 사용량 증가가 예상된다. 점포 B의 주문 시나리오는 점포 A와 비교하여 샌드위치 단품 주문 비율은 20%(60건)로, 상대적으로 낮다. 반면에 샌드위치와 음료를 포함한 주문 조합이 전체 주문량의 52%(156건)로 높은 비율을 차지하고 있다. 음료 컵 및 추가적인 포장 비닐이 증가할 가능성이 크다고 예상할 수 있다.

Fig. 4와 Fig. 5는 Table 5에서 제시한 메뉴 조합별 주문당 온실가스 배출량에 점포 A와 점포 B에 해당하는 주문 건수를 각각 곱하여 산출한, 개선안별 일회용품 총 온실가스 배출량을 막대 그래프로 나타낸 것으로 값의 범주 차이로 인해 Fig. 4의 y축 범주는 25~30, Fig. 5는 35~45로 설정하였다.

분석 결과, 두 점포가 공통적으로 개선방안 1(플라스틱 원재료 대체와 음료 뚜껑 변경)이 배출 저감 효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 점포 A와 점포 B의 주문 패턴에 차이가 있음에도 불구하고, 사용되는 플라스틱의 양이 많기 때문이다. 점포 A에서는 웨지와 스프 포장 용기 뚜껑이 총 60건, 음

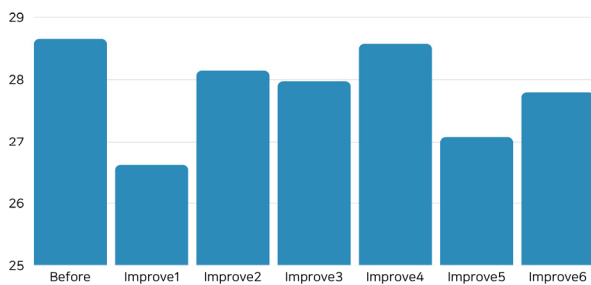


Fig. 4. Order scenario A (kg CO₂e).

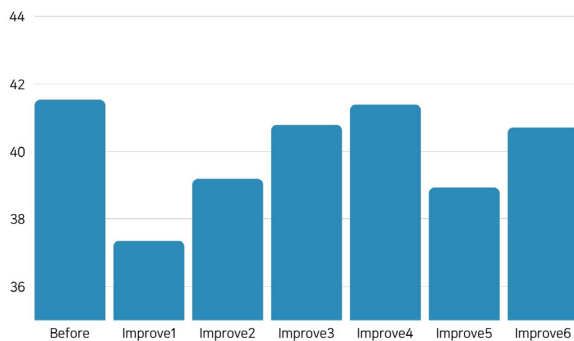


Fig. 5. Order scenario B (kg CO₂e).

료는 93건, 점포 B에서는 각각 132건, 186건으로 많은 주문 건수가 있어 감소량이 큰 것으로 나타났다. 개선방안 5(일회용 식기 원재료 대체) 또한 두 점포가 개선방안 1에 이어서 공통적으로 온실가스 배출 저감 효과가 높은 것으로 나타났다. 이는 식기가 포함되는 스프 및 웨지류 주문에서 단위당 온실가스 배출량이 크게 감소하였기 때문이다. 예를 들어, 일회용 포크의 배출량은 1개당 0.018kg CO₂e에서 0.000293kg CO₂e로 감소하였다. 또한 공통으로 개선방안 4(휴지 원재료 대체)는 배출량 감소량이 제일 적은 것으로 나타났다. 휴지는 모든 주문에 해당되기는 하나, 전체 일회용품에서 차지하는 비중이 작고, 재질 간 배출량 차이가 작아 상대적으로 낮은 개선 효과를 보였다.

시나리오 A에서는 개선방안 1과 5 다음으로 개선방안 6, 3, 2순으로 배출량 감소 효과가 나타났다. 개선방안 6(영수증 미제공)과 개선방안 3(비닐장갑을 생분해성 비닐로 사용)은 모든 주문에서 해당되기 때문에, 배출량 감소가 상대적으로 컸다. 그중에서도 영수증은 주문 1건당 0.00262kg CO₂e 감소하였고, 비닐장갑은 0.00237kg CO₂e 감소하여 1건당 감소량이 더 큰 개선방안 6이 높은 순위를 기록하였다. 개선방안 2(큰 비닐봉투 사용)은 복합 주문의 경우에는 배출량 감소 효과를 보이지만 단품 주문의 경우에는 오히려 큰 비닐봉투를 사용하여 역효과를 보인다. 따라서 시나리오 A와 같이 단품 주문이 많은 경우에는 낮은 순위를 보였다.

반면에 시나리오 B에서는 개선방안 1과 5 다음으로 개선방안 2, 6, 3 순으로 배출량 감소 효과가 나타났다.

우선, 개선방안 2(큰 비닐봉투 사용)는 세트 메뉴 구성 시 중복 사용되던 포장 비닐의 절감 효과가 크게 나타난다. 따라서 점포 B가 점포 A에 비해 복합 주문 건수가 상대적으로 많아 높은 배출량 감소 효과를 보였다.

다음으로 개선방안 6(영수증 미제공)은 영수증의 주문 1건당 감소량이 크지 않지만 모든 주문에서 개선되는 효과를 보여 개선 방안 2 다음으로 좋은 효과를 보였다.

마지막으로 개선방안 3(비닐장갑을 생분해성 비닐로 사용)이 낮은 온실가스 배출량을 기록하였다. 이는 모두 단품 주문과 복합주문에 관계없이 비닐장갑과 포장 비닐을 공통으로 사용하고 있으며, 각각 주문 건에 대해서도 비닐이 차지하는 비율이 높았지만 주문 1건당 0.00237kg CO₂e의 감소량을 보여 개선방안 3보다 낮은 배출 효과를 보였다.

이러한 결과는 단순히 개선안을 나열하거나 개별 수치를 비교하는 것을 넘어, 각 개선안이 실제 환경에 영향을 미치는 상대적 기여도를 종합적으로 판단할 필요성을 강조한다.

본 연구의 분석 결과를 실제 매장 운영에 적용하기 위해서

는 매장의 주문 패턴에 기반한 맞춤형 개선 전략이 필요하다. 특히 점포 A와 점포 B의 시나리오는 동일한 브랜드 내 매장이라 하더라도 소비자의 구매 형태의 차이에 따라 적용할 수 있는 우선순위 결정의 차이를 보여준다.

이는 비닐 포장재와 일회용 식기처럼 다양한 주문에 공통적으로 포함되는 품목의 단위당 환경영향이 크기 때문에, 결과적으로 두 점포 모두에서 유사한 개선 우선순위가 도출되었다.

이러한 결과는 특정 개선안의 효과가 단순히 얼마나 많은 일회용품 품목에 영향을 미치는가, 또는 개선하려는 품목이 얼마나 많이 사용되는 품목인가에 의해 결정되는 것이 아니라, 일회용품 단위당 환경영향의 크기와 해당 품목의 사용 일관성(주문 전반에서의 활용도)에 의해 복합적으로 결정된다는 점을 보여준다. 따라서 일회용품 개선 전략을 수립하기 위해서는 단일 품목 또는 단일 주문 단위에 국한된 분석을 넘어서, 점포의 실제 주문 패턴에 기반한 통합적 접근을 통해 개선안의 상대적 기여도를 평가하는 것이 중요하다는 시사점을 제공한다.

5. 결론 및 시사점

본 연구는 프랜차이즈 샌드위치 매장에서 제공되는 메뉴와 포장 방식에 따라 발생하는 일회용품의 환경영향을 저감하기 위한 개선방안을 도출하고, Simapro를 활용하여 개선 전후의 온실가스 배출량을 정량적으로 평가하였다. 이를 바탕으로, 일상적인 단품 주문을 반영한 A 시나리오와 세트 및 사이드 메뉴 비중이 높은 B 시나리오를 설정한 뒤, 각각의 시나리오에 대해 여섯 가지 개선안을 적용하고, 그 효과를 비교·분석하였다.

분석 결과, 포장재의 감축 또는 재질 변경이 온실가스 배출 저감에 실질적인 효과를 주는 것으로 나타났다. 특히, 플라스틱의 원재료 대체와 비닐 원재료를 생분해성 소재로 대체한 개선안은 A 시나리오와 B 시나리오 모두에서 큰 환경적 개선 효과를 보였다. 반면, 휴지 원재료 변경과 같이 사용 비중이 낮거나, 환경영향 단위가 작은 품목의 개선안은 상대적으로 낮은 효과를 보였다. 시나리오 간 비교를 통해서도 메뉴 구성에 따라 일회용품 소비량과 이에 따른 환경영향이 상이하게 나타났으며, 이는 매장별 주문 특성을 반영한 맞춤형 개선 전략의 필요성을 시사한다.

본 연구에서 사용된 생분해성 비닐은 식물성 성분을 주원료로 한 생분해 플라스틱으로, 토양 매립 시 자연적으로 분해되어 환경에 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 그러나 생분해 플라스틱의 수거 처리 시스템이 미비할 경우 실제 생분해가 보장되지 않고[27], 소비자와 점포의 분리배출 실천 여부에 따라

그 가능성이 좌우된다는 한계가 존재한다. 또한, 재질 특성상 무게가 있는 메뉴를 포장할 경우 찢어질 위험이 있어, 메뉴별 무게에 따른 재질 선택 기준 마련이 필요하다.

개선안을 적용할 때 발생하는 경제적 비용 역시 고려하여야 한다. 영수증을 없애는 등의 개선안은 비용 절감이 가능하지만 다른 개선안은 그렇지 않다. 일회용 플라스틱 포크를 나무 포크로 변경하는 경우, 국내 카페 용품 도매점을 찾아본 결과, 모두 나무 포크가 플라스틱 포크보다 가격이 높거나 나무 포크를 취급하지 않았다. 따라서 현실적으로 개선안을 적용하려면 경제적 비용을 고려해야 한다.

본 연구는 샌드위치 제조 시 사용되는 일회용품에 분석의 초점을 두었기 때문에, 식품 원재료의 생산 및 가공 과정에서 발생하는 환경영향은 포함되지 않았다. 향후 연구에서는 식재료의 생산, 운송, 조리 등의 전 과정을 포괄하는 확장된 전과 정평가가 필요하다.

또한, 점포 단위의 실측 주문 데이터가 부재한 상황에서, 본 연구는 총 주문량 300건을 가정한 가상의 시나리오를 설정하여 사례 연구를 수행하였다. 이러한 접근은 제한한 분석 방법론의 적용 가능성을 확인하기 위한 모의 분석으로 의의를 지니지만, 연구 결과의 일반화에는 한계가 존재한다. 향후 연구에서는 실제 매장 단위의 주문 데이터를 수집하고, 다양한 주문량 및 주문 비율을 반영한 민감도 분석을 수행함으로써 결과의 타당성과 적용 가능성을 강화할 필요가 있다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 분석 프레임은 샌드위치 매장 외에도 햄버거 전문점, 분식점, 배달 전문 매장 등 다양한 외식 업종에 적용 가능하다. 이를 통해 매장 유형과 소비 특성에 기반한 맞춤형 환경친화 정책 수립 및 지속가능한 식품서비스 시스템 구축에 기여할 수 있을 것이다.

References

1. Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Korea. OECD Newsletter of the Permanent Delegation of the Republic of Korea to the OECD. (2023). https://overseas.mofa.go.kr/oecd-ko/brd/m_20806/view.do?seq=431 (accessed 23 December 2024).
2. Editor Room. LCA Becomes a Global Standard. SK Ecoplant Newsroom (2024). <https://news.skecoplant.com/plant-tomorrow/11651/> (accessed 4 January 2025).
3. OECD. Global Plastic Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD (2022).

4. CIEL. Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet. CIEL (2019).
5. GreenPeace. We Drink Disposables. GreenPeace (2024).
6. Han, J.S. The effect of eco-friendly management method of food service corporate on revisit intention and word of mouth intention: focusing on the starbucks. *Journal of Industrial Innovation*. 39(4), pp. 342-350 (2023).
7. You, J.H. Used for Only 12 Minutes... 'This' Doesn't Decompose for Hundreds of Years and Emits Microplastics [For Earth]. *Seoul Economic Daily* (2024). <https://www.sedaily.com/NewsView/2D5HFPBO6J> (accessed 4 January 2025).
8. Hi-Franchise. Franchise Ranking – Subway. Hi-Franchise. https://www.hi-franchise.com/bbs/board.php?bo_table=franchise&wr_id=276&page=2 (accessed: 29 June 2025).
9. Kim, J.K. LCA methodology and application of LCA in paper industry. Master's Thesis, Yonsei University, Korea (2000).
10. Madsen, J. Life Cycle Assessment of Tissue Products. *Environmental Resources Management* (2007).
11. Masternak-Janus, A., Rybaczevska-Blazejowska, M. Life cycle analysis of tissue paper manufacturing from virgin pulp or recycled waste paper. *Management and Production Engineering Review* 6(3), pp. 47-54 (2015).
12. Guo, X., Zhao, Y., Zhao, H., Lv, Y., Huo, L. Multidimensional evaluation for environmental impacts of plastic straws and alternatives based on life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 404, p. 136716 (2023).
13. Yadav, P., Silvenius, F., Katajajuuri, J.M., Leinonen, I. Life cycle assessment of reusable plastic food packaging. *Journal of Cleaner Production*, 448, p. 141529 (2024).
14. Toniolo, S., Mazzi, A., Niero, M., Zuliani, F., Scipioni, A. Comparative LCA to evaluate how much recycling is environmentally favourable for food packaging. *Resources, Conservation and Recycling* 77, pp. 61-68 (2013).
15. Ruban, A. Life cycle assessment of plastic bag production. Master's Thesis, Uppsala University, Sweden (2012).
16. Pasukphun, N. Greenhouse gases emission and environmental costs of fast-food restaurant: a case study in Bangkok, Thailand. *Environment Asia*. 16(3), pp. 43-56 (2023).
17. Castellani, F., Cardamone, G.F. Comparative LCA of Single-use and Multiple-use Tableware Systems for Take-away Services in Quick Service Restaurants. EPPA (2022).
18. Aggarwal, R. Comparative life cycle assessment of reusable and single-use take-away lunch boxes used in student restaurants. *Cleaner Environmental Systems* 14, p. 100223 (2024).
19. Lee, G. Life cycle assessment of a food service operation in Oakland, CA. (2022).
20. Hitt, C., Douglas, J., Keoleian, G. Parametric life cycle assessment modeling of reusable and single-use restaurant food container systems. *Resources, Conservation & Recycling*, p. 106862 (2023).
21. Baldwin, C., Wilberforce, N., Kapur, A. Restaurant and food service life cycle assessment and development of a sustainability standard. *Life Cycle Assess* 16, pp. 40-49 (2011).
22. Arijenwa, V.F., Akinsemolu, A.A., Chunwugozie, D.C., Onawo, U.G., Ochulor, C.E., Nwauzoma, U.M., Kawino, D.A., Onyeaka, H. Closing the loop: A framework for tackling single-use plastic waste in the food and beverage industry through circular economy—a review. *Journal of Environmental Management* 359, p. 120816 (2024).
23. Bengtsson, J., Seddon, J. Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. *Journal of Cleaner Production* 41, pp. 291-300 (2013).
24. ecoinvent. Pulp and paper. <https://support.ecoinvent.org/pulp-and-paper> (accessed 26 January 2024).
25. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2013: the physical science basis. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (accessed 26 September 2013).
26. Food and Agriculture Organization (FAO). The Paris Agreement. <https://www.fao.org/climate-change/action-areas/climate-negotiations/paris-agreement/en/> (accessed 6 January 2025).

27. H. Park. In Korea, biodegradable plastics rendered useless... Domestic companies in distress. Digital Times. <https://www.dt.co.kr/article/11664867> (accessed 14 August 2025).