

치약의 전과정평가에 관한 연구

정헌창 · 김영운
(에경산업(주) 중앙연구소)

Life Cycle Assessment of Toothpaste

Jeong, Heon Chang · Kim, Young Woon
(Aekyung Industrial Co. Ltd. Central Research Laboratories)

ABSTRACT

With the toothpaste produced by Aekyung Industrial Co. Ltd., we performed life cycle assessment to examine their environmental properties. The procedure of LCA was followed to goal & scope definition, classification, weighting and found the key issue. As a result, it was found that environmental load is the highest at the stage of raw material extraction and production. Furthermore, the environmental indicator was improved by three percent with the application to the environmental friendly cleaning method of a production process and the change of a transportation tool.

Key words : life cycle assessment, toothpaste, life cycle inventory, impact assessment, environmental indicator

요 약 문

에경산업에서 생산하는 치약에 대한 환경성을 파악하기 위하여 전과정평가를 수행하였다. 전과정평가는 목표 및 범위 설정, 목록 분석, 가중치 부여를 수행하여, 환경영향 범주별 key issue를 도출하였다. 그 결과, 제품의 전과정 가운데 원료 및 제품 생산 단계, 운송단계에서 환경영향이 가장 높게 나타났고, 생산공정의 세척방법을 개선하고, 제품의 운송수단을 대체함으로써 환경지수가 전체적으로 3% 개선되었다.

주제어 : 전과정평가, 치약, 전과정목록표, 영향평가, 환경지수

1. 서 론

치약은 칫솔과 병용하여 치구청소의 효과를 높이기 위하여 사용되는 재료이다. 그러나, 간단히 치구청소 뿐만 아니라, 치과질환 예방, 억제 혹은 구취제거, 기타 효과를 기대하는 약물 등을 배합한 것이다.

치약은 기원전 1,550년경 고대 이집트의 의학서 "파피루스"중에 기록되어 있다.¹⁾

현대 치약은 1873년 미국 Colgate가 향기가 있는 치약을 처음 선보였으며, 비누성분이 치약에 이용되다가 2차 대전 중에 합성물질로 대체되어 사용되었다.

최근에는 향을 중요시하는 소비자 요구에 부응하기 위해, 다양한 향을 가미한 치약이 개발되고 있으며, 시장규모로는 2003년 기준으로 1,102 억원 규모로 소비량이 많다.²⁾

이렇듯 많은 소비량에도 불구하고, 치약에 대한 환경성은 아직까지 규명되고 있지 않고 있다. 최근의 친환경제품의 중요성이 부각되는 시점에서, 본 연구에서는 전과정평가를 이용하여 치약의 환경성을 규명하고, 개선안을 도출하고자 한다.

본 연구에서는 ISO 14040 series 기준에 맞추어 목적 및 범위 정의, 전과정 목록 분석, 전과정 영향평

가의 순서로 진행하였으며^{3), 4)}, 대상 제품은 당사에서 생산되는 치약으로 선정하였으며, LCA S/W는 환경성적표지 전용 S/W인 TOTAL(ver. 2.0.5)를 이용하였다.

II. 치약 LCA 적용

1. 목표 정의 및 범위 설정

본 연구의 목적은 애경산업에서 생산되는 치약에 대하여 전과정목록분석 및 영향평가를 실시하고, 이 결과를 이용하여 환경친화적인 제품개발을 위한 개선안을 도출하는 것이다.

제품의 기능은 구강세정이며, 기능단위는 국내 치약 생산량을 국내 인구로 나누어 산정한 1일 사용량 2g으로 정하였으며, 참고 흐름은 기능단위와 동일한 2g으로 정하였다.

그림 1에 나타난 제품의 시스템 경계는 원료물질 채취에서부터 폐기단계까지이며, 원료 및 유틸리티 생산, 제품생산, 제품운송, 제품사용, 제품폐기로 설정하였다.

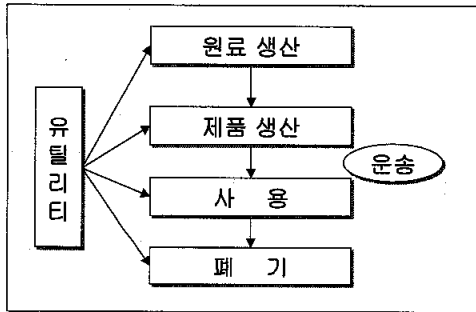


Fig. 1. System boundary of the product.

데이터 범주는 원료물질, 유틸리티, 에너지, 대기배출물, 수계배출물, 고형폐기물로 분류하였다. 제품생산에 직접 투입되는 원부재와 이의 생산에 필요한 모든 물질이 포함되고, 유틸리티는 제품생산에 사용되는 전기와 용수를 포함하였다. 에너지는 전기와 연료의 사용량을 고려하였다. 대기 및 수계배출물은 공장내에서 발생하는 배출물과 운송단계의 배출물 그리고 데이터베이스에 포함된 배출물 항목을 고려하였다.

데이터 품질의 경우, 시간적 범위는 1990년부터

2004년까지로 설정하였다. 원료생산은 데이터베이스⁵⁾⁻⁸⁾에서 고려한 1990년 이후의 시점을 고려하였고, 제품생산, 운송, 사용단계는 2004년 자료를 적용하였다. 폐기단계는 2003년 환경부 통계자료⁹⁾를 적용하였다. 지리적 범위는 원료물질의 경우, 국내외를 고려하였으며, 이외의 단계는 국내로 한정하였다. 기술적 범위는 제품생산, 운송, 사용, 폐기는 최신기술 및 사용습관을 고려하였다. 원료 및 유틸리티의 생산은 데이터베이스에서 선정한 자료를 활용하였다.

제품별 원료물질 생산공정에 대한 조사는 원료물질에 대한 LCI 데이터베이스를 수집하지 못한 원료를 제외한 나머지 물질의 누적질량비로 98.9%에 해당되는 물질에 대하여 적용하였다.

Table 1. Data Quality

단계	시간적 범위	지리적 범위	기술적 범위
원료 생산	1990년 이후	원료물질을 생산하는 지역	데이터베이스에서 선정한 기술
제품 생산	2004년	국내	당사의 치약 생산기술
운송	2004년	운송거리 : 국내 데이터 : 데이터베이스	데이터베이스에서 선정한 기술
사용	2004년	국내	국내소비자 사용습관
폐기	2003년	폐기물 처리 : 국내 데이터 : 데이터베이스	데이터베이스에서 선정한 기술

Table 2. Selected Impact Assessment Methods for LCA

영향 범주	평가 방법
자원 고갈 (Resource Depletion Potential, RDP) (2001)	Guinee
지구온난화 (Global Warming Potential, GWP) (1998)	IPCC (100 years)
오존층파괴 (Ozone Depletion Potential, ODP) (1999)	WMO
산성화 (Acidification Potential, AP) (1992)	Heijungs et al
부영양화 (Eutropication Potential, EP) (1992)	Heijungs et al
광화학산화물생성 (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP) (1998)	Derwent et al

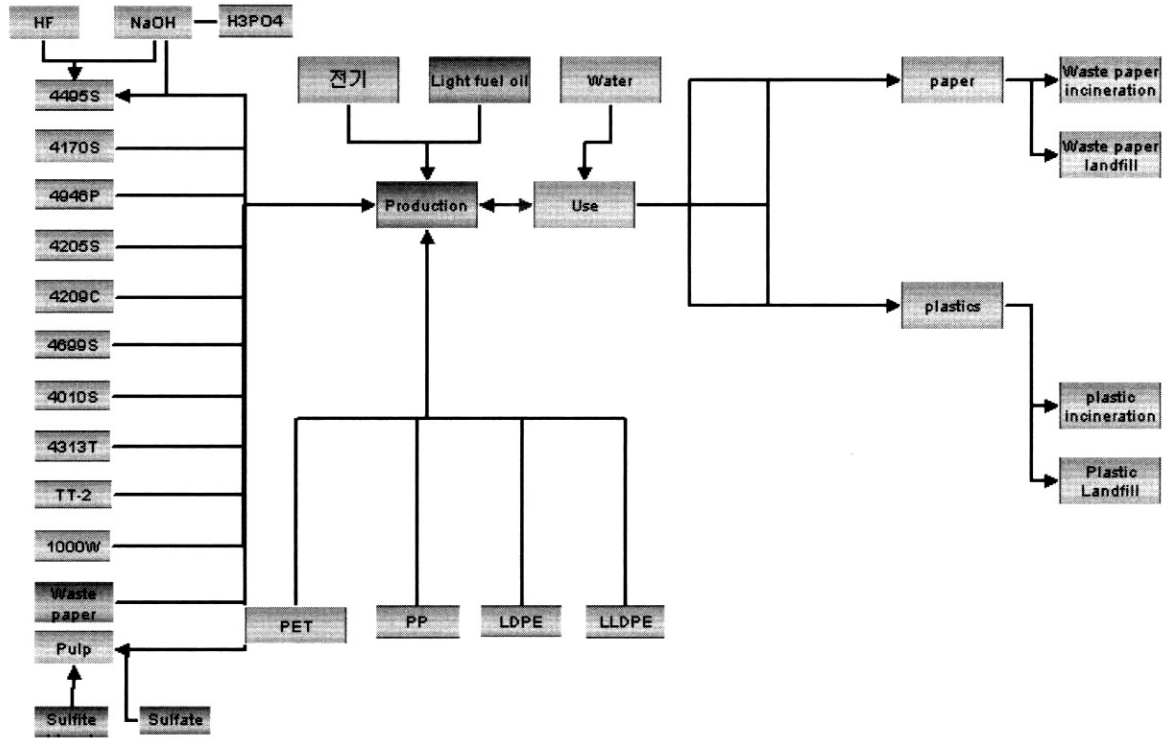


Fig. 2. Description of the toothpaste system in TOTAL.

표 2는 본 연구에서 적용한 6가지 영향평가방법¹⁰⁾을 나타낸 것으로, 이는 환경성적표지 평가방법론에서 적용하는 범주를 대상으로 하였다.

2. 목록 분석

목록분석을 수행하기 위하여 당사의 생산통계자료를 수집하였으며, 이와 관련된 원료물질, 유틸리티, 폐기물에 대한 자료를 수집하였다.

(1) 원료물질

원료물질과 관련된 LCI 데이터베이스는 EMPA, Tenside 등의 문헌자료와 TEAM, Sima pro, Gabi 그리고 환경부 및 산업자원부에서 구축한 데이터베이스를 이용하였다.

(2) 제품생산

대상제품의 생산자료는 물질수지를 확인한 후, 원료물질, 유틸리티, 제품 운송, 대기 및 수계 배출물, 폐기물에 대한 자료 등도 동시에 고려하였다. 생산량을

기준으로 하여 대상물질의 비중을 고려하였다. 그림 2에 나타난 TOTAL(ver. 2.0.5)를 이용하여 작성한 제품생산공정에 연결하였다.

(3) 운송

생산공정으로부터 소비자의 사용환경을 모두 고려하여나 하나, 데이터 수집이 현실적으로 불가능하므로, 당사 제품의 국내 지역별 시장점유율과 거리를 고려하여 선정하였다.

(4) 사용

양치는 1일 2회로 가정하였으며, 1회당 600mL를 사용하는 것으로 가정하였다. 이는 소비자 설문조사를 통하여 평균양치횟수와 용수사용량을 적용하였다.

(5) 폐기

포장재의 경우, 환경부에서 발표한 2003년도 폐기물 현황을 근거로 종이 및 플라스틱의 소각, 매립, 재활용 비율을 적용하였으며, 골판지의 경우 1회 재활용하는 것으로 가정하였다.

제품의 경우, BOD, COD, SS, T-P, T-N, ABS 에 대하여 양치 후 배출되는 폐수의 질을 이론적으로 산정하였다.

그림 2는 TOTAL(ver. 2.0.5)에서 수행한 제품의 시스템 구성도이며, 단계별로 원료 및 제품 생산, 운송, 사용, 폐기로 분류하였다.

3. 영향평가

목록분석단계에서 규명된 투입물과 산출물의 환경 영향을 파악하기 위하여 ISO 14042에서 규정된 분류화와 특성화 및 가중치부여를 수행하였다.

(1) 분류화

목록분석 단계에서 작성된 투입물 및 배출물항목들을 자원 고갈, 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성의 6가지 영향 범주별로 구분하여 정리하였다.

(2) 특성화

Classification 과정을 거쳐서 분류된 각 영향 범주들의 환경 영향정도를 파악하기 위해서 각각의 영향범주별로 input 및 output 항목들에 대해 각 영향범주들의 기준물질과 비교한 특성화인자(CF, Characterization Factor)를 곱하여 해당 영향범주 내에서 통합하였다.

그림 3에 나타낸 특성화 결과는 log scale로 표현하였으며, 지구온난화, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성, 자원고갈, 오존층파괴 순으로 영향이 있는 것을 확인하였다.

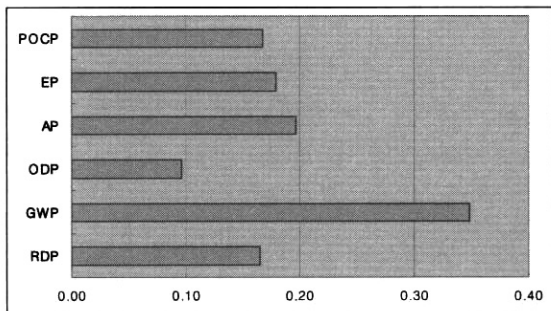


Fig 3. The Characterization ratio of Toothpaste.

(3) 정규화 및 가중치 부여

특성화 결과를 토대로 정규화 및 가중치 부여는 산업자원부에서 구축한 한국형 지수를 이용하여 수행하였다.¹¹⁾

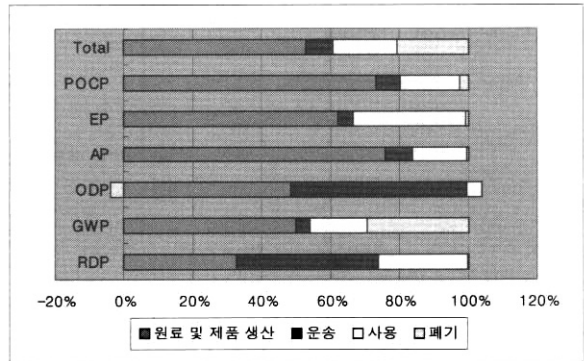


Fig. 4. The Weighting ratio in each stage.

그림 4에 나타낸 각 단계에 대한 영향범주별가중치 부여 결과를 살펴보면, 지구온난화, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성의 경우 원료 채취 및 제품생산이 주요 원인이며, 자원고갈 및 오존층 파괴는 운송에 의한 연료소비로 규명되었다. 한편, 오존층 파괴에서 폐기단계는 소각 후 발생하는 여열이 전기나 연료로 재활용된다. 이 과정에서 오존층 파괴에 영향을 미치는 물질이 외부로 배출되지 않고, 순환되는 양이 많기 때문에 오존층 파괴에 미치는 환경영향이 (-)로 나타난 것으로 판단된다.

III. 결과 및 개선안 도출

전과정목록분석 및 가중치부여를 수행한 결과, 원료 및 제품생산단계와 운송단계가 환경에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 규명하였다. 따라서, 환경영향을 개선하기 위하여 제품생산단계에서는 제품의 특성상 원부재의 함량을 변경하는 것은 현실적으로 불가능하므로, 생산공정에서 발생하는 용기의 세척에 사용되는 용수 사용량을 절감함으로써 폐수의 발생량을 줄이고자 하였다. 운송단계에서 기존의 제품운송방법에 8톤 트럭이 90%이상 적용되는 점을 고려하여, 11톤 트럭으로

대체시, 환경영향이 저감되는 것을 확인하였다. 표 3에 나타낸 바와 같이 운송단계에서는 총 35%가 개선되었으며, 생산공정에서는 5%가 개선되어, 전체적으로는 환경지수는 평균 3%가 개선되었다.

Table 3. Improvement Rate of Environmental Impacts

(Unit : %)

영향범주	Total	운 송	생 산
RDP	14.24	34.48	-
GWP	1.45	35.79	-
ODP	17.66	34.48	-
AP	3.54	45.77	0.00
EP	2.04	46.09	16.42
POCP	4.21	11.58	0.00
Total	2.94	34.93	5.28

IV. 결 론

치약제품의 전과정평가를 통하여 치약이 환경에 미치는 영향을 분석하였다. 영향평가결과 원료 및 제품의 생산단계, 제품의 운송단계에서 환경영향이 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 환경성을 개선하기 위하여 생산공정의 세척방법을 개선하고, 운송수단을 변경함으로써 총 환경지수가 3%가 개선될 수 있도록 기여하였다.

참 고 문 헌

- 1) 치약제를 과학화한다, 학전서원, pp.1~20. (1994)
- 2) Euromonitor, "Oral Hygiene-Cosmetics and Toiletries in South Korea", pp.1~11 (2004)
- 3) ISO, ISO 14041, Environmental management - Life Cycle Assessment - Goal and scope definition and inventory analysis (1998).
- 4) ISO, ISO 14042, Environmental management - Life Cycle Assessment - Impact Assessment (1998).
- 5) Hischier R. Life Cycle Inventories of Packaging and Graphical Paper (2003)
- 6) Silvio Dall'Acqua, Dr. Matthias Fawer, Renato Fritschi, Caroline Allenspach, EMPA, EMPA Report No 244 - LCI for the Production of Detergent Ingredients, pp. 65~88(1999)
- 7) "European Life-Cycle Inventory for Detergent Surfactants Production", Tenside Surfactant Detergent, 32(2), (1995)
- 8) 환경부, LCI 데이터베이스 표준지침서, pp.232~250(2003)
- 9) 환경부, 2003 전국 폐기물 발생 및 처리현황, (2004)
- 10) 환경부, 환경성적표지 공통기준 개발, pp.29~39(2004)
- 11) 산업자원부, 환경친화적 산업기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업, p.92, p, (2003)