식품 제조 과정 중 이산화탄소 발생량 정량을 위한 전과정평가법의 활용

Application of Life Cycle Assessment on CO_2 Emissions in Food Manufacturing

염선민, 최영진*

Sun Min Yeom, Young Jin Choi*

서울대학교 농생명공학부 및 농업생물신소재 연구소

Dept. of Agricultural Biotechnology and Center for Agricultural Biomaterials, Seoul National University

1. 서론

최근에 국제적으로 가장 큰 주목을 받고 있는 이슈는 기후변화이다. 기후변화를 야기하는 원인으로는 자연적인 요인과 인위적인 요인이 있다. 과거에는 두 요인 모두 기후변화에 영향을 크게 끼치지 않았지만, 산업혁명이 시작되면서부터 온실가스의 배출이 지속적으로 증가하여 후자의 요인이 문제가 되었다. 이에 따라 1992년 6월 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 리우 세계환경정상회의를 통해 '환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)'을 추구하기 위한 노력의 일환으로 기후변화에 관한 유엔기본협약(UNFCCC, United Nations Framework Conversation on Climate Change)이 채택되었으며, 2년 후인 1994년 3월 발효되었다.

그 이후, 지구온난화 규제 및 방지의 기후변화협약의 구체적 이행 방안으로, 선진국의 온실가스 감축 목표치를 규정하기 위한 교토의정서(Kyoto Protocol)가 1997년 12월 일본 교토에서 채택되었다. 하지만 온실가스의 감축 목표와 감축 일정, 개발도상국의 참여 문제로 선진국 간, 선진국 · 개발도상국 간의 의견 차이로 인해 최종적으로 2005년 12월 16일 공식 발효되었다. 온실가스 감축 의무이행 대상국은 오스트레일리아, 캐나다, 미국, 일본, 유럽연합(EU) 회원국 등 총 38개국이며, 우리나라와 멕시코는 개발도상국으로 분류되어 온실가스 감축 의무대상국에서 제외되었다. 하지만 우리나라의 경제 수준과 온실가스 배출량(기상청, 2010)을 감안하였을 때, 2013년 교토의정서 이후(Post-Kyoto Protocol) 온실가스 감축 의무 국가로 지목될 가능성이 크다. 최근 우리나라는 대한민국 건국 60주년을 맞이하여 '저탄소 녹색성장'이라는 새로운 비전을 제시하였고, 이에 정부를 비롯하여 기업들 사이에서도 '친환경 정책'을 수립하여 온실가스를 감축하기 위한 노력이 요구되고 있다.

국내 식품산업은 2009년 기준 매출액 44조원의 규모를 가지고 있으며 지속적으로 성장하는 분야이다. 식품산업에 있

*Correspondence to: Young Jin Choi, Program in Food Science and Biotechnology
Dept. of Agricultrual Biotechnology College of Agriculture and Life Sciences
Seoul Natioal University, 599 Gwanakro, Gwanakgu Seoul 151-921, Korea
Tel: +82-2-880-4851 Fax: +82-2-873-5095 E-mail: choiyj@snu.ac.kr

어서도 효과적인 온실가스 감축 및 에너지 절약에 관한 방안을 마련하기 위하여 각 부문별 단위 사업장별 온실가스 배출원에 대한 진단 및 평가가 선행되어야 한다. 가장 효과적인 진단 평가 도구로 전과정평가법(LCA, Life Cycle Assessment)이 주로 활용된다. 이에 전과정평가법에 대한 개괄적인 소개와 식품산업 분야에서 전과정평가법이 적용된 사례를 간단히 살펴보고자 한다.

2. 전과정평가(ISO 14040, 2006)

국제표준화기구(ISO, International Organization for Standardization)에서 개발한 전과정평가는 제품의 전과정(全科程), 즉 원료 채취 및 가공, 제조, 수송, 유통, 사용 및 폐기 단계에 투입 및 배출되는 물질과 에너지를 정량화하여 이들이 환경에 미치는 영향을 총체적으로 평가하고 이를 바탕으로 환경 개선의 방안을 모색하고자 하는 객관적인 환경영향평가 방법이다. 전과정평가는 목적 및 범위 설정, 목록분석, 영향 평가 및 해석의 4단계로 구성되어 있다(Fig. 1).

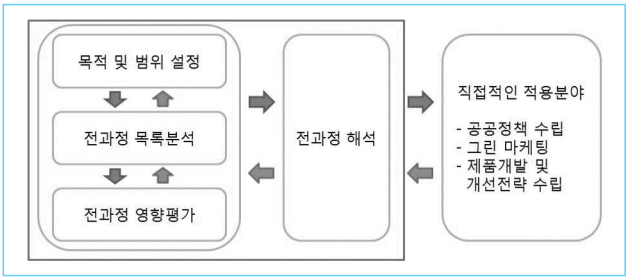

Figure 1. Schematic of life cycle assessment (ISO 14040, 2006).

1) 목적 및 범위 설정(ISO 14044, 2006)

목적 및 범위 설정은 전과정평가를 수행하고자 하는 목적과 대상을 결정하는 단계로, 연구의 전반적인 방향과 전과정평가를 왜 수행하는지에 대한 이유와 필요성을 제시하는 단

Table 1. 목적 및 범위 설정 필요 요건

구 분	필요 요건 사항
전과정평가의 목적	● 전과정평가 실시 이유 ● 보고 대상자 ● 전과정평가 결과의 응용
전과정평가의 범위	● 전과정평가 대상이 되는 제품이나 시스템의 명확한 정의 ● 제품명, 기능 및 기능단위(FU, Functional Unit), 경계(System Boundary) 등 ● 필요한 데이터의 범위와 질(Data Quality) ● 전제조건, 제약사항 ● 고려할 환경영향평가항목의 설정과 그 평가방법 ● 할당(Allocation) 방법 ● 제품과 부산물, 또는 재활용에 대한 환경부하의 배분방법 등

Table 2. 시스템 경계에 따른 분류

구 분	필요 요건 사항
Cradle-to-Grave	● "요람에서 무덤까지"는 제조에서 사용단계를 거쳐 폐기단계에 이르기까지의 모든 단계에 대한 전과정평가를 이르는 말이다.
Cradle-to-Gate	● "요람에서 문까지"는 생산품의 부분적인 전과정평가 방법으로 제조단계에서 소비자에게 전달되기 이전까지의 과정을 평가하며, 사용과 폐기단계는 생략된다.
Cradle-to-Cradle	● "요람에서 요람까지"는 "요람에서 무덤까지"의 특정종류의 한 부분으로 생산품의 최종 처리단계에서 새로운 제품이 생산되는 재활용이 이루어지는 경우에 해당한다.
Gate-to-Gate	● "문에서 문까지"는 일련의 전체 생산 단계에서 단 하나의 부가가치 공정에 집중하여 부분적으로 전과정평가를 실시하는 것을 일컫는다.

계이다. 따라서 연구가 진행되고 결론을 도출하기까지 연구의 의도된 목적을 벗어나지 않도록 방향을 제시하고, 연구에 포함되는 시스템 범위와 해당되는 기준을 설정하여 데이터 수집범위와 수집방법 등을 결정하는 단계이다. 전과정평가의 목적 및 범위 설정에 필요한 요건을 Table 1에 정리하였다. 또한, 시스템 경계 설정에 따라 전과정평가의 범위를 몇 가지로 분류할 수 있다(Table 2).

2) 목록분석(ISO 14044, 2006)

목록분석 단계는 연구의 범위 설정에서 정의한 시스템 경계와 기준들에 의거하여 제품의 시스템에 투입(input)되는 자원과 에너지 및 생산 또는 배출(output)되는 제품과 부산물 그리고 오염물의 데이터를 수집하는 단계이다. 데이터 수집은 전과정평가 수행에 가장 많은 시간과 노력을 필요로 하는 단계로 단위 공정 결정, 공정도 작성, 데이터 수집, 데이터 계산, 전과정 목록표 작성의 절차를 따라 진행된다. 이 과정에서 가장 중요한 부분은 할당방법이라고 할 수 있으나, 아직까지 통일된 방법은 설정되어 있지 않지만, 일반적으로 부산물의 무게에 따른 질량비를 이용하거나 부산물의 가격에 따른 단가를 적용하여 할당을 계산한다.

① 방법론

제품이나 시스템의 파급효과를 포함한 에너지소비량과 환경부하의 전과정평가는 크게 나누어 일반적인 방식인 개별적산방식(process analysis)과 산업연관방식(input-output analysis), 그리고 이 두 방법을 조합한 조합방식(hybrid Analysis)의 3가지로 구분할 수 있다.

- 개별적산방식(process analysis)

국제 환경독성학회(The Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC)와 미국 환경보호청(US EPA)에 의해 집중적으로 발전됐다. 이 방식은 제품의 제조 공정에 투입되고 배출되는 물질을 조사하고 분석해 나가는 방법이다. 이 방법은 환경 영향을 미치는 오염물에 대해서만 평가하기 때문에 부산물이나 어떤 제품을 만들기 위해 투입된 물질에 대한 공정의 분석이 또 다시 요구되기 때문에 많은 공정의 분석이 요구된다. 따라서 어떤 제품이 어떻게 제조되고 폐기되는지를 구체적으로 조사해 나가는 방법이다. 이 방식에 사용되는 유명한 software로는 해외의 경우 SimaPro가 있으며, 국내의 경우 TOTAL과 PASS 등이 있으며 개별적산방식의 장점과 단점은 Table 3에 나타내었다.

- 산업연관방식(Input-Output Analysis)

Leontief는 1970년에 열린 "국제공해심포지움"에서 "공해의 파급과정과 산업구조 투입산출분석에 의한 접근"이라는 연설을 통하여 산업연관표에 환경의 개념을 처음으로 도입하였다. 환경산업연관표는 기존의 산업연관표에 각 산업이 사용하고 있는 에너지이용 실태를 정확하게 반영하고 산업간의 관계에 따른 에너지이용의 정도와, 이에 따라서 배출되는 오염물질의 관계를 표현하고 있다(한국은행, 2006a). 환경산업연관표는 일반적으로 기본거래표,

Table 3. 개별적산방식의 장 · 단점

구 분	필요 요건 사항
장 점	● 환경부하의 실체와 원인이 명확 ● 각 제품의 제조, 유통, 소비에 따른 환경부하대책의 정량적 검토와 평가가 가능
단 점	● 경계조건의 설정문제 ● 검토범위 설정의 어려움 ● 시간이 많이 소요되고 비경제적 ● 간접적으로 미치는 경제적, 환경적 영향을 무시 ● 시장이나 기술의 동적인 변화 파악 힘듦

Table 4. 산업연관방식의 장 · 단점

구 분	필요 요건 사항
장 점	● 인위적인 시스템 경계의 불필요 ● 신속한 분석과 짧은 시간이 요구되어 경제적 ● 공개적으로 유용한 자료와 규격화된 계산의 사용에 따른 분석결과의 객관성 ● 분석결과의 높은 재현성 ● 개별적산방식에 비해 보다 정합적인 분석 수행 가능
단 점	● 산업구조와 생산활동의 단순화 및 평균화로 인한 각각의 제품과 기술분석의 불충분성 존재 ● 신기술과 재활용 등의 산업연관표에 나타나 있지 않은 항목의 분석이 불가능 ● 해외 산업연관표의 부재

Table 5. 조합방식의 장 · 단점

구 분	필요 요건 사항
장 점	● 상세한 부문구분이 가능하고, 포괄적임
단 점	● 선정한 프로세스의 목록은 특정 조건하의 값이므로 객관성 결핍될 가능성이 있음 ● 설계 자료와 견적서 등으로부터 소재를 추출하기 위해 정확성을 필요로 하므로 작업량이 방대해질 수 있음

에너지투입량표, 에너지소비물량표, 에너지소비열량표, 대기오염물질배출량표의 5개의 표로 구성된다(한국은행, 2006b). 산업연관방식의 장점과 단점은 Table 4에 나타내었다(Hendrickson 등, 1998).

- 조합방식(Hybrid Analysis)

조합방식은 개별적산방식으로 구분한 대상에 산업연관표 등으로부터 별도로 구한 에너지 원단위, CO_2 배출원단위 등을 이용하는 방식이다. 특히 물질대사구조와 같은 다양한 제품이 조합되거나 시스템성이 있는 대상에 효과적으로 이용할 수 있다. 이 방식의 장 · 단점은 Table 5에 나타내었다.

3) 영향평가(ISO 14044, 2006)

영향평가는 목록분석에서 얻어진 데이터를 근거로 각 환경부하항목에 대한 목록결과를 각 환경영향 범주로 분류하여 환경영향을 분석 · 평가하는 단계이다. 첫 번째 단계는 특성화단계이다. LCI 결과에 따라 영향에 대한 잠재성들이 계산된다. 다음 단계는 정규화와 가중화이다. 정규화는 환경영향범주의 다양한 타입을 비교할 수 있는 기준을 제공한다. 가중화는 할당된 가중화 계수를 각각의 영향 범주에 곱하여 계산된다. 때로는 각 범주의 환경영향을 종합하여 전체로서 환경에 주는 영향을 분석 · 평가한다.

- 개별적산방식

특성화 단계(characterization impact, CIi)는 아래의 식과 같다.

$$CI_i = \sum Load_j \times eqv_{i,j}$$

CI_i : 대상제품에서 ith 영향범주에 속하는 목록항목들이 기여하는 잠재적 환경영향 (g-eq/f.u.)

$Load_j$: j_{th} 목록항목 환경부하량 (g/f.u.)

$eqv_{i,j}$: i라는 영향범주에 속한 jth 목록항목의 상응인자 값 (g-eq/g)

정규화 단계(normalization impact, NIi)는 아래의 식에 의해서 구할 수 있다.

$$NI_i = \frac{CI_i}{N_i}$$

N_i : i_{th} 영향범주에 속하는 해당지역에서 일정기간 배출되는 모든 목록항목들이 기여하는 잠재적인 환경영향

(g-eq/yr)

그리고 가중화 단계(weighting impact, WI_i)의 식은 아래와 같다.

$$WI_i = NI_i \times W_i$$

W_i : ith 영향범주의 상대적인 중요도

- 산업연관방식(IO)

환경산업연관 분석의 기본구조는 아래와 같다.

$$Q = G \times X = G \times B[(I - m)F + E]$$

Q : 대기오염물질발생량
G : 대기오염물질발생계수
F : 국내최종수요
E : 수출수요
m : 수입계수
I : 단위행렬
B : $[I - (I - m)A]^{-1}$
A : 투입계수

4) 해석(ISO 14044, 2006)

목록분석과 영향평가의 결과를 단독으로 또는 종합하여 평가, 해석하는 단계이다. 해석결과는 전과정평가를 실시한 목적과 범위에 대한 결론이 되며, 환경개선을 도모할 경우 조치는 이 결과를 기초로 하여 이루어지므로 중요한 단계이다.

3. 식품산업부문에 전과정평가를 도입한 사례

1969년 미국의 코카콜라사의 음료용기에 관한 전과정평가가 최초로 수행되었다(Hunt and Franklin, 1996). 그 이후 가공식품보다 식품의 포장재 쪽으로 많은 연구가 진행되었으나, 최근 가공식품을 대상으로 한 환경영향 평가에 관한 연구도 활발히 수행되고 있다.

가. 전과정평가를 이용한 가공식품의 환경영향 평가

해외의 사례를 보면 가장 활발히 연구되어 있는 식품 중 하나는 토마토 케첩이다. Andersson 등(1998)은 토마토 케첩의 전과정에 대해서 지구온난화에 미치는 효과를 조사하였다. 지구온난화에 미치는 효과를 확인하기 위해 사용된 CO_2의 시간주기는 20년, 100년, 500년이었다. 그리고 토마토 케첩의 전과정에 사용된 원료에 따라 운송수단에 따라 포장된 수량에 따라 시나리오를 세워 분석하였다(Andersson and Ohlsson, 1999).

제빵에 대한 전과정평가 연구 역시 활발히 수행되었다. 제빵의 가공 공정(굽는 공정)에 따라 4가지 시나리오(industry bakery 1, industry bakery 2, local bakery and home bakery)를 세웠고, 시나리오별로 분석을 하였다(Andersson, 2000). 분석 결과, 규모가 큰 공정일수록 더 많은 환경부하를 일으켰는데, 주로 운송거리의 차이에 의한 것임을 확인했다.

맥주에 대한 전과정평가 연구 역시 해외에서 활발히 수행되고 있다. Talve(2001)는 맥주의 제조 공정 중 냉각을 위한 목적으로 엄청난 양의 전력이 소비되는 것을 파악했다. Cordella 등(2008)은 LCA software인 SimaPro를 사용하였다. 환경영향 평가를 위해 Eco-Indicator'99 방법이 사용되었다. Koroneos 등(2005)은 맥주의 제조의 전과정을 분석하고 각 공정에 투입되는 모든 투입물에 대한 수송을 고려하였다. 그 결과 맥주병을 생산하는 공정에서 전체 전력량의 약 85%를 사용하는 것을 알았다. 따라서 전체 CO_2의 약 78%가 맥주병 생산 공정에서 배출되는 것을 보여줬다.

국내에서 수행된 전과정평가에 관한 연구로는 소맥분(Chu 등, 2008)과 포장두부(Hwang and Yoon, 2007)가 있다. Chu 등은 국내에서 개발된 TOTAL program을 사용하여 환경부에서 제시한 특성화 단계와 지식경제부에서 제시한 특성화, 정규화 및 가중화를 실시하여 대부분의 CO_2는 포장공정에서 발생하는 것을 보여주었다. Hwang 등(2007)은 국내에서 개발된 또 다른 LCA software인 PASS를 사용하여 포장두부에 대한 전과정평가

를 실시하였다. 이 논문에서는 원료 물질 채취/제조 및 제품 제조단계와 사용단계 그리고 폐기단계로 3단계로 나눴고 대부분의 CO_2는 원료 물질 채취/제조 및 제품제조단계에서 발생함을 보여주었다.

나. 전과정평가를 이용한 유제품의 환경영향 평가

유제품은 식품 산업부문 가운데 가장 많이 전과정평가가 이루어지는 식품이다. Eide(2002)는 dairy processing의 규모를 3가지로 구분하여 전과정평가를 실시하였다. 전과정평가 실시 결과 대부분의 CO_2는 agriculture stage에서 발생하였다. 또한, 유가공 공정의 규모가 작을수록 오히려 CO_2 발생량이 많았다. Cederberg와 Mattsson(2000)은 스웨덴의 conventional farming과 organic farming에 따른 우유의 전과정평가를 실시하였다. Organic farming에서 살충제와 인의 사용을 줄임으로써 환경 영향을 줄일 수 있음을 보여주었다. Hospido 등(2003)은 스페인 Galicia의 우유에 대해서 전과정평가 연구를 실시하였다. 1 L의 포장된 유제품을 기능단위로 설정하였고, farm과 dairy공장으로 나누어서 상세하게 보여주었다. 이외에도 우유의 CIP (Cleaning-In-Place)의 공정에 대한 환경영향평가를 한 연구결과가 있다(Eide et al, 2003). 전통적인 방법과 효소처리, 산 처리, 알칼리 처리로 4가지를 비교해보았을 때 전통적인 방법이 가장 많은 에너지를 사용함을 알 수 있었다.

Berlin(2002)은 스웨덴에서 제조되는 치즈에 대해서 조사하였다. 치즈의 전과정평가 결과 1 kg 치즈를 만드는 데 8.8 kg CO_2가 발생하는데, 우유가 생산되기까지 8.3 kg CO_2가 발생하고, 치즈를 만드는 공정에서는 0.4 kg CO_2가 발생하고, 0.05 kg의 CO_2는 소매업에서의 저장과 수송 때문에 발생하는 것을 보여줬다.

4. 결론

식품 산업부문에서 전과정평가를 이용한 연구는 주로 유가공품이나 포장소재에 관한 것이 대부분으로 전 산업차원에서는 아직까지 미흡한 형편이다. 기후변화에 따른 이산화탄소 발생량 감축 또는 에너지를 절감하기 위해서는 우선적으로 다양한 식품 제조과정에 대한 전과정평가가 요구되며, 특히 제조 또는 가공공정 중에서 얼마만큼의 CO_2가 배출되는지를 알아야 한다. 하지만 식품 산업 부문에서의 전과정평가를 이용한 CO_2 배출량 평가는 어려운 부분이 많다. 왜냐하면 식품 산업은 다양한 산업 부문(수송, 농업, 제조업 등)이 복합적으로 구성되어 있기 때문이다(Andersson 등, 1998). 그렇기 때문에 단순화를 위한 여러 가지 가정을 필요로 하고 이에 따른 시스템 경계를 설정하게 된다. 이런 요소들은 보다 정확한 평가를 하는 데에 어려움을 준다. 또한 각 과정에서 발생하는 이산화탄소 발생량에 대한 데이터의 신뢰도도 문제가 된다. 정확한 근거를 통한 데이터인지 추정치인지에 따라 결과에 큰 영향을 미치게 된다. 실제 산업현장으로부터 데이터를 수집할 때도 어려움이 따르는데 종종 목록분석을 통하여 식품회사의 기밀 사항이 공개적으로 누출될 수 있기 때문이다. 전과정평가법에 의한 분석 자료는 향후 식품 제조 과정에서 이산화탄소 발생량을 줄일 수 있는 방안을 도출하는 데 기본 자료로 쓰일 수 있다. 예를 들어 어떤 한 공정의 이산화탄소 발생량이 큰 경우, 에너지 소모량이 적은 신기술로 대체하거나 효율적인 공정관리를 통해서 이산화탄소 발생의 감축이 가능할 것이다. 나아가 온실가스와 관련된 환경 정책의 기초 자료로도 활용될 수 있으며, 식품회사들은 개선된 제조과정을 그린 마케팅의 소재로도 활용할 수 있을 것이다.

[감사의 글]

본 연구는 2011년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(10162기후식995)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1) International Organization for Standardization. 2006. ISO 14040, Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework.

2) International Organization for Standardization. 2006. ISO 14044, Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines.

4) 기상청. 2010. 쉽게 이해하고 간편하게 활용하는 Climate Change Handbook. <http://www.climate.go.kr/index.html>

5) Chris Hendrickson, Arpad Horvath, Satish Joshi and Lester Lave (1998) Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment. Environ Sci Technol 32(7):184A-191A

6) 한국은행. 2006a. 환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구. <http://www.bok.or.kr/down.search?file_path=/attach/kor/589/2008/11/1225890002677.pdf&file_name=환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구.pdf>

7) 한국은행. 2006b. 환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구(2). <http://www.bok.or.kr/down.search?file_path=/attach/kor/589/2008/11/1225889919082.연구결과보고서(환경산업연관표).pdf&file_name=[계간국민계정 2006년 제2호]논고-환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구.pdf>

8) Hunt RG, Franklin WE (1996) LCA- How it Came About - Personal Reflections on the Origin and LCA in the USA. Int J LCA1(1):4-7

9) Andersson K, Ohlsson T, Olsson T (1998) Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. J Cleaner Production 6(3-4):277-288

10) Andersson K, Ohlsson T (1999) Including Environmental Aspects in Production Development: A Case Study of Tomato Ketchup. Lebensm-Wiss u-Technol 32(3):134-141

11) Andersson K (2000) LCA of Food Products and Production Systems. Int J LCA 5(4):239-248

12) Talve S (2001) Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer. Int J LCA 6(5):293-298

13) Cordella M, Tugnoli A, Spadoni G, Santarelli F, Zangrando T (2008) LCA of Italian Lager Beer. Int J LCA 13(2):133-139

14) Koroneos C, Roumbas G, Gabari Z, Papagiannidou E, Moussiopoulos N (2005) Life cycle assessment of beer production in Greece. J Cleaner Production 13(4)433-439

15) Chu DS, Kwon HK, Kim JG, Lee JH. (2008) Environmental Impacts Assessment of the Wheat Flour Production Process Using the Life Cycle Assessment Method. J Env Hlth Sci 34(1):62-69

16) Hwang TY, Yoon SY (2007) Case Study on the Life Cycle Assessment of the Packaged Bean-curd in Food Industry. Korean J Organic Agriculture 15(3):277-290

17) Eide MH (2002) Life Cycle Assessment (LCA) of Industrial Milk Production. Int J LCA 7(2):115-126

18) Cederberg C, Mattsson B (2000) Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. J Cleaner Production 8(1):49-60

19) Hospido A, Moreira MT, Feijoo G (2003) Simplified life cycle assessment of galician milk production. Int Dairy J 13(10):783-796

20) Eide MH, Homleid JP, Mattsson B (2003) Life cycle assessment (LCA) of cleaning-in-place processes in dairies. Food Sci Technol 36(3):303-314

21) Berlin J (2002) Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. Int Dairy J 12(11):939-953