

## 식품생산체계의 수명주기평가를 위한 기능단위설정과 기준흐름량분석

오남철, 김원국

본문에서는 식품생산체계에 대한 수명주기평가를 진행할 때 제기되는 기능단위 설정과 기준흐름량분석에 대하여 서술하였다.

### 1. 식품생산체계의 수명주기평가를 위한 기능단위설정

식품생산체계의 수명주기평가에서 기능단위설정은 최근년간 주요한 연구대상으로 되고있다.[1-5] 일반적으로 기능단위는 평가하려는 체계의 기본기능을 반영하여야 한다.

식품의 수명주기평가에 대한 선행연구[1, 3, 6-11]를 분석하여보면 대부분이 기능단위로서 단위생산량(1kg 또는 1m<sup>3</sup>)을 리용하였다. 이것은 기능단위에 대한 충분한 이해가 부족하고 식품의 기본기능인 질적인 측면보다 보조적기능인 량적인 측면을 기능단위 설정에 고려한것과 관련된다고 볼수 있다. 따라서 단위생산량에 기초한 기능단위는 식품의 기본기능을 반영하지 못할뿐아니라 평가결과에 큰 영향을 줄수 있다. 또한 일부 선행연구[4, 6]에서는 생산되는 제품의 개수를 리용하여 기능단위를 설정하려는 시도도 있었지만 제품들의 특성이 각이하기때문에 평가결과의 믿음성을 담보할수 없었다.

식품의 기본기능은 인체에 필요한 영양물질을 공급하는것이다. 식품은 영양물질공급외에도 에네르기공급, 맛 등을 비롯한 기타 기능을 가지고있다고 볼수 있다. 바로 그렇기때문에 기능단위를 이러한 질적측면들을 반영하여 구체적으로 설정하여야 한다.

일반적으로 영양성분은 탄수화물, 비타민, 광물질, 필수아미노산, 지방, 단백질 등과 같은 요소들로 이루어져있다. 이러한 식품의 영양성분과 열량을 리용하여 기능단위를 설정하면 보다 정확한 평가결과를 얻을수 있다. 이를 위하여 식품의 량, 지방, 단백질, 탄수화물 등을 비롯한 제품의 영양성분을 반영한 질관련기능단위( $FU_{\text{질}}$ )를 다음과 같이 설정할수 있다.

$$FU_{\text{질}} = F \cdot \frac{Fa + Pr + Ca}{X + Y + Z} \quad (1)$$

여기서  $F$ 는 식품량(kg),  $Fa$ ,  $Pr$ ,  $Ca$ 는 각각 식품에 들어있는 지방, 단백질, 탄수화물의 량(g/kg)이며  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ 는 사람이 하루에 섭취해야 할 지방, 단백질, 탄수화물의 량(g/d)이다. 따라서 기준흐름량은 위의 영양성분들을 만족하면서 하루에 섭취해야 할 식품량으로 표시된다.

선행연구[7]에 의하면 사람은 하루에 10 415kJ의 열량이 필요한데 그가운데서 지방, 단백질, 탄수화물을 각각 25%, 21%, 54%의 비율로 섭취하는것이 좋다. 즉 지방 38.8kJ/g 이므로 하루에 66.9g, 단백질 17.9kJ/g이므로 하루에 121.8g, 탄수화물 17.1kJ/g이므로 하루에 328.5g을 섭취하는것이 좋다.

또한 열량관련기능단위( $FU_{\text{열}}$ )를 사람이 하루에 섭취해야 할 열량에 준하여 다음과 같이 설정할수 있다.

$$FU_{\text{열}} = F \cdot \frac{Cal}{Cal_d} \quad (2)$$

여기서  $Cal$ 은 식료품의 열량(kJ/kg)이며  $Cal_d$ 는 약 10 415kJ/d로서 사람이 하루에 섭취해야 할 열량이다. 따라서 기준흐름량은 하루에 섭취해야 할 열량을 만족하는 식료품량으로 설정될 수 있다.

한편 제품의 경제적가치가 기능단위의 기초로 리용된다면 서로 다른 제품류형들을 비교평가할 수 있다. 경제적가치는 제품가격을 통하여 해당 제품의 질을 반영하므로 제품들사이의 비교평가에서 효과적으로 쓰일 수 있다. 제품의 경제적가치를 기능단위의 기초로 리용하는 데서 제기되는 문제는 제품의 가치가 시공간적으로 변할 수 있다는 데 있다.

총적으로 보면 식료품체계의 수명주기평가에서 량관련기능단위외에 론문에서 제기한 질관련기능단위, 열량관련기능단위, 가격관련기능단위를 리용할 수 있다.

## 2. 각이한 기능단위설정에 따르는 기준흐름량분석

론문에서는 식료품체계의 수명주기평가를 위하여 설정된 각이한 기능단위에 따르는 기준흐름량분석을 진행하였다. 기준흐름량분석에 리용되는 몇가지 식료품의 100g당 영양성분함량 및 가격을 표에 제시하였다.

표. 식료품의 100g당 영양성분함량 및 가격

제품명	열량/kJ	단백질/g	지방/g	탄수화물/g	가격/원
식료품 1	1 658	10.0	7.50	72.10	1 000
식료품 2	1 751	10.0	8.90	74.68	1 250
식료품 3	1 353	10.3	5.14	59.00	1 550

기능단위들을 비교하기 위하여 량관련기능단위를 식료품 1 000kg, 질관련 및 열량관련기능단위를 하루에 섭취해야 할 영양성분과 열량을 고려하여 1 000d, 가격관련기능단위를 천만원으로 각각 설정하였다.

론문에서 제기한 각이한 기능단위를 리용하여 계산한 식료품체계의 기준흐름량을 그림에 제시하였다.

그림에 보여준것처럼 설정된 질관련 및 열량관련기능단위당 식료품들의 기준흐름량은 식료품에 포함되어있는 영양성분과 열량에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다. 실례로 식료품 3인 경우 100g속에 포함되어있는 영양성분과 열량이 기타 식료품에 비하여 작으므로 기준흐름량은 다른 식료품들에 비하여 비교적 많다. 이것은 량관련기능단위를 리용할 때와 질관련 및 열량관련기능단위를 리용할 때의 평가결과에 영향을 주며 환경영향의 크기에도 서로 차이날 수 있다는 것을 보여준다.

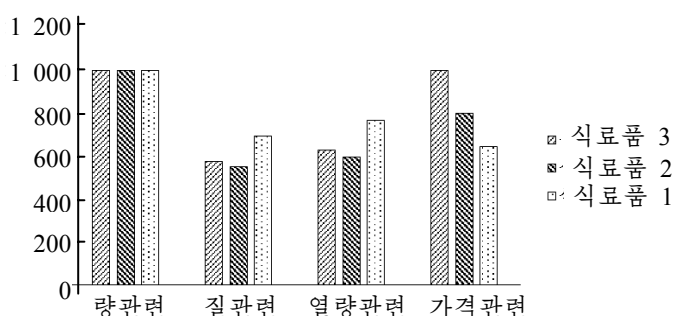


그림. 각이한 기능단위에 대한 식료품체계의 기준흐름량(kg)

그림. 각이한 기능단위에 대한 식료품체계의 기준흐름량(kg)

한편 인체생리학에 의하면 단백질, 지방, 탄수화물과 같은 영양성분들과 열량사이에는 밀접한 관계가 있으며 열량계로 식료품의 열량을 측정할 수 없는 조건에서는 영양성분의 량을 리용하여 열량을 계산할 수 있다.

그러므로 식료품들사이의 비교수명주기평가에서 질관련기능단위 또는 열량관련기능단

위를 리용할수 있다. 반면에 가격관련기능단위와 기타 기능단위당 기준흐름량은 일정한 규칙성이 없다. 실례로 식료품 1과 식료품 2는 질관련, 열량관련, 가격관련기능단위당 기준흐름량에서 상관관계를 나타내지만 식료품 3에 대하여서는 그렇지 못하다. 물론 제품의 질이 가격에 반영되는것은 사실이지만 식료품에 들어있는 모든 영양성분들을 기능단위에 반영하는것은 쉽지 않으므로 기준흐름량들사이에는 일정한 차이가 있을수 있다.

분석결과는 설정한 기능단위에 따라 평가체계의 기준흐름량이 달라지며 따라서 수명주기평가결과에 비교적 큰 영향을 줄수 있다는것을 보여준다.

그러므로 식료품체계의 수명주기평가를 진행하기 전에 평가체계의 기본기능을 구체적으로 분석하여야 하며 논문에서 제기한 기능단위들가운데서 합리적인 기능단위를 평가에 적용하여야 한다.

## 맺 는 말

질관련, 열량관련, 가격관련기능단위는 식료품생산체계의 수명주기평가에 효과적으로 적용될수 있으며 식료품체계의 환경영향의 크기를 정량적으로 비교평가할수 있다. 그러나 논문에서 제기한 기능단위를 리용하기에 앞서 평가목적과 제품체계의 기능을 구체적으로 분석하고 합리적인 기능단위를 설정하여야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] P. Roy et al.; Journal of Food Engineering, 90, 1, 2009.
- [2] W. T. Chen et al.; Journal of Cleaner Production, 104, 139, 2015.
- [3] A. Hospido et al.; Int. J. Life Cycle Assess, 15, 44, 2010.
- [4] M. C. Heller et al.; Environ. Sci. Technol., 47, 12632, 2013.
- [5] G. Bertoluci et al.; Journal of Cleaner Production, 64, 234, 2014.
- [6] I. Arzoumanidis et al.; Journal of Cleaner Production, 149, 406, 2017.
- [7] K. Bartl et al.; Environ. Sci. Technol., 46, 9872, 2012.
- [8] T. Ponsioen et al.; Journal of Cleaner Production, 153, 457, 2017.
- [9] H. M. G. van der Werf et al.; Journal of Cleaner Production, 94, 394, 2015.
- [10] T. Garnett; Journal of Cleaner Production, 73, 10, 2014.
- [11] N. Jakrawatana et al.; Journal of Cleaner Production, 134, 633, 2016.

주체109(2020)년 7월 5일 원고접수

## Functional Unit Definition and Reference Flow Analysis for Life Cycle Assessment in Foodstuff Production Systems

*O Nam Chol, Kim Won Guk*

This article described the functional unit definition and reference flow analysis in applying a life cycle assessment methodology to foodstuff production systems.

Keywords: life cycle assessment, foodstuff production, functional unit, reference flow