

# 경제적 영양섭취를 위한 식품구성 모형

류 시 원\*

본 연구에서는 한정된 가계비에서 식품비를 최소화할 필요가 있다는 전제 하에 영양학적으로 제시된 영양권장량, 기초식품군, 식단표 등과 시장에서의 구매가능 여부, 한국인이 상용으로 섭취하는 식품들과 그들의 가격 등을 제약조건으로 고려하여 가능한한 최소의 식품비로 영양학적으로 바람직한 일일 섭취 가능한 식품의 구성을 산출하는 선형계획 모형을 공식화하고, 실제 자료에 의한 최적해를 산출하여 분석하였다.

이러한 모형은 저소득 계층의 경제적이고 영양가 있는 식생활을 유도할 수 있는 유용한 모형이라 할 수 있으며, 최저식품비 산출 모형으로 응용하여 최저생계비 계층에도 유용할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 계절성과 지역성을 고려하지 않았으나 모형의 변형, 모수분석 및 민감도 분석을 통하여 보다 실용성 있는 모형으로 응용할 수 있다.

## I. 서 론

인간은 건강하고 행복한 생활을 유지하기 위하여 요구되는 적정량의 영양소를 섭취하여야 한다. 그러므로 각국에서는 식용 가능한 식품에 대한 성분을 분석하고 영양권장량을 설정하여 국민의 건강 유지에 기초자료를 제공하고, 국민영양조사를 통한 영양지도를 실시하며, 그에 대한 적절한 식품수급을 위한 대책을 마련하고 있다.

우리나라에서는 한국영양학회의 감수로 1980년부터 '한국인의 영양권장량'을 설정하여

제시하고 있으며, 1989년에는 연령별, 체중별로 에너지, 단백질, 칼슘, 철분, 비타민 A, 비타민 B1, 비타민 B2, 나이아신, 비타민 C, 비타민 D 등 10개 영양소에 대한 '한국인 1일 권장량'을 제시하고 있으며, 분석된 식품의 일반 성분, 무기질 및 비타민 함량 등을 제시하고 있다(한국보건사회연구원, 1989).

또한 보건사회부에서는 식품위생법 제70조의 규정과 국민영양개선령 및 동 시행규칙에 의거하여 '국민영양실태조사'를 실시하여 국민의 건강상태와 영양섭취 상태를 파악함으로써 국민의 영양개선 및 건강증진의 시책을 강구하

\* 한국보건사회연구원 주임연구원

고 있다(보건사회부, 1989).

농촌경제연구원에서는 세계식량기구(FAO)의 권고에 따라 1960년대부터 식품 및 영양수급 조건표인 '식품수급표'를 작성하여 국민에게 공급되는 식품의 수급 상황과 1인 1일당 영양공급량 등을 제시하여 식품수급 정책, 국민영양 및 식생활 개선을 위한 연구자료로 제시하고 있다(한국농촌경제연구원, 1992).

이러한 국가적 영양 및 식량 공급대책은 국민 전체를 대상으로 한 총체적 관점에서 기본적으로 필요하며 개개인의 영양 상태, 식습관, 영양 환경, 경제적 수준 등을 고려하여 국민 개개인의 경우에 맞는 영양지도 방안이 마련되고 이를 적극 지원할 수 있는 전달체계가 마련되어야 한다. 영양상태가 정상적이지 못하거나 주의가 요구되는 환자, 정상적이지만 위험이 예상되는 자, 정상인 등을 구분하여 영양관리 대책이 마련되어야 한다.

상기의 기초적인 자료에 근거하여 국민 개인에 대한 영양관리 방안은 영양관리 전문가의 상담, 급식 개선 등으로 이어지고 있다.

지금까지 주요 연구대상은 주로 특수한 집단(운동선수, 환자, 단체급식자 등)을 대상으로 이루어지고, 그 결과를 필요로 하는 자에게 보다 용이하게 전달될 수 있도록 개인용 컴퓨터에 의한 정보 시스템도 구축하여 제시되고 있다.(이기열 외 5인 1987), (문수재, 이영미, 1986). 그러나 이러한 연구들은 식품의 가격을 고려하지 않고 있어서 비경제적인 식품을 구성할 수도 있다.

영양학적으로 판단할 때 위험집단 및 주요집단에 대한 관심의 집중은 당연하나 경제적으로 위험에 처하여 있는 집단들, 즉 영양상태가 악화될 가능성이 있는 집단인 저소득 계층에 대한 경제적 식품구성을 제시하는 것도 국가적인

차원에서 중요한 과제라 할 수 있다.

그러나 질, 지역, 계절에 따른 식품의 가격변동, 식품공급 양상 변화, 식단변화 등의 급격한 변화에 따른 민감한 조치를 할 수 있는 적절한 모형을 갖지 못하였다.

본 연구에서는 한정된 가계비에서 식품비를 최소화할 필요가 있다는 전제 하에 영양학적으로 제시된 영양권장량, 기초식품군, 식단표 등과 시장에서의 구매가능 여부, 한국인이 상용으로 섭취하는 식품들과 그들의 가격 등을 제약조건(制約條件)으로 고려하여 가능한 한 최소의 식품비로 영양학적으로 바람직한 일일 섭취 가능 식품의 구성을 산출하는 모형을 제시하였다.

그러므로 식품비 지출을 최소로 하며 영양권장량을 만족하고, 한국인의 상용 식습관을 고려한 일일 식품구성을 도출하여 제시함으로써 국민들(특히 저소득층)의 경제적이고 건전한 영양섭취를 유도하고 최저 식품비 산출을 위한 기초를 마련하고자 하였다.

## II. 선형계획모형 수립

이상에서 저소득 계층의 경제적이며 영양가 있는 식품섭취를 위한 식품구성의 최적화 필요성을 인식하고 국민영양권장량, 기초식품군, 상용식품 등을 제약조건으로 하여 식품비를 최소화하는 수리적 모형인 선형계획모형(Linear Programming model, LPM)을 설정하였다.

### 1. 적용범위 및 자료구성

본 연구에서는 경제적이고 영양학적인 최적 식품구성 모형을 제시하는 데 일차적인 목적을 두었으며, 그 실용성을 검토하기 위하여 관련 자료를 수집하여 해를 구하고 분석하여 보았다.

자료의 수집에 있어서는 가격변동 요인인 식품의 질, 계절, 지역성 등을 무시하고, 그 대상을 한국의 농촌 성인 남자로 하였다. 그러나 이러한 가정들은 사후 분석을 통하여 해결 가능하다.

사용한 자료들은 정부 및 연구기관에서 조사 연구된 것으로 다음과 같다.

- 농촌 표준가구의 식료품 마켓 바스켓의 단위당 가격(부 37세, 모 33세, 1자 8세, 2자 5세 단위 : 원/g)
- 영양권장량(64kg, 20~49세, 1인 1일)
- 기초식품군(64kg, 20~49세, 1인 1일)
- 식단표(64kg, 20~49세, 1인 1일)
- 식품분석표

① 농촌 표준가구의 식료품 단위당 구매가격  
 식료품 가격은 품질, 계절, 구매 단위, 지역에 따라 차이가 있으나 본 연구에서는 이들을 고려하지 않았으며, 농촌 표준가구의 식료품 마켓 바스켓(부 37세, 모 33세, 1자 8세, 2자 5세)의 72가지 식품에 대한 단위당 가격을 사용하였다(안창수 외, 1989 : p. 72~77).

② 한국인 성인 1일 영양권장량

영양권장량은 체중 64kg, 20~49세의 1인 1일 권장량을 기준으로 하였다(한국보건사회연구원, 1989 : 11).

③ 기초식품군

한국인의 상용 식품류를 총괄적으로 선정하고 각 식품에 함유되어 있는 주요 영양소를 근거로 다섯 가지 기초식품군으로 분류하여 구성한 기초식품군(한국보건사회연구원, 1989 : 86~87)

④ 식단표

기초식품군에서 대부분의 상용 식품들이 포함되어 있으나 항상 양념이나 기본 반찬으로 들어가는 상용 식품(한국보건사회연구원, 1989 : 90)을 추가함으로써 보다 실용성을 높이고자 하였다.

**Table 1. Recommended Dietary Allowances for Koreans(Fifth Revision, 1989)**

한국인 성인 1인 1일 영양권장량 (64kg, 20~49세)

| Items      | Unit | Amount |
|------------|------|--------|
| Energy     | Kcal | 2,500  |
| Protein    | g    | 75     |
| Calcium    | mg   | 600    |
| Iron       | mg   | 10     |
| Vitamin A  | R.E  | 700    |
| Thiamin    | mg   | 1035   |
| Riboflavin | mg   | 1.50   |
| Niacin     | mg   | 16.50  |
| Vitamin C  | mg   | 55     |

⑤ 식품분석표

국내의 식용 식품에 대하여 일반 성분, 주요 무기질 및 비타민 함량을 분석한 표(한국보건사회연구원, 1989 : 94~143)를 사용

**2. 모형의 설정**

이상의 자료 수집을 통하여 농촌의 성인 남자의 영양권장량을 만족하고 상용 식품 및 기본 식단에 들어가는 식품을 만족하도록 최소의 비용으로 식품을 구매하여 섭취하는 선형계획 모형을 다음과 같이 설정하였다.

① 선형계획모형

선형계획모형은 '일일 식품비 지출'을 최소화하는 목적함수, 영양권장량에 의한 영양소별 제약조건, 기초식품군 제약조건, 식단 제약조건을 고려하여 다음과 같이 설정하였다.

목적함수(최소화)  $Z=CX$   
 제약조건 :  
 $AX \geq B$   
 and  $X \geq 0$

$C_{72 \times 1}$  : 식품가격 벡터(vector)(원/그램)

$X_{1 \times 72}$  : 식품 구매 수량(결정변수)

$A_{30 \times 72}$  : 식품별 각 영양소의 함유량

$B_{1 \times 30}$  : 영양권장량( $B_1 \sim B_9$ )  
기초식품군 제약의 하한선( $B_{10} \sim B_{23}$ )  
식단표 제약의 하한선( $B_{24} \sim B_{30}$ )

### 가. 영양소별 제약조건

‘농촌의 표준가구 식료품 마켓 바스켓표’의 72가지 식품에 대하여 ‘한국인의 영양권장량’에서 제시하는 9가지 영양소(에너지, 단백질, 칼슘, 철분, 비타민 A, 비타민 B<sub>1</sub>, 비타민 B<sub>2</sub>, 비타민 C)별 영양권장량을 기준으로 한 제약조건(72개 식품은 다음과 같으며, 이들의 단위당 가격 및 영양소 함유량은 참고문헌 참고 바람) : 라면, 밀가루, 밀국수, 보리(납작), 식빵, 쌀(통일), 엿기름, 카스테라, 흰떡, 감자, 고구마, 당면, 백설탕, 연두부, 완두콩, 콩나물, 붉은 팥, 깨소금, 마가린, 옥배유, 참기름, 가지, 고구마줄기, 말린 통고추, 풋고추, 깻잎, 당근, 마늘, 무우, 배추, 상치, 생강, 시금치, 양배추, 양파, 오이(개량종), 옥수수(백옥), 토마토, 호박(개량종), 김(강진), 미역(말린 것), 굴, 딸기(개량종), 사과(홍옥), 수박, 참외, 포도, 닭고기, 돼지고기, 소고기, 우유, 계란, 고등어(생 것), 굴, 콩치, 동태, 멸치(큰), 말린 멸치, 북어, 새우젓, 생선묵, 오징어(생 것), 칼치, 홍합(말린 것), 소고기 다시다, 식초, 조선간장, 후추가루, 막걸리, 소주, 콜라

- ① 에너지
- ② 단백질
- ③ 칼슘
- ④ 철분
- ⑤ 비타민 A
- ⑥ 비타민 B1
- ⑦ 비타민 B2
- ⑧ 나이아신

### ⑨ 비타민 C

#### 나. 기초식품군 제약조건

한국인의 상용 식품류를 총괄적으로 선정하고 각 식품에 함유되어 있는 주요 영양소를 근거로 다섯 가지 기초식품군으로 분류하여 구성한 기초식품군에 대한 제약조건

#### ① 단백질 급원 식품군

- 고기 및 생선류  
: 돼지고기(VAR50)+고등어(VAR54)>=150
- 알류 : 달걀(VAR11)>=50
- 콩류 및 콩 제품  
: 대두(VAR15)+된장(VAR17)>=30  
두부(VAR14)>=130

#### ② 칼슘 급원 식품군

- 우유 및 유제품 : 우유(VAR52)>=200
- 뼈째 먹는 생선 : 방어포(VAR58)>=10

#### ③ 무기질 및 비타민류 급원 식품군

- 녹색채 채소류 : 쪽갓(VAR26)+깻잎(VAR27)+당근(VAR34)>=110
- 담색 채소류 : 무우(VAR16)+콩나물(VAR29)+배추김치(VAR30)>=250
- 과일 : 포도(VAR48)>=200

#### ④ 당질 급원 식품군

- 곡류(보리밥)  
: 쌀(VAR6)+보리(VAR4)>=230
- 곡류(분식)  
: 국수(VAR3)+식빵(VAR5)>=190
- 감자류  
: 고구마(VAR10)+감자(VAR11)>=300

#### ⑤ 지방 급원 식품군

- 유지류  
: 종실유(VAR19)+마가린(VAR20)>=60
- 깨소금 : 깨소금(VAR18)>=3

#### 다. 식단 제약조건

기초식품군에서 대부분의 상용 식품들이 포함되어 있으나, 양념이나 기본 반찬으로 상용 섭취하는 식품을 반드시 포함하지는 않는다. 그러므로 식단 제약조건을 두어 일상적 기본 반찬으로 섭취하는 식품을 포함하는 제약조건을 다음과 같이 설정하였다.

- ① 무우 : 무우(VAR29)  $\geq 20$
- ② 당근 : 당근(VAR27)  $\geq 20$
- ③ 양파 : 양파(VAR36)  $\geq 80$
- ④ 배추 : 배추(VAR30)  $\geq 20$
- ⑤ 간장 : 간장(VAR68)  $\geq 1$
- ⑥ 마늘 : 마늘(VAR28)  $\geq 1$
- ⑦ 고추 : 고추(VAR24)  $\geq 1$

### 3. 가정(假定)의 타당성

선형계획모형에서는 비례성, 가산성, 가분성, 결정성 등의 기본 가정이 따르는데(Bazarra, Jarvis and sherli, 1990), 이러한 가정들이 본 모형에 있어서 타당한지를 분석하여 보면 다음과 같다.

#### 가정 1. 비례성(proporportionality)

① 식품의 구매는 비례적으로 이루어진다. 즉 가격의 할인이 없다.

실제로 식품의 구매에 있어서 대량구매에 따른 할인이 가능하다. 그러나 식품은 대체로 부패성이며, 일반 가정에서는 식품의 저장공간, 저장방법 등의 한계로 지나친 할인의 효과를 누리기는 어렵다. 또한 식품의 가격변동은 계절적 및 지역적으로 가능한 것을 전제로 하였으므로 본 가정은 무리가 없다고 할 수 있다.

가정의 한계를 극복하기 위하여 매개변수 분석(parametric analysis)를 통하여 안정된 가격의 범위를 제시할 수도 있다.

② 각 식품에 함유된 영양소는 식품의 양에 비례한다.

또한 식품의 성분 분석 결과는 정밀한 검사에 의한 것이므로 신뢰할 수 있으며, 식품의 양이 증가함에 따라 함유된 영양소도 비례적으로 증가한다고 할 수 있다.

일부 영양학자들은 영양권장량의 신뢰성을 낮게 평가하고 있으나 현실적으로 가능한 유일한 자료이며 추후 더 신뢰성이 있는 자료가 제시되면 보완될 수 있다.

#### 가정 2. 가산성(additivity) : 총식품비는 개개의 식품비용의 합과 같다.

i번째 영양소와 관련된 제약식의 총비용에 대한 기여는 각 식품의 개별적인 기여의 합과 같다. 즉 식품들간의 상호작용 효과가 없다. 부연하면 어떤 영양소를 가지는 여러 다른 식품들을 혼합하여 섭취할 때 식품들의 함유된 영양소들간의 대체 또는 상호작용을 하여 특정 식품의 영양소 함량이 다른 식품의 것과 대체하든가 상쇄하는 경우가 발생하지 않는다.

대부분의 상용 식품들은 이러한 가산성의 가정을 만족시켜 준다.

그러나 주류 또는 담배 등과 같은 불건강 식품은 체내에 들어가서 '비타민 C' 등 각종 영양소들을 파괴하므로 동시에 섭취한 다른 식품의 영양소를 감소시키는 것과 같은 결과를 가져와서 가산성의 가정을 기각할 수 있다.

#### 가정 3. 가분성(divisibility) : 모든 식품은 분할 가능하다.

모든 식품이 완전히 분할구매 가능하지는 않다. 그러나 일일 필요량 이상의 구매가능 최소단위가 일일 필요량을 초과하더라도 일시적으로 저장하였다가 차후에 섭취가능하므로 현실적으로 불가능한 가정은 아니라고 할 수 있다.

가정 4. 확정적(deterministic) :  $d$ ,  $a_{ij}$ ,  $b$ , 등의 계수들은 모두 알려져 있다.

$c_j$ ( $j$ 식품의 가격) : 시장가격으로서 계절과 지역에 따라 변동적이나 계절과 지역을 구분하여 고려함으로써 가격변동에 따른 문제를 해결할 수 있다. 그 해결방법으로는 주기적으로 지역에 따른 사후 분석(post-optimal analysis)을 통하여 유의미한 결과를 도출할 수 있다.

$a_{ij}$ ( $j$ 식품의  $i$ 영양소 함유량),  $b_i$ ( $i$ 영양소 권장량) : 연중(年中) 또는 수년 동안 크게 변동될 여지가 없으므로 확정성의 가정을 만족한다.

#### 4. 입력자료의 적절성

본 연구에서 사용한 자료(영양권장량, 식품별 영양가 구성, 식품의 가격)는 정부의 주도하에 연구기관, 학계가 연계하여 작성한 것이므로 정확하고, 충분히 신뢰할 수 있다.

그러나 식품의 가격은 1989년 이후 조사된 것이 없으므로 적시성이 없는 것으로 나타나고 있다. 그러므로 1989년 이후 가격은 변동하였으나 각 식품들간의 상대적인 가격 차이는 크게 변하지 않았다는 가정을 한다면, 본 연구의 결과는 목적이 도출되는 결과를 해석하는 데 있는 것이 아니고 모형을 제시하는 데 있으므로 가격 변동 및 기본자료의 변동에 따른 문제는 추후 모형을 사용할 시에 충분히 고려하여 사용함으로써 해결 가능하다.

### III. 실험

이상의 과정과 공식화 과정을 통하여 작성된 '선형계획모형'을 수리 및 통계적 모형을 지원하는 소프트웨어인 STORM(Personal Version 3.0)에 의하여 PC(386SX)실행하였으며, 최적해를 구하는 데 소요된 총 반복횟수(number of

iterations)는 93회, 총 소요시간(total elapsed time)은 20초가 소요되었다.

### IV. 결과 분석

STORM을 이용하여 수정단체법(revised simplex method)으로 문제의 해를 구하여 보면 다음과 같이 최적해가 구하여졌다.

상기(上記)한 최적해를 영양학자들이 제시한 기초식품군과 비교하여 특징적인 결과를 살펴보면 다음과 같다.

① 당질 식품군에서 곡류 : 제시된 식품군에서는 쌀과 보리를 선택적으로 구성하도록 제시하고 있으나 현재 한국인의 주식(主食)인 쌀이 기저변수(basic variable)에 들어있지 않다. 즉 쌀이 가격과 영양소 함유량에서 보리(VAR 4)에 밀려난 것을 알 수 있다.

② 무기질 및 비타민 식품군에서 녹황색 채소류는 썩갯, 깻잎, 당근 중 선택적 구성을 제시하고 있으나 최적해에서는 깻잎, 당근만 기저변수에 들어있다. 특히 깻잎이 90g으로 당근 20g보다 훨씬 더 많은 값을 가지므로 가격 및 영양소에서 녹황색 채소류 중 깻잎이 가장 우월성을 갖는 것으로 나타났다.

### V. 사후 분석

기본 모형에서 분석한 결과에 대하여 가격 변동, 기술계수인 각 식품의 영양소 함유량의 새로운 발견, 새로운 식품의 출현 및 그에 따른 식습관의 변화 등의 발생에 의하여 모형의 효과를 사후 분석(post-optimal analysis)하는 것이 필요하다. 모수 분석(parametric analysis) 및 민감도 분석(sensitivity analysis) 결과를 분석하면 다음과 같다.

**Table 2. The optimal Solutions by LPM**

선형계획모형에 의한 최적 식품구성 결과

Objective Function Value : 1,090.69(Won)

(Unit : g, Won)

| Basic Variables    |            |           |                    |           |           |
|--------------------|------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
| Food               | Amounts    | Unit Cost | Food               | Amounts   | Unit cost |
| Barley, pressed    | 230.00     | 0.50      | Garlic             | 1.00      | 2.00      |
| Bread              | 190.00     | 0.50      | Radish             | 170.00    | 0.15      |
| Sweet potatoes     | 150.00     | 0.31      | Cabbage, Korean    | 80.00     | 0.17      |
| Soybean, curd      | 30.00      | 0.44      | Onion              | 20.00     | 0.14      |
| Peas               | 130.00     | 0.59      | Apple, HONG OK     | 200.00    | 1.00      |
| Toasted sesame pw. | 3.00       | 5.98      | Cow's milk, fluid  | 200.00    | 0.90      |
| Corn oil           | 60.00      | 1.42      | Hen's egg whole    | 50.00     | 1.00      |
| Red pepper, dried  | 1.00       | 3.30      | Mackerel, fresh    | 150.00    | 0.70      |
| Wild sesame leaf   | 90.00      | 0.28      | Small sardine(dry) | 10.00     | 2.62      |
| Carrot             | 20.00      | 0.35      | Soya souce         | 1.00      | 0.55      |
| Slack Variables    |            |           |                    |           |           |
| Constraints        | Amounts    | Unit Cost | Constraints        | Amounts   | Unit cost |
| Energy             | 288,725.00 | 0.00      | Thiamin            | 170.44    | 0.00      |
| Protein            | 11,015.50  | 0.00      | Riboflavin         | 197.15    | 0.00      |
| Calcium            | 89,566.00  | 0.00      | Niacin             | 8,590.80  | 0.00      |
| Iron               | 5,459.80   | 0.00      | Vitamin C          | 10,875.00 | 0.00      |
| Vitamin A          | 396,915.00 | 0.00      | Radish             | 150.00    | 0.00      |

1. 모수 분석

가. 특정식품의 양(量) 증가에 대한 분석

현재 비기저변수  $X_j$ 를 한 단위 더 증가시킬 때(다른 변수들의 활동수준 변화를 보상하면서) 목적함수를 변화시키는 양(量), 즉 수정비용(reduced cost,  $C_j$ )을 분석하였다.

기저변수들은 이미 목적함수에 포함되어 있으므로 수정비용이 '0'이며 활동을 증가시키더라도 더 이상 목적함수를 변화시키지 않는다. 그러나 비기저변수들은 수정비용의 크기는 각각 상이하지만, 모두 양(positive)의 값을 가지

므로, 만약 이들을 증가시키면 목적함수 값을 증가시켜서 최적성(optimality)을 해친다.

이러한 수정비용 분석의 용도는 기저해를 이루는 변수들 이외에 추가적으로 활동에 참여할 변수들을 찾을 때 유용하며 이때 가장 작은 값을 갖는 변수들을 우선적으로 선택하면 된다. (본 연구의 경우에는 최소화 문제이므로, 최대화 문제에서는 양(positive)으로 가장 큰 수정비용 값을 갖는 변수를 선택해야 한다.)

본 연구에서 획득한 최적해에서 식품의 수를 증가시키는 대안을 고려한다면, 수정비용이 가

장 적은 VAR 48(포도)의 추가를 우선적으로 고려할 수 있다.

비기저변수의 수정비용을 기준한 모수 분석 결과를 크기순으로 나열하면 <표 3>과 같다.

**Table 3. Reduced Cost of Non-basic Variables**

비기저변수의 수정비용

(Unit : Won)

| Variable | Cost   | reduced cost | Variable | Cost | reduced cost |        |    |       |       |
|----------|--------|--------------|----------|------|--------------|--------|----|-------|-------|
| 98       | CONSTR | 26           | 0.00     | 0.02 | 63           | VAR    | 63 | 0.83  | 0.83  |
| 99       | CONSTR | 27           | 0.00     | 0.07 | 56           | VAR    | 56 | 0.83  | 0.83  |
| 48       | VAR    | 48           | 1.07     | 0.07 | 86           | CONSTR | 14 | 0.00  | 0.90  |
| 10       | VAR    | 10           | 0.42     | 0.11 | 46           | VAR    | 46 | 0.95  | 0.95  |
| 3        | VAR    | 3            | 0.61     | 0.11 | 71           | VAR    | 71 | 0.97  | 0.97  |
| 97       | CONSTR | 25           | 0.00     | 0.14 | 57           | VAR    | 57 | 1.00  | 1.00  |
| 89       | CONSTR | 17           | 0.00     | 0.15 | 11           | CONSTR | 11 | 0.00  | 1.00  |
| 35       | VAR    | 35           | 0.16     | 0.16 | 18           | CONSTR | 18 | 0.00  | 1.00  |
| 6        | VAR    | 6            | 0.72     | 0.22 | 44           | VAR    | 44 | 1.33  | 1.33  |
| 34       | VAR    | 34           | 0.53     | 0.25 | 22           | CONSTR | 22 | 0.00  | 1.42  |
| 2        | VAR    | 2            | 0.27     | 0.27 | 22           | VAR    | 22 | 1.43  | 1.43  |
| 38       | VAR    | 38           | 0.28     | 0.28 | 65           | VAR    | 65 | 1.50  | 1.50  |
| 88       | CONSTR | 16           | 0.00     | 0.28 | 19           | VAR    | 19 | 2.93  | 1.51  |
| 93       | CONSTR | 21           | 0.00     | 0.31 | 67           | VAR    | 67 | 1.56  | 1.56  |
| 25       | VAR    | 25           | 0.33     | 0.33 | 49           | VAR    | 49 | 1.70  | 1.70  |
| 31       | VAR    | 31           | 0.34     | 0.34 | 32           | VAR    | 32 | 1.87  | 1.87  |
| 33       | VAR    | 33           | 0.36     | 0.36 | 64           | VAR    | 64 | 2.00  | 2.00  |
| 37       | VAR    | 37           | 0.36     | 0.36 | 101          | CONSTR | 29 | 0.00  | 2.00  |
| 40       | VAR    | 40           | 0.36     | 0.36 | 62           | VAR    | 62 | 2.05  | 2.05  |
| 16       | VAR    | 16           | 0.53     | 0.38 | 50           | VAR    | 50 | 2.80  | 2.10  |
| 84       | CONSTR | 12           | 0.00     | 0.44 | 42           | VAR    | 42 | 2.22  | 2.22  |
| 70       | VAR    | 70           | 0.45     | 0.45 | 8            | VAR    | 8  | 2.25  | 2.25  |
| 23       | VAR    | 23           | 0.50     | 0.50 | 9            | VAR    | 9  | 2.50  | 2.50  |
| 91       | CONSTR | 19           | 0.00     | 0.50 | 87           | CONSTR | 15 | 0.00  | 2.62  |
| 92       | CONSTR | 20           | 0.00     | 0.50 | 12           | VAR    | 12 | 2.67  | 2.67  |
| 39       | VAR    | 39           | 0.53     | 0.53 | 102          | CONSTR | 30 | 0.00  | 3.30  |
| 100      | CONSTR | 28           | 0.00     | 0.55 | 59           | VAR    | 59 | 4.00  | 4.00  |
| 17       | VAR    | 17           | 1.00     | 0.56 | 60           | VAR    | 60 | 4.00  | 4.00  |
| 7        | VAR    | 7            | 0.59     | 0.59 | 61           | VAR    | 61 | 4.00  | 4.00  |
| 85       | CONSTR | 13           | 0.00     | 0.59 | 51           | VAR    | 51 | 5.00  | 5.00  |
| 47       | VAR    | 47           | 0.61     | 0.61 | 55           | VAR    | 55 | 5.33  | 5.33  |
| 72       | VAR    | 72           | 0.65     | 0.65 | 21           | VAR    | 21 | 7.93  | 7.93  |
| 13       | VAR    | 13           | 0.70     | 0.70 | 66           | VAR    | 66 | 5.00  | 5.00  |
| 82       | CONSTR | 10           | 0.00     | 0.70 | 95           | CONSTR | 23 | 0.00  | 5.98  |
| 1        | VAR    | 1            | 0.75     | 0.75 | 69           | VAR    | 69 | 12.00 | 12.00 |
| 43       | VAR    | 43           | 0.83     | 0.83 | 41           | VAR    | 41 | 15.00 | 15.00 |

Note) VAR : legitimate variable

CONSTR : slack variable



### 나. 잠재가격 분석

자원 A의 공급능력이 한 단위 추가됨으로써 발생하는 목적함수 값의 증가량은 자원 A의 공급능력의 잠재가격이다. 즉 잠재가격은 자원 A의 공급능력의 가치를 나타낸다.

각 자원에 대한 제약조건식(制約條件式)의 잠재가격의 값을 계산하여 보면 다음과 같다.

영양권장량에 관한 제약식(制約式)에서는 여유변수의 값이 양(positive)으로 나타났고, 그 결과 잠재가격은 모두 '0'의 값을 갖는다. 기초식품군 및 식단표 제약식에서는 잠재가격이 모두 양(positive)으로 나타나서 추가 구입에 따른 비용이 발생한다. 그러므로 기초식품군 및 식단표의 식품들에 대한 기준을 상향 조정하는 것은 바람직하지 않은 것으로 분석된다.

**Table 4. Shadow price of Constraints**

잠재가격 분석결과 (Unit : g, Won)

| Constraint | Type   | RHS            | Shadow Price |
|------------|--------|----------------|--------------|
| 10         | CONSTR | 10 >= 150.0000 | 0.7000       |
| 11         | CONSTR | 11 >= 50.0000  | 1.0000       |
| 12         | CONSTR | 12 >= 30.0000  | 0.4400       |
| 13         | CONSTR | 13 >= 130.0000 | 0.5900       |
| 14         | CONSTR | 14 >= 200.0000 | 0.9000       |
| 15         | CONSTR | 15 >= 10.0000  | 2.6200       |
| 16         | CONSTR | 16 >= 110.0000 | 0.2800       |
| 17         | CONSTR | 17 >= 250.0000 | 0.1500       |
| 18         | CONSTR | 18 >= 200.0000 | 1.0000       |
| 19         | CONSTR | 19 >= 230.0000 | 0.5000       |
| 20         | CONSTR | 20 >= 190.0000 | 0.5000       |
| 21         | CONSTR | 21 >= 150.0000 | 0.3100       |
| 22         | CONSTR | 22 >= 60.0000  | 1.4200       |
| 23         | CONSTR | 23 >= 3.0000   | 5.9800       |
| 25         | CONSTR | 25 >= 20.0000  | 0.1400       |
| 26         | CONSTR | 26 >= 80.0000  | 0.0200       |
| 27         | CONSTR | 27 >= 20.0000  | 0.0700       |
| 28         | CONSTR | 28 >= 1.0000   | 0.5500       |
| 29         | CONSTR | 29 >= 1.0000   | 2.0000       |
| 30         | CONSTR | 30 >= 1.0000   | 3.3000       |

Note) RHS : Right-hand Side

## 2. 민감도 분석

선형계획모형의 최적해는 문제의 해결을 위한 출발점이라 할 수 있으며 그에 기초하여 제약조건의 변화, 기술계수의 변화 등 민감도 분석을 하여야 한다

### 가. 비용계수에 대한 민감도 분석

비용계수에 대한 민감도 분석 결과는 다음의 <표 5>와 같으며, 현재의 최적해를 유지하면서 각 변수의 비용계수를 변동시킬 수 있는 범위가 허용 최저치(Allowable Minimum)과 허용 최대치(Allowable Maximum)로 계산되어 있다. 비기저변수들은 변동 가능한 상한선 무한대로 나타나서 전혀 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며 이는 직관적인 생각과 일치한다. 또한 기저변수들의 변동 가능한 상·하한선은 시장가격의 변동범위에 따른 소비자의 식품구성 허용 수준을 제시하여 실질적으로 유용한 자료가 될 수 있다.

### 나. 우변상수에 대한 민감도 분석

우변상수의 변화에 대한 목적함수 값의 변화는 잠재가격으로 나타나며 민감도 분석 결과는 다음의 <표 6>과 같다.

## VI. 결 론

이상에서 인간의 최소한의 영양권장량과 이들을 지원하는 기초식품군 및 식단표 등을 충분히 고려하면서 식품비용을 최소화하는 식품의 구성을 산출하는 선형계획모형을 공식화하고, 실제 자료를 적용하여 최적해를 구하고 분석하여 보았다.

이러한 모형은 저소득 계층의 경제적이고 영양가 있는 식생활을 유도할 수 있는 유용한 모형이라 할 수 있다. 또한 자료구성과 모형을

**Table 5. Sensitivity Analysis for the Activity Coefficients**

비용계수에 의한 민감도 분석 결과

| Variable | Current<br>Coeff. | Allowable<br>Minimum | Allowable<br>Maximum | Variable | Current<br>Coeff. | Allowable<br>Minimum | Allowable<br>Maximum |
|----------|-------------------|----------------------|----------------------|----------|-------------------|----------------------|----------------------|
| VAR 1    | 0.7500            | 0.0000               | Infinity             | VAR 37   | 0.3600            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 2    | 0.2700            | 0.0000               | Infinity             | VAR 38   | 0.2800            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 3    | 0.6100            | 0.5000               | Infinity             | VAR 39   | 0.5300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 4    | 0.5000            | 0.0000               | 0.7200               | VAR 40   | 0.3600            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 5    | 0.5000            | 0.0000               | 0.6100               | VAR 41   | 15.0000           | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 6    | 0.7200            | 0.5000               | Infinity             | VAR 42   | 2.2200            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 7    | 0.5900            | 0.0000               | Infinity             | VAR 43   | 0.8300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 8    | 0.2500            | 0.0000               | Infinity             | VAR 44   | 1.3300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 9    | 2.5000            | 0.0000               | Infinity             | VAR 45   | 1.0000            | 0.0000               | 1.0700               |
| VAR 10   | 0.4200            | 0.3100               | Infinity             | VAR 46   | 0.9500            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 11   | 0.3100            | 0.0000               | Infinity             | VAR 47   | 0.6100            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 12   | 2.6700            | 0.0000               | 0.4200               | VAR 48   | 1.0700            | 1.0000               | Infinity             |
| VAR 13   | 0.7000            | 0.0000               | Infinity             | VAR 49   | 1.7000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 14   | 0.4400            | 0.0000               | Infinity             | VAR 50   | 2.8000            | 0.7000               | Infinity             |
| VAR 15   | 0.5900            | 0.0000               | 1.0000               | VAR 51   | 5.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 16   | 0.5300            | 0.1500               | Infinity             | VAR 52   | 0.9000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 17   | 1.0000            | 0.4400               | Infinity             | VAR 53   | 1.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 18   | 5.9800            | 0.0000               | Infinity             | VAR 54   | 0.7000            | 0.0000               | 2.8000               |
| VAR 19   | 2.9300            | 1.4200               | Infinity             | VAR 55   | 5.3300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 20   | 1.4200            | 0.0000               | 2.9300               | VAR 56   | 0.8300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 21   | 7.9300            | 0.0000               | Infinity             | VAR 57   | 1.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 22   | 1.4300            | 0.0000               | Infinity             | VAR 58   | 2.6200            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 23   | 0.5000            | 0.0000               | Infinity             | VAR 59   | 4.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 24   | 3.3000            | 0.0000               | Infinity             | VAR 60   | 4.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 25   | 0.3300            | 0.0000               | Infinity             | VAR 61   | 4.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 26   | 0.2800            | 0.0000               | Infinity             | VAR 62   | 2.0500            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 27   | 0.3500            | 0.2800               | 0.3500               | VAR 63   | 0.8300            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 28   | 2.0000            | 0.0000               | Infinity             | VAR 64   | 2.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 29   | 0.1500            | 0.0000               | Infinity             | VAR 65   | 1.5000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 30   | 0.1700            | 0.1500               | Infinity             | VAR 66   | 5.0000            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 31   | 0.3400            | 0.0000               | 0.1700               | VAR 67   | 1.5600            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 32   | 1.8700            | 0.0000               | Infinity             | VAR 68   | 0.5500            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 33   | 0.3600            | 0.0000               | Infinity             | VAR 69   | 12.0000           | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 34   | 0.5300            | 0.2800               | Infinity             | VAR 70   | 0.4500            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 35   | 0.1600            | 0.0000               | Infinity             | VAR 71   | 0.9700            | 0.0000               | Infinity             |
| VAR 36   | 0.1400            | 0.0000               | Infinity             | VAR 72   | 0.6500            | 0.0000               | Infinity             |

**Table 6. Sensitivity Analysis of the RHS**

우변상수에 대한 민감도 분석 결과

(Unit : g)

| Constraint | Type  | Current Value | Allowable Minimum | Allowable Maximum |
|------------|-------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1 CONSTR   | 1 >=  | 2,500.0000    | -Infinity         | 291,225.0000      |
| 2 CONSTR   | 2 >=  | 70.0000       | -Infinity         | 11,085.5000       |
| 3 CONSTR   | 3 >=  | 600.0000      | -Infinity         | 90,166.0000       |
| 4 CONSTR   | 4 >=  | 10.0000       | -Infinity         | 397,615.0000      |
| 5 CONSTR   | 5 >=  | 700.0000      | -Infinity         | 171.6900          |
| 6 CONSTR   | 6 >=  | 1.2500        | -Infinity         | 198.6500          |
| 7 CONSTR   | 7 >=  | 1.5000        | -Infinity         | 8,607.3000        |
| 8 CONSTR   | 8 >=  | 16.5000       | -Infinity         | 10,930.0000       |
| 9 CONSTR   | 9 >=  | 55.0000       | -Infinity         | Infinity          |
| 10 CONSTR  | 10 >= | 150.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 11 CONSTR  | 11 >= | 50.0000       | 0.0000            | Infinity          |
| 12 CONSTR  | 12 >= | 30.0000       | 0.0000            | Infinity          |
| 13 CONSTR  | 13 >= | 130.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 14 CONSTR  | 14 >= | 200.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 15 CONSTR  | 15 >= | 10.0000       | 0.0000            | Infinity          |
| 16 CONSTR  | 16 >= | 110.0000      | 20.0000           | Infinity          |
| 17 CONSTR  | 17 >= | 250.0000      | 100.0000          | Infinity          |
| 18 CONSTR  | 18 >= | 200.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 19 CONSTR  | 19 >= | 230.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 20 CONSTR  | 20 >= | 190.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 21 CONSTR  | 21 >= | 150.0000      | 0.0000            | Infinity          |
| 22 CONSTR  | 22 >= | 60.0000       | 0.0000            | Infinity          |
| 23 CONSTR  | 23 >= | 3.0000        | 0.0000            | Infinity          |
| 24 CONSTR  | 24 >= | 20.0000       | -Infinity         | 170.0000          |
| 25 CONSTR  | 25 >= | 20.0000       | 0.0000            | Infinity          |
| 26 CONSTR  | 26 >= | 80.0000       | 0.0000            | 230.0000          |
| 27 CONSTR  | 27 >= | 20.0000       | 0.0000            | 110.0000          |
| 28 CONSTR  | 28 >= | 1.0000        | 0.0000            | Infinity          |
| 29 CONSTR  | 29 >= | 1.0000        | 0.0000            | Infinity          |
| 30 CONSTR  | 30 >= | 1.0000        | 0.0000            | Infinity          |

특정집단에 적용시키고 기존의 영양학적으로 연구된 모형들과 결합하여 구축함으로써 그들에 대한 경제적인 영양섭취를 유도하는 데 유용하게 사용할 수 있다.

또한 최저 식품비 산출 모형으로 응용할 수 있으며 최저 생계비 계측에 유용할 것으로 기대된다.

그러나 본 연구는 이러한 모형적 의의가 있음에도 불구하고 많은 한계점을 갖고 있다.

첫째, 계절성과 지역성을 고려하지 않았으며, 또한 일일의 식단도 때(아침, 점심, 저녁)에 따라 다르고 매일 상이한 식단을 구성하는 현실 상황을 정확히 고려하지 않았다. 이는 적절한 자료의 수집과 그에 따른 모형의 변형이나, 모수 분석 및 민감도 분석 등을 통하여 극복 가능하다고 할 수 있다.

둘째, 식품의 섭취가 가족별로 이루어지는 점을 고려하지 않았다. 가족구성 단위에 따라 통합적인 모형으로 조정하여 가족단위의 최적해를 구하는 연구가 이루어짐으로써 보다 실용성을 높일 수 있다.

본 연구는 경제적 최적 식품구성 및 최저 식품비 산출에 수리적 모형을 적용하여 보다 합리적인 결과를 산출하고자 하였으며, 많은 실용적 한계를 내포하고 있다.

그러나 실제 응용에 있어서 이러한 한계는 충분히 극복할 수 있으며, 이러한 모형을 바탕으로 국민의 올바른 식생활을 유도하는 방안을 마련하고, 언론 및 통신매체 등의 정보기술을 적극적으로 활용하여 경제적이고 영양학적인 식품구성에 대한 정보를 필요로 하는 국민들에게 용이하게 전달하는 노력이 계속되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 문수재·이영미, 식사관리와 영양평가를 위한 영양 교육 프로그램의 전산화 연구, 한국영양학회지, 1986.
- 보건사회부, 국민영양조사보고서, 1989
- 안창수 외, 최저 생계비 계층조사 연구, 한국보건사회연구원, 1989.
- 이기열 외 5인, 전산화를 통한 한국인 식생활 개선방안 연구, 한국영양학회지, 제20호, 제1회 1987.
- 추휘석, 수리계획법, 서울, 경문사, 1981.
- 한국농촌경제연구원, 식품수급표, 1992.
- 한국인구보건연구원 편, 한국인의 영양권장량, 고문사, 1989.
- Bazaraa, mokhtar, John J. Jarvis and hanif D. Sherli, *Linear Programming and Network Flows*,(2nd. end.), John Wiley & Sons, 1990.
- Emmons, hamilton et al, *STORM Personal Version 3.0*, User's Manual, 1992