

## 명일엽 가공산물의 대사 에너지 함량 평가

김은미<sup>1§</sup> · 최진호<sup>2</sup> · 최금부<sup>3</sup> · 여익현<sup>3</sup>

한국식품연구원,<sup>1</sup> 영남대학교 생명공학부,<sup>2</sup> (주)풀무원<sup>3</sup>

### The Evaluation of Metabolizable Energy of Angelica Keiskei (Angelica utilis Makino) Products

Kim, Eunmi<sup>1§</sup> · Choi, Jinho<sup>2</sup> · Choi, Kumbuu<sup>3</sup> · Yeo, Ikhyun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Sungnam 463-746, Korea

<sup>2</sup>Yongnam University, College of Biotechnology, Kyungsan 712-749, Korea

<sup>3</sup>Pulmuone Co., Ltd, Seoul 120-749, Korea

#### ABSTRACT

We conducted comparative study on metabolizable energy content of extracts of angelica keiskei and its byproduct. Total six different groups consisting of five test groups treated with angelica keiskei and one control group were compared. Each of the five test groups were given 30% of one of whole plant, extracts, fermented of extracts, byproduct and extracts plus byproduct, respectively, mixed with AIN93M. After 3 days of adjustment period, all groups were subjected to 4 days of test period during which the amounts of feed intake and excretion were measured every-day. All feces were treated for the prevention of decomposition and changes before its energy content were measured using a bomb calorimeter. The amount of excretion was  $4.8 \pm 0.3$  g/rat/3 days in control group and 9.9–15.0 g/rat/3 days in the groups were added with extracts of angelica keiskei indicating that the angelica keiskei-treated groups produce 2–3 times more excretion. Metabolic energy of control diet was 4,133.3 kcal. This was found to be 15 to 20% higher compared with the metabolic energy content ranging from 3,117.0 kcal/kg (extracts of angelica keiskei) to 3,259.8 kcal/kg (extracts plus byproducts) angelica keiskei-treated groups. This is interpreted as the result of the decreased metabolic energy in the test diets were substituted with 30% of angelica keiskei-treated ingredient which has low metabolic content itself. One notable finding is that the metabolic content of the group mixed with byproducts and extracts (1,763.0 kcal/kg) is 27% higher than that of extracts of angelica keiskei (1,286.8 kcal/kg) indicating that mechanical grinding increases the rate of digestion and absorption increasing, in turn, the energy content used in the body. The results of analysis of overall caloric absorption showed absorption rate in order of Whole plant < extracts < byproduct < extract plus byproduct < fermented of extract. (Korean J Nutr 2010; 43(1): 5~11)

**KEY WORDS:** angelica keiskei, energy, fermented of extract.

## 서론

명일엽은 아열대 지방에서 자생하는 미나리과에 속하는 다년생 초본으로서 원산지는 일본이다. 이러한 명일엽은 1970년대 말에 우리나라에 수입되었으며, 신선초, 선삼초 또는 신립초 등으로 일컬어진다. 명일엽은 비타민과 무기질이 풍부하고,<sup>1)</sup> 생리활성물질인 각종 flavonoid, coumarin, saponin 등이 함유되어 있으며, 특히 유기 게르마늄이 많이 들어 있다고 보고<sup>2)</sup>되는 건강식품으로 주목받고 있는 녹색채소이다. 현재 알려진 명일엽의 효능은 고혈압, 당뇨 및 동맥경화 등 성인병에 효과가 있다고 알려졌으며, 최근에는 고지혈증 개선과 간독성 해독 등 생리활성이 있음이 보고되었다.<sup>3,4)</sup> 하지만 명일엽의 생리적 효능의 기작에 대한 연구가 아직은 미흡한 상태이고, 아울러 영양학적 가치평가 역시 연구가 매우 부족한 실정이다.

영양학적으로 식품의 에너지 함량은 균형된 영양 관리 측면에서 매우 중요하다. 일반적으로 식품의 에너지 함량 표현 체계로는 대사 에너지 (metabolizable energy, ME)가 가장 많이 사용되고 있는데, 이는 식품을 열량계로 태워 측정

접수일 : 2009년 12월 3일 / 수정일 : 2010년 1월 27일

채택일 : 2010년 2월 10일

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail: kem@kfri.re.kr

하는 총 에너지 (gross energy)에서 분 에너지 (fecal energy), 뇨 에너지 (urinary energy) 및 소화 과정에서 발생하는 가스 에너지 (gaseous energy)를 제거한 일반 대사에너지 (apparent metabolizable energy, AME)와 AME에서 대사성 분 에너지 (metabolic fecal energy)와 뇨 에너지 (metabolic urinary energy)가 제거된 순 대사에너지 (true metabolizable energy, TME)로 나뉜다.<sup>5-7)</sup> 일반적으로 식품의 대사에너지는 AME를 의미한다. 식품 성분표에서 사용하는 에너지 함량 계산에 사용되는 Atwater의 생리학적 연소열가 (energy conversion factor)는 이론적으로 AME와 같은 개념으로 알려져 있다.<sup>7)</sup>

몇몇 주요 식품군에 대해서 여러 가지 energy conversion factor들이 제시되어 있지만 최근에 건강식품으로 많이 소비되는 명일엽이나 명일엽 녹즙과 같은 식품의 대사에너지를 평가할 수 있는 방법은 현재까지 보고된바 없다. 그리고 명일엽과 관련 가공산물에 다량 함유되어 있는 식이섬유소에 의해 다른 식품에 비해서 소화흡수율이 매우 떨어질 것으로 여겨진다. 이러한 이유로 명일엽 녹즙의 에너지가는 여러 생리학적 연소열가로 계산한 수치보다 훨씬 낮을 것으로 예상된다. 실제로 소화율이 낮은 해조류에서 대사에너지 함량을 평가한 선행연구결과에서 생리학적 연소열가를 활용한 수치는 실험용 쥐를 이용한 대사에너지 함량과 매우 많은 차이가 있음이 보고되기도 하였다.<sup>8)</sup> 따라서 명일엽과 가공산물을 직접 실험동물을 이용하여 대사에너지를 측정하는 것은 건강식품으로서 명일엽 녹즙의 섭취가 증가하는 경향으로 보아 연구할 가치가 충분하다고 여겨진다.

또한 실험용 쥐를 이용한 대사에너지 함량 측정 방법에서 구하고자 하는 식품을 전량 급여하는 방법과 표준 식이에 일정부분 혼합하여 급여하는 방법이 있는데, 명일엽을 전량 급여하는 방법은 실험용쥐의 기호성 문제와 영양소 불균형으로 인한 문제점이 있다. 실제 기존 연구에서 전량급여 방법이 영양소의 불균형과 결핍을 유발하며 결국 대사에너지 측정에 오차를 초래할 가능성이 있다는 보고<sup>10-12)</sup>가 있어 AIN-93M을 기초사료로 하여 여기에 30%를 해당 명일엽 가공산물로 혼합하여 영양소 불균형에 의한 영향을 최소화 하였다.

현재 식품성분표에 제시된 명일엽의 에너지 함량은 340 kcal/kg이며, 이 수치는 energy conversion factor를 이용해 단순히 계산한 수치이다.<sup>9)</sup> 하지만 이수치는 앞서 언급한 것처럼 소화 흡수율이 전혀 고려되지 않아 과대 평가되었을 가능성이 매우 높은 것으로 여겨진다. 또한 명일엽을 전엽 형태로 섭취하기보다는 녹즙의 형태로 가공하여 섭취를 많이 하므로 이러한 가공에 의한 에너지 함량이 전혀 수목되지 않았다. 따라서 본 연구는 명일엽의 대사에너지 함량을 실험

용 쥐를 이용하여 정확히 평가하기 위해서 실시하였다. 아울러 최근 소비는 증가하는 경향이지만 전혀 보고가 되지 않은 명일엽 녹즙을 포함한 가공산물들의 대사에너지 함량도 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 설계 및 실험 식이

실험군은 총 6군으로 1군의 대조군과 명일엽, 명일엽녹즙, 명일엽 발효녹즙, 명일엽 녹즙박, 명일엽 녹즙 + 녹즙박으로 5개의 실험군으로 하였다. 각각의 실험군에 6마리의 쥐를 사용하였으며, 총 실험기간은 7일이었다. 이중 3일은 실험 사료에 대한 적응기간 이었고, 4일은 실험기간으로 모든 분과 뇨를 수거하고 해당 실험사료의 섭취량을 조사하였다. 본 연구를 위하여 Sprague Dawley종 실험용 흰쥐 8주령 체중 약 240~260 g의 수컷 rat 36마리를 실험동물로 사용하였다. 이들 쥐는 30 × 30 × 30 cm의 stainless steel 대사 cage (대종기기, 서울)에 개별 수용하여, 매일 일정시간에 사육관리를 하였다. 사육실의 채광은 전등으로 조절하였으며, 실내온도는 22 ± 2℃으로 유지 하였다. 물과 사료는 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 기타 사육은 일반 사육관리에 준하여 실시하였다.<sup>8,11)</sup>

### 실험시료의 준비

실험사료는 명일엽 녹즙, 발효 명일엽 녹즙, 녹즙박, 명일엽 전초, 명일엽 녹즙 + 녹즙박 5종류로 모두 동결 건조한 다음, 일정입자 크기 (100 mesh)로 pin mill을 사용하여 분쇄하였다. 모든 명일엽 원료는 (주)풀무원에서 제공받아 실험에 사용하였으며 시료 중 명일엽은 생물을 제공받아 수세 및 탈수 후 이물질 제거 후, 동결건조하여 분말로 만들어 사용하였다. 모든 시료는 수분흡수와 변화를 막기 위하여 -70℃의 냉동고 (Ilsin Lab Co.)에 보관하면서 실험원료로 사용하였다. 실험식이를 배합하기 전 최소 6~8시간 동안 풍건 시킨 후 실험시료로 사용하였다. 실험동물에 급여하는 실험식이는 AIN 93M 사료의 30%를 명일엽 원료로 대체하여 배합하였다 (Table 1).

### 분뇨의 채취 및 분뇨의 총에너지 (Gross energy) 함량 분석

식이의 섭취량과 분뇨의 배설량은 매일 일정한 시간 조사하였으며, 채취한 분은 부패방지를 위하여 0.5 N sulfuric acid를 분무한 후, 75℃의 열풍순환 건조기에서 48시간 건조한 다음, 분쇄하여 100 mesh screen을 통과하도록 입자의 크기를 일정하게 한 뒤 -10℃ 냉동고에 저장하였다. 채취한 뇨는 매일 무게를 재고 난후 0.1 N hydrogen chloride

를 2 mL씩 첨가한 후, 4℃ 냉장 보관하면서 분석시료로 사용 하였다.

시료와 분변의 에너지는 -10℃에 보관한 각 시료와 분들은 pelleting하여 무게를 정확히 칭량 (0.7~0.8 g)한 후 calorimeter용 수기에 넣어 연소시켜 총에너지 함량을 측정하였다. 뇨의 에너지 측정은 측정하기 전에 미리 calorimeter용 수기와 수기에 맞게 자른 filter paper (Whatmann No 4)의 무게를 측정한 다음, 4℃에 보관한 뇨를 filter paper에 pipet으로 일정량을 넣어 무게를 잰 후 열풍 건조기 (60℃)로 충분히 건조시켰다. 이를 adiabatic bomb calorimeter (Parr 1315, Parr Instrument, USA)로 완전 연소시켜 총 에너지 (gross energy) 함량을 측정하였다. 이때 calorimeter의 온도는 상온과 같게 조절하였으며 standard 물질은 benzoic acid (6307.9 kcal/g, Fisher Scientific Co., Moline)를 사용하였다.

실험사료의 일반 대사 에너지 (apparent metabolizable energy, AME)함량은 다음과 같은 공식을 이용하여 구하였다. 여기서 0.3은 실험사료의 대체비율 (30%)이다.

$$\text{AME (kcal/g)} = \frac{(\text{GEf} \times \text{X}) - \text{Yef}}{\text{Feed Intake (kg)}}$$

AME: Apparent metabolizable energy (kcal/kg)

GEf: 섭취한 실험식이의 kg당 Gross energy (kcal/kg)

X: 식이 섭취량

**Table 1.** Formulation of AIN93M

| Ingredients                | Normal diet |
|----------------------------|-------------|
| Corn starch                | 46.57       |
| Casein                     | 14.00       |
| Glucose                    | 15.50       |
| Sucrose                    | 10.00       |
| Soy oil                    | 4.00        |
| Cellulose                  | 5.00        |
| Mineral mix                | 3.50        |
| Vitamin mix                | 1.00        |
| L-cys                      | 0.18        |
| Cholin, bitata             | 0.25        |
| Lard                       | 0.00        |
| Bht <sup>1)</sup>          | 0.014       |
| Total                      | 100.00      |
| Analytical values          |             |
| Crude protein %            | 13.06       |
| AME, kcal/kg <sup>2)</sup> | 3,466       |

1) Stabilized by adding BHT (Chungang Chem Co. Ltd, Korea, Seoul) at level of 0.0125% the lard

2) Apparent Metabolizable Energy

Yef: 실험식이를 급여받은 실험용 흰쥐의 총 배설에너지 (분뇨의 총에너지, kcal)

AME per gram test ingredient (kcal/g) =

AME per gram basal diet +

$$\frac{\text{AME per gram test diet} - \text{AME per gram basal diet}}{0.3}$$

## 실험결과와 통계처리

본 실험의 모든 결과는 평균과 표준편차로 표시하였으며, one way analysis of variance에 의해 분산 분석 되었다. 각 평균간의 유의성 검정은 SAS의 Duncan's multiple range test로 유의수준 0.05에서 비교하였다.

## 결 과

### 사료섭취량, 분뇨의 배설량

실험동물의 사료섭취량 및 분뇨의 배설량은 Table 2와 같다. 전체적으로 실험군 간의 사료섭취량은 커다란 차이를 보이지 않았다. 그러나 분 배설량은 명일엽 실험군들이 일반 실험군에 비해 2~3배 많았다 ( $p < 0.05$ ). 이것은 명일엽이 섬유소가 많아 소화율이 다소 낮은 이유 때문으로 여겨진다. 뇨의 배설량은 실험군 간에 차이는 없었다.

### 실험사료, 분 및 뇨의 Gross energy

실험동물의 실험식이와 분뇨의 gross energy 함량은 Table 3과 같다. 본 실험에 사용한 기초사료의 gross energy는 4,133.3 kcal/kg이었다. 이 수치를 명일엽 첨가군의 수

**Table 2.** Dietary intake, fecal and urine of rats during balance study<sup>1)</sup>

| Dietary <sup>2,3)</sup> groups | Absorbed   | Loss                     |            |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------------|
|                                | Diet       | Feces                    | Urine      |
| ----- g/rat/3 days -----       |            |                          |            |
| Basal diet (BD)                | 79.7 ± 0.7 | 4.8 ± 0.3 <sup>c4)</sup> | 31.7 ± 3.5 |
| BD + AK                        | 79.1 ± 2.3 | 14.9 ± 0.8 <sup>a</sup>  | 43.8 ± 4.0 |
| ES                             | 75.2 ± 0.8 | 10.1 ± 0.8 <sup>b</sup>  | 47.3 ± 2.3 |
| FS                             | 81.9 ± 3.4 | 9.2 ± 0.9 <sup>b</sup>   | 44.9 ± 4.4 |
| SA                             | 82.2 ± 2.2 | 15.0 ± 0.8 <sup>a</sup>  | 25.7 ± 2.2 |
| ES + SA                        | 74.5 ± 6.9 | 9.9 ± 1.7 <sup>b</sup>   | 32.7 ± 6.0 |

1) All values were expressed as Mean ± SD

2) AK: *Angelica keiskei*, ES: the solution extracted from *Angelica keiskei* FS: Fermented solution extracted from *Angelica keiskei*, SA: Squeezed *Angelica keiskei*

3) The ingredients were added at a level of 30% by replacing total diet on a weight basis in the basal diet

4) Means carrying different letters within each dietary group column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test

치들과 비교하면 명일엽 첨가사료의 gross energy 함량이 3,831.0 (녹즙)~3,949.8 (녹즙박) kcal/kg로 기초사료 대비 15~20% 정도 낮았다. 이는 명일엽을 포함한 가공 제품들의 gross energy 함량이 낮아 이를 기초사료에 30% 첨가함에 따라 사료 자체의 gross energy 함량이 낮아진 것이다. 명일엽과 관련 시료들이 포함된 실험사료를 섭취한 실험군의 분 gross energy는 명일엽 관련 시료들이 소화율이 높지 않아 분으로 배설된 gross energy 함량이 기초사료에 비해 다소 많은 경향이었다. 이러한 명일엽과 그 가공산물들이 포함된 실험군의 분 gross energy 함량은 4,130 kcal/kg 수준에서 4,463 kcal/kg 수준까지 나타났다.

### 명일엽과 가공산물의 AME 함량

본연구의 실험군별 사료와 명일엽의 가공에 따른 해당 산물의 대사에너지 함량은 Table 4과 같다. 실험군별 사료는 기초사료에 각각 30%씩 명일엽 가공산물을 첨가하였다. 기초사료는 3,901 kcal/kg 수준의 대사에너지를, 명일엽 가공산물이 혼합된 실험사료는 3,117에서 3,344 kcal/kg의 대사에너지를 나타냈다. 이를 토대로 위에 언급한 공식에 대입하여 계산한 각 단일시료의 대사에너지는 명일엽 1,286.8 kcal/kg, 명일엽 녹즙 1,642.6 kcal/kg, 발효녹즙 2,044.8

kcal/kg, 녹즙박 1,687.5 kcal/kg, 명일엽 녹즙 + 녹즙박 1,763.0 kcal/kg이었다.

### 계수를 활용한 계산치와의 비교

본 실험에서 실제로 측정된 명일엽 시료군의 대사에너지 함량과 일반성분을 기초로 하여 에너지 전환계수로 계산한

**Table 4.** Estimation of apparent metabolizable energy (AME) contents of *Angelica keiskei* pretreated various methods<sup>1)</sup>

| Dietary groups <sup>2,3)</sup> | Dietary        | Single ingredients            |
|--------------------------------|----------------|-------------------------------|
| ----- kcal/kg dry matter ----- |                |                               |
| Basal diet                     | 3,901.3 ± 12.5 | —                             |
| BD + AK                        | 3,117.0 ± 28.6 | 1,286.8 ± 95.2 <sup>a4)</sup> |
| ES                             | 3,223.7 ± 42.9 | 1,642.6 ± 143.0 <sup>ab</sup> |
| FS                             | 3,344.4 ± 61.1 | 2,044.8 ± 203.8 <sup>b</sup>  |
| SA                             | 3,237.2 ± 43.4 | 1,687.5 ± 144.8 <sup>ab</sup> |
| ES + SA                        | 3,259.8 ± 48.0 | 1,763.0 ± 159.9 <sup>ab</sup> |

1) All values were expressed as Mean ± SD

2) AK: *Angelica keiskei*, ES: the soullion extracted from *Angelica keiskei* FS: Fermented solution extracted from *Angelica keiskei*, SA: Squeezed *Angelica keiskei*

3) The ingredients were added at a level of 30% by replacing total diet on a weight basis in the basal diet

4) Means carrying different letters within each dietary group colum are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test

**Table 3.** Gross energy of diet, feces and urine from rats fed ingredients as mixed diet<sup>1)</sup>

| Dietary <sup>2,3)</sup> groups | Ingredient     | Diet           | Feces           | Urine        |
|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| ----- kcal/kg dry matter ----- |                |                |                 |              |
| Basal diet                     | —              | 4,133.3 ± 84.0 | 3,921.2 ± 83.9  | 135.4 ± 12.1 |
| BD + AK                        | 3,791.4 ± 77.1 | 3,919.1 ± 79.6 | 4,173.6 ± 62.3  | 133.8 ± 22.4 |
| ES                             | 3,635.5 ± 73.9 | 3,831.0 ± 77.9 | 4,463.6 ± 154.5 | 151.7 ± 14.8 |
| FS                             | 3,522.5 ± 71.6 | 3,850.8 ± 78.3 | 4,266.0 ± 95.7  | 138.3 ± 22.1 |
| SA                             | 3,960.9 ± 80.5 | 3,949.2 ± 80.3 | 4,251.9 ± 49.9  | 139.9 ± 25.1 |
| ES + SA                        | 3,762.2 ± 76.5 | 3,849.7 ± 78.2 | 4,129.0 ± 173.3 | 132.0 ± 37.5 |

1) All values were expressed as Mean ± SD

2) AK: *Angelica keiskei*, ES: the soullion extracted from *Angelica keiskei*, FS: Fermented solution extracted from *Angelica keiskei*, SA: Squeezed *Angelica keiskei*

3) The ingredients were added at a level of 30% by replacing total diet on a weight basis in the basal diet

**Table 5.** Comparison between AME value of single ingredients in this experiment and the calculated values by various energy conversion factors

| Single ingredients             | AME by this experiment | by Rubner <sup>1)</sup> | by Atwater <sup>2)</sup> | by FAO <sup>3)</sup> | by SoCheun <sup>4)</sup> |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| ----- kcal/kg dry matter ----- |                        |                         |                          |                      |                          |
| AK                             | 1,286.8                | 2,048.5                 | 1,998.0                  | 2,050.7              | 1,950.6                  |
| ES                             | 1,642.6                | 2,729.4                 | 2,662.7                  | 2,739.7              | 2,596.0                  |
| FS                             | 2,044.8                | 2,728.2                 | 2,661.6                  | 2,740.4              | 2,594.1                  |
| SA                             | 1,687.5                | 1,961.0                 | 1,912.9                  | 1,965.6              | 1,866.4                  |
| ES + SA                        | 1,763.0                | 2,495.5                 | 2,434.4                  | 2,504.0              | 2,373.9                  |

1) Rubner's energy conversion factors are 4.1, 9.3, 4.1 kcal/g for protein, fat, carbohydrate, respectively

2) Atwater's energy conversion factors are 4, 9, 4 kcal/g for protein, fat, carbohydrate, respectively

3) FAO's energy conversion factors are 4.05, 8.37, 4.12 kcal/g for protein, fat, carbohydrate, respectively

4) ScCheun's energy conversion factors are 3.8, 9.3, 3.9 kcal/g for protein, fat, carbohydrate, respectively

**Table 6.** Comparison between AME value of dry and wet metter

| Dietary groups <sup>1)</sup> | Single ingredients            |                        |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|                              | - kcal/kg dry matter -        | - kcal/kg wet matter - |
| AK                           | 1,286.8 ± 95.2 <sup>a2)</sup> | 193.0 ± 14.3           |
| ES                           | 1,642.6 ± 143.0 <sup>ab</sup> | 82.1 ± 7.1             |
| FS                           | 2,044.8 ± 203.8 <sup>b</sup>  | 102.2 ± 10.2           |
| SA                           | 1,687.5 ± 144.8 <sup>ab</sup> | 270.0 ± 23.2           |
| ES + SA                      | 1,763.0 ± 159.9 <sup>ab</sup> | 211.6 ± 19.2           |

1) AK: *Angelica keiskei*, ES: the soultion extracted from *Angelica keiskei*, FS: Fermented solution extracted from *Angelica keiskei*, SA: Squeezed *Angelica keiskei*

2) Means carrying different letters within each dietary group column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test

에너지 함량을 비교한 결과는 Table 5에서와 같다. 전반적으로 에너지계수를 이용한 계산치가 실제의 대사에너지 함량과는 많은 차이가 났다. 이러한 차이는 각각의 시료마다 계산치가 10~67%정도 실제 측정된 대사에너지 함량보다 높게 나타났다. 전체적으로 본 연구에서 사용한 시료중 발효녹즙의 대사에너지 함량이 계산치와 가장 근접한 결과를 보였으며, 기타 명일엽 시료들의 대사에너지 함량은 계산치와 큰 차이를 보였다.

또한 건조된 명일엽 시료들의 에너지를 각각 원물로 환산한 결과는 Table 6에서와 같다. 원물로 환산한 대사에너지가는 원물의 수분 함유량에 많은 영향을 받았다. 수분함량이 높은 명일엽 녹즙이 원물로 환산한 에너지 함량은 가장 낮았다. 따라서 본 연구 결과는 섬유소 함량이 높은 특수한 식품의 에너지 값은 실험동물을 이용한 대사에너지를 직접 구해야 정확함을 알려준다.

## 고 찰

본 연구는 요즘 건강식품으로 많이 소비되고 있는 명일엽 녹즙을 포함한 가공 산물의 대사 에너지 함량을 조사하기 위해서 실시하였다. 그러나 명일엽과 녹즙을 포함한 가공산물들은 실험용 쥐들이 선호하지 않아 단일한 실험재료만의 섭취는 불가능하며, 이러한 실험상의 문제점을 해결하기 위해 AIN 93M 기초사료를 이용해 30%를 명일엽 가공산물들로 대체하여 실험을 실시하였다. 실제 기존 연구에서 전량 급여 방법이 영양소의 불균형과 결핍을 유발하며 결국 대사 에너지 측정에 오차를 초래할 가능성이 보고되었다.<sup>10)</sup> 이 방법은 비록 7일정도의 단기간 실험이지만 실험동물에게 비타민과 미네랄을 포함한 정상에 가까운 식이를 급여함으로써 실험동물의 대사를 정상적으로 유지하게 하면서 생리적 기능에 무리를 주지않고 대사에너지를 측정할 수 있어 매우

유용한 방법이다.<sup>8)</sup>

일반적으로 식품의 에너지 표현 체계로는 대사 에너지 (metabolizable energy, ME)가 가장 많이 사용되고 있으며, ME는 세분해서 일반 대사에너지 (apparent metabolizable energy, AME)와 순대사에너지 (true metabolizable energy, TME)가 있고, AME와 TME에서 질소를 보정한 질소보정 대사에너지 (AMEn 및 TMEn)이 있다.<sup>11,12)</sup> 식품에서의 에너지는 일반적으로 AME를 의미하며, 본 실험에서도 이를 근거로 명일엽과 관련 가공산물들의 AME를 구하였다.<sup>8)</sup> 또한 식품 성분표에 기재된 식품의 열량기도 해당 식품의 대사에너지를 의미한다. 일반 식품의 에너지 함량 계산에 사용되는 Atwater의 생리학적 연소열가 (energy conversion factor)는 이론적으로 AME와 같은 개념으로 알려져 있다.<sup>7)</sup> 하지만 energy conversion factor를 활용하여 계산한 식품의 열량가는 소화 흡수율이 높은 식품은 실제로 동물이나 사람실험을 통해서 구한 AME와 큰 차이가 없었지만 해조류와 같이 소화율이 낮은 식품에서는 동물실험을 통해서 구한 AME와 차이가 매우 심한 것으로 보고되었다.<sup>8)</sup>

본 연구결과, 명일엽과 가공산물이 함유된 실험사료의 대사에너지 함량은 기초사료, 명일엽, 녹즙, 발효녹즙, 녹즙박 및 녹즙 + 녹즙박 실험군이 각각 3,901, 3,117, 3,223, 3,344, 3,237 및 3,259 kcal/kg으로 나타났다. 이것을 토대로 계산한 명일엽, 녹즙, 발효녹즙, 녹즙박 및 녹즙 + 녹즙박의 대사에너지 함량은 각각 1,268, 1,642, 2,044, 1,687 및 1,763 kcal/kg으로 나타났다. 이는 선행연구<sup>8,11)</sup>에서 밥 4092.2 kcal/kg, 찰밥 4,448.9 kcal/kg, 식빵 4,014.6 kcal/kg, 라면 4,461.7 kcal/kg, 삶은감자 4,514.6 kcal/kg 등의 전분식품과 비교시 이들 식품의 30%정도의 에너지 함량이었으며, 해조류인 김 3,126.6 kcal/kg, 다시마 3,108.6 kcal/kg의 절반에 해당하는 낮은 대사에너지 함량을 나타냈다. 또한 미역 1,437.7 kcal/kg과는 유사한 수준의 대사 에너지 함량을 보였다. 특이한 것은 명일엽 박과 녹즙을 각각 합친 것 (1,763.0 kcal/kg)이 명일엽 (1,286.8 kcal/kg)보다 대사에너지 함량이 27% 높게 조사되어 녹즙을 추출하기위한 물리적 파쇄가 소화 흡수율을 증가시켜 체내에 이용되는 에너지 함량을 증가시키는 것으로 여겨진다. 또한 발효녹즙의 대사에너지 (2,044.8 kcal/kg)가 녹즙 (1,642.6 kcal/kg)보다 20% 높게 나타난 것도 명일엽 녹즙의 소화 흡수가 어려운 물질들이 발효과정을 통해 분해되어 일정부분 소화 흡수율을 증가시켜 대사 에너지를 증가시킨 것으로 여겨진다. 전반적으로 열량흡수 측면에서는 명일엽 < 명일엽 녹즙 < 명일엽박 < 명일엽녹즙 + 명일엽박 < 발효녹즙 순으로 낮은 것으로 조사되었다.

또한 명일엽 가공산물의 대사에너지는 지금까지 발표된 여러 에너지 환산계수를 대입하여 계산한 대사에너지 함량과도 많은 차이를 보였다 (Table 5). 선행 연구결과<sup>8,11)</sup>에서도 기존의 에너지 계수는 당질식품에는 비교적 정확한 계산치를 산출할 수 있으나, 명일엽과 같이 섬유소 함량이 높은 식품에는 실제 대사에너지 함량과 계산치가 다를 수 있음을 보여 주었다. 따라서 명일엽과 가공산물의 에너지 함량은 동물을 이용한 직접 분석만이 사용가능한 자료의 확보차원에서 가장 정확한 대사에너지 함량을 구할 수 있다. 본 연구는 비록 실험동물을 대상으로 실시한 에너지 대사실험으로 인체를 대상으로 실시한 실험과는 약간의 차이가 있을 것으로 본다. 하지만 선행연구<sup>11,12)</sup> 결과와 같이 실험동물의 소화율을 고려한 측정방법이 계수만을 적용한 계산방식에 비해 대사 에너지가의 정확성이 높은 대사 에너지 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다. 명일엽의 경우도 식품성분표에 발표된 열량가는 340 kcal/kg이었으며,<sup>9)</sup> 이는 energy conversion factor를 사용하여 계산한 수치이다. 하지만 본 연구에서 구한 명일엽 원물의 대사에너지 함량은 193 kcal/kg으로 조사되었다. 이는 식품성분표상의 수치보다 76% 낮은 수치였다. 이러한 결과는 섬유소 함량이 높은 식품은 별도의 energy conversion factor를 개발 및 적용해야 한다는 것을 암시하며, 이에대한 추가적인 많은 연구가 필요함을 의미한다. 하지만 energy conversion factor가 개발되기 전까지는 실제 동물이나 사람을 이용한 대사에너지를 평가하는 방법을 사용해야 할 것으로 보인다.

본 연구 결과, 다이어트 식품으로 소비량이 증가하는 명일엽 녹즙의 대사에너지 함량은 건조물 기준으로는 1,642 kcal/kg, 수분을 포함한 원물기준으로는 82.1 kcal/kg으로 분석되었다. 이것은 당질 식품보다 매우 낮은 에너지 함량으로 본래의 목적인 체중조절용 식품으로 활용이 충분할 것으로 보인다. 그 외 다른 명일엽 가공 산물들도 2,000 kcal/kg 미만의 낮은 대사에너지 함량을 보였다. 이러한 대사에너지는 성분분석을 통한 에너지 환산계수를 대입해서 구한 수치와 매우 많은 차이를 보였다. 각각의 시료마다 계산치가 10~67% 정도 실제 측정된 대사에너지 함량보다 높게 나타났다. 전체적으로 본 연구에서 사용한 시료중 발효녹즙의 대사에너지 함량이 계산치와 가장 근접한 결과를 보였으며, 기타 명일엽 시료들의 대사에너지 함량은 계산치와 큰 차이를 보였다.

## 요 약

본 연구는 명일엽과 그 가공산물의 대사에너지 함량을 분

석하기 위해 실시하였다. 명일엽 전초, 명일엽 녹즙, 녹즙박, 발효녹즙 및 녹즙 + 녹즙박 5가지 식품을 기초식이에 30% 첨가하여 실험식이를 제조하였다. 기초식이는 AIN93M을 사용하였다. 실험용 쥐는 실험군당 6마리를 사용하였고, 3일간 실험식이에 적응시킨후 4일간 식이섭취량을 측정하고 분과 뇨를 모두 수거하였다. 수거한 분과 뇨는 bomb calorimeter로 gross energy를 측정하였다. 본 연구결과, 명일엽 가공산물의 대사에너지 함량은 명일엽 1,286.8 kcal/kg, 명일엽 녹즙 1,642.6 kcal/kg, 발효녹즙 2,044.8 kcal/kg, 녹즙박 1,687.5 kcal/kg, 명일엽 녹즙 + 녹즙박 1,763.0 kcal/kg이었다. 수분을 함유한 원물은 각각 193, 82, 102, 270 및 216 kcal/kg이었다. 이를 여러 에너지환산계수를 이용한 에너지가와 비교한 결과 20~60% 차이를 보였다. 특히 원물에서 명일엽은 식품성분표에서는 340 kcal/kg의 열량가를 갖는 것으로 발표되었지만, 동물을 이용한 대사에너지 측정치는 193 kcal/kg으로 76% 낮게 나타났다. 이는 섬유소 함량이 높은 명일엽과 가공 산물들은 실험동물을 이용한 방법이 energy conversion factor로 계산한 수치보다 정확한 대사에너지 함량을 구하기에 더 적합하기 때문으로 판단된다.

## Literature cited

- 1) Chun SS, Park JC, Kim SH, Lee DY, Choi HM, Hwang EY. Changes in biologically active component of Angelica keiskei by cooking methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1988; 27: 121-125
- 2) Chung SY, Kim HW, Yoon S. Analysis of antioxidant nutrients in green yellow vegetable juice. *Korean J Food Sci Technol* 1999; 31: 880-886
- 3) Jeon EJ, Kim JS, Park YK, Kim TS, Kang MH. Protective effect of yellow-green vegetable juices on DNA damage in Chinese hamster lung cell using Comet assay. *Korean J Nutr* 2003; 36: 24-31
- 4) Kim JS, Kim HY, Park YK, Kim TS, Kang MH. The effects of green vegetable juice (Angelica Keiskei) supplementation on plasma lipids and antioxidant status in smokers. *Korean J Nutr* 2003; 36: 933-941
- 5) Chee KM, Park CH. Feeding trials to compare theoretical accuracy between apparent and true metabolizable energy systems in chick diets. *Korean J Nutr* 1992; 25 (7): 543-554
- 6) Farrel DJ. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. *Br Poultry Sci* 1978; 19: 303-308
- 7) Church DC, Pond WG. Basic animal nutrition and feeding. New York; Wiley; 1982. p.141-160
- 8) Kim EM, Woo SJ, Chee KM. A Study on estimation of metabolizable energy content in starch-foods and seaweeds. *Korean J Nutr* 1996; 29 (3): 251-259
- 9) National Rural Living Science Institute. Food Composition Table.

- Sixth Revision; 2001. p.108
- 10) Schneider A, Flatt D. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The university of georgia press: 1975. p.143-160
- 11) Kim EM, Woo SJ, Chee KM. A study on estimation of metabolizable energy content in crereal. *Korean J Nutr* 1996; 29(1): 50-58
- 12) Kim EM, Woo SJ, Chee KM. The effects of feed supplementation method, sex and weight of experimental animal on metabolizable energy value. *Korean J Nutr* 1995; 28(8): 717-726