

# 사료의 대사 에너지 측정 및 대사

## 에너지가에 영향을 미치는 요인

- I. 서론
- II. 대사에너지의 개념
- III. 대사에너지의 측정 방법
- IV. 산란계에 대한 대사에너지 측정
- V. 화학적 성분분석에 의한 대사에너지의 추정
- VI. 대사에너지가에 영향을 미치는 요인(문제점)
- VII. 요약
- VIII. 참고문헌

최진호

(서울대 농대 영양학 교실)

### IV. 산란계에 대한 대사 에너지 측정

산란계를 사용한 대사에너지(ME)측정에 관한 문헌은 그리 많지 않다. 지금까지 우리가 얻을 수 있는 사료의 대사에너지(ME)에 관한 자료는 거의 전부가 병아리를 사용하여 얻어진 것이며 이것을 산란계에 대해서도 그대로 적용하고 있는 바 병아리와 산란계의 사이에 큰 차이는 없을 것으로 기대할 수 있으나 어떤 사료성분에 대해서 산란계는 병아리보다 더 잘 이용될지도 모른다(27). Lodhi 등(18)은 4주령과 6주령의 병아리 및 성계에 대한 채종박의 ME를 측정한 결과 각각 1, 203, 1, 313, 1, 782Kcal/kg으로 나이가 증가함에 따라 채종박을 더 잘 이용함을 볼 수 있었다고 보고하였다. 그러나 2주령부터 16개월령 사이의 닭에 대해서 옥수수 ME함량은 나이에 따른 유의차가 없었다(34)는 보고도 있어 이점에 대해서 앞으로의 보다 많은 연구에 기대해야 하겠으나 Sell(27)은 병아리로부터 얻어진 데이터에 의지하는 것보다는 산란계 자체에 대해서 ME가를 측정 이용할 것을 권장하고 있다.

산란계를 사용한 ME측정 방법은 병아리를 사

용하는 방법과 별차이가 없겠으나 다만 고려의 대상이 되는 점은 질소균형에 대한 점이다. 성장 중의 병아리와 달리 성장이 완료된 성계에서는 질소의 계속적인 체내축적보다는 체단백질의 분해이용되는 양이 더 많아서 질소의 음균형(negative balance)을 형성하는 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 경우, 산란하는 닭에 있어서 계란의 단백질을 체단백질의 축적으로 간주한다면 양균형(positive balance)으로 볼 수도 있을 것이다. 이 경우 학자들에 따라서는 닭 자체에 축적된 질소량만을 따져서 보장하고 계란중의 단백질에 대해서는 질소에 대한 보장을 얹는 수도 있으나, Hill과 Renner(15)는 계란의 단백질이 배설된 것이라기 보다는 축적된 질소로 간주하였다. 즉, 섭취한 사료 질소량에서 배설물의 질소량만을 빼서 계산된 질소 축적량에 대해서 보정함으로써 사실상 계란의 질소에 대해서도 보정해 주었다. 그들은 이렇게 함으로써 산란율의 차이에 따른 번이를 배제할 수 있었으며 병아리와 산란계로부터 얻어진 ME를 직접 비교할 수 있었다고 주장했다. 뿐만 아니라 계란의 질소 함량을 분석할 필요도 없게 되는 것이다.

## V. 화학적 성분분석에 의한 대사 에너지의 추정

이상에서 여러학자들에 의하여 사료 ME가 를 측정하기 위하여 행하여 진 여러가지 방법을 알아 보았다. 그러나 생물학적 방법에 의한 ME 측정은 많은 시일과 경비를 요한다. 직접 가축에 대한 사양시험을 하지 않고 화학적, 성분분석에 의하여 ME를 어느 정도 정확하게 추정할 수 있다면 바람직한 일이며 특히 과거에 사용해 보지 않던 새로운 사료를 사용하게 되었을 때 더욱 이의 필요성을 느끼게 된다. 그러나 불행히도 간단한 조성분의 분석만으로는 ME를 추정하기 어려우며 Carpenter와 Clegg(8)에 의하여 조성분과 전분 및 당분의 함량으로 곡류 및 곡류부산물들의 에너지가를 추정하는 공식이 만들어진 것은 하나의 큰 성공이라 아니할 수 없다. 그들의 공식은

$$ME(Kcal/kg) = 53 + 38(\text{조단백질}\% + 2.25 \times \text{조지방}\% + 1.1 \times \text{전분}\% + \text{당분}\%)$$

이며, 이 공식에 의한 추정치와 생물학적으로 직접 측정된 ME가의 표준편차는  $\pm 190Kcal/kg$  또는 측정치의 약 5~8%였다고 한다. 이 공식은 전분과 당분대신 가용무질소물의 함량으로 계산되는 다른 비슷한 공식보다 훨씬 우수했다고 하나 풀종류와 같은 조성유함량이 높은 사료에 대해서는 그 정확성이 떨어졌다고 하며 어디까지나 곡류에 기초를 둔 것이므로 다른 사료에 대해서는 별로 적합하지 않다는 것이다.

Sibbald 등(32)은 87개의 표본에 대해서 조사한 결과 위의 공식은 Classical ME를 추정하는데 매우 정확하다는 것을 재확인 하였으며 질소 평형상태로 보정한 정확한 대사에너지의 추정을 위한 다음과 같은 또 하나의 공식을 제시했다.

$$ME(\text{고형물 gm당 Kcal}) = \frac{4.1 \times \text{전분} + 3.55 \times \text{당분} + 3.52 \times \text{조단백질} + 7.85 \times \text{조지방}}{\text{고형물}}$$

## VI. 대사 에너지가에 영향을 미치는 요인(문제점)

### 1. 나 이

동물의 나이에 따른 ME가의 변이에 대해서는 앞에서 언급한 바와 같이 연구자에 따라서 다소 다른 견해를 보이고 있으나 일반적으로 큰 변이를 보이지는 않지만 병아리와 산란계 사이에는 다소간 차이가 있을 수 있다. 특히 사료내에 독성물질 또는 성장억제인자가 존재할 경우 닭의 나이에 따라서 이물질에 대한 감수성이 다를 것이므로 이로 인해서 ME가도 다르게 나타날 것으로 예상할 수 있다<sup>27)</sup>.

### 2. 사료섭취량

Hill과 Anderson(14)은 자유급이시의 섭취량의 30~100% 사이의 여러수준으로 급여한 결과 ME가는 사료섭취량에 관계없이 비교적 일정했다고 보고하였다.

### 3. 사료의 물리적 형태

Reddy 등(25)은 전형적인 옥수수, 대두박, 여분중심의 완전배합된 사료를 가루상태와 펠릿상태로 각각 급여한 결과 ME함량은 펠릿상태로 급여한 구가 파운드당 평균 44kcal 높았으나 펠릿을 다시 분쇄하여 급여한 구는 가루로 급여한 구와 유의한 차이가 없었다. 그들은 이에 대한 가능한 설명을 얻기 위하여 개개의 병아리의 채식에 소요하는 시간을 측정한 결과 가루상태의 사료구에서는 총시간의 15%를 채식에 소비한데 비해 펠릿형태의 구에서는 4%밖에 소비하지 않았다고 보고하였다.

### 4. 공시물의 사료중 함량

사료중의 공시물의 함량이 너무 적을때 여겨서 산출된 ME가는 공시물 그 자체보다는 주위의 다른 요인에 의한 영향을 많이 받게 될 것이다. Sibbald 등(38)은 사료중 공시물의 함량은 직접 에너지의 이용에는 영향을 미치지 않으나

함량을 높임으로써 ME치(值)의 반복간 오차를 줄일 수 있었다고 하면서 어떤 단미사료의 ME함량을 측정하기 위해서는 시험사료에 공시물을 높은 비율로 함유시키는 것이 좋다고 하였다. 또한 Sibbald와 Slinger (28)는 제산하는 방법의 중요성을 강조하면서 하나의 기초사료와 또 하나의 시험사료만을 사용하여 ME가를 산출하는 과거의 방법은 개선되어야 하며 반복수를 줄이는 한이 있더라도 하나의 기초사료와 여러수준의 공시물을 함유하는 여러개의 시험사료를 사용하는 것이 좋다고 주장했다.

그러나 어떤 종류의 단미사료는 이것의 수준이 높을 때 닭의 정상적인 성장을 저해한다. Sell (27)은 자신이 산란계에 대해서 측정된 채종박의 ME가 Sibbald와 Slinger(31)가 병아리에 대해서 얻은 것보다 높은 이유종의 하나로 Sibbald 등 (31)이 사용한 시험사료에 채종박의 수준이 높았다는 것을 지적하고 있다. 자신이 사용한 15%와 20% 수준에 비해 그들은 20, 40, 60%의 고수준을 사용했던 것이다. 제한요인이 없는 단미사료에 대해서는 고 수준으로 측정하는 것이 합리적일지 모르나 채종박등과 같이 유해 물질을 함유한 경우에는 반드시 고 수준이 합리적이라 할 수는 없을 것이다.

## 5. 다른 사료 구성물에 의한 영향

한 원료사료가 배합사료내에서 다른 구성물에 의해서 희석될 때 고유의 에너지를 발휘하는 가는 측정된 ME가를 실제 사료배합에 적용하는데 있어서 중요한 선결문제이다. 이를 규명하기 위하여 Sibbald 등 (33, 34)이 실시한 시험결과는 옥수수 ME는 옥수수 글루텐기초사료와 같이 쓰일때 대두박이나 육분기초사료에서 보다 높았으나 밀의 ME는 기초사료에 관계없이 변하지 않았다고 하는데 이것은 아마도 아미노산 조성의 차이에서 오는 결과가 아닌가 생각된다. 또한 그들은(36) 기초사료에  $\alpha$ -셀룰로오스와 고령토(Kaolin)를 0~42%까지 첨가하여 기초사료를 희석한 결과 시험사료의 ME함량은 감소하였으나  $\alpha$ -셀룰로오스나 고령토의 ME가를 0이라고 볼

때 기초사료분에 해당하는 ME가는 희석되지 않은 기초사료와 같았다고 보고하였다.

## 6. 단백질의 수준과 품질

고단백질 원료사료의 ME를 측정하기 위하여 이것을 시험사료에 고수준으로 함유시킬때 이로 인하여 시험사료의 단백질수준은 높아질 것이다. 그리고 사료의 C/P 비율은 비정상적으로 낮아질 것이다. Byerly 등 (6)은 산란계에 사료 단백질 수준을 23.6%까지 높여도 체중이나 산란율에는 아무런 지장이 없었다고 하나 고단백질사료에 있어서 에너지 이용에 영향을 미치지 않는다는 보장은 없는듯 하다.

Olson 등 (22)은 대두박의 ME는 기초사료의 단백질수준에 관계없었으나 육분의 에너지가는 기초사료의 육분함량이 증가하거나 단백질수준이 증가함에 따라 감소했다고 보고하였으며 Sibbald 등 (35)도 지방의 ME가는 단백질수준에 따라 크게 달랐다고 했다. 한편 단백질의 품질이 에너지 이용에 영향을 미치는 것 같다(33)는 보고도 있으며 메치오닌결핍과 ME와의 관계에 관한 연구에서 Baldini(3, 4)는 메치오닌결핍시 ME가는 더 높게 나타났다고 주장했다. 그러나 Carrew와 Hill (7)은 이와는 다른 견해를 보였으며 Sibbald 등 (39)에 의하면 메치오닌의 효과는 일정하지 않았으며 오히려 다른 영양소의 균형에 크게 좌우된다고 한다.

## 7. 영양소의 결핍

메치오닌의 결핍에 의한 영향외에도 Brody (5)에 의하면 어떤 사료의 PE가는 영양소의 결핍에 의하여 감소하였으나 ME가는 감소하지 않는다고 하며 이것으로 미루어 보아 어떤 영양소가 결핍된 사료는 열량증가(SDA)로서의 에너지의 손실이 많음에 틀림없다고 말하였다. 그리고 Baldini(4)는 영양소가 결핍된 사료에서 ME치(值)는 더 높게 나타났으며 이러한 의미에서는 사료중 진정한 유효에너지의 척도로서 ME보다 PE가 더 적합하다는 견해를 보였다.

한편 Mitchell과 Carman (21)은 나트륨(Na)

과 염소(CI)의 결핍은 에너지의 이용성을 떨어뜨렸다고 하며 이러한 사료에 소금(NaCl)의 첨가는 열량증가를 줄임으로써 에너지이용성을 높일 수 있었다고 한다.

## 8. 사료변화에의 적응

대부분의 경우 시험사료는 시험전에 급여하던 사료와는 매우 다르므로 올바른 ME를 측정하기 위해서는 배설물을 채취하기 전에 닭으로 하여금 사료의 변화에 적응할 수 있는 시간을 두게 된다. 일반적으로 7~10일의 시간을 주는 경우가 많으나 이에 대한 실험적인 근거는 별로 없는 것 같다. Lodhi 등 (18)은 4주령의 병아리와 성계에 있어서 단지 5일간의 적응기간을 주었을 때 보다 19~26 일의 적응기간을 주었을 때 체중박의 ME가는 높았다고 하며 이것은 체중박을 5일간 급여했을 때 생긴 갑상선장해가 19~26 일간 급여해올 때는 면역에 의해서 회복되고 있었을지도 모른다고 설명했다.

## 9. 표시제 사용법과 전량채취법

섭취한 사료와 배설물을 전량 채취하여 이를 토대로 ME를 산출하는 것이 직접적인 방법이나 여기에는 그만큼 인위적인 오차를 수반할 기회가 많은 것이다. 앞에서도 언급한바와 마찬가지로 전량채취법보다 산화크롬( $Cr_2O_3$ )을 사용한 방법으로 더 정밀한 데이터를 얻을 수 있었다는 보고(34)도 있어 최근에는 대부분의 소화 및 대사시험에서 작업상의 편의를 위해서 표시제를 사용하고 있다.

## 10. 배설물의 건조중 에너지와 질소의 손실

배설물을 건조시키는 동안 상당량의 에너지와 질소의 손실을 예상할 수 있으며 이로 인하여 ME가는 실제보다 높게 평가될 가능성이 있는 것이다. 그러므로 대부분의 연구자들은 배설물을 항온건조기(drying oven)에서 건조시키지 않고 냉동건조시키는 방법을 쓰고 있다.

Manoukas 등(19)은 배설물 건조도중에 일어나는 손실에 대해서 통계분석결과 에너지손실

( $P < 0.01$ )과 질소의 손실( $P < 0.05$ )에 각각 유의성을 검출하고 배설물의 에너지 및 질소분석은 건조시키지 않은 상태에서 이루어져야 한다고 발표했다.

## 11. 기타요인

Sibbald 등 (37)은 사료중 칼슘(Ca), 인(P)의 수준 및 항생물질과 판토텐산의 ME가에 미치는 영향을 조사한바 있으며 사료에 오레오마이신이나 페니실린을 첨가했을 때 칼슘함량의 감소는 사료 ME함량을 증가시켰다고 보고하였다.

## Ⅷ. 요 약

사료중에 포함된 총에너지는 이것이 전량 동물에게 이용되는 것이 아니고 여러가지 형태로 손실이 일어나는 것이다. 분(糞)과 뇨(尿) 그리고 열량증가로서의 에너지의 손실을 공제하고 실제로 동물에게 이용되는 에너지를 정미(正味) 에너지라고 하며 정미에너지는 다시 생산과 유지에 쓰이기 되는 것이다. 동물에게 실제로 이용되는 유효에너지인 정미에너지를 추정하는데는 가소화에너지, 대사에너지, 생산에너지가 흔히 사용되고 있으나 그중에서 구하기가 비교적 쉽고 유효에너지의 훌륭한 척도가 될 수 있는 대사에너지(ME)의 개념이 가장 많이 쓰이고 있다. 대사에너지의 약점은 동물의 체내에서 일어나는 에너지의 손실중 열량증가(Specific dynamic action)로서의 손실을 고려하지 않았다는 데 있으며 이로 인해서 몇가지 문제점들이 발견되고 있으나 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔으며 앞으로도 계속해서 검토되어야 할 것이다.

성장중의 병아리를 대상으로 ME를 추정하는 방법은 많은 학자들에 의해서 창안되었으며 실제로 많은 단미사료의 ME함량에 대한 데이터는 손쉽게 구할 수 있다. 그러나 산란계를 대상으로 한 시험은 많지 않았으며 병아리로부터 얻어진 데이터를 산란계에 적용하고 있는 실정인바, 어떤 사료에 대해서는 병아리와 산란계 사이에 이용성이 다를 수 있다는 점에서 앞으로는 보다 많은 단미사료에 대해서 산란계로부터 직

접 측정하여 이용함이 바람직하다.

생물학적인 사양시험을 통해서 직접 측정된 ME가와 그 사료의 화학적 성분함량과의 관계를 조사함으로써 화학적 조성으로 ME가를 추정하는 방법의 개발은 그 추정치가 반드시 정확하지는 않다 하더라도 사전 지식이 없는 새로운 단미 사료에 부딪혔을때 그 사료의 대략적인 에너지를 짐작하는데 도움을 준다.

각종 단미사료의 ME함량에 대해서 우리나라에서 측정된 자료가 많지 않고 대부분 외국의 데이터를 이용하고 있는 실정인바 앞으로는 우리나라에서 실제 사용되고 있는 많은 단미사료에 대한 ME가 직접 국내에서 측정, 이용되어야 할 것으로 생각한다.

### VIII. 참고문헌

1. Anderson, D. L., F. W. Hill and R. Renner, 1958. J. Nutr., 65:561.
2. Axelsson, J., 1939. 7th Worlds Poultry Congress, 165.
3. Baldini, J.T., 1960. Poultry Sci., 39:1232.
4. Baldini, J.T., 1961. Poultry Sci., 40:1177.
5. Brody, S., 1945. Bioenergetics and growth.
6. Byerly, T.C., H.W. Titus and N.R. Ellis, 1933. J. Agric. Res., 461.
7. Carew, L.B., Jr. and F.W. Hill, 1961. J. Nutr., 74:185.
8. Carpenter, K.J. and K.M. Clegg, 1956. J. Sci. Agr., 7:45.
9. Coulson, E.J. and J. S. Hughes, 1930. Poultry Sci., 10:53.
10. Davidson, J., I. McDonald and R.B. Williams, 1957. J. Sci. Food Agric., 8:173.
11. Fraps, G.S., 1944. Texas Agr. Expt. Station Bull., 663.
12. Fraps, G.S., 1946. Texas Agr. Expt. Station Bull., 678.
13. Halnan, E.T., 1951. 9th Worlds Poultry Congress, 23.
14. Hill, F.W. and D.L. Anderson, 1958. J. Nutr., 64:587.
15. Hill, F.W. and R. Renner, 1963. J. Nutr., 80:375.
16. Jensen, L.S., G.W. Schumajer and J.D. Latschaw, 1970. Poultry Sci., 49:1697.
17. Katayama, T., 1924. Imperial Agr. Expt. Station, Japan (Tokyo), 3:1.
18. Lcdhi, G.N., R. Renner and D.R. Clandinin, 1969. Poultry Sci., 48:964.
19. Manoukas, A.G., N.F. Colovos and H.A. Davis, 1964. Poultry Sci., 43:547.
20. Matterson, L.D., L.M. Potter, A.W. Arnold and E.P. Singen, 1958. Poultry Sci., 37:1225.
21. Mitchell, H.H. and G.G. Carman, 1926. J. Biol. Chem., 68:165.
22. Olson, G., W.C. Lockhart, D.W. Bolin and R.L. Bryant, 1961. Poultry Sci., 40:260.
23. Olsson, N., 1950. Meddelande Nr. 43.
24. Potter, L.M., L.D. Matterson, A.W. Arnold, W.J. Pudelkiewicz and E.P. Singen, 1960. Poultry Sci., 39:1166.
25. Reddy, C.V., L.S. Jensen, L.H. Merrill and J. McGinnis, 1961. Poultry Sci., 40:1446.
26. Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young, 1969. Nutrition of the Chicken. p. 478.
27. Sell, J.L., 1966. Poultry Sci., 45:854.
28. Sibbald, I.R. and S.J. Slinger, 1962. Poultry Sci., 41:1282.
29. Sibbald, I.R. and S. J. Singer. 1962. Poultry Sci., 41:1007.
30. Sibbald, I.R. and S. J. Slinger, 1963. Poultry Sci., 42:137.
31. Sibbald, I.R. and S. J. Slinger, 1963. Poultry Sci., 42:707.
32. Sibbald, I.R., J. Czarnocki, S. J. Slinger and G.C. Ashton, 1963. Poultry Sci., 42:486.
33. Sibbald, I.R., J.D. Summers and S.J. Slinger, 1959. Poultry Sci., 38:1247.
34. Sibbald, I.R., J.D. Summers and S.J. Slinger, 1960. Poultry Sci., 39:544.
35. Sibbald, I.R., S.J. Slinger and G.C. Ashton, 1961. Poultry Sci., 40:303.
36. Sibbald, I.R., S.J. Slinger and G.C. Ashton, 1961. Poultry Sci., 40:454.
37. Sibbald, I.R., S.J. Slinger and G.C. Ashton, 1961. Poultry Sci., 40:945.
38. Sibbald, I.R., S.J. Slinger and G.C. Ashton, 1962. Poultry Sci., 41:107.
39. Sibbald, I.S., S.J. Singer and W.F. Pepper, 1962. Poultry Sci., 41:380.
40. Sibbald, I.R., W.F. Pepper and S.J. Slinger, 1962. Poultry Sci., 41:120.
41. Titus, H.W., 1955. The Scientific Feeding of Chickens. 2nd Ed.
42. Titus, H.W., 1956. Proc. Semi-Annual Meeting, Nutrition Council, Amer. Feed Mfgs. Ass'n. (Nov. 25-27). :10.
43. Titus, H.W., A.L. Mehring, Jr., D. Johnson, Jr., L.L. Nesbitt and T. Tomas, 1959. Poultry Sci., 38:1114.
44. Wilder, O.H.M., M.P. Cullen and O.G. Rasmussen, 1959. Poultry Sci., 38:1259.