

닭에서 아미노산의 생체이용성에 관한 연구

김희성*, 지규만

고려대학교 생명공학원

1. 아미노산 생체 이용성의 평가 필요성

아미노산에 대하여 소화율(digestibility)과 생체이용성(bioavailability)이 동의어로 사용되고 있지만 엄밀한 의미에서 가소화(digestible)란 장관에서 흡수되어 사라진 경우를 말하며, bioavailability는 흡수되었을 뿐만 아니라 필요할 때 세포 내에서 합성작용에 활용할 수 있는 잠재성을 의미한다. 즉 bioavailability는 소화(digestion)에 대사(metabolism)를 포함한 개념이다. 그런데 세포 내에서 실제로 이용될 수 있는 아미노산의 양을 일상적으로 측정할 수 있는 방법이 아직 개발되어 있지 않으므로, 아미노산의 이용성을 측정할 때 소화율 방식을 이용성과 같은 개념으로 사용하고 있다(지규만 1985). 한편 Sibbald(1987)는 섭취된 영양소 중에서 정상적인 기능을 위해 쓰일 수 있는 부분을 나타내는 용어를 생체이용성(bioavailability)이라 하였다.

혈액에서 대부분의 아미노산들은 유리 아미노산의 형태로 존재하며 단백질 합성에 이용된다. 그런데 실제로 이용되는 양들은 아미노산에 따라 여러 비율, 즉, 아미노산의 요구량 비율로 나타나며, 단백질 합성에 이용되지 않는 아미노산들은 에너지 급원으로 활용된다. 정상적인 경우 전혀 이용되지 않고 배설되는 양은 극히 적으며 신장을 통해 온전한 형태나 약간 변형된 형태로 빠져 나간다. 이들을 제외하고 흡수 이용되는 모든 아미노산들은 bioavailable하다고 정의할 수 있을 것이다 (Figure 1).

사료 내 아미노산 이용성은 사료마다 다르며, 같은 원료사료 내에서도 일정하지 않다. 단백질 급원에 따라 이용성이 다른 이유는 무엇보다 사료마다 가축의 체내에서 단백질 분해효소의 작용 조건이 다를 수 있기 때문이다. 사료단백질의 소화, 흡수가 불완전한 상태는 세포벽의 불소화, bulk structure, 분자 사이에 너무 많은 cross-linkage로 소화효소가 단백질에 침투하지 못하는 경우와 단백질의 효소 binding-site의 억제 protease inhibitor가 존재하는 경우가 있을 수 있다.

이상의 요인으로 보면 소화, 흡수의 저해요인은 사료 자체에 본래 존재하거나 인위적인 가공 과정에서 생겨날 수 있는 것들이다. 실제로 있어서 사료내의 아미노산들은 사료성분표상에 화학적인 아미노산의 양만으로 표시되어 있으며, 이러한 아미노산의 조성만을 고려하여 사료를 만들 경우, 필수아미노산들 중 한두 가지라도 생체이용성이 불완전하다면 심각한 문제가 발생할 수 있다 (Bock 등 1989). 따라서 가축마다 개체별 요구량과 생체이용성의 변이를 감안한 정확한 요구량의 추정은 매우 중요하다.

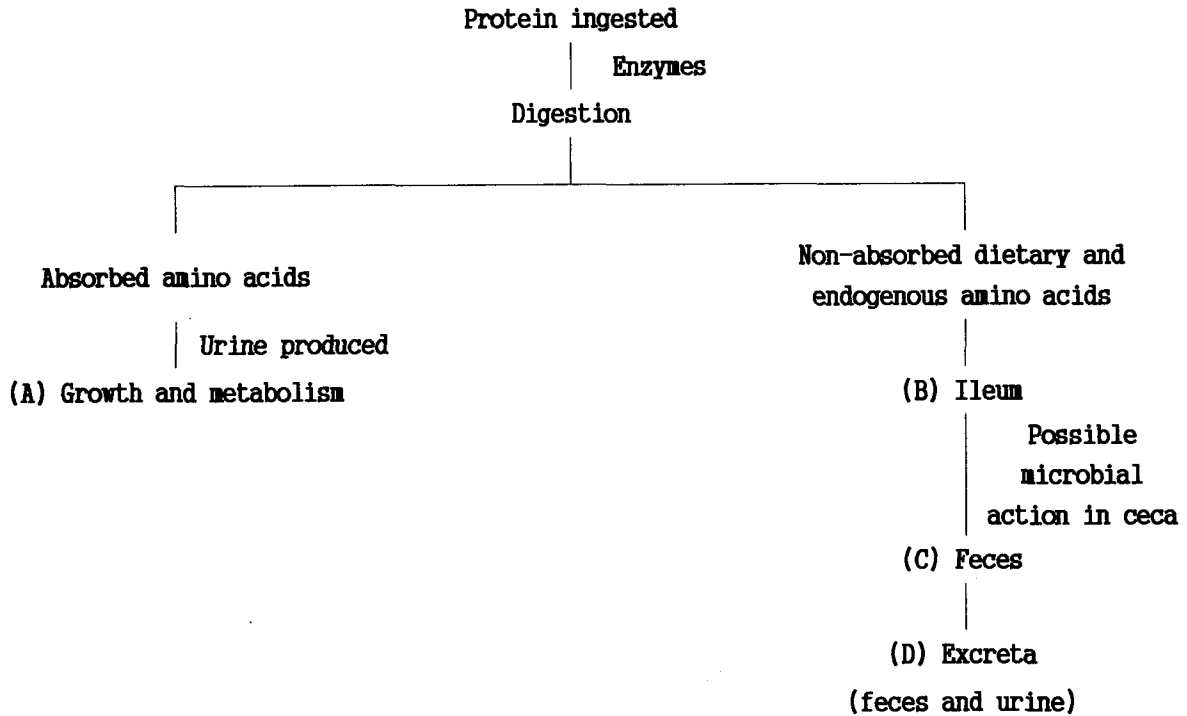


Figure 1. 1. Schematic diagram of the digestion, absorption and metabolism of ingested protein in animals. Areas of the measurement of (A) amino acid availability, (B) ileal amino acid digestibility, (C) fecal amino acid digestibility and (D) excreta amino acid digestibility are shown (Johnson 1992).

사료비가 비교적 많이 들고 이윤이 적은 가금생산의 경우는 사료가격에 영향이 큰 영양소인 단백질의 과잉배합을 줄이는 일은 특히 중요시 되고 있다. 실제로 가금사료의 비용 중 약 20%는 순수아미노산의 형태나 단백질의 형태로 공급하는데 들어간다. 가금의 요구량 이상으로 과잉 공급된 아미노산은 배설되고 궁극적으로는 공해 발생원으로 작용할 수도 있다. 비교적 생체 이용성이 높은 단백질 급원인 경우에는 단백질 및 아미노산의 요구량에 어느 정도 소화율 개념이 고려되어 있다. 그러나 이용성이 나쁜 단백질 급원들이 사용될 때, 특히 섬유소 함량이 높거나 열처리 등의 가공과정을 거친 것일수록 소화율 또는 아미노산의 이용성이 낮으므로 많은 주의가 필요하다. 이용성이 나쁜 단백질 급원으로 아미노산의 요구량을 충족시키려면 더 많은 양을 공급해야 하며, 이용성이 좋은 것일수록 소량으로, 효율적으로 요구량을 만족시킬 수 있다. 즉 원료의 이용성을 정확하게 평가함으로써 가축의 요구량을 보다 정확하게 만족시킬 수 있으며, 사료 가공시 최적품질의 제품을 만들 수 있다.

사료내의 영양소가 가축에 의해 불완전하게 소화되고 대사 된다는 사실은 에너지 대사분야에서 이미 널리 적용되어온 원칙이다. 이런 점에서 사료단백질이 가축의 영양적 요구에 얼마나 기여하는 지는 사료의 아미노산 조성뿐 아니라 아미노산이 얼마나 효율적으로 이용되는가에 달려있다는 것이 공감되고 있다.

최근 몇 년 동안 ion-exchange chromatography(IEC)와 high performance liquid chromatography(HPLC)분

석에서의 진전은 사료 내 총 아미노산의 수준을 보다 정확하게 측정하는 결과를 가져왔다. 그러나 총아미노산의 개념하에 행해지는 사료배합을 available 아미노산 개념으로 전환시키는 작업은 아직 미진한 상황이다(Johnson 1992). 유효 아미노산을 측정하는 방법을 창안하기 위한 수많은 시도에도 불구하고 사료배합에 응용될 수 있는 data는 양적으로 매우 제한되어 있다.

사료단백질의 어느 정도가 소화과정에서 분해되고 간으로 흡수되며, 체 단백질로 합성되거나 기타 필수적인 기능을 위해 사용되는지를 조사하기 위해서는 가축의 능력에 나타나는 반응을 조사하는 것이 유일한 직접적인 방법임에는 의문의 여지가 없지만, 실제로 널리 응용될 수 있는 효과적이고 확실한 방법을 고안하는 데는 극복해야 할 문제점이 많이 남아있다.

유효아미노산을 측정하는 방법으로 여러가지가 시도되어 왔으나 크게 *in vivo*와 *in vitro*의 두 가지 접근방법으로 대별될 수 있다(McNab 1979a, Johns 1987). 그러나 유효아미노산을 결정하는 최적의 방법을 선택하는 데는 정확성과 민감성 및 용이성의 3가지 기준을 고려해야 한다. 측정치가 실제적인 의미를 가지려면 아미노산 이용률의 측정방법은 사료산업에 사용되는 수많은 원료사료에 대해 널리 적용될 수 있어야 한다. 또한 사료중의 다른 성분이 아미노산의 이용률에 영향을 미칠 수 있는 가능성도 고려할 수 있어야 한다.

2. 사료 아미노산의 이용성 평가 방법

2. 1. 아미노산 생체이용성의 *in vitro* 측정방법

아미노산의 생체이용성 측정이 *in vitro* 방법으로 시도되어 왔다. 이러한 측정 방법들은 (1) 효소적 소화방법(enzymic digestion), (2)화학적 방법(chemical method), (3)dye binding 및 (4) hydroxy proline에 의한 평가방법으로써 상대적으로 빠르고, 동물에 대한 접근 없이 실험실 환경에서 수행된다는 점에서 장점이 있으나 특정상태나 제한된 범위에서만 이용이 가능하며, 광범위한 적용은 어려운 실정이다.

2. 2. 아미노산 생체 이용성의 간접적인 생물학적 평가방법

포유동물과 조류에서 유용한 사료내 아미노산의 농도를 간접적으로 평가하는 몇 가지 *in vivo* 분석방법이 시도되어 왔다.

2. 2. 1. Plasma amino acid assays (혈장 아미노산 분석) 에 의한 평가방법

가축이 소화한 단백질은 아미노산과, peptide의 형태로 장관 벽을 통해 혈액으로 운반된다. 혈장 유리아미노산 (plasma free amino acid) 분석은 혈장에서 유리아미노산의 농도의 변화나 차이를 측정하는 것이다 : 이 방법의 변이는 혈장으로 혈청을 대치한다는 데 있다.

혈장 유리아미노산의 농도는 특히 ion exchange chromatography의 등장이후 많은 관심을 받아왔다. 단일 아미노산(Hier 1947)이나 보충 아미노산(Richardson 등 1953a), 단백질(Longerneck과 Hanse 1959), 비타민(Richardson 등 1953b)의 식이 내 첨가는 혈장 아미노산 농도에 영향을 주는 것으로 보고되었다. Charkey 등(1953)은 *ad-libitum*으로 급여한 병아리의 혈장 아미노산 농도는 섭취된 아미노산의 양을 반영한다고 보고하였다.

그러나, 이후의 보고에 따르면 혈장아미노산의 반응은 섭취 후 시간(Zimmerman 과 Scott 1967a, b, Braude 등 1969), 섭취빈도(Knipfel 1972), 영양소 흡수율(Roll 등 1972)과 환경온도

(McNaughton 등 1978)에 따라 더 복잡하고 다양한 결과를 나타냈다.

무 단백질-아미노산 사료는 혈장 아미노산 농도를 절식시보다 감소시키는 경향을 보였으며 (Zimmerman과 Scott 1967b, Bergen과 Purser 1968), 단백질이 급여 되었을 때, 일부 아미노산의 농도는 반드시 증가하지는 않았다(Tasaki와 Ohno 1971). 단일 필수아미노산의 식이 내 부족은 혈장아미노산에서도 결핍을 반영하는 결과를 나타냈다(Clark 등 1966, Okumura와 Mori 1979).

반대로, 필수아미노산의 과량 섭취는 혈장아미노산 농도를 높이는 결과를 보였다(Huston과 Scott 1968, Okumura와 Yamaguchi 1980). 그러나 아미노산 균형이 결부될 경우에는 몇 가지 혈장아미노산에서 영향이 나타나지 않았으나(Leung 등 1968, Yanaka와 Okumura 1981) 불균형의 상태는 확인할 수 있었다(Southern과 Baker 1982).

식이 처리에 의한 혈장 아미노산 반응은 동물의 종(Boomgaardt와 McDonald 1969)과 나이(Ishibashi와 Kametaka, 1974)에 따라 영향을 받는다. 또한, 산란(egg production)과 같은 생리적인 상태(Taylor등 1970, Chi와 Speers 1976)와 당뇨병과 같은 질병이 있을 경우(Clark 등 1968)에도 혈장 아미노산의 농도가 달라졌다.

Bielorai 등(1972)은 정맥혈액의 혈장 아미노산이 심장 혈액보다 장내 유리아미노산의 농도를 더 분명히 반영한다고 보고하였다. 사료를 평가하기 위한 혈장 아미노산 농도는, 아미노산 흡수에 의해 변화가 일어나는 특정 환경 하에서, 한번만 합리적으로 반영되는 것으로 관찰되었다. 따라서 동물의 아미노산 요구량에 따라, 절식 시와 실험 단백질을 급여한 후에 혈장 아미노산 농도의 차이를 측정하여 변이를 보정하는 방법이 고안되었다(Longenecker와 Hause 1959, McLaughlan 등 1967). 그러나, 아미노산 요구량에 따른 보정 방법은 유의적인 결과를 나타내지는 못하였다. 이상의 연구로 볼 때, 혈장아미노산 분석은 사료내 아미노산의 생체이용성에 정량적인 평가에는 적절하지 않지만 유용성의 상대적인 정보는 제시할 수 있는 것으로 받아들여지고 있다.

2. 2. 2. Nitrogen digestion (질소 소화)에 의한 평가방법

근래 들어 유효 nitrogen(질소)값으로부터 아미노산 이용성을 예측하려는 몇 가지 시도가 이루어져 왔다. Just Nielsen(1971)은 쥐에서 단백질의 진정소화율과 lysine, methionine과 cystine의 흡수사이에 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 20가지 사료에 의한, 352두의 돼지실험에서, lysine과 질소의 외관상 소화율에는 차이가 없었다. 그러나, methionine, theronine과 alanine의 소화율 상관계수는 상대적으로 낮았다.

Lysine과 질소의 외관상 소화율 사이의 상당한 상관성이 있음이 회장 말단 소화율을 측정한 Borggreve와 Veen(1984)와 Jorgensen 등(1985)에 의해 보고되었으나, Lenis(1985)는 분 소화율은 앞의 결과와 일치하지 않음을 발견하였다.

Eggum(1977)과 Patience 등(1986)은 특정 아미노산의 소화율은 질소의 소화율에 따라 변화하는 것을 보고하였고, Darcy 등(1985)은 질소 소화율은 아미노산 소화율의 예측 요소로 만족스러운 것이 아님을 주장하였다. 그러나 Tanksley와 Knabe(1982)는 질소 소화율의 변이가 특정사료에 대해서는 어느 정도 일정한 수준임을 가만할 때 아미노산 소화율의 예측에 이용할만한 상관성이 있다고 제안하였다.

질소와 아미노산 소화율 간의 밀접한 일치가 예측의 요소로서 필수적인 것은 아니지만, 유사한 경향은 필요로 한다. 예를 들면 사료의 과도한 열처리하는 실제로 lysine의 이용성을 크게 감소시키지만, 질소 이용성에서는 상대적으로 적은 효과로서 평가된다. 따라서 다양한 사료 급원에 대해 고려할 때 질소 소화율은 아미노산 이용성의 예측요소로서는 좀 부족한 면이 있는 것으로 보여진다.

2. 3. 아미노산 생체이용성의 직접적인 평가 방법

아미노산의 이용은 단백질이 가수분해되고 그 분해산물이 흡수되는 소화과정과 흡수된 아미노산이 체내에 축적되는 과정을 통해 이루어진다.

유효 단백질을 측정하는 데는 수많은 생물학적 방법들이 쓰여져 왔으나, 질소균형(nitrogen balance), 생물가(biological value), 순 단백질가(net protein value), 단백질효율(protein efficiency ratio), 순 단백질 효율(net protein ratio) 등과 같은 대부분의 방법들은 사료의 배합을 작성에는 이용가치가 없는 것이었다.

단백질 소화는 Porter와 Rolls(1971)에 의해 검토되었고, 아미노산과 peptide의 흡수는 Matthews(1972)에 의해 검토되었다.

아미노산 이용성의 개념은 McNab(1979a)에 의해 검토되었고, 유효 아미노산의 측정은 Zebrowska(1978)에 의해 검토되었다. 근래 들어서는 Picard 등(1985)이 실험적인 측면에서 실제적인 문제점을 확인하는 연구를 발표하였으며, 특히 가금에서 아미노산의 장관 내 흡수는 Kan(1975)에 의해 연구되었다.

아미노산 생체이용성의 직접적인 평가방법은 크게 성장시험(growth assay)과 소화 균형시험(balance experiment)으로 나누어 볼 수 있다.

2. 3. 1. Growth assay (성장 시험 방법)

성장시험은 통상적인 평가기준으로 증체량, 사료효율, 사료요구율, 질소축적을 조사하여 독립변수로 놓고, 사료 아미노산 농도 및 섭취량과의 상관관계를 평가한다. 평가기준들의 선택은 Campbell(1966), Carpenter와 Booth(1973)에 의해 검토되었다.

유효 아미노산의 기본적인 growth assay는 몇 가지 단계를 거친다. 먼저 특정 아미노산이 결핍된 기초사료에 그 아미노산을 몇 가지 수준을 첨가하여 성장 반응과 아미노산 수준 간에 상관성이 나타나도록 실험동물에게 급여하였다. 동시에, 평가가 필요한 급원을 같은 기초사료에 한, 두 수준 첨가한 사료를 같은 환경하에서 실험동물에게 급여하였다. 실험 급원구의 사양 성적은 성장반응과 아미노산 간의 상관성을 나타낸 기준 방정식에 대입하여 실험 급원에서 유용한 아미노산의 농도를 계산하였다.

Growth assay는 기본적으로 몇 가지 의문점을 내포한 가정에서 실시되었다.

첫째, 결핍 아미노산의 보충에 의한 반응은 일반적으로 linear한 것으로 가정되지만, 병아리(Grau 1948)와 돼지(Brinegar 등 1950)의 연구에 의하면 성장반응은 curvilinear하며 아미노산 섭취를 대입할 경우 요구량을 넘을 수 있다. 둘째는, 성장반응 대 아미노산의 상관 방정식을 작성할 때 사용되는 첨가 아미노산은 완전한 생체이용성을 갖는다는 가정이다. 수탉 성계에서의 연구에서 L-lysine HCl의 lysine은 대략 92%의 이용성을 갖는 것으로 밝혀졌다(Sibbald와

Wolynetz 1985). 셋째는 실험 급원에 대상 아미노산외에 다른 아미노산 및 영양소가 포함되어 있을 경우 성장반응에 이것들의 효과가 나타날 수 있고(Harper 등, 1970), 넷째로 사료 섭취량의 변이가 완전히 실험 대상인 아미노산만의 효과라는 가정은 아미노산 염의 chloride에서 실험 급원의 기호성에 이르기까지 몇 가지 요인에 의한 변이를 무시한 것이다.

이와 같은 문제점들의 영향을 줄이는 방향으로 growth assay의 연구가 진행되고 있다. 병아리는 growth assay의 대상으로 자주 사용되며, McNab(1979b)의 초기연구의 대상이었다. 실험에 사용되는 조류의 선택은 분석 민감도(Becker와 Berg 1959)와 얻어진 결과 (Netke 1979)에 모두 영향을 줄 수 있으므로 중요하다. 또한 기초사료에 사용되는 정제사료나 순수 아미노산이 다른 영양소의 영향은 배제해주는 하지만, 항상 만족할 만한 결과를 나타내는 것은 아니다.

예를 들면, 아미노산 이용성이 100%를 넘는 결과를 나타낼 수 있다(Smith와 Scott,1965). 이에 대해서 단백질과 아미노산은 모두 함유한 기초사료가 유용한 절충안이 될 수 있으며, 다양한 아미노산의 assay에 사용되었다(Harwood와 shrimpton 1969a, b, Abbey 등 1980, Parsons 등 1980, Parsons와 Potter 1981).

이러한 여러 가지 문제점을 고려할 때, 가장 성공적인 결과를 나타내는 growth assay의 design으로서, Finney(1951)의 slope ratio model이 이용되어 오고있다. 이 방법의 독립변수로는 사료내 아미노산 농도에 근거한 아미노산 섭취량이 가장 적합한 것으로 알려져 왔다 (Carpenter 등 1963; Guttridge와 Lewis 1964, Campbell 1966).

Slope-ratio growth assay(Finney, 1964)에서는 시험사료의 급여 수준을 달리한 동물의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율등의 능력을 조사하고, 이것을 L-lysine이나 DL-methionine등의 순수 아미노산의 급여수준을 달리한 동물의 능력과 비교한다. 이 방법은 경제적인 생산성 위주로 측정한다는 면에서 실제 사료산업에 적용하는 면에 장점이 있지만, 아미노산의 이용성이 다른 비단백질성의 사료적 요인에 영향을 받는다는 것과 한번에 한 종류의 아미노산 만이 실험될 수 있으며(McNab 1979b), 설계가 복잡하고 시간과 경비가 많이 소요된다는 단점이 있다. 그러나 정확하게 실시되면 특정 아미노산의 소화나 대사에 관한 기준을 얻을 수 있다 (Batterham 등 1990).

2. 3. 2. Balance experiment (균형 시험 방법)

근래에 유효아미노산을 측정하기 위해 가장 일반적으로 시도되는 방법은 소화시험 방법이다. 이 방법은 아미노산의 생체이용성이 대부분 소화에 의해 결정된다고 가정하는 것이다. 소화시험 방법은 분이나 분뇨배설물에 의한 소화율 측정방법으로 나누어진다. 분에 의한 소화율 측정 방법은 Kuiken과 lyman(1948)에 의해 처음 사용되었으며, 사료중의 아미노산 섭취량과 분 중 아미노산 배설량의 차이에 의해 소화율을 계산하다. 그러나 가끔에서는 분과 뇨가 함께 배설되므로 인공항문을 시술하지 않는 한 분뇨배설물에 의한 일반소화율을 측정한다. 아미노산이 소화는 되었지만 숙주동물에 의해 이용될 수 없는 경우도 있을 수 있지만 소화되지 않은 아미노산 (분중에 함유된 아미노산)이 동물의 요구에 기여하지 못하는 것은 확실하다. 그래서 사료 단백질 중에서 가소화 아미노산은 유지와 생산을 위해 동물에게 유효한 실제 아미노산의 양을 정의하는데 가장 가까운 것으로 받아들여지고 있다. 가소화 아미노산은 일반적으로 섭취된 아미노산 량과 분으로 배설된 량의 차이를 섭취된 아미노산의 양으로 나누어 표시하는 것이 일

반적이다.

여기서 '일반'(apparent)이란 용어의 사용은 분 중에 존재하는 아미노산 중의 일부분만이 소화되지 않은 사료에서 유래되었기 때문이며, 나머지 부분은 동물자체에서 유래되었고 이 동물 자체에서 유래되는 부분은 흡수되지 않은 소화액, 탈락된 장관조직 및 장내 세균 등으로 구성된다. 이 부분을 Sibbald(1987)는 대사성 분 요소(소화액, 탈락된 세포, 점액, 담즙)와 내인성 분성분(미생물과 미생물 잔해물)으로 구분하였으나, 이들을 합하여 내인성 분 아미노산 함량을 측정하면 순 소화율을 계산할 수 있다고 하였다.

내인성 물질 배설량의 측정이 아미노산의 소화율과 대사에너지 측정을 둘러싼 가장 논란이 많은 문제이다. 수많은 요인들이 내인성 아미노산 배설량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이와 관련된 두가지 중요한 요인은 섬유소와 단백질이다. Parsons 등(1983)은 옥수수전분, 글루코스, 감자전분, 셀룰로스 및 펙틴 등으로 구성된 고섬유질의 정제사료를 급여하면 내인성 아미노산의 배설량이 증가한다는 사실을 발견했는데 절식한 성계수탉과 무단백-저섬유질 사료 및 무단백-고섬유질사료를 급여한 닭의 마리당 48시간 동안의 아미노산 배설량은 각각 297, 599 및 784 mg이었다. 이와 같이 아미노산 배설량이 증가하는 주원인은 소화관 점막의 탈락이 증가하고 아미노산의 미생물 합성이 증가하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 Parsons 등(1983)의 연구에 의하면 무단백질 사료의 조성도 내인성 아미노산 배설에 영향을 미칠 수 있으나, 무단백질 사료급여가 장기간의 절식방법보다 동물의 생리적인면이나 복지면에서 볼 때 더 좋은 방법이기 때문에 무단백질 사료의 조성에 따라 내인성 아미노산의 배설량이 영향을 받는다는 사실이 어려운 문제로 대두되고 있다. Raharjo와 Farrell(1984a)도 사료의 섬유소 함량이 증가하면 내인성 물질의 질소 및 아미노산 함량이 증가한다고 하였으나, 이 연구에서는 무단백질 사료에 왕겨가 대치되었으며 관찰된 결과는 소화되지 않은 왕겨 중의 단백질 때문일 수도 있다. Green(1988)은 무단백질 사료에서 순수한 목재섬유와 옥수수껍질을 비교함으로써 이와 같은 가능성을 확인하였고, 옥수수껍질을 증가시킴으로써 증가된 아미노산의 배설량은 내인성 아미노산의 배설이 증가되었기 때문이 아니고 소화되지 않은 아미노산의 배설 때문이라는 사실을 발견하였다. 그러나 셀룰로스는 12% 수준까지 첨가해도 내인성 아미노산의 배설량을 증가시키지 않았다고하였다.

내인성 아미노산의 배설에 어떤 요인들이 영향을 미치는지를 입증하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다는데 이론의 여지가 없다. 아미노산 소화율의 측정을 위한 최근의 가장 바람직한 시도는 이러한 요인들을 가능한한 고려한 기술을 표준화하는 것이다.

예를 들어 Rhone-Poulenc technique에서는 내인성 아미노산을 측정하기 위해 표준 무단백질 사료가 사용되고 있으며, 소화율을 측정할 단백질 사료는 총단백질 수준을 낮추기 위해 옥수수 전분과 혼합하고 급여되는 섬유소의 양은 12%를 넘지 않도록 하고 있다.

분이나 분뇨배설물에 의한 가금의 소화율 측정에서 또 다른 논쟁의 소지는 외인성과 내인성 아미노산 배설량에 모두 영향을 미칠 수 있는 하부 소화관 특히 맹장내의 미생물의 활동으로 아미노산 소화율이 실제보다 높아질 수 있다는 것이다. 가금의 배설물에 의한 소화율 측정에 있어서 미생물 활동에 의한 문제점을 극복하기 위해 미생물이 주로 작용하는 맹장을 절제된 닭으로 소화율을 측정하거나, 일반적으로 돼지에서 하는 것과 같이(Sibbald 1987), 미생물 효과가 나타나기 전인 회장 하부의 아미노산 함량에 근거하여 소화율을 구함으로써 적어도 부분적

으로는 미생물의 작용을 고려할 수 있다. 회장내의 아미노산 농도를 사료중의 아미노산 농도에 비교하기 위하여는 사료에 chromic oxide와 같은 불소화성 지시제의 첨가가 필요하다. 즉 사료와 회장 내용물의 지시제와 아미노산 함량을 모두 측정함으로써 회장 일반 소화율을 계산할 수 있다.

회장내의 내인성 아미노산 농도를 측정하면 순 회장소화율도 구할 수 있을 것이다. 회장내용물의 채취를 위해서는 거의 예외 없이 닭을 희생시켜야 한다. 이러한 점을 개선하기 위해 사용되는 회장 캐놀라를 시술한다 해도 시술에는 숙련된 외과수술의 기술을 요하며 노력과 경비가 많이 들고 더욱이 시술된 닭을 유지하는 데는 일반 관리기술 보다 더 많은 기술을 요한다.

닭에서 소화율의 결정을 복잡하게 하는 마지막 요인은 닭이 분과 노를 함께 배설하며, 맹장에서 미생물의 작용이 일어난다는 점이다. 분을 수집하기 위해서는 닭에 인공항문을 시술해야 하며, 맹장 내 미생물의 이용부분까지 가만한다면 시술을 통해 맹장을 절제해야 한다. 여러 연구자들에 의해 가끔에 의한 아미노산 소화시험의 측정기술을 개발할 때 위에서 설명한 모든 요인들은 충분히 고려할 만큼 중요하게 인식되어 왔다. 그럼에도 불구하고 배설물로부터 구한 소화율이 분으로부터 구한 소화율과 유의적으로 차이가 있는지, 장내 미생물이 소화율과 그 유의성에 어떤 영향을 미치는지, 또는 일반 소화율에서 순 소화율로 전환하는데 극복되어야 할 문제점에 관해서는 어떤 명확한 결론이 내려지지 않았다.

가끔 사료배합표 작성에 일반 아미노산 소화율을 이용할 것인가 또는 순 아미노산 소화율을 이용할 것인가 하는 문제는 순 대사에너지와 일반 대사에너지에 관한 논쟁과 비슷하게 다소 혼란스럽다(Farrell 1981).

일반 아미노산 소화율에는 내인성 아미노산 배설량(소화효소의 배설과 소화관벽의 탈락 등)처럼 섭취한 아미노산과는 직접 관련이 없는 요소가 포함되어 있다. 그러나 내인성 아미노산의 배설량은 일정한 경향이 있기 때문에(위에서 설명한 요인에도 불구하고) 일반 소화율은 아미노산의 섭취량에 따라 달라진다.

그러나 주요한 것은 순 대사에너지와 일반 대사에너지의 논쟁에서 거론되는 쟁점들(Farrell 1981, Sibbald 1986)이 아미노산 소화율에 직접 연관되지 않는다는 것이다. 그 중요한 이유는 사료들은 단백질 함량에서 크게 차이가 있어서 단백질이 7-8% 정도인 곡류사료로부터 90% 정도의 단백질 보충제에 이르기까지 다양하기 때문이다.

Rhone-Poulenc 동물영양 연구실에서는 원래 Sibbald(1979a)에 의해 기술된 아미노산 소화율 측정방법을 집중적으로 검토하고 부분적으로 변경하였는데(Kiener 1989), 이 변형된 방법에서는 맹장을 절제한 성계수탉을 개체별로 케이지에 수용하고 48시간 동안 절식하면서 1일 50 g의 glucose를 급여한 다음 곡류사료의 경우는 50 g의 원료사료를 직접 강제급여하고 고단백질 사료의 경우는 옥수수 전분과 혼합하여 시험사료의 단백질 함량이 16-18%가 되도록 희석한 다음 50 g을 강제 급여하였다. 배설물의 수집은 강제급여 후 48시간 동안 1일 3회 실시하고 3수 또는 6수의 배설물을 합하여 냉동건조하고 채로 쳐서 아미노산 함량을 분석하였다.

내인성 아미노산의 측정은 50 g의 무단백질 사료(옥수수 전분과 Sucrose)를 강제급여 한 후 48시간 동안 배설물을 수집하여 실시 하였다. 이렇게 측정된 내인성 아미노산을 각 사료에 공시된 수탉들의 내인성 아미노산으로 적용하여 순 소화율을 계산한다.

소화율은 흔히 사료의 특성으로 간주되지만 사료를 급여하는 동물의 특성인 것도 사실이다.

예를 들어 특정 원료사료 중의 단백질이 소화되는 정도가 모든 단위동물에서 같은가 하는 것은 생각해 보아야 할 문제이다. 소화율 측정에는 동물에 의해 섭취되는 완전사료의 형태로 하게 되며 사료배합에서 최대 관심사인 원료사료의 소화율 성적은 대부분의 경우 두 종류 이상의 사료의 소화율을 비교함으로써 치환방법에 의하여 얻어지게 된다. 소화율은 함께 급여되는 사료에 따라 달라진다는 가설의 타당성은 필수요건이며 어떤 실험의 결과가 아미노산 소화율이 사료 중 원료들 간의 상호작용에 의해 영향을 받을 수 있음을 나타낸다 하더라도 이러한 가설이 인정되지 않는다면 발전은 이루어질 수 없다. 아미노산의 소화율을 측정하기 위해 설계된 실험으로부터는 다음의 3가지 사항이 조사되어야 한다. 첫째로 아미노산의 섭취량, 둘째, 아미노산의 배설량, 그리고 셋째, 내생 아미노산 손실량 등이다. 만약 내생 아미노산의 손실이 없다면 일반 소화율과 순 소화율은 같아지며 이때 이론상 순 소화율은 사료 섭취량에 대해 독립적이다.

소화율을 측정하는데 사용되어 온 아미노산 균형실험에는 일반적으로 다음과 같은 3가지 유형이 있다.

- (1) *Traditional assay*는 예비 사양기간을 두어 닭의 소화관내 평형상태를 조성하며, 측정기간의 시작과 끝의 남은 양의 차이는 그 값이 같아지도록 최대한 조절한다. 대부분의 경우 완전사료를 급여하며 원료사료의 소화율은 치환방법에 의해 구한다.
- (2) *Ad-libitum feeding rapid assays*는 시험사료를 급여하기 전과 후에 절식을 시킴으로써 이 월량의 차이를 해결하며 닭에게 시험사료를 자유채식 시킨다. 대부분의 경우 완전사료를 급여하며 치환방법으로 원료사료의 소화율을 구한다.
- (3) *Forced feeding rapid assays*는 닭의 소낭에 직접 시험 사료를 넣기 위해 강제급여방법을 사용한다. 이 방법은 기초사료의 일부를 시험사료로 치환할 필요가 없다.

소화율을 측정하기 위한 균형실험에서 사료의 급여와 섭취량의 측정은 가장 조절하기 어려운 점이다. 현재까지 가장 널리 호응을 받고 비평의 소지도 가장 적은 자유채식방법으로 닭에게 사료를 급여한다면 사료손실(허실)의 방지, 손실된 사료의 회수, 사료구성 요소들의 분리방지, 사료건물 함량의 변화감시, 대표성 있는 분석시료의 채취 등을 위해 많은 주의를 기울여야 한다. 전체적으로 이 방법을 일관되게 관리하기 어렵지만 특별히 고안된 실험체계가 Terpstra와 Janssen(1975)에 의해 소개되고 성공적으로 사용되어 왔다. 이러한 자유채식방법은 역사적으로 아미노산 소화율을 측정하기 위한 실험의 대부분을 차지하는 *traditional assays*에 이용되고 있으나, Farrell(1981)은 닭을 23시간 절식시킨 후 1시간동안에 사료를 충분히 섭취할 수 있도록 훈련시킴으로써 *ad-libitum feeding rapid assay*의 이점을 얻을 수 있다고 하였다. 원래 대사에너지를 측정하기 위해 고안된 이 실험방법에서는 같은 기초사료와 시험사료가 혼합되었으며 혼합된 사료는 펠렛팅 하도록 권장하였다. *Forced feeding rapid assays*에서는 튜브를 이용해 시험사료를 소낭에 투입하므로써 섭취량을 정밀하게 조절하며 사료의 건물함량이 변화하는 등의 문제점을 방지한다. 그러나 시험사료의 투여량이 적기 때문에 시료채취 문제가 더 중요해진다. 이 기술의 유일하고 확실한 결점은 투여량이 제한된다는 것이며, 흔히 강제급여라고 불리는 실험방법의 수용 여부이다. 이 기술은 연습에 의해 모든 사람이 습득할 수 있지만 경험과 기술이 있어야 한다. 배설물의 수집은 단순하면서도 실제 실험에서 손실을 없애기란 어려운

일이다. 케이지 밑에 쟁반을 놓아 수집할 때는 우모에 배설물 유착, 배설물의 양적 손실, 배설물의 이물질 오염, 변질 및 수집과 운반중의 손실이 일어날 수 있다. Sibbald(1986)는 주의를 기울여야 할 점들을 열거하였는데 예를 들면 12시간 간격으로 자주 수집하고 계속적으로 바람을 불어 비듬과 깃털을 제거하는 것이 유익한 방법으로 판단된다. 배설물 수집용 쟁반에 대한 유일한 대안은 배설물을 수집하기 위해 닭에 주머니를 부착하는 것이며, 주머니를 부착하는 방법은 Blakely(1963), Hayes와 Austic(1982), Almeida와 Baptista(1984) 및 Sibbald(1986)등에 의해 보고되었다.

2. 3. 3. 소화율 측정 방법들간의 비교

Kiener(1989)는 3개 실험실에서 연구된 측정 방법들간의 아미노산 소화율 측정치를 비교하였는데, 3개 실험실에서는 모두 성계 수탉을 공시하였으며, 실험실1(프랑스 국립농업 연구소, INRA)에서는 소화율을 측정하려는 원료사료가 33% 혼합된 사료를 정상적인 수탉에 자유채식 시키거나, 젓은 mash 상태로 강제급여하였고, 실험실2(Rhone-Poulenc 동물영양실험실)에서는 정상적인 성계 수탉이나 맹장 절제한 성계 수탉에 원료사료 80 g을 강제 급여하였으며, 실험실 3(사료공장)에서는 맹장을 절제한 수탉에 서로 다른 양의 원료사료를 강제 급여하였다. 각 실험실에서 몇가지 사료의 진정 lysine소화율을 측정된 결과, 똑같은 사료의 lysine소화율도 실험실간에 분명한 변이가 있었으며 이 연구의 결과로 볼 때 측정방법이 다른 아미노산 소화율 성적을 종합 또는 평균 하는데는 주의를 요한다는 것을 알 수 있다. 또 다른 연구팀들에 의해 측정된 가금사료의 아미노산 소화율을 비교해 보면 Janssen 등(1979)은 정상적인 수탉에게 4-5일간 자유채식시 사료섭취량의 80-90%를 급여하면서 몇가지 사료의 진정 아미노산 소화율을 측정하였고, Sibbald(1986)는 정상적인 수탉과 강제 급여방법을 사용했는데, 이들 연구팀들과 Rhone-Poulenc(Kiener 1989)간에 중요한 방법상의 차이가 있기는 하지만 결과를 비교하는 것은 충분한 이유가 있다고 하였다. 앞에서 설명한 실험실간 연구결과 세 연구팀들간에 필수 아미노산의 순 소화율에 상당한 변이가 있음을 보여주고 있다. 즉 Janseen 등(1979)에 의해 측정된 밀의 methionine, cystine 및 valine 소화율은 Rhone-Poulenc(1989)과, Sibbald(1986)의 결과와 상당한 차이가 있었다. Sibbald(1986)는 보리의 threonine 소화율은 76.0%(64.8-81.9%)라고 보고한 반면 Rhone-Poulenc(1989)은 84.4%라 하였고, 또 sibbald(1986)는 옥수수의 lysine 소화율이 102.6%(87.5-113.1%)라고 한 반면 다른 두 연구팀들은 78%라고 하였다. 세 연구팀 모두에서 육분의 cystine 소화율은 낮았으며 대두박의 아미노산 소화율은 세 팀의 결과가 대체로 일치하였다.

3. 아미노산의 생체이용성에 미치는 인공항문 및 맹장결찰의 효과

3. 1. 인공항문 시술의 효과

가금에서 분과 뇨를 분리하기가 어렵다는 것은 지금까지 발표된 거의 모든 소화율 성적이 분보다는 분뇨배설물의 아미노산 함량에 근거한 것이라는 점에서 알 수 있다. 따라서 가금에서 분과 뇨를 분리하여 채취하기 위한 인공항문의 시술방법이 계속 연구되어 왔다 (Ivy 등 1968, Issiki와 Nakahiro 1988, 손장호와 남기홍 1997). 뇨의 아미노산 함량은 일반적으로 낮고 무시할 수 있는 것으로 간주되어 왔다. 닭의 뇨 중 질소의 약 2% 정도가 아미노산이며 그 농도는

사료의 특성과 관계가 없는 것으로 보고되어 왔다(O'dell 등 1960). 뇨 중 아미노산 배설량의 변이는 퍼센트(%)로 표시할 때 커 보이지만 섭취량에 대한 배설량의 절대적인 변화는 적은 편이다. Terpstra(1977)는 절식한 닭이 배설한 아미노산의 86%(lysine)내지 97%(isoleucine, leucine, valine)가 분으로부터 유래된 것으로 계산하였다. Bragg 등(1969)의 실험에서는 정상적인 닭과 인공항문을 시술한 닭에서 얻어진 결과를 비교하였는데, 정상적인 닭에서 얻어진 소화율은 인공항문을 시술한 닭의 소화율과 유의적으로 차이가 있었고 그 차이는 인공항문을 시술한 닭이 더 많은 양의 내인성 아미노산을 배설한 데 연유한 것이라 하였다. 이러한 결과는 정상적인 닭과 인공항문을 시술한 닭에서 측정된 소화율 간에 아주 적은 차이가 있었고 인공항문을 시술한 닭이 정상적인 닭보다 내인성 아미노산의 배설량이 높은 경향이었다고 한 일본에서의 성적(Yamazaki 등 1977, Yamazaki 1983)에 의해 확인되었다. 이것은 한 최근의 연구(Karasawa와 Maeda 1992)에서도 인공항문 시술로 뇨의 역류를 방지하고 질소축적을 감소 시킴으로서 닭의 질소 배설에 영향을 미칠 수 있음을 보여주고 있다.

3. 2. 장내 미생물과 맹장절제 및 결찰의 효과

미생물이 단백질과 아미노산의 소화에 미치는 효과는 아직 밝혀지지 않은 부분이 더 많은 상태이다. 불완전하게 소화된 단백질이 닭의 하부 소화관에 도착하면 장내 미생물의 작용을 받게 된다는 것은 오랫동안 알려져 온 사실이다. 이러한 상호작용의 결과를 밝혀내기 위하여 다음과 같은 4가지 방법이 시도 되어왔다. 즉 (1) 무균동물의 공시, (2) 항생물질의 급여, (3) 회장내용물 시료의 채취, (4) 맹장을 절제한 닭으로부터 배설물 시료채취 등의 방법이다. 이와 같이 4가지 방법에 의한 실험결과는 흔히 상반되었으며, 하부 소화관내 미생물의 소화작용이나 그들의 효과에 대해 분명한 결론을 얻기는 어려웠다.

박테리아가 분비하는 단백질 분해효소는 불완전하게 소화된 단백질로부터 아미노산을 유리시켜 동물에 의해 흡수되거나 또는 미생물 단백질로 전환된 후 결과적으로 숙주동물에 이용된다. 이러한 이용경로는 닭에 따라 대조적인 결과를 나타내기도 하지만 균형시험에서 얻어지는 공통된 결과는 아미노산 배설이 적어진다는 것이다. Salter(1973)는 미생물이 단백질의 이용과 배설에 영향을 미칠 가능성이 있는 모든 요인을 도표화하고 적절한 사양체계하에서는 소화관내 미생물이 숙주동물의 단백질 이용에 적은 영향을 미칠 뿐이라고 결론하였지만(Salter와 Coates 1971, Salter와 Fulford 1974, Salter 등 1974, Erbersdobler 등 1975, Fuller와 Coates, 1983), 미생물 작용의 결과 하부소화관 내용물에서 사라진 아미노산이 동물에게 어떠한 영양적인 유리함도 주지 못하였다는 생각과 정상적인 닭을 이용한 균형시험에서 측정된 아미노산 소화율은 닭의 아미노산 요구량에 대한 사료단백질의 아미노산 공급능력을 과대평가 하게 될 것이라는 생각이 지속되어 왔다 (Nesheim과 Carpenter 1967, Parsons 1985). 미생물의 영향은 또한 순 소화율을 측정하느냐 일반 소화율을 측정하느냐에 따라 다르다고 할 수 있다, 예를 들어 십이지장과 공장에서 소화효소에 의해 잘 분해되지 않는 사료단백질은 미생물의 단백질 분해효소에 의해서도 잘 분해되지 않는 반면에 내인성 단백질은 미생물의 작용에 의해 쉽게 변화된다는 것이 밝혀졌으며 (Salter와 Fulford 1974), 하부소화관내 미생물은 체내 질소순환에 중요한 역할을 한다고 보고되었다. 더욱이 사료가 내인성 아미노산 생산에 영향을 준다면 미생물과의 상호관계는 상당히 복잡해지며 균형시험의 결과는 한층 더 설명하기 어려워진다. Skilton

등(1988) 및 Moughan과 Rutherford(1990)는 무질소 사료를 급여할 때 쥐의 회장내 내인성 아미노산 생성량이 과소 평가 된다는 것을 실증하고, 순 소화율을 측정하기 위한 내인성 아미노산 조사에 매우 흔하게 이용되는 무질소 사료급여 방법의 타당성에 의문을 제기하였다. 이러한 결론은 무질소 사료를 급여할 때 소화물이 회장 및 맹장 부위에 도착할 때까지 내인성 아미노산이 거의 완전히(95%) 흡수된다는 보고(Bielorai 등 1985)와 대조를 이룬다. 그러나 소화관 내용물보다 배설물 중에 약 20%나 더 많은 내인성 아미노산이 들어있었던 것과 같이 소화물이 배설됨으로써 내인성 물질이 증가되는 것으로 보인다. 이러한 아미노산의 차이로서 배설물로부터 구한 순 소화율(90%)과 일반 소화율(84%)의 차이를 설명할 수 있다.

대두박의 수준이 다른 사료를 급여하여 측정된 순 소화율을 비교한 또 다른 연구(Bielorai와 Iosif 1987)에서 무질소 사료를 급여할 때가 대두박 수준을 0%까지 감소시켰을 때 보다 회장 내용물과 배설물에서 모두 내인성 아미노산 함량이 높았으며, 이러한 결과는 무질소 사료를 급여하면 내인성 아미노산이 증가하여 결과적으로 순 소화율이 높아진다는 견해를 뒷받침하고 있다. 절식한 닭의 배설물 중 내인성 아미노산 함량은 무단백 사료를 급여한 닭의 경우보다 더 높은 것으로 흔히 믿어지고 있으나(Bielorai와 Iosif 1987) 이러한 견해를 뒷받침 할만한 확실한 실험 결과는 아직 부족한 편이다.

무균 닭을 실험에 공시할 때 사료의 일반 아미노산 소화율은 거의 예외없이 높아지며, 단백질 축적량도 높다고 알려져 있다(Soares 등 1971, Soares와 Kifer 1971). 그러나 이러한 결과와는 반대로 Nitsan과 Alumot(1963) 및 Nesheim과 Carpenter(1967)는 자유채식 시킨 닭의 맹장내에서 상당한 단백질 분해가 일어난다고 하였다.

맹장은 가금에서 미생물이 주로 서식하는 부위이며, 제한된 몇 가지 사료에 관한 일부 연구에서 배설물 분석에 의해 측정된 아미노산 소화율에 장내 미생물이 거의 영향을 미치지 않는다는 보고가 있지만(Sibbald 1979a, b, Parsons 등 1981, 1983), 모든 종류의 사료에 대해 일반적인 결론을 내릴 수는 없다. 예를 들어 Raharjo와 Farrell(1984b)은 성계 수탉의 배설물 분석에 의해 측정된 아미노산 소화율에 맹장절제가 큰 영향을 미치지 않는다고 했고, 또한 일련의 다른 연구에서는 정상적인 성계 수탉과 맹장을 절제한 성계 수탉을 비교한 결과 곡류 사료의 아미노산 소화율은 차이가 없었고(Green 등 1987a), 유박류 사료에서 약간 차이가 있었으나, 동물질 사료에서는 유의적인 차이가 있었다(Green과 Kiener 1989). Johns 등(1986a)은 과열 처리된 옥골분 급여 시 배설물 분석에 의한 아미노산 소화율은 맹장을 절제한 성계 수탉 보다 정상적인 성계 수탉에서 다소 높게 나타났다고 하였다.

Payne 등(1968)도 정상적인 닭에서 보다 맹장을 절제한 닭에서 외관상 아미노산 소화율이 낮았다고 하였으나, 그후의 보고들은 두 종류의 닭간에 차이가 없다는 보고가 많았고, Raharjo와 Farrell(1984 a, b) 및 Johns 등(1986a, b)에 의해서도 상반된 보고가 있었다. Green 등(1987a)은 옥수수, 밀, 보리의 순 아미노산 소화율은 정상적인 수탉과 맹장을 절제한 수탉간에 차이가 없다고 하였다. 그러나 대두박과 해바라기박 및 땅콩박을 이용한 비슷한 실험에서(Green 등 1987b)는 맹장절제한 닭에 비해 정상적인 닭에서 threonine과 glycine의 순 소화율은 높았고, lysine의 순 소화율은 낮았다. Parsons(1984)도 맹장절제한 닭이 정상적인 닭보다 threonine, serine 및 isoleucine 배설량이 많다고 하였다.

맹장을 절제한 수탉은 절식 후의 배설물로 판단하거나(Kessler 등 1981, Parsons 1984, 1985),

glucose 급여 후의 배설물로 판단할 때(Mc Nab 1990) 정상적인 닭보다 더 많은 내인성 아미노산을 배설한다. 그러나 이러한 보고와는 반대로 Green등(1987a)은 무질소 사료급여 시 정상적인 닭과 맹장 절제한 닭의 내인성 아미노산 배설량은 차이가 없다고 하였다. 섬유소의 섭취량이 증가하면 내인성 아미노산 배설이 증가할 것이라는 견해가 있으나, 사료 중의 셀룰로스 함량을 높이거나 옥수수 껍질의 급여량을 증가시켜도 아미노산 배설량에는 아무 영향은 없었다(Sibbald 1980, Muztar와 Slinger 1980, Parsons 1984, Sibbald와 Wolynets 1985, Green 1988).

그러나 탄수화물 급원이 가열하지 않은 감자전분과 펙틴으로 구성될 때 아미노산 배설량은 정상적인 닭이나 맹장절제한 닭에서 모두 증가했으며 그 정도는 정상적인 닭에서 더 현저하였다(Parsons 1984).

맹장내의 미생물은 또한 소화물중의 내인성물질의 아미노산 조성도 변화시킬 수 있으며, 그 결과 배설물 분석에 의해 계산된 소화율에 유의적인 영향을 미칠 수 있다. 즉 Kiener(1989)는 무단백질 사료급여 시 아미노산 배설량은 맹장을 절제한 수탉이 정상적인 성계 수탉보다 높았다고 하였으며, 맹장을 절제한 수탉은 특히 내인성의 aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid, proline 및 histidine 배설량이 많았는데, 이것은 이들 아미노산들이 특히 맹장내에서 미생물 분해에 의해 생성된다는 것을 의미한다. 이와 비슷한 결과가 Parsons(1984)에 의해서도 보고되었다.

가금에서 미생물 활동의 효과는 소장내에서 소화되지 않은 소화물의 아미노산 함량에 좌우되는 것으로 보여진다 (Johns 등 1986a). 즉 육골분을 고압솥에서 0, 1.5, 3, 5시간 처리한 4가지 시료로 각각 lysine이 제한 아미노산인 사료를 만들어 Sibbald(1979)의 방법으로 정상적인 닭과 맹장을 절제한 닭에 급여한 결과 몇 가지 아미노산의 순 소화율은 측정하는 사료의 종류에 따라 달라진다는 것을 보여주고 있다.

가금의 배설물은 사람이나 돼지의 분보다 적은 미생물 세포를 함유하며 가금 배설물 중에 들어있는 아미노산의 20-30%이 미생물에서 유래된다(Parsons 등 1982a, b) 는 것이 일찍이 알려졌다. 이런 종류의 실험결과를 평가할 때, 비록 가금에서 많은 미생물 활동이 맹장에서 일어난다는 데는 이견이 없지만, 전소화관을 통해 미생물이 존재한다는 사실(Ratcliffe 1991)과 맹장을 제거 한다고 해서 모든 미생물이 없어지는 것은 아니며, 맹장을 제거한 후에 소화관의 또 다른 부위가 맹장의 역할을 대신하는지는 알려져 있지 않다.

회장 소화율 측정은 맹장절제 방법보다 하부 소화관에서 장내 미생물의 영향을 확실히 제거할 수는 있지만 (Whitacre과 Tanner 1989), 특히 닭 같은 작은 동물에서 수술 방법과 시술 후의 관리가 어려운 것으로 알려져 왔다. 따라서 맹장절제 후 인공항문을 시술하여 맹장내 미생물의 영향을 극소화하고 뇨의 영향을 배제한 분 수집을 통한 아미노산의 생체이용성을 측정 방법이 근래 들어 널리 일반화되고 있는 실정이다.

그러나 맹장의 역할과 관련하여 Lai와 Duke(1978) 및 Duke 등(1980)은 맹장이 하부소화관에서 소화를 위한 장관 운동과 관련이 있는 것이 분명하며, 맹장의 운동이 소화과정의 조절에 관여하므로 맹장의 완전한 절제는 상부장관의 소화에 있어서 혼란을 가져올 수 있다는 연구결과를 보고하였다(Sakata 1987, Karasawa와 Duke 1995). 따라서 맹장결찰과 인공항문이 하부 소화관의 소화, 발효 및 영양소 대사에 영향을 주는 장 운동에 미치는 효과를 고찰한 Karasawa와 Duke(1995)의 연구에 기초하여 맹장 결찰(cecal ligation)과 인공항문(colostomy : 손장호와 남

기홍 1997)을 함께 시술하면 뇨와 소화내용물의 맹장내 유입을 막으면서 뇨의 총배설강으로부터 직장으로부터의 유입을 제거할 수 있다. 즉 맹장의 완전한 절제가 아닌 절찰에 의해 장관 내 미생물의 영향은 제거시키면서 정상적인 소화작용을 위한 맹장의 장관운동은 유지할 필요가 있다. 이러한 맹장절찰에 의한 아미노산 소화율 측정이 맹장 절제와 어떤 차이가 있는지는 분명하지 않지만 소화생리 작용의 극심한 혼란을 피한다는 측면에서는 맹장절찰에 의한 측정이 더 바람직할 것으로 생각된다.

현재로서는 소화율에 대한 미생물의 효과를 규명하기 위한 연구결과가 매우 혼란스럽고 외인성과 내인성의 모든 단백질 분해에 미치는 미생물의 역할을 규명하기 위하여는 더 많은 명확한 연구가 필요하다 (Sibbald 1987).

4. 가금에서 사료 아미노산의 생체이용성 개선을 위한 연구

가금에서 아미노산의 생체이용성을 개선하기 위한 연구로서 생균제, 항생물질 급여, nonnutritive 물질의 사료 첨가 및 무균동물의 공시등이 시도되고 있다. 동물사료에 사용된 치유수준의 항생제(Visek 1978, Varel 등 1987, Karasawa 등 1994)와 생균제(Kim TW과 Kim KI 1992)는 성장 촉진 효과를 나타냈다. 생균제의 항미생물 기작은 완전히 알려지지 않았지만 pH 저하, redox potential 저하, 기타 저해물질들, 즉 H₂S, bacteriosins, 지방산, deconjugated bile acids 등 과 영양소에 대한 경쟁작용 및 receptor site에 대한 부착으로 설명하고 있다(Nurmi와 Rantala 1973, Barrow 1992).

이와 같이 생균제와 장내 유해 세균의 억제 및 미생물 사용부분의 억제에 관한 여러가지 연구가 단백질 급원에서 유래된 아미노산의 숙주동물의 아미노산 생체이용성 증가라는 측면에서 실시되고 있다. 생균제는 아니지만 fructo oligosaccharide(FOS)는 섭취 시 식이섬유와 같이 소장에서의 분해가 이루어지지 않고 맹장으로 유입되며(Nilsson 등 1988, Rumessen 등 1990), 항생제 대치의 낮은 수준을 급여한 경우에 병아리의 사료효율을 개선시키며, pathogenic한 장내 세균들의 성장을 억제하고, *Salmonella* colonization을 감소시킨다(Ammerman 등 1988a, b, Bailey 등 1991). 이러한 효과는 *Lactobacillus* 성장과 *Bifidobacterium*의 성장을 촉진 시키며 숙주의 건강에 좋은 영향을 줄 가능성이 보고되었다(Hidaka 등 1986, Wang과 Gibson 1993, Hidaka 등 1988, Yazawa와 Tamura 1982).

또한 free amino group이 존재하는 chitosan은 polycationic property, chelating, dispersion을 형성하고, 흡습제, 점증제의 기능을 가지며, 물에서는 녹지 않지만 pH 6.5 이하에서 용해되어 점액성 용액으로 변하고 quaternary ammonium 형태가 되어 단백질, anionic polysaccharide, 핵산과 같은 polyanion과 결합하여 gel을 형성한다(Austin 등 1981). 특히 섭취 시 장내 pH를 유의적으로 증가시키는 결과(Fukada 1991, Razdan 등 1994)로 항균효과의 가능성(Hardwinger과 Loschke 1981)을 나타낼 수 있는 것으로 보고되었다.

이상과 같은 특성을 가진 FOS 나 chitosan 을 사료 내에 단독 급여하거나 함께 급여함에 따라, 장내 환경 및 미생물의 변화를 예측해 볼 수 있다. 이러한 경우에 상대적인 성장속도가 빠른 가금의 초기 성장 시에 사료효율의 개선 및 증체량 향상등의 잇점이 있을 것으로 생각되며, 아미노산의 생체이용성에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

한편 사료내 지방은 높은 수준으로 첨가할 경우에 돼지에서 아미노산의 소화율이 1-3% 개

선되는 것으로 보고되었으며(Sauer 등 1980, Just 등 1976, Just 1979), 이는 장관내 소화물의 통과속도 지연효과로 생각되었다. 따라서 사료 내에 포함된 저급 단백질은 소장 내 머무르는 시간을 증가시키면 분해 효소의 작용을 충분히 받을 수 있으며, 흡수되는 아미노산의 양이 증가될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Abbey BW, Boorman KN, Lewis D. 1980. The availabilities of lysine, methionine and tryptophan in protein by chick growth assay. *J Sci Food Agric* 31:421-431
- Almeida JA, Baptista ES. 1984. A new approach to the quantitative collection of excreta from birds in a true metabolizable energy bioassay. *Poultry Sci* 63:2501-2503
- Ammerman E, Quarles C, Twining PV Jr. 1988a. Effect of dietary fructooligosaccharides on feed efficiency in floor-pen reared male broilers. *Poultry Sci* 67(suppl. 1):1(abstr.)
- Ammerman E, Quarles C, Twining PV Jr. 1988b. Broiler response to the addition of dietary fructooligosaccharides. *Poultry Sci* 67(suppl. 1):46(abstr.)
- Austin PR, Brine CJ, Cattle JE, Zikakis JP. 1981. Chitin, New facts of research. *Science* 212:749
- Bailey JS, Blankenship LC, Cox NA. 1991. Effect of fructooligosaccharide on salmonella colonization of the chicken intestine. *Poultry Sci* 70:2433-2438
- Barrow PA. 1992. Probiotics for chickens. in: *Probiotics* Fuller R, ed. Chapman and Hall, London, UK. pp. 225-257
- Batterham ES, Anderson LM, Baigent DR, Darnell RE and Taverner MR. 1990. A comparison of the availability and ileal digestibility of lysine in cottonseed and soya-bean meals for grower/finisher pigs. *Br J Nutr* 64:663-677
- Becker WA, Berg LR. 1959. Homeostasis and the sensitivity of experiments using chicks. *Poultry Sci* 38:362-372
- Bergen WG, Purser DB. 1968. Effect of feeding different protein sources on plasma and gut amino acids in the growing rat. *J Nutr* 95:333-340
- Bielorai R, Harduf Z, Alumot E. 1972. The free amino acid pattern of the intestinal contents of chicks fed raw and heated soybean meal. *J Nutr* 102:1377-1382
- Bielorai R, Iosif B and Neumak H. 1985. Nitrogen absorption and endogenous nitrogen along the intestinal tract of chicks. *J Nutr* 115 568-572
- Bielorai R, Iosif B. 1987. Amino acid absorption and endogenous amino acids in the lower ileum and excreta of chicks. *J Nutr* 117 1459-1462
- Blakely RM. 1963. Note on an apparatus for the collection of turkey feces. *Can J Anim Sci* 43:2135-2137
- Bock HD, Eggum BO, Low AG, Simon O, Zebrowsk T. 1989. Protein metabolism in farm animals : evaluation, digestion, absorption and metabolism. *Oxford Univ press* pp. 15-52, 122-142

- Boomgaardt J, McDonald BE. 1969. Composition of fasting plasma amino acid patterns in the pig, rat, and chicken. *Can J Physiol Pharmacol* 47:392-395
- Borggreve GJ, Veen WAG. 1984. Requirement of fattening pigs for gross and digestible lysine in feeds with easily and poorly digested protein. *Neth J Agric Sci* 32:23-32
- Bragg DB, Ivy CS, Stephenson EL. 1969. Method for determining amino acid availability of feeds. *Poultry Sci* 48:2135-2137
- Braude R, Mitchell KG, Myres AW, Porter JWG, Williams AP. 1969. Amino acid levels in blood plasma of growing pigs given diets supplemented with lysine. *Proc Nutr Soc* 28:40A-41A
- Brinegar MJ, Williams HH, Ferris FH, Loosli JK, Maynard LA. 1950. The lysine requirement for the growth of swine. *J Nutr* 42:129-138
- Campbell RC. 1966. The chick assay for lysine. *Biometrics* 22:58-73
- Carpenter KJ, March BE, Milner CK, Campbell RC. 1963. A growth assay with chicks for the lysine content of protein concentrates. *Br J Nutr* 17:309-323
- Carpenter KJ, Booth VH. 1973. Damage to lysine in food processing : its measurement and its significance. *Nutr Abstr Rev* 43:423-451
- Charkey LW, Manning WK, Kano AK, Gassner FX, Hopwood ML, Madsen IL. 1953. A further study of vitamin B12 in relation to amino acid metabolism in the chicks. *Poultry Sci* 32:630-642
- Chi MS, Speers GM. 1976. Effects of dietary protein and lysine levels on plasma amino acids, nitrogen retention and egg production in laying hens. *J Nutr* 106:1192-1201
- Clark AJ, Peng Y, Swendseid ME. 1966. Effect of different essential amino acid pools in rats. *J Nutr* 90:228-234
- Clark AJ, Yamada C, Swendseid ME. 1968. Effect of L-leucine on amino acid levels in plasma and tissue of normal diabetic rats. *Am J Physiol* 215:1324-1328
- Coates ME, Fuller R, Harrison GF, Lev M, Suffolk SF. 1963. Comparison of the growth of chicks in thpige Gustafsson germ-free apparatus and in a conventional environment with and without dietary supplement of penicillin. *Br J Nutr* 17:141-153
- Darcy Vrillon B, Souffrant WB, Laplace JP, Rerat A, Gebhardt G, Vaugelade P, Jung J. 1985. Digestion of proteins in the pig : ileal and faecal digestibilities and absorption coefficients of amino acids. In: *Proc 3rd Int Seminar digestive physiology in the pig*, Copenhagen, Denmark
- Duke GE, Evanson OA, Huberty BJ. 1980. Electrical potential changes and contractile activity of the distal cecum of trukeys. *Poultry Sci* 59:1925-1934
- Eggum BO. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br J Nutr* 24:983-988
- Elbersdobler H, Gropp J, Beck H. 1975. Utilization of proteins for growth and egg production. *Proceeding of the Nutrition Society* 34:21-28

- Farrell DJ. 1981. An assessment of quick bioassays for determining the true metabolizable energy and apparent metabolizable energy of poultry feedstuffs. *World's Poultry Sci J* 37:72-83
- Finney DJ. 1951. The statistical analysis of slope-ratio assays. *J Gen Microbiol* 5:223-230
- Finney DJ and Coates ME. 1964. *Statistical Method in Biological Assay. 2nd ed Hafner Publishing Company, New york*
- Fukada Y, Kimura K, Ayaki Y. 1991. Effect of Chitosan feeding on intestinal bile acid metabolism in rats. *Lipids* 26:395-399
- Fuller R, Coates ME. 1983. Influence of the intestinal microflora on nutrition. in: *Physiology and biochemistry of the domestic fowl Vol. 4, Academic press, London* pp. 51-61
- Gedek B. 1984. Contemporary concepts of growth promotor use. *Proc 4th Int Symp on antibiotics in agriculture: Benefit and malefits. Butterworths, London, UK.* pp. 315-328
- Grau CR. 1948. Effect of protein level on the lysine requirement of the chick. *J Nutr* 36:99-108
- Green S, Bertrand SL, Duron MJC, Maillard R. 1987a. digestibilities of amino acids in maizs, wheat and barley meals, determined with intact and caecetomized cockerels. *Br Poultry Sci* 28:631-641
- Green S, Bertrand SL, Duron MJC, Maillard R. 1987b. Digestibilities of amino acids in soybean, sunflower and groundnut meals, determined with intact and caeectomized cockerels. *Br Poultry Sci* 28:643-652
- Green S. 1988. Effect of dietary fiber and cecectomy on the excretion of endogenous amino acids from adult cockerels. *Br Poult Sci* 29:419-429
- Green S, Kienner T. 1989. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soybean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pigs and poultry. *Animal production* 48:157-179
- Guttridge DGA, Lewis D. 1964. Chick bio-assay of methionine and cystine. 1. Development of assay procedure. *Br Poult Sci* 5:99-111
- Hardwinger LA, Loschke DC. 1981. Molecular communication in host-parasite interactions : hexosamine polymers(Chitosan) as regular compounds in race-specific and other interactions. *Phytopathology* 71:756-762
- Harper AE, Benevenga NJ, Wohlhueter RM. 1970. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiol Rev* 50:428-558
- Harwood EJ, Shrimpton DH. 1969a. A chick biological assay for available tryptophan. *Proc Nutr Soc* 28:66A-67A
- Harwood EJ, Shrimpton DH. 1969b. A chick biological assay for available methionine. *Prod Nutr Soc* 28:67A-68B
- Hayes JP, Austic RE. 1982. An easy and accurate technique for feces collection in adult roosters. *Poultry Sci* 61:2294-2295

- Hidaka H, Edida T, Takizawa T, Tokunaga T, Tashiro Y. 1986. Effects of fructo-oligo-saccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora* 5:37-50
- Hidaka H, Hirayama M, Sumi N. 1988. A fructooligosaccharide-producing enzyme from *Aspergillus niger* ATCC 20611. *Agric Biol Chem* 5:1181-1187
- Hier SW. 1947. Influence of ingestion of single amino acids on the blood level of free amino acids. *J Biol Chem* 171:813-820
- Huston RL, Scott HM. 1968. Effect of varying the composition of a crystalline amino acid mixture on weight gain and pattern of free-amino acids in chick tissue. *Fed Proc* 27:1204-1209
- Ishibashi T, Kametaka M. 1974. Effect of the phenylalanine-free diet on the nitrogen balance, body weight and plasma free amino acid levels in the domestic fowl at various ages. *Agric Biol Chem* 38:241-245
- Isshiki Y, Nakahiro Y. 1988a. An easily-handled method for attaching an artificial anus by partly incising for the rectum in chickens. *Jap Poult Sci* 25(3):148
- Isshiki Y, Nakahiro Y. 1988b. A technique for attaching an artificial anus using the reversed rectum method in domestic fowl. *Jap Poult Sci* 25(3):394
- Ivy CA, Bragg DB, Stephenson EL. 1968. Surgically exteriorizing the rectum of the growing chick. *Poultry Sci* 47:1771-1774
- Janssen WMMA, Terpstra K, Beeding FFE, Bisalaky AJN. 1979. In: Feeding values for poultry, 2nd Ed. Spelderholt institute for poultry research, Beekbergen, The Netherlands
- Johns DC, Low CK, Sedcoles JR, James KAC. 1986a. Determination of amino acid digestibility using caecotorized and intact adult cockerels. *Br Poultry Sci* 27:451-461
- Johns DC, Low CK, James KAC. 1986b. Comparison of amino acid digestibility using the ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *Br Poultry Sci* 27:679-685
- Johns DC. 1987. Proceedings of the 1987 symposium of the poultry husbandry, Research Foundation. University of Sydney pp. 65-80
- Johnson RJ. 1992. Principles, problems and application of amino acid digestibility in poultry. *World's Poultry Sci J* 48:232-246
- Just Nielsen A. 1971. The digestibility of amino acids from different balanced feed rations as related to the digestibility of nitrogen in growing pigs. *Acta Agric Scand* 21:189-192
- Just A, Rasmussen OK, Hansen HL. 1976. Factors influencing the digestibility and efficiency of utilization of metabolizable energy in diets for growing pigs. *Proc 7th Symp on Energy Metabolism*, Vichy, France, EAAP publ 19:289-292
- Just A. 1979. The influence of diet composition on site of absorption and efficiency of utilization of metabolizable energy in growing pigs. *Proc 8th Symp on Energy Metabolism of farm animals*. Cambridge, UK. EAAP publ.

- Kan CA. 1975. The intestinal absorption of amino acids and peptides with special reference to the domestic fowl: a literature review. *World's poultry Sci J* 31:46-56
- Karasawa Y, Maeda M. 1992. Effect of colostomy on the utilization of dietary nitrogen in the fowl fed on a low protein diet. *Br Poultry Sci* 33 815-820
- Karasawa Y, Ono T, Koh K. 1994. Inhibitory effect of penicillin on cecal urease activity in chicken fed on a low protein diet plus urea. *Br Poult Sci* 35:157-160
- Karasawa Y, Duke GE. 1995. Effects of cecal ligation and colostomy on motility of the rectum, ileum, and cecum in Turkeys. *Poultry Sci* 74:2029-2034
- Kessler JW, Ngyyen YH, Thomas OP. 1981. The amino acid excretion values in intact and cecectomised negative control roosters used for determining metabolic plus endogenous urinary losses. *Poultry Sci* 60 1576-1577
- Kiener T. 1989. Proceeding of the Rhone-Poulenc Animal Nutrition Technical Sumposium, Fresno, California
- Kim TW, Kim KI. 1992. Effects of feeding diets containing probiotics or antimicrobial agent on urease activity and ammonia production in the intestinal contents of rats. *Korean J Anim Sci* 34:167-173
- Knipfel JE, Keith MO, Christensen DA, Owen BD. 1972. Diet and feeding interval effects on serum amino acid concentrations of growing swine. *Can J Anim Sci* 52:143-153
- Kuiken KA, Lyman CM. 1948. Availability of amino acids in some foods. *J Nutr* 36:359-368
- Lai HC, Duke GE. 1978. Colonic motility in domestic turkeys. *Am J Dig Dis* 23:673-681
- Lenis NP. 1985. Faecal amino acid digestibility and growth performance of pigs on fibrous diets. In: *Proc 3rd Int seminar digestive physiology in the pig*, Copenhagen, Denmark. pp. 219-222
- Leung PMB, Rogers QR, Harper AE. 1968. Effect of amino acid imbalance on plasma and tissue free amino acids in the rat. *J Nutr* 96:303-308
- Longenecker JB, Hause NL. 1959. Relationship between plasma amino acids and composition at ingested protein. *Arch Biochem Biophys* 84:46-59
- Mattews DM. 1972. Intestinal absorption of amino acids and peptides. *Proc Nutr Soc* 31:171-177
- McLaughlan JM, Rao SV, Noel FJ, Morrison AB. 1967. Blood amino acid studies. VI. Use of plasma amino acid score for predicting limiting amino acids in dietary proteins. *Can J Biochem* 45:31-37
- McNab JM. 1979a. The concept of amino acid availability in farm animals. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths, London, pp. 1-9
- McNab JM. 1979b. Growth tests for the determination of available amino acids. In: *Proc 2nd Eur Symp Poult Nutr*. Beekbergen, the Netherlands. pp. 102-106
- McNab JM. 1990. Measuring availability of amino acids from digestibility experiment. *Proc*

- 7th Eur Symp Poult Nutr. IRTA, Barcelona, Spain pp. 102-106
- McNaughton JL, May JD, Reece FN, Deaton JW. 1978. Lysine requirement of broilers as influenced by environmental temperatures. *Poult Sci* 57:57-63
- Moughan PJ, Rutherford SM. 1990. Endogenous flow of total lysine and other amino acid at the distal ileum of protein- or peptide-fed rat : the chemical labelling of gelatin protein by transformation of lysine to homo-arginine. *J Sci Fd Agric* 52:179-192
- Muztar AJ, Slinger J. 1980. True amino acid availability values for soybean meal and tower and candle rapeseed and rapeseed meals determined in two laboratories. *Poultry Sci* 59:605-610
- Nesheim MC, Carpenter KJ. 1967. The digestion of heat damaged proteins. *Br J Nutr Confer* 21:399-411
- Netke SP. 1979. A note on the selection of chicks for amino acid availability assays. *Ind J Anim Sci* 49:239-241
- Nilsson U, Oste R, Tagerstad M, Brikhed D. 1988. Cereal fructans : in vitro and in vivo studies on availability in rats and humans. *J Nutr* 118:1325-1330
- Nitsan Z, Alumot E. 1963. Role of the cecum in the utilization of raw soybean in chicks. *Br J Nutr* 80:299-304
- Nurmi E, Rantala M. 1973. New aspects of salmonella infection in broiler production. *Nature* 241:210-211
- O'dell BL, Woods WD, Laerdal OA, Jeffay AM, Savage JE. 1960. Distribution of the major nitrogenous compounds and amino acids in chicken urine. *Poult Sci* 39:426-432
- Okumura J, Mori S. 1979. Effect of deficiencies of single essential amino acids on nitrogen and energy utilization in chicks. *Br Poult Sci* 20:421-429
- Okumura J, Yamaguchi K. 1980. Effect of excess of individual essential amino acids in diets on chicks. *Jap Poult Sci* 15:69-73
- Parsons CM, Potter LM. 1981. Utilization of amino acid analogues in diets of young turkeys. *Br J Nutr* 46:77-86
- Parsons CM, Potter LM, Brown RD. 1981. True metabolizable energy and amino acid digestibility of dehulled soybean meal. *Poultry Sci* 60:2687-2696
- Parsons CM, Potter LM, Brown RD, Wilkins TD, Bliss BA. 1982a. Microbial contribution to dry matter and amino acid content of poultry excreta. *Poultry Sci* 61:925-932
- Parsons CM, Potter LM, Brown RD. 1982b. Effects of dietary protein and intestinal microflora on excretion of amino acids in poultry. *Poultry Sci* 61:939-946
- Parsons CM, Potter LM, Brown RD Jr. 1983. Effects of dietary carbohydrate and of intestinal microflora on excretion of endogenous amino acids by poultry. *Poultry Sci* 62:483-489
- Parsons CM. 1984. The influence of caecotomy and source of dietary fibre or starch on excretion of endogenous amino acids by laying hens. *Br J Nutr* 51:541-548

- Parsons CM. 1985. Influence of caeectomy on digestibility of acids by roosters fed distiller dried gains with solubles. *J Agri Sci* 104:469-472
- Parsons CM. 1986. Determinatuin of digestible and available amino acids in meat meal using conventional and caecetomized cockerels or chick growth assays. *Br J Nutr* 56:227-240
- Patience JF, Austic RE, Boyd RD. 1986. The effect of sodium bicarbonate or potassium bicarbonate on acid-base status and protein and energy digestibility in swine. *Nutr Res* 6:263-273
- Payne WL, Combs GF, Kifer RR, Snyder DG. 1968. Investigation of protein quality ileal recovery of amino acids. *Federation Proceedings* 27: 1199-1203
- Picard M, Bertrand S, Duron M, Maillard R. 1985. Towards a concept of amino acid digestibility in monogastric animals. AEC, Commentry France
- Poppema TF, Duke GE. 1992. The effectiveness of ligating or detaching ceca an alternative to cecectomy. *Poultry Sci* 71:1384-1390
- Porter JWG, Rolls BA. 1971. Some aspects of the digestion of proteins. *Proc Nutr Soc* 30:17-25
- Raharjo Y, Farrell DJ. 1984a. A new biological method for determining amino acid digestibility in poultry feedstuffs using a simple cannula, and the influence of dietary fibre on endogenous amino acid output. *Anim Feed Sci & Tech* 12:29-45
- Raharjo Y, Farrell DJ. 1984b. Effects of caecetomy and dietary antibiotics on the digestibility of dry matter and amino acids in poultry feeds determined by excreta analysis. *Aust J Exp Agric & Anim Hus* 24: 516-521
- Ratcliffe B. 1991. The role of the microflora in digestion. In : Fuller MF ed. In vitro digestion for pigs and poultry. CAB international, Wallingford pp. 19-34
- Razdan A, Pettersson D, Pettersson J. 1994. Broiler chicken body weights, feed intakes, plasma lipid and small intestinal bile acid concentrations in response to feeding of Chitosan and pectin. *Br J Nutr* 78:283-291
- Richardson LR, Blaylock LG, Lyman CM. 1953a. Influence of dietary amino acid supplements on the free amino acids in the blood plasma of chicks, *J Nutr* 51:515-522
- Richardson LR, Blaylodeclg, Lyman CM. 1953b. Influence of the level of vitamins in the diet on the concentration of free amino acids in the plasma of chicks. *J Nutr* 49:21-28
- Rolls BA, Porter JWG, Westgarth DR. 1972. The course of digestion of different food proteins in the rat. 3. The absorption of proteins given alone and with supplements of their limiting amino acids. *Br J Nutr* 28:283-293
- Rumessen JJ, Bode S, Hamberg O, Gudmand Hoyer E. 1990. Fructans from Jerusalem artichokes-intestinal transport, absorption, fermentation and influence on blood glucose, insulin and C-peptide response in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 52:675-681
- Sakada T. 1987. Stimulatory effect of short chain fatty acids on epithelial cell proliferation

- in the rat intestine : a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. *Br J Nutr* 58:95-103
- Salter DN. 1973. The influence of gut micro-organisms on utilization of dietary protein. *Proceedings of the nutrition Society* 32:65-71
- Salter DN, Coates ME. 1971. The influence of the microflora on the alimentary tract on protein digestion in the chick. *Br J Nutr* 26:55-69
- Salter DN, Coates ME, Hewitt D. 1974. The utilization of protein and excretion of uric acid in germ-free and conventional chicks. *Br J Nutr* 31:307-318
- Salter DN, Fulford RJ. 1974. The influence of gut microflora on the digestion of dietary and endogenous protein: studies of the amino acid composition of the excreta of germ-free and conventional chicks. *Br J Nutr* 32:625-637
- Sauer WC, Just A, Jorgensen HH, Fekadu M, Eggum BO. 1980. The influence of diet composition on the apparent digestibility of crude protein and amino acid at the terminal ileum and overall in pigs. *Acta Agric Scand* 30:449-459
- Sibbald IR. 1979a. A bioassay for available amino acid and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci* 58:668-673
- Sibbald IR. 1979b. Bioavailable amino acids and true metabolizable energy of cereal grains. *Poultry Sci* 58:934-939
- Sibbald IR. 1980. The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and amino acid outputs of adult cockerels. *Poultry Sci* 59:836-844
- Sibbald IR. 1986. The TME system of feed evaluation : methodology, feed composition data and bibliography. Technical Bulletin. Animal Research Centre, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Canada.
- Sibbald IR. 1987. Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pig: a review with emphasis on balance experiments. *Can J Anim Sci* 67:221-300
- Sibbald IR, Wolynetz MS. 1985. The bioavailability of supplementary lysine and its effect on the energy and nitrogen excretion of adult cockerels fed diets diluted with cellulose. *Poult Sci* 64:1972-1975
- Skilton GA, Moughan PJ, Smith WC. 1988. Determination of endogenous amino acid flow at the ileum of the rat. *J Sci Fd & Agric* 44:227-235
- Smith RE, Scott HM. 1965. Use of free amino acid concentrations in blood plasma in evaluating the amino acid adequacy of intact proteins for chick growth. *J Nutr* 86:37-44
- Soares JH, Kifer RR. 1971. Evaluation of protein quality based on residual amino acids of the ileal contents of chicks. *Poultry Sci* 50:41-46
- Soares JH, Miller D, Fitts N, Sanders M. 1971. Some factors affecting the biological availability of amino acids in fish protein. *Poultry Sci* 50:1134-1143
- Southern LL, Baker DH. 1982. Performance and concentration of amino acids in plasma and urine of young pigs fed diets with excesses of either arginine or lysine. *J Anim Sci*

- Tanksley TD Jr, Knabe DA, Purser K, Zebrowska T, Corley JR. 1982. Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. *J Anim Sci* 52(4):769-777
- Tasaki I, Ohno T. 1971. Effect of dietary protein level on plasma free amino acids in the chicken. *J Nutr* 101:1225-1232
- Taylor TG, Waring JJ, Scougall RK. 1970. Changes in plasma concentrations of free amino acids in relation to egg formation in the hen. *Br J Nutr* 24:1071-1081
- Terpstra K. 1977. Determination of the digestibility of protein and amino acids in poultry feeds. Proc 5th Int Symp on amino acids. Budapest. pp. 1-8
- Terpstra K, Janssen WMMA. 1975. Methods for determination of the metabolizable energy and digestibility coefficients of poultry feeds. *Inst Poult Res* 101:75
- Varel VH, Robinson IM, Pond WG. 1987. Effect of dietary copper sulfate, aureo sp 250, or clinoptilolite on ureolytic bacteria found in the pig large intestine. *Appl Environ Microbiol* 53:2009-2012
- Visek WJ. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. *J Anim Sci* 46:1447-1469
- Wang X, Gibson GR. 1993. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J Appl Bacteriology* 75:373-380
- Whitacre ME, Tanner H. 1989. Methods of determining the bioavailability of amino acids for poultry, In: Friedman M ed. *Absorption and utilization of amino acids* pp. 129-141
- Yamazaki M. 1983. A comparison of two methods in determining amino acid availability of feed ingredients. *Japanese J Zootech Sci* 54:729-733
- Yamazaki M, Ando M, Kubota D. 1977. Studies on the digestibility of single cell protein grown on various nutrient substrates for colostomized laying hens. *Japanese Poultry Sci* 14:232-235
- Yanaka M, Okumura J. 1981. Influence of dietary supplementation of arginine or glycine on the adverse effect in chicks given a tyrosine excess diet. *Jap Poult Sci* 18:151-157
- Yazawa K, Tamura Z. 1982. Search for sugar sources for selective increase of bifidobacteria. *Bifidobacteria Microflora* 1:39-44
- Zebrowska T. 1978. Determination of available amino acids in feedstuffs for monogastrics. *Feedstuffs* 50(53):15-17, 43-44
- Zimmerman RA, Scott HM. 1967a. Plasma amino acid pattern of chicks in relation to length of feeding period. *J Nutr* 91:503-506
- Zimmerman RA, Scott HM. 1967b. Effect of fasting and of feeding a nonprotein diet plasma amino acid levels in the chick. *J Nutr* 91:507-508
- 손장호, 남기홍. 1997. 닭에 있어서 결장 적출수술 후 케놀라를 주입시키는 인공항문 장착법에 관한 연구. *K J Poultry Sci* 24(2):91-95
- 지규만. 1985. 단위가축에서 사료내 아미노산의 이용성. *Shortcourse on feed processing technology* pp.175-193