

초이사료 배합설계를 통한 육계 생산성 증대방안

남두석 · 이진영 · 공창수[†]

건국대학교 동물생명과학대학 동물자원과학과

Strategy to Improve the Productivity of Broilers: Focusing on Pre-Starter Diet

Doo Seok Nam, Jinyoung Lee and Changsu Kong[†]

Dept. of Animal Science and Technology, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

ABSTRACT There are approximately 1,500 broiler farms in Korea, each raising 55,000 birds. Ninety-five percent of the farms are contracted with Integration Company. According to the Korean broiler performance index, broilers in Korea are marketed at 32 days with 1.52 kg of body weight. In contrast, the market age and body weight of broilers are 47 days/2.8 kg in the United States and 42 days/2.5 kg in Europe. Because of the younger market age of the Korean broiler, the pre-starter feed is important. Chicks exhibit poor absorption of dietary nutrients up to 7 days after hatching due to an immature digestive system and low enzyme secretion rate and activity. At the beginning of hatching, chicks obtain their nutrients from the egg yolk sac. It is highly recommended that chicks, after consuming the nutrients in the egg yolk sac, are given supplemented pre-starter feed to increase early growth rates and improve the performance of broiler production. Pre-starter nutrient requirements are not expressed in NRC, so Korean feeding standards for poultry and commercial breeding companies determine the nutrient requirements of pre-starter broiler chickens. Three approaches are followed to formulate specially designed pre-starter feeds for broiler chicks: (i) selective use of raw materials, (ii) proper standards of nutrient supply, and (iii) application of feed additives such as exogenous enzymes. In the selection of raw materials, those with high digestibility can be used. The absorption rate of carbohydrates in grains can be increased through feed processing at high temperature and high pressure. Soy proteins and fish meal can also be added as protein sources. As an energy source, vegetable oils are preferred over animal fats because of the former's high digestibility. It is suggested that the levels of proteins and amino acids are higher in pre-starter feed than in starter feed. With regard to energy, the sources of energy are more important than the levels of energy in feed. Feed additives such as exogenous enzymes can be used to improve nutrient digestibility. In addition, organic acids and plant extracts can be used as alternatives to animal growth promoters to stimulate immunity and prevent diseases. The growth performance of broilers is affected by various factors, such as management and disease control, in addition to the nutritional strategy; however, nutritional strategies play an important role in improving the productivity of broilers. Therefore, nutritional strategies, along with management and disease control, are required for improving the productivity of broilers in Korea.

(Key words: Productivity, gastrointestinal tract, digestive enzyme, chicks, prestarter)

서 론

1. 한국형 육계생산의 특징

한국농촌경제연구원¹에 의하면 현재 한국 육계 사육두수는 2015년 초부터 꾸준히 증가하여 현재 약 9,855만 마리로 추정되고 있으며, 종계 사육두수는 성계 454만 수를 포함하여 현재 약 821만 수로 예상되고 있다. 우리나라의 육계 사육형태를 보면 2014년 말 기준 전체 도계마릿수의 70.4%를

상위 10위까지 계열화 사업자가 차지하고 있다(Woo and Kim, 2015). 2014년 기준 사육호수는 약 1,517호이며, 농가 호당 사육 마릿수는 55,218 마리이고, 5만 마리 이상 사육농가 비율은 67.5%에 달한다. 95% 이상이 계열주체와 연계되어 위탁 사육을 하고 있는 실정이다. 농협중앙회와 농림축산식품부에서 제공하는 닭고기의 공급과 수요 조사 자료에서 연도별 닭고기 수급동향을 보면 생산, 수입 및 1인당 소비량이 꾸준히 증가함을 볼 수 있다. Woo and Kim (2015)의

[†] To whom correspondence should be addressed: changsukong@gmail.com

2015년 1월부터 2월까지 94개 농가의 표본 조사에 의하면 우리나라의 육계 출하체중과 사육일수는 1.5 kg대에 32일령 전후로 사육하고 있는 반면, 미국의 경우 2014년 기준 평균 47일령에 2.78 kg의 체중으로 출하되며, 사료 요구율은 1.89, 폐사율은 3.9%에 달하고(National Chicken Council, 2015), 유럽의 경우 평균 42일령 사육일수에 2.5 kg의 출하체중으로 출하되는 경향을 보인다(EFSA, 2013). 한국형 육계생산은 다른 나라에 비해 매우 짧은 사육기간과 가벼운 출하체중으로 육계병아리의 초기성장이 출하성적에 매우 중요한 영향을 미침을 알 수 있다. 따라서 본고에서는 육계 초기의 소화기관 발달과 성장의 극대화를 위한 영양학적인 방법을 모색하여 부화 후 1주일 간의 초이사로 배합설계 방안을 통한 육계 생산성 증대방안을 살펴보고자 한다.

본 론

1. 육계의 소화기관의 발달

1) 난황의 흡수

난황의 흡수를 기술하기 전에 계란을 비롯한 알부민과 난황의 일반성분을 살펴보면 Table 1에서와 같이 난황이 난백보다 고농도의 영양분을 지니고 있으며, 일반적인 계란 무게 58 g 기준으로 난각 등이 5.4 g으로 9%, 난백과 난대가 37.3 g으로 64%, 난황이 15.3 g으로 27%를 차지한다. 난황은 비테린(vitelline)막으로 둘러싸여 있으며, 노란 황과 흰 황으로 나뉘는데, 흰 황은 노란황의 안에 존재하며, 비중도 노란 황에 비해 낮다.

부화가 가까워짐에 따라 난황은 복강경으로 내재화된다. 통상 병아리 무게가 45 g이면 이 중 20~25%는 난황의 무게이고(Noy et al., 1996), 난황의 35~40%는 지질로 이루어졌

으며, 지질의 대부분은 아실글리세라이드로(Noy and Sklan, 2001) 난황낭에서 배아 혈류로 이송되어(Lambson, 1970) 부화된 병아리가 사료섭취 전에 주요 에너지 공급원으로 사용한다. 난황은 배아 발달기간 동안의 유일한 영양공급원이다. 부화 시 소장은 노란색과 푸른색을 지닌 점액성 물질을 함유하며, 난황과 비슷한 노란색소가 나타난다. 이와 같이 난황은 난황자루를 통하여 소장으로 이송되고, 부화 후 72시간 후에는 거의 흡수가 완료된다(Noy et al., 1996). 난황의 흡수경로는 크게 두 가지로 볼 수 있는데, 하나는 부화 후 72시간까지 진행되는 혈류를 통한 흡수이며, 다른 하나는 부화 후 120시간까지 지속되는 소장을 통한 흡수이다(Noy and Sklan, 1995). 소장에서의 난황 이용은 주로 지질 부분을 조사하여 알 수 있는데, 난황은 중성지방과 인지질은 함유하고 있으나, 유리 지방산은 거의 없다. 십이지장에서 부화 전에 유리 지방산이 존재하다가 일령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이는 반면에, 중성지방은 감소하는 경향을 보인다. 부화 후 첫 4시간 동안 난황 흡수경로의 비율은 사료급여 유무에 영향을 받는다. 비록 난황이 사료급여와 상관없이 흡수된다고 하더라도(Murakami et al., 1992), 사료를 급여하면 소장을 통한 난황 흡수가 더욱 유리하다(Noy and Sklan, 2001).

El-Husseiny et al.(2008)은 부화 후 사료 급여 유무에 따른 난황의 흡수율을 조사하였는데, 처음 48시간 동안에는 사료를 급여한 병아리의 난황 흡수율이 높았으나, 그 후에는 사료를 급여하지 않는 병아리의 난황 흡수율이 높았다. 이러한 결과는 Noy et al.(1996)의 결과와 일치하는 경향을 보였다. 한편, Noy et al.(1996)은 부화 후 시간에 따른 난황 무게 변화를 사료 섭취 유무로 나누어 회귀방정식으로 보고하였는데, 절식한 닭이 사료를 급여한 닭보다 난황 무게가 더 가벼운 알을 낳았으며, 사료 섭취 유무에 관계없이 부화 후 시간이 흐를수록 난황 무게는 감소하였다.

2) 소화기관의 발달

(1) 소화기관의 발달

부화 후 전위, 근위와 소장 무게는 부화 후 처음 9일까지 체중이나 다른 장기보다 훨씬 빨리 증가한다(Nitsan et al., 1991). 병아리에서 상대적인 소화기관의 최대 성장은 약 3~8 일령 사이에 일어나며(Murakami et al., 1992), 이러한 초기 성장 이후 소장의 무게는 상대적으로 일령이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있다(Katanbaf et al., 1988; Sell et al., 1991; Pinchasov and Noy, 1994). 14일령까지 소장의 길이와 직경은 증가하나 점막 증가에 비하면 증가속도가 느리다. Uni et

Table 1. Proximate analysis of an egg

Item (%)	Egg	Egg without egg shell	Egg white	Egg yolk
Moisture	69.9	77.0	88.4	48.4
CP	11.2	12.4	10.6	17.0
Fat	8.5	9.4	0.0	32.6
Carbohydrate	0.3	0.3	0.4	0.2
Ash	10.1	0.9	0.6	1.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

al.(1995, 1996)에 의하면 부화 후 4일까지 십이지장에서 용모의 부피가 크게 증가하다가 그 후 증가속도는 거의 정체된다. 공장과 회장에서 소장 용모의 부피는 부화 후 10일까지 꾸준히 증가하다가 그 후 증가속도가 떨어진다. Crypt의 숫자는 부화 후 4일에서 10일까지 큰 폭으로 증가하는데 부화 후 48~72시간에 정점에 도달한다(Geyra et al., 2001). 장세포의 분화능력과 관련 있는 Crypt의 깊이는 부화 10일 혹은 12일까지 십이지장과 공장에서 증가하는데, 공장에서의 증가속도가 십이지장에서의 증가 속도보다 빠르다. Uni et al.(1998, 1999)에 의하면 Villi의 높이와 Crypt의 깊이는 십이지장에서는 부화 후 6일령에, 회장과 공장에서는 부화 후 10일령에 정점에 도달한다고 했다. 일령에 따른 회장에서 Crypt의 깊이 증가는 매우 적다. 용모 당 장세포의 숫자는 증가하나, 장세포 밀도는 십이지장이나 회장에서 거의 변화가 없으며, 공장에서는 일령에 따라 약간 증가하는 경향을 보인다. 일반적으로 부화 후 2일부터 영양소 흡수 관련 소장 기관은 급속히 증가하며, 10일 혹은 12일 후에는 증가속도가 떨어진다. Noy et al.(1996)에 의하면 부화 후 48시간 동안 난황낭 섭취와 더불어 사료급여 시 체중은 11 g 증가하였고, 소장은 부화 시 체중의 3.8%에서 48시간 경과 후 체중의 8.9%로 증가한 반면, 사료 미급여시 체중은 10 g 감소하였고, 소장은 48시간 후에 체중의 4.5%이다.

(2) 소화효소 분비의 변화

부화 직후 소장은 해부학적으로는 완성된 상태이지만, 생리적, 형태학적으로 미성숙하기 때문에 일령증가와 함께 기능적인 부분은 점차 향상이 된다. 사료섭취가 시작됨에 따라 소화효소 분비가 증가하게 된다. 소장에서 영양물질의 가수분해는 주로 췌장에서 분비되는 아밀라아제, 리파아제 그리고 트립신 등 소화효소의 작용으로 이루어지며, 이들 효소는 각각 전분, 중성지방, 그리고 단백질 소화와 관여한다.

부화 후 소장 내 효소의 활성은 장내 존재하는 기질의 영향을 받는다. Moran(1985)의 조사 결과에 의하면 아밀라아제와 트립신은 부화 3일 전부터 분비되고, 리파아제 역시 부화 전에 분비된다고 하였다. 부화 후 효소의 분비는 증가하나, 증가속도는 효소에 따라 다르다(Tarvid, 1995; Noy and Sklan, 1995). 부화 후 4일령부터 21일령까지 세습 141을 비흡수성 표준물질로 이용하여 소화효소의 분비속도를 조사한 결과, 부화 후 4일에서 21일 사이에 아밀라아제의 분비속도가 100배 정도로 가장 빠르고, 리파아제는 20배로 가장 느리고, 트립신은 50배로 증가속도가 중간 정도였다(Noy and Sklan, 1995). Noy and Sklan(1995)은 부화 후 일령에 따른 십이지장에서

의 담즙산, 단백질 그리고 지방산 분비를 조사하였는데, 담즙산 분비는 부화 후 4일과 7일 사이, 그리고 7일과 10일 사이에 2배로 증가하며, 그 후 10일부터 21일까지는 약 80% 증가한다. 그리고 질소 분비는 4일부터 21일령 동안에 15배 정도 증가하는데, 대부분 4일에서 10일 사이에 증가한다. 지방산 분비는 담즙염 분비와 비슷하여 부화 후 4일에서 21일 사이에 약 8~10배 증가한다. 아밀라아제 활성은 부화기간 17일부터 부화 후 2일까지 점진적으로 증가한다는 보고가 있는 반면에(Marchaim and Kulka, 1967), Nitsan et al.(1991)은 부화부터 부화 후 5일까지는 아밀라아제 활성이 감소하고, 그 이후는 증가하다가 부화 후 8일령에 정점에 도달하며, 리파아제는 부화 후 처음 6일간은 감소하다 21일령까지 꾸준히 증가하고, 트립신 활성은 부화 후 처음 3~6일까지 감소하다가 부화 후 14일까지 증가한다고 보고하였다. 지방산 분비도 담즙산 분비와 비슷하게 부화 후 4일에서 21일 사이에 8~10배 증가한다. 반면, 체중이나 사료섭취를 기준으로 보면 십이지장에서의 담즙산, 지방산, 질소의 분비는 부화 후 10일에서 14일 사이에 최대치에 달하다가, 그 후 21일까지 감소하는 경향을 보인다.

일반적으로 십이지장에서 소화효소의 분비는 다른 소장 부위에 비해 많은 편이며, 아밀라아제 분비는 트립신이나 리파아제에 비해 십이지장에서 회장에 이르기까지 분비속도가 느린 편이다. Brush Border에 있는 효소들은 1차적으로 큰 입자 분해 후 작은 입자의 소화를 마무리하는데 주로 장세포 내 혹은 외막에 존재하고, 이들 효소는 부화시작 15일경의 배아에서 발견되곤 한다. 이당류 분해효소인 Disaccharidase는 부화 후 2일째에 활성이 2~4배로 증가한다(Uni, 1999). 그리고 아미노기 전이 반응에 관련하는 감마 글루타밀 트랜스페라제(γ -glutamyl transferase)는 부화 후 공장의 점막에서 활성이 0에서 5배까지 증가한다(Uni, 1999). 한편, Tarvid(1995)는 기질이 글라이신일 때 dipeptidase는 부화하자마자 활성이 빠르게 감소한다고 보고하였다.

(3) 영양소 흡수율의 변화

영양소 섭취는 소장에서의 소화와 흡수에 크게 영향을 받는데, 이를 위해서 효소가 충분히 분비되어야 한다. 부화 후 사료섭취가 증가하게 되면 소장에서 가수분해를 위한 효소의 활성이 증가하거나, 장내 체류 시간이 증가해야 한다. Noy and Sklan(1995)은 세습 141을 이용한 영양소 소화율 시험에서 소장에서 질소 소화율은 4일령에 78%에서 21일령에 92%로 증가하나, 전분과 지방산은 4일령에 82%, 21일령에 89%로 거의 변화가 없다고 보고하였다. Reisenfeld et al.(1980)은

부화 12일령의 병아리 전분 소화율이 공장에서 약 95%이므로 체장에서 아밀라아제 분비가 부화 후 충분히 이루어진다고 보고했다. 부화 후 일령이 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하여 장내 사료의 통과속도가 감소하게 되며, 효소작용에 의한 전분(당)과 지질의 흡수는 충분하나, 단백질의 경우 효소의 장내 분비가 늦어 단백질 분해가 느려진다(Noy and Sklan, 1995). 지방의 소화율은 포화도의 영향을 받는데(Leeson and Summers, 2001), 포화지방산은 비극성이고 용점이 높으며, 담즙염에 잘 녹지 않아 불포화지방산과 달리 소화율이 낮다. Danicke (2001)에 의하면 식물성 지방이 동물성보다 육계에서 소화율이 높는데, 이는 동물성 지방의 높은 포화지방산 함량 때문이다. 따라서 포화지방산이 많은 동물성 지방을 사용할 경우, 유화제 사용으로 지방 소화율을 향상시킬 수 있다(Gu and Li, 2003). 부화 후 4일에서 10일 사이에 사료섭취량은 3배 정도 증가하나, 장내 사료 통과속도도 그에 따라 감소한다. 하지만 10일령 후에는 사료섭취량이 계속 증가하더라도 장내 통과속도는 거의 변하지 않는다. 이러한 통과속도 감소는 소장 중에서 효소 활성화와 영양소 섭취와 깊은 관계가 있는 십이지장에서 주로 나타났다(Sklan et al., 1975; Sklan and Hurwitz, 1980).

2. 육계초기 성장을 위한 영양적인 방법

Pre-starter 사료 개념은 양돈 분야에서 이미 널리 적용되어 소화흡수율이 높은 원료를 접목하거나 어미돼지의 모유와 유사하게 설계하여 이유 시 자돈의 성장이 정체 없이 충분히 발육할 수 있도록 설계된 사료적 접근의 한 방법이다(Van Dijk et al., 2001). 앞에서 언급한 바와 같이, 육계 병아리의 경우 부화 후 첫 1주일간은 영양소 흡수관련 소화기관이 충분히 제 기능을 발휘하지 못하므로 자돈과 마찬가지로 초이사료(pre-starter diet) 개념이 필요하다. 1970년대 여러 연구들이 단백질 함량이 28%(Sahoo and Rao, 1974), 26%(Mathur et al., 1976; Saxena and Singh, 1976; Rocha et al., 2003) 정도인 육계 초이사료를 부화 후 2주간 급여 시 대조구에 비해 성적이 향상되었으나, 이러한 성적 향상은 출하 시까지 유지되지 못하여 육계 초이사료 급여의 이점이 유지되지 못한다고 보고하였다. 그러나 과거에 비해 육종개량, 시설환경 개선 및 영양공급 등으로 인하여 최근의 육계의 출하일령과 사료효율이 매우 개선되어(Gyles, 1989; Leeson and Summers, 2001) 부화 후 초기 1주일만은 전체 출하기간의 20% 이상에 해당하게 되었고, 초이사료의 중요성도 강조되고 있는 실정이다(Rocha et al., 2003; Stringhini et al., 2003). 초이사료의 접근 방법은 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 영양수준을 높여서 소화기

관이 완전히 발달하지 못한 어린 병아리가 충분한 영양 섭취가 이루어지도록 하는 것으로, 이 경우 문제점은 영양소의 불완전한 소화로 유해 세균에 의한 피해가 나타날 수 있다. 다른 방법은 소화 흡수율이 높은 원료를 선별적으로 사용하여 초이사료를 급여하는 것이다(Leeson and Summers, 2005).

어린 병아리의 경우, 에너지와 라이신의 소화율이 매우 낮음을 볼 수 있고(Batal and Parsons, 2002), Leeson and Summers (2005)는 육계 초이사료에서 소화율이 높은 원료의 종류별 사용수준과 첨가제 등을 제시하고 있는데, 카제인 등과 같이 현실적으로 사용 불가능한 원료도 있는 것을 알 수 있다. Swidesky(2002, 미발표)의 이러한 고효율 원료와 일반원료를 사용한 초이사료의 사양성적을 비교한 결과에 따르면 고효율 원료의 초이사료의 급여효과는 일령이 낮을수록 증체량이 일반사료대비 21~34% 향상되었으며, 42일령 기준으로 증체량이 9% 증가하였다.

1) 에너지

Nascimento et al.(2004)은 육계초기에 에너지 수준을 3,150 kcal/kg으로 증가시키면 사료섭취량이 감소하고, 사료효율은 개선되었지만 증체량은 증가하지 않았다고 보고하였다. 미국 NRC(1994)에서는 별도의 육계 초이사료에 대한 에너지 요구량 표시 없이 부화 후부터 출하 시까지 대사에너지 요구량을 3,200 kcal/kg으로 동일하게 제시하였으며, Korean Feeding Standard for Poultry(2012)에서는 생후 0~1주간 초이사료에 대한 대사에너지 요구량을 3,050 kcal/kg으로 낮게 제시하였다. 한편, 육용종계회사(Aviagen)에서는 대사에너지는 3,025 kcal/kg, 총 라이신은 1.43%, 가소화 라이신은 1.27%를 요구량으로 제시하였다.

미국 NRC(1994), Korean Feeding Standard for Poultry(2012), 그리고 우리나라의 주요 육계품종의 하나인 Ross 308(2014)의 영양소 요구량을 Table 2에서 비교 정리하였다. 미국 NRC(1994)의 육계초기 요구량은 에너지가 매우 높은 반면에, 종계회사의 요구량은 에너지가 낮고, 아미노산 수준이 매우 높음을 알 수 있다. Dozier(2014, 미발표)의 에너지 수준별 생후 1일부터 14일까지의 사양성적을 보면 증체량, 사료섭취량, 사료효율에 차이가 없는 것으로 나타났다. 초이사료의 에너지 수준보다는 에너지공급원으로서 동물성과 식물성 그리고 포화지방산과 불포화지방산 등을 고려하는 것이 더욱 중요하다.

2) 아미노산

2001년부터 2006년까지 전 세계에서 유통되고 있는, 1632

Table 2. Nutrient requirements of starter or pre-starter broilers

Item	NRC	Korean Feeding Standard	Aviagen (2014)
	(1994)	(2012)	(Ross 308, <1.60 kg live weight)
Period	0~3 weeks	0~1 weeks	0~10 days
CP (%)	23	22	23
ME (kcal/kg)	3,200	3,050	3,000
Ca (%)	1.00	1.00	0.96
Available P (%)	0.45	0.45	0.48
Lysine (%)	1.10	1.38	1.44 (1.28)
Sulfur containing amino acid (%)	0.90	1.00	1.08 (0.95)
Threonine (%)	0.80	0.92	0.97 (0.86)
Arginine (%)	1.35	1.45	1.52 (1.37)
Tryptophan (%)	0.20	0.22	0.23 (0.20)

() : digestible amino acid.

개의 육계사료의 성장 단계별 단백질 및 아미노산 수준을 살펴보면 육계 초이사료의 평균 단백질은 23.3%이고, 총 라이신 함량은 1.34%로 분석되었다(Petri and Lemme, 2007).

Dozier et al.(2008)은 회귀방정식을 이용하여 육계사료의 필수 아미노산 요구량을 사료 % 기준, 일 섭취량 기준, 증체 kg 당 기준으로 일령별로 조사하였는데, 일령별 총 라이신 요구량에 대한 공식은 $y = 0.0009x^2 - 0.014x + 1.44$ 이며, y는 사료 내 총 라이신 함량(%) x는 육계일령을 칭한다($R^2 = 0.93$).

Vieira et al.(2014) 은 Dozier et al.(2008)의 공식을 이용하여 육계 일령 구간별 총라이신 요구량으로 1.36, 1.26, 1.12 와 1.04%를 1~7일령, 8~21일령, 22~35일령, 그리고 36~42 일령에 대해서 제시하였다.

Dozier and Payne(2012)은 옥수수-대두박 위주의 사료에 땅콩박이 10.14%, 가금부산물 5% 함유된 육계사료에서 부화 후 1일부터 7일까지 가소화 라이신요구량 규명을 위한 실험을 통하여 Ross 708의 경우, 체중증가에 대해서는 1.352%, 사료효율을 위해서는 1.382%의 가소화라이신 요구량을, Hubbard × Cobb 500의 경우, 체중증가를 위한 가소화 라이신 요구량으로 1.265%를 제시하였다. 최근에 Dozier et al.(2011)은 부화 후 1일부터 7일령까지 가소화 메티오닌과 라이신의 적정 비율 규명실험에서 78:100을 적정비율로 보고하였다. Goulart et al.(2011)은 Cobb 수평아리로 부화 후 1일부터 7일령까지 가소화 총 황함유 아미노산 요구량은 0.873%로, 가소화 라이신 대비 이상적 비율은 71:100으로 보고하였다. Corzo et al. (2008)에 의하면 Ross 308의 1~14일령까지 가소화 발린의 요

구량은 0.91%로 육계사료에서 제4 제한아미노산으로 볼 수 있다고 하였다. Ross 708로 행한 시험에서 Corzo(2012)는 가소화라이신에 대한 가소화 트립토판의 적정 비율은 조사 항목에 따라 다르나, 일반적으로 17:100(사료효율)에서 19:100(사료섭취량)로 나타났고, 아지닌의 적정비율은 사료효율일 경우 가장 높은 라이신 대비 114%, 육성물은 가장 낮은 103%, 그리고 증체량의 경우 108%를 제시하였다. 최근에 Tillman and Dozier(2013)은 육계 성장단계별 라이신 기준 필수아미노산의 적정비율을 조사 보고하였는데, 부화 후 14일령까지 가소화 라이신 기준 다른 필수아미노산의 비율은 동일하며, 일령이 증가함에 따라 트레오닌을 제외한 다른 필수아미노산의 라이신 기준 비율은 증가하는 경향을 보였다.

네덜란드(CVB, 2009)에서는 글라이신과 세린은 초기 2주간 제한적 필수 아미노산으로 분류되어 부화 후 2주간 1.5%의 요구량을 제시하고 있으며, 최근 시험 결과에서는 적정 수준의 글라이신과 세린은 육계 초기성장을 증가시키고, 사료효율을 개선시킨다는 보고도 있다(Corzo et al., 2004; Corzo, 2012).

3) 효소제

가금사료에 주로 사용되는 원료인 곡류 및 박류 원료사료에는 단위동물이 소화 이용하기 어려운 비전분성 다당류(NSP)가 다량 포함되어 있다. NSP는 섬유소(cellulose) 또는 비섬유성 다당류(noncellulosic polysaccharides)로 나누어지며, 옥수수를 포함한 곡류 원료사료에는 비섬유성 다당류인 아라비노자일란과 베타-글루칸이 주를 이루며, 반면에 대두박과

캐놀라박을 비롯한 박류 원료사료에는 아라비난, 아라비노갈락탄, 갈락탄, 갈락토만난, 만난 및 펙틴 다당류가 주를 이룬다(Slominski, 2011; Kocher et al., 2002). 이러한 NSP는 장내 수분과 결합하여 점도를 증가시켜 소화효소와 기질의 접촉 시간을 감소시켜 영양소 소화율과 사료효율을 떨어뜨리고, 사양성적을 저하시킨다(Bedford and Classen, 1992; Bedford and Morgan, 1996; Lazaro et al., 2003; Meng et al., 2005). 따라서 NSP 이용을 향상시키기 위하여 효소제가 지난 수십 년 동안 폭넓게 연구되었고, 실제로 양계 및 양돈 사료에 적용되었다(Kiarie et al., 2013). 옥수수-대두박 위주 육계사료에서의 효소제 적용에 대한 실험결과에 의하면 NSP 효소제 첨가로 단백질과 에너지 소화율이 향상되었으며, 증체량이나 사료효율도 개선된 결과를 보고하였다(Masey O'Neill et al., 2012; Coppedge et al., 2012). 한편, 소맥 위주의 육계사료에서도 자일라나제 첨가로 장내 점도를 낮추고, 영양소 이용률을 증가시켜 사료에너지 절감 효과와 사료효율 개선 및 증체량 향상을 여러 연구자들이 보고하였다(Esmailipour et al., 2011; Kalmendal and Tauson, 2012). 한편, 단일효소제 첨가대신에 카테일 형태의 복합효소제 적용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는데, Zanella et al.(1999)은 옥수수-대두박 위주의 육계사료에 복합 효소제(아밀라아제, 프로테아제, 자일라나제)를 첨가할 때 영양소 소화율과 증체성적이 개선되었다고 보고하였다. Meng and Slominski(2005)은 자일라나제, 글루카나제, 셀룰라제, 펙티나제, 만나나제가 함유된 복합 효소제를 첨가 시 체중증가와 에너지 소화율이 향상됨을 보여줬다. Gracia et al.(2003)은 자일라나제와 함께 아밀라제를 첨가하면 육계의 증체량과 섭취량은 증가하였고, 사료효율은 영향을 받지 않았다고 하였다. 옥수수-대두박 위주의 육계사료에서 자일라나제와 글루카나제 사용 시(Cowieson et al., 2010), 자일라나제, 아밀라제 및 프로테아제 첨가 시(Cowieson and Ravindran, 2008), 그리고 자일라나제, 베타-글루카나제, 알파-갈락토시데즈와 베타-만나나아제 첨가 시(Coppedge et al., 2012) 사양성적과 영양소 소화율이 개선됨을 보고하였다.

4) 흡수 이용률이 높은 원료 채택

초기사료에 필요한 원료의 종류에 대해서는 서론 부분에서 이미 언급한 바가 있지만, 육계 초이사료의 영양소 요구량에서 가장 중요하고 비용이 많이 드는 단백질과 에너지 공급원에 대한 관심이 증가되고 있다. 부화 후 어린 병아리는 주요 에너지 공급원으로 체내 글리코겐을 이용하는데, 이를 위해 포도당 신생합성(Gluconeogenesis)을 통한 에너지공급

을 위해 탄수화물 공급을 중요시하며, 일반적인 옥수수-대두박 위주의 육계 초이사료에 비해 포도당, 설탕, 옥수수전분을 사용할 때 성적이 향상되었다는 보고도 있다(Batal and Parsons, 2004). 부화 후 얼마 동안은 포화지방산보다 불포화지방산의 소화율이 높으므로(Noy and Sklan, 1995; Carew et al., 1972) 단순한 지방 공급수준보다는 지방산의 조성이 초이사료의 에너지공급원으로 중요하다. Whitehead and Fisher (1975)는 오늘날 자돈사료에 항생제 대체제로 이용되고 있는 증쇄지방산의 소화율이 90% 이상으로 어린 가금 사료에 매우 유용한 원료라고 하였다.

단백질 공급원으로 자돈사료에서 우수한 단백질 공급원으로 면역증강과 기호성 증진효과가 있는(Coffey and Cromwell, 1995) 혈장단백질을 어린 가금 사료에 적용하는 방안에 대해 많은 연구가 이루어졌는데, 결과는 시험 조건에 따라 다르게 보고되었다(Campbell et al., 2006; Rostagno et al., 2005). 한편, Longo et al.(2007)에 의하면 초이사료 단백질 공급원으로 혈장단백, 분리대두단백, 전란 혹은 옥수수글루텐을 사용 시 섭취량은 감소하나, 증체량에는 변화가 없다고 했다. Longo et al.(2007)은 육계 초이사료에 대한 탄수화물과 단백질의 공급원에 따른 사양성적을 조사하고자 부화 후 1일부터 7일까지 기초사료로 단백질은 21.92%, 대사에너지는 2,800 kcal/kg으로 하여 비교하였는데, 설탕 급여 시 혈장단백이나 전분 혹은 옥수수글루텐에 비해서 증체량이 개선되었다. 또한 혈장 단백질 급여 시 설탕 급여에 비해 사료효율이 개선되었다. 초이사료를 위한 고효율 원료로서는 단백질 공급원보다는 탄수화물 공급원으로서 쉽게 소화 흡수되는 포도당이나 설탕을 우선적으로 고려해야 한다.

5) 초이사료 배합비 예시

초이사료의 배합비 작성 시 고려해야 할 부분은 크게 3가지로 1) 원료의 종류와 사용범위, 2) 영양소 수준, 그리고 3) 기능성 첨가제 접목 등으로 나눌 수 있다. 원료의 선택과 수준에서 가장 중요한 것은 얼마나 소화흡수 이용률이 높은 원료를 사용하는 것이 가장 중요하다. 따라서 일반적으로 양계사료에 사용되는 단백질 원료인 대두박이나 옥수수글루텐보다는 가공처리 한 발효대두박이나 농축단백질원료 혹은 동물성 원료로 고급 원양어분, 혈장단백 등의 원료 적용을 검토할 수 있으며, 에너지 공급원으로는 단순 분쇄 옥수수보다는 가공처리된 옥수수 혹은 포도당 첨가도 좋은 방법이다. 또한 지방 공급원으로 단순한 동물성 우지보다는 어린 일령에 소화율이 높은 식물성 기름이나 불포화지방산이 높은 지방 공급원을 사용하는 것도 권장한다. 두 번째 고려 항목인 영

양소 수준에서는 수치상으로 고단백질이나 높은 아미노산 수준을 설정하기보다는 실질 체내 이용성 개념을 적용하여 배합설계기준을 설정하는 것이 필요하다. 특히 불필요한 고단백질 수준의 초이사료는 오히려 체내 대사 부하를 초래하거나 연변 등을 유발하여 생산성에 악영향을 미칠 수 있다. 마지막으로 첨가제 적용부분에서는 항생제 대체제로서 효소제, 유기산제, 추출제, 생균제 혹은 면역강화제 등의 사용을 권장하기도 한다. Table 3은 일반적으로 권장되는 육계 초이사료의 배합비 예시로 실질적으로 사료공장에서 초이사료 배합비 작성 시 참고자료로 활용이 가능할 것이다.

적 요

본 총설은 부화 후 1주일간 급여되는 초이사료 적용의 필요성 및 배합설계방안을 제시하여 육계생산성을 증대하는 방안을 살펴보고자 한다. 육계는 지난 수년 간 괄목할 만한 증체 속도 증가, 출하일령 단축 그리고 사료효율 향상을 보여줬다. 이는 육종 개량, 사육 환경 개선, 과학적인 사양관리

기법 적용 및 적정 영양공급 등의 결과이며, 한국의 경우 다른 나라에 비해 육계사육기간이 매우 짧아, 부화 후 약 31일령이면 출하가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 육계초기 1주일간은 전체 사육기간의 20% 이상을 차지할 뿐만 아니라, 초기성장이 출하체중과 일령 그리고 사료효율에 지대한 영향을 미치고 있으므로 초기 1주일간의 사료공급을 통한 생산성 향상이 매우 중요하다. 생후 7일령까지의 어린 병아리는 소화기관 미발달과 효소의 분비 및 활력 부족으로 사료 내 영양소의 소화 흡수 및 이용률이 낮은 편임을 고려하여, 초이사료의 급여를 위한 영양적 접근 방법으로는 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로는 단순히 영양수준을 올리기보다는 양질의 원료 사용, 특히 단백질과 탄수화물 이용률 증진을 위한 선택적인 원료 사용 및 원료의 가공처리가 필요하다. 에너지 공급의 경우, 에너지 수준 못지않게 에너지 공급원이 중요한데, 특히 불포화지방산공급원인 식물성이 기름 첨가를 권장한다. 영양소 공급의 경우, 단백질 함량을 증가시키기보다는 이상적 아미노산 비율에 따른 필수아미노산 공급이 중요하다. 필요 시 효소제를 비롯한 항생제 등의 대체 물질 첨

Table 3. Example formula for the pre-starter diet for broilers

Ingredients	level (%)	Items	level
Processed corn	10~30	Crude protein (%)	22~24
Corn	Adequate amount	ME (kcal/kg)	3,000~3,050 kcal/kg
Wheat, wheat flour	Not more than 5	Crude fat (%)	Not more than 5
Corn gluten	Not more than 5	Crude fiber (%)	Not more than 5
Soybean meal	Adequate amount	Calcium (%)	Not less than 0.8
Processed soybean meal	Not more than 5	Available P (%)	Not less than 0.4
Fish meal	1- (depending on cost)	Total lysine (%)	Not less than 1.45
Plasma protein	1- (depending on cost)	Sulfur containing amino acid (%)	Not less than 1.1
Salt	0.2~0.3	Threonine (%)	Not less than 1.0
Tallow	Not more than 3	Tryptophan (%)	Not less than 0.25
NaHCO ₃	0.1~0.2	Valine (%)	Not less than 1.0
Limestone and calcium phosphate	2.0~4.0	Arginine (%)	Not less than 1.5
Vitamin mineral premix	0.3~0.5		
Crystalline amino acid	1.0		
Feed additives	1- (depending on cost)		

가를 통해 항병력이나 소화흡수율을 향상시키는 방안을 고려해 볼 수 있다. 아울러 기타 제한 아미노산의 충족에 대한 연구와 부화 후 7일간 사료 내 전해질 균형의 영향에 대한 연구가 앞으로 필요하다.

사 사

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공분야 기초연구사업임 (NRF-2015R1C1A1A02036777).

REFERENCES

- Batal AB, Parsons CM 2002 Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poultry Sci.* 81:400-407.
- Batal AB, Parsons CM 2004 Utilization of various carbohydrate sources as affected by age in the chick. *Poultry Sci.* 83:1140-1147.
- Bedford MR, Classen HL 1992 Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and feed conversion efficiency of broiler chicks. *J Nutr.* 122:560-569.
- Bedford MR, Morgan AJ 1996 The use of enzymes in poultry diets. *World Poultry Sci J.* 52:61-68.
- Campbell JM, Russell LE, Crenshaw JD, Koehn HJ 2006 Effect of spray-dried plasma form and duration of feeding on broiler performance during natural necrotic enteritis exposure. *J Appl Poultry Res.* 15:584-591.
- Carew LB Jr, Macheimer RH Jr, Sharp RW, Foss DC 1972 Fat absorption by the very young chick. *Poultry Sci.* 51:738-742.
- Coffey RD, Cromwell GL 1995 The impact of environment and antimicrobial agents on the growth response of early-weaned pigs to spray-dried porcine plasma. *J Anim Sci.* 73:2532-2539.
- Coppedge JR, Oden LA, Ratliff B, Brown B, Ruch F, Lee JT 2012 Evaluation of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes in broiler diets varying in nutrient and energy levels as measured by broiler performance and processing parameters. *J Appl Poultry Res.* 21:226-234.
- Corzo A, Kidd MT, Burnham DJ, Kerr BJ 2004 Dietary glycine needs of broiler chicks. *Poultry Sci.* 83:1382-1384.
- Corzo A, Dozier WA III, Kidd MT 2008 Valine nutrient recommendations for Ross × Ross 308 broilers. *Poultry Sci.* 87:335-338.
- Corzo A 2012 Determination of the arginine, tryptophan, and glycine ideal-protein ratios in high-yield broiler chicks. *J Appl Poultry Res.* 21:79-87.
- Cowieson AJ, Ravindran V 2008 Sensitivity of broiler starters to three doses of an enzyme cocktail in maize-based diets. *Br Poultry Sci.* 49:340-346.
- Cowieson AJ, Bedford MR, Ravindran V 2010 Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. *Br Poultry Sci.* 51:246-257.
- CVB Table Booklet Feeding of Poultry 2009 Accessed Sep 2009 http://www.pdv.nl/downloads/voederwaardering/CVB_Table_Booklet_Feeding_of_Poultry_-_website_version.pdf
- Danicke S 2001 Identity and fat quality and content in response to feed enzymes in broilers. Pages 199-236 In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition.* ed. CABI Pub, Wallingford, UK.
- Dozier WA III, Corzo A, Kidd MT, Tillman PB, Branton SL 2011 Determination of the fourth and fifth limiting amino acids of broilers fed diets containing maize, soybean meal, and poultry by-product meal from 28 to 42 days of age. *Br Poultry Sci.* 52:238-244.
- Dozier WA III, Payne RL 2012 Digestible lysine requirement of male and female broilers from fourteen to twenty-eight days of age. *Poultry Sci.* 88:1676-1682.
- Dozier WA III, Kidd MT, Corzo A 2008 Dietary amino acid responses of broiler chickens. *J Appl Poultry Res.* 17:157-167.
- El-Husseiny OM, El-Wafa SA, El-Komy HMA 2008 Influence of fasting or early feeding on broiler performance. *Int J Poultry Sci.* 7:263-271.
- Esmailipour O, Shivazad M, Moravej H, Aminzadeh S, Rezaian M, van Krimpen MM 2011 Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. *Poultry Sci.* 90:1975-1982.
- European Food Safety Authority (EFSA) 2013 Technical assistance to the Commission (Article 31 of Regulation (EC) No

- 178/2002) for the preparation of a data collection system of welfare indicators in EU broilers' slaughterhouses. *EFSA Journal*. 11:3299-3367.
- Geyra A, Uni Z, Sklan D 2001 Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. *Poultry Sci*. 80: 776-782.
- Goulart CC, Costa FGP, Souza JHV, Rodrigues VP, Oliveira CLS 2011 Requirements of digestible methionine+cystine for broiler chickens at 1 to 42 days of age. *Rev Bras Zootec*. 40:797-803.
- Gracia MI, Aranibar MJ, Lazaro R, Medel P, Mateos GG 2003 Alpha-Amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Sci*. 82:436-442.
- Gu X, Li D 2003 Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. *Anim Feed Sci Tech*. 109:151-170.
- Gyles NR 1989 Poultry, people, and progress. *Poultry Sci*. 68:1-8.
- Kalmendal R, Tauson R 2012 Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. *Poultry Sci*. 91:1387-1393.
- Katanbaf MN, Dunnington EA, Siegel PB 1988 Allomorphic relationships from hatching to 56 days in parental lines and F₁ crosses of chickens selected 27 generations for high or low body weight. *Growth Dev Aging*. 52:11-22.
- Kiarie E, Romero LF, Nyachoti CM 2013 The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutr Res Rev*. 26:71-88.
- Kocher A, Choct M, Porter MD, Broz J 2002 Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. *Br Poultry Sci*. 43:54-63.
- Korean Feeding Standard for Poultry 2012 National Institute of Animal Science, RDA.
- Lambson RO 1970 An electron microscope study of the enterodermal cells of the yolk sac of the chick during incubation and after hatching. *Am J Anat*. 129:1-20.
- Lazaro R, Garcia M, Aranibar MJ, Mateos GG 2003 Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br Poultry Sci*. 44:256-265.
- Leeson S, Summers JD 2001 *Scott's Nutrition of Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canada.
- Leeson S, Summers JD 2005 *Commercial Poultry Production*. 3rd ed. University Books, Guelph, Ontario, Canada.
- Longo FA, Menten JFM, Pedroso AA, Figueiredo AN, Raccanacci AMC, Sorbara JOB 2007 Performance and carcass composition of broilers fed different carbohydrate and protein sources in the prestarter phase. *J Appl Poultry Res*. 16:171-177.
- Marchaim U, Kulka RG 1967 The non-parallel increase of amylase, chymotrypsinogen and procarboxypeptidase in the developing chick pancreas. *Biochim Biophys Acta*. 146: 553-559. The non-parallel increase of amylase, chymotrypsinogen and procarboxypeptidase in the developing chick pancreas.
- Masey O'Neill HV, Mathis G, Lumpkins BS, Bedford MR 2012 The effect of reduced calorie diets, with and without fat, and the use of xylanase on performance characteristics of broilers between 0 and 42 days. *Poultry Sci*. 91:1356-1360.
- Mathur CR, Reddy CV, Siddique SM, Reddy MS 1976 Effect of feeding high protein prestarter ration on the performance of broilers. *Indian Vet J*. 53:601-605.
- Meng X, Slominski BA 2005 Nutritive value of corn, soybean meal, canola meal or peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poultry Sci*. 84:1242 - 1251.
- Meng X, Slominski BA, Nyachoti CM, Campbell LD, Guenter W 2005 Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry Sci* 84:37-47.
- Moran ET Jr 1985 Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. *J Nutr*. 115:665-674.
- Murakami H, Akiba Y, Horiguchi M 1992 Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth Dev Aging*. 56:75-84.
- Nascimento AH, Vilar Da Silva JH, Teixeira LF, Runho RC, Pozza PC 2004 Energia metabolizável e relação energia: proteína bruta nas fases pré-inicial e inicial de frangos de corte. *R Bras Zootec*. 33:911-918.
- National Chicken Council 2015 <http://www.nationalchickencouncil.org>

- cil.org/
- Nitsan Z, Dunnington EA, Siegel PB 1991 Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poultry Sci.* 70:2040-2048.
- Noy Y, Uni Z, Sklan D 1996 Routes of yolk utilization in the newly-hatched chick. *Br Poultry Sci.* 37:987-996.
- Noy Y, Sklan D 1995 Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Sci.* 74:366-373.
- National Research Council 1994 Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Noy Y, Sklan D 2001 Yolk and exogenous feed utilization in the post hatch chick. *Poultry Sci.* 80:1490-1495.
- Petri A, Lemme A 2007 Trends and latest issues in broiler diet formulation. *Lohmann Information.* 42:25-37.
- Pinchasov Y, Noy Y 1994 Early postnatal amylolysis in the gastrointestinal tract of turkey poult *Meleagris gallopavo*. *Comp Biochem Physiol.* 107: 221-226.
- Reisenfeld G, Sklan D, Bar A, Eisner U, Hurwitz S 1980 Glucose absorption and starch digestion in the intestine of the chicken. *J Nutr.* 110:117-121.
- Rocha PT, Stringhini JH, Andrade MA, Leandro NSM, Andrade ML, Café MB 2003 Desempenho de frangos e corte alimentados com rações pré-iniciais contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável. *R Bras Zootec.* 32:162-170.
- Rostagno HS, Albino LFT, Brito CO 2005 Evaluation of different levels of spray-dried plasma in broiler chicken diets. Final Report, University of Fed Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- Sahoo GS, Rao BS 1974 Role of prestarter and starter rations in broilers. *Indian J Nutr Dietet.* 11:169-177.
- Saxena AK, Singh KS 1976 Effect of prestarter diets on performance of broiler chicks. *Indian J Poultry Sci.* 11:132-138.
- Sell JL, Angel CR, Piquer FJ, Mallarino EG, Al-batshan HA 1991 Developmental patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys. *Poultry Sci.* 70: 1200-1205.
- Sklan D, Hurwitz S 1980 Protein digestion and absorption in young chicks and turkeys. *J Nutr.* 110:139-144.
- Sklan D, Hurwitz S, Budowski P, Ascarelli I 1975 Fat digestion and absorption in chicks fed raw or heated soybean meal. *J Nutr.* 105:57-65.
- Slominski BA 2011 Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry Sci.* 90:2013-2023.
- Stringhini JH, di Resende A, Café MB, Leandro NSM, Andrade MA 2003 Efeito do peso inicial dos pintos e do período da dieta pré-inicial sobre o desempenho de frangos de corte. *R Bras Zootec.* 32:353-360.
- Tarvid I 1995 The development of protein digestion in poultry. *Poultry and Avian Biology Reviews.* 6:35-54.
- Tillman PB, Dozier WA III 2013 Current Amino Acid Considerations for Broilers: Requirements, Ratios, Economics. Arkansas Nutrition Conference.
- Uni Z, Ganot S, Sklan D 1998 Posthatch development of mucosal function in broiler small intestine. *Poultry Sci.* 77: 75-82.
- Uni Z, Noy Y, Sklan D 1995 Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy- and light-strain chicks. *Poultry Sci.* 74:1622-1629.
- Uni Z, Noy Y, Sklan D 1996 Development of the small intestine in heavy and light strain chicks before and after hatching. *Br Poultry Sci.* 37: 63-71.
- Uni Z, Noy Y, Sklan D 1999 Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poultry Sci.* 78:215-222.
- Van Dijk AJ, Everts H, Nabuurs MJA, Margry RJCF, Beynen AC 2001 Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: A review. *Livest Prod Sci.* 68:263-274.
- Vieira SL, Esquerria RG, Araujo RB 2014 Economic Evaluations for Feeding Programs that Improve Feed Conversion in Broilers. Proc Arkansas Nutrition Conference.
- Whitehead GC, Fisher C 1975 The utilization of various fats by turkeys of different ages. *Br Poultry Sci.* 16:481-485.
- Woo BJ, Kim HJ 2015 Performance and emerging issues of vertical integration policy in the livestock industry. Korea Rural Economic Institute Report p202.
- Zanella I, Sakomura NK, Silversides FG, Figueirido A, Pack M 1999 Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Sci.* 78:561-568.