

## 사료 내 항생제 대체 첨가제를 이용한 육계의 사양관리

유재홍 · 박건희 · 성종승 · 송호남 · 신소영 · 정원호 · 허정민\*

충남대학교 동물자원생명과학과

## Feed additives in broiler diets to produce healthy chickens without in-feed antimicrobial compounds

Jaehong Yoo, Gun Hee Park, Jong Seung Sung, Honam Song, So young Shin, Won Ho Jung, Jung Min Heo\*

Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

Received on 31 October 2014, revised on 5 November 2014, accepted on 5 November 2014

**Abstract** : Antibiotics in the diets for poultry were not only used for avoiding and (or) control bacterial infections but for promoting growth of the birds. However, there has been massive concerns of negative effects of antibiotics on human health such as development of antibiotics-resistance bacteria and (or) genes. Subsequently, some of countries (i.e., European Union member of country and South Korea) banned the use of antibiotics as growth promoters in the diets for livestock industries in 2006 and 2011, respectively. Thus, it has become important to develop feeding strategies and feed additives to control and reduce the occurrence of diseases in livestock without using in-feed antibiotics. In this review, therefore, it is attempted to gather information with respect to (1) understanding the digestive physiology and (2) knowledge pertaining to interaction linking feed additives and its physiological and metabolic responses in broiler chickens.

**Key words** : additives, antibiotics, chickens, growth, feed

### I. 서론

축산농가에서 항생제는 질병의 예방과 치료 목적뿐만 아니라, 성장촉진제로서 사용 되어왔다(Moore et al., 1946). 하지만, 가축 사료용 항생제와 치료목적 항생제의 남용으로 인한 항생제 내성균의 인체로의 전이 위험을 해소하고자 하는 움직임의 결과로, 유럽연합(European Union)에서 2006년 사료 내 항생제 사용이 전면 중단 되었다 [Regulations (EC) No. 1831/2003 and 1334/2003]. 우리나라에서도 소비자들의 요구로 기존의 53종이나 되던 가용 항생제를 2005년에는 25종, 2009년에는 18종으로 감소시켰으며, 2011년 7월 1일에는 항생제의 사용이 전면 중단 되었다. 하지만 이로 인하여, 축산농가에서 질병 발생률은 증가하였고, 항생제 대체제에 대한 관심은 급증하게 되었다(Kang et al., 2010a).

육계는 지속적인 유전자원의 개량과 효율적인 사양관리

체계의 구축을 통하여 30년 전에 비하여 생산성의 비약적인 발전을 이루었다(Henry and Rothwell, 1995). 하지만 사료 내 항생제 사용의 제한은 육계 생산성에 부정적인 영향을 미칠 것이며, 이를 상쇄하기 위한 항생제 대체제의 개발과 육계의 소화생리와 원료사료의 특성을 이용한 새로운 사양관리 패러다임의 도입이 불가피해졌다.

본 논문에서는 육계의 소화생리와 원료사료와의 상호관계를 이해하고, 육계의 무항생제 사양관리에 있어, 고려해야 할 육계의 건강에 영향을 미치는 요인과 현장에 적용 가능한 항생제 대체 물질에 관하여 심도 있게 검토하고 앞으로의 연구방향을 제시하고자 한다.

#### 1. 항생제

항생제의 정확한 작용기전은 과학적으로 밝혀진 바는 없으나 유해균의 증식을 억제하고 유익균의 증식을 장려하여, 가축의 질병 발병률을 감소시키고, 생산성을 향상시키는 역할을 한다고 알려져 있다(Gaskins et al., 2002). 항

\*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5777

E-mail address: jmheo@cnu.ac.kr

생제는 육계 산업에서 (1) 질병 치료의 목적, (2) 질병 예방의 목적 그리고 (3) 사료효율 개선의 목적으로 사용한다. (Barton, 2000). Moore et al.(1946)은 항생제의 사료 내 첨가가 육계의 증체율과 사료효율을 개선한다고 보고하였다. 또한, Stutz(1983)는 장내에서 서식하는 유해균종들 (*E. coli*, *Clostridium*, *C. perfringens*, etc.)은 가축의 사료효율과 성장률을 감소시킨다고 보고하였다.

항생제는 내성을 이유로 덴마크, 스위스를 포함한 유럽 전역에서 강하게 제한되어 왔으며, 이를 근거로 세계보건기구(World Health Organization)에서도 가축에게 항생물질을 사용하는 것은 금지하도록 결정하였다. 1986년과 1998년 스웨덴과 덴마크를 기점으로 항생제 금지법은 점진적으로 유럽연합 전역에 확대 되었으며, 그 결과로 유럽연합에서 사료 내 항생제 사용 금지 규정은 2006년에 효력을 얻게 되었다. 우리나라에서는 2011년 7월을 기점으로 하여 배합사료에 첨가 되던 항생제의 사용이 전면 금지 됐다.

항생제가 금지 된 이후 축산업계에서는 항생제 대체 물질을 찾아내는 데에 노력하고 있다. 대체물질로서는 대표적으로 생균제를 들 수 있다. 생균제는 장내 사료 소화율을 높이고 Bacteriocin과 같은 항균 물질을 만들어 내며 면역 활성화에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Barrow, 1992).

이러한 여러 대체물질들의 긍정적인 효과에도 불구하고 아직까지 항생제를 완전히 대체할 물질은 발견하지 못하였다. 우리는 가축의 성장에 긍정적인 효과를 나타낼 수 있는 물질을 찾기 위해 다양한 노력을 하고 있다. 그러기 위해서 먼저 가축의 소화생리를 명확히 알고 그 기능의 변화를 명확히 인식할 수 있어야 한다.

## 2. 육계의 소화생리

닭의 소장은 전체 장 길이의 65% 정도를 차지한다(Jurgens, 1974). 닭의 소화는 주로 소장에서 일어나며, 소화의 최종 단계는 소장에서 brush border-효소에 의해 수행된다. 점액 당 단백질은 위장관 상피기능에 중요하며, 점액 역할 변화는 소장의 흡수 및 보호 기능에 영향을 미친다(Uni et al., 2003). 소장은 분해와 흡수가 동시에 이루어지는 장소로 기능적으로 많은 변화가 이루어지는 장소라고 할 수 있다. 또한 위에서부터 내려오는 음식물의 중화작용, 유화작용 그리고 소화작용까지 이루어진다. 소장의 벽은 용모로 덮여있으며, 이는 소화면적을 늘리기 위함이다. 소장의 환

경 변화는 사료 혹은 사양환경과 같은 외부 요인과 밀접한 관계가 있다(Yegani and Korver, 2008). 예를 들어, 소장의 용모 길이(villous height; Baurhoo et al., 2009), 골(crypt depth; Yang et al., 2008), 미생물 변화(Bailey et al., 2010) 또는 감염(Deloach et al., 1989) 등은 육계의 소화생리와 성장에 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

닭의 대장은 해부학적, 생리학적으로 다른 동물과 차이를 보이고 있다. 특히, 닭의 대장은 돼지와 같은 다른 단위동물에 비해 기능적인 면에서 취약한 점을 보인다. 대표적으로 두 개의 큰 맹장이라 할 수 있는데, 이곳에는 많은 미생물들이 존재하며, 이들은 닭의 나이, 사료, 항생제의 사용 등에 따라서 다양하게 변이된다(Clark, 1978). Browne (1922)는 맹장은 영양소의 흡수기능만 담당할 뿐 중요하지 않은 역할을 수행한다고 보고한 반면, Gong et al.(2002)은 맹장에서 서식하는 미생물들은 반추위와 같이 소화생리의 중추적 역할을 수행한다고 보고하였다. 더불어 맹장에서 물의 흡수와 미생물에 의한 탄수화물과 단백질의 분해 그리고 비타민의 합성을 한다고 밝혀졌다(McNab, 1973). 최근 연구 중에서는 에너지, 휘발성 지방산(volatile fatty acid) 그리고 Sodium과 같은 전해질이 대장으로부터 유래된 미생물들에 의해서 생산된다고 보고되었다(Bergman, 1990). 이러한 영양소들 중 일부는 대장의 에너지원으로 이용되고, 육계의 생산성에 영향을 미칠 수 있다(Tellez et al., 2006).

## 3. 육계의 면역과 기능성 생리활성 물질

축산업이 사육 두수가 많아지고 전문화 되어감에 따라 집약적인 사육 형태는 개체들의 질병 확산과 질병에 대한 노출을 증가 시킨다. 그 결과로 항생제 사용이 증가하였다(Anadon and Martnez-Larranaga, 1999). 하지만 가축용 항생제 사용으로 인해 bacteria가 가지게 되는 항생제 내성에 대한 문제가 대두되어 왔다(Kunin, 1993). 육계는 지속적인 유전자원의 개량과 사양관리의 향상으로 생산성은 과거 50년전에 비해 비약적으로 발전하였지만 육계의 면역은 항생제에 의존해왔다(Moore et al., 1946). 면역이라 함은 크게 두 가지의 면역 체계로 나눌 수 있다. 항원의 종류에 따라 항체 특이성을 갖고 반응하는 면역 체계인 체액성 면역(humoral immunity), 항원의 종류와는 상관없이 반응하는 항체 특이성 없이 나타나는 세포성 면역(cellular immunity) 체계가 있다(Kim et al. 1998). 육상동물 사료

에 nucleotide의 공급은 면역글로불린 활성화 및 대식세포와 림프구 증대에 효과가 있다고 보고 되었다(Kiyohara et al., 1975). 육계에서는 감태와 crude lectin을 각각 1.0%와 0.05%를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 Interleukin-2(IL-2)와 IL-6의 mRNA 농도가 유의적으로 높은 수치를 나타내거나 높은 경향을 보이고(Kim et al., 2004), 텍사와 겨우살이의 첨가구에서도 IL-2농도는 유의적으로 높은 수치를 보였다(Kim et al., 2011). Interleukin-2는 natural killer(NK) cell, B cell, T cell 등의 세포에 영향을 끼쳐 각각 인터페론 $\gamma$ 의 생산과 IL-8의 증식, TNF의 생성, IL-5의 생성 등에 중요한 작용을 한다. IL-6는 B-cell의 분화를 자극하는 B cell stimulating factor(BSF-2)로써 림프구와 대식세포 등 여러 세포에서 생성되는 cytokine이다. 또한 면역 반응과 급성 반응 등에 영향을 끼쳐 면역력을 증진시킨다(Kim, 1994). 앞의 T cell은 세포성 면역에 관여를 하며 보조아형(subset)이 여러 가지로 존재하여 각자의 특유 기능을 담당하고 NK cell은 바이러스, 비정상세포 등의 항원으로부터 감염된 세포를 탐지 후 제거하는 기능이 있다(Kim et al., 1998). 즉, IL-2와 IL-6의 높은 함량은 육계의 면역활성 촉진으로 면역력을 향상시키는 효과가 있다고 보고되었다(Kim et al., 2013). 텍사와 겨우살이의 첨가구는 대조구에 비하여 IgG의 농도가 유의적으로 높진 않았지만 높은 경향을 나타내었다(Kim et al., 2011). 면역 글로불린 가운데 70~75%에 해당하는 IgG는 상당 부분을 차지하며, 초기의 항원 침입을 제외한 반복되는 동일한 항원에 대하여 2차 면역반응으로 생산되는 면역물질이다(Kim et al., 1998). 게다가 육계 사료에 점토 광물질 발효 산물을 0.3% 공급시 면역력 강화에 도움되어 항생제 대체제로서의 가능성을 입증하였다 (Joo et al., 2007). 이는 점토 광물질 발효 산물이 B cell 이 담당하는 immune system을 촉진시킴으로써 체액성 면역기능을 증진시키는 것으로 사료된다. B cell은 체액성 면역에 해당하며 항원 침입 시 분열과 함께 골수와 림프절에서 형질세포로 분화 후 면역글로불린을 생성한다(Kim et al., 2012). 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 식물 추출성분 또한 고품질 친환경 대체제로 생각 할 수 있을 것이다. 식물에서 유래한 물질이 항생제 대체제로서 면역 체계의 개선의 효과가 있다고 보고된 바 있다(Jarmoz et al., 2005). 그 예로 식물의 유래 물질인 스파이스 및 필수지방산(essential oil)의 단일 또는 복합으로의 급여가 개체의 건강 상태를 증진

시킨다고 하였다(Gill, 2000; Manzanilla et al., 2001). 이 밖에 육계에 알로에 추출물 공급이 Newcastle disease virus (NDV)의 감염 증상을 안정시키고 폐사율이 줄어들었다는 연구결과가 있었다(Waihenya et al., 2002). 또한 한방 원료에서 비롯된 추출물을 육계에 급여한 효과로 항체반응 증진(Chen et al., 2003)과 체액·세포성 면역의 증진 효과(Kong, 2004)가 있었다. 이 모두는 항생제를 대신해 대체제로서 육계에 면역성을 증대시켜 폐사율을 감소시키고 질병에 대한 저항성을 증진시킬 수 있는 가능성을 시사한다. 이처럼 자연 친화적이며 고성능 저비용으로 농가에서 실질적으로 유용하게 사용될 수 있는 대체제를 지속적으로 연구 해야 할 것이다.

#### 4. 육계의 건강에 영향을 미치는 요소들

##### 가) 사료

사료란 탄수화물, 단백질, 지방, 수분, 비타민, 무기질 등 영양소를 함유하고 있는 섭취 가능한 형태의 물질을 말한다. 사료를 섭취함으로써 가축들은 정상적인 유지, 성장 및 생산을 할 수 있다. 육계에선 단백질과 아미노산의 조성이 성장에 큰 영향을 미치는데, 사료 내에 단백질 함량이 부족하거나 제한아미노산의 불균형 그리고 필수아미노산이 충족되지 않으면 발육이 지연된다(Ohh et al., 2007)

육계는 나이와 체중이 증가하면서 영양소 요구량이나 사료 섭취량이 달라지기 때문에 변화에 맞게 충족시켜줘야 한다. 생명유지와 생산활동에 필요한 영양소 외에도 성장을 촉진하거나 건강을 유지하기 위해 돕는 물질로 사료 첨가제(항생제, 호르몬제, 효소제, 미생물, 향산화제 등)를 사료에 첨가하여 준다.

여러 실험을 통하여 효소, 효모, 미생물 등이 증체량과 사료효율 개선, 유해세균수 감소 등의 효과를 나타낸다고 보고 하였으며(Lee et al., 2011; Gutierrez et al., 2013) 항생제 대체제에 관한 연구는 지속적으로 진행 되고 있다.

최근 사료의 배합을 이용한 항생제 대체에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며(Heo et al., 2013), 이를 위해서는 원료사료와 육계의 소화생리간의 상관관계에 관한 이해가 선행되어야 한다.

##### 나) 병원균

병원균이란 숙주에 질병을 일으키는 미생물 등으로 바이

리스, 세균, 기생충 등을 일컫는다. 우수한 계통의 닭을 완벽한 사양시설에서 관리하고 양질의 사료를 급여해도 병원균에 의한 질병 유발은 가축의 생산성을 낮추고, 심하면 폐사까지 이어지기도 한다. 이러한 사실은 질병예방용 항생제를 사용할 수 없는 시점에서, 가장 중요한 요소 중 하나로 주목되고 있다. *Clostridium*이 일으키는 괴사성 장염은 소장과 대장의 점막에 괴사를 일으켜, 그에 대한 회복 때문에 증체가 감소하게 된다(Doyle and Hutchings, 1946). 질병에 감염된 육계는 사료효율이 저하되고 식욕부진으로 인해 쇠약해지며 설사, 발열, 호흡곤란, 신경증상, 내장 출혈 등의 증상을 보이며 심한 경우 폐사에 이르게 된다. 기생충에 의한 소화기질병 중 하나인 콕시듐증은 십이지장 부위에 백색 반점이 관찰되며 도계를 한 닭이 창백하게 보여 상품성이 저하되는 문제가 발생한다.

질병에 대한 적절한 치료도 중요하지만 질병을 예방하는 것이 건강한 육계를 생산하는데 있어 가장 효율적인 방법이다. 따라서 질병을 예방하기 위해서는 계사의 위생관리를 엄격하게 하여 청소와 소독을 철저히 하고 질병 발생을 최소화 해야 한다(Ohh et al., 2007)

### 5. 항생제 대체 물질

#### 가) Probiotics, Prebiotics

항생제 대체 물질로 많이 사용되고 있는 것들 중 하나로 probiotics와 prebiotics등이 논의되고 있다. 살아있는 미생물을 지칭하는 probiotics는 가축에게 생산성 향상, 질병 발생률 감소와 같은 유의한 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Ahmad, 2006). 대표적으로 비피더스균, 유산균 등이 있는데 이런 미생물들을 단일로도 사용할 수 있지만 여러

미생물을 혼합하여 효과를 증대시키기 위해 많은 실험이 이루어지고 있다(Park et al., 2010).

Probiotics가 되기 위해서는 장에서 유의한 효과를 보이며 비 병원성이고, 위산과 담즙을 견디어 장에 도달해야 한다. Probiotics는 장내 pH를 저하시켜 유익균이 활동하기 좋은 환경을 만들어 주고, 장내 미생물 균형과 영양소 이용률을 개선시켜 숙주 동물의 스트레스 증상을 완화시킨다(Patterson and Burkholder, 2003). 또한 대장균 등 병원성 유해 미생물을 감소시켜 질병을 예방하여 폐사율을 감소시키는 효과가 있다(Lee et al., 2011). Probiotics의 가장 큰 장점은 항생제와는 다르게 내성이 생기지 않고 인체에도 무해하다는 점이다(Patterson and Burkholder 2003; Gutierrez et al., 2013).

Prebiotics는 장내 유익균의 성장을 돕는 난소화성 성분으로 probiotics의 기질이 되어 장내 환경을 개선하는데 도움을 주는 물질이다. 대부분 올리고당과 같은 탄수화물로 prebiotics가 되기 위해서는 위 장관 상부에서 소화 흡수되지 않아야 하며, 장내 미생물 중 유의한 미생물을 선택적으로 활성화시킬 수 있어야 한다(Ohimain and Ofongo, 2012). 육계에서 prebiotics 중 하나인 galacto-oligosaccharide 사료 25 kg 중 3 kg을 넣어 줬을 때 사료요구율에서 좋은 효과를 보였다. prebiotics를 섭취함으로써 휘발성 지방산의 생성이 증가되고 비타민 B합성 증가, 미네랄 흡수 향상, 혈청 콜레스테롤 감소 등의 효과를 볼 수 있다(Table 1; Jung et al., 2008).

#### 나) 유기산

항생제 대체제 중 하나인 유기산은 산성을 띠는 유기화합물을 말한다. 일반적으로 유기산은 자연계에 널리 존재

**Table 1.** Effects of dietary probiotics, prebiotics or the combination of probiotics and prebiotics on body weight, body weight gain, feed intake and feed conversion ratio of broiler chickens.

Item	Observations	References
Body weight	The value suggests greater than the control group when probiotics and prebiotics were fed together.	Jung et al. (2008) Midilli et al. (2008)
Body weight gain	The value suggests greater than the control group when probiotics and prebiotics were fed together	Mehmet et al.(2012) Midilli et al. (2008)
Feed intake	The control group showed a better effect when feed into specific probiotics or feed the probiotics and prebiotics together	Jung et al. (2008) Midilli et al. (2008)
Feed conversion ratio	It showed positive effect when providing amount of prebiotics or put the probiotics and prebiotics together	Jung et al. (2008) Mehmet and Ayhan (2012)

하고 사료의 보존성을 높이기 위해 사용되었었다. 현재 사료 첨가제로 이용되고 있는 유기산은 acetic acid, lactic acid, citric acid, propionic acid, formic acid 및 fumaric acid 등이 있으며, 개별적으로 사료 및 음수 내 첨가 급여되거나 혼합된 복합 유기산제 형태로 급여되고 있다.

유기산의 효과는 위장관 내 pH 조절을 통한 위장관 소화 효소 분비 촉진 및 효소 활성 증진과 *Salmonella*, *Escherichia coli*(*E. coli*) 등 유해균의 증식 저해에 있는데 유기산 첨가시 *Salmonella* 등 유해균의 소독제 및 살균제 효과가 나타났으며(Berchieri and Barrow, 1996), Lactate 첨가시 낮은 pH상태에서 *Escherichia coli*, *Salmonella* 및 *Campylobacter* 등의 감소 효과가 나타났다(Jordan et al., 1999).

Kim et al. (2009)은 복합 유기산제(lactic acid : fumaric acid : citric acid : formic acid = 40 : 20 : 30 : 10)를 육계 사료 내 첨가 급여시 5주 종료체중, 증체량에 있어서 유기산 0.5% 처리구가 무항생제 처리구에 비해 유의하게 증가하였으며, 복합 유기산 첨가 급여시 무항생제 처리구에 비해 사료요구율이 유의하게 개선되었다고 보고하였다.

반면 육계 생산성 향상 등 긍정적인 효과와는 상반된 결과를 보고하는 연구도 있다. Park et al. (2002)의 연구에서는 유기산제 첨가시 사료 섭취량이 가장 낮았지만 통계적 유의차는 없고 사료요구율은 개선되지만 섭취량과 같이 유의적인 차이는 없다고 보고하였고, Woo et al. (2006)의 연구에서는 Lactacid<sup>®</sup> 0.5%를 급여시 오히려 증체량 및 사료 섭취량이 감소하였다고 보고 하였다. 또한 Jang et al. (2008)의 연구에서도 전체 시험 기간 동안 체중, 처리구 간 증체량, 사료 섭취량 및 사료요구율에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다, 이와 같이 유기산 복합제 급여시 생산성에 긍정적인 영향을 미치지 않는 연구결과들도 있다.

#### 다) 오메가3

오메가3 지방산( $\omega$ -3)는 지방산의 메틸기 말단부터 세어 3번째의 탄소가 이중결합을 갖는 일련의 지방산으로서 Linolenic acid, Eicosapentaenoic acid(EPA), Docosahexaenoic acid(DHA)이 속하고 Linolenic acid 계열의 지방산이라고 하는 경우도 있다.  $\omega$ -3계열과  $\omega$ -6계열,  $\omega$ -9의 지방산은 동물 체내에서는 서로 변환할 수 없고 육계의 사양은 일반적으로 옥수수·대두박유의 지방원을 첨가하여 에너지를 조절하는데 지방원들의 조성은  $\omega$ -3보다는

$\omega$ -6와  $\omega$ -9 지방산들이 주요 지방산들이라 오메가3의 함량을 높이는 연구가 진행되었다. Shin et al. (2012)의 연구에서  $\omega$ -3와  $\omega$ -9 지방산 혼합 사료의 급여가 육용계의 간 내 지방의 축적에 미치는 영향을 조사한 결과 지방산의 혼합 급여가 육용계의 간의 무게 대비 생체중의 비율에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

Oh et al. (2012)의 일반사료를 사용한 대조구와 임자박 10% 첨가구, 임자박 10%와 아마종실 5% 첨가구, 임자박 10%, 아마종실 5% 및 어유 1% 첨가구를 사용한 연구에서도 체중과 일당 증체량은 큰 차이가 없었으며, 사료요구율은 통계적 유의성은 없는 것으로 보고되었고, 실험 개시 10일째 간의 무게(Liver, g / 100g BW)는 오히려 실험구에서 2.09부터 2.18로 대조구의 2.37 보다 다소 낮은 수치를 나타냈고 실험종료 시에도 대조구에서 가장 높은 수치가 나타났으나 통계적인 유의차는 없었다.

반면 Kim (2006)의 기초사료를 사용한 대조구와 썩 1%와 정어유 1% 첨가구 썩 2%와 정어유 1% 첨가구 썩 4%와 정어유 1% 첨가한 연구에서는 오히려 육계 증체량이 썩과 정어유를 급여한 처리구에서 3주에서 5주까지 대조구보다 낮았으며 특히 썩 4%와 정어유 1%를 첨가한 처리구에서 다른 처리구에 비하여 낮은 결과를 나타냈다. 이러한 이유는 catechin 축적을 위해 썩을 급여할 경우 일정 함량 이상에서는 성장에 부정적 영향을 끼치는 것으로 보인다. 위의 연구들을 참고하여 아마씨유, 임자박, 어유 등 오메가3 성분을 함유한 물질을 급여하는 것은 육계 내  $\omega$ -3 지방산의 비율을 높일 수 있으나 증체량 및 사료요구율 등 기능 개선 목적에는 효과적이지 않다고 사료된다.

#### 라) 효소

효소는 동물의 소화작용에 관여하고 있다고 널리 알려져 있다. 가금의 사료는 대부분 옥수수, 대두박 등 식물성 사료가 주요 원료이고 이 식물성 사료는 세포벽이 다당류인 셀룰로즈, 리그닌 등 단단한 막으로 둘러싸여 가금과 같은 단위동물은 제대로 소화시킬 수 없어 소화율이 떨어져 성장률을 감소시킨다고 하였다(Kim, 1982). 이렇게 복잡한 곡물사료의 소화를 돕기 위하여 exogenous dietary enzyme이 사용되어져 왔다. Park and Yoo (2000)에 의하면 0.1% 효소제를 첨가한 급여구와 대조구에서 증체량 및 사료섭취량 유의적 차이가 없다고 하였다. 하지만 Min (2003)은 xylanase, cellulose, amylase, protease가 포

함된 3가지 효소제를 다른 비율로 배합하여 총 사료에 0.5%이 되도록 첨가 급여 했을 시 생체중은 3주까지는 유의하게 증가한다고 보고하였다. 일당 증체량 면에서도 대조구보다 효소제 첨가구가 높은 증체량을 나타낸다고 보고하였다.

Gracia et al.(2003)에 의하면 육계사료에  $\alpha$ -amylase를 첨가할 때 7일 이내 병아리의 경우 일당 증체량 9.4% (14.0 vs.12.8 g/d, 사료효율 4.2%(1.13 vs. 1.18 g/ g)가 증가하였고 시험종료 시에도 증체량과 사료효율이 높았다.

Lee (2010)에 의하면 옥수수 소맥 및 대두박을 기초로 한 사료에 xylanase,  $\beta$ -glucanase, phytase 가 함유된 혼합 액상 효소를 사용하여 총 32일간 육계를 이용하여 실험을 실시하였다. 종료체중은 에너지, available Phosphorus(AP) 및 Ca의 수준을 낮춘 첨가구에 Rovabio<sup>®</sup> Max(RM)을 0.02% 첨가시 에너지 수준이 정산인 pc와 종료체중과 유사했다. 일당증체량은 RM 첨가구가 무첨가구에 비해 증가하는 결과가 나타났으며, 사료섭취량은 유의적 차이가 발견되지 않았다. Kim (2000)에 의하면 사료에  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -galactosidase 및 galactomannanase가 혼합된 복합효소제를 0.1% 급여구와 무첨가구에 사료섭취량은 전기간 유의적 차이는 없었고 증체량은 효소제 첨가효과가 고에너지 구에서는 나타나지 않았으나 저에너지 구에서는 4% 보상 효과가 나타났다. 또한 저에너지 효소첨가제가 고에너지 효소첨가제 구와 차이가 없는 것으로 사료된다.

이러한 결과들을 보아 효소제 첨가는 소화기관이 덜 발달된 초기 육계에 보다 효과적으로 작용하며 단일 효소제를 사용하는 것 보다는 복합 효소제를 사용하는 것이 더 효과적이며 육계 생산성 향상에 유익하다고 사료된다.

#### 마) 박테리오파지

박테리오파지는 세균을 숙주로 삼아 증식하는 바이러스이며 세균이 숙주인 만큼 자연계에 널리 퍼져있다. 현재까지는 박테리오파지를 이용한 항생제 대체실험은 아직 많지는 않지만 항생제의 효과를 얻을 수 있는지 관심이 집중되고 있다. 다른 항생물질 대신 박테리오파지를 사료 내에 섞어 주는 것으로 병아리에게 *Salmonella Enteritidis*(SE)의 억제효과에 대해 관찰한 실험이 있다. 그 결과 장내에서 박테리오파지 급여군의 장내에서는 SE가 검출되지 않았고 환경 내 SE 오염을 측정된 결과에서도 박테리오파지를 접종하지 않은 군에 비해 SE 오염이 50% 줄어들었다고 보고

했다(Lim et al., 2010). 사료 내에 박테리오파지를 첨가하여 항생제의 대체제로 사용 가능여부를 확인하는 실험도 있다. 이 실험에서 박테리오파지의 0.15% 추가 급여는 기본 사료 급여보다 증체량을 좋게 하는 효과와 가슴육의 보수력 증진을 보고했다. 영양소 소화율과 혈액 특성에는 영향을 주지 않았다고 보고했다(Baek et al., 2013). 이 효과의 보고는 같은 조건에서 진행 된 다른 실험에서도 효과가 일치했다(Kim et al., 2013). 또한, Wang et al.(2013)은 육계를 이용한 실험에서 사료내 박테리오파지를 0.5ppm 사용했을 때 처리구는 대조구에 비해 증체율이 향상된다고 보고하였다.

산란계에서도 박테리오파지의 효과에 대한 연구가 이루어지고 있다. 산란계의 폐사를 일으킬 수 있는 병원체 *Salmonella spp.* 와 *Salmonella gallinarum* 의 억제 효과에 대한 연구에서 박테리오파지의 첨가는 가금티푸스로 인한 산란계의 폐사를 줄여줬다(Pyle, 1926). 또한 Kim et al. (2010)은 사료내 박테리오파지 첨가가 가금티푸스에 감염된 개체의 장기 손상도 낮춰 주고 계란 생산성을 향상할 수 있다고 했다. 그 외의 중요한 요소인 평균난중, 사료섭취량, 계란 품질, 산란계의 주요장기 기관에도 영향을 끼치지 않았다.

즉, 박테리오파지를 사료 내에 섞어 육계의 사육에 이용하는 것은 증체율을 높이고 *Salmonella* 균으로 인한 폐사를 낮출 수 있는 방법으로 사용 될 수 있다. 다만 초기 증체량에는 변화가 없으나 *Salmonella*의 위험도는 낮출 수 있으므로 서로 다른 목적을 가진 박테리오파지로서 육성 기간에 맞추어 제대로 사용 할 기준의 필요성이 있다. 또한 박테리오파지의 사료내 첨가량에 대해서도 고찰해볼 필요가 있다고 사료된다(Table 2).

#### 바) Plant extracts

생산성 개선제의 하나로 식물로부터 추출된 plant extracts 인 essential oil은 질병 치료 목적으로 지구상에 자생하는 약용 식물에서 추출한 방향유를 말하는 것으로 식물 추출물은 소화를 통한 영양소의 기능을 수행하기 보다는 가축의 성장에 있어 특이적으로 작용하거나 장내 미생물 군총의 변화를 주어 결과적으로 가축의 생산성을 향상시킨다고 보고하였다(Jo et al, 2009). 식물 추출물의 기능을 몇 가지 들 수 있는데 (1) 사료 섭취, 소화 효소 분비, 면역 기능 증진 작용의 촉진, (2) 병원성 미생물 억제 및 유익 균 총의

**Table 2.** Effect of bacteriophage on salmonella survival rate in broiler chickens.

References	Administration of bacteriophage	Locations	Salmonella survival rate
Lim et al., 2010	108 Plaque-forming units/kg,	excreta	50%
Kim et al., 2010	109 Plaque-forming units /kg	excreta	66.7%
Kim et al., 2013	Control diet with 0.15% anti-salmonella enteritidis bacteriophage 0.15%	gastrointestinal tract	non-significant
Baek et al., 2013	Control diet with 0.15%bacteriophage Cp 0.15%.	gastrointestinal tract	non-significant

증가, (3) 소화율 개선, (4) 항산화 작용 등이 있다(Kim and Paik, 2008). Kim et al.(2007)은 오미자, 황금, 녹차, 인진쑥 및 약용식물 혼합 추출물을 0.1%수준으로 육계에 음수 내 첨가 급여 하였을 때 종료체중, 일당증체량 및 사료요구율에 있어서 모든 처리 구들이 무항생제 첨가구에 비해 유의적으로 향상되었고 도체율과 간, 비장, 췌장 및 F낭 등의 조직 중량에서는 처리구간 유의적 변화가 보이지 않았으며 혈구세포에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 그러나 아니스, 백리향, 켈리야 추출물 혼합의 식물추출물을 이용한 Kim et al. (2006)의 또 다른 실험에서는 0.1% 수준으로 처리하였을 때 5주종료 체중 및 증체량과 사료요구율이 유의적으로 향상된 결과를 나타내는 것은 같았지만 대조구에 비해 혈구세포인 albumin: globulin비율이 유의하게 감소하고 또한 스트레스 지표인 림프구/호중구 비율 역시 유의하게 감소하였다는 결과를 보아 식물추출물의 종류에 따라 혈구세포에 영향을 미칠 수도 그렇지 않을 수도 있다는 것을 알았다. Jo et al. (2009)의 연구에서는 식물 추출물들을 주성분으로 하여 체제화한 coxynil, growell, respowell를 사료 내 각각 0.03%, 0.035%, 0.03%의 비율로 복합 첨가한 실험에서는 항생제 첨가 대조구에 비해 사료 섭취량이 감소한다는 단점이 있었지만 시험기간 동안 항생제 첨가 군은 총 1693수가 폐사하였으나 복합 첨가군은 1008수가 폐사했다는 결과를 보여 식물 추출물의 급여가 항생제를 투여한 육계보다 더 건강하게 생육시킨다는 사실을 알 수 있었다. Jo et al.(2009)은 항산화 특성을 가진 약용식물(금은화, 상엽, 황련추출물)을 항생제 대체제로 육계에 급여했을 때 항산화 활성이 그 계육에도 전이 되는지 실험을 시행했다. 실험결과 대조구에 비해 약용식물류에 함유된 항산화 효과가 탁월한 폴리페놀류가 이 추출물을 급여시킨 닭다리 육에서 함량이 높은 것으로 나타나 항산화 활성이 전이된다는 것을 알 수 있었다.

또 다른 효과로 관능검사에서 첨가군이 더 높은 관능점수를 얻었는데 이는 급여한 약용식물의 추출물이 저장 중 계육의 산화적 변질을 감소시키는 것으로 나타났다. 이러한 점들에 대한 대안방안을 마련한다면 식물추출물은 항생제 대체제로서 가능성이 높아 보인다.

**사) Seaweed**

우리나라는 축산 선진국에 비해 축산물 생산비가 높아 국내 축산 경쟁력 제고에 큰 장애 요인이 되고 있다. 여러 사료절감 방안 중 하나가 해조류 부산물을 이용하는 것이다. 해조류 에탄올 공정과정에서 남은 부산물을 육계에 급여하였을 때 증체량이 유의적으로 증가하였으며 소화관의 pH도 유의적으로 낮아져 생체활력유지에 도움이 될 것이라 보았다. 또한 관능적 품질이 향상되었고 육계의 면역성을 높이는 혈청 내 interleukin-2(IL-2) 와 interleukin-6(IL-6) 함량이 해조류 부산물 첨가구에서 높은 결과를 나타냈다고 보고하고 있다(Kim et al, 2013). 이러한 결과는 해조류 부산물은 항생제 대체제로서 사용한다면 육계의 면역성을 높일 수 있어 그 가치가 높다고 판단된다. 녹조류인 갈파래(Ulva latuca)를 옥수수 사료에 3.0%를 첨가한 실험에서는 가슴 육의 수율이 높아져 조단백질과 메티오닌의 함량이 대조구보다 유의하게 높은 결과를 나타냈다. 갈파래는 저렴하여 가금류의 사료로 이용되기 적합하지만 계절에 따른 해조류의 영양성분을 고려하여 사용되어야 한다 (Alaeldein et al, 2013). Lee et al.(2005)은 사료 중 미역제품 수준이 타고난 면역반응을 활성화한 육계병아리의 생산성과 항산화계에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 타고난 면역 반응을 활성화시키는 lipopolysaccharide(LPS)를 주입하여 타고난 면역 반응이 활성화 되면 골격근 단백질의 분해를 증가시켜 생산성을 감소시킨다. 이때 미역제품 2.0%사료는 뇨산테 질소의 배설량을 감소시켜 단백질 축

적량을 높여서 육계병아리의 생산성을 증가시키는 것으로 나타났다. Koh et al. (2005)도 미역 제품 2.0%이 육계 병아리의 체 단백질 분해량을 감소시켜 단백질 축적량을 높인다는 것을 밝혔다. Lee et al.(2005)은 미역제품을 급여 시 친염증성 싸이토 카인을 생성 분비하는 TNF-a 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 이런 결과들을 보아 미역제품 사료는 항산화계에 영향을 미치며 동시에 육계병아리의 생산성을 증가시킨다는 것을 알 수 있다. 이러한 연구들을 통해 해조류 부산물과 녹조류인 갈파래, 미역제품을 사료 첨가물로 이용하여 공통적으로 생산성을 향상시킬 수 있었으며 해조류 부산물과 미역제품을 이용하여 면역활성을 증가시켜 항생제 대체제로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

**아) 클로렐라**

클로렐라는 1890년 네덜란드에서 Beyernick의 첫 발견으로 그 관심이 증가되었다(Lee, 2007). Kang et al. (2010b)은 클로렐라의 분말 첨가구와 클로렐라 추출물 첨가구는 무항생제 처리구에 비하여 육계의 증체량이 약 3% 이상의 증가를 보이며 육계의 사료 내 첨가 급여가 적합함을 밝혔다. Kang et al.(2013)은 또한 클로렐라 사료첨가제를 각각 0.5%, 1.0% 첨가 하였을 때 무항생제 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 얻었다. Kim et al.(2011)은 각각 0.5%와 0.15%의 클로렐라 첨가구의 성장결과가 항생제를 투여한 항생제 처리구와 유사한 성적을 냄으로써 이 모두 항생제 대체제로서의 가능성을 시사하였다. 그리고 장내에서의 Lactobacillus의 수치가 무항생제 처리구보다 유의적으로 높음을 보였다(Kang et al., 2013). 이는 장내 환경에 긍정적인 영향을 주고 증체량을 높이게 되어 생산성을 높이는 것으로 사료된다. 면역력에서는 이미 육계에 클로렐라 0.5%를 급여하였을 때 면역기관의 기능이 증진되고 대식세포의 기능이 현저히 향상된 사실이 보고 된바 있다(Kotrbacek et al., 1994). 또한 클로렐라 사료 첨가제의 첨가구에서 IgA, IgG 그리고 IgM 이 유의적으로 높게 나오므로써 면역력 또한 증진시키는 것으로 나타났다(Kang et al., 2013). 면역력에 더불어 면역력과 밀접한 관계를 갖는 스트레스를 부여한 동물의 실험에서는 클로렐라 추출물을 공급한 결과 혈청 코티코스테롤이 제한되어 항 스트레스 효과가 있음을 밝혔다(Hasegawa et al., 2000). 그리고 Kim et al. (2011)은 항생제 처리구에서 항생제의 항균작용에 의한 유산균 감소를 언급하였다. 항생제가 유익한 균을

감소시킬 수 있다는 것이다. 이 모든 바는 클로렐라는 증체율, 장내 환경 개선효과, 면역력 향상에 유효한 것으로 보여진다. 결과로, 아직까지는 가금에 있어 많은 연구가 되지 않은 클로렐라를 좀 더 지속적인 관심을 갖고 연구를 해야 할 필요성을 깨닫게 해준다.

**자) Nucleotide**

뉴클레오티드란 base, sugar, phosphate의 세가지 요소로 구성된 화학적 단량체로서, DNA사슬의 기본 구성 단위이다(Caver and Walker, 1995). 이미 가금에 있어 nucleotide의 공급은 장의 crypt cell의 중요한 증식에 관련하고 소장세포의 발달에 영향을 준다고 보고된 바 있다(Tsujinaka et al., 1993; Dell'Orto et al., 2002). 게다가 소장의 용모길이를 증진시켜 영양소 흡수를 도와 체중이 증가함과 면역력 향상에도 기여한다는 사실이 있다(Yu et al., 2002). 육상동물 사료에 nucleotide의 공급은 면역글로불린 활성화 및 대식세포와 림프구 증대에도 효과가 있다고 보고 되었다(Kiyohara et al., 1975; Li and Gatlin, 2006). 그리고 항원에 의해 병변이 생긴 후 nucleotide의 공급이 소장 상피 회복에 도움을 준다(Bueno et al., 1994). 하지만 Pelicia et al. (2010)은 Nucleotide를 사료에 각각 0.04%, 0.05%, 0.06%, 0.07% 첨가한 처리구가 control diet(CD)구와 비교 시 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율 등의 증진효과를 얻지 못하였다. Zavarize et al.(2007) 또한 0.05%의 nucleotide 첨가 시 nucleotide 비첨가 대조구와의 효과를 입증하지 못하였다. 이는 각 환경의 차이에 기인한 결과로 보여지며 가금에 있어 사료 내 nucleotide의 공급에 따른 성장과 면역력 증진 효과에 대한 연구가 실제적인 농가 환경에 맞추어 연구가 되어야 할 것으로 판단된다.

**차) Non-Starch Polysaccharide**

Non-Starch polysaccharide(NSP)란 다양한 특성을 가진 여러 화합물을 일컫는 말로서 NSP의 수준에 따라 소화 내용물의 점도를 증가시키거나 감소시켜 가금의 영양적 효과를 변화시킬 수 있다(Campbell and Bedford, 1992). Non-starch polysaccharide를 분해하는 효소제를 가금 사료에 급여하였을 때 소화율 증가, 연변 발생을 감소, 대체 원료 사료 가능성 증가 등이 있다(Annison, 1992; Bedford and Classen, 1992; Bedford, 2000). Williams et al. (1997)은 가금 사료에 NSP를 분해하는 효소제가 함유 되어



있는 arabinose 와 xylose를 같은 비율로 각각 혼합 하여 급여한 결과 전분의 소화성과 회장 내 점성이 NSP가 첨가 되지 않은 실험군과 유의적으로 차이가 있다고 보고 하였다. 이는 NSP에 의한 점성으로 인한 소화율 감소를 식물의 NSP분해 효소제를 이용한 소화율 증진의 가능성을 보여준다. 또한 음수에서는 broiler에 NSP효소의 급여가 펠릿사료 급여 이전의 사료로서 효과적인 사료급여 체계가 될 수 있는 효과적인 방법이라고 하였다(Maisonnier-Grenier et al., 2005). 최근에 육계는 대체적으로 사료효율 증가와 빠른 성장율을 위해 개발 되어져 왔다(Bao and Choct, 2010). 이로 인한 무분별한 유전적 개량 때문에 체중은 증가되었지만 broiler의 면역력은 장담 할 수 없는 상황이다. Wang et al. (2005)은 xylanase의 첨가로 인해 비장, F낭, 흉선의 무게가 증가하였다고 하였다(Wang et al., 2005). Williams et al(1997) 또한 NSP분해 효소를 첨가 하였을 때 회장의 VFA 수준이 현저히 증가함을 보여주었다. NSP는 미생물균총을 이로운 방향으로 유도하여 면역체계에 이롭게 한다. 강화된 면역체계는 항원에 맞서 경합을 하며 육계의 성장에 많은 혜택을 준다(Bao and Choct, 2010). 이 결과들은 면역력 향상의 의미로 보여진다. 이로써 NSP분해 효소의 첨가가 NSP 소화 시 생성되는 점성의 소화율 저하를 방지해 broiler의 NSP 이용률을 증가시키는 것으로 사료되며, 또한 미생물 균총에 긍정적인 영향을 끼쳐 가금의 면역력에 역시 좋은 효과를 나타내는 것으로 사료된다.

## II. 결론

사료내 항생제의 사용은 질병 발생 저해와 사료효율 개선과 같은 긍정적인 효과를 많이 가져다 주었다. 하지만, 세계적으로 질병 발생 저해와 사료효율 개선을 위한 항생제의 사용을 규제하는 추세에 따라서 항생제 대체제의 개발은 축산업계에 중대한 현안이 되었다. 하지만, 항생제의 정확한 작용기전은 밝혀진 바가 없으며, 본 총설에서 소개했던 여러 항생제 대체물질들 마찬가지로 밝혀지지 않은 미지의 성분과 기능들이 많은 것으로 생각된다. 현재로서는, probiotics와 prebiotics를 사용하여 소화기관 내의 유해한 미생물을 유익균으로 우점하여 사료효율 개선과 질병개선의 효과를 기대하고 있지만, 그 효과는 항생제를 급여했을 때의 수준은 아직 못 미치는 것으로 생각된다. 그 외에도 본 총설에서 언급한 클로렐라, Seaweed, 박테리오파지 등

도 육계의 사양에 긍정적인 효과를 줄 수 있는 사료첨가제로서 주목해야 할 필요가 있으며 지속적이고 계속적인 연구를 통하여 육계의 소화 생리와 사료첨가제의 기전을 바른 이해를 통하여 건강한 육계 사양관리의 초석을 다져야 한다고 생각한다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구개발사업(과제번호 : PJ0101403)의 지원에 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

## 참고 문헌

- Ahmad I 2006 Effect of probiotics on broilers performance. *Poult Sci* 5:593-597.
- Alaeldein M, Abudabos, Aly B, Okab, Riyadh S, Aljumaah, Emad M, Samara, Kalid A, Abdoun, Ahmad A, Al-Haidary 2013 Nutritional value of green seaweed(*Ulva latuca*) for broiler chicken. *Anim Sci* 12 no.2:e28.
- Anadon A, Martnez-Larranaga MR 1999 Residues of antimicrobial drugs and Feed additives in animal products: regulatory aspects. *Livest Prod Sci* 59:183-198.
- Annisson G 1992 Commercial enzyme supplementation of wheat based diets raises ileal glycanase activities and improves apparent metabolizable energy. Starch and pentosan digestibilities in broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol* 38:105-121.
- Ashraf S, Zaneb H, Yousaf MS, Ijaz A, Sohail MU, Muti S, Usman MM, Ijaz S, Rehman H 2013 Effect of dietary supplementation of prebiotics and probiotics on intestinal microarchitecture in broilers reared under cyclic heat stress. *J Anim Physiol and Anim Nutr* 97:68-73.
- Baek HY, Kim JW, Kim JU, Kim IH. 2013. Effects of dietary supplementation of bacteriophage CP on Growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, carcass characteristics and fecal microflora in broilers. *Kor J. Poult Sci* 283-290. [in Korean]
- Bailey, Richard 2010 Intestinal microbiota and the pathogenesis of dysbacteriosis in broiler chickens. Doctoral thesis, University of East Anglia.
- Bao YM, Choct M 2010 Dietary NSP nutrition and intestinal immune system for broiler chickens. *World Poult Sci J* 66: 511-518.
- Barrow PA 1992 Probiotics for chickens. In: *Probiotics*. Springer Netherlands pp. 225-257.
- Barton MD 2000 Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. *Nutrition Res Rev* 13:279-299.
- Baurhoo B, Ferket PR, Zhao X 2009 Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and

- litter microbial populations, and carcass parameters of broilers. *Poult Sci* 88:2262-2272.
- Bedford MR 2000 Exogenous enzymes in monogastric nutrition- Their current value and future benefits. *Anim Feed Sci Technol* 86:1-13.
- Bedford MR and 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 food conversion efficiency of broiler chicks. *J Nutr* 122:560-569.
- Berchieri A Jr, Barrow PA 1996 The antibacterial effects for *Salmonella* Enteritidis phage type 4 of different chemical disinfectants and cleaning agents tested under different conditions. *Avian Pathol* 25:663-673.
- Bergman 1990 Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal track in various species. *Physiol Rev* 70:567-590
- Beuno J, Torres M, Almendros A, Carmona R, Nunez MC, Rios A, Gil A 1994 Effect of dietary nucleotides on small intestinal repair after diarrhea. *Histological and ultrastructural changes. Gut* 35:926-933.
- Browne TG 1922 Some observations on the digestive system of the fowl. *J Compar Pathol Therop* 35:12-17.
- Campbell GL, Bedford MR 1992 Enzyme applications for monogastric feeds A review. *Can J Anim Sci* 72:449-466.
- Campbell GL, Solulski FW, Classens HL, Balance GM 1987 Nutritive value of irradiated  $\beta$ -glucanase treated will oat groats (*Avena fatua* L.) for broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol* 16:243-252.
- Carver JD, Walker WA 1995 The role of nucleotides in human nutrition. *J Nutr Biochem* 6:58-72.
- Chen HL, Li DF, Chang BY, Gong LM, Dai GJ, Yi GF 2003 Effects of Chinese herbal polysaccharides on the immunity and growth performance of young broilers. *Poult Sci* 82: 364-370.
- Cherry TA, Siegel PB 1978 Selection for body weight at eight weeks of age, feed passage and intestinal size of normal and dwarf chicks. *Poult Sci* 57:336-340.
- Clark PL 1978 The structure of the ileo-caeca-colic junction of domestic fowl (*Gallus Gallus* L.). *Br Poult Sci* 19:595-600.
- Dell'orto V, DI Giancamillo A, Savoini G 2002 Influence of nucleotides and glutamine dietary supplementation on gut health of weanling piglets. *J Dairy Sci* 85:220.
- Deloach JR, Oyofa B A, Corrier D E, Norman J O, Ziprin R L, Mollenhauer HH 1989 Prevention of *Salmonella typhimurium* colonization of broilers with D-mannose. *Poult Sci* 68:1357-1360.
- Doyle LP, Hutchings LM 1946 A transmissible gastroenteritis in pigs. *J Am Vet Med Assoc* 108:257-259.
- Fuller R 1989 Probiotics in man and animals. *J Appl Bacteriol* 66:305.
- Gaskins HR, Collier CT, Anderson DB 2002 Antibiotics as growth promotants: mode of action. *Anim Biotechnol* 13:29-42.
- Gill C 2000 Botanical feed additives. *Feed Int* April 14-17.
- Gong J, Forster RJ, Yu H, Chambers JR, Sabour PM, Wheatcroft R, Chen S 2002 Diversity and phylogenetic analysis of bacteria in the mucosa of chicken ceca and comparison with bacteria in the cecal lumen. *FEMS Microbiol Lett* 208:1-7.
- Gracia MI, Aranibar MJ, Lazaro R, Medel P, Mateos GG 2003  $\alpha$ -amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poult Sci* 82:436-442.
- Gutierrez-Fuentes, Zuñiga-Orozco, Vicente JL, Hernandez-Velasco, Menconi A, Kuttappan VA, Kallapura G, Latorre JD, Layton S, Hargis BM, Téllez G 2013 Effect of a lactic acid bacteria based probiotic, Floramax-B11, on performance, bone qualities, and morphometric analysis of broiler chickens: An economic analysis. *Poult Sci* 12:322-327.
- Hasegawa T, Noda K, Kumamoto S, Ando Y, Yamada A, Yoshikai Y 2000 *Chlorella vulgaris* culture supernatant (CV5) reduces psychological stress-induced apoptosis in thymocytes of mice. *Int H Immunopharmacol* 22:877-855.
- Henry R, Rothwell G 1995 The world poultry industry. World Bank Publications.
- Henry Y, Duee PH, Seve B 1979 Construction of the amino acid requirement of the pig. *World Rev Anim Prod* 15: 37-53.
- Heo JM, Opapeju FO, Pluske JR, Kim JC, Hampson DJ, Nyachoti CM 2013 Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhea without using in-feed antimicrobial compounds. *J Anim Physiol Anim Nutr* 97:207-237.
- Hillerman JP, Kratzer FH, Wilson WD 1953 Food passage through chickens and turkeys and some regulating factors. *Poult Sci* 32:332-335.
- Jang HD, Yoo JS, Kim HJ, Shin SO, Hwang Y, Zhou TX, Chen YJ, Cho JH, Kim IH. 2008. Effect of dietary organic acid mixture on growth performance, organ weight, blood immunological parameter and intestinal villi morphology in broilers. *Kor J. Poult Sci* 35:57-62. [in Korean]
- Jarmoz D, Wiliczekiewicz A, Wertelecki T, Orda J, Skorupinska J 2005 Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *Br Poult Sci* 46:485-493.
- Jo C, Jang A, Jung S, Choe JH, Kim B, Lee KH. 2009. Effect of dietary herb extract mix on antioxidative activity of chicken thigh meat. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 38:302-308. [in Korean]
- Jo SB, Kwon SH, Lee JH, Lee YJ, Kang CW, Baek HD, Jang BJ, Kim SK. 2009. Effect of dietary plant extracts (Coxynil®, Growell®, Respowell®) in broilers. *J. life sci.* 19:1547-1552. [in Korean]
- Joo EJ, Jung SJ, Son JH, Cho JK, Youn BS, Nam KT, Hwang SG. 2007. Effect of dietary supplement of fermented clay mineral on the growth performance and immune stimulation in broiler chickens. *Kor J. Poult Sci* 34:

- 231-236. [in Korean]
- Jordan SL, Glover J, Malcolm L, Thomson-Carter FM, Booth IR, Park SF 1999 Augmentation of killing *Escherichia coli* O157 by combination of lactate, ethanol and low pH conditions. *Appl Environ Microb* 65:1308-1311.
- Jung SJ, Houde R, Baurhoo B, Zhao X, Lee BH 2008 Effects of galacto-oligosaccharides and a *Bifidobacteria lactis*-based probiotic strain on the growth performance and fecal microflora of broiler chickens. *Poult Sci* 87:1694-1699.
- Jurgens MH 1974 *Animal Feeding and Nutrition* (6<sup>th</sup> Ed.). P.97. Kendall/Hunt Publishing Co Dubuque Iowa USA.
- Kang HK, Seo OS, Choi HC, Chae HS, Na JC, Bang HT, Kim DW, Park SB, Kim MJ, Jung SH. 2010a. Effect of dietary supplementation of chlorella powder on production performances, blood components. *Kor J. Poult Sci* 27<sup>th</sup> regular conference 106-108. [in Korean]
- Kang HK, Seo OS, Choi HC, Chae HS, Na JC, Bang HT, Kim DW, Park SB, Kim MJ. 2010b. Effect of dietary supplementation of fermented by-products of galic and onion on production performances, blood components and cecal microflora in broiler chicks. *Kor J. Poult Sci* 37(4): 433-438. [in Korean]
- Kang HK, Choi HC, Kim DW, Hwangbo J, Na JC, Bang HT, Kim DW, Kim MJ, Mushtaq MMH, parvin R, Kim JH. 2013. Effect of dietary chlorella supplementation on growth performance, immune response, and intestinal micro flora concentration of broiler chickens. *Kor J. Poult Sci* 40: 271-276. [in Korean]
- Kass ML, Van Soest PJ, Pond WG, Lewis B, McDowell RE 1980 Utilization of Dietary fiber from alfalfa by growing swine. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *J Anim Sci* 50:175-191.
- Kim CH, Paik IK. 2008. Effect of supplementary herbs and plant extracts on the performance of laying hens. *Kor J. Poult Sci* 35:71-78. [in Korean]
- Kim DW, Kim SH, Yu DJ, Kang GH, Kim JH, Kang HG, Jang BG. 2007. Effect of single or mixed supplements of plant extract, fermented medicinal plants and *Lactobacillus* on growth performance in broilers. *Kor J. Poult Sci* 34:187-196. [in Korean]
- Kim DW, Kim JH, Kim SK, Gang GH, Kang HK, Lee SJ, Kim SH. 2009. A study on the efficacy of dietary supplementation of organic acid mixture in broiler chicks. *J. Anim Sci & Technol* 51:207-216 [in Korean]
- Kim DW, Kim SH, Choi JY, Park SB, Kang HK, Bang HT, Kim MJ, Na JC. 2010. Impact on disease resistance of the diet of laying hens in addition *Salmonella gallinarum* specific bacteriophage. *Kor J. Poult Sci* 27<sup>th</sup> regular conference 117-119. [in Korean]
- Kim KE, Ahn BK, Kang CW. 2011. Dietary study on the effect of chlorella on productivity and immune response in poultry. *Kor J. Poult Sci* 28<sup>th</sup> regular conference 15-30. [in Korean]
- Kim KS, Kim GM, Ji H, Park SU, Yang CJ. 2011. Effect of dietary supplementation of *Alisma canaliculatum* (*Alismatis Rhizoma*) and *viscum album* (*Mistletoe*) on growth performance and immunity in broiler chickens. *Kor J. Poult Sci* 38:21-28. [in Korean]
- Kim KS, Lee SK, Choi YS, Ha CH, Kim WH. 2013. Effects of dietary of by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process on growth performance, Carcass Characteristics and Immune Activity of Broiler Chicken. *Korean J. Polut Sci* 40:105-113 [in Korean]
- Kim SC, Kim JW, Kim JU, Kim IH. 2013. Effects of dietary supplementation of bacteriophage on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, carcass characteristics and fecal microflora in broilers. *Kor J. Poult Sci* 40:75-81. [in Korean]
- Kim SH, Lee IC, Baek HS, Kang SS, Kim HC, Yoo JC, Kim JC 2012 Effects of dietary supplementation of a new probiotic CS61 culture on performance in broiler chickens. *J Life Sci* 22:340-346.
- Kim SI. 1982. Utilized of plant tissues and cell wall degrading enzymes in formula feed for broiler. *Kor poult association*. [in Korean]
- Kim SK. 2000. Effects of dietary supplementation of Endopower® enzyme on the energy utilization in poultry and performance of broiler chicks. Master thesis, Kunkuk Univ., Seoul, Korea. [in Korean]
- Kim SK, Yu SJ, Ahn BK, Park KG, Lee HT, Song CS, Heo E, Kang CW. 2004. Effect of water supply with medicinal plant extracts on broiler productions. *Kor J. Poult Sci* 23<sup>th</sup> regular conference 66-68. [in Korean]
- Kim YJ. 2006. Effect of mugwort and fish oil addition on quality and shelf-life in meat-type chicken. *Kor J. Poult Sci*. 33:1-6. [in Korean]
- Kim YS, You OK, Kim DH, Jang JB, Lee HY 1999 Effect of sprint training on the cellular and humoral immune response in male adolescents. *Medicine & Science in sports and Exercise*. 31:S61.
- Kiyohara S, Hidaka I, Tamura T 1975 Gustatory response in the puffer-II. Single fiber analysis. *Bull JPN Soc Sci Fish* 41:383-391.
- Kong X, Hu Y, Rui R, Wang D, Li X 2004 Effects of Chinese herbal medicinal ingredients on peripheral lymphocyte proliferation and serum antibody titer after vaccination in chicken. *Int Immunopharmacol* 4:975-982.
- Kortback V, Halouzka R, Hurajda V, Knotkova Z, Filka J 1994 Increased immune response in broilers after administration of natural food supplements. *Vet Med (Praha)* 39:321-328.
- Ko YD, Sin JH, Kim SC, Kim YM, Park KD, Kim JH 2003 Effects of dietary probiotic on performance, noxious gas emission and microflora population on the cecum in broiler. *J Anim Sci Technol (Kor.)* 45:559-568.
- Koh TS, Im JT, Park IK, Lee HJ, Choi DY, Choi CJ, Lee HG, Choi YJ. 2005. Effect of dietary brown seaweed levels on the protein and energy metabolism in broiler chicks activated acute phase response. *J. Anim Sci. & Technol*. 47:379-390. [in Korean]

- Kunin CM 1993 Resistance to antimicrobial drugs: A worldwide calamity. *Ann Intern Med* 118:557-561.
- Lee HJ, Park IK, Im JT, Choi DY, Choi CJ, Choi JB, Lee HG, Choi YJ, Koh TS. 2005. Effect of dietary brown seaweed levels on the antioxidant system in broiler chicks activated innate immune response. *J. Anim Sci & Technol* 47:29-38. [in Korean]
- Lee MC. 2007. The effect of chlorella supplements for human. *KCI* 9:31-40. [in Korean]
- Lee SB, Kim BK, Park CH, Park GH, Jin YC, Kang HS, Kim YC, Kim YC, Bai SCC, Kim SK, Choi YJ, Lee HG 2011 Effects of dietary pro-biotics and immunomodulator as an alternative to antibiotics in Korean Native Chicken. *J Anim Sci Technol (Kor.)* 53:409-418.
- Lee SY. 2010. Effects of multiple enzyme of NSP enzymes plus phytase (ROVABIO(R) Max) supplemented to Corn-wheat-soybean meal based diets on growth performance and intestinal viscosity in broiler chicks. Master thesis, Kunkuk Univ., Seoul, Korea. [in Korean]
- Lim TH, Lee HJ, Kim MS, Kim BY, Yang SY, Song CS. 2010. Evaluation of efficacy of bacteriophage CJ07 against *salmonella enteritidis* infection in the SPF chicks. *Kor J. Poult Sci* 37:283-287. [in Korean]
- Manzanilla EG, Baucells F, Kamel C, Morales H, Perez JF, Gasa H 2001 Effects of plant extracts on the performance and lower gut microflora of early weaned piglets. *J Anim Sci* 79:473.
- McNab JM 1973 The avian caeca: A review. *World Poult Sci J* 29:251-263.
- Mehmet ARMUT, Ayhan FİLAZİ. 2012. Evaluation of the effects produced by the addition of growth-promoting products to broiler feed. *Turk J Vet Anim Sci* 36:330-337.
- Midilli M, Alp M, Kocabağlı N, Muğlalı Ö.H, Turan N, Yılmaz H, Çakır S 2008 Effects of dietary probiotic and prebiotic supplementation on growth performance and serum IgG concentration of broilers. *South African J Anim Sci* 38:21-27.
- Min JY. 2003. Effects of mixed enzymes supplementation on growth performance of broiler. Master thesis, Hankyong National Univ., Korea. [in Korean]
- Moore PR, Evenson A, Luckey TD, McCoy E, Elvehjem CA, Hart EB 1946 Use of sulfasuxidine, streptothricin and streptomycin in nutritional studies with the chick. *J Biol Chem* 165:437-441.
- Nisbet DH, Corrier DE, Scanlan CM, Hollister AG, Beier RC, Deloach HR 1993 Effect of defined continuous flow derived bacteria culture and dietary on salmonella colonization in broiler chicks. *Avian Dis* 37:1017-1025.
- Oh ST, Jhun HK, Park JM, Kim JM, Kang CW, An BK. 2012. Effects of dietary sources containing  $\omega$ -3 fatty acids on the fatty acid composition of meats in Korean native chickens. *Kor J. Food Sci. An* 32:476-482. [in Korean]
- Ohh BK, Kang MS, Kim HB. 2007. *Poult. Sci.*. Munundang, Seoul, Korea. [in Korean]
- Ohimain EI, Ofongo RTS 2012 The effect of probiotic and prebiotic feed supplementation on chicken health and gut microflora: A Review. *Maxwell Scientific Organization* 4: 135-143.
- Park JH, Park GH, Ryu KS. 2002. Effect of feeding organic acid mixture and yeast culture on performance and egg quality of laying hens. *Kor J. Poult Sci* 29:109-115. [in Korean]
- Park SH, Choi JS, Jung DS, Auh JH, Choi YI 2010 Effects of complex probiotics and antibiotics on growth performance and meat quality in broilers. *Kor J Food Sci Anim Res* 30: 504-511.
- Park SJ, Yoo SO. 2000. Effects of supplementation of antibiotic, probiotic and yeast culture on performance and meat quality in broiler chicks. *Kor J. Poult Sci* 27:203-208. [in Korean]
- Patterson JA, Burkholder KM 2003 Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult Sci* 82:627-631.
- Pelicia VC, Sartori JR, Zavarize KC, Pezzato AC, Stradiotti AC, Araujo PC, Mituo MAO, Madeira LA 2010 Effect of nucleotides on broiler performance and carcass yield. *Bras Cienc Avic* 12:31-34.
- Pyle NJ 1926 The bacteriophage in relation to *salmonella pullora* infection in the domestic fowl. *J bacteriol* 12:245-261.
- Radecki SV, Juhl MR, Milleer ER 1998 Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: Effect on performance and nutrient balance. *J Anim Sci* 66:2598-2605.
- Raja MMM, Raja A, Imran MM 2009 Lactobacillus as a probiotic feed for chickens. *Poult Sci* 8:763-767.
- Maisonnier-Grenier S, Liu K, Balasini M, Dalibard P, Geraert PA 2005 Supplementing drinking water with NSP-enzyme: an alternative solution to post-pelleting application. *Euro Poult Nutr* 385-387.
- Shin D, Choi SH, Cho YM, Park JH. 2012. Omega-3 and -9 fatty acid combination effects on broiler chicks to produce chicks with high in omega-3 polyunsaturated fatty acid. *Kor Poult Sci* 39:1-8. [in Korean]
- Stutz MW, Johnson SL, Judith FR 1983 Effect of diet and bacitracin on growth, feed efficiency, and populations of *Clostridium perfringens* in the intestine of broiler chicks. *Poult Sci* 62:1619-1625.
- Svihus B, Hetland H, Choct M, Sundby F 2002 Passage rate through the anterior digestive tract of broiler chickens fed on diets with ground and whole wheat. *Br Poult Sci* 43: 662-668.
- Tellez G, Higgins SE, Donoghue AM, Hargis BM 2006 Digestive physiology and the role of microorganisms. *J Appl Poul Res* 15:136-144.
- Tsujinaka T, Iijima S, Kido, Homma T, Ebisui C, Kan K, Imamura I, Fukui H, Mori T 1993 Role of nucleoside and nucleotide moisture in intestinal mucosal growth under total parenteral nutrition. *J Parenter Enteral Nutr* 9:532-535.
- Uni Z, Smimov A, Sklan D 2003 Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: Effect of delayed

- access to feed. *Poult Sci* 82:320-327.
- Waihenya RK, Mtambo MM, Nkwenglila G 2002 Evaluation of the efficacy of the crude extract of *Aloe secundiflora* in chickens experimentally infected with Newcastle disease virus. *J Ethnopharmacol* 79:299-304.
- Wang J, Cai H, Chen B, Liu W, Liu G, Zhang S, Li J, Tian Y 2005 Effect of NSP in wheat based diet and xylanase on broiler, relative weights of immune and digestive organs, serum metabolic hormones concentration. *J HebeiAgricul Univ* 28:73-76, 87.
- Wang JP, Yan L, Lee JH, Kim IH 2013 Evaluation of bacteriophage supplementation on growth performance, blood characteristics, relative organ weight, breast muscle characteristics and excreta microbial shedding in broilers. *Asian-Aust J Ani Sci* 26:573-578.
- Williams PEV, Geraert PA, Uzu G, Annison G 1997 Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry. In Morand-Fehr P (ed.) *Feed manufacturing in Southern Europe: New challenges Zaragoza CIHEAM* pp.125-134.
- Wilson EK, Pierson FW, Hester PY, Adams RL, Stadelman WJ 1980 The effect of high environmental temperature on feed passage time and performance traits of hite Pekin ducks. *Poult Sci* 59:2322-2330.
- Woo KC, Lee MK, Jung BY, Paik IK. 2006. Effect of dietary acidifier(lactacid) and essential oil(Immunocin) on the performance, nutrient metabolizability, small intestinal microflora and immune response in broiler chicks. *Kor J. Poult Sci* 33:141-149. [in Korean]
- Yang Y, Iji PA, Kocher A, Thomson E, Mikkelsen LL, Choct M 2008 Effects of mannanoligosaccharide in broiler chicken diets on growth performance, energy utilisation, nutrient digestibility and intestinal microflora. *Br Poult Sci* 49:186-94.
- Yegani M, Korver DR 2008 Factors affection intestinal health in poultry. *Poult Sci* 87:2052-2063.
- Yu IT, Wu JF, Yang PC, Liu CY, Lee DN, Yen HT 2002 Roles of glutamine and nucleotides in combination in growth, immune responses and FMD antibody titles of weaned pigs. *Ani Sci* 75:379-385.
- Zavarize KC, Sartori JR, Pelicia VC, Pezzato AC, Araujo PC 2007 Desempenho de frangos de corte criados no sistema alternative suplementados com L-glutamina e nucleotides. *Anais da Conferencia APINCO 2007 de Ciencia e Tecnologia Avicolas; Santos; Sao Paulo, Brasil, campinas: FACTA.* pp. 113-113.