

닭에서의 스트레스와 스트레스 완화에 관한 연구

박성열 · 지규만*

CJ(주) 사료기술연구소, *고려대학교 생명공학원

I. 서 론

닭은 일반동물과 마찬가지로 성장과 생산과정을 거치면서 다양한 종류의 스트레스를 받게 되는데 스트레스는 체내에 위해인자(stressor)가 가해졌을 때 이에 반응하는 비특이적이고 체계적인 방어기전으로 정의할 수 있다. 닭은 생리적·심리적 항상성을 유지하려는 능력이 있는데, 신체의 안정성과 항상성을 저해하는 어떤 것이든 스트레스 요인이 된다. 닭이 일반적인 사육조건 하에서 받게 되는 스트레스는 온도·습도와 같은 환경요인(Davis와 Siopes, 1987), 부리자르기·강제환우·감금 같은 관리상의 요인, 사료절식·곰팡이 등 오염된 사료·영양소 불균형 등의 사료영양적 요인, 질병·약물·백신투여 등의 위생관리적 요인 및 계군내 사회적 서열과 관련되는 것들을 들 수 있다.

스트레스에 대한 닭의 생리적 반응은 스트레스 요인에 대응하여 조절기능을 하는 적응현상으로 나타난다. 이러한 스트레스 요인에 대한 적응반응을 일반적 적응현상(General Adaptation Syndrome : GAS)이라 하고 경계반응 - 저항단계 - 소모단계라 분류하기도 하였다(Selye, 1973). 이러한 닭의 생리적 반응은 섭취량 저하, 성장 저하, 사료효율 저하 및 설사, 면역력 저하에 따른 폐사를 유발하여 생산성에 막대한 피해를 초래한다(Bains, 1995). 따라서 닭의 생산성 향상을 위하여 스트레스 측정, 예방, 개선에 관한 일련의 연구가 오래 전부터 진행되어 왔다. 본 내용에서는 닭에서의 스트레스 정의와 스트레스에 의한 닭의 생리적 반응 및 생산성에 미치는 영향을 알아보고 스트레스 평가를 위한 biomarker의 중요성과 최근 스트레스 완화에 대한 연구경향을 알아보고자 한다.

II. 스트레스의 정의 및 스트레스와 닭의 생산성

닭의 스트레스는 외부자극이나 생존을 위해 오랫동안 적응해온 생리적인 반응으로 정의할 수 있다. 이러한 스트레스는 특정환경이나 비특이적 조건으로 표현되는 실제 환경 하에서 양계산업 전반적으로 나타나는 일반적인 현상이다(Bains, 1995). Moberg(1993)에 의하면, 스트레스는 동물의 일생동안 한 부분이며, 항상성(homeostasis)과 생체상태에 위협되는 외부환경에 대한 단순한 생물학적 반응이라고 정의하였다. 동물들은 생존을 위한 방어 메커니즘을 통하여 야생에서의 침입자, 극단적인 환경, 무리에서의 서열 등 일련의 스트레스 요인(stressor)에 대한 행동과 생리학적 반응으로 진화해 왔던 것이다. 야생에서 이러한 스트레스 반응은 생존을 위해서 필수적이며 스트레스 요인(stressor)을 줄이거나 회피하지 못하면 그 개체는 결국 도태되었다(Moberg, 1993). 또한 Dobson과 Smith(2000)에 의하면, 스트레스는 환경에 적응하지 못하는 동물에 의해서 나타난다고 하였는데, 이러한 현상은 유전적 능력(예를 들면 성장률, 우유생산, 질병 항병력, 번식능력 등)을 발휘하는데 실패하는 원인이 된다고 보고하고 있다.

따라서 양계산업에서 스트레스는 스트레스와 관련이 있는 가축의 생산성과 육질 개선을 위해서는 매우 중요한 요인이 된다(Song 등, 1998). Brake(1988)에 의하면, 생리적 스트레스는 새로운 환경에 적응하고자 하는, 외부자극에 대한 비특이적 반응으로 동물의 생리적 스트레스는 심리적 스트레스가 아니며 살아가는 동안 외부환경으로 오는 변화를 일정하게 조절하는 적응현상이다. 이러한 적응과정에는 에너지가 필요하다(Brake, 1988 : Bains, 1995). 그러므로 생리적 스트레스는 생존에 필요한 생리적 기능을 유지하기 위하여 체내에 축적된 영양소를 이용하게 된다(Bains, 1995). 외부환경이나 스트레스 요인에 대한 반응은 특이적 반응과 비특이적 반응이 있는데 특이적 반응은 한 가지 스트레스 요인에 대한 반응이고 비특이적 반응은 모든 스트레스 요인에 대한 필수적인 반응이다(Brake, 1988).

스트레스 요인(스트레서, Stressors)은 감성적이든 환경적이든 혈압을 증가시키는 등의 체내 변화를 일으킨다(Horvath와 Bed, 1990). Moerg(1993)의 보고에 의하면, 외부 스트레스 요인은 물리적 스트레서, 환경적 스트레서, 정신적 스트레서의 3가지 일반적인 형태로 나눌 수 있다. 오랫동안 가축들은 환경적 스트레스 요인(environmental stressors)에 영향을 받아왔다. 사실 이러한 환경 스트레스는 사양관리 스트레스와 관련이 있으며 사양관리 체계는 극단적인 환경 스트레스를 방지하는 방향으로 발전하여 왔다. 또한 다른 사양관리부분에서 환경적 영향을 최소화하는데 도움을 주기도 한다(Moerg, 1993).

Puvadolpirod 등(2000)은 닭에게는 다양한 스트레스 요인이 있다고 보고하였다. 스트레스 요인으로는 환경조건 변화(Davis와 Siopes, 1987), 사회적 관계(Craig 등, 1986), 감금(Freeman과 Manning, 1976), 절식(Beuving 등, 1989), 곰팡이 오염사료(Thaxton 등, 1974), 부신히르몬의 약물투여(Brake 등, 1988 : Siegel 등, 1989)와 adrenocorticotropin을 주입하여 부신피질(adrenal cortex)의 자극(Gould와 Siegel, 1981) 등이 있다. Puvadolpirod(1997)는 최근에 닭, 메추리, 칠면조, 오리, 비둘기 등의 가금 종별로 스트레스 요인별 시험을 진행한 바, 스트레스에 대한 적응반응이 가금 종별로 일치하지 않는다고 보고하기도 하였다(Puvadolpirod, 1997).

이와 같이 현대 산란계 농장 운영에는 생산성에 영향을 주는 다양한 스트레서(고온, 저온, 습도, 질병, 영양소 불균형, 환우, 부리자르기, 기타 등등)가 있다(Fenster, 1989). 따라서 닭의 고 성장률과 산란지속성을 유지하기 위해서는 반드시 가축에게 주어지는 스트레스 요인을 고려해야 한다. 이러한 이유로 가끔 스트레스는 생산성 저하시 원인진단과 효과적인 치료와 예방으로 이용되기도 하며 스트레스의 수준과는 상관없이 스트레스는 양계산업에 있어 성장률, 사료요구율, 번식능력, 부화율과 생존율과 같은 경제적인 측정기준에 역효과를 주는 주요 요인으로 인식되고 있다(Bains, 1995). 수익성 있는 양계농장을 운영하기 위해서는 가능한 모든 스트레스 요인을 제거해야 하며, 스트레스 받는 기간도 짧아야 한다.

III. 스트레스와 닭의 생리적 현상

스트레스 상황 하에서는 부신(adrenal gland)에서 분비되는 스트레스 호르몬이라 하는 corticosterone이 중추적 역할을 수행한다. Corticosterone은 부신에서 분비되는 주요 glucocorticoid hormone이며 닭에서 스트레스 하에서 생존을 위해 필요한 에너지를 gluconeogenesis 통해 즉시 제공한다. Corticosterone 생성이 부족하거나 고갈되면 gluconeogenesis를 통한 에너지 생성이 중단되며 닭의 생산성에 영향을 줄 뿐만 아니라 결과적으로 그 개체는 죽게 된다(Bains, 1995).

가축을 운영하는 농장의 환경조건이나 사양관리에 나타나는 스트레스 요인들은 hypothalamic-pituitary-adrenal(HPA) axis와 symptho-adrenal medullary axis를 통해 나타난다(Minton, 1994). 부신

은 피질(cortex)과 수질(medulla)로 구성되어 있으며 두 조직은 스트레스의 반응에 관계한다. 스트레스 반응에 첫 단계에서는 수질이 관여하고, 두 번째 단계에서 피질이 관여한다.

부신피질의 분비기능은 ACTH에 의해 조절된다(Brown 등, 1967 ; Frankel 등, 1966). 이때 분비되는 주요 물질이 corticosterone이며 cholesterol로부터 합성된다고 보고되었다(Hall과 Koritz, 1966). 부신피질은 중추신경계에 의해 조절되고 이때 분비되는 물질은 catecholamine, adrenaline과 noradrenaline이다 (Malmejac, 1964). 스트레스 상황 하에서 부신피질의 반응은 부신피질의 증가, 부신피내 cholesterol 함량 감소, ascorbic acid 고갈, 세포내 지방함량 증가 등으로 나타난다고 보고하였다(Siegel, 1971).

부신피질의 활성화에 따라 분비되는 corticosterone에 의해 여러 변화가 일어나는데, Selye(1951)에 의하면, 가축의 적응반응 현상으로 변화한다고 하였는데 스트레스 요인이 강하게 장기간 주어졌을 때 주로 변화내용은 갑상선, 비장, F낭의 lymphatic organ 무게가 감소하며, 혈액세포 형태가 변화한다고 하였고, 혈액에서 cholesterol과 glucose, non-protein nitrogen 함량이 증가하며 면역체계가 억제된다고 하였다.

스트레스를 이미 경험한 닭에게 강도가 센 스트레스를 추가로 주면 닭은 에너지 생산을 위해 체내의 단백질과 지방을 분해한다(Bains, 1995). 스트레스가 시작되면 닭은 섭취량이 감소하고 생존을 위하여 필수 영양소 공급을 위한 대사활동이 증가하게 된다. 그러므로 스트레스 결과는 성장, 사료요구율, 면역 반응 등 경제적인 측정항목에 역효과를 주게 된다(Bains, 1995). 그러나 스트레스와 corticosterone 분비를 감소시키게 되면 영양소를 성장과 면역반응 등에 이용하게 된다.

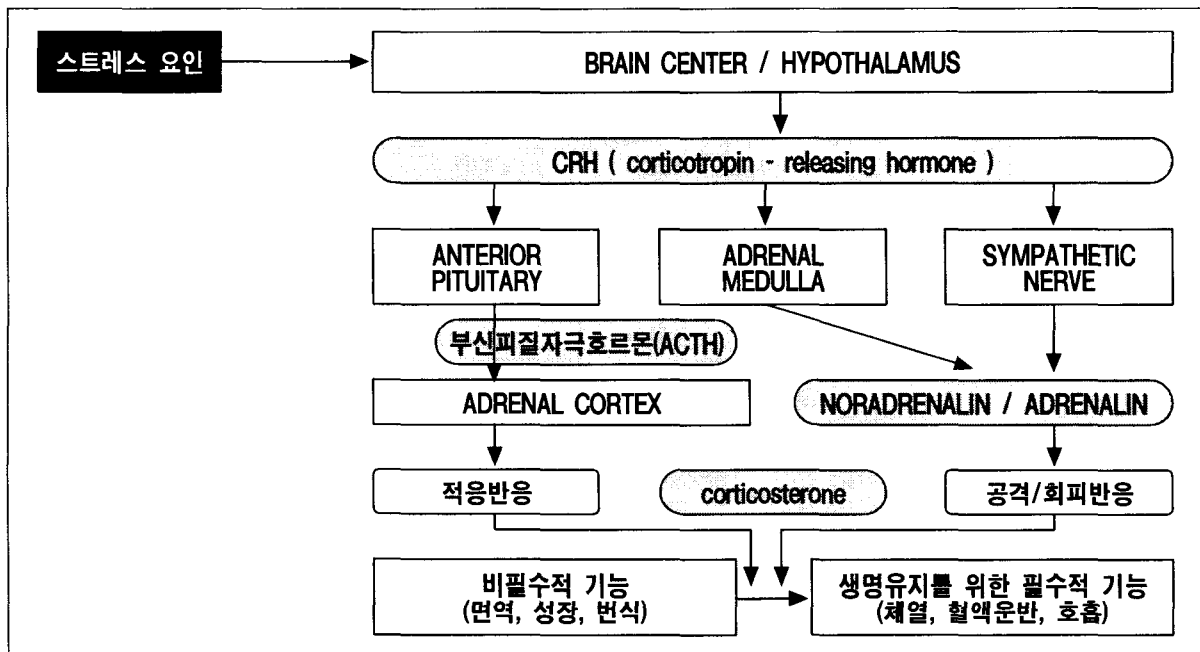


Figure 1. Schematic of endocrine aspects of physiological stress(Brake, 1989)

IV. 스트레스 평가를 위한 biomarker의 중요성

Gross와 Siegel(1983)에 의해서 닭의 heterophil과 lymphocyte의 비율을 계산하여 스트레스 반응과 백혈구(Leucocyte)간의 관계를 규명하였다. Davison 등(1983)은 granulocyte(G)와 lymphocyte(L) ratio를 언급하였고, 반면에 Gross와 Siegel(1983)은 heterophil/lymphocyte(H/L) ratio를 스트레스 indicator로 활

용하였다. 최근에는 heterophil/lymphocyte ratio가 닭에 있어 스트레스 측정지표로 널리 이용되고 있다. 게다가 H/L ratio는 cell count보다 변이가 적고 plasma corticosteroid 함량보다 안정적이라고 보고하고 있다(Maxwell, 1993).

백혈구는 면역 시스템에 관련하여 granulocyte, lymphocyte 그리고 monocyte의 서로 다른 기능을 보유한 3계통의 세포를 함유하고 있다(Dieterlen-Lievre, 1988). Granulocyte는 3가지 세포로 세분하면, heterophil(포유동물에서는 neutrophil과 유사), eosinophil과 basophil로 나누어진다. Heterophil은 박테리아에 대항하는 역할을 하고 eosinophil은 벌레(worm)와 원생동물(protozoa)과 같은 기생충에 대항하는 역할을 보유하고 있다. 그러나 사람과 달리 조류에서는 basophil의 기능은 잘 알려져 있지 않다.

Maxwell 등(1991)은 6일령에 사료를 절식시켰을 때 혈액반응을 조사 보고하였는데, 최대 14일까지 절식처리구는 H/L ratio가 증가하였고 eosinophil은 감소한 반면 basophil은 약간 증가하였다고 보고하였다. 시험결과 절식처리구는 심장, 폐 그리고 간의 병리학적 손상(pathological lesion)이 증가하여 절식이 스트레스 반응과 관련이 있는 것으로 보고하기도 하였다.

고온과 저온에 노출된 수탉의 혈액과 면역반응을 보고한 문헌도 많다. 42 °C에 1~2시간 동안 노출된 닭의 백혈구는 유의하게 감소하였고, 혈액 코티코스테론은 증가하였다고 보고하였다(Ben Nathan 등, 1976). 반면 Siegel과 Grould(1982)의 경우 반복적으로 고온에 노출시킨 닭의 혈액 corticosterone은 감소하였다. 이러한 결과로 보아 환경요인에 의한 corticosteroid와 lymphoid cell은 관계가 있는 것으로 증명되었다. 또한 암모니아와 고온스트레스 등 몇 가지 환경적인 스트레스 요인을 동시에 주었을 때 H/L ratio가 증가하였다(McFarlane과 Curtis, 1989). Puvadolpirod와 Thaxton(2000e)의 보고에 의하면, ACTH를 주입 후 스트레스 반응을 체크한 결과, 2시간에는 혈장 corticosterone 함량이 증가하였고, 12시간은 혈액 glucose 함량, 18시간에는 간 무게와 지방함량이 증가한다고 하였다. 또한 24시간째에는 비장의 상대적 무게가 감소하고, 2일에는 heterophil/lymphocyte ratio가 증가하며 4일에는 F낭과 흉선의 상대적 무게가 감소하며 12일에는 간 단백질 함량이 감소한다고 보고하였다.

수탉을 새로운 계군으로 옮겨 닭 무리간 서열다툼으로 인한 스트레스 발생시 H/L ratio는 증가하였고(Gross 등, 1984), 육계 이동시 H/L ratio와 plasma creatine kinase 역시 증가한 것으로 나타났다(Mitchell 등, 1992). Mitchell 등(1993)은 대부분의 육계는 이동시 고온스트레스를 받게 되는데, 이는 체온 상승에 의한 이동 케이지 내의 온도 상승에 기인하고 이때 basophil 함량이 유의하게 증가하게 된다고 하였다. 공포는 위협에 대한 정신적 스트레스 반응으로 간주되어 왔다(Jones 등, 1988).

소음은 닭에게 잠재적인 스트레스 요인으로 지속적으로 80 또는 95 데시벨의 소리를 주었을 때 monocyte가 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(MacFarlane 등, 1989). Mckee 등(1995)은 다수의 스트레스 요인을 동시에 주었을 때 H/L의 반응에 대해 조사하였다.

Mckee 등(1995)은 부리자르기와 콕시딕증 그리고 고온스트레스를 주었을 때 H/L ratio가 증가하였으나 ascorbic acid 급여시 H/L ratio는 감소하였다고 보고하였다. Elston 등(2000)은 케이지 형태에 의한 H/L ratio 변화를 조사하였는데, 케이지 형태는 개방형과 견고형 두 종류에서 견고형 케이지에 수용된 닭 혈액의 H/L ratio가 증가되었다고 보고하기도 하였다. Murray 등(1987)은 ACTH와 ascorbic acid 급여시 basophil 과민반응에 대해 보고하였다. Corticosterone을 5~80 ppm 급여시 혈액내 lymphocyte는 감소하고 heterophil은 증가한다는 보고도 있었다(Gross, 1980). Gray 등(1989)은 스트레스와 혈액반응에 대한 조사에서 ACTH와 hydrocortisone을 급여한 결과 heterophila, monocytosis, eosinophilia, basophilia가 영향을 받는 것으로 보고하였다. 스트레스 상황에서 닭의 백혈구 반응은 2단계로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 적절한 스트레스에 의한 heterophil과 H/L ratio의 증가, 두 번째는 극단적인 스트레스를 가했을 때 basophil이 증가하는 단계이다(Maxwell, 1993).

닭에서는 스트레스에 대한 백혈구의 변이는 corticosterone 반응보다 크지 않아 안정적인 stress

indicator로 활용 가능하다고 보고 있다(Gross와 Siegel, 1983). Gross와 Siegel(1983)은 heterophil/lymphocyte ratio는 만성스트레스의 bioassay 측정지표로 사용하기를 제안하였다. 반면에 혈장 호르몬(CS 또는 catecholamine)은 급성 스트레스의 좋은 indicator로 효과적이다.

Siegel(1995)은 닭의 스트레스 정도를 파악하기 위한 항목으로 혈액 corticosterone 함량과 heterophil/lymphocyte(H/L) ratio라고 하였는데, Puvadolpirod와 Thaxton(2000e)의 보고에서도 내분비 및 대사반응을 체크하기 위해서는 혈액 corticosterone 함량이 가장 좋은 지표라 하였고, 세망내피계(reticulo-endothelial) 반응을 체크하기 위해서는 H/L ratio가 가장 좋다고 보고하였다. 즉 각종 스트레스를 평가하기 위해서는 혈액내 corticosterone과 H/L ratio를 indicator로 활용하고 있다(Siegel, 1995).

V. 스트레스 완화에 관한 연구

닭은 성장하면서 고온, 저온, 감금, 사료절식, 영양소 결핍 그리고 환우, 부리자르기 등의 다양한 스트레스에 영향을 받아 섭취량, 성장, 사료효율 및 면역력 저하 등의 생산성에 막대한 피해를 주고 있다(Bains, 1995). 따라서 스트레스 예방 또는 완화를 통해 닭의 생산성 개선이 절실히 필요한 실정이다.

스트레스 상황이 진행되면 일반적으로 비타민 C를 공급하는데(Bains, 1995), 비타민 C는 스트레스를 받은 닭에게 스트레스를 이길 수 있게 하는 중추적인 역할을 하게 되기 때문이다(Fenstre, 1989). 비타민 C는 중추신경계에서 epinephrine과 corticosterone 합성에 관여하는데, 두 hormone은 스트레스 상황에서 에너지 공급을 하는 메커니즘을 진행시킨다. Pardue(1983)에 의하면 비타민 C 공급은 육계에서 폐사에 이르는 고온스트레스를 감소시키는 효과가 있다고 하였는데, 기본 메커니즘 반응은 비타민 C가 steroid 합성과정중 21-hydroxylase와 11 beta-hydroxylase의 효소작용을 억제하기 때문이다. 이러한 이유로 여러 스트레스 상황에서 비타민 C 첨가에 의한 스트레스 예방효과에 대하여 그동안 연구보고가 많이 진행되어 왔었다. North Carolina State University 에서는 고온스트레스를 받은 육계에게 비타민 제제를 물과 사료에 공급하여 급여하였더니 스트레스 완화가 있었다고 하였다(Brake, 1988).

유 등(2001)은 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)를 가수분해시키고 난 후 얻은 yeast 추출물을 이용하여 스트레스 완화효과에 대해 평가를 진행하였는데 장기 무계의 결과, 스트레스 억제효과가 있다고 보고하였다. Yu 등(2002)은 역시 yeast extract인 효모가수분해물(SCP)의 생리적 효과를 규명하였다. 스트레스를 받은 쥐에게 SCP를 급여한 결과, glutamic pyruvic transaminase(GOT)와 glutamic oxaloacetic transaminase(GPT) 그리고 lactic dehydrogenase(LDH)가 스트레스 받지 않은 대조구 수준으로 회복되었으며, macrophage activation과 IL-6 합성을 대조구 대비 각각 1.9배나 높았다고 하였다. Kim 등(2003)은 효모가수분해물(SCP) 이용하여 항스트레스 효과를 규명하였는데 쥐에서 스트레스에 의해 혈중 epinephrine과 norepinephrine 함량이 높아졌으나, SCP 첨가로 그 함량이 스트레스 받지 않은 대조구 수준으로 떨어졌다고 보고하였다. 이와 같이 효모가수분해물(SCP)의 스트레스 완화효과는 많은 peptide 종류와 amino acid로 구성되어 있는 효모가수분해물부터 기인한다고 보고하고 있는데, 항스트레스 효과가 있는 활성 peptide의 메커니즘은 알 수 없으나 신경전달물질 또는 알지 못한 신경영양물질의 구성성분으로 SCP가 작용하는 것으로 추정하고 있다(Kim, 2003).

VI. 효모가수분해물 급여와 사료교체 스트레스 완화에 관한 연구

육계사료는 닭의 영양소 요구량에 기초수준으로 하여 최대 성장, 생산성 및 사료요구율을 목적으로

적절한 영양소 함량 수준의 배합비를 작성한다. 현재 육계사료는 사료회사마다 차이는 있지만 대부분 펠렛팅 공정을 통해 가루사료보다는 펠렛 사료를 급여하고 있는데, 닭의 특성상 초기에는 크럼블 형태로 후기에는 펠렛 형태로 급여하게 된다. 이러한 크럼블 사료의 작은 입자사이즈에서 펠렛 사료 형태의 큰 사이즈로 사료가 교체되면서 입자 사이즈로 인한 스트레스를 일시적으로 받게 되며, 사료섭취량 및 증체량 감소 등의 현상이 일시적으로 나타나고 있는 실정이다. 그러나 사료 교체시 스트레스와 생산성에 영향을 주는 연구는 아직 충분히 되어 있지 않다.

박(2003)은 항스트레스 효과가 있는 yeast extract를 사료에 첨가하여 스트레스 상황 하에서 스트레스 완화효과를 조사하기 위하여 동물시험을 실시하였다. 육계를 이용하여 사료교체에 의한 스트레스 발생 시 사료에 효모가수분해물(yeast hydrolysate : SCP)을 첨가하여 혈액 corticosterone, heterophil/lymphocyte(H/L) ratio를 조사하여 스트레스 완화효과를 평가하였다.

첫 번째 실험은 육계전기(crumble 형태) 시험사료에서 후기(pellet 형태) 시험사료로 교체하면서 오는 사료교체 스트레스 상황에서, 사료내 효모가수분해물을 0, 0.05, 0.1, 0.2 % 첨가하여 혈액 corticosterone 함량, heterophil/lymphocyte ratio를 조사하였다. 시험결과, 혈액 corticosterone 함량과 H/L ratio는 사료 교체 2일째에 효모가수분해물 첨가구에서 유의하게 낮았다($p < 0.05$) (Table 2).

두 번째 실험은 육계 19일령에 사료교체 스트레스가 주어지는 상황에서, 효모가수분해물 0.1 %, collagen peptide 0.1 %, casein peptide protein 0.1 % 첨가하여 혈액 corticosterone, H/L ratio에 대해 조사하였는데, 사료교체 3일째의 혈액 corticosterone과 사료교체 6일째의 heterophil/lymphocyte 비율이 처리구간 유의적인 차이를 보여주었다($p < 0.05$). 효모가수분해물과 collagen peptide 첨가 급여시 혈액 corticosterone 함량이 감소하는 경향이며, H/L 비율은 효모가수분해물 첨가구에서 감소하는 경향이었다 (Table 3, 4).

이와 같이 두 번의 시험결과를 종합하면, 육계에서 사료교체 스트레스 조건 하에서 효모가수분해물 (yeast hydrolysate : SCP)의 사료내 첨가는 혈액내 corticosterone, heterophil/lymphocyte ratio에 영향을 주었으며 이러한 결과로 미루어 보아 효모가수분해물 첨가는 스트레스 완화효과가 있는 것으로 박(2003)은 보고하고 있다.

VII. 결 론

닭의 스트레스는 체내에 위해인자(stressor)에 의해 나타나는 생리적 반응이며, 체계적인 방어기전과 함께 항상성을 유지하려는 능력을 저해하는 어떤 것이든 스트레스 요인이 될 수 있다. 이러한 스트레스는 양계산업에 있어 사료섭취량, 성장, 사료효율 및 면역력 저하 등에 따른 생산성 감소와 농가 손익에 영향을 주고 있는 실정이다. 따라서 닭의 생산성을 향상시키기 위하여 스트레스 측정, 예방, 개선에 관한 일련의 연구를 오래 전부터 진행해 왔고, 향후에도 지속적으로 연구돼야 하는 분야이다. 스트레스 완화 연구는 주로 비타민 C와 비타민 제제 첨가 시험만 진행하였으나, 최근에는 단백질이나 펩타이드 계통의 물질을 이용한 연구들도 진행되고 있다. 스트레스는 농장 환경에서 나오는 일반적인 현상이라 할 수 있으며 이에 관련된 새로운 연구가 향후에도 지속적으로 이루어져야 하겠다.

Table 1. Effects of dietary yeast hydrolysate(SCP) on plasma levels of corticosterone in broilers when changing starter and grower diets for phase feeding

Diets for Starter/Grower	Days after changing the diet(ng/ml)				Significance
	0 day	2nd day	8th day	SEM	
Crumble / Crumble	21.53 ^A	14.39 ^{bB}	10.89 ^C	0.92	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0%	23.19 ^B	41.02 ^{aa}	11.24 ^C	2.02	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.05%	22.43 ^A	13.55 ^{bB}	14.31 ^B	1.79	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.10%	21.90 ^A	13.07 ^{bB}	11.56 ^B	2.06	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.20%	24.29	14.97 ^b	14.40	2.78	NS
SEM ¹	0.83	2.53	2.32		
Significance	NS ²	p<0.05	NS		

a, b Means in a column with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

A, B, C Means in a row with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

1 SEM : Standard error of means(n=4). / 2 NS : not significant.

Table 2. Effects of dietary yeast hydrolysate(SCP) on Heterophil/Lymphocyte ratio in broilers when changing starter and grower diets for phase feeding

Diets for Starter/Grower	Days after changing the diet				Significance
	0 day	2nd day	8th day	SEM	
Crumble / Crumble	0.34 ^A	0.22 ^{bAB}	0.14 ^B	0.04	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0%	0.37 ^B	0.55 ^{aa}	0.18 ^C	0.03	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.05%	0.32 ^{AB}	0.39 ^{abA}	0.16 ^B	0.01	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.10%	0.29 ^A	0.37 ^{abA}	0.16 ^B	0.03	p<0.05
Crumble / Pellet + SCP 0.20%	0.33	0.31 ^{ab}	0.17	0.08	NS
SEM ¹	0.05	0.08	0.02		
Significance	NS ²	p<0.05	NS		

a, b Means in a column with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

A, B, C Means in a row with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

1 SEM : Standard error of means(n=4). / 2 NS : not significant.

Table 3. Effects of dietary yeast hydrolysate(SCP), collagen peptide and casein protein on plasma levels of corticosterone in broilers of grower phase exposed to change of diet¹

Diets for Starter/Grower	Days after changing the diet(ng/ml)				Significance
	2 day	4th day	6th day	SEM	
Crumble / Crumble	17.79 ^a	20.79 ^B	22.89 ^A	4.23	NS
Crumble / Pellet(C/P)	15.89 ^{abC}	20.68 ^B	30.16 ^A	0.75	p<0.05
C/P + SCP 0.10%	15.20 ^{abC}	20.62 ^A	25.50 ^A	0.94	p<0.05
C/P + collagen peptide 0.10%	14.00 ^{bB}	26.98 ^{AB}	22.82 ^A	1.59	p<0.05
C/P + casein protein 0.10%	15.06 ^{abB}	24.33	28.35	1.62	p<0.05
SEM ²	0.90	2.56	2.89		
Significance	p<0.05	NS ³	NS		

a, b Means in a column with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

A, B, C Means in a row with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

1 Means±SD of plasma corticosterone at the end of starter phase obtained from six birds were 16.5±5.8 ng/ml.

2 SEM : Standard error of means(n=4) / 3 NS : not significant.

Table 4. Effects of dietary yeast hydrolysate(SCP), collagen peptide and casein protein on heterophil/lymphocyte ratio in broilers of grower phase exposed to change of diet¹

Diets for Starter/Grower	Days after changing the diet				Significance
	2 day	4th day	6th day	SEM	
Crumble / Crumble	0.55	0.23	0.45 ^{ab}	0.09	NS
Crumble / Pellet(C/P)	0.78	0.28	0.58 ^a	0.13	NS
C/P + SCP 0.10%	0.57	0.19	0.27 ^b	0.13	NS
C/P + collagen peptide 0.10%	0.85 ^A	0.20 ^B	0.38 ^{abB}	0.10	p<0.05
C/P + casein protein 0.10%	0.52	0.41	0.40 ^{ab}	0.10	NS
SEM ²	0.15	0.08	0.05		
Significance	NS ³	NS	p<0.05		

a, b Means in a column with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

A, B, C Means in a row with no common superscripts are significantly different(p<0.05).

1 Means±SD of heterophil/lymphocyte ratio at the end of starter phase obtained from eight birds were 0.11±0.05.

2 SEM : Standard error of means(n=4). / 3 NS : Not significant.

< 참고 문헌 >

- Bains BS. 1995. The role of vitamin C in stress management. *Queensland Poultry Science Symposium. Volume 4.*
- Ben Nathan D, Heller ED, Perek M. 1976. The effect of short heat stress upon leucocyte count, plasma corticosterone level, plasma and leucocyte ascorbic acid content. *Br Poult Sci* 17:481-485.
- Beuving G, Jones RB, Blokhuis HJ. 1989. Adrenocortical and heterophil /lymphocyte responses to challenge in hens showing short or long tonic immobility reactions. *Br Poult Sci* 30:175-184.
- Brake J. 1988. Stress modern poultry management. *Animal production highlights 2/87. Hoffmann-La Roche Co. Ltd. 4002 Basle, Switzerland.*
- Brake J. 1989. The role of ascorbic acid in poultry production: Ascorbic acid, stress and immunity. *Zootecnica International* 1:37-40.
- Brake NP, Brake J, Thaxton JP, Murray DL. 1988. Effect of cortisol on cutaneous basophil hypersensitivity to phytohemagglutinin in chickens. *Poultry Sci* 67:669-673.
- Brown KI, Nestor KE. 1967. Turkeys selected for high and low adrenal response to stress. *Poultry Sci* 46:1238-1239.
- Craig JV, Craig JV. 1986. Corticosterone and other indicators of hen's well-being in four laying-house environments. *Poultry Sci* 65:856-863.
- Davis GS, Siopes TD. 1987. Plasma corticosterone response of turkeys to adrenocorticotrophic hormone : Age, dose and route of administration effects. *Poultry Sci* 66:1727-1732.
- Davison TF, Rowell JG, Rea J. 1983. Effects of dietary corticosterone on peripheral blood lymphocyte and granulocyte populations in immature domestic fowl. *Research in Veterinary Science* 34:236-239.
- Dieterlen-Lievre F. 1988. Birds. In: *Vertebrate Blood Cells*(Eds Rowley, A.F. & Ratcliffe, N.A.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 257-336.

- Dobson H, Smith RF. 2000. What is stress and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science* 60-61:743-752.
- Elston JJ, Beck M, Alodan MA, Vega-Murillo V. 2000. Laying hen behavior 2. Cage type preference and heterophil to lymphocyte ratios. *Poultry Sci* 79:477-482.
- Fenster R. 1989. Vitamin C and stress management in poultry production. *Zootecnica International* 6:16-22.
- Frankel AI, Graber JW, Nalbandov AV. 1966. Adrenal function in adenohipophysectomized and intact cockerels. *Exepta Med Int Cong series no* 132:1104-1113.
- Freeman BM. 1976. Stress and the domestic fowl : A physiological reappraisal. *World Poult Sci J* 32:249-256.
- Gould NR, Siegel HS. 1981. Viability of and corticosteroid binding in lymphoid cells of various tissue after adrenocorticotropin injection. *Poultry Sci* 60:891-893.
- Gray HG, Paradis TJ, Chang PW. 1989. Physiological effects of adrenocorticotropic hormone and hydrocortisone in laying hens. *Poultry Sci* 68:1710-1713.
- Gross WB. 1984. Differential and total blood cell counts by the hemocytometer method. *Avian/ Exotic Practice* 1:31-36.
- Gross WB, Siegel HS. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as measure of stress in chickens. *Avian Dis* 27:972-979.
- Hall PF, Koritz SB. 1966. Action of ACTH upon steroidogenesis in the chicken adrenal gland. *Endocrinology* 79:652-654.
- Horvath SM, Bed JF. 1990. Heat, cold, noise and vibration. *Med. Clin. North. Am.* 74:515-525.
- Jones RB, Beuving G, Blokhuis HJ. 1988. Tonic immobility and heterophil/ lymphocyte responses of the domestic fowl to corticosterone infusion. *Physiology and Behaviour* 42:249-253.
- Kim JM, Lee SW, Kim KM, Chang UJ, Song JC, Suh HJ. 2003. Anti-stress effect and functionality of yeast hydrolysate SCP-20. *European Food Research and Technology*.
- Malmejac J. 1964. Activity of the adrenal medulla and its regulation. *Physiol Rev* 44:186-218.
- Maxwell HM. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *World Poult Sci J* 49:34-43.
- McFarlane JM, Curtis SE. 1989. Multiple concurrent stressors in chicks. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil:lymphocyte ratio. *Poultry Sci* 68:522-527.
- Mckee JS, Harrison PC. 1995. Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poultry Sci* 74:1772-1785.
- Minton JE. 1994. Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *J Anim Sci* 72:1891-1898.
- Mitchell MA, Kettlewell PJ, Maxwell MH. 1992. Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation. *Animal Welfare* 1:91-103.
- Mitchell MA, Maxwell MH, Carlisle AJ, Robertson GW. 1993. Relative basophilia: an index of severe thermal stress in the domestic fowl. *Comparative Haematology International*(submitted for publication).
- Moberg GD. 1993. A review-developing management strategies to reduce stress in pigs: A new approach utilizing the biological cost of stress. *Austalasian Pig Science Association Conference 4th: Canberra, ACT. Manipulating Pig Production IV.*

- Murray DL, Brake J, Thaxton JP. 1987a. Effect of adrenocorticotropin and dietary ascorbic acid on cutaneous basophil hypersensitivity to phytohemagglutinin in chickens. *Poultry Sci* 66:1846-1852.
- Pardue SL. 1983. Relationship of ascorbic acid to physiological stress in the domestic fowl. Ph. D. Dissertation, N.C. State University, Raleigh, N.C. 27695.
- Puvadolpirod S. 1997. Physiological stress responses in broiler chicks Ph D. Diss., Mississippi State, MS.
- Puvadolpirod S, Thaxton JP. 2000a. Model of physiological stress in chickens. 1. Response parameters. *Poultry Sci* 79:363-369.
- Puvadolpirod S, Thaxton JP. 2000e. Model of physiological stress in chickens. 5. Quantitative Evaluation. *Poultry Sci* 79:391-395.
- Selye H. 1951. The general-adaptation-syndrome. *A Rev Med* 2:327-342.
- Selye H. 1973. The evolution of the stress concept. *Am Scientist* 61:692-699.
- Siegel HS. 1971. Adrenals, stress and environment. *World Pout Sci J* 27:237-249.
- Siegel HS. 1995. Stress, strains and resistance. *Br Poult Sci* 36:3-22.
- Siegel HS, Gould NR. 1982. High temperature and corticosteroid in the lymphocytes of domestic fowl(*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology* 48:348-354.
- Siegel HS, Gross HB. 1989. Effects of dietary corticosterone in young Leghorn and meat-type cockerels. *Br Pout Sci* 30:185-192.
- Song YH, Rhee YJ, Yang MS. 1998. Stress and welfare of animal. *Ann Anim Resources Sci* 9:125-135.
- Thaxton JP, Tung HT, Hamilton PB. 1974. Immunosuppression in chickens by aflatoxin. *Poultry Sci* 53:721-725.
- Yu KW, Kim JM, Oh SH, Chang UJ, Suh HJ. 2002. Physiological effects of yeast hydrolysate SCP-20. *Food Research International* 35:879-884.
- 박성열. 2003. 효모가수분해물 급여가 육계에서 기별사양과 밀사 스트레스 완화효과에 관한 연구. 박사학위논문. 고려대학교.
- 유광원, 오성훈, 최윤석, 황원준, 서형주. 2001. 효모가수분해물 SCP-20의 월경 전 증후군 감소효과. *한국식품영양과학회지* 30:1000-1003.