

## Effects of Dietary Inuloprebiotics on Egg Production and on the Microbial Ecology and Blood Lipid Profile of Laying Hens

Sang-Oh Park and Byung-Sung Park\*

Department of Animal Biotechnology, Kangwon National University, Gangwondo, 200-701, Korea

Received February 6, 2012 / Revised July 9, 2012 / Accepted July 13, 2012

This study was carried out to investigate the effects of inuloprebiotics (INPs), an alternative anti-bacterial growth promotor, from Jerusalem artichoke extract (*Helianthus tuberosus* L.) on egg production and quality in Hyline brown laying hens. The hens were divided randomly into four treatment groups and housed in individual cages for 10 weeks: a control group (0 ppm INP) (T1), 450 ppm (T2), 600 ppm (T3), and 750 ppm (T4). Egg production, egg weight, Haugh unit, eggshell thickness, and breaking strength were significantly higher in all of the INP-treated groups compared with the control ( $p < 0.05$ ). Egg cholesterol was highest in the T1 group and decreased with INP addition from 15.04 to 17.98% ( $p < 0.05$ ). Compared with the T1 group, triglycerides in the blood and in total cholesterol decreased significantly in groups T2, T3, and T4 by 21.71-24.07% and 27.17-30.36%, respectively ( $p < 0.05$ ). The growth of cecum *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* was stimulated in groups T2, T3, and T4 compared with T1, whereas the growth of *Escherichia* and *Salmonella* was clearly inhibited ( $p < 0.05$ ). The results suggest that the addition of 450 ppm INP to the diet of laying hens can improve egg production and egg quality.

**Key words** : Inuloprebiotics (INPs), Jerusalem artichoke extract (*Helianthus tuberosus* L.), egg production, egg quality

### 서 론

친환경 유기축산이 실행되면서 동물복지의 강조와 함께 가축사료 내 첨가되는 항생제의 규제가 시작되었다. 1928년 알렉산더 플레밍에 의해서 최초의 항생물질 페니실린이 개발된 이후에 항생물질은 원래 세균감염의 예방과 치료를 위해서 사용되었다. 1950년대부터 일부 항생제가 브로일러와 같은 가축의 성장촉진, 사료효율 개선을 통하여 생산성을 증대할 목적으로 축산분야에서 사용되기 시작하였다[12]. 그러나 항생제의 지속적인 사용은 인간의 건강과 내성균의 출현으로 심각한 사회문제가 되고 있다. 동물에게 사용된 대부분의 항생제는 인간에게 사용된 항생제의 유사물이며 세균은 인간 항생제에 대하여 저항성을 키우는 능력이 있다[40]. 최근 동물사료 내 첨가되는 항생제를 대체하기 위한 노력의 일환으로써 프리바이오틱스(prebiotics)가 새롭게 부각되기 시작하였다.

프리바이오틱스란 인간과 동물의 소장효소에 의해서 분해되지 않고 대장에 도달하여서 미생물에 의하여 발효되어 장내 균총을 유지해주는 비분해성올리고당이다. 프리바이오틱스는 젖산 및 휘발성지방산의 생성을 증가시켜서 대장의 산도를 낮추고 유익한 균주인 비피도박테리아의 성장을 선택적으로 자극함과 동시에 유해한 미생물의 성장을 억제하는 비

피더스균의 활성효과를 갖는다. 프리바이오틱스는 어린 동물의 설사를 방지하고 질병 예방효과를 나타내는 항균성장촉진제임과 동시에 면역조절제로서 알려졌다[13,17,31,46]. 프리바이오틱스로서 복합탄수화물인 비분해성 올리고당의 활용은 가금에서 살모넬라의 조절에 대한 접근을 가능하게 하였고 그 생체활성 효과는 여러 나라에서 수많은 연구에 의해서 확인되었다[8].

돼지감자로부터 추출한 비분해성 올리고당, 이눌린의 가금 사료용 항균성장촉진제 즉 프리바이오틱스로서 활용가능성이 검토되었다[33]. 이눌린은 과당(fructose)이  $\beta$  (2→1) glycosidic bond에 의하여 연결된 선형 과당중합체로써 동물의 위액과 소화효소에 의하여 분해되지 않고 80% 이상이 대장에 도달하여 장내 미생물에 대한 성장기질로써 이용된다[7,33]. 이눌린은 하부소화관에서 미네랄 흡수를 촉진하며 지질대사를 조절하는 것으로 알려졌다[2]. 궁극적으로 동물사료에 대한 프리바이오틱스의 첨가는 항생제를 사용하지 않고서 장 미생물 균형을 유지하는데 도움을 줌과 동시에 축산물의 생산성을 향상시킬 수 있어야 한다. 그러나, 프리바이오틱스로서 이눌린을 가금사료에 직접 혼합하게 되면 공기 중 보관 및 상온 유통 상태에서 이눌린의 성분이 쉽게 변성될 수 있는 문제점이 있다. 또한 배합사료에 직접 혼합된 이눌린을 동물이 섭취할 경우 위와 소장에서 내산성이 약하여 대장에 도달하기 전에 분해흡수율이 높아져서 프리바이오틱스로서의 기능이 낮아지는 문제점이 있다[8,27,30]. 이러한 문제점을 보완하고 프리바이오틱스로서의 기능을 극대화하기 위해 이눌린을 항상

#### \*Corresponding author

Tel : +82-33-250-8615, Fax : +82-33-251-7719  
E-mail : bspark@kangwon.ac.kr

화제인 비타민 E와 함께 고압균질화 시킨 후 위와 소장에서 안정된 강산성 및 대장 용해성이 높은 장용성 피복제재로서 제조한 미세캡슐화 이눌로프리바이오틱스(inuloprebiotics: INP) [30]가 브로일러의 면역능력, 장내 유익한 미생물 및 성장능력을 촉진하고[27], 닭고기의 품질 및 저장성을 연장하는 개선효과가 보고되었으나[28] 아직까지 산란계 사료에 대한 첨가, 급여효과는 보고된 것이 거의 없다.

따라서 본 연구는 산란계 사료 내 항균성장촉진제로써 고수준의 이눌로프리바이오틱스 첨가가 산란성적 및 계란품질에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 이눌로프리바이오틱스의 제조

실험에 사용된 재료는 강원도 춘천에서 구입한 돼지감자 (Jerusalem artichoke; *Helianthus tuberosus* L.)로부터 French [11]에 의해서 제시된 열수, 냉각추출방법으로 평균 중합도 26을 지닌 이눌린을 추출, 동결건조하였다. 비타민 E 15 ppm과 이눌린을 70℃의 따뜻한 물과 혼합하여 고압균질기(T25 Basic, IKA, German)를 이용하여 고압균질물을 획득하였다. 고압균질물에 장용피복제로써 슈레테릭(Sureteric; Colorcon, UK)을 압축공기로 쏘아서 초미세분체 피복물(고압균질물 9: 슈레테릭 1)을 제조하였다. 분무건조기(B-191, Buchi, Sweiss)에 의해서 건조하여 입자도 100-200 μm, 이눌린 90% 이상을 함유하는 이눌로프리바이오틱스를 제조하였다[29,30].

### 실험설계

15주령 갈색산란계 400마리를 개개의 철제 3단 산란케이지에 수용한 후 상업용 일반사료를 급여하였다. 산란피크 도달 시기인 28주령까지 예비사육 후 총 320마리를 선정하여 29주령부터 38주령까지 10주간에 걸쳐서 실험사료를 급여하였다. 각각의 처리구당 80마리씩 개체별, 반복구로 나누어서 완전임의 배치하였다. 실험처리구는 T1 (무첨가 대조군), T2 (INP 450 ppm 첨가군), T3 (INP 600 ppm 첨가군) 및 T4 (INP 750 ppm 첨가군)로 구분하였다. INP의 첨가수준은 선행연구 결과 [27,29]를 참고하여 조절하였다.

### 동물사양관리

동물실험은 Swanson [38]에 의해서 제시된 과학적이고 윤리적인 절차와 강원대학교 동물실험위원회(IACUC, Institutional Animal Care and Use Committee of Kangwon National University)의 승인을 얻어서 수행되었다. 각 처리구에 대한 모든 실험사료는 NRC [26]에 의해서 권장된 영양소 요구량을 충족 또는 약간 높게 배합하였다. 실험사료는 옥수수, 대두박 위주로 배합하였으며 서로 다른 이눌로프리바이오틱스의 첨가수준은 옥수수의 양을 희생하여 배합하였다(Table 1). 실험에 사용된 모든 사료 간에는 조단백질과 대사에너지 함량을

Table 1. Formula and chemical composition of the basal diet for laying hens (% as-fed)

Items	Basal diets
Corn grain	51.42
Soybean meal	21.80
Corn gluten meal	6.30
Wheat bran	9.70
Soybean oil	1.50
Limestone	7.70
Dicalcium phosphate	0.80
Sodium chloride	0.30
DL-methionine (50%)	0.10
L-lysine (80%)	0.08
Vitamin-mineral mix. <sup>1)</sup>	0.30
Total	100
Calculated values <sup>2)</sup>	
Crude protein (%)	18.78
ME (kcal/kg) <sup>3)</sup>	2,900

<sup>1)</sup>Provided per kilogram of diet: vitamin A (retinyl palmitate), 1,200 IU; vitamin D3, 2,500 IU; vitamin E (dl- $\alpha$ -tocopheryl acetate), 20 IU; vitamin K3, 4.0 mg; thiamin, 1.5 mg; riboflavin, 50.0 mg; pantothenic acid, 17 mg; niacin, 34 mg; pyridoxine, 4.0 mg; choline chloride, 250 mg; folic acid, 0.5 mg; biotin, 0.18 mg; vitamin B12, 0.1 mg; iron, 24 mg; zinc, 40 mg; manganese, 50 mg; copper, 17 mg; iodine, 0.60 mg; selenium, 0.13 mg; cobalt, 0.70 mg.

<sup>2)</sup>Calculated from values in NRC (1994).

<sup>3)</sup>Metabolizable energy.

동일한 수준으로 조절하였다. 산란기간 중 점등시간은 17시간 (09:00-02:00)이 되도록 조절하였고 물과 실험사료는 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

### 산란율과 계란품질

산란율과 난중은 매일 기록하였고 사료 섭취량은 일주일 간격으로 조사하였으며 수집된 모든 자료는 전체 기간 중 평균값으로 나타났다. 계란 품질평가는 실험사료를 급여한 후 4주째인 32주령부터 38주령까지 7주 동안 생산한 계란을 수집하여 조사하였다. 호우유니트(Haugh unit, HU)는 수집된 계란을 곧 바로 Quality control microprocess (QCM, Technical Services and Supplies Co., UK)를 사용하여 측정 후 아래의 공식으로서 계산하였고, 난황색은 로슈의 난황색 부채(Roche egg color fan, Germany)를 이용하여 조사하였다. 난각 두께는 Dial pipe gauge (Ozaki MFG Co. Ltd., Japan)을 이용하여 HU와 난황색 측정에 이용된 계란에서 난각의 둔단부, 중간부, 첨단부를 각각 4회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Haugh unit:  $100 \log (H+7.57-1.7W^{0.37})$

H: Albumin height (mm), W: Egg weight (g)

### 계란 콜레스테롤

콜레스테롤 분석을 위하여 삶은 계란으로부터 난황을 분리

하여 -20°C의 냉동실에 보관하였다. 콜레스테롤 함량은 내부 표준물질 사용방법을 사용하여 Direct saponification gas chromatographic 방법에 따라서 실시하였다[25]. 콜레스테롤 표준물질은 Sigma Chemical Co (St, Louis, MO, U.S.A)로부터 구입하여 표준용액(콜레스테롤 2 mg/hexane 1 ml)을 제조하였다. 표준용액으로부터 hexane으로 희석하여 10-80 µl의 콜레스테롤을 함유하는 working solution을 제조하여 각각의 working stand solution 1 µl를 주입하여 검량곡선을 작성하였다. 내부표준물질로써 180 µg의 5 $\alpha$ -cholestane (Sigma Chemical Co, St, Louis, MO, U.S.A)과 함께 난황 200 mg을 새롭게 제조한 methanolic potassium hydroxide solution (0.5 mol/l) 5 ml와 혼합하였고 80°C shaking water bath에서 30분 동안 가열해서 검화하였다. 식힌 다음에 증류수 1 ml와 hexane 5 ml를 첨가하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 콜레스테롤을 함유하는 상등액을 얻었다. 상등액 1 µl를 Gas chromatographic analyser에 주입하여 콜레스테롤을 측정하였다. 불꽃이온화검출기, 자동시료주입기(Model AOC-17 Shimadzu Corp., Japan) 및 Chromatography data system (model Class-VP Shimadzu Corp.)이 갖춰진 Gas chromatographic system (model GC-15A, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 이용하였다. 1.0 µm의 필름 두께로써 SPB-1 (Supelco Inc, Bellefonte, PA, USA) 코팅된 fused silica capillary column (I.D: 15 m×0.32 mm)을 사용하였다. 칼럼의 온도는 분당 2°C씩 상승하면서 250°C-275°C로 프로그램화되었으며 이 상태에서 12분 동안 유지하였다. Oven 온도는 285°C로 하였다. 주입구와 flame ionization detector 온도는 300°C로 조절하였다. helium carrier gas의 속도는 분당 2 ml, hydrogen gas는 분당 30 ml, 그리고 공기는 분당 300 ml로 유지하였다. 모든 분석은 20:1의 split ratio에서 수행하였다. 콜레스테롤 회수율은 98.3%이었다. 자료는 32주령부터 총 4주간에 걸쳐 수집된 계란에서 각 처리구 당 주별로 10개씩 총 40개의 계란을 측정 한 평균값으로 제시하였다.

#### 계란 지방산

지질은 Folch 등[10]의 방법에 따라서 난황 5 g을 혼합 유기 용매(chloroform:methanol=2:1) 200 ml와 0.88% KCl 6 ml를 가한 후 homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKL-Labortechnik, Germany)에서 3분간 교반하여 균질화하였다. 균질물을 여과한 다음 생리식염수 50 ml를 첨가해서 4°C로 조절된 Automatic refrigerated centrifuge (RC-3, SORVALL Co., USA) 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 후 지질층을 분리하였다. 회전식진공농축기(Rotary evaporator N-100, EYELA., Japan)를 이용해서 45°C에서 농축한 후 지질의 무게를 측정하였다. 지질의 메틸화 과정은 Morrison과 Smith [23]의 방법을 변형하여 실시하였다. 농축된 지질 분획 중 10 mg을 검화용 반응 용기에 넣고 새롭게 제조한 0.5 N methanolic NaOH 1 ml를 첨가하여 15분간 가열한 후 냉각하였다. 냉각 후 14%

BF<sub>3</sub>-methanol 2 ml를 가한 후 다시 15분간 가열하여 methylation 하였다. 실온까지 충분히 냉각시킨 다음 1 ml의 heptane 과 2 ml의 NaCl 포화용액을 가하여 1분간 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치하였다. 상등액을 1 µl를 취하여 flame-ionization detector가 부착된 Gas chromatographic system (model GC-15A, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)에 주입하여 지방산을 분석하였다. 표준용액으로는 미국 Supelco사 제품(37 Component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO)을 이용하였으며 내부 표준물질로써 Nonadecanoic acid (19:0)를 사용하였다. SPTM-2560 Capillary GC Column (L×I.D. 100 m×0.25 mm, df 0.20µm Omegawax 320 capillary column. USA)을 사용하였으며 시작 온도를 8분 동안 150°C로 프로그램 하였고 그 다음에 분당 2°C 씩 높여서 150-190°C로 온도를 올렸으며 최종 온도를 190°C로 고정하였다. 헬륨을 Carrier gas로써 사용하였으며 분당 40 ml 유속으로 조절하였다. Split ratio는 100:1로 하였다. Injection의 온도는 250°C, Detector의 온도는 265°C로 조절하였다.

#### 혈액 지질

실험사료 급여이후 4주째인 32주령부터 35주째까지 4주간에 걸쳐서 매주 1회씩 각 처리구 당 8마리씩을 임의로 선정하여 Heparinized tubes (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ USA) 속으로 각 산란계의 날개정맥으로부터 1 ml를 수집하였다. 채취한 혈액은 4°C로 유지된 원심분리기에서 20분간 3,000 rpm에서 혈장을 분리한 다음 액체질소가스를 이용하여 급속 동결해서 생화학적 분석 시까지 -78°C 냉동보관하였다. 중성 지방과 총콜레스테롤은 자동혈액분석기(Autoanalyzer 7150, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 상업용 효소킷(Sigma Co. Ltd., USA)에 의해서 분석하였다.

#### 맹장 미생물

실험사료 급여이후 4주째인 32주령에서 각 처리구 당 산란계 8마리를 선정하여 실험동물 안락사 권장[4]에 따라서 경추 탈골에 의해서 스트레스를 주지 않고 안정적으로 희생하였다. 닭의 스트레스를 최소화하기 위해 도계 2시간 전에 희생할 닭을 선정하여 나머지 닭의 시야에서 보이지 않는 분리된 도계장으로 이동하였다. 경추탈골 후 즉시 경동맥을 절단하여 90초 동안 방혈하였고 58-60°C 물에 4분정도 담근 후 탈모기를 2분 동안 통과시켜 탈모, 혈액, 깃털 및 내장적출을 하였다. 혐기적인 방법으로 맹장을 채취하여 AnaeroGen sachets (Oxoid, Hampshire, UK)가 갖춰진 sealed anaerobic jars (Oxoid, Basingstoke, UK)에서 혐기상태로 유지하였다. 맹장 내용물을 멸균된 생리식염수(phosphorus buffered saline; PBS 0.1 M, pH 7.0)로써 10<sup>2</sup>-10<sup>7</sup>까지 anaerobic chamber (5% hydrogen, 5% CO<sub>2</sub>, balanced nitrogen)에서 희석하였다. 희석액 0.1 ml를 분주하여 멸균된 평판 선택배지 *Lactobacillus* sp.

(MRS agar, Oxoid, Basingstoke, UK); *Bifidobacterium* sp. (Bifidobacterium selective agar, BIM-25 medium) [24]; *Salmonella* sp. (SS agar Difco, CM0099); *Escherichia* sp. (McConkey Purple agar)에서 배양하였다. *Salmonella*와 *Escherichia*는 37°C에서 24시간 호기배양하였고, *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium*은 AnaeroGen sachets가 갖춰진 sealed anaerobic jars를 이용한 혐기상태 하에서 37°C, 48시간 정지배양 후, 각각의 평판배지에서 미생물카운터로써 colony의 수를 조사하였다. 모든 미생물 균락의 수는 맹장내용물 g당 균수 (CFU, colony-forming unit/g of fresh cecum content)로써 상용로그를 취하여 제시하였다.

### 통계분석

분석된 모든 자료의 통계처리는 SAS [36]의 GLM procedure를 이용하여 각 처리구의 평균과 표준오차를 구하고 분산분석을 실시한 다음 Duncan's multiple range test에 의하여 95% 수준에서 처리 평균치 간의 통계적 유의성을 검정하였다 ( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 산란능력

산란계 사료 내 이눌로프리바이오틱스의 고수준 첨가가 산란율, 난중 및 사료섭취량에 미치는 영향은 Table 2에서 보는 바와 같다. 산란율, 난중 및 사료섭취량은 T2, T3, T4가 T1과 비교할 때 유의하게 높았으나( $p < 0.05$ ) T2, T3, T4 사이의 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 본 연구결과 산란계 사료 내 이눌로프리바이오틱스의 첨가급여로 인해서 산란율과 난중을 크게 높일 수 있다는 점을 확인할 수 있었다.

돼지감자 이눌린을 미세캡슐화하여 제조된 이눌로프리바이오틱스가 산란계의 위와 소장에서 이눌린의 분해율과 흡수율을 더욱 낮출 수 있기 때문에 이눌로프리바이오틱스가 하부 소화관으로 이동하게 되고 궁극적으로 맹장에서 용해된 이눌린이 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium*의 성장을 위한 기질로서 활용되어 항균활성 및 면역능력 증진작용에 의해서 동물의 건강이 증진되어 산란율이 개선되었을 것으로 판단된다 [7,27,28]. Rada 등[32]은 1주령 산란계에게 이눌린 함유사료를 급여하였을 때 맹장의 *Bifidobacterium*에 있어서 유의적인 증가

를 보고하여 본 결과를 뒷받침해주고 있다. Park [29]은 돼지감자로부터 추출한 이눌린을 *in vitro* 미생물 배양하였을 때, 장 내 유익한 균주 *B. longum*, *B. bifidum*, *L. acidophilus*, *L. casei*의 성장이 촉진되었으나 유해균주 *S. aureus*, *Cl. perfringens*의 증식이 억제되었다고 하였다. 또한 이눌로프리바이오틱스를 섭취한 브로일러의 맹장에서 유익한 *Bifidobacterium*은 유의하게 높았으나 유해한 미생물로 알려진 *Escherichia*와 *Salmonella*는 감소하였고 혈청 면역물질 IgG 및 흉선지수가 유의하게 증가한 것으로 보고하여 본 실험결과를 지지해 준다. 이눌린은 *B. bifidum*과 *B. longum*의 일부 계통을 제외한 대부분의 *Bacteroides*와 *Bifidobacterium*에 대한 우수한 기질로서 면역능력 향상작용을 갖음과 동시에 [22,34], 하부소화관에서 짧은 사슬 지방산의 생성량을 증가시켜서 어린 동물의 설사를 예방하는 효과를 갖는 것으로 알려져 본 실험결과를 지지해준다[37].

### 혈액지질

산란계 사료 내 이눌로프리바이오틱스의 고수준 첨가가 혈액 지질에 미치는 영향은 Table 3에서 보는 바와 같다. 혈액 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 T1과 비교할 때 T2, T3, T4에서 유의하게 낮았으며 이눌로프리바이오틱스 첨가구에서 혈액 중성지방 및 총콜레스테롤의 감소율 범위는 각각 21.71-24.07% 및 27.17-30.36%로 나타났다( $p < 0.05$ ).

인간과 동물에서 이눌린이 혈액 지질을 낮추는 것으로 알려져 있으며 [9,43], Causey 등[3]은 고콜레스테롤 혈증의 사람에게서 치커리 이눌린의 급여가 혈액 중성지방, 총콜레스테롤 및 저밀도지단백질 콜레스테롤을 떨어뜨리는 것으로 보고하여 본 실험결과를 뒷받침해준다. 이눌린의 혈액 중성지방 감소 기작은 이눌린으로부터 생성된 짧은 사슬지방산에 의해 간에서 *de novo* 지방산 합성감소에 기인한 전체적인 lipogenic enzymes gene expression이 억제되기 때문이다 [5]. 이눌린의 혈액 콜레스테롤 감소기작은 간에서 콜레스테롤의 생합성을 억제하는 짧은 사슬지방산, 프로피온산의 결장 흡수경로 및 탄수화물과 지질대사 조절에 미치는 프로피온산의 영향 [42]과 함께 발효산물 내 일부 *Bifidobacterium*과 *Lactobacillus*가 콜레스테롤을 제거할 수 있기 때문이다 [41]. 또한, 이눌린은 담즙산의 배설증가 및 콜레스테롤 합성과 관련한 제한효소, HMG-CoA reductase activity의 억압 [18]을 통해서 간에서 콜

Table 2. Egg production, egg weight and diet consumption in laying hens fed experimental diets

Items	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>2)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
Egg production (%)	92.03 <sup>b</sup>	93.87 <sup>a</sup>	94.07 <sup>a</sup>	93.68 <sup>a</sup>	0.5341
Egg weight (g)	62.13 <sup>b</sup>	63.89 <sup>a</sup>	64.10 <sup>a</sup>	64.20 <sup>a</sup>	0.3085
Diet consumption (g/hen/day)	118.4 <sup>b</sup>	129.1 <sup>a</sup>	127.8 <sup>a</sup>	130.0 <sup>a</sup>	0.7053

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>PSE: Pooled standard error of mean values.

<sup>a,b</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 3. Triglyceride and total cholesterol in plasma of laying hens fed experimental diets (mg/dl)

Items <sup>2)</sup>	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>3)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
TAG	119.29 <sup>a</sup>	93.39 <sup>b</sup>	91.84 <sup>c</sup>	90.57 <sup>d</sup>	1.0293
TC	101.37 <sup>a</sup>	73.82 <sup>b</sup>	73.18 <sup>b</sup>	70.59 <sup>c</sup>	1.0536

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>TAG: triacylglyceride, TC: total cholesterol.

<sup>3)</sup>PSE: pooled standard error of mean values.

<sup>a,b,c,d)</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

레스테롤 합성을 억제함으로써 혈액 콜레스테롤을 낮춘다. 이 놀로프리바이오틱스 첨가구에서 혈액 지질이 낮아진 점은 바로 이러한 기전의 일부로 판단된다.

계란품질

고수준의 이놀로프리바이오틱스를 섭취한 산란계에서 계란의 호우유니트, 난각두께, 파란강도 및 난황색에 미치는 영향은 Table 4에서와 같다. 호우유니트, 난각두께, 파란강도는 T2, T3, T4가 T1과 비교할 때 유의하게 높았으나( $p < 0.05$ ) T2, T3, T4 사이의 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 난황색은 각 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 이 결과는 이놀린의 영양소 및 칼슘과 같은 난각의 주요 구성분인 미네랄 흡수를 향상 효과에 기인한 것으로 추정해 볼 수 있다 [2,20,21,37]. 이러한 보고는 본 연구결과를 뒷받침해준다. 호우유니트, 난각두께, 파란강도 및 난황색은 계란 품질을 결정하는 데 중요한 요소이다[19]. 웰빙 시대 소비자 기호도와 관련하여 계란의 상품적인 가치를 높이는데 있어서 내부와 외부의

품질이 우수해야 하는데 특히, 호우유니트는 내부 품질의 척도가 된다. 로슈의 난황 칼리팬에 의하면 난황색의 농도는 1~14 등급까지 분류되는 데 본 실험에서 조사된 모든 처리구 계란의 난황색 등급은 9.41-9.50이었다.

계란 콜레스테롤과 지방산

이놀로프리바이오틱스 고수준을 섭취한 산란계에서 계란의 콜레스테롤과 지방산 조성은 Table 5와 Table 6에서 보는 바와 같다. 계란의 콜레스테롤은 T1이 가장 높았고 T4, T3, T2 순서로 이놀로프리바이오틱스 첨가구에서 15.04-17.98%까지 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ). 본 연구에서 이놀로프리바이오틱스 첨가구가 대조구와 비교할 때 계란의 콜레스테롤 감소효과가 컸던 점은 산란계 혈액의 총 콜레스테롤 수준이 가장 낮았던 점(Table 3)을 반영한 것으로 판단된다. 동물에서 혈액 콜레스테롤 수준은 조직 및 계란으로 곧 바로 이행된 후 생체 내 축적된다는 점은 널리 알려진 사실이다. 한편, 이놀린이 지질합성 억제 및 지질분해 촉진 효과를 갖는

Table 4. Haugh unit, egg shell thickness, egg shell breaking and egg yolk color from laying hens fed experimental diets

Items	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>2)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
Haugh unit (HU)	79.38 <sup>b</sup>	88.76 <sup>a</sup>	88.38 <sup>a</sup>	88.74 <sup>a</sup>	1.0824
Egg shell thickness (mm)	0.28 <sup>b</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.0143
Egg shell breaking (kg/cm <sup>2</sup> )	1.71 <sup>b</sup>	2.17 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	0.0522
Egg yolk color (RCF) <sup>3)</sup>	9.46	9.50	9.41	9.48	0.2107

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>PSE: Pooled standard error of mean values.

<sup>3)</sup>Roche egg yolk color fan.

<sup>a,b)</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 5. Cholesterol content of egg yolk from laying hens fed experimental diets

Items	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>2)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
Egg yolk (g)	14.29	14.29	14.53	14.20	0.0369
Total cholesterol					
mg/g of yolk	17.01 <sup>a</sup>	14.45 <sup>b</sup>	14.18 <sup>b</sup>	14.08 <sup>b</sup>	0.0601
mg/60g of egg	243.07 <sup>a</sup>	206.50 <sup>b</sup>	206.04 <sup>b</sup>	199.36 <sup>c</sup>	1.0572

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>PSE: Pooled standard error of mean values.

<sup>a,b)</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

다는 보고[3]는 본 결과를 뒷받침해준다. 계란 포화지방산 조성은 T2, T3, T4가 T1에 비해서 낮았으나 불포화지방산은 그 반대로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). 14:0은 T4, T2, T1, T3 순서로 높게 나타났으나 T2와 T1, T1과 T3 사이의 유의차는 인정되지 않았다. 16:0은 T1, T3, T4, T2 순서로 높게 나타났으나 T3와 T4 사이의 유의차는 인정되지 않았으며 18:0은 T1이 가장 높게 나타났다. 16:1n-7은 T1, T2, T3, T4 순서로 높게 나타났으나 T3와 T4 사이의 유의차는 인정되지 않았다. T1에서 포화지방산인 14:0이 가장 낮았음에도 불구하고 총 포화지방산의 함량이 높게 나타난 점은 T1에서 18:0의 함량이 많았기 때문으로 생각해 볼 수 있다. 이눌로프리바이오틱스 첨가구에서 포화지방산이 낮았고 불포화지방산이 높았던 점은 탄수화물과 이눌린의 생체이용률 및 하부소화관에서 생성된 짧은 사슬지방산의 간문맥을 통해 간으로 유입된 이눌린으로부터 지방산의 생합성 대사와 관련이 있을 것으로 추정해 볼 수 있다[37].

맹장 미생물

산란계 사료 내 고수준의 이눌로프리바이오틱스 첨가가 산란계 맹장 내용물의 미생물변화에 미치는 영향은 Table 7과 같다. 맹장의 유익한 미생물, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*의 성장은 T2, T3, T4가 T1과 비교할 때 자극되었으나 유해한 *Escherichia*, *Salmonella*의 성장은 뚜렷하게 억제되었다 ( $p < 0.05$ ). 이눌로프리바이오틱스 첨가구에서 맹장 내 유익한 미생물 군수가 높았고 유해한 미생물 군수가 낮았던 점은 미세캡슐화에 의해 제조된 이눌로프리바이오틱스가 산란계의 위와 소장을 우회함으로써 이눌린의 분해율과 흡수율이 낮아짐과 동시에 대부분이 맹장으로 이동하게 되고 궁극적으로 맹장에서 용해된 이눌린이 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium*의 성장을 위한 기질로서 더욱더 활용되었을 것으로 생각할 수 있다[16,29]. 프리바이오틱스로서 이눌린, 올리고당 및 올리고당과 관련한 탄수화물은 동물의 소장에서 분해되지 않고 80% 이상이 대장까지 도달하여 유해한 미생물인 *Escherichia*,

Table 6. Fatty acid composition of egg yolk from laying hens fed experimental diets (% of total fatty acid)

Fatty acids	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>2)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
14:0	0.44 <sup>bc</sup>	0.59 <sup>b</sup>	0.35 <sup>c</sup>	0.77 <sup>a</sup>	0.0317
16:0	28.10 <sup>a</sup>	25.71 <sup>c</sup>	26.07 <sup>bc</sup>	26.52 <sup>b</sup>	0.4016
16:1n-7	4.15 <sup>a</sup>	4.31 <sup>a</sup>	4.08 <sup>ab</sup>	3.87 <sup>b</sup>	0.0871
18:0	7.25 <sup>a</sup>	6.03 <sup>b</sup>	5.77 <sup>b</sup>	5.75 <sup>b</sup>	0.0597
18:1n-9	44.66 <sup>c</sup>	46.35 <sup>b</sup>	46.71 <sup>ab</sup>	47.01 <sup>a</sup>	0.4175
18:2n-6	15.40 <sup>c</sup>	17.01 <sup>a</sup>	16.80 <sup>a</sup>	16.08 <sup>b</sup>	0.2190
18:3n-6	- <sup>3)</sup>	-	-	-	-
18:3n-3	-	-	-	-	-
20:1n-9	-	-	-	-	-
20:5n-3	-	-	-	-	-
22:6n-3	-	-	-	-	-
SFA <sup>4)</sup>	35.79 <sup>a</sup>	32.33 <sup>c</sup>	32.19 <sup>c</sup>	33.04 <sup>b</sup>	0.4107
UFA <sup>5)</sup>	64.21 <sup>b</sup>	67.67 <sup>a</sup>	67.81 <sup>a</sup>	66.96 <sup>a</sup>	0.3561

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>PSE: Pooled standard error of mean values.

<sup>3)</sup>Not detected.

<sup>4)</sup>SFA: saturated fatty acid.

<sup>5)</sup>UFA: unsaturated fatty acid.

<sup>a,b,c</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 7. Enumerations of bacteriain the cecum content of laying hens fed experimental diets

(Log<sub>10</sub> CFU/g fresh cecum content)

Items	Groups <sup>1)</sup>				PSE <sup>2)</sup>
	T1	T2	T3	T4	
<i>Bifidobacterium</i>	6.24 <sup>d</sup>	9.02 <sup>a</sup>	8.71 <sup>b</sup>	7.38 <sup>c</sup>	0.2043
<i>Lactobacillus</i>	6.33 <sup>c</sup>	7.83 <sup>a</sup>	6.90 <sup>b</sup>	7.77 <sup>a</sup>	0.3561
<i>Escherichia</i>	9.97 <sup>a</sup>	6.85 <sup>d</sup>	8.17 <sup>b</sup>	7.69 <sup>c</sup>	0.3014
<i>Salmonella</i>	9.44 <sup>a</sup>	7.13 <sup>b</sup>	6.85 <sup>c</sup>	6.03 <sup>d</sup>	0.3071

<sup>1)</sup>T1: control, T2: INP (inuloprebiotics) 450 ppm, T3: INP 600 ppm, T4: INP 750 ppm.

<sup>2)</sup>PSE: Pooled standard error of mean values.

<sup>a,b,c,d</sup>Mean values within a same row with unlike superscript letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

*Salmonella*와 *Campylobacter*의 균수를 낮추고 유익한 *Bifidobacterium*의 선택적인 증식을 높이는 비피더스균 활성효과를 갖는 것으로 알려져 있다[14,15]. Park [29]과 Rada 등[32]은 브로일러 및 산란계에게 이눌린을 급여하였을 때 맹장의 *Bifidobacterium*에 있어서 유의적인 증가를 보고하여 본 결과를 지지해준다. 소화관에서 미생물의 중요성은 장 상피세포에 필요한 에너지를 공급해주는 발효산물의 합성에 있어서 장 미생물의 역할, 소화관 면역체계의 자극, 비타민 K의 합성 그리고 외인성 병원성 세균의 균락화에 대한 저항성을 나타내는 것이다[39]. *Lactobacillus*와 *Bifido bacterium*은 동물의 건강에서 유익한 미생물로서 잘 알려져 있으며 *Escherichia*, *Clostridium perfringens*와 같은 기타 미생물은 유해할 수 있다[6]. *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*의 장 내 균총은 영양소와 장 부착 부위에 대하여 잠재적인 병원체와 경쟁하고 있기 때문에 장 내 병원균의 집단을 낮추고, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*는 *Escherichia*에 대하여 활성적인 물질인 박테리오신(bacteriocin)을 분비하며 *Bifidobacterium*은 유기산과 기타 미생물에 대한 기질을 생성한다. *Lactobacillus*의 발효로부터 생성된 대부분의 유기산은 젖산과 초산이다. 이러한 모든 기질은 병원균에 의한 장 균락화를 억압할 수 있다[35,42,45]. 이눌로프라이오티스 첨가구에서 나타난 맹장 *Escherichia*, *Salmonella* 균수가 유의하게 낮아진 이유는 바로 이러한 기질의 일부라고 생각할 수 있다. Xu 등[44]은 브로일러에게 프럭토올리고당을 함유하는 사료를 급여했을 때, 프럭토올리고당 첨가구의 맹장 내용물에서 총혐기성균과 *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* 균수는 유의하게 증가하였으나 *Escherichia* 균수는 유의하게 감소를 나타냈다고 하였으며 본 결과는 이들의 보고와 맥락을 같이하고 있다. 닭에서 *Salmonella* 균락화의 주요 장소는 맹장이며 *Salmonella*는 병아리에서 설사 및 심각한 체중 손실과 같은 살모넬라 감염증을 일으킨다는 점은 널리 알려져 있는 사실이다[29]. 이눌로프라이오티스 첨가구에서 *Escherichia*와 *Salmonella*가 낮아진 점은 맹장 내 존재하는 *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*가 유의하게 높아진 점 그리고 이눌린이 지닌 강력한 항균활성 작용에 기인한 것으로 볼 수 있다[1,29]. 본 연구결과 이눌로프라이오티스를 섭취한 산란계의 맹장 내용물에서 건강을 증진시키는 *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* 균의 성장을 선택적으로 자극하는 효과가 나타났으며 유해한 병원체 *Escherichia*, *Salmonella*의 증식을 억제하는 사실을 발견하였다. 따라서, 이눌로프라이오티스가 동물의 설사를 예방하고 성장을 촉진할 수 있는 항균성장촉진제로서 잠재성을 갖는 것으로 판단되며 경제성을 고려한 이눌로프라이오티스의 적정 첨가수준 결정을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

### 감사의 글

본 연구는 태화사초사료(주)의 연구비로 수행되었으며 동

물실험에 도움을 준 강원대학교 동물자원공동연구소에 감사드립니다.

### References

- Ahn, J., Grun, I. U. and Mustapha, A. 2007. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiol.* **24**, 7-14.
- Azorin-Ortuno, M., Urban, C. C., Ceron, J. J., Tecles, F., Allende, A. and Barberan, F. A. 2009. Effect of low inulin doses with different polymerisation degree on lipid metabolism, mineral absorption, and intestinal microbiota in rats with fat-supplemented diet. *Food Chem.* **113**, 1058-1065.
- Causey, J. L., Xin-chua, Y., Tunland, B. C., Feirtag, J. M., Gallaher, D. G. and Slavin, J. L. 2000. Effect of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutr. Res.* **20**, 191-201.
- Close, B., Banister, K., Baumans, V., Bernoth, E. M., Bromage, N., Bunyan, J., Erhardt, W., Flecknell, P., Gregory, N., Hackbarth, H., Morton, D. and Warwick, C. 1997. Recommendations for euthanasia of experimental animals, Part 2. *Lab Anim* **31**, 1-32.
- Delzenne, N. M. and Kok, N. 1999. Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. *J. Nutr.* **129**, 14675-14705.
- Devaraj, S., Vega-Lopez, S., Kaul, N., Schonlau, F., Rohdewald, P. and Jialal, I. 2002. Supplementation with a pine bark extract rich in polyphenols increases plasma antioxidant capacity and alters the plasma lipoprotein profile. *Lipids* **37**, 931-934.
- Dorotea, L. M. and Maris, D. N. M. 2005. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry* **66**, 1476-1484.
- Fernandez, F., Hinton, M. and van Gils, B. 2002. Dietary annan-oligosaccharides and their effect on chicken caecal microflora in relation to *Salmonella Enteritidis* colonization. *Avian Pathol.* **31**, 49-58.
- Fiordaliso, M. F., Kok, N., Desager, J. P., Goethals, F., Deboyser, D., Roberfroid, M. and Delzenne, N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoprotein of rats. *Lipids* **30**, 163-167.
- Folch, L., Lees, M. and Sloane-Stanley, S. H. A. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-507.
- French, A. D. 1989. Chemical and physical properties of fructans. *Plant Physiol.* **134**, 125-136.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* **66**, 365-378.
- Gibson, G. R. and Rastall, R. A. 2006. Prebiotics: Development and application. John Wiley and Sons, Ltd., USA.
- Gibson, G. R., Bead, E. R., Wang, X. and Cummings, J. H. 1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* **108**,

- 975-982.
15. Gibson, G. R. and Wang, X. 1994. Bifidogenic properties of different types of fructooligosaccharides. *Food Microbiol.* **11**, 491-498.
  16. Gong, J., Forster, R. J., Yu, H., Chambers, J. R., Sabour, P. M., Wheatcroft, R. and 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.
  17. Isolauri, E., Sutas, Y., Kankaanpää, P., Arvilommi, H. and Salminen, S. 2001. Probiotics: Effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.* **73**, 444S-450S.
  18. Kim, M. and Shin, H. K. 1998. The water soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentrations, cecal short chain fatty acid concentrations and fecal lipid excretion in rats. *J. Nutr.* **128**, 1731-1736.
  19. Lesson, S. and Summers, F. D. 1991. Commercial poultry nutrition. Canada NIH 6N8. 77-148.
  20. Lopez, H. W., Courdray, C., Ballanger, J., Younes, H., Demigne, C. and Rimsby, C. 1998. Intestinal fermentation lessens the inhibitory effects of phytic acid on mineral utilization in rats. *J. Nutr.* **128**, 1192-1198.
  21. Mitsuoka, T. 1990. Bifidobacteria and their role in human health. *J. Induct. Micro* **6**, 263-268.
  22. Modler, H. W., McKellar, R. C. and Yaguchi, M. 1990. Bifidobacteria and bifidogenic factors- review. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* **23**, 29-41.
  23. Morrison, W. R. and Smith, L. M. 1967. Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron fluoride methanol. *J. Lipid Res.* **5**, 600-608.
  24. Munoa, F. J. and Pares, R. 1988. Selective medium for isolation and enumeration of bifidobacterium SPP. *App Environ. Microbiol.* **54**, 1715-1718.
  25. Naeemi, E. D., Ahmid, N., Al-Sharrah, T. K. and Behbahani, M. 1995. Rapid and simple method for determination of cholesterol in processed food. *J. AOAC Int.* **78**, 1522-1525.
  26. National Research Council. 1994. Nutrients requirements of poultry. 9th rev. National Academy Press, Washington DC.
  27. Park, S. O. and Park, B. S. 2011a. Effect of dietary micro-encapsulated-inulin on carcass characteristics and growth performance in broiler chickens. *J. Anim. Vet. Adv.* **10**, 1342-1349.
  28. Park, S. O. and Park, B. S. 2011b. Influence of inuloprebiotic supplementation of the diets of broiler chickens on shelf-life and quality characteristics of meat. *J. Anim. Vet. Adv.* **10**, 1336-1341.
  29. Park, B. S. 2008. Bifidogenic effects of inuloprebiotics in broiler chickens. *J. Life Sci.* **18**, 1693-1699.
  30. Park, B. S. and Son, D. H. 2008. Feed composition for replacing antibiotic comprising inulin originated from Jerusalem artichoke. WIPO Patent Application WO/2008/075878.
  31. Patterson, J. A. and Burkholder, K. M. 2003. Application of prebiotics in poultry production. *Poult. Sci.* **82**, 627-631.
  32. Rada, V., Duskova, D., Marounek, M. and Petr, J. 2001. Enrichment of Bifidobacteria in the hen caeca by dietary inulin. *Folia Microbiol.* **46**, 73-75.
  33. Rehman, H., Hellweg, P., Taras, D. and Zentek, J. 2008. Effects of dietary inulin on the intestinal short chain fatty acids and microbial ecology in broiler chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis. *Poult. Sci.* **87**, 783-789.
  34. Roberfroid, M. B. 1993. Dietary fiber, inulin, and oligo-fructose: a review comparing their physiological effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **33**, 103-148.
  35. Rolfe, R. D. 2002. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *J. Nutr.* **130**, 396S-402S.
  36. SAS. 2004. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Version 8th Ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
  37. Scheppach, W. 1994. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. *Gut. Suppl.* **1**, 535-538.
  38. Swanson, J. C. 2008. The ethical aspects of regulating production. *Poult. Sci.* **87**, 373-379.
  39. Tako, E., Glahn, R. P., Welch, R. M., Lei, X., Yasuda, K. and Miller, D. D. 2008. Dietary inulin affects the expression of intestinal enterocyte iron transporters, receptors and storage protein and alters the microbiota in the pig intestine. *Brit. J. Nutr.* **99**, 472-480.
  40. Turnidge, J. 2004. Antibiotic use in animals-prejudices, perceptions and realities. *J. Antimicrob. Chemother.* **53**, 26-27.
  41. Van Poppel, G. and Schaafsma, G. 1996. Cholesterol lowering by a functional yoghurt. *Proc. Food Inbred Europe* 31-32.
  42. Wolever, T., Spadafora, P., Cunnane, S. and Pencharz, P. 1995. Propionate inhibits incorporation of colonic [1,2-<sup>13</sup>C]acetate into plasma lipids in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* **61**, 1241-1247.
  43. Yamashita, K., Kawai, K. and Itakura, J. 1984. Effects of fructo-oligosaccharides on blood glucose and serum lipids in diabetic subjects. *Nutr. Res.* **4**, 961-966.
  44. Xu, Z. R., Hu, C. H., Xia, M. S. and Zhan, X. A. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci.* **82**, 1030-1036.
  45. Zhang, W. F., Li, D. F., Lu, W. Q. and Yi, G. F. 2003. Effects of isomalto-oligosaccharides on broiler performance and intestinal microflora. *Poult. Sci.* **82**, 657-663.
  46. Zsolt, Z., Jaroslav, H., Marianna, T. M., Eva, H., Kateřina, S., Ferenc, H., Milada, P., Jana, C. and Anna, H. 2011. Sensorically and antimicrobially active metabolite production of Lactobacillus strains on Jerusalem artichoke juice. *J. Sci. Food Agric.* **91**, 672-679.



초록 : 이눌로프리바이오틱스의 급여가 산란계의 혈액지질, 맹장 미생물, 계란 생산성에 미치는 효과

박상오 · 박병성\*

(강원대학교 동물생명공학과)

본 연구는 산란계 사료 내 항균성장촉진제로써 돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.)로부터 추출, 제조한 이눌로프리바이오틱스(Inuloprebiotics, INP)의 고수준 첨가가 산란능력 및 계란품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다. 29주령의 갈색산란계(Hyline brown) 320마리를 이용하여 처리구당 80마리씩 개체별, 반복구로 나누어서 완전임의 배치한 후 10주 동안 실험사료를 급여하였다. 실험처리구는 T1 (무첨가 대조군), T2 (INP 450 ppm 첨가군), T3 (INP 600 ppm 첨가군) 및 T4 (INP 750 ppm 첨가군)로 구분하였다. 산란율, 난중, 사료섭취량 및 계란의 호우유니트, 난각두께, 파란강도는 T1과 비교할 때 T2, T3, T4가 유의하게 높았으나( $p < 0.05$ ) T2, T3, T4 사이의 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 계란의 콜레스테롤은 T1이 가장 높았고 T4, T3, T2 순서로 이눌로프리바이오틱스 첨가구에서 15.04-17.98%까지 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ). 계란 포화지방산 조성은 T2, T3, T4가 T1에 비해서 낮았으나 불포화지방산은 그 반대로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). 혈액 중성지방 및 총콜레스테롤은 T1과 비교할 때 T2, T3, T4에서 21.71-24.07% 및 27.17-30.36%로 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ). 맹장의 유익한 미생물, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*의 성장은 T2, T3, T4가 T1과 비교할 때 자극되었으나 유해한 *Escherichia*, *Salmonella*의 성장은 뚜렷하게 억제되었다( $p < 0.05$ ). 본 연구결과는 이눌로프리바이오틱스 450 ppm을 산란계 사료 내 첨가해주면 산란성적 및 계란품질을 향상시킬 수 있음을 시사해준다.