

4. 비육돈과 육계에서 Cr-picolinate 첨가가 성장, 영양소 소화율 및 도체특성에 미치는 영향

가. 서론

크롬은 미량광물질중에서 그간 중독광물질로만 취급되어 왔으나, 근래 그 중요성이 밝혀지면서 이제 사람과 가축의 영양에서 필수 미량광물질로 구분되고 있다. Cr 은 insulin 이 체세포내에서 적절한 역할을 수행할 수 있도록 하는데 필요하다(인슐린 보조인자). 즉, Cr 은 glucose tolerance factor(GTF)의 중요구성 성분임이 밝혀진 이후 Cr 의 중요성에 대한 연구만이 보고되고 있다(Anderson, 1987, 1988; Offenbacher 와 Pi-Sunyer, 1988). GTF 란 포도당 내성에 영향을 주는 인자로서 정상적인 탄수화물 대사와 지방대사에 중요한 역할을 수행하며 흰쥐에 Cr 이 결핍되면 glucose tolerance 에 심각한 손상을 초래한다(Mertz, 1969; Schroeder, 1965). Cr 은 nucleic acid 의 구조를 안정화시키는 역할 이외에도 insulin 의 기능을 강화시키는 GTF 의 주성분이라는 중요한 생리적 기능을 갖고 있다. 이외에도 콜레스테롤의 항상성 유지, HDL 콜레스테롤의 증가, glucose 와 아미노산의 세포내 흡수 촉진 및 면역기능을 강화시킬 수 있는 능력을 갖고 있는 중요한 물질이다.

브로일러 및 돼지에 Cr 을 첨가하였을 경우 증체량과 사료효율이 높아지며 체내에서 단백질 합성, 핵산 및 지질대사와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져

있다(Anderson, 1987; Page 등, 1993). 그러나, Cr 은 가축사료에 상당량 함유되어 있으나 이 물질은 흡수율이 매우 낮다는데 문제점이 있다. 따라서, 유기태로 chelate 형태의 미량광물질의 역할에 대한 관심이 증가하고 있다. 이것은 적정 조건하에서 금속염과 유기태 물질을 반응시키면 chelate 금속이온이 함유된 복합체를 형성하게 된다(Hynes 와 Kelly, 1995). Cr 의 흡수와 이용은 유기 화합물에 의하여 이용성을 높일 수 있으며(Mertz, 1969; Votava 등, 1973), 그러한 유기태 물질로서 picolinate 가 이상적(Evans 와 Johnson, 1980)이라 하였다. 따라서, Cr 과 picolinate (ligand 로서 역할 수행)를 화학결합(chelation) 시킴으로서 chromium picolinate 라는 물질을 개발하게 되었으며 이 물질은 생물학적 이용율이 높고 가축사료에 첨가시 사료섭취량, 성장률 및 사료이용율이 향상되는 등 생물학적 이용성이 높은 것(Mertz 와 Roginski, 1969)은 물론이고 내당력에 미치는 영향(Schwartz 와 Mertz, 1959), insulin 수용체와 결합 반응(Mertz, 1969), 아미노산 섭취율 향상(Weser 와 Koolman, 1969), 단백질 합성 증진(Okada, 1983), 지방대사의 조절(Riales 와 Albrink, 1981) 및 혈중 콜레스테롤 함량 저하(Page, 1993) 등 체내에서 복합적으로 효과적인 역할을 수행한다.

근래 크롬피콜리네이트에 관한 연구는 세계적으로 지속으로 수행되어오고 있으나 그 효과는 일정하지 못하며, 콜레스테롤 변화에 관한 연구는 아직 부족하다. 따라서, 본 연구는 Cr-picolinate 을 첨가했을 때 육계와 비육돈의 성장률, 영양소소화율 및 육질에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험동물 및 시험사료

① 실험 1

시험동물은 평균 체중이 $82.64 \pm 1.56\text{Kg}$ 되는 삼원교잡종(L×Y×D) 육성돈 78 두 (2 처리 3 반복으로 반복당 13 두)를 공시하여 완전임의 배치하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of basal diets for finishing pigs

Ingredient(%)	%
Corn	68.12
SBM(44%)	21.08
Rice bran	2.42
Animal fat	3.00
Molasses	3.00
Limestone	1.57
TCP	0.30
Salt	0.30
Vitamin premix*	0.10
Mineral premix*	0.10
L-Lysine	0.01
Total	100.00

Chemical composition	
ME, kcal/kg	3300
CP	15.00
Lys	0.82
Met + Cys	0.71
Ca	0.75
Av. P	0.35

* Exceeded NRC(1998) requirements.

기초시험사료는 ME 3,300kcal/kg, CP 15% 되도록 배합하였다(Table 1). 돼지는 돈방 크기 5.0×3.5m 에 수용하였으며, 바닥은 절반이 슬랫바닥인 돈방에서 돼지를 5 주간 사육하였고 사료와 물은 자유채식시켰다. 사양실험 후 평균체중이 105.31±2.30kg 인 거세돈 6 두(처리당 3 두)를 선택하여 도체성상을 평가하였다. 혈액을 채취하여 코레스테롤함량을 측정하였으며, 또한 돈육샘플(*M. Longissimus Dorsi*)을 취하여 폴리에틸렌 비닐로 봉하여 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)와 drip loss 를 측정하기 위해 2℃ 냉장고에서 보관하였다.

영양소소화율을 측정하기 위해 시험사료 급여 4 주차에 불소화 지시제 Cr₂O₃ 을 0.25%로 첨가하였다. 분채취는 지시제를 첨가한 사료를 5 일 급여후에 각 돈방에서 채취하였다. 분석을 위해 60℃ 열풍건조기에서 72 시간 건조하였다.

② 실험 2

본 실험은 Cr-picolinate(Cr-P)을 육계사료에 첨가하여 급여했을 때 성장 및 영양소소화율에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였으며, 기초사료는 옥수수-대두박 위주로 후기 2 주는 대사에너지 3,200kcal/kg, 단백질 19%가 되도록 배합하였다(Table 2).

Table 2. Formula and chemical composition of basal diets in broiler

Ingredient(%)	StarterFinisher	
Corn	58.93	61.30
SBM(%)	28.56	24.80
Fish meal	1.40	3.00
Corn gluten	5.00	4.44
Animal fat	4.00	3.63
DCP	0.74	1.09
Limestone	0.89	1.14
Methionine	0.08	0.05
Salt	0.10	0.25
Trace mineral premix*	0.10	0.10
Vitamin premix*	0.10	0.10
Lysine	0.05	0.05
Choline	0.05	0.05

Total	100.00	100.00
Chemical composition, %		
ME, kcal/kg	3,200	3,200
CP	21.00	19.00
Lys.	1.15	1.00
Met.+ Cys.	0.90	0.72
Ca	0.90	0.90
Av. P	0.35	0.30

* Exceeded NRC(1994) requirements.

공시동물로는 브로일러 144 수(6 처리 3 반복, 반복당 8 수)를 사용하였다. 시험구는 체중을 측정하여 처리간 체중이 비슷하게 배치하였다. 대조구는 Cr-P 0ppb, 2 처리구는 Cr-P 100ppb, 3 처리구는 Cr-P 200ppb, 4 처리구는 Cr-P 400ppb 를 첨가하여 급여하였다.

2) 사양관리 및 조사항목

① 실험 1. 비육돈

사양관리는 일반농장의 관행법에 준하여 실시하였다. 사료와 물은 자유채식시켰다. 사양성적(ADG, ADFI, FCR)을 조사하였으며, 혈중

코레스테롤함량을 측정하였으며, 지육의 특성, 고기의 저장중 품질변화도 동시에 측정하였다.

② 실험 2. 육계

육계의 사양관리는 일반농장의 관행법에 준하여 실시하였으며, 물과 사료는 자유채식할 수 있게 하였다. 시험기간에 체중은 매주 일정시각에 측정하였고, 사료섭취량은 체중 측정 직전에 반복별로 사료잔량을 측정하여 산출하였다. 사료요구율은 총사료섭취량을 총증체량으로 나누어서 계산하였다.

영양소 소화율 측정을 위해서 간접측정법으로 시험사료에 불소화제 지시제인 크롬(Cr_2O_3)을 배합사료에 0.25%를 첨가하여 4 주차에 급여하고, 4 일간 적응기간을 두고 5 일째부터 분을 채취하였다. 채취한 분은 열풍건조기를 이용하여 60℃에서 3 일간 건조시켜 분석시료로 사용하였다. 도체분석을 실시하였으며, 계육중의 코레스테롤함량을 측정하였다.

3) 시료 및 통계분석

시험사료와 분의 일반성분은 AOAC(1990)방법을 기준으로 분석하였다. 에너지는 산소 열량측정계(oxygen bomb calorimeter, Model 1261 parr Instrument Co. Molin,

IL)로 측정하였으며, 인과 크롬은 분광계(spectrophotometer, Jasco V-550)를 이용하여 측정하였다.

돈육의 색깔측정은 NPPC(1991)에서 제공하는 카드를 이용하여 측정하였고, color difference meter(Yasuda Seiko Co, CR-310, Minolta, Japan)를 사용하여 균일하고 평평하게 펼친 세절육 표면을 CIE L*(명도; lightness), a*(적색도; redness), b*(황색도; yellowness)값을 측정하였다. 색깔의 측정에 사용된 표준판의 색도값은 Y=93.7, X=0.3129, Y=0.3194 이었다. 코레스테롤은 키트를 활용하였다.

TBARS 는 Sinnhuber 와 Yu(1977)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 시험관내에 세절육 0.4g 을 정확히 정량하여 항산화제 용액(propylene glycol + warm Tween + BHT + BHA) 2-3 방울, TBA 용액 3ml, TCA-HCL 17ml 를 넣고 vortex 에서 2-3 초간 혼합하였다. 시험관의 마개를 닫고 100℃ 이상의 물에서 30 분간 가열한 후에 냉각하였다. 마개를 열고 5ml 의 반응액을 새 시험관에 옮기고 여기에 chloroform 2ml 를 넣은 다음 3000rpm 에서 15 분간 원심분리시켜 상등액을 532nm 에서 흡광도를 측정하였다. 최종 TBARS 의 계산은 시료 kg 당 반응물 mg 으로 계산하였다.

$$\text{TBARS}(\text{mg malonaldehyde/kg sample}) =$$

As : Absorbance of sample

Ab : Absorbance of blank

Drip loss 는 시료의 중량을 $100\pm 4\text{g}$ 되게 일정한 모양으로 절단하여 polypropylene bag 에 넣어 2°C 냉장고에 저장하여 5 일과 10 일 후에 발생한 drip loss 을 시료중량에 대한 drip loss 로 산출하였다(Kim 등, 1997).

모든 실험분석 데이터들은 SAS(1985)의 GLM 절차에 따라 분산분석법을 실시하였으며, 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan 의 다중검정법(Snedecor 와 Cochran, 1980)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

다. 결과

Table 3 은 Cr-P 를 첨가했을 때 비육돈의 사양성적을 보여주고 있다. 비육돈의 사양성적을 살펴보면, 0~5 주간의 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율이 Cr-P 를 200ppb 로 첨가로 개선되는 효과가 없었다($p>0.05$). 비록 유의적인 차이는 없었지만 일당증체량은 2.5%, 사료요구율은 3.1% 개선되었다.

Table 3. Growth performance of finishing pigs as affected by the addition of Cr-picolinate

	Cr-P, ppb		SE
	0	200	
ADG	722	740	94.92
ADFI	2520	2508	294.75
F/G	3.51	3.40	0.26

Table 4 에서 육계의 사양성적을 살펴보면, 전기에서는 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서 아무런 차이가 없었다($p>0.05$). 그러나 후기에서는 사료섭취량에서만 유의적인 차이가 있었는데, 사료섭취량은 Cr-P 를 400ppb 로 첨가한 구가 대조구에 비해 유의적으로 높았다($p<0.05$). 4 주 전기간에서는 사양성적에서 유의적인 차이가 없었다.

Table 4. Growth performance of broiler chicks as affected by the addition levels of Cr-picolinate

	Cr-P, ppb				SE
	0	100	200	400	
Starter					
Weight gain, g	570	586	597	595	41.41
Feed intake, g	1,023	1,016	1,020	1,036	60.57
F/G	1.80	1.74	1.71	1.74	0.08
Finisher					

Weight gain, g	473	479	504	483	45.95
Feed intake, g	1,053 ^c	1,074 ^{bc}	1,087 ^{ab}	1,104 ^a	100.44
F/G	1.87	1.74	1.71	1.72	0.16
Overall					
Weight gain, g	521	533	551	539	40.30
Feed intake, g	1,038	1,045	1,053	1,070	41.87
F/G	2.00	1.97	1.92	1.98	0.11

^{ab} Values with different superscripts of the same row are significantly differ (p<0.05).

Table 5. Nutrient digestibility of broiler chicks as affected by the addition levels of Cr-picolinate

	Cr-P, ppb				SE
	0	100	200	400	
DM	90.91	87.84	89.05	84.32	6.00
GE	87.07	85.76	86.90	85.24	1.69
CP	74.91	72.06	74.62	73.60	2.49
EE	91.56	90.89	92.73	92.32	1.47
Ash	58.22	56.92	56.62	56.07	3.31

Ca 50.87 53.35 54.87 55.80 12.52

p 61.63 60.79 61.69 58.01 4.33

Table 5 는 Cr-P 의 첨가수준에 따른 영양소소화율이다. 영양소소화율은 처리에 따른 건물, 에너지, 단백질, 지방, 회분, 칼슘 및 인의 소화율에서는 유의성이 없었다($p>0.05$).

Table 6. Internal organs weight of broiler chicks as affected by the addition

	levels of Cr-picolinate				
	Cr-P, ppb				SE
	0	100	200	400	
Liver	57.56	58.67	56.01	54.34	7.31
Proventriculus	3.57	4.12	2.94	3.43	1.17
Gizzard	30.21	29.34	31.86	29.60	4.90
Crop	7.44	7.17	8.59	7.82	1.69
Kidneys	16.70	15.79	15.78	17.77	2.63
Abdominal fat	62.56	60.73	60.33	57.77	9.83

Table 6 는 내장무게를 측정한 결과인데 처리에 대한 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$).

계육 내의 콜레스테롤 측정결과는 table 7 에서 볼 수가 있다. 수컷의 콜레스테롤 함량은 크롬 피콜리네이트를 400ppb 로 첨가했을 때가 대조구보다 낮았다($p<0.05$). 이와 마찬가지로 암컷의 콜레스테롤 함량도 같은 경향을 보이고 있다($p<0.05$). 그러나 수컷과 암컷의 콜레스테롤 함량을 보면 암컷이 대체적으로 높다라는 것을 볼 수가 있다.

Table 7. Cholesterol contents broiler meat as affected by chromium picolinate

	Cr-P, ppb				SE
	0	100	200	400	
Cholesterol, mg/g					
Male	1.32 ^a	1.27 ^a	1.13 ^a	0.87 ^b	0.28
Female	1.76 ^a	1.37 ^{ab}	1.18 ^{ab}	0.96 ^b	0.42

^{ab} Values with different superscripts of the same row are significantly differ ($p<0.05$).

Table 8. Carcass performance and cholesterol in serum of finishing pigs as affected by the addition of Cr-picolinate

	Cr-P, ppb		se
	0	200	
Dressing(%)	72.32	75.39	4.54
Backfat(10th rib, mm)	26.50	25.20	2.81

Loin eye area(Cm ²)	45.37 ^b	47.16 ^a	1.07
Fat free lean index(%)	50.91	51.77	1.23
Color, D 0	1.17	1.33	0.32
Marbling, D 0	1.50	2.17	0.58
Serum cholesterol, mg/dℓ			
Total	98.92 ^a	84.63 ^b	9.59
HDL	32.18	32.69	5.11
LDL	66.74 ^a	51.94 ^b	9.70

^{ab} Values with different superscripts of the same row are significantly differ (p<0.05).

Table 8 은 도체성 적의 결과이다. 도체성 적에 지육율, 등지방두께 그리고 무지방살코기율에서는 유의적인 차이가 없었지만(p>0.05), 배장근 단면적의 경우에는 Cr-P 를 200ppb 를 첨가했을 때 좋은 결과가 나왔다(p<0.05) Marbling 의 경우는 Cr-P 를 200ppb 를 첨가한 것이 무첨가구에 비해 높게 나타났다. 도체성 적에도 Cr-P 가 큰 효과가 없었다.

Table 9 는 돈육의 품질에 미치는 영향을 알아보고자 TBARS, drip loss 및 pork color 를 측정한 결과이다. TBARS 경우는 처리 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. 5 일차에서 Cr-P 200ppb 첨가구가 다소 그 수치가 높았지만 유의적인 차이가 없었다. 그리고 drip loss 는 Cr-P 200ppb 첨가구가 적었다. 색차계를 이용한 육색의 결과를 살펴보면 명도는 저장시간이 길수록 밝아지는 것을

불수가 있지만 처리에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그리고 적색도는 0 일차에서는 유의적인 차이가 없었지만 5 일차에서는 Cr-P 200ppb 첨가구가 유의적으로 더 붉은 색을 띄었다($p<0.05$). 황색도는 0 일차와 5 일차에서 대조구가 처리구에 비해 황색을 띄고 있다($p<0.05$).

Table 9. Pork quality of finishing pigs as affected by the addition of Cr-picolinate

		Cr-P, ppb		SE
		0	200	
TBARS (mg/kg)				
	D 0	0.83	0.76	0.30
	D 5	3.20	3.63	0.45
Drip loss(%)				
	D 5	10.83	8.83	1.35
Pork color				
L	D 0	55.31	54.74	1.39
	D 5	57.59	56.87	1.20
a	D 0	16.50	16.79	0.83
	D 5	13.10 ^a	13.76 ^b	0.82
b	D 0	9.33 ^a	8.21 ^b	0.71
	D 5	10.57 ^a	9.77 ^b	0.77

^{ab} Values with different superscripts of the same row are significantly differ (p<0.05).

이러한 결과로 Cr-P 가 사양성적, 도체성적에서는 효과가 없고, 육질의 색깔의 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary. NC.
- Sinnhubber, R. O. and T. C. Yu. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative determination occurring in fats and oils. J. Jan. Soc. Fish Sci. 26:259-267.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran, 1980. Statistical Methods (7th ed). Iowa State University Press. Ames, IA.