

미역부산물의 첨가가 홀스타인 비유우의 비유성적과 내분비생리에 미치는 영향

이흥구*,홍중산*,이철호*,허성웅*,김 훈*,김명국*,이현준**,최낙진**,고태송***,최윤재*
서울대학교 농생명공학부*, 농촌진흥청 축산기술연구소**, 건국대학교 축산대학***

Effect of Brown Seaweed Waste Supplementation on Lactational Performance and Endocrine Physiology in Holstein Lactating Cows

H. G. Lee*, Z. S. Hong*, Z. H. Li*, C. X. XU*, X. Jin*, M. G. Jin*, H. J. Lee**, N. J. Choi**,
T. S. Koh*** and Y. J. Choi*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University*,
National Livestock Research Institute, R.D.A**, Animal Husbandry, Konkuk University***

ABSTRACT

This study was conducted to investigate effects of the brown seaweed waste(BSW) supplementation on milk production and related endocrine response in serum in Holstein dairy cows.

A total of 14 Holstein dairy cows(initial mean live weight 625kg, average lactation days 225, Reproduction 2.4) were randomly allocated into control(basal diet) and treatment groups (4 % BSW/basal diet) with 7 replications for 90 days. Dry matter intake was not affected by brown seaweed waste supplementation, but daily milk yield(kg) at the last experiment significantly increased (6.25 kg) in treatment group compared with control group(p<0.05) at the last experiment. The plasma insulin-like growth factor(IGF)-1, triiodothyronine(T₃) and thyroxine(T₄) levels were significantly increased in treatment group compared with control group(p<0.05), although the concentration of plasma growth hormone(GH) was not significantly different. Milk composition was not significantly different between groups. The somatic cell count(SCC) in milk were significantly reduced in treatment group compared with control group(p<0.05), but antibodies(total IgG, G1, G2) were not significantly different between groups.

Therefore we strongly believe that the increased milk yield is related to metabolic hormones as IGF-1, T₃ and T₄ and the mechanism of reducing SCC in milk must do more study related nonspecific immunosystem in the future.

(Key words : Brown seaweed waste, Milk yield, IGF-1, T₃, T₄, Dairy cows)

I. 서 론

미역은 대표적인 갈조류로서 2000년 기준으로 양식수산물 생산량의 33%와 양식해조류의 57%를 차지하고 있을 정도로 산후조리를 위함은 물론 일상 식단에서도 없어서는 안 될 중요

한 식자원 중의 하나이다(강, 2001).

이처럼 우리 식문화에 중요한 미역에는 다당류인 알긴산이 풍부하여 콜레스테롤의 흡수를 억제(Keys 등, 1961; Tsuji 등, 1968, 1977; Kimura 등, 1996)하고 중금속을 흡착하여 배출시키며 동맥경화를 예방하는 작용이 있는 것이

Corresponding author : Choi, Yun Jaie, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University Seoul, 151-742, Tel : 02-880-4807, Fax : 02-875-7340, E-mail : cyjcow@snu.ac.kr

증명되었으며, 미역중의 산성 수용성다당류인 Fucoidan은 Thrombin과 Factor Xa, u-PA(plasminogen activator)와 t-PA의 생성을 증가시켜 항혈액응고 작용(Nishino 등, 1999, 2000), 항종양항암활성(Yamamoto 등, 1984; Zhuang 등, 1995), 항산화효과 (Allen 등, 2001)가 있음이 확인되었다. 아울러 미역 중에 다량 함유된 다당류의 일종인 Alginates가 효소에 의해 분해된 Alginate oligomer가 Cytokine의 분비 증가(Iwamoto 등, 2003)와 아연의 Bioavailability를 개선시킴(Yonekura와 Suzuki, 2003)으로 체내 면역시스템 활성화에도 직·간접적으로 기여되어질 수 있다.

특히, 미역 중에는 광물질이 다량 함유되어 있는데 이중 다른 식품보다 요오드(I) 및 칼슘 함량이 특히 높다. I는 Thyroxine(T₄)과 Triiodothyronine(T₃)의 합성에 필수며(Sethi와 Kapil, 2004.) 갑상선 호르몬은 소화관으로부터 포도당 흡수율을 증가시키고 세포에서의 포도당이용률 및 단백질의 동화작용과 이화작용을 함께 증가시키며 지방대사도 촉진시키는 작용 등 여러 가지 기능을 가지고 있어 유선발달과 비유에 관여한다(Hadley, 1996). Pattanaik 등(2001)이 산양의 기초사료에 일일두당 요오드를 0.05 mg과 0.075 mg을 투여하였을 때 T₃와 T₄ 모두 증가하는 양상을 나타내었다. 아울러 미역중 칼슘은 일반식품에 함유된 무기태 칼슘보다 소장 내 흡수율이 높은 유기태 Ca 함량이 높다. 이러한 Ca는 체내 호르몬 분비 및 조절에 중요한 광물질로 호르몬 Receptor-mediated transmembrane signalling에 중요한 역할을 한다(Hadley, 1996). 비유축진과 밀접한 관련성이 있는 것으로 알려져 있는 뇌하수체 전엽의 Growth Hormone(GH)은 시상하부의 GH-releasing hormone에 의하여 분비가 유기되어진다(Hadley, 1996). 아울러 직접적인 유선상피세포에서의 유성분합성 등 유합성축진에 직접적으로 관여하고 있는 호르몬으로 알려져 있는 Insulin-like Growth Factor (IGF-1)는 주로 간에서 분비되어 혈액을 통하여 유선조직에 이동하여 작용하거나 GH에 의하여 유선에서도 직접 발현하는 호르몬으로 비유와 밀접한 관련성을 보이고 있다(Cohick, 1998). 일

반적으로 IGF-1은 GH의 직접적인 작용에 의하여 분비가 조절되어지지만 말초조직에서의 GH/IGF-1 axis는 영양상태가 중요한 조절인자이며 여러 연구자를 통하여 보고되고 있다(Thissen 등, 1994; Lee 등, 2000; 2005). 한편 T₃ 와 T₄ 또한 GH에 의한 간에서의 IGF-1 분비를 증가시키는 것으로 보고된 바(Wolf 등, 1989; Tollet 등, 1990) 비유와 관련된 내분비 대사를 활성화 시킬 수 있는 물질이 풍부한 미역을 비유우의 사료에 첨가하였을 경우 이들 호르몬 간의 상호조절 메커니즘에 의하여 비유에 영향을 줄 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 미역부산물의 첨가가 산유량 증가에 긍정적인 결과를 보였다는 백등(2004)의 연구를 토대로 홀스타인 비유우에 미역 부산물을 첨가하여 유생산과 유성분에 미치는 영향과 함께 체세포 감소에 미치는 혈중 면역글로블린의 변화양상 및 비유관련 혈중 호르몬의 변화 양상을 조사하여 유생산과 관련된 내분비 생리에 미치는 미역의 첨가효과를 규명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시축 및 시험설계

Multiparous Holstein cow 14 두(평균체중 625 kg, 유기, 225일, 2.4산)를 2처리 7반복으로 무작위로 할당하여 대조구 미역분말첨가구로 나누어 서울대학교 농업생명과학대학 실험목장에서 3개월간 시험을 진행하였다.

2. 사양관리

모든 착유우는 자동급이기가 설치된 Free stall에서 사육되었으며 NRC(1988) 사양표준에 근거하여 체중, 유량, 산차, 분만경과일 등을 감안하여 일일급여량을 결정하였다. 농후사료의 급여는 1일 7회로 나누어 자동급여기를 이용하여 급여되도록 설계되었다. 1회 급여량은 1.5 kg이었으며, Mineral 및 물은 자유롭게 섭취되도록 하였다. 과위 TMR 사료[(주)퓨리나코리아, 한국]를 두당 일일 3 kg 씩 급여하고 알팔파

Table 1. Chemical composition of experimental diet and feedstuffs(% of DM basis)

Items	Diet and feedstuffs					
	Concentrate	TMR	Tall fescue	Alfalfa	Silages	BSW ¹⁾
Chemical composition, %						
Crude protein	19.00	12.00	14.21	16.38	1.81	8.37
Crude fat	3.00	4.10	3.47	1.44	0.53	0.87
Crude fiber	20.00	6.70	26.16	34.30	6.56	11.53
Crude ash	15.00	4.80	6.24	8.55	1.47	35.84
Ca	0.80	0.70	0.14	0.99	0.03	1.05
P	0.50	0.30	0.02	0.29	0.05	0.24
I	—	—	—	—	—	7.8 ²⁾
TDN ³⁾	72.50	71.00	51.00	60.00	11.10	43.20

¹⁾ BSW : Brown seaweed waste.

²⁾ I = 7.8 mg / 100 g.

³⁾ TDN : Total digestible nutrients.

Table 2. Ingredient and chemical composition of experimental diets

Ingredient	Control	BSW
 %	
Concentrate	42.89	44.18
Tall fescue	36.50	31.32
TMR	12.25	12.63
Alfalfa	3.72	3.83
Corn silages	4.64	4.70
BSW	0	3.34
Total	100	100
Chemical composition	... (% of DM basis) ...	
TDN	68.76	69.01
CP	17.81	17.68
EE	3.55	3.45
NDF	47.25	45.99
ADF	24.35	23.54
Ca	0.59	0.64
P	0.36	0.37
I		62.4 ¹⁾

¹⁾ I content : 7.8 mg / 100 g × 800 g = 62.4 mg.

베일을 두당 1 kg 씩 급여하였으며 Tall fescue는 자유채식을 하게 하였다. 미역분말사료는 (주)Seabio에서 생산한 미역가공 중 생성되

는 폐기물과 미역줄기와 미역귀 등을 건조분쇄한 분말을 사용하였으며(영양소 함량은 Table 1에서 BSW로 표기)백 등(2004)의 실험에서 유생산에 가장 효과가 있었던 일일 급여사료의 4% 수준(800 g)을 오전 8:30분과 오후 3:00시 2회로 나누어 옥수수사일리지에 섞어 급여하였다. 착유는 매일 05:00 및 17:00시 2회 실시하였다. 시험에 사용된 사료성분은 Table 1에 나타내었다.

3. Sample 채취 및 분석방법

(1) 유량 및 유성분

유량은 ALPRO SYSTEM(Alfa Laval Agri)에 의한 자동기록으로 매일 기록하였으며 유성분은 15일 단위로 오후 착유시 우유 Sample 채취기를 이용하여 채취하여 Milkoscan-133B(Foss Electric, Denmark)를 이용하여 유단백, 유지방, 유당, SNF를 분석하고 Fossomatic-300(Foss Electric, Denmark)을 이용하여 체세포수를 측정하였다.

(2) 혈액 분석

혈액은 시험개시전과 시험 30일, 60일, 90일 되는 날 오전 9:00시에 경정맥을 통하여 10 ml의 혈액을 해파린 처리된 진공 튜브(BD Vacutainer Systems Preanalytical Solutions, U. S.

A)에 신속히 채취하여 원심분리(4 °C, 3000 g, 15분)후 혈장을 혈액성분 분석 때까지 - 70 °C에 보관하였다.

가)혈중 면역글로부린의 분석

혈장 내 Total IgG, IgG1, IgG2는 ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) 방법으로 분석하였다. 간단히 요약하면, 96 Well plate에 Primary Antibody : Coating Buffer = 1 : 100으로 희석하여 Well당 100 ul씩 넣어 실온에서 1시간 동안 Incubation 시킨 후 Well내의 용액을 완전히 제거하고 200 ul의 Wash Solution으로 2회 세척한 다음 Postcoat를 각각의 Well에 200 ul씩 넣어주고 실온에서 30분간 배양 시킨 후 용액을 제거하고 다시 전과같이 세척을 2회 실시했다. Standards와 Serum Sample을 Dilution하여 각각의 Well에 100 ul씩 넣고 실온에서 1시간동안 Incubation 시킨 후 Well내의 용액을 완전히 제거하고 Wash Solution 200 ul로 4회 세척해 준다. Secondary Antibody : Conjugate Dilution = 1 : 100,000로 희석하여 100 ul씩 넣고 1시간동안 실온에서 배양 시키고 다시 4회 세척한 후 Substrate를 100 ul씩 넣고 푸른색을 띠면 Stop Solution(2N H₂SO₄)을 50 ul씩 넣어 반응을 종료 시키고 450 nm에서 O.D. 값을 측정하였다.

나) 혈중 비유관련 호르몬의 분석

혈장 GH, IGF-1, Leptin의 분석 :

혈장 GH 분석은 2항체법으로 제1항체로 anti-bovine GH (USDA-anti-bGH, lot AFPB55)를 이용하였으며, 표준물질 및 ¹²⁵I-iodination을 위해 bovine GH (USDA-bGH, lot AFP-11182)를 이용하였다. ¹²⁵I와 bGH는 chloramine T 방법에 의하여 iodination 되었다. 그 GH 분석계의 민감도는 0.43 ng/mL였고 inter- and intra-assay CV는 각각 12.3과 8.2 ng/mL 였다.

IGF-1은 결합단백질과 결합되어 있는 까닭에 먼저 단백질 분리작업을 Daughaday 등(1980)의 방법으로 실시한 후 NHPP anti-human- IGF-1 (AFP4892898), 표준 hIGF-1 (Amersham, lot # 30)과 labeled ¹²⁵I-IGF-1 (Amersham, code IM172)를 이용하여 제 2항체법으로 실시하였다. 그

IGF-1 분석계의 민감도는 0.82 ng/mL고 inter- and intra-assay CV는 각각 11.3과 6.2 ng/mL 였다.

Leptin은 multispecies leptin RIA kit(Linco Research, Inc., St Louis, MO)을 이용하여 분석하였다. 재조합 Bovine leptin은 Animal Metabolism and Physiology Laboratory (Obihiro Univ. of Agric & Vet Med, Japan) 제공 받아 표준물질로 사용하였다.

T₃와 T₄는 RIA-mat-T3와 RIA-mat-T4kit(Byk-Sangtec Diagnostica, Germany)을 이용하여 RIA 방법으로 측정하였다.

다)혈중 지질의 분석

Total Cholesterol(TC)은 효소법을 이용하여 측정하였으며, High Density Lipoprotein (HDL), Low Density Lipoprotein(LDL)은 Homogeneous Enzymatic Colorimetric Method로 HDL-Cholesterol(HDL-C) plus kit(Roche, U.S.A)과 LDL-Cholesterol(LDL-C) plus kit(Roche, U.S.A)을 이용하여 측정하였다.

4. 통계분석

시험 결과는 Student's t-test를 통하여 처리간의 평균값을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유생산량과 유성분 변화

유생산량과 유성분의 변화결과는 Table 3에서 나타내었고 시험기간동안 유생산량 변화 추이는 Fig. 1에서 나타내었다. 유생산에 따른 건물섭취량은 두 처리사이에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 유량은 시험 종료 시 처리구와 대조구간에 현저한 차이가 나타났다. 즉 시험 종료 시 대조구의 평균 산유량은 시험개시 시보다 평균 1.93 kg 감소한 반면에 처리구의 평균 산유량은 2.23 kg 증가되어 결과적으로 평균 두당 6.25 kg의 산유량 차이로 통계적인 유의차를 나타냈다(p < 0.05). 일반적으로 젖소는 분만 후 6~8주령에 최고비유량에 도달한 후

Table 3. Effects of dietary BSW supplementation on DMI, milk yield and milk composition in dairy cows

Variables	Diets ¹⁾		Significance
	Control	BSW	
Cows, n	7	7	
DMI (kg / d)	21.5 ± 2.42	20.9 ± 2.71	NS
Milk yield, kg / d			
Initial	23.0 ± 2.77	25.1 ± 2.56	NS
Final	21.1 ± 3.31	27.3 ± 2.23	*
Increment (%)	- 10.8	11.1	-
Milk fat, %			
Initial	3.99 ± 0.10	3.95 ± 0.13	NS
Final	3.93 ± 0.16	3.82 ± 0.21	NS
Increment (%)	- 2.42	- 5.90	-
Milk protein, %			
Initial	3.35 ± 0.07	3.28 ± 0.10	NS
Final	3.28 ± 0.11	3.23 ± 0.08	NS
Increment (%)	-2.71	- 1.85	-
Milk lactose, %			
Initial	4.64 ± 0.10	4.66 ± 0.12	NS
Final	4.73 ± 0.09	4.76 ± 0.06	NS
Increment (%)	1.92	2.34	-
Solid-not fat, %			
Initial	8.69 ± 0.12	8.64 ± 0.18	NS
Final	8.70 ± 0.18	8.69 ± 0.12	NS
Increment (%)	0.08	0.69	-

¹⁾ All figures represent the mean of 7 cows ± SD.

Increment(%) = (Final - Initial) / Final × 100.

BSW : Brown seaweed waste.

* p < 0.05; NS: non significance.

Fig. 1. The milk yield curves of experimental Holstein cows.

그 후부터는 서서히 감소하는 비유 곡선의 특징을 가진다(Wilks, 1998). 따라서 대조구는 비유후기의 전형적인 유량변화를 나타낸 것으로

정상적인 유량변화 패턴을 나타내었으나 처리구는 미역분말의 첨가로 이에 반하는 결과를 나타내어 미역분말의 첨가가 비유 촉진효과 있음을 시사한다. 유지방 함량은 시험 종료시 처리구에서 3.29%의 감소를 보인 반면 대조구에서는 1.5%의 감소를 보여 현저한 차이를 나타내지 않았다. 건물섭취량결과는 Franklin 등(1999)이 갈조류의 일종인 *Schizochytrium sp.*를 젖소에게 급여하였을 때 건물섭취량은 현저하게 감소하는 현상을 나타낸 결과와는 대조되는 결과이다. 이들의 시험에서는 건물섭취량의 감소가 결과적으로 산유량의 감소 및 유지방 함량의 감소로 이어졌지만 본시험에서는 건물섭취량이 대조구와 유사한 수준으로 유지되어 현

저한 유지방 함량의 변화를 가져오지 않은 것으로 사료된다. 백 등(2004)이 젖소를 이용한 시험에서 미역부산물 일일 800 g의 첨가가 건물섭취량에는 영향을 미치지 않았을 뿐만 아니라 유생산량의 증가를 가져오는 결과를 보고하였다. 따라서 일일 800 g의 BSW 첨가수준은 젖소의 건물섭취량에는 영향을 주지 않는 것으로 사료된다. 단위동물에 대상으로 실시한 시험에서는 대체적으로 건물섭취량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. Montserrat과 Isabel(2001)이 Rats를 시험동물로 미역 등 첨가물이 장균총의 활성에 주는 영향을 측정한 시험에서는 전체 시험기간 동안 대조구와 미역 첨가구에서 각각 234.61 g과 235.04 g의 건물섭취량을 보였으며, 경(1991)이 흰쥐를 대상으로 지질대사에 미치는 영향을 연구한 시험에서도 대조구와 유사한 건물섭취량을 보였다. 단위동물과 반추동물이라는 품종적인 차이도 있겠지만 800 g 수준의 미역 첨가가 건물섭취량에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 유단백질 함량은 시험 종료 시 대조구와 처리구에서 각각 3.28 %와 3.23 %

를 나타내어 처리간 유사한 결과를 나타내었다. 유당 함량은 시험 종료 시 대조구에서 4.66 %를 나타내 시험 개시시보다 0.43 % 증가한 반면 처리구에서는 4.76 %로 2.15 %의 증가를 가져왔으나 통계적인 유의차는 없었다. SNF (solids-not fat)의 함량은 시험 종료 시 대조구와 처리구에서 각각 8.70 %와 8.69 %를 나타내어 역시 처리간의 유의차를 나타내지 않았다.

2. 체세포수 및 면역글로부린 함량의 변화

체세포수 및 면역글로부린 함량의 변화는 Table 4에서 나타내었다. 대조구의 체세포수는 시험개시시보다 16.62 % 증가한 반면 미역첨가구의 체세포수는 시험개시시보다 53.77 % 감소하였다. 혈중 Total IgG, IgG1, IgG2의 함량은 미역첨가의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. Lina와 Hiroo(2003)는 알긴산 등 일부 다당류가 Rats에서 Zinc의 Bioavailability를 개선시킨다고 보고 하였으며, Iwamoto 등(2003)은 효소에 의해 분해된 Alginate oligomer가 Cytotoxic

Table 4. Effects of dietary BSW supplementation on somatic cell counts and Immunoglobulins in Holstein dairy cows

Variables	Period(day)				Increment(%)
	Day 0	Day 30	Day 60	Day 90	
Cows, n	7	7	7	7	
Somatic cell, ×1,000					
Control	327	184	235	381	16.6
BSW	216	281	140	100	- 53.8
Total IgG, mg/ml					
Control	28.0	26.6	27.2	26.9	- 3.86
BSW	24.1	24.9	21.2	23.0	- 4.46
IgG1, mg/ml					
Control	23.4	22.2	20.6	21.4	- 8.69
BSW	19.3	18.5	15.2	16.9	- 12.6
IgG2, mg/ml					
Control	22.5	20.6	19.5	20.0	- 10.9
BSW	20.0	20.2	15.8	18.0	- 10.3

¹⁾ All figures represent the mean of 7 cows,
 Increment = (Day 90 - Day 0) / Day 90 × 100.
 BSW : Brown seaweed waste.

cytokine의 합성을 자극하고 마크로파지로 하여금 TNF- α 를 분비하게끔 자극한다고 보고하였고 Kooijman 등(1996)은 IGF-1은 interleukin (IL-2)의 생성을 촉진한다고 보고하였다. 아울러 우유 중 체세포수의 증가는 유생산이 왕성한 시기 Oxygen radical이 형성되기 쉬워 초래되어질 수 있는데, 이와 오(2000)는 해조류 추출물이 Oxygen radical 소거활성을 갖는다고 보고하였고 최 등(2000)은 미역이 Oxygen radical의 형성을 억제하고 생체방어효소인 SOD의 형성을 증가시킨다고 보고하였다. 따라서 시스템 면역체계에 중요한 IgG 계열의 혈액 중 변화에는 영향을 미치지 못하였으나 우유 중 체세포수 감소가 뚜렷한 결과를 볼 때 미역 내 포함되어있는 여러 물질이 유선상피세포의 안정성을 향상시키고 비 특이적인 면역체계를 향상시켜 결과적으로 체세포 감소 결과를 나타낸 것으로 보여 진다.

3. 혈중 호르몬 및 대사산물의 변화

혈중 호르몬 및 대사산물의 변화는 Table 5에서 나타내었다. 혈중 GH의 함량은 대조구와 처리구에서 각각 시험개시시의 2.33 ng/ml과 2.82 ng/ml로부터 1.17 ng/ml과 1.07 ng/ml로 감소하는 결과를 나타내었으나 처리사이에 유의적인 차이가 없었다. 비유에 직접적인 영향을 미치는 IGF-1의 농도는 처리구가 54.8 ng/ml로 시험개시초 보다 5.89% 증가한 반면 대조구는 33.8 ng/ml로 49.75% 감소한 결과를 나타내어 통계적인 유의차를 나타냈다($p < 0.05$). IGF-1은 GH에 의해 간에서 분비되는 호르몬으로서 정상적인 영양상태에서 GH와 밀접한 상관관계를 갖는다(Lee 등, 2000; 2005). Thissen 등(1994)은 저 영양상태에서 GH 분비는 증가되나 내성이 생겨 IGF-1의 분비를 증가시키지 못하며 영양상태의 호전에 따라 GH 수용체의 민감성이 증가되어 IGF-1의 분비를 증가시킨다고 보고하였다. 다른 한편 갑상선호르몬은 간에서 GH와 수용체의 결합능력을 상향 조절하는 작용을 하여 IGF-1의 분비를 증가시킨다고 보고

하였다(Wolf 등, 1989; Tollet 등, 1990). 이러한 GH에 의한 IGF-1 분비 증가는 분비 조직 내 Ca^{2+} 의 증가와 밀접한 관계가 있다(Schwartz 등, 1991; Tollet 등, 1995). 일반적으로 Ca은 펩타이드 호르몬의 Plasma membrane에서의 Receptor-mediated transmembrane signalling에 관여하는 조절기작을 가지고 있다(Channon과 Leslie 1990; Tollet 등, 1995; Hadley, 1996). 따라서 미역 중 다량 함유되어 있는 I는 T_3 와 T_4 증가를 유도하여 간이나 유선세포에서의 GH의 수용체의 민감성을 증가시켰고, Ca에 의한 신호전달의 활성화 등 복합적인 교호작용으로 IGF-1의 생산이 증가되었을 것으로 사료된다. 한편 혈중 T_3 와 T_4 의 농도는 처리구에서 증가하는 양상(Table 5)을 나타내어 위의 결과를 뒤 받침해 주며 이는 미역 속에 다량 함유된 요오드가 갑상선호르몬 합성의 원료로 이용되어 나타난 결과로 사료된다. 이는 Pattanaik 등(2001)이 산양의 기초사료에 일일 두당 0.05 mg과 0.075 mg 수준으로 요오드를 첨가하였을 때 혈청 중 T_3 과 T_4 의 함량이 대조구에 비해 유의적으로 증가하는 결과가 관찰된 것과 유사한 결과이다. 증가된 T_3 와 T_4 는 결과적으로 비유에도 영향을 주어 증가된 IGF-1과 같이 협동작용을 하여 유생산량을 증가시킨 것으로 사료된다. HDL은 비교적 소량의 콜레스테롤과 콜레스테롤에스테르 및 많은 양의 단백질로 된 작은 과립으로 간장과 소장에서 합성된다(김 등, 2002). 시험 종료 시 처리구의 HDL-C의 농도는 125 mg/dl로 대조구의 116 mg/dl에 비해 높게 나타났으나 유의성은 없었으며 LDL-C 농도 역시 각각 34.1 mg/dl과 31.3 mg/dl로 두 처리간에 유사한 결과를 나타내었다. TC 또한 처리구와 대조구가 각각 252 mg/dl과 227 mg/dl로 처리구에서 높게 나타났다. 지방분해를 촉진하는 T_3 과 T_4 의 농도가 증가한 결과를 나타냈는데 이는 체지방의 분해를 대조구 보다 활발하게 증가시켰을 것으로 추정하며 시험말기 지방조직으로부터 분비되는 호르몬의 일종인 Leptin의 농도가 처리구에서 대조구 보다 낮게 나타난(Table 5) 경향이 이를 뒷받침 하고 있다.

Table 5. Effects of dietary BSW supplementation on blood cholesterol and lactation hormones in Holstein dairy cows

		Control	BSW	Significance
GH (ng / ml)	D0	2.33	2.82	NS
	D90	1.17	1.07	NS
	Increment	- 1.16	- 1.75	NS
	Increment (%)	- 49.8	- 62.0	NS
IGF-1 (ng/ml)	D0	45.5	51.8	NS
	D90	33.8	54.8	*
	Increment	- 11.7	3.05	*
	Increment (%)	- 49.8	5.89	*
T ₃ (ng / dl)	D0	161	132	NS
	D90	165	158	NS
	Increment	3.94	25.7	NS
	Increment (%)	2.45	19.4	*
T ₄ (ug / dl)	D0	5.12	4.10	NS
	D90	5.34	4.75	NS
	Increment	0.23	0.65	NS
	Increment (%)	4.44	15.9	*
TC (mg / dl)	D0	232	201	NS
	D90	228	252	NS
	Increment	- 4.14	51.1	NS
	Increment (%)	- 1.79	25.5	*
HDL-C (mg / dl)	D0	113	109	NS
	D90	116	125	NS
	Increment	2.59	16.3	NS
	Increment (%)	2.28	15.0	*
LDL-C (mg / dl)	D0	33.4	26.1	NS
	D90	31.3	34.1	NS
	Increment	- 2.14	8.00	NS
	Increment (%)	- 6.41	30.6	*
Leptin (ng / ml)	D90	4.41	3.63	NS

¹⁾ All figures represent the mean of 7 cows.

GH : growth hormone, IGF-1: insulin like growth factor-1.

TC : total cholesterol, HDL-C: high density lipoprotein-cholesterol.

LDL-C : low density lipoprotein-cholesterol.

BSW : Brown seaweed waste.

Increment = Day 90 - Day 0.

Increment(%) = (Day 90 - Day 0) / Day 90 × 100.

* p < 0.05.

IV. 요약

본 시험은 미역분말의 첨가가 홀스타인 젖소의 유생산과 내분비계에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다. 기초사료에 미역분말을 1일 두당 800 g 수준으로 급여하여 대조구와 비교하였다. 사료건물섭취량은 처리에 의한 영향을 받지 않았고 비유말기 산유량은 대조구에 비해 일일 6.25 kg 이나 많게 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 하지만 유성분은 처리구간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 대조구의 체세포수는 유동적이었지만 처리구의 체세포수는 시험 종료 시 10^5 개/ml로 시험개시에 비해 무려 53.77%의 감소효과를 보여 탁월한 체세포 감소효과를 나타내었다. 미역분말의 첨가가 혈중 면역글로부린의 함량에는 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 비유에 직접적인 영향을 미치는 IGF-1의 혈장농도는 미역처리구에서 유의하게 증가하였으며 비유와 직접적인 관련이 있는 또 다른 호르몬인 T_3 와 T_4 의 농도도 유의적으로 증가하는 양상을 나타내었다. 지질대사산물인 TC, HDL-C와 LDL-C의 농도는 모두 처리구에서 증가하는 양상을 나타냈다.

이와 같이 미역부산물의 사료 중 첨가는 유생산량의 증가를 보였는데 이는 혈중 비유관련 호르몬의 분비에 영향을 준 결과로 확인된 바젓소사료자원으로서의 응용가치가 클 것으로 사료된다.

V. 감사의 글

본 시험은 농림기술관리센터 및 BK21의 지원에 의해 수행되었음.

VI. 인용 문헌

- Allen, V. G., Pont, K. R., Saker, K. E., Fontenot, J. P., Bagley, C. P., Ivy, R. L., Evans, R. R., Schmidt, R. E., Fike, J. H., Zhang, X., Ayad, J. Y., Brown, C. P., Miller, M. F., Montgomery, J. L., Mahan, J., Wester, D. B. and Melton, C. 2001. Tasco: Influence of a brown seaweed on antioxidants in forages and livestock-A review. *J. Anim. Sci.* 79(E. Suppl.):E21-E31.
- Channon, J. Y. and Leslie, C. C. 1990. A calcium-dependent mechanism for associating a soluble arachidonoyl-hydrolyzing phospholipase A2 with membrane in the macrophage cell line RAW 264.7. *J. Biol. Chem.* 265(10):5409-5413.
- Cohick, W. S. 1998. Role of the insulin-like growth factors and their binding proteins in lactation. *J. Dairy Sci.* 81(6):1769-77.
- Daughaday, W. H., Mariz, I. K. and Blethen, S. L. 1980. Inhibition of assess of bound somatomedin to membrane receptor and immunobinding sites: A comparison of radioreceptor and radioimmunoassay of somatomedin in native and acid-ethanol extraction serum. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 51:781-788.
- Franklin, S. T., Martin, K. R., Baer, R. J., Schingoethe, D. J. and Hippen, A. R. 1999. Dietary marine algae(*Schizochytrium sp.*) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acid in milk of dairy cows. *J. Nutr.* 129:2048-2052.
- Hadley, Mac. E. 1996. *Endocrinology*(Fourth edition). Prentice-Hall International, Inc.
- Iwamoto, Y., Xu, X., Tamura, T., Oda, T. and Muramatsu, T. 2002. Enzymatically depolymerized alginate oligomers that cause cytotoxic cytokine production in human mononuclear cells. *Biosci Biotechnol Biochem.* 67(2): 258-263.
- Keys, A., Grande, F. and Anderson, J. T. 1961. Fibers and pectin in the diet and serum cholesterol concentration in man. *Proceeding of the Society of experimental biological medicine.* 106:555-558
- Kimura, Y., Watanabe, K. and Okuda, H. 1996. Effect of soluble sodium alginate on cholesterol excretion and glucose tolerance in rats. *J. Ethnophar. macology.* 54(1996):47-54.
- Kooijman, R., Rijkers, G. T. and Zegers, B. J. 1996. IGF-1 potentiates IL-2 production in human peripheral T cell. *Journal of Endocrinology.* 149: 351-356.
- Lee, H. G., Vega, L. T., Phung, L. T., Matsunaga, N., Kuwayama, H. and Hidari, H. 2000. The effect of growth hormone-releasing peptide-2(KP102) administration on plasma insulin-like growth factor(IGF)-1 and IGF-binding proteins in Holstein steers on different planes of nutrition. *Domestic Animal Eendocrinology.* 18:293-308.
- Lee, H. G., Choi, Y. J., Lee, S. R., Kuwayama, H., Hidari, H. and You, S. K. 2005. Effects of dietary protein and growth hormone-releasing peptide(GHRP-2)

- on plasma IGF-1 and IGF-BPs in Holslein steers. Domestic Animal Endocrinology. 28:134-146.
13. Lina, Yonekura., Hiroo, Suzuki. 2003. Some polysaccharides improve zinc bioavailability in rats fed a phytic acid-containing diet. Nutrition Research. 23(2003):343-355.
 14. Montserrat, G. U. and Isabel, G. 2002. Bioavailability of nutrients in rats fed on edible seaweeds, nori (*Porphyra tenera*) and wakame(*Undaria pinnatifida*), as a source fo dietary fiber. Food Chemistry. 76: 281-286.
 15. Nishino, T., Fukuda, A., Nagumo, T., Fujihara, M. and Kaji, E. 1999. Inhibition of the generation of thrombin and factor Xa by a fucoidan from the brown seaweed *Ecklonia kurome*. Thrombosis Research 96: 37-49.
 16. Nishino, T., Yamauchi, T., Horie, M., Nagumo, T. and Suzuki, H. 2000. Effects of a fucoidan on the activation of plasminogen by u-PA and t-PA. Thrombosis Research 99:623-634.
 17. NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle 7th revised edition. National academy press, Washington, DC.
 18. Pattanaik, A. K., Khan, S. A., Varshney, V. P. and Bedi, S. P. S. 2001. Effect of iodine level in mustard (*Brassica juncea*) cake-based concentrate supplement on nutrient utilization and serum thyroid hormones of goats. Small Ruminant Research. 41:51-59.
 19. Schwartz, Y., Goodman, H. M. and Yamaguchi, H. 1991. Refractoriness to Growth Hormone is Associated with Increased Intracellular Calcium in Rat Adipocytes. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 88. 6790-6794.
 20. Sethi, V. and Kapil, U. 2004. Iodine deficiency and development of brain. Indian J. Pediatr. 71(4): 325-9.
 21. Thissen, J. P., Ketelslegers, J. M. and Louis, E. U. 1994. Nutritional regulation of the Insulin-like growth factors. Endocrine Reviews. 15:80-101.
 22. Tollet, P. E. B. and Mode, A. 1990. Growthhormone (GH) regulation of cytochrome P-450IIC12, insulin-like growth factor-I (IGF-1), and GH receptor messenger RNA expression in primary rat hepatocytes: a hormonal interplay with insulin, IGF-1, and thyroid hormone. Mol Endocrinol 4:1934-1942.
 23. Tollet, P. H. M., Gustafsson, J. A. and Mode, A. 1995. Growth hormone signaling leading to CYP2C12 gene expression in rat hepatocytes involves phospholipase A2. J. Biol. Chem. 270(21):12569-12577.
 24. Tsuji, K., Oshima, S., Tsuji-Matsusaki, E., Nakamura, A., Inami, T. and Suzuki, S. 1968. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism. Elyoungaku Zasshi(in Japanese). 26:113-122.
 25. Tsuji, K., Tsuji, M. E. and Suzuki, S. 1977. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism. IV. Effects of various polysaccharide derivatives, lignin, and synthetic polymers on serum and liver cholesterol levels in rats. Elyoungaku Zasshi(in Japanese). 35:227-234.
 26. Wilks, D. L. 1998. Peak milk and its affect on profitability. <http://www.moorman.com/feedfacts/dairy/dairydec98/peakmilk.htm>.
 27. Wolf, M., Ingbar, S. H. and Moses, A. C. 1989. Thyroidhormone and growthhormone interact to regulate insulin-like growth factor-1 messenger ribonucleic acid and circulating levels in the rat. Endocrinology. 125:2905-2914.
 28. Yamamoto, I., Takahashi, M., Suzuki, T., Seino, H. and Mori, H. 1984. Antitumor effect of seaweeds. IV. Enhancement of antitumor activity by sulfation of a crude fucoidan fraction from *Sargassum kjellmanianum*. Jpn. J. Exp. Med. 54(4):143-151.
 29. Yonekura, L. and Suzuki, H. 2003. Some polysaccharides improve zinc bioavailability in rats fed a phytic acid-containing diet. Nutrition Research 23:343-355.
 30. Zhuang, C., Itoh, H., Mizuno, T. and Ito, H. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, umitoranoo (*Sargassum thunbergii*). Biosci Biotechnol. Biochem. 59(4):563-567.
 31. 강중호. 2001. 양식 미역산업의 가격지지제도 개선을 위한 정책방향. 한국해양수산개발원. p. 11.
 32. 경선이. 1991. 해조류(미역, 김)의 섭취가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 동덕여자대학교 석사학위논문.
 33. 김선희, 김우현, 김응국, 김인산, 김정희, 나도선, 박길홍, 백형환, 이기영 공역. 2002. 생화학 (Lehninger Principles of biochemistry). 서울외국서적. 서울.
 34. 백인규, 맹원재, 이성훈, 이흥구, 이상락, 하종규, 이성실, 황주환. 2004. 미역부산물 첨가가 *In Vitro* 발효성상과 젖소의 산유량 및 유성분에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 46(3):373-386.
 35. 이남호, 오기림. 2000. 해조류 라디칼 소거활성검색. 제주생명과학연구. 3(3):95-100.
 36. 최진호, 김대익, 박수현, 김동우, 백영호, 김창목. 2000. 미역(*Undaria pinnatifida*) 국수의 투여가 랫트 간장중의 활성산소 및 제거효소에 미치는 영향. 한국수산학회지. 33(2):87-92.
- (접수일자 : 2005. 4. 4. / 채택일자 : 2005. 7. 11.)