발효미역부산물의 첨가가 Holstein 비유우의 비유성적 및 생리반응에 미치는 영향

홍중산¹ · 이철호³ · 허성웅³ · 윤금룡³ · 김영성³ · 이현준⁴ · 이상범² · 최윤재³ · 이흥구^{2*}

¹천진농학원 동물자원과학과, ²부산대학교 동물생명자원과학과, ³서울대학교 농생명공학부, ⁴농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Fermented Brown Seaweed Waste (FBSW) on Milk Production, Composition and Physiological Responses in Holstein Dairy Cows

Zhong-Shan Hong¹, Zhe-Hu Lee³, Cheng-Xiong Xu³, Jin-Long Yin³, Young-Cheng Jin³, Hyun-Jun Lee⁴, Sang-Bum Lee², Yun-Jaie Choi³ and Hong-Gu Lee^{2*}

¹Department of Animal science & Technology, Tianjin Agricultural University,

²Department of Animal Science, Pusan National University,

³School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, ⁴National Institute of Animal Science, RDA

ABSTRACT

This study was conducted to determine effects of fermented brown seaweed waste (FBSW) on milk production, composition and physiological responses as functional feed for 60 days in Holstein dairy cows. A total of 24 Holstein dairy cows (average age 49.33 months, average lactation days 175, Reproduction 2.0) were randomly allocated into control(basal diet), 1% FBSW (180 g in basal diet) and 2% FBSW (360g in basal diet) groups with 8 replications for 60 days. Daily milk yield and composition (fat, protein, SNF, MUN) were not affected by FBSW supplementation, but Ca level in milk was significantly increased 4.29 mg/dl and 2.91 mg/dl in 1% and 2% groups compared to control group ($p<0.05$) at the end of the experiment, respectively. The somatic cell count (SCC) in milk was not significant. The plasma T_4 level (concentration) were increased in 1% and 2% FBSW compared to control group at the end of the experiment ($p<0.05$), but between triiodothyronine (T_3) and thyroxine (T_4) levels were not significant. Concentrations of plasma glucose in control, 1% FBSW and 2% FBSW groups were 64.37mg/dl, 66.15mg/dl and 73.02 mg/dl and plasma NEFA level was 0.30~0.32 mEq/dl. Concentrations of BUN tended to be higher for FBSW group than control group. Although WBC, RBC, Hb, Hct, T-B, ALP, and GPT levels were not affected by FBSW supplementation, GOT level was significantly decreased in cows fed 1% FBSE diet compared to control group ($P<0.05$). Therefore we strongly suggest that the 1% FBSW supplementation in basal diet increases the milk yield and Ca level in Holstein dairy cows.

(Key words : Fermented brown seaweed waste, Milk yield, Calcium, Metabolites, Endocrine)

서론

예로부터 우리나라에서는 해조류를 식용, 약용 그리고 해조공업의 원료로 많이 이용하여 왔으며 최근에는 건강식품으로 인정을 받으면서 본격적인 식량자원으로 활용하려는 움직임이 많아 바다의 채소(sea vegetable)라는 이름을 사용할 정도로 우리의 식생활에 밀접한 관계가 있다. 미역에는 다당류인 알긴산이 풍부하여 항산화 효과(Allen 등, 2001), cytokine의 분비 증가(Iwamoto 등, 2002)와 면역시스템 활성화(Yonekura와 Suzuki, 2003)시키는 작용이 있는 것으로 보고되었으며, 갑상선 호르몬 분비 개선을 통한 대사 활성화, 유선발달과 비유촉진(Hadley, 1996)과 더불어 혈중

IGF-1 분비도 촉진시키는 등(이 등, 2005) 비유와 관련된 내분비 대사를 활성화시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

하지만 해조류 중 미역은 양식을 통하여 얻어지는데 채취 시 미역의 밑 부분은 그대로 바다에 버려지고 육상에서 가공 중에도 많은 부분이 폐기물로 버려지고 있어 환경오염 문제가 다른 해조류에 비하여 높은 편으로 보고되고 있다(안 등, 2004). 박 등(2003)은 바다에 폐기되는 미역은 전체 생산량의 약 40~60%로 우리나라에서만 4~21만 톤이 매년 남해안에 폐기되어 바다오염과 미역 양식 시 좁쌀병 등을 발생시키는 원인이 되고 있으며, 폐기되는 미역 부산물을 수거 해와도 육상에서 활용할 방법이 없어 또 다른 환경오염을 만들고 있는 실정이다.

* Corresponding author : H. G. Lee, Department of Animal Science, Pusan National University, Miryang, Gyeong-nam 627-706. Tel: 055-350-5516, E-mail: hglee66@pusan.ac.kr

이들 폐 미역의 대부분은 줄기이고 약간의 포자엽 뿌리로 식용으로 이용되는 미역 잎과 조성이 비슷하여 여러 용도로 활용될 수 있다. 이와 같은 이유로 미역부산물에 대한 가축사료화연구가 많이 진행되어왔지만 이러한 미역부산물을 사료로 이용하기 위해서는 건조 후 분말형태로 제조해야 하는데 이 경우 미역 채취시기가 2~4월에 집중되어 있기 때문에 일시에 많은 양을 건조해야 할 시설 및 생초 형태로 저장한다 하더라도 저장에 필요한 냉장시설과 전기료 등으로 생산원가 상승이 불가피한 실정이다. 아울러 생초의 저장성을 높이기 위하여 염장을 하는데 이 경우 염분의 다량함유로 인한 기호성 감소 등의 문제로 좋은 부존사료자원임에도 불구하고 가축의 사료로의 이용성이 적은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 박 등 (2003)의 연구에서 알려져 있는 알긴산 분해 능력이 뛰어난 DS-01 균주를 이용하여 미역중 부패의 원인이 되는 알긴산을 저분자화 함으로 부패를 막고 저장기간을 연장시킴으로 건조하지 않고 생초 발효미역부산물 그대로를 젖소용 TMR 사료에 수준별로 첨가하여 산유량과 유성분, 혈중 면역글로불린 및 비유관련 혈중 호르몬의 변화양상, 혈중 대사산물을 조사하여 홀스타인 착유우의 유생산량 증가 또는 유성분 강화용 사료로의 이용 가능성을 규명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계 및 사료준비

Multiparous Holstein cow 24두 (평균 월령: 49.33, 유가: 175일, 2.0산)를 3처리 8반복으로 할당하여 발효미역부산물 무첨가구(대조구)와 건물기준 발효 미역부산물 180g 첨가구(1% FBSW)와 360g 첨가구로(2% FBSW) 나누어 충청남도 천안시 소재 S 목장에서 2개월간 시험을 진행하였다. 발효 미역은 가공 미역부산물을 비닐백에 DS-01균 배양액(2×10^8 cfu/g)과 함께 넣은 후 공기를

완전 제거하고 밀봉한 상태로 2개월간 발효시킨 것을 이용하였다.

2. 사양관리

모든 착유우는 자동급이기가 설치된 프리스톨에서 사육되었으며 NRC (2001) 사양표준에 근거하여 체중, 유량, 산차, 분만경과일 등을 감안하여 일일급여량을 결정하였다. 농후사료의 급여는 1일 7회로 나누어 자동급여기를 이용하여 급여하도록 설계하였다. 1회 급여량은 1.5 kg이었으며, 미네랄 블록과 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다. 일일 두당 세미 TMR 사료 6.67 kg, 티모시 건초 2.79 kg, 알팔파 hay 0.83 kg, 옥수수 사일리지 6 kg씩 혼합 급여하였다. DS-01 균주에 의한 미역발효 사료는 TMR 사료에 잘 섞은 후 착유 종료 후 9:00 및 21:00시에 1일급여량을 2회로 나누어 급여하였으며 착유는 매일 07:00 및 19:00시 2회 실시하였다. 시험에 사용된 사료성분은 Table 1, 2에서 나타내었다.

3. Sample 채취 및 분석방법

(1) 유량 및 유성분

유량은 ALPRO SYSTEM(Alfa Laval Agri)에 의해 기록하였으며 유성분은 20일 단위로 시험 개시전, 시험 20일, 40일, 60일 오후 착유시 우유 샘플 채취기를 이용하여 채취하여 Milkoscan-133B를 이용하여 유단백, 유지방, SNF를 분석하고 Fossomatic-300을 이용하여 체세포수를 측정하였다.

(2) 혈액 분석

혈액은 시험 개시전과 시험 20일, 40일, 60일 되는 날 오전 12:00시에 경정맥을 통하여 10 ml의 혈액을 EDTA 처리된 진공

Table 1. Chemical composition of experimental diets

Items	Diets					
	Concentrate	TMR	Timothy	Alfalfa	Silages	FBSW ¹⁾
Chemical composition (% , DM basis)						
Crude protein	18.31	14.00	7.05	19.98	2.26	8.37
Crude fat	5.37	2.00	1.13	1.08	0.22	0.87
Crude fiber	17.86	17.00	34.50	29.29	6.99	11.53
Crude ash	9.76	10.00	5.48	9.34	1.59	35.84
Ca	0.78	0.70	0.22	0.83	0.04	1.05
P	0.41	0.30	0.13	0.37	0.10	0.24
I	—	—	—	—	—	7.8 ²⁾
TDN ³⁾	72.50	65.00	51.00	60.00	11.10	43.20 ⁴⁾

¹⁾ Fermented Brown seaweed waste.

²⁾ I = 7.8 mg/100g.

³⁾ TDN: total digestible nutrient.

⁴⁾ NRC 1979.

Table 2. Ingredient and chemical composition of experimental diets

	Control	1% FBSW	2% FBSW
Ingredient	 % , DM basis		
Concentrate	49.46	49.05	48.64
TMR	27.49	27.26	27.04
Timoth hay	12.05	11.94	11.84
Alfalfa bale	3.42	3.39	3.36
Silage	7.58	7.52	7.46
FBSW		0.84	1.66
Total	100	100	100
Chemical composition	 % , DM basis		
TDN	61.39	61.23	61.08
CP	14.12	14.08	14.03
EE	2.09	2.08	2.07
CF	22.96	22.86	22.77
ASH	8.10	8.33	8.56
NDF	43.69	43.65	43.62
ADF	23.10	23.09	23.07
Ca	0.50	0.50	0.51
P		0.28	0.28
I ¹⁾	0.28	0.65	1.29
Mois	15.76	15.73	15.70

¹⁾ I content: 0.65ppm and 1.29ppm.

튜브(BD Vacutainer Systems Preanalytical Solutions U.S.A)와 혈청 분리용 진공 튜브(BD Vacutainer Systems Preanalytical Solutions U.S.A)를 이용하여 채취하였으며 혈청은 원심분리 (4℃, 3000g, 15분) 후 혈액성분 분석 때까지 -74℃에 보관하였다.

EDTA 처리된 진공 튜브로 채취한 전혈을 이용하여 백혈구수(WBC), 적혈구수(RBC), 혈구용적비(hematocrit), 헤모글로빈(hemoglobin) 함량을 분석하고 분리한 혈청을 이용하여 total bilirubin, alkaline phosphatase (ALP), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT)를 분석하고 냉동 보관된 혈청을 이용하여 IgG, IgA, prolactin, IGF-I, growth hormone (GH), triiodothyronine (T₃), thyroxine (T₄), glucose, non-esterified free fatty acid (NEFA), blood urea nitrogen (BUN), Ca, triglyceride (TG), total cholesterol (TC)를 분석하였다.

1) 혈중 면역글로불린의 분석

혈장 내 총 IgG, IgA는 ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) 방법으로 분석하였다. 간단히 요약하면, 96 well plate에 primary antibody : coating buffer = 1:100으로 희석하여 well당

100 µl 씩 넣어 실온에서 1시간 동안 배양 시킨 후 well 내의 용액을 완전히 제거하고 200 µl 의 세척액으로 2회 세척한 다음 post coat를 각각의 well에 200 µl 씩 넣어주고 실온에서 30분간 배양 시킨 후 용액을 제거하고 2회 세척하였다. 표준액과 혈청 샘플을 희석하여 각각의 well에 100 µl씩 넣고 실온에서 1시간동안 배양 후 well 내의 용액을 완전히 제거하고 세척액 200 µl로 4회 세척한 다음 Secondary antibody:conjugate dilution=1:100,000 (IgA의 경우 secondary antibody: conjugate dilution=1:35000)으로 희석하여 100 µl씩 넣고 1시간동안 실온에서 배양 시키고 다시 4회 세척한 후 기질을 100µl씩 넣고 푸른색을 띄면 stop solution (2N H₂SO₄)을 50 µl씩 넣어 반응을 종료 시키고 파장 450 nm에서 O.D. 값을 측정하였다.

2) 혈중 비유관련 호르몬의 분석

IGF- I 은 결합단백질과 결합되어 있기 때문에 먼저 단백질 분리 작업을 Daughaday 등 (1980)의 방법으로 실시한 후 NHPP anti-human-IGF- I (AFP4892898), 표준 hIGF- I (Amersham, lot # 30)과 labeled ¹²⁵I-IGF- I (Amersham, code IM172)를 이용하여 제2항체법으로 실시하였다. 그 IGF- I 분석계의 민감도는 0.82 ng/ml이고 inter-와 intra-assay CV는 각각 11.3과 6.2%였다. Prolactin은 prolactin kit (biosource, USA)를 이용하여 immunoradiometric assay 방법으로 측정하였다. T₃와 T₄는 RIA-mat-T₃와 RIA-mat-T₄kit (Byk-Sangtec Diagnostica, Germany)을 이용하여 RIA 방법으로 측정하였다.

3) 혈중 대사산물과 지질의 분석

혈중 glucose와 NEFA는 시판용 Enzyme kit (和光純葯工業株式會社, 日本)을 이용하여 측정하였으며 BUN은 시판용 BUN kit (아산제약주식회사, 한국)을 이용하여 urease-indophenol법으로 측정하였다.

TC (total cholesterol)는 ChemiLab T-CHO kit (IVDLab CO., LTD, KOREA)을 이용하여 CHOD-PAP Method에 의해, TG (triglyceride)는 ChemiLab TG kit (IVDLab CO., LTD, KOREA)을 이용하여 GPO-PAP Method에 의해 MECASYS 1412H (MECASYS CO., LTD, KOREA)로 측정하였다.

4) 혈액상 및 혈중 ALP, GOT, GPT의 분석

백혈구수(WBC), 적혈구수(RBC), 혈구용적비(hematocrit), 헤모글로빈(hemoglobin) 함량은 혈액자동분석기(Advia 120, Germany)의 CBC (complete blood count) 방법에 의하여 측정하였다. Total bilirubin은 ChemiLab T-BIL kit (IVDLab CO., LTD, KOREA)을 이용하여 end point colorimetric method에 의해, alkaline phosphatase (ALP)는 Sicdia ALP reagent (Shinyang Chemical Co Ltd, Korea) 시약을 이용하여 효소법으로, GOT는 ChemiLab GOT kit (IVDLab CO., LTD, KOREA), GPT는 ChemiLab GPT kit (IVDLab CO., LTD, KOREA)을 이용하여

효소활성측정법에 의해 Hitachi 7600-110 automatic analyzer (Hitachi High-Technologies, JAPAN)로 측정하였다.

4. 통계분석

시험에서 얻어진 결과는 SAS package program (version 8.1; SAS Institute Inc, Cary, NC)을 이용하여 분산 분석을 하였고 GLM (general linear model) procedure의 Duncan 다중검정에 의해 처리간의 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 유생산량과 유성분 변화

유생산량과 유성분의 변화결과는 Table 3에서 나타내었다. 유생산에 따른 건물섭취량은 대조구, 1% FBSW과 2% FBSW가 각각 21.35 kg, 21.53 kg, 21.71 kg으로 세 처리 간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Franklin 등 (1999)이 갈조류의 일종인 *Schizochytrium sp.*를 사료 건물중 3.97% 첨가하여 젖소에 급여하였을 때 건물섭취량은 현저하게 감소했다는 결과와는 대

조되는 결과이다. 하지만 이들의 시험에서는 건물섭취량의 감소가 결과적으로 산유량의 감소 및 유지방 함량의 감소로 이어졌으나 본 시험에서는 건물섭취량이 대조구와 유사한 수준으로 유지되어 현저한 유지방함량의 변화를 가져오지 않은 것으로 사료된다. 일반적으로 건물섭취량은 기호성과 밀접한 관계가 있는데 본 연구에서 미역 부산물의 DS-01 미생물에 의한 발효는 기호성에 영향을 주는 해조류 특유의 냄새를 제거함으로 사료섭취량 감소에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 이들의 결과는 백 등 (2004)이 젖소를 이용한 시험에서 건조 미역부산물 일일 800 g의 첨가가 건물섭취량에는 영향을 미치지 않았으며, 유생산량의 증가를 가져오는 결과를 보고하였다. 따라서 생조인 발효미역부산물의 경우도 TMR 사료내 일일 180g (1% FBSW)과 360g (2% FBSW) 첨가수준은 젖소의 건물섭취량에는 영향을 주지 않는 것으로 사료된다. 단위동물인 흰쥐의 실험에서 미역 등의 첨가물이 장균총의 활성에 미치는 영향을 측정한 결과 전체 시험기간 동안 대조구와 미역 첨가구에서 각각 234.61 g과 235.04 g의 건물섭취량을 보였다 (Montserrat과 Isabel, 2002). 경 (1991)의 흰쥐를 대상으로 지질대사에 미치는 영향을 연구한 시험에서도 대조구와 유사한 건물섭취량을 보였다. 이러한 결과는 품종간의 차이가 있다 하더라도 동물에 있어서 미역의 첨가가 건물섭취량에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

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

Variables	Treatments			SEM	p value
	Control	1% FBSW	2% FBSW		
Cows, n	8	8	8		
DMI, kg/d	21.35	21.53	21.71	—	—
Milk yield, kg/d					
Initial	30.83	30.77	30.20	1.442	0.8416
Final	28.98	30.95	30.39	1.676	0.8728
Increment ¹⁾	−1.84	0.23*	0.19		
Milk fat, %					
Initial	4.33	4.47	4.16	0.216	0.8689
Final	3.38	3.49	3.41	0.130	0.9396
Milk protein, %					
Initial	4.20	3.98	4.41	0.123	0.4330
Final	3.09	3.14	3.17	0.062	0.8576
SNF (%)					
Initial	9.42	9.25	9.70	0.098	0.2005
Final	8.82	8.87	8.73	0.084	0.5881
MUN (mg/dl)					
Initial	19.76	16.23	17.79	0.754	0.0880
Final	17.73	16.98	16.70	0.687	0.6796

Abbreviations: FBSW: fermented brown seaweed waste; DMI: dry matter intake; SNF: solid not fat; MUN: milk urea nitrogen;

¹⁾ Increment = D60-D0.

* P<0.05 compared with control group (pairedt-test).

유량은 시험 종료 시 처리구와 대조구간 현저한 차이를 나타냈다. 유량결과를 보면 시험 60일에 대조구, 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 28.99, 31.00, 30.39 kg으로 시험 개시 시 유량을 기준으로 하였을 때 대조구는 1.84 kg/d 감소한 반면 1% FBSW는 0.23 kg/d 증가하는 통계적인 유의차 ($p < 0.05$)를 나타냈다. 이러한 결과를 뒷받침 해주는 결과가 60일의 혈중 비유관련 호르몬 측정결과 (Table 6)에서 나타났는데 결과에서 보면 비유에 밀접한 관련이 있는 T_3 , T_4 , prolactin 등의 호르몬 함량이 1% FBSW에서 대조구에 비해 높은 결과를 나타냈으며, 특히 시험 60일의 경우 혈중 T_4 농도가 대조구에 비해 유의적으로 ($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이러한 결과는 1% FBSW의 첨가에 의하여 비유유지 관련 호르몬들의 분비가 촉진되어 비유량이 대조구보다 증가되는 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 유지방 함량은 시험 60일에 대조구에서 3.38, 3.49, 3.41%로 발효미역부산물 첨가에 의해 다소 증가하는 결과를 나타냈으나 통계적인 유의차는 없었다. 유단백질 함량은 시험 60일에 대조구와 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 3.09, 3.14, 3.17%를 나타내어 처리구 사이 유사한 결과를 나타내었다. SNF (solid-not fat)의 함량은 시험 60일에 대조구와 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 8.82, 8.87, 8.73%를 나타내어 처리구 사이에 유사한 결과를 나타내었다. 우유중 Ca 및 총 콜레스테롤의 함량은 Table 4에서 나타내었다. 시험개시후 40일째 유중 Ca의 함량은 대조구가 13.73 mg/dl로 나타났고 1% FBSW구가 18.02 mg/dl, 2% FBSW구가 16.64 mg/dl로 통계적인 유의차 ($p < 0.05$)를 나타냈다. 이러한 결과는 해조류중의 광물질은 유기태상태로 존재하여 이용효율이 무기태보다 높다(劉, 1992)라는 보고를 토대로 급여된 발효미역부산물 중의 유기태 Ca의 농도의 증가는 Ca의 흡수를 증가시켜 유중 Ca의 농도를 증가시킨 것으로 사료된다. 총콜레스테롤은 시험 40일에 대조구와 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 161.25 mg/dl, 166.13 mg/dl, 159.25 mg/dl로 처리간 유사한 결과를 나타냈다.

2. 체세포수 및 면역글로부린 함량의 변화

Table 5에서 발효미역부산물 첨가 전과 첨가 후 60일에서의 체

세포수, IgG, IgA의 변화양상을 나타내었다. 결과를 보면 체세포수와 IgG와 IgA 모두 처리사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 등 (2005)의 미발효 미역 분말의 첨가에 대한 연구결과에서는 대조구의 체세포수가 시험개시시보다 16.62 % 증가한 반면 미역분말첨가구의 체세포수는 시험개시시보다 53.77 % 감소하였다고 하였다. 하지만 혈중 총 IgG의 함량은 본 연구 결과와 동일하게 미역첨가의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 일반적으로 IgG는 비장, 림프절 및 골수에서 만들어지고 혈액 속에서 가장 많이 검출되며 항체가 매개하는 면역 방어 메커니즘에서 가장 중요한 역할을 하는 항체로 알려져 있다(Tizard, 1999). 아울러 혈중 IgA 농도의 경우 통계적 유의성 차이는 없었으나 시험 종료시 혈중 IgA 농도가 대조구, 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 181.23, 207.83, 242.39 ug/ml로 발효미역부산물사료 첨가 구에서 높아지는 경향을 나타냈다. 이는 IgA가 체표면 밀의 세포에서 분비되어 장, 호흡기, 요도, 피부 및 유선에서 합성 분비되며 분비된 기관에서 면역장벽을 형성하는(Tizard, 1999) 것으로 알려지고 있어 시험기간의 연장될 경우 젖소의 장관면역에 발효미역부산물이 긍정적인 효과가 있을 것으로 예상되어진다.

3. 혈중 호르몬과 대사산물의 변화

혈중 호르몬 및 대사산물의 변화는 Table 6, 7에서 나타내었다. IGF- I은 GH에 의해 간에서 분비되는 호르몬으로서 정상적인 영양 상태에서 GH와 밀접한 상관관계를 갖는다(Lee 등, 2000; 2005). 본 시험의 결과를 보면 대조구, 1% FBSW와 2% FBSW가 각각 342, 329, 280 ng/ml로 발효미역부산물의 첨가수준이 증가할수록 감소하는 추세를 보였으나 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 요오드의 중요한 기능은 thyroxine과 triiodotyronine의 합성원료로 쓰이고(한, 1996) 갑상선호르몬은 비유에 대하여 매우 중요한 역할을 하며 그 분비는 estrogen에 의해 촉진되지만 progesterone에 의해 억제 된다(정 등, 1980).

시험사료 급여 60일째 FBSW 처리구의 혈중 T_3 농도는 미역 첨가에 의해 통계적 유의차 없이 증가하는 경향을 나타냈으나, 1%

Table 4. Effects of dietary FBSW supplementation on milk Ca and cholesterol in Hiostein dairy cows

Variables	Treatments			SEM	p value
	Control	1% FBSW	2% FBSW		
Before FBSW supplementation					
Ca (mg/dl)	14.00	15.36	16.58	0.661	0.2247
Total cholesterol (mg/dl)	150.25	150.63	151.50	9.769	0.9986
After FBSW supplementation 40d					
Ca (mg/dl)	13.73 ^b	18.02 ^a	16.64 ^{ab}	0.922	0.0436
Total cholesterol (mg/dl)	161.25	166.13	159.25	8.388	0.9529

FBSW: fermented brown seaweed waste.

Table 5. Effects of dietary FBSW supplementation on somatic cell counts and Immunoglobulins of dairy cows

Variables	Treatments			SEM	p value
	Control	1% FBSW	2% FBSW		
Before FBSW supplementation					
Somatic cell, (1×10,000)	14.30	7.11	11.95	1.676	0.2679
IgG (mg/ml)	27.65	25.90	28.84	0.543	0.1587
IgA (ug/ml)	179.50	222.20	230.60	14.383	0.3800
After FBSW supplementation 20d					
Somatic cell, (1×10,000)	13.75	11.59	14.83	1.957	0.3215
IgG (mg/ml)	26.59	25.34	26.75	0.455	0.1230
IgA (ug/ml)	185.29	213.15	250.14	15.231	0.3879
After FBSW supplementation 40d					
Somatic cell, (1×10,000)	11.39	9.59	12.30	1.798	0.2760
IgG (mg/ml)	25.50	24.25	26.59	0.419	0.1102
IgA (ug/ml)	180.60	208.30	240.90	12.946	0.2352
After FBSW supplementation 60d					
Somatic cell, (1×10,000)	15.66	13.86	15.19	1.256	0.2590
IgG (mg/ml)	23.36	25.98	25.36	0.419	0.5202
IgA (ug/ml)	181.23	207.83	242.39	10.126	0.3355

¹⁾ All figures represent the mean of 8 cows.

FBSW: fermented brown seaweed waste.

Table 6. Changes in lactogenic hormones after 60d fed FBSW in Holstein dairy cows

Items	Control	1% FBSW	2% FBSW	SEM	p value
IGF- I (ng/ml)	342	329	280	15.542	0.3119
T ₃ (ng/dl)	206	227	224	5.210	0.1371
T ₄ (ug/dl)	4.42 ^b	5.26 ^a	5.14 ^a	0.157	0.0458
Prolactin (ng/ml)	0.47	0.76	0.52	0.100	0.5219

¹⁾ All figures represent the mean of 8 cows.

Abbreviations: IGF- I : insulin like growth factor-1; T₃: triiodothyronine; T₄: thyroxine; FBSW: fermented brown seaweed waste.

와 2% FBSW의 T₄ 농도는 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났는데(p<0.05) 이는 발효미역 첨가의 결과로 사료된다. Pattanaik 등 (2001)도 산양의 기초사료에 일일 두당 0.05 mg과 0.075 mg 수준으로 요오드를 첨가하였을 때 혈청 중 T₃과 T₄의 함량이 대조구에 비해 유의적으로 증가한다고 보고한바 있다. Prolactin은 여러 가지 호르몬이 관여하는 복합적인 과정에서 유선의 발달을 조절하고 유즙의 합성을 자극한다(Hadley, 1996). 본 시험에서 측정된 prolactin의 경우 1% FBSW 처리에서 시험 60일에 0.76 ng/ml로 통계적 유의성 차이는 없었으나 대조구 및 2% FBSW의 0.47

ng/ml과 0.52 ng/ml 보다 높게 나타나는 경향을 보였다. 위의 결과들을 종합해 보면 전반적인 비유관련 호르몬인 T₄의 경우 1% FBSW 처리가 다른 처리구 보다 좋은 결과를 보였고 이러한 비유 관련 호르몬인 T₄의 분비증가로 말미암아 비유량의 지속적인 유지로 이어져 시험 60일에서 비유량의 유의적인 차이를 나타낸 것으로 사료된다.

혈청 대사산물의 변화양상은 Table 7에 나타내었다. 혈청 glucose는 반추동물에서는 주로 당신생에 의해 형성된다. 그것은 탄수화물의 반추위 내에서의 소화율은 glucose가 99.4%, 전분이

Table 7. Effects of dietary FBSW supplementation on metabolite in Holstein dairy cows

Item	Control	1% FBSW	2% FBSW	SEM	p value
Before FBSW supplementation					
Glucose (mg/dl)	93.27	86.06	82.46	2.107	0.0975
NEFA (mEq/dl)	0.25	0.28	0.26	0.020	0.8916
BUN (mg/dl)	12.28	13.37	14.23	0.425	0.2390
TC (mg/dl)	185.00	158.75	212.31	14.127	0.1626
TG (mg/dl)	74.92 ^b	71.29 ^c	78.54 ^a	1.089	0.0021
Ca (mg/dl)	9.22	8.23	9.46	0.390	0.4258
After FBSW supplementation 20d					
Glucose (mg/dl)	64.37	66.15	73.02	3.017	0.3012
NEFA (mEq/dl)	0.34	0.31	0.32	0.020	0.9555
BUN (mg/dl)	18.27	17.81	16.58	0.359	0.0678
TC (mg/dl)	231.35	228.71	165.48	15.012	0.1854
TG (mg/dl)	73.10	73.71	75.52	1.351	0.7327
Ca (mg/dl)	9.05	8.82	10.84	0.589	0.5415
After FBSW supplementation 40d					
Glucose (mg/dl)	66.55	65.51	70.22	2.086	0.2917
NEFA (mEq/dl)	0.32	0.31	0.30	0.017	0.9457
BUN (mg/dl)	19.22 ^a	17.81 ^{ab}	16.58 ^b	0.490	0.0428
TC (mg/dl)	234.33	230.48	163.84	16.010	0.1672
TG (mg/dl)	69.66	72.25	73.84	1.257	0.7237
Ca (mg/dl)	9.26	8.65	10.14	0.535	0.5885
After FBSW supplementation 60d					
Glucose (mg/dl)	65.18	67.82	70.22	2.006	0.4574
NEFA (mEq/dl)	0.35	0.32	0.31	0.025	0.9745
BUN (mg/dl)	18.33	17.28	17.35	0.512	0.1125
TC (mg/dl)	225.11	221.78	178.48	17.092	0.2885
TG (mg/dl)	70.58	69.27	71.49	2.58	0.8851
Ca (mg/dl)	8.54	8.65	9.12	0.412	0.6954

Abbreviations: FBSW: fermented brown seaweed waste; NEFA: nonesterified fatty acid; BUN: blood urea nitrogen; TC: total cholesterol; TG: triglyceride.

85.5%, cellulose가 60.6% 정도 되며 섭취한 탄수화물은 그 구성이 무엇이든 미생물에 의해 발효되어 저급 지방산인 VFA로 전환되기 때문에(하 등, 2005) 포도당이 사료로 공급되었더라도 반추위에서 미생물에 의해 휘발성 지방산으로 분해되어 이용되기 때문이다. 젖소에 있어서 NEFA는 중요한 대사산물로서 에너지 상태를 정확히 반영하며, 특히 생리단계 전환기에 있어서 BCS 보다 더 정확하게 에너지 밸런스를 나타낸다(Robert, 2000). 미국 미시간주 립대에서 제시한 혈청중 NEFA의 농도 참고기준을 보면 건유초기 <0.325 mEq/dl, 전환기 <0.4 mEq/dl, 분만후> 0.6 mEq/dl 이다. 본시험에 이용된 공시동물의 평균 유기는 비유개시 175일로 비유중기에 해당하여 0.25~0.35 mEq/dl로 전환기의 일반적인 수치를 보이고 있으며 시험기간 통계적 유의성 차이는 보이지 않아 에너지 공급에 있어 문제가 없음을 알 수 있다. 시험 40일의 결과를 보면

glucose, NEFA, TC, TG의 농도는 세처리구간에 유사한 결과를 나타내었다. BUN은 단백질의 섭취량과 반추위에서 분해정도, 사료의 아미노산 조성, 단백질의 수요량과 섭취량의 비율, 간과 신장의 기능, 근육조직의 파괴, 사료중의 탄수화물의 양과 반추위에서의 분해율 등 다양한 인자에 영향을 받는다(Robert, 2000). 혈중 BUN의 농도는 2% FBSW 첨가구가 대조구에 비해 현저하게 낮은 16.58 mg/dl을 나타냈으며 이는 체내에서의 단백질 이용이 원활히 진행됨을 시사한다. 혈중 Ca의 농도는 2% FBSW 첨가구가 대조구에 비해 높게 나타났다.

4. 혈구상 및 효소

혈중 WBC, RBC, Hb, Hct, T-b, ALP, GOT, GPT의 변화양

상은 Table 8에서 나타내었다. 혈액은 체중의 약 6~8%를 차지하고 있으며 혈구성분과 액상성분으로 구성되어 있어 이상이 생긴다면 이 두 가지 성분에서 나타나게 된다고 하였다(강, 1986). 시험 20, 40, 60일에 면역 및 항병력과 연관이 있는 WBC, RBC 두 가지 항목이 대조구와 발효미역부산물 첨가구 사이에 유사하게 나타났는데 이는 발효미역부산물의 첨가가 WBC, RBC에 부정적인 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다. 혈액중의 헤모글로빈(Hb) 함량과 혈구 용적비(Hct)는 연령, 성별, 사육환경, 영양상태, 질병 등의 영향을 받으며 총 빌리루빈(T-B)은 적혈구의 헤모글로빈이 분해된 최종산물로서 파괴된 적혈구의 양과 직접적인 관련이 있다(양, 1996). 시험 20, 40, 60일의 결과를 보면 세 가지 항목 모두 대조구와 처리 구 사이 유사한 결과를 나타내어 발효미역부산물사료 첨가

의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. ALP, GOT, GPT는 주로 간 질환 진단에 쓰이는 측정항목이며 간 기능 이상 시 이들 수치가 높아 질 수 있다(Mandiki 등, 1999). 본 시험의 결과 발효미역부산물의 첨가는 ALP, GPT의 혈중 농도에는 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 그러나 GOT는 시험 40일에서 대조구, 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 163.57, 107.71, 146.71 IU/L로 발효미역부산물 첨가구에서 개선되는 효과를 나타냈다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 착유우에 있어서 산유량 증가 및 유중 Ca 증가를 위하여 발효미역부산물첨가가 효과적이며 TMR 사료내 1% 첨가 수준이 경제적인 측면에서 2% 첨가 수준보다 우수한 것으로 여겨진다.

Table 8. Effects of dietary FBSW supplementation on metabolite in Holstein dairy cows

Item	Control	1% FBSW	2% FBSW	SEM	p value
After FBSW supplementation 20d					
WBC ($10^3/\mu\text{l}$)	11.72	11.97	11.24	0.664	0.9092
RBC ($10^6/\mu\text{l}$)	6.07	6.08	5.74	0.086	0.1284
Hb (g/dl)	11.48	11.50	10.89	0.161	0.2330
Hct (%)	29.94	31.25	28.68	0.499	0.0921
T-B (mg/dl)	0.15	0.14	0.15	0.006	0.8864
ALP (IU/L)	218.50	203.12	184.13	16.779	0.6193
GOT (IU/L)	130.88	118.12	157.00	8.904	0.2330
GPT (IU/L)	24.50	24.75	26.75	1.012	0.6445
After FBSW supplementation 40d					
WBC ($10^3/\mu\text{l}$)	14.79	12.64	15.63	0.857	0.2871
RBC ($10^6/\mu\text{l}$)	6.20	5.75	5.93	0.091	0.2138
Hb (g/dl)	11.71	11.19	11.57	0.171	0.5381
Hct (%)	30.57	29.87	30.50	0.522	0.8783
T-B (mg/dl)	0.15	0.16	0.15	0.005	0.4702
ALP (IU/L)	271.43	226.57	222.29	16.482	0.4974
GOT (IU/L)	163.57 ^a	107.71 ^b	146.71 ^{ab}	8.876	0.0204
GPT (IU/L)	26.14	24.85	28.71	1.148	0.4416
After FBSW supplementation 60d					
WBC ($10^3/\mu\text{l}$)	11.53	11.56	11.71	0.694	0.9931
RBC ($10^6/\mu\text{l}$)	5.60	5.71	5.75	0.085	0.6179
Hb (g/dl)	10.50	11.09	11.23	0.172	0.0559
Hct (%)	27.53	29.73	29.87	0.555	0.0987
T-B (mg/dl)	0.16	0.19	0.19	0.009	0.3746
ALP (IU/L)	259.71	225.57	230.71	14.482	0.6882
GOT (IU/L)	193.14	136.71	158.29	10.863	0.1173
GPT (IU/L)	23.14	24.29	25.14	0.858	0.6795

Abbreviations: WBC: white blood cell; RBC: red blood cell; Hb: hemoglobin; Hct: hematocrit; T-B: total bilirubin; ALP: alkaline phosphatase; GOT: glutamic oxalacetic transaminase; GPT: glutamic pyruvic transaminase.

요 약

본 시험은 발효미역부산물의 수준별 첨가가 Holstein 비유우의 산유량과 유성분, 혈중 호르몬과 대사산물 및 IgG와 IgA의 농도에 미치는 영향을 조사하여 발효미역부산물의 사료적 가치를 평가하기 위하여 실시하였다. 산유량을 보면 시험 60일에서 대조구와 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 28.99 kg/d, 31.00 kg/d, 30.39 kg/d로 1% FBSW구에서 대조구에 비하여 2 kg/d의 유량증가를 보였으며, D0에 대한 유량 증가 또한 대조구 -1.84 kg/d에 비하여 1% FBSW는 0.23 kg/d로 유의성 있는 증가를 보였다($P<0.05$). 유지방, 유단백, SNF, MUN 등 유성분에서는 처리간에 유사한 결과를 나타냈다. 우유중의 Ca농도는 시험 40일에서 대조구가 13.73 mg/dl, 1% FBSW가 18.02 mg/dl, 16.64 mg/dl로 통계적인 유의차를 나타냈다($p<0.05$). 우유 중 total cholesterol은 시험개시와 시험 종료시 대조구와 유사한 결과를 나타냈다. 우유중의 체세포는 시험 60일에서 13.86~15.66만개/ml 범위내(체세포 1등급기준 <20만개/ml)에 있음이 관찰되어 발효미역부산물 첨가의 효과가 관찰되지 않았다. 혈중 IgG는 시험 종료 시 처리구간 유사하게 나타났다으며 IgA의 농도는 대조구, 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 181.23, 207.83, 242.39 µg/ml로 발효미역부산물 첨가구에서 대조구에 비해 높게 나타났으나 통계적인 유의차는 없었다. 갑상선호르몬인 T₄는 1%, 2% 발효미역부산물 첨가에 의해 뚜렷한 증가를 보였고($p<0.05$), 비유축진 호르몬인 prolactin 역시 통계적 유의성 차이는 없었으나 1% FBSW가 0.76ng/ml로 가장 높게 나타났다.

혈중 대사산물인 glucose는 처리간 유의차는 나타나지 않았으며 NEFA의 경우도 0.30~0.32 mEq/dl로 처리간 동일한 수준으로 나타났다. BUN의 경우 처리 40일에서 대조구, 1% FBSW, 2% FBSW가 각각 19.22, 17.81, 16.58 mg/dl로 2% FBSW가 유의적으로 낮게 나타났으나, 다른 비유기에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

혈중 WBC, RBC, Hb, Hct, T-B, ALP, GOT, GPT 등 항목의 측정결과 시험 20일에서는 각 항목에서 처리별 차이가 나타나지 않았으며 시험 40일의 경우 혈중 GOT가 1% FBSW이 107.71 IU/L로 가장 낮게 나타났고 2% FBSW가 146.71 IU/L, 대조구가 163.57 IU/L로 통계적인 유의차를 나타냈으나($p<0.05$), 다른 비유기에는 유의차를 보이지 않았다. 결과를 종합해 볼 때 1% 수준의 발효미역부산물의 첨가는 젖소의 산유량 증가에 효과적이며, 이는 비유관련 호르몬의 발현을 증가시킴으로 기인된 것으로 판단된다. 아울러 우유중 Ca의 함량이 현저히 증가되는 결과를 볼 때 발효미역부산물을 보다 효율적으로 이용한다면 고능력 및 고기능성 젖소 사료로의 이용가능성이 높을 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술 연구비(2년) 및 두뇌한국 21 (BK21) 프로그램의 지원에 의해 이루어진 것임.

아울러 실험에 협조해주신 승리목장과 이정식 사장님께 깊은 감사를 표한다.

인 용 문 헌

- 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.
- Daughaday, W. H., Mariz, I. K. and Blethen S. L. 1980. Inhibition of assess of bound somatomedin to membrane receptor and immunobinding sites: A comparision of radioreceptor and radioimmunoassay of somatomedin in native and acid-ethanol extraction serum. J. Clin. Endocrinol. Metab. 51:781-788.
- Franklin ST, Martin KR, Baer RJ, Schingoethe DJ, Hippen AR. 1999. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. J. Nutr. 1999 129 (11):2048-2054.
- 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.
- 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- I and IGF-BPs in Hostein steers. Domestic Animal Endocrinology. 28:134-146.
- 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)-I and IGF-binding proteins in Holstein steers on different planes of nutrition. Domestic Animal Eendocrinology. 18:293-308.
- Mandiki, S. N. M., Mabon, N., Derycke, G., Bister, J. L., Wathélet, J.-P., Paquay, R. and Marlier, M. 1999. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lamb physiology and performance 2. Plasma substances and activity of the thyroid. Animal Feed Science and Technology. 81:93-103.
- 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.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle 7th revised edition. National academy press, Washington, DC.
- 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(2001):51-59.
- Robert, J. and Van, S. 2000. Blood profiles as indicators of nutritional status. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2000/Chapter33.htm>
- Tizard, L. R. 1999. Veterinary immunology an introduction(sixth edition). W.B.SAUNDERS COMPANY. p139-143.
- Yonekura, L. and Suzuki, H. 2003. Some polysaccharides improve zinc bioavailability in rats fed a phytic acid-containing diet. *Nutrition Research* 23:343-355.
- 강정부. 1986. 혈액. 대한수의사회지. 22(4). 217.
- 경선이. 1991. 해조류(미역, 김)의 섭취가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 동덕여자대학교 석사학위논문.
- 劉永鋼. 1992. 用海藻作飼料. 臺灣飼料營養雜誌. 1992(4):19-25.
- 박권필, 김태희, 김영숙. 2003. 미역부산물로부터 알기네이트의 추출 및 다 알기네이트의 이용. *한국환경과학회지*. 12(1):63-68.
- 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.
- 안성준, 김영숙, 박권필. 2004. 미생물을 이용한 미역부산물의 저장 및 알긴산염 저분자화. *한국환경과학회지*. 13(3):313-318.
- 양일석. 1996. 가축생리학(제3판). 광일문화사. p63-80.
- 이흥구, 홍중산, 이철호, 허성웅, 김훈, 김명국, 이현준, 최낙진, 고태송, 최윤재. 2005. 미역부산물의 첨가가 홀스타인 비유우의 비유성적과 내분비생리에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 47(4):573-582.
- 정길생, 맹원재, 정영채, 이규승, 박원균, 한홍율. 1980. 비유생리학. 건국대학교 출판부. p125-126.
- 하종규, 이성실, 문양수, 김창현. 2005. 반추동물영양생리학. 서울대학교 출판부. p96.
- 한인규. 1996. 동물영양학. 도서출판 신평. p224.
- (접수일자 : 2010. 3. 9 / 수정일자: 2010. 4. 23 / 채택일자 : 2010. 6. 1)