

## 젖소폐기물에서 생산된 Algae Meal의 화학적조성 및 사료적가치

김 용 국, 은 정 식, 김 상 덕

충남대학교 농생화과

## Chemical Composition and Nutritional Value of Algae Meal Produced from Dairy Cow Wastes as a Feedstuff

Y. K. Kim, J. S. Eun, S. D. Kim

Department of Dairy Science, Chungnam National University

### ABSTRACT

Algal meal (cell) was produced from the solution of dairy cow wastes by fermentation of *ulothrix*. sp. and *chlorella* sp. Raw wastes mainly feces were diluted with ground water to give dry matter concentration of 0.5 w/v of wastes in 20 l amounts of ten plastic containers. Each containers were covered with plastic nets and vinyl films to protect from the insects and rain. Algea cells were harvested every 3 to 5 days and dried by sunlight and artifitial heat. Dried cells were ground by a feed meal, and analyzed and tested for the chemical composition of dry cell, in vitro DM and protein digestibility and the safty of algae.

Protein contents in algae meals, ulothrix (29.37%) and chlorella (29.24%) were similar. However, chlorella contained lower Neutral detergent fiber (5.92%) than ulothrix (20.76%), and higher ash (32.86%) and calcium (12.62%) than ulothrix (28.66% and 6.09 %) ( $P < .01$ ). Ulothrix protein had higher for essential amino acids; valine, isoleucine and phenylalanine, than chlorella ( $P < .05$ ). Algal fats contained high saturated fatty acids, C16:0 and C18:0, for ulothrix and high unsaturated fatty acids, C18:1 and C18:2, for chlorella ( $P < .01$ ). In vitro digestibility of ulothrix tended to be higher for DM, but lower for protein than chlorella. The weight gain and survival percentage were higher for pond fishes (loaches, *Misgurnus* sp.) fed diet added chlorella meal than diets added ulothrix meal and control diet ( $P < .05$ ).

**Key words :** algae meal, dairy cow wastes, chemical composition, digestibility, safty test

## 초 록

젖소폐기물(분뇨)에서 algae meal (cell)을 생산하여 사료로의 재활용 하기 위하여 야생에서 선별한 2종의 algae, *ulothrix*와 *chlorella*을 배양하여 algae meal을 생산하였다. 생산된 aigae meal의 일반 성분, 투기물, 아미노산 조성 및 지방의 지방산조성을 분석하였으며 *in vitro* 건물 및 조단백질 소화율 측정하고 어폐류에 대한 성장효과 및 안정성을 2종 간을 비교 분석하였다. Algae meal (*ulothrix* 및 *chlorella*)의 일반성분 중 건물기준 조단백질 함량은 29.03% 및 29.24%로 유사하였으나 다른 성분 특히 NDF 함량(20.76% 및 5.92%), 조회분 함량(28.99% 및 32.86%) 및 Ca 함량(6.09% 및 12.62%)은 algac종 간에 상당한 유의차를 나타냈다( $P < .01$ ). Algae meal의 필수아미노산 조성에서 *ulothrix*가 valine, isoleucine 및 phenylalanine 등의 함량이 *chlorella*에서 보다 높게 나타났고 isoleucin, glycine 및 proline 함량은 *chlorella* (1.46%, 9.79% 및 8.25%)에서 *ulothrix* (1.16%, 14.4% 및 1.03%)에서 보다 매우 높게 나타났다( $P < .01$ ). Algae meal지방의 포화지방산 조성은 C16:0 및 C18:0의 함량이 *ulothrix*(33.07% 및 20.70%)에서 *chlorella* (27.17% 및 7.03%)에서 보다 높았고( $P < .01$ ) 불포화 지방산 조성은 C18:1, C18:2 및 C18:3은 *chlorella* 함량(24.83%, 13.06% 및 5.76%)이 *ulothrix* 함량(4.69%, 0.03% 및 7.51%) 보다 매우 높았다( $P < .01$ ). Algae meal의 *in vitro* 반추위 및 전체 건물 소화율은 *ulothrix* (36.33% 및 69.43%)가 *chlorella* (42.57% 및 72.83%)에서 높았다( $P < .05$ ). Algae meal의 어폐류에 대한 성장효과 및 안정성(증체율 및 생존율/8주)은 *chlorella* (178% 및 100%)가 *ulothrix* (1.59% 및 90%)나 대조구(158% 및 86.7%) 보다 높았으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다( $P > .05$ ).

**핵심용어 :** 녹조류, 젖소폐기물, 화학조성분, 소화율, 안정성

## 1. 서 론

젖소 사육시에 다량의 폐기물이 발생되는데 (Van Horn *et al.*, 1994), 이는 환경오염의 주된 요인이 되기도 한다. 가축폐기물은 퇴비 (Lanyon, 1994), Biogas (홍 등, 1983) 및 사료 (Anthony, 1970; Bhattacharya and Taylor, 1975)로써 이용 방법이 알려져 있으나 실제 생산량에 비해 사용량은 미미한 실정이다.

젖소폐기물중 액상은 물론 고형물도 일부 액화되어 폐수 상태가 되는데 이와 같은 폐수를

이용하여 algae를 배양하고 생산된 algae를 사료로 이용한다면 폐수 정화와 아울러 자원의 재활용이 가능할 것이다. Algae는 본래 수질 정화에 효과가 클 뿐만 아니라 (Lightowers, 1988; Govindan, 1989) 다른 작물에 비하여 단위 면적당 생산량이 높은 작물(미생물)로 알려져 있다(Fallowfield and Garrett, 1985; Govindan, 1989). 특히 algae는 단백질 함량(40~50%)과 무기물 함량(10~20%)이 높아 각종 가축 사료로 시험되었다. 즉, 반추가축(Hintz *et al.*, 1966; Hasdai and Ben-Chedalia, 1981), 가금(Rowland *et al.*, 1979; Lipstein

and Hurwitz, 1980) 및 어페류(O'Connor and Nell, 1991; Sommer *et al.*, 1994) 사료로의 가치가 인정되고 있다.

그동안 algae 시험은 주로 생활 폐수나 양돈 폐수에서 생산된 algae에 대한 연구가 많았고 (Wilson and Houghton, 1974; Fallowfield and Garrett, 1985) 낙농 폐수에 대한 연구는 잘 알려져 있지 않다. 더구나 최근에 젖소 사육은 개방 우사에서 사육하는 경향이 증가되므로 폐기물 처리에 세척수가 많이 사용되어 액상 폐기물량도 급증되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 젖소 폐기물을 이용하여 생산된 algae meal에 대한 화학적 조성과 영양적 가치를 규명하여 사료로써 이용방안을 모색하고자 연구를 실시하고 그 결과를 발표하는 바이다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 Algae

본 연구에 공시한 algae 종균은 젖소폐기물에서 생육이 왕성한 종을 자연에서 선별하여 배양 (James, 1978) 하였는데, 대전광역시 근교 자연에서 수집한 algae(정, 1992) 중에서 서늘한 기온(초봄 및 늦가을)에서 성장이 양호하고 섬유성 세포를 형성하여 수확이 용이한 *ulothrix* 종과 미국 South Dakota주 Brookings시 근교에서 수집한 algae로 고온(늦봄, 여름 및 초가을)에서 생육이 왕성한 *chlorella*종을 접종용으로 이용하였다.

### 2.2 젖소폐기물

젖소폐기물(분뇨)은 충남대학교 동물사육장에서 사육되고 있는 1일 유량 20kg 정도로 일반적인 착유우 사료를 급여한 착유우군에서 배출되는 폐기물 즉, 농(尿)가 혼합된 우분(牛糞)을 수집하여 이용하였는데 분과 농의 NPK

**Table 1.** Mineral composition of dairy cow feces and urine

Mineral	N	P	K	Ca	Mg
Feces, % of DM	2.58	0.67	0.75	2.20	0.68
Urine, mg/100 ml	8.00	5.60	793.00	-	-

함량은 Table 1과 같다.

### 2.3 Algae meal의 생산

1) 배양 : 직경 55 cm × 높이 15 cm의 25 liter 용적의 원통 plastic 용기 10개에 각각 20 liter의 젖소분뇨 0.5%, w/v 배양액을 넣고 곤충이나 기타 벌레의 오염을 방지하기 위하여 곤충망을 덮고 다시 우천시 빗물의 오염의 방지와 보온 효과를 위하여 vinyl film을 덮어 algae를 배양하였다.

2) 수확 : 수확은 배양후 대략 3~5일 간격으로 algae의 성장상태를 육안으로 판단하여 완전 성숙단계에서 0.5 mm screen을 이용하여 수시 실시하였다. 수확한 algae cell은 3회 이상 지하수로 세척하여 양건시키고 최종적으로 60°C 환풍건조기에서 24시간 이상 전조시킨 후에 0.5 mm screen이 부착된 사료분쇄기 (Cemotec 1090 Sample Mill, Tecator, Sweden)로 분쇄하여 분석 및 시험용으로 이용하였다.

### 2.4 Algae cell의 화학적 성분분석

Algae cell의 일반조성분 즉, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 및 가용무질소물 함량은 AOAC (1990) 방법에 의하여 분석 및 계산 하였으며 NDF (Neutral Detergent Fiber) 및 ADF (Acid Detergent Fiber) 함량은 Goering과 Van Soest (1970)의 방법을 이용하여 분석 하였다. 시료중의 carotene 함량은 AOAC (1990) 방법에 의하여 분석하였다. 시료 중의 주요 무기물 즉, Calcium, Phosphorus 및 Magnesium은 Atomic absorption spectrophotome-

ter (Shimadzu AA-680)와 Spectrophotometer (Shimadzu UV-160)로 분석하였다.

Algae 단백질의 아미노산 조성은 10 mg N의 시료를 250 mL flask에 넣고 0.1% phenol을 포함한 6N HCl 100 mL을 넣고 110~120°C에서 24시간 동안 분해시킨 후에 냉각하고 whatman #1 여과지에 여과시킨 후에 amino acid 자동분석기 (HPLC, Spectra Physics 8875)로 분석하였다. algae의 지방산은 지방을 butyl esterification한 다음 Gas chromatography (Supelco, Inst. Inc., USA)로 분석하였다.

## 2.5 In vitro 건물 및 단백질 소화시험

Algae meal의 소화율시험은 Tilly와 Terry (1963)의 2단계 소화시험 즉, 1단계 : 반추위 소화시험과 2단계 : 제4위 (pepsin) 소화시험 방법을 기초로 하여 실시하였는데 소화시간은 각각 48시간으로 정하였다. 한편 위액채취 및 처리방법은 반추위에 누관 (festular)을 장착한 촉유우에서 CO<sub>2</sub>가 충전된 1 L Erlenmyer flask에 500 mL의 위액을 채취하여 보온통을 이용하여 위액의 온도를 유지하여 실험실로 운반하였다. 운반된 위액은 CO<sub>2</sub>가 충전된 투명 vinyl 상자 내에서 3겹의 cheese cloth로 여과한 다음에 접종용 위액으로 이용하였다.

## 2.6 담수어를 이용한 algae meal의 안정성 시험

- 1) 공시담수어 : 평균 체중 2.6 g 정도의 미꾸라지 (Loach, *Misgurnus* sp.)를 시중 (대전광역시 중구 중앙시장)에서 구입하여 공시하여 처리구당 30수 (3반복)를 배치하여 총 90수를 이용하였다.
- 2) 사육시험은 1997년 8월 20일부터 동년 10월 20일까지 8주간 실시하였다.
- 3) 시험구배치 : 대조구, ulothrix meal첨가

구 및 chlorella meal첨가구을 각각 3반복으로 설치하여 9개의 사육조를 라틴 방각법으로 배치하였다.

- 4) 사육조 : 가로 40 cm × 세로 30 cm × 높이 20 cm의 플라스틱 통의 바닥에 5 cm 정도의 녹흙을 넣고 지하수물을 상온에서 방치하여 수온을 상온으로 조절한 다음 2일 1회 10 L 정도가 완전 교환되도록 자동 공급하였다.
- 5) 사료는 기본사료 (Table 2)를 기준 (Hepher, 1988)으로 하여 사료 전물기준으로 체중의 3%를 매일 급여하였는데 처리구에서는 기본사료 90% (2.7%) 및 algae meal 10% (0.3%)를 각각 급여하였으며

Table 2. Ingredient and chemical composition of the basal diets for pond fishes (Loaches).

	(% of DM)
<b>Ingredient composition</b>	18.62
Fish meal, Manheden	24.68
Wheat flour	15.00
Wheat bran	5.00
Defatted rice bran	10.00
Corn gluten meal	23.71
Soyben meal	0.30
Salt	0.18
Choline	0.05
Stay	0.11
Calcium propionate	0.10
MGO	0.50
Mineralmix <sup>a</sup>	0.80
Vitamin mix <sup>b</sup>	
<b>Chemical composition</b>	
Crude protein	34.88
Crude fat	4.00
Crudeash	8.70
Ca	1.10
P	0.80

<sup>a</sup>(mg/kg): I 5.00, Co 3.00, Cu 3.00, Fe 150.00, Mn 15.00, Se 0.20, Zn 40.00.

<sup>b</sup>Vit. A 9,600.00 IU/kg, Vit. D<sub>3</sub> 1,920.00 IU/kg, Vit K<sub>3</sub> 8.00 mg/kg, Vit B<sub>1</sub> 8.00 mg/kg, Vit. B2 6.40 mg/kg, Vit. B<sub>6</sub> 8.00 mg/kg, Vit. B<sub>12</sub> 20.00 mcg/kg, Biotin 80 mcg/kg, Folic acid 2.40 mg/kg, Niacin 100.00 mg/kg.

- algae meal은 물과 회석하여 작은 pellet 형태로 조제한 후에 건조하여 급여하였다.
- 6) 조사항목 : 미꾸라지 (loach)의 체중은 주 1회 전자저울을 이용하여 측정 하였으며 생존율(폐사유무)은 매일 확인하였다.

## 2. 7 통계처리

사료의 각 화학적조성과 *in vitro*소화율은 algae종(種) 간(ulothrix와 chlorella)의 차이는 T-test로 유의차를, 그리고 담수어에 대한 안정성 시험에서 대조구와 처리구간의 결과 차이를 Duncan 다중검정에 의하여 통계적 유의성을 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3. 1 Algae meal의 화학적조성

Table 3에 나타난 바와 같이 본 시험에서 분석된 ulothrix 및 chlorella meal(cell)의 건물기준 주요 영양소 함량은 Table 3과 같다.

Ulothrix 및 chlorella의 조단백질 함량은 각각 29.37% 및 29.23%로 종(種)간에 비슷한 결과를 보였다. 조단백질 함량은 다른 폐기물에서 생산된 algae의 함량 45~51% (Hintz *et al.*, 1966; Garrett *et al.*, 1976; Hasdai and Ben-Chedalia, 1981; Durrani and Khalil, 1989)보다는 낮았고 Nikil' Burskii (1990)가 보고한 red algae의 29.97%와는 비교적 유사하였다.

조지방 함량은 일반사료의 함량범위에 속한다고 판단되는데 ulothrix (3.08%) 보다 chlorella (4.74%)에서 높게 나타났다 ( $P < .01$ ).

조섬유 함량은 두 품종 모두 이미 발표된 다른 연구 결과 (4~6%)와 유사하였으며 ulothrix (5.70%)에서 chlorella (5.59%) 보다 높았다. 중성세제섬유소 (NDF) 함량은 다른 문헌에서는

**Table 3.** Chemical composition of algae meal produced from dairy cow wastes

Component	Algae	
	Ulothrix	Chlorella
	----- (% of DM) <sup>c</sup> -----	
Crude protein	29.03 ± 0.33 <sup>a</sup>	29.24 ± 0.03 <sup>a</sup>
Ether extract	3.08 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.74 ± 0.10 <sup>b</sup>
Crude fiber	5.70 ± 0.19 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.28 <sup>b</sup>
Neutral detergent fiber	20.76 ± 0.79 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.16 <sup>b</sup>
Acid detergent fiber	6.33 ± 0.97 <sup>a</sup>	3.43 ± 0.16 <sup>b</sup>
Ash	28.99 ± 0.02 <sup>a</sup>	32.86 ± 0.03 <sup>b</sup>
Nitrogen-free extract	33.20 ± 1.00 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.42 <sup>b</sup>
Calcium	6.09 ± 0.12 <sup>a</sup>	12.62 ± 0.47 <sup>b</sup>
Phosphorus	3.25 ± 0.21 <sup>a</sup>	2.70 ± 0.16 <sup>b</sup>
Magnesium	1.52 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.08 ± 0.14 <sup>b</sup>
Carotene, ppm	9.86 ± 0.10 <sup>a</sup>	10.98 ± 1.14 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Means within a row with unlike superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

<sup>c</sup> Mean ± SD.

보고되지 않았으나 본 결과에서 ulothrix종 (20.76%)이 chlorella종 (5.92%) 보다도 매우 높았다 ( $P < .01$ ). 이는 ulothrix종이 섬유성 구조를 가지고 있으므로 자체의 형태를 유지하기 위하여 hemicellulose를 자체 합성하여 NDF 함량이 높게 나타난 것으로 판단된다. 한편 산성세제섬유소 (ADF) 함량도 ulothrix에서 높게 나타났으며 원인은 역시 형태유지를 위한 섬유성 물질의 합성이 것으로 추측된다.

조회분 함량은 ulothrix (28.99%) 및 chlorella (32.86%)로 모두 일반사료에 비하여 매우 높았으며 품종간에도 함량의 차이가 통계적 유의차 ( $P < .01$ )를 보였다. 이는 Hintz 등 (1966)이 보고한 6.24%, Garrett 등 (1976)의 6.4%, Durrani와 Khalil (1989)의 6.8% 및 7.2%, Fallowfield와 Garrett (1985)의 18.82 및 16.85% 보다 높게 나타났고 Hasdai와 Ben-Chedalia (1981)이 보고한 25.5%와는 비교적 유사한 결과를 보였으나 역시 본 시험 결과가 더 높았다고 판단할 수 있다. 따라서 젖소 폐기물에서 생산된 algae meal의 조회분함량은 다

른 algae meal에 비하여 상당히 높은 것을 알 수 있다.

가용무질소물함량은 비교적 조회분 함량이 낮은 ulothrix종(33.20%)이 chlorella종(27.56%)보다 높았다.

Ca 함량은 chlorella종(12.62%)이 ulothrix 종(6.09)보다 현저히 높았으며( $P<.01$ ), 후자의 함량도 다른 폐기물에서 생산된 algae meal의 함량 2~6% (Hintz *et al.*, 1966; Lipstein 과 Hurwitz, 1980; Durrani와 Khalil, 1989) 보다는 높게 나타났다. P와 Mg 함량은 이들의 보고와 유사하였으나, 단지 Lipstein과 Hurwitz (1980)가 보고한 algae의 P 함량 풍건기준 11.7%와 비교하여 본 실험에서 생산된 algae의 P 함량 3.25% (ulothrix) 및 2.70% (chlorella)와는 상당한 차이를 보였다. 따라서 젖소 폐기물에서 생산된 algae meal에는 다른 가축이나 생활폐수에서 생산된 algae meal에 비하여 Ca 함량이 높고 P의 함량은 낮은 것으로 판단되었으며, 특히 Ca의 함량이 chlorella종(12.62%)에서 높게 나타난 것이 매우 특이한 사항으로 판단된다.

본 실험에서 생산된  $\beta$ -carotene 함량 ulothrix종의 9.86 ppm은 chlorella의 10.98 ppm은 Hintz 등(1966) 221.4 ppm에 비해 낮았는데 이는 시료채취 후 분석시까지 기간(1년)이 길었기 때문에 일부 carotene이 파괴되었을 가능성도 있다고 추측되어 앞으로 수확 및 사료준비 후 빠른 시간대의 분석치가 요구된다고 본다.

### 3. 2 Algae meal의 아미노산 조성

본 실험에서 생산된 algae의 아미노산 조성은 Table 4와 같은데 ulothrix의 필수 아미노산 조성은 valine (1.44%), isoleucine (1.26%) 및 phenylalanine (1.22%)이 특히 chlorella에

서보다 높았고, 비필수 아미노산은 glycine과 proline의 함량이 ulothrix (1.44% 및 1.03%) 보다 chlorella (9.79% 및 8.25%)에서 매우 높게 나타났다( $P<0.01$ ).

본 연구의 결과(ulothrix)는 이미 보고된 algae에 많이 들어 있는 필수 아미노산은 leucine, arginine, lysine 또는 valine 및 phenylalanine (Chung *et al.*, 1978; Lipstein and Hurwitz, 1980; Durrani and Khalil, 1989)은 본 보고와 매우 다르며 Garrett 등(1976)이 보고한 lysine, leucine, phenylalanine, arginine 및 tyrosine의 다양함유 순서와도 차이를 보였다. 비필수 아미노산 중 glutamic acid, alanine 및 aspartic acid 순으로 높게 나타난 내용(Chung *et al.*, 1978)과 ulothrix 내용과는 유사하였으나 chlorella와는 전혀 상이하였다.

Table 4. Amino acid composition of algae produced from dairy cow wastes

Amino acids	Algae	
	Ulothrix	Chlorella
----- (% of DM) <sup>c</sup> -----		
Essential	1.10±0.03 <sup>a</sup>	0.92±0.07 <sup>b</sup>
Arginine	0.28±0.07 <sup>a</sup>	0.18±0.07 <sup>a</sup>
Histidine	1.26±0.07 <sup>a</sup>	0.87±0.08 <sup>b</sup>
Isoleucine	1.16±0.05 <sup>a</sup>	1.46±0.04 <sup>b</sup>
Lysine	1.16±0.03 <sup>a</sup>	0.92±0.02 <sup>b</sup>
Methionine	0.43±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>b</sup>
Phenylalanine	1.22±0.02 <sup>a</sup>	0.84±0.03 <sup>b</sup>
Threonine	1.12±0.01 <sup>a</sup>	0.89±0.02 <sup>b</sup>
Valine	1.44±0.03 <sup>a</sup>	0.99±0.05 <sup>b</sup>
Non-essential		
Alanine	2.25±0.03 <sup>a</sup>	1.51±0.01 <sup>b</sup>
Aspartic acid	2.30±0.04 <sup>a</sup>	1.94±0.02 <sup>b</sup>
Glutamic acid	2.82±0.02 <sup>a</sup>	2.00±0.03 <sup>b</sup>
Glycine	1.44±0.03 <sup>a</sup>	9.79±0.04 <sup>b</sup>
Proline	1.03±0.03 <sup>a</sup>	8.25±0.02 <sup>b</sup>
Serine	0.97±0.02 <sup>a</sup>	0.97±0.02 <sup>b</sup>
Tyrosine	0.75±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Means within a row with unlike superscript differ ( $P<0.05$ ).

<sup>c</sup> Mean±SD.

다. 특히 본 연구에서 규명된 chlorella의 경우는 glycine (9.79%)과 proline (8.25%) 함량이 매우 높았다. 따라서 ulothrix의 아미노산 조성은 이미 보고된 양돈폐수나 생활폐수에서 생산된 algae와 유사한 점이 많으나 chlorella의 아미노산 조성상 기준발표 내용과 상이한 점은 폐수의 차이와 더불어 algae종(種)의 특징이 다르기 때문으로 추정된다.

### 3. 3 Algae 지방의 지방산조성

Algae지방의 지방산조성을 분석한 결과는 Table 5에 나타난 바와 같은데 포화지방산의 함량은 ulothrix종에서는 C16:0, C18:0, C24:0 및 C22:0 순으로 높게 나타났고 chlorella 종은 C16:0, C18:0, C14:0 및 C22:0 순으로 높게 나타나고 함량 비율도 달라 전체적으로 차이를 나타냈으며 불포화지방산 함량비율도 두 종류간에 큰 차이를 보였는데 특히, C18:1과 C18:2는 chlorella (24.83% 및 13.06%)에서 ulothrix (4.69 및 0.33%)보다 매우 높았다

Table 5. Fatty acid composition of algae meal produced from dairy cow wastes

Fatty acid	Algae	
	Ulothrix	Chlorella
	----- (% of DM) -----	
Saturated		
14:0	0.02±0.00 <sup>a</sup>	6.90±0.02 <sup>b</sup>
16:0	33.07±1.56 <sup>a</sup>	27.17±0.31 <sup>b</sup>
18:0	20.07±0.29 <sup>a</sup>	7.03±0.03 <sup>b</sup>
20:0	3.37±0.02 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>
22:0	5.40±0.02 <sup>a</sup>	2.30±0.02 <sup>b</sup>
24:0	8.57±0.02 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>
Unsaturated		
16:1	5.06±0.03 <sup>a</sup>	5.55±0.02 <sup>b</sup>
18:1	4.69±0.24 <sup>a</sup>	24.83±0.07 <sup>b</sup>
18:2	0.03±0.02 <sup>a</sup>	13.06±0.35 <sup>b</sup>
18:3	7.51±0.17 <sup>a</sup>	5.76±0.12 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Means within a row with unlike superscripts differ ( $p<0.01$ ).

<sup>c</sup> Mean±SD.

( $P<.01$ ).

Lipstein과 Hurwitz (1980)의 보고에 의하면 chlorella의 지방산 조성이 C16:0 20.5%, C16:1 10.9%, C18:3 29.5%, C18:2 14.9% 및 C18:1 10.2%로 본 연구결과와는 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 algae배양용 폐기물의 종류와 배양 algae의 종, 즉 chlorella종 이지만 종(種)이나 수집 장소가 다르기 때문으로 추정된다.

### 3. 4 In vitro 건물 및 조단백질 소화율

본 시험에서 수확하여 분석한 algae meal의 in vitro 건물 및 조단백질 소화율은 Table 6에 나타난 바와 같다.

ulothrix 및 chlorella의 반추위 건물소화율 (1단계) 및 전체소화율 (2단계)의 36.33% 및 30.16% 그리고 69.43% 및 68.35%로 나타나 종간의 소화율에 유의차가 인정되었다 ( $P<.05$ ). 한편 조단백질 소화율은 ulothrix 및 chlorella에서 37.61% 및 42.57% 그리고 71.02% 및 72.33%로 반추위소화율에서는 통계적차이를 보여 chlorella의 단백질 소화율이 약간 높은 것으로 나타났다 ( $P<.05$ ).

Hintz 등 (1966)이 보고한 오수(sewage)에서 생산된 algae meal의 건물 및 조단백질 소화율은 면양에서 54.2% 및 72.5% 그리고 측우

Table 6. in vitro dry matter and protein digestibility of algae produced from dairy cow wastes

Stage	Algae	
	Ulothrix	Chlorella
	----- (% of DM) -----	
1st	DM	36.33±0.29 <sup>a</sup>
	Protein	37.61±1.23 <sup>a</sup>
2st	DM	69.43±0.09 <sup>a</sup>
	Protein	71.02±0.36 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Means within a row with unlike superscripts differ ( $P<0.01$ ).

<sup>c</sup> Mean±SD.

에서는 50.5% 및 73.8%와는 본 연구 결과와 비교하여 전물 소화율에서는 차이를 보였으나 전체 단백질 소화율에서는 이들의 보고와 유사하였다. 또한 Hasdai와 Ben-Chendalia (1981)이 보고한 오수에서 생산된 algae (chlorella)가 전물기준으로 36% 함유된 사료와 대두박이 함유된 사료와의 면양에서의 전체 의견상 전물소화율은 69.3% 및 79.3% 의견상 조단백질 소화율은 71.3% 및 83.6%로 algae meal이 함유된 사료의 소화율이 대두박이 함유된 사료의 소화율이 전물 및 조단백질 모두에서 낮게 나타난 것을 볼 수 있다.

따라서 algae meal은 단세포미생물로써 세포벽이 단단하므로 소화율이 식물성 사료에 비하여 떨어지는 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에 사용한 algae meal은 전체단백질 소화율을 소화되는 소화기관에 따라 실험한 내용 즉, 반추위소화율이 낮고 반추위와 4위 소화율을 합한 전체소화율은 다른 보고와 유사하므로 반추위통과 단백질 (ruminal undegraded protein 또는 ruminal bypass protein)의 효과가 기대되며 앞으로 이에 관한 계속적인 연구가 요구된다고 판단된다. 따라서 algae meal의 다양 생산 조건이 구비되어 많은량의 생산이 가능할 경우는 반추가축 사료의 첨가제로서의 뿐만 아니라 단백질 사료로써도 생산 및 이용의 실용화가 기대된다고 판단된다.

### 3. 5 Algae meal의 첨가제로서의 효과와 안정성 시험

본 연구에서 규명된 담수어(미꾸라지) 사료에 대한 algae meal의 첨가 효과는 Table 7에 나타난 바와 같다.

Algae meal을 첨가한 사료를 급여한 처리구의 성장 (chlorella, 4.61 g/8주)가 대조구 (4.11 g/8주) 보다 높았으며 ( $P < .05$ ) 수치상

**Table 7.** Weight gain and mortality of pond fishes fed algae meal produced from dairy cow wastes for 8 weeks

	Diets		
	Control	Ulothrix	Chlorella
Initial wt., g	2.6 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>
Final wt., g	4.11 <sup>a</sup>	4.31 <sup>ab</sup>	4.61 <sup>b</sup>
% of initial	15.8 <sup>a</sup>	159 <sup>a</sup>	178 <sup>a</sup>
Total No.	30	30	30
Survival No.	26	27	29
Dead No.	4	3	1
% of survival	85 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Means within a row with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

으로 생존율도 chlorella 급여구가 대조구나 ulothrix구 보다 높게 나타났다. 이는 대조구 사료와 algae사료와의 비교시험 결과는 잘 알려져 있지 않으나 algae meal 또는 생 algae의 급여가 어폐류의 성장(O'Connor *et al.*, 1992)과 색소 첨가 효과(Sommer *et al.*, 1991)가 높았다는 보고 내용으로 보아 algae meal이 담수어 사료로의 가치가 높을 것으로 추측된다.

본 연구 결과 젖소폐기물에서 생산된 algae meal은 영양소 조성(Table 3, 4 및 5) 뿐만 아니라 안전성(Table 7) 면에서도 어폐류 사료로의 효과가 기대된다고 사료된다. 더구나 본 Algae meal에는 미지성장인자(UGF; unidentified growth factor)가 함유되어 있을 가능성 이 매우 높고 아울러 항생효과도 기대되므로 앞으로 계속적인 연구 가치가 있을 것으로 사료된다.

### 3. 6 종합고찰

본 연구에서 규명한 젖소폐기물에서 생산된 2종(*ulothrix* 및 *chlorella*)의 algae meal의 다른 배양액이나 종에서 생산된 algae meal 비교하여 화학적 조성중 조단백질 함량은 비교적 낮으나 일반적인 사료와 비교할 경우는 조단백질

함량이 높다고 판단되며 단백질의 아미노산 조성은 양호한 편으로 평가되었다. Algae meal에는 특히 조회분 함량이 높은 것이 특징이라 할 수 있으며 특히 chlorella에서 Ca 함량(12.62%)이 높은 것은 chlorella meal이 단백질 사료 뿐만 아니라 Ca나 무기질(mineral) 사료로의 가치가 기대된다(Rowland *et al.*, 1979). chlorella meal지방의 지방산 조성에서 필수지방산인 불포화지방산 C18:2과 C18:3의 비율이 높은 것도 장점으로 판단되고 어폐류의 시험 결과로 보아 어폐류 사료로의 개발이 기대 된다고 볼 수 있다.

그러나 algae의 생산면에서 면적당 생산량이 어느 작물 보다도 높게 평가(Fallowfield와 Garrett, 1985)되고 폐수정화의 효과(Govindan, 1989)도 기대되지만 폐수를 저장 할 수 있는 시설과 폐수를 회석할 다량의 물(수원)이 요구되고 강력한 햇빛이 필수적이라 할 수 있다. 또한 폐기물 회석 및 algae의 수확과 건조 등 대한 자동화 시설 등 기술이 개발이 요구된다고 평가된다. 그러므로 천연적으로 조건이 가추어진 낙농장 즉, 논이나 연못과 같은 폐수 저장시설이 주어지고 주위에 시냇물과 같은 천연수의 공급이 충분한 곳이면 algae를 이용한 젖소폐기물의 처리겸 algae meal의 생산과 이용이 기대된다고 판단된다.

또한 비교적 자동화된 시설을 설치하고 비닐온실(vinyl house) 등을 이용하여 고품질의 algae meal을 생산한다면 앞으로 algae meal은 첨가제 즉, 무기물 공급제, 미지성장인자 공급제 또는 질병예방 치료용 첨가제로써 개발이 기대되며 이에 관한 앞으로의 연구가 요구된다 고 판단된다.

#### 4. 결 론

젖소폐기물(분뇨)을 이용하여 algae meal(cell)을 생산하여 사료로의 재활용 방안을 모색코자 야생에서 선별한 2종의 algae, *ulothrix* 와 *chlorella*를 배양하여 algae meal을 생산하였다. 생산된 algae meal의 일반 성분, 무기물, 아미노산 조성 및 지방의 지방산조성을 분석 하였으며 *in vitro* 건물 및 조단백질 소화율 측정하고 어폐류에 대한 성장효과 및 안정성을 2종 간을 비교 분석하여 그 결과를 보고하는 바이다.

1. Algae meal (*ulothrix* 및 *chlorella*)의 일반성분중 건물기준 조단백질 함량은 29.03% 및 29.24%로 유사하였으나 다른 성분 특히 NDF 함량(20.76% 및 5.92%), 조회분 함량(28.99% 및 32.86%) 및 Ca 함량(6.09% 및 12.62%)은 algae 종 간에 상당한 유의차를 나타냈다( $P < .01$ ).
2. Algae meal의 필수아미노산 조성에서 *ulothrix*가 valine, isoleucine 및 phenylalanine 등의 함량이 *chlorella*에서 보다 높게 나타났고 isoleucin, glycine 및 proline 함량은 *chlorella* (1.46%, 9.79% 및 8.25%)에서 *ulothrix* (1.16%, 1.44% 및 1.03%)에서 보다 매우 높게 나타났다( $P < .01$ ).
3. Algae meal 지방의 포화지방산 조성은 C16:0 및 C18:0의 함량이 *ulothrix* (33.07% 및 20.70%)에서 *chlorella* (27.17% 및 7.03%)에서 보다 높았고 ( $P < .01$ ) 불포화 지방산 조성은 C18:1, C18:2 및 C18:3은 *chlorella* 함량 (24.83%, 13.06% 및 5.76%)이 *uloth-*

- rix 함량(4.69%, 0.03% 및 7.51%) 보다 매우 높았다( $P < .01$ ).
4. Algae meal의 in vitro 반추위 및 전체 전물 소화율은 ulothrix (36.33% 및 69.43%)가 chlorella (30.16% 및 68.33%) 보다 높았고( $P < .05$ ), 조단백질 소화율은 ulothrix (37.61% 및 71.02) 보다 chlorella (42.57% 및 72.33%)에서 높았다( $P < .05$ ).
  5. Algae meal의 어패류에 대한 성장효과 및 안정성(증체율 및 생존율/8주)은 chlorella (178% 및 100%)가 ulothrix (159% 및 90%)나 대조구(158% 및 86.7%)보다 높았으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다( $P > .05$ ).

### 참 고 문 헌

- 정준(1992), “한국 담수조류 도감”. 아카데미서적. 서울. pp.393-399.
- 홍종준, 김진상, 윤왕래(1983), “축산농가 폐탄가스 보급 연구”. 한국동력자원연구소. 연구보고서. KE-83-12.
- Anthony, W.B.(1970), “Feeding Value of Cattle Manure for Cattle”. J. Anim. Sci. 30, 274-277.
- AOAC.(1990), “Official Methods of Analysis”. 15th ed. Washington, D.C.
- Bhattacharya, A.N. and Taylor, J.C. (1975), “Recycling Animal Waste as Afeedstuff: A review”. J. Anim Sci. 41(5), 1438-1457.
- Chung, P., Pond, W.G. Kingsbury, J.M., Walker, Jr. E.F. and Krook, L.(1978), “Production and Nutritive Value of Arthrospira Platensis, a Spiral Blue-Green Algagrown on Swine Wastes”. J. Anim. Sci. 47, 319-330.
- Durrani, F.R. and Khalil, I.A.(1989), “Green Algae as a Protein Source in Animal Feed”. Pak. J. Sci. Ind. Res. 32(2), 117-119.
- Fallowfield, H.J. and Garrett, M.K.(1985), “The Treatment of Wastes by Algalculture”. J. Applied Bacteriology. 59. Suppl. 187S-205S.
- Garrett, M.K., Strain, J.J. and Allen, M.D.B.(1976), “Composition of the Product of Algal Culture in the Liquid Phase of Animal Slurry”. J. Sci. Fd. Agric. 27, 603-611.
- Goering, H.K. and van Soest, P.J.(1970), “Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)”. Agric. Handbook 379, USDA ARS. Washington. D.C.
- Govindan, V.S.(1989), “Food and Feed Production from Municipal Wastewater-Treatment”. Biological Wastes. 30, 169-179.
- Hepher, B.(1988), “Nutrition of Pond Fishes”. Cambridge Univ. Press. New Rochlle. UK. pp.292-366.
- Hasdai, A. and Ben-Chedalia, D.(1981), “Sewage-Grown Algae as a Source of Supplementary Nitrogen for Ruminants”. J. Agric. Sci., Camb. 97, 533-537.
- Hintz, H.F., Heitman, H. Jr., Weir, W. C., Torell, D.T. and Meyer, J.H. (1966), “Nutritive Value of Algae Grown on Sewage”. J. Anim. Sci. 25, 675-681.
- James, D.E.(1978), “Culturing Algae”.

- Caroline Biological Co. Burlington, NC. USA. pp.1-24.
- Lanyon, L.E.(1994), "Dairy Manure and Plant Management Issues Affecting Water Quality and the Dairy Industry". *J. Dairy Sci.* 77, 1999-2007.
- Lightowers, P.(1988), "Algae and Bacteria Bring a Breath of Fresh Air to Pigs". *New-Sciентists* 52-53.
- Lipstein, B. and Hurwitz, S.(1980), "The Nutritional Value of Algae for Poultry. Dried Chlorella in Broiler Diets". *Br. Poultry Sci.* 21, 9-21.
- Nikil' Burskii, N.I.(1990), "Feed Algal in Feeding of Sheep". *Dairy Sci. Abstracts.* 054-00763.
- O'Connor, W.A. and Nell, J.A.(1991), "Evaluation of Several Commonly Cultured Algal Species as Food for Sydney rock Oyster Saccostrea Commercial Spat". *Proceedings of Nutr. Soc. Australia.* 16, 216.
- Rowland, L.O.Jr., Lincoln, E.P., Hooga, D.M. and Valentine, T.L.(1979), "Evaluation of High Ash Algae Meals". *Poultry Sci. (SAAS abstracts)* 58, 1023.
- Sommer, T.R., Potts, W.T. and Morrissy, N.M.(1994), "Utilization of Microalgal Astaxanthin by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Aquaculture* 94, 79-88.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A.(1963), "A Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops". *J. Brit. Grassl. Soc.* 18, 104-111.
- Van Horn, H.H., Wilkie, A.C. Powers, W.J. and Nordstedt, R.A.(1994), "Components of Dairy Management System". *J. Dairy Sci.* 77, 2008-2030.
- Wilson, M. and Houghton, J.A.(1974), "Growth of Algae on Pig Manure". *Ir. J. Agric. Res.* 13, 49-60.