

## 매생이 열수추출물이 흰쥐의 필수아미노산 흡수에 미치는 영향

김효영 · 김인혜 · 남택정\*

부경대학교 식품생명공학부

Received August 11, 2009 / Accepted October 27, 2009

**Effects of *Capsosiphon fulvescens* Extracts on Essential Amino Acids Absorption in Rats.** Hyo-Young Kim, In-Hye Kim and Taek-Jeong Nam\*. Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea - The aim of this study was to examine the effects of *Capsosiphon fulvescens* extract (CFE) on levels of essential amino acids in serum and the rate of protein digestion. CFE contains approximately 68% carbohydrate as fiber, 17% crude ash, and 14% crude protein. Experimental rats were divided two groups, one group receiving a normal diet and the other a normal diet containing 5% CFE. To analyze the absorption of essential amino acids into the hepatic portal vein, blood from the hepatic portal vein was collected between 10 a.m. and 5 p.m. for 10 days. *In vitro* protein digestion was decreased in the group fed 5% CFE; these data indicated that CFE affected protease activity. We measured the absorption of essential amino acids in the serum of the hepatic portal vein, at 30-, 60-, 90-, and 120 minutes after feeding. Although there was no difference in the concentration of total essential amino acids between the two groups, the 5% CFE-fed animals had a decreased rate of absorption. Absorption of Lys and Thr into the hepatic portal vein was lower in the CFE-fed group than in the control group. The rate of absorption of Met was delayed nearly 50% in the CFE-fed group compared to the control group. On the other hand, the rate of absorption of Leu, Ile, and Val was increased; Phe showed the same. Therefore, we suggest that CFE could affect protein metabolism by increasing or decreasing the absorption rate of essential amino acids.

**Key words :** *Capsosiphon fulvescens* extracts, essential amino acid

### 서 론

동물체를 구성하고 있는 주요한 구성성분의 하나인 단백질 및 아미노산은 생체구축물질, 생리활성물질 또는 삼투압 조절과 완충작용이 있는 물질로서 생명현상을 유지하는 역할을 하고 있다. 아미노산은 단백질 합성의 기질이 되는 기능 이외에도 glucose, purine, pyrimidine 등 많은 생체분자들의 합성을 위한 전구물질이 되므로 생체 내 필수 영양 물질 중의 하나이다[6]. 필수아미노산은 체단백질 합성소재로서 뿐만 아니라 탈아미노작용을 받은 뒤의 탄소골격은 대사되어 에너지원이 된다. 때문에 필수아미노산의 부족이나 결핍은 단백질 축적량이나 질소출납에 부의 영향을 초래하며 에너지 이용이나 사료 섭취량에도 영향을 주게 된다. 아미노산 대사는 대부분 필수 아미노산(lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan)이 주로 간에서 대사되고, branched-chain amino acids (BCAA; leucine, isoleucine, valine)은 근육에서 대사되는 것으로 알려져 있다.

아미노산과 단백질 대사이상은 각종 질소 대사 이상의 질환 환자의 혈장 유리 아미노산의 함량을 측정함으로써 질환의 진단은 물론 질환의 치료에도 도움을 주고 있다[22]. 혈장 유리

아미노산(plasma amino acid: PAA) 함량은 체내 총 유리 아미노산 pool의 약 1%정도 소량이지만 정상인의 경우 공복 시 혈장 유리 아미노산 농도는 혈장으로 유입 및 유출되는 양과의 균형에 의해 일정한 수준을 유지하고 있으며, 다양한 종류의 포유류에 있어서도 유사한 패턴을 보이는 것으로 알려져 있다[3]. 일반적으로 PAA은 tryptophan을 비롯한 여러 아미노산들의 혈중 농도는 feed-back 조절 없이 식이내용에 따라 변동하며[8], 아미노산이 불균형된 식사나, 특정아미노산이 제한된 식이에 의해서도 변동을 보여 단백질 식품의 질을 평가하는 도구로 PAA패턴이 사용되기도 한다[23].

녹조식물문의 갈파래과 매생이(*Capsosiphon fulvescens*: CF)는 남해안이나 서해안에 분포하며 채취시기에 따라 일반성분 및 무기질 함량 등에 차이가 있지만[15], 약 50%의 당질과 35%의 단백질을 함유하고 있다. 특히 필수 아미노산 함량은 다른 해조류에 비하여 높고, 철분이나 셀레늄과 같은 무기질, 비타민 A, C 및 오메가-3계열의 지방산도 다량 함유하고 있어서, 영양학적으로 우수하여 향토음식으로 오래전부터 이용되어 왔다. 이러한 매생이는 김, 파래, 미역 등 보다 높은 가격 경쟁력을 가지고 있음에도 불구하고 기초 생물학적인 연구인 형태 및 분류[5], 생태 및 생활사[24], 종의 번식과 분포[1,11]에 관한 연구가 대부분이었다. 근래의 연구를 보면, 고령암 성장 억제 [30], 중성지방과 콜레스테롤 저하[20,18,35], 멜라닌 생성 억제 [26] 등에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 또한, 매생이

\*Corresponding author

Tel : +82-51-629-5846, Fax : +82-51-629-5842

E-mail : namtj@pknu.ac.kr

분말을 첨가하여 물성에 변화 없이 품질과 영양성이 우수한 스폰지 케이크를 제조할 수 있다고 하였으며[19], 매생이 추출물은 갱년기 장애 시 유발되는 지질대사, 혈소판 응집, 혈액 유동성 및 골노화에 효과가 있다[31]고 보고되는 등 매생이의 기능성 연구가 진행되고 있다. 또한, 알긴산[7], 알긴산과 패틴[13], cellulose[34]등의 식이섬유를 섭취시킨 rats의 소장에서 소화되지 않은 성분들로 인해 장관내용물이 증가하면서 분변으로 단백질과 지방이 배설된다고 하였다. 그러나, 이러한 결과는 식이섬유의 역할을 위주로 살펴본 것이며, 매생이 열수 추출물이 아미노산 흡수에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 실험에서는 활용가치가 높을 것으로 예상되는 매생이 열수추출물(*Capsosiphon fulvescens* Extracts: CFE) 5%를 첨가한 식이가 간문맥을 통과하는 혈 중 필수아미노산 흡수에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하고 혈장 필수 아미노산 대사와 관련된 연구에 기초 자료를 마련하는데 그 목적을 두고 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

본 실험에 사용된 매생이는 2006년 1월 전남 장흥군 내저리 매생이 작업장으로부터 구입하였으며, 구입 즉시 담수에 씻어 불순물 등을 제거한 것을 저온에서 동결보관하였다.

### CFE의 조제

CFE의 조제는 Fig. 1의 방법에 따라 행하였다. 즉, 매생이를 담수에 3번 수세한 후, 열풍 건조기로 건조하였다. 건조된 매생이는 식품 분쇄기(HANIL, FM-681, Korea)로 분쇄하여 그 중 60 mesh에 통과한 것만을 사용하였다.

매생이 분말 600 g을 20 l 대용량 플라스크에 넣고 증류수 15 l를 가하여 80°C에서 3시간 동안 교반하면서 추출한 다음 석혔다. 그 후에 8,500 rpm에서 45분간 원심분리 한 상층액에 3배 부피의 에탄올을 가한 후 저온에서 하루 방치시켰다. 다시 여과하여 잔사를 얻었으며, 열풍 건조시킨 후 식품 분쇄기로 미세하게 분쇄하여 106 mesh에 통과시킨 것을 실험에 사용하였으며, 매생이와 CFE의 일반성분(수분, 조지방, 조단백질, 조회분) 및 총식이섬유의 함량 분석은 AOAC법으로 분석하였다. 수분함량을 제외한 건조중량을 기준으로 하였고, 탄수화물의 함량은 100에서 일반성분을 제한 값으로 나타내었다.

### 실험동물 사육

본 동물실험에 사용된 기본 사료는 Table 1과 같으며, 실험 사료의 원료로는 시판되는 corn starch (Kwang il Co. Ltd., Seoul, Korea), sucrose (CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), casein (MP Biomedicals Inc., France), lard, corn oil (OTTOGI,

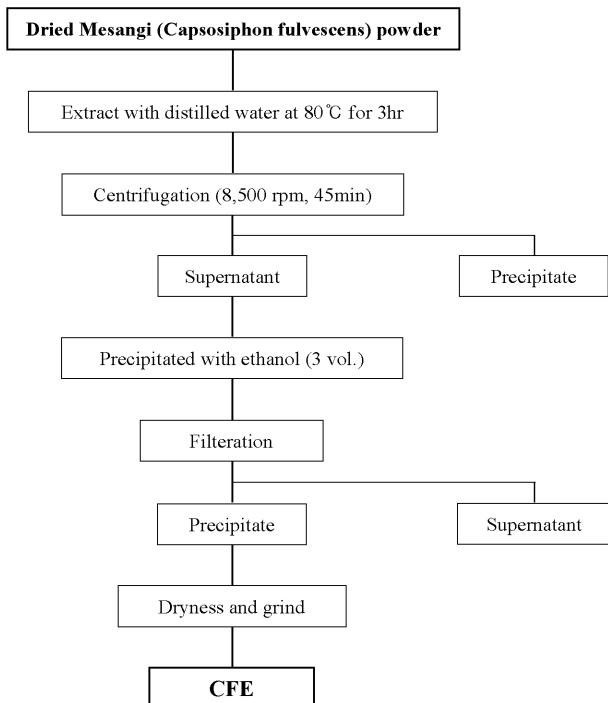


Fig. 1. Manufacturing process of CFE from Mesangi.

Table 1. Formation of experimental diets (g/kg)

Constituents	Test animal group <sup>1</sup>	
	C <sup>2</sup>	CFE <sup>3</sup>
Corn starch	480	430
Sucrose	120	120
Casein	200	200
Lard	100	100
Corn oil	50	50
Mineral mixture	35	35
Vitamin mixture	10	10
Choline chloride	2	2
Methionine	3	3
CFE	-	50

<sup>1</sup>Experimental animal : Strain, Sparague Dawley age, 4 weeks; average body weight; 100~120 g; feeding period, 10 days by experimental diet after a week of basic diet.

<sup>2</sup>Codes of experimental diet. C; control diet, CFE; fed the control diet containing the *Capsosiphon fulvescens* Extracts.

Ltd., Gyeonggi-do, Korea), mineral mix (AIN-76; ICN Biomedicals Inc., U.S.A.), vitamin mix (AIN-76; ICN Biomedicals Inc., U.S.A.), choline cholride (ACROS ORGANICS, U.S.A.), DL-methionine (Sigma Chemical Co., U.S.A.)를 사용하였다. 대조군(C)은 일반 기초식이를 제공하였고, 실험식이(CFE)는 기초식이에 CFE 5%에 해당하는 양만큼을 줄인 수준에서 조제하였다. 제조한 사료는 4°C에서 보관하면서 공급하였다.

실험동물은 대조군(C)과 실험군(CFE)의 두 그룹으로 구분하여 실시하였다. 본 실험에 사용된 동물은 샘타코(경기도, 한국)에서 분양받은 4주령의 S.D.계 슬쥐(체중 100~120 g)를 사용하였다. 각 1마리씩 분류하여 연립식 사육케이지에 넣고, 일반사료로서 7일간 순차 예비사육한 후에 각 실험식이를 10일간 급이하였다. 예비사육 및 본 실험사육 중의 물은 자유급이(ad libitum), 식이는 식사훈련의 적응을 위해 오전 10시에 제공하여 오후 5시에 식이를 제거하였다. 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 먹은 식이의 양을 측정하였고, 체중은 하루에 한번 일정한 시간에 동일한 순서로 측정하였다. 체중 증가량은 실험 사육 최종일 체중에서 실험 사육 첫날의 체중을 뺀 값으로 하였다. 또한 식이효율은 같은 기간 동안의 체중 증가량을 식이 섭취량으로 나누어 표시하였다.

실험사육 최종일 오전 10시에 식이를 제공한 후 30분, 60분, 90분, 120분 후에 개복하여 간문맥의 혈액을 회수하여 빙수 중에 1시간 방치한 후에 원심분리(3,000 rpm, 15 min 4°C)하여 취한 혈청을 저온(-70°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

#### 시료의 단백질 소화율 측정

단백질 소화율은 Satterlee 등[33]의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 동물 실험에 사용한 실험식이와 같은 조건으로 만들고 대조군 시료(casein 0.5 g)와 실험군 시료(casein 0.4 g + CFE 0.1 g)를 침량병에 담아 시료의 수분 함량을 측정하였다. 수분 함량을 구한 대조군과 실험군을 동일한 양으로 계산하여 실험하였으며, 본 실험에 사용된 대조 단백질로는 ANRC sodium caseinate를 사용하였다. 즉, 대조군 및 실험군에 10 ml의 중류수를 첨가하여 용해시킨 다음, 시료를 pH 8.0로 조정하였다. 여기에 trypsin (14,600 BAEE units/mg solid),  $\alpha$ -chymotrypsin (41 units/mg solid) 및 peptidase (500 units/mg solid) 혼합효소 1 ml를 가하여 37°C에서 10분간 가수 분해시켰다. 그런 다음, *Streptomyces griseus* protease (58 units/mg solid)를 첨가하여 55°C에서 10분간 다시 가수 분해시켰을 때의 pH를 측정하였으며, 다음 식으로 계산하였다.

$$\% \text{ digestibility} = 234.84 - (22.56 \times X)$$

X: 최종 pH

#### 간문맥 혈청 중의 유리아미노산 분석

간문맥 혈청 중의 유리 아미노산 분석은 전남대 기자재 관리단의 아미노산자동분석기 Biochrom 20 (LKB Biochrom Ltd, Cambridge, UK)으로 분석 의뢰하였다.

#### 실험결과의 통계처리

본 연구의 모든 분석수치는 각각의 군별로 평균과 표준편차( $mean \pm SD$ )를 사용하여 표기하였다. 모든 결과는 Window용 SPSS 프로그램(Statistical Package for Social Science, SPSS

Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 처리하였고, 반복측정에 의한 t-test, ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 적용하였다. 이때, 모든 통계적 유의도 수준은  $p < 0.05$ 에서 살펴보았다.

## 결과 및 고찰

#### CF와 CFE의 일반성분 분석

본 실험에 사용된 CF와 CFE의 일반성분을 건조중량비로 환산하여 Table 2에 나타내었다. 원재료인 CF의 경우 일반성분(건조된 시료) 중 가장 많이 함유한 성분은 탄수화물(52%), 조단백질(31%), 조회분(10%), 조지방(6.5%) 순으로 조지방이 상대적으로 낮은 반면 탄수화물과 조단백질 함량은 매우 높게 나타났다. 또한 CFE의 일반성분은 탄수화물(68%), 조회분(17%), 조단백(14%), 조지방(1%) 순으로 조지방이 상대적으로 낮은 반면 탄수화물 함량이 매우 높았으며, 그 중 CFE의 탄수화물 거의 대부분이 총 식이섬유로 존재하는 것으로 나타났다.

매생이의 일반성분에 관한 연구를 살펴보면, Jung 등[15]은 조단백(34.1~43.8%), 탄수화물(30.3~48.6%), 조회분 (14.6~23.4%), 조지방(1.7~5.9%)으로 구성되어 있다고 하였으며, Yang 등[35]은 탄수화물(54%), 조단백(32%), 조회분(14%), 조지방(1%) 순으로 구성되어 있다고 하였다. 또한, Lee 등[19]은 탄수화물 (55%), 조단백(33%), 조회분(10%), 조지방(1%)로 이루어져 있다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보여주었다.

#### CFE의 첨가가 사료 단백질 소화율에 미치는 영향

CFE의 첨가가 사료 단백질 소화율에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 casein을 대조 단백질로 사용하여 대조군과 실험군의 *in vitro* 단백질 소화율을 Fig. 2에 나타내었다. casein 만을 첨가한 대조군 사료의 경우 96.7±1.66의 소화율을, casein과 CFE를 함께 첨가한 실험군 사료의 경우 87.9±0.08의 소화율을 나타내, 대조군보다 CFE를 첨가한 실험군에서 *in vitro* 단백질 소화율이 감소하는 것으로 나타났다.

Ryu 등[32]은 6종의 해조류를 multi-enzyme system을 이용

Table 2. Proximate composition of CFE (unit: %, dry base)

	Crude lipid	Crude protein	Crude ash	Carbohydrate <sup>1</sup>	total dietary fiber <sup>2</sup>
CF <sup>3</sup>	6.57	31.15	10.35	51.97	-
CFE <sup>4</sup>	0.60	14.15	16.90	68.35	68.32

<sup>1</sup>Carbohydrate contains total dietary fiber; the content of carbohydrate was calculated by 100-(crude protein + crude lipid + crude ash).

<sup>2</sup>Carbohydrate contains total dietary fiber.

<sup>3</sup>CF: *Capsosiphon fulvescens*.

<sup>4</sup>CFE: *Capsosiphon fulvescens* Extracts.

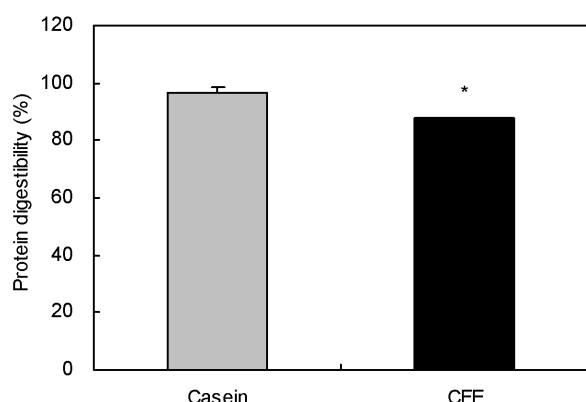


Fig. 2. composition of *in vitro* protein digestibility between Casein and *Capsosiphon fulvescens* Extracts. The t-test assesses whether the means of two groups are statistically different from each other ( $p < 0.05$ ).

하여 *in vitro* 단백질 소화율을 측정한 결과, 큰참김(*Porphyra tenera*; 79.9~82.2%), 둥근돌김(*Porphyra suborbiculata*; 78.5%), 잎파래(*Enteromorpha linza*; 78.5%), 모자반(*Sargassum fuvelum*; 73.4%), 미역(*Undaria pinnatifida*; 77.1~80.2%), 톳(*Hizikia fusiforme*; 72%), kelp (*Nereocystis leutkenii*; 79.6%)으로 나타나 대부분 70~80%의 *in vitro* 단백질 소화율을 보여주었다. 본 실험에서 casein 단독보다는 매생이를 첨가한 시료에서 소화율이 낮게 나타난 것은 매생이에 함유되어 있는 식이섬유와 같은 성분들에 의해 단백질 분해효소의 작용에 일부 영향을 받았기 때문이라고 생각된다.

#### CFE의 급이에 따른 체중 변화와 식이 섭취량 및 식이 효율에 미치는 영향

각각 실험동물을 구분하여 예비사육 1주, 각 식이를 10일간 급이하면서 사육기간에 대한 사육 최종일의 체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이 효율을 Table 3에 나타내었다. 초기체중은 비슷하였으나 10일간의 체중 증가량은 C군보다 CFE군에서 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. Jung [27]은 4%의 매

Table 3. Weight gains, feed intakes and its efficiency ratio in the rats fed the experimental diets (Mean $\pm$ S.D.)

Test animal group	C <sup>1</sup>	CFE
Initial body weight (g)	127.0 $\pm$ 3.6	127.9 $\pm$ 2.8
Weight gain (g/10days)	68.3 $\pm$ 5.27	61.7 $\pm$ 7.50 <sup>2</sup>
Food intake (g/day)	16.4 $\pm$ 1.09	16.1 $\pm$ 2.37 <sup>*</sup>
Feed efficiency <sup>3</sup>	0.47 $\pm$ 0.04	0.44 $\pm$ 0.08

<sup>1</sup>Refer to the footnote of Table 1.

All data were calculated by Mean $\pm$ S.D. for 28 individuals.

<sup>2</sup>The t-test assesses whether the means of two groups are statistically different from each other ( $p < 0.05$ ).

<sup>3</sup>Feed efficiency: weight gain (g)/food intake (g).

생이 열수추출물을 콜레스테롤 식이에 첨가하였을 때 체중이 유의적으로 감소하였다고 하였으며, 매생이 에탄올 추출물을 경구투여 하였을 때 정상군에 비해 유의적으로 체중 증가량이 감소하였다고 하여[20], 본 실험에서도 매생이 열수추출물인 CFE에 의해 체중이 유의적으로 감소되었음을 확인하였다.

체중 변동과 함께 사육기간 중의 식이 섭취량을 측정한 결과, C군보다 CFE군에서 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 그러나, CFE 첨가로 인한 식이 효율에는 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 다량의 식이섬유소가 지질을 흡착하여 배설을 촉진시킴으로서 식이 효율이 낮다고 하였는데[17], 본 실험에서는 CFE 첨가로 인한 식이효율에는 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

#### CFE 첨가가 혈청 중의 필수 아미노산 흡수에 미치는 영향

동물체를 구성하고 있는 주요한 구성성분의 하나인 단백질 및 아미노산은 생체구축물질, 생리활성물질 또는 침투압 조절과 완충작용이 있는 물질로서 생명현상을 유지하는 역할을 하고 있다. 아미노산과 단백질 대사이상을 연구하는 방법 중 일반적으로 사용하는 방법이 혈장 내의 아미노산 측정이다. 측정된 각 유리 아미노산의 생리적 중요성을 확실히 규명하기에는 아직 어려운 점이 남아 있으나 현재까지 각종 질소 대사 이상 질환 환자의 혈장 유리 아미노산의 함량을 측정함으로써 질환의 진단에는 물론 질환의 치료에도 도움을 주고 있다[22].

인체의 소화효소에 의해 분해되지 않는 식이섬유는 단백질과 같은 에너지원의 흡수를 억제하여 분변으로의 배출을 촉진한다고 알려져 있으므로 이로 인한 소장내에서의 단백질 분해로 생성된 유리아미노산의 흡수에 변화가 있을 것이라는 가설을 검증해 보기 위해 CFE를 첨가한 식이가 간문맥의 혈 중 아미노산 농도에 어떤 영향을 미치는지 살펴보자 하였다. 흰쥐에 실험식이를 오전 10시부터 오후 5시까지 제공하여 식이훈련을 시켰다. 10일간 적응시킨 후 사육 최종일에 식이 급이 후 30분, 60분, 90분, 120분 간격으로 희생시키고 간문맥의 혈액을 회수하여 아미노산 자동분석기로 아미노산의 함량을 측정하였다.

흰쥐에 실험식이를 급이하여 30, 60, 90, 120분 후의 간문맥 중의 필수 아미노산의 흡수정도를 Fig. 3A에 나타내었다. 그 결과, CFE 급이에 따른 필수 아미노산의 흡수 정도는 C군의 경우 30분에서 높았고 120분까지 점차 감소하였으며, CFE군의 경우 30분부터 증가하기 시작하여 120분까지 점차 증가하는 것으로 나타났으나, 두 군간의 유의적인 차이는 보이지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 본 실험에서 CFE의 급이에 따라 유의적이지는 않지만 시간에 따른 필수 아미노산의 흡수 정도가 변하였으므로, 각각의 필수 아미노산의 흡수 정도를 살펴보았다.

먼저, 간문맥 중의 lysine의 흡수정도를 살펴보았다(Fig. 3B). 그 결과, C군은 30분에서 점차 감소하기 시작하여 90분까

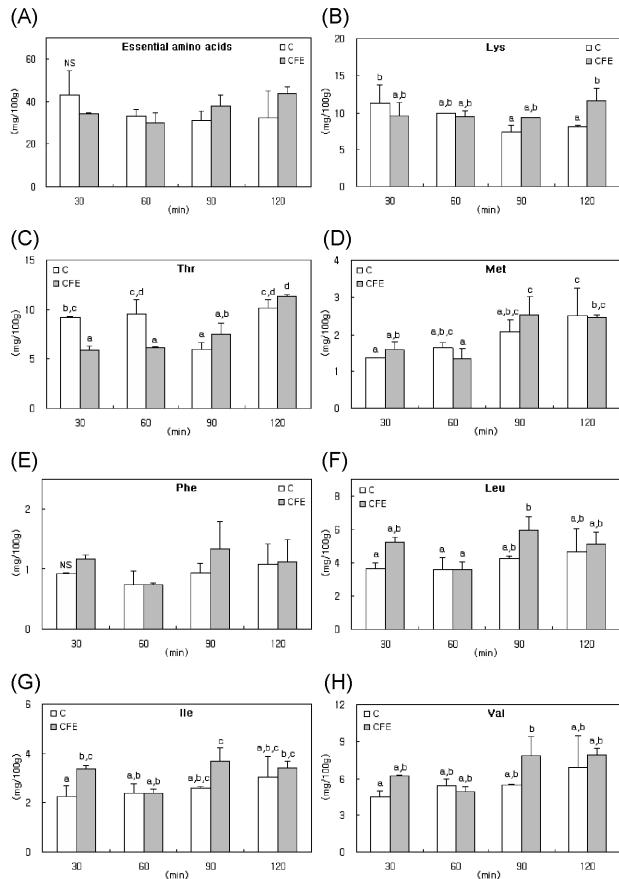


Fig. 3. Changes in Total essential amino acid contents of vena portae hepatis blood. Refer to the footnote of Table 1. All data were calculated by Mean $\pm$ S.D. for 7 individuals.

지 낮아지다가 120분까지 감소하는 것으로 나타났으며, CFE군은 90분까지 일정하다가 120분에서 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 식이 후 60분 까지는 C군의 lysine 흡수량이 높다가 90분 이후부터는 CFE군 lysine 흡수량이 높아지는 반대의 경향이 관찰되었다. 염기성 아미노산에 속하는 lysine은 주로 간에서 대사되며 체내 여러 경로를 통하여 비타민 C, 비타민 B<sub>6</sub>, Iron 및 carnitine 등의 원료로 사용되며, 영양 결핍과 저단백질 사료에 lysine 투여는 단백질 합성 증가 및 성장 장애 개선 효과 등이 있다고 알려져 있다[12]. 따라서, CFE를 첨가하면 정상식이에 비해 간문맥 중의 lysine의 흡수 속도를 지연시키는 것으로 보여 진다.

간문맥 중의 threonine의 흡수정도를 살펴보았다(Fig. 3C). 그 결과, C군은 30분에서 120분까지 대체로 비슷한 농도로 유지하는 것으로 나타났으며, CFE군은 60분에서 증가하기 시작하여 120분까지 유의적으로 증가하였다. 즉, C군의 경우 시간에 따른 큰 차이는 보이지 않았으나 CFE군의 경우 threonine 흡수량이 식이 후에 점차 높아지는 것으로 나타났다. 중성 아미노산에 속하는 threonine은 포유류의 유지와 성장을 위해 필요하며, 장시간 운동을 할 경우에 감소하는 것으로 알려져

있다[27]. 따라서, CFE를 첨가하면 정상식이에 비해 간문맥 중의 threonine의 흡수 속도를 지연시키는 것으로 보여 진다.

다음으로, 간문맥 중의 methionine의 흡수정도를 살펴보았다(Fig. 3D). 그 결과, C군은 30분에서 120분까지 고농도를 유지하였고, CFE군은 60분에서 증가하여 90분에서부터 120분까지 동일한 수준으로 유지되는 것으로 나타났다. 즉, C군의 경우 시간에 따른 큰 차이는 보이지 않았으나 CFE군의 경우 methionine 흡수량이 식이 후에 점차 높아지는 것으로 나타났다. Methionine은 함황 아미노산으로 새로운 혈장 및 간단백질 합성, 또는 체내 장기의 에너지대사 과정을 비롯한, 복잡한 간에서의 대사에 관여하며, 결핍 시에는 심장질환을 유발하며 과량 섭취 시에는 동물의 성장을 억제하며 특히 저단백 섭취 동물에서는 지방간을 생성한다고 알려져 있다.

그리고, 간문맥 중의 phenylalanine의 흡수정도를 살펴보았다. 그 결과, CFE군이 C군에 비해 식이 30분부터 120분까지 상대적으로 흡수 정도가 높게 나타났으나 두 군간의 유의적인 차이는 볼 수 없었다(Fig. 3E). 정상인의 경우 phenylalanine은 tryptophan과 tyrosine과 함께 혈관-뇌 장벽을 통과하기 위해 어느 정도의 BCAA와 일정한 경쟁관계를 유지하는 것으로 알려져 있다[29]. 운동 중 골격근으로부터 방출 및 전환되는 아미노산은 운동 형태, 운동 강도와 운동 지속시간에 의존하며, 장기간 탈진적인 운동은 phenylalanine, tryptophan, tyrosine, cysteine, methionine 증가를 제외한 대부분의 혈장 아미노산 농도를 감소시키는 것으로 알려져 있다[21]. 일반적으로 여러 아미노산들의 혈중 농도는 feed back 조절 없이 단백질의 섭취량에 따라 비례적으로 변화하는데 단백질이 부족한 식사는 tryptophan을 제외한 다른 중성아미노산의 농도가 낮아진다고 하였다. 이는 단백질 섭취량이 감소할 때 상대적으로 식이 구성 비율이 높은 탄수화물의 섭취로 인해 증가된 인슐린 때문에 대부분의 중성 아미노산이 균육으로 이동되기 때문이라고 하였다[9]. 따라서, 본 실험에서 식이에 CFE 급이 시 중성 아미노산인 methionine의 흡수 농도가 C군 보다 높은 것으로 나타났는데, 일반식이에 CFE의 첨가는 단백질이 부족한 식이가 아니며, 운동과 관련된 중성 아미노산의 흡수 정도를 증가시켜줌으로서 운동과 같은 지구성 훈련에 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

마지막으로, 간문맥 중의 leucine, isoleucine, valine의 흡수정도를 살펴보았다. 그 결과, BCAA에 속하는 leucine, isoleucine, valine에 있어서 CFE군이 C군에 비해 식이 30분부터 120분까지 상대적으로 흡수 정도가 높게 나타났으나 두 군간의 유의적인 차이는 볼 수 없었다(Fig. 3F~H). 근육 단백질에 존재하는 필수아미노산 중 약 35%를 차지하고 있는 BCAA는 leucine, isoleucine, valine을 총칭하는 아미노산으로 대부분의 아미노산들이 간에서 사용되는 것과 대조적으로 유일하게 골격근에서 산화되며, 운동 중 근육에서 에너지원으로 가장 많이 이용되는 아미노산으로 알려져 있다. 이러한 BCAA는

거의 간에서 대사되는 반면에, 또 신장 및 골격근에서도 transamination oxidation 등의 분해 과정을 거쳐 에너지원으로써 ATP생성에 이용되는 특징을 가지고 있다[10]. 그 중 Lecine은 근육에서 단백질 합성을 자극하고, 근육에서 당신생 합성의 전구체로서[28], BCAA중 특히 leucine은 지구력과 근력/순발력 모두를 증가시키는 운동향상보조물로 제시되었으며, leucine의 섭취와 저항 운동을 병행하면 체지방을 감소를 촉진하고 체지방량 증가에 영향을 줄 뿐만 아니라 근지구력과 근력 및 무산소성능력을 상승시킨다고 하였다[16]. Mourier 등[25]도 leucine의 섭취로 인해 근육조직의 합성을 촉진하고 근육소실 감소와 체지방을 감소에 영향을 준다고 하였으며, Cadler 등[4]은 운동전 BCAA를 투여한 그룹에서 운동 지속시간이 높게 나타났다고 하였으며, Blomstrand 등 [2]은 BCAA 투여로 인해 운동수행력 향상과 피로감을 감소시킨다고 하였다. 따라서, 본 실험에서 CFE군에서 간문액 중의 leucine, isoleucine, valine을 포함한 BCAA의 농도가 C군 보다 높게 나타났으므로, 매생이 열수추출물 섭취 시 피로감을 감소시키고 지구성 훈련과 같은 운동에 도움을 줄 수 있을 것으로 보여 진다.

## 요 약

이 실험의 목적은 해조류 중 특히 필수 아미노산 함량이 높은 매생이 열수 추출물(*Capsosiphon fulvescens* Extracts, CFE) 5%를 첨가한 식이를 급이 시켜 흰쥐에게 10일간의 단백질 소화율, 혈중 필수 아미노산 변화에 미치는 영향을 규명하고 사료의 품질 및 필수 아미노산 대사와 관련된 연구에 기초 자료를 마련하는데 그 목적을 두고 본 실험을 하였다. CFE의 급이에 따른 단백질 소화율을 살펴 본 결과, casein 그룹의 경우 단백질 소화율이 약 97%인 반면 CFE가 포함된 그룹의 경우 87%로 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 실험 식이에 CFE 첨가 시 단백질 소화율이 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다. 간문액 혈청 중의 아미노산에서 특히 필수 아미노산의 혈중 흡수에 미치는 영향을 식이 후 30, 60, 90, 120분 별로 살펴보았다. 총아미노산과 필수 아미노산의 농도는 두 개의 군에서 차이가 없었다. BCAA에 속하는 Leu, Ile, Val은 C군에 비해 CFE군에서 흡수속도가 증가하였으며 AAA에 속하는 Phe 또한 동일한 경향을 보여주었다. 간문액 혈중의 Lys, Thr, Met의 경우, C군에 비해 CFE군에서 흡수속도가 지연되는 것으로 나타났다. 이 실험을 통해 식이섬유인 매생이 열수 추출물을 섭취함으로서 간이나 뇌, 조직 등으로 흡수되는 혈중 필수 아미노산의 흡수속도를 증가시키거나 지연시킴으로서 단백질 대사에 영향을 미치는 것으로 보인다. 따라서 단백질 식이에 매생이 열수추출물을 첨가할 경우 혈중 아미노산 흡수정도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 기초자료를 마련하였으며 이후 더 많은 연구가 필요한 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 해양생명공학사업의 해양바이오프로세스연구단 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Blidling, C. A. 1963. Critical survey of european taxa in ulvales. Part I. *Capsosiphon*, *Percursaria*, *Blidlingia*, *Enteromorpha*. *Opera Botanica*. **8**, 1-160.
- Blomstrand, E., F. Celsing, and E. A. Newsholme. 1988. Changes in plasma concentrations of aromatic and branched chain amino acids during sustained exercise in man and their possible role in fatigue. *Acta. Physiol. Scand.* **133**, 115-121.
- Boomgaardt, J. and B. E. McDonalrd. 1969. Comparison of fasting plasma amino acid patterns in the pig, rat, and chicken. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* **47**, 392-395.
- Cadlers, P., D. Matthys, W. Derave, and J. L. Pannier. 1999. Effect of branched-chain amino acids(BCAA), glucose, and glucose plus BCAA on endurance performance in rats. *Med. Sci. Sports. Exerc.* **31**, 583-587.
- Chihara, M. 1967. Developmental morphology and systematics of *Capsosiphon fulvescens* as found in Izu, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo* **10**, 163-170.
- Christensen, H. N. 1990. Role of amino acid transport and countertransport in nutrition and metabolism. *Physiol. Rev.* **70**, 43-77.
- Cummings, J. H., M. J. Hill, O. J. Jenkins, J. R. Pearson, and H. S. Wiggings. 1976. Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* **29**, 1468-1473.
- Fernström, J. D. and D. V. Faller. 1978. Neutral amino acids in the brain; changes in response to food ingestion. *J. Neurochemistry* **30**, 1531-1538.
- Fernström, J. D., R. J. Wurtman, B. Hanmmarström-Wiklund, W. M. Rand, H. N. Muro, and C. S. Davidson. 1979. Diurnal variationsin plasma concentrations of tryptophan, tyrosine, and other neutral amino acid: effect of dietary protein intake. *Am J. Clin. Nutr.* **32**, 1912-1922.
- Freund, H., N. Yoshimura, L. Lunetta, and J. E. Fischer. 1978. The role of the branched chain amino acids in decreasing muscle catabolism *in vivo*. *Surgery* **83**, 611-618.
- Garbary, D., L. Golden, and R. F. Scagel. 1982. *Capsosiphon fulvescens* (*Capsosiphonaceae*, *Chlorophyta*) rediscovered in the northeast Pacific. *Sysisis*. **15**, 39-42.
- Han, I. K., K. Kwon, K. H. Ra, and M. I. Yoo. 1978. Protein sparing effect of L-lysine in the rations of weanling pigs and growing-finishing hogs. *Korean J. Animal Sci.* **20**, 566-578.
- Ikegami, S., N. Tsuchihashi, S. Nagayama, H. Harada, E. Nishide, and S. Innami. 1983. Effect of indigestible polysaccharides on function of digestion and absorption in rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* **36**, 163-168.
- Jung, E. J. 2007. Effect of CFE (*Capsosiphon fulvescens*

- Extracts) on Lipid Metabolism in Rats Fed High Cholesterol Diet. MS Thesis. Pukyong National University, Busan, Korea.
15. Jung, K. J., C. H. Jung, J. H. Pyeun, and Y. J. Choi. 2005. Changes of food components in mesangi (*Capsosiphon fulvescens*), gashiparae (*Enteromorpha prolifera*), and cheonggak (*Codium fragile*) depending on harvest times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 687-693.
  16. Kerksick, C. M., C. J. Rasmussen, S. L. Lancaster, and R. B. Kreider. 2006. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J. Strength Cond. Res.* **20**, 643-653.
  17. Kim, I. H. and T. J. Nam. 2005. Effects of polymannuronate on cholesterol contents of liver tissue and feces in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 1553-1558.
  18. Kwon, M. J. and T. J. Nam. 2006. Effect of mesangi (*Capsosiphon fulvescens*) power on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 530-535.
  19. Lee, J. H., E. J. Kwak, J. S. Kim, and Y. S. Lee. 2007. Quality characteristics of sponge cake added with mesangi (*Capsosiphon fulvescens*) power. *Korean J. Food Cookery Sci.* **23**, 83-89.
  20. Lee, J. H., Y. M. Lee, J. J. Lee, and M. Y. Lee. 2006. Effects of *Capsosiphon fulvescens* extract on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 402-409.
  21. Lehmann, M., H. Mann, U. Gastmann, J. Keul, D. Vetter, J. M. Steinacker, and D. Haussinger. 1996. Unaccustomed high-mileage vs intensity training-related changes in performance and serum amino acid levels. *Int. J. Sports Med.* **17**, 187-192.
  22. Marchesini, G., A. Fabbri, G. Bianchi, and E. Bugianesi. 1995. Branched-chain amino acids in liver disease, pp. 337, In Clynober, L. A. (ed.), *Amino acid metabolism and therapy in health and nutrition disease*. CRC Press, Boca Raton,
  23. McLaughlan, J. M. 1964. Blood amino acid studies. V. Determination of the limiting amino acid in diets. *Can. J. Biochem. Physiol.* **42**, 1353-1360.
  24. Migita, S. 1967. Life cycle of *Capsosiphon fulvescens* (C. Agardh) Setchell and Gardner. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* **22**, 21-31.
  25. Mourier, A., A. X. Bigard, E. de Kerviler, B. Roger, H. Legrand, and C. Y. Guezennec. 1997. Combined effects of caloric restriction and branched-chain amino acid supplementation on body composition and exercise performance in elite wrestlers. *Int. J. Sports Med.* **18**, 47-55.
  26. Mun, Y. J., H. J. Yoo, K. E. Lee, J. H. Kim, H. B. Pyo, and W. H. Woo. 2005. Inhibitory effect on the melanogenesis of *Capsosiphon fulvescens*. *Yakhak Hoeji* **49**, 375-379.
  27. Na, J. C. 2003. Changes of plasma amino acids concentration during graded maximal exercise and moderate- vs high-intensity exercise in men. *Korean J. Exr. Nutr.* **7**, 247-255.
  28. Odessey, R., E. A. Khairiaiah, and A. L. Goldberg. 1974. Origin and possible significance of alanine production by skeletal muscle. *J. Biological Chemistry* **249**, 7623-7629.
  29. Orłowski, M. G., J. P. Sessa, and J. P. Green. 1974. Glutamyl transpeptidase in brain capillaries: Possible site of a blood brain barrier for amino acid. *Science* **184**, 66-68.
  30. Park, H. Y., C. W. Lim, Y. K. Kim, H. D. Yoon, and K. J. Lee. 2006. Immunostimulating and anticancer activities of hot water extract from *Capsosiphon fulvescens*. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **49**, 343-348.
  31. Park, M. H. and M. Kim. 2006. Effect of *Capsosiphon fulvescens* extract on collagen content of connective tissues in ovariectomized rats. *J. Life Sci.* **16**, 1219-1224.
  32. Ryu, H. S., L. D. Satterlee, and K. H. Lee. 1982. Nitrogen conversion factors and *in vitro* protein digestibility of some seaweeds. *Bull. Korean Fish. Soc.* **15**, 263-270.
  33. Satterlee, L. D., H. F. Marshall, and J. M. Tennison. 1979. Measuring protein quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **56**, 103-109.
  34. Schneeman, B. O. and D. Gallaher. 1980. Changes in small intestinal digestive enzyme activity and bile acid with dietary cellulose in rats. *J. Nutr.* **110**, 584-590.
  35. Yang, H. C., K. M. Jung, K. S. Gang, B. J. Song, H. C. Lim, H. S. Na, and H. M. Heo. 2005. Physicochemical composition of seaweed *fulvescens* (*Capsosiphon fulvescens*). *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**, 912-917.