

## 다시마 (*Laminaria japonicus*) Alginate의 가열가수분해에 따른 물리·화학적 및 생물학적 특성에 관한 연구

### 7. 저분자 Alginate에 의한 랫드 분변의 성분 변화

김육용·조영제\*

주식회사 MSC 연구소, \*부경대학교 식품생명공학과/수산식품연구소

## Studies on Physicochemical and Biological Properties of Depolymerized Alginate from Sea tangle, *Laminaria japonicus* by Thermal Decomposition

### 7. Effects of Depolymerized Alginate on Fecal Composition in Rats

Yuck-Yong KIM and Young-Je CHO\*

Research Laboratory, MSC Co. Ltd., Yangsan 626-840, Korea

\*Faculty of Science and Biotechnology/Institute of Seafood Science, Pukyong National Univ., Pusan 608-737, Korea

This study was performed to know the effect of depolymerized alginate obtained by hydrolysis of alginate through a heating process at 121°C on intestinal environment. Rats were fed with diets containing 1%, 5%, and 10% of each depolymerized alginate (HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate) for 35 days. The changes of weight, moisture content, pH and volatile basic nitrogen (VBN) of fecal, and a short chain fatty acids (SCFA) were checked in the rats. The fecal weight and moisture content were the highest in rats fed with alginate diets ( $p < 0.01$ ), followed by HAG-100, HAG-50 and HAG-10 in order. The 5% of HAG-50 diets induced a significant increase in contents of protein and lipid of feces, resulting in the decrease of apparent digestibility of protein and lipid ( $p < 0.01$ ). The pH and VBN content in feces of the rats decreased in 5% and 10% of HAG-50 diets, but 10% of HAG-100 diets; 5% and 10% of alginate diets brought about an increase of fecal pH and VBN ( $p < 0.01$ ). The amount of n-butyric acid in feces was increased while propionic and acetic acid contents decreased significantly ( $p < 0.01$ ) in diets containing 5% and 10% HAG-50. However, the feces of rat fed diet containing 5% and 10% alginate showed a tendency to be opposite in results than that of HAG-50.

Key words: Depolymerized alginate, Short chain fatty acid (SCFA), Apparent digestibility, n-Butyric acid, Propionic acid

## 서 론

인체의 소화효소에 의해 분해되지 않는 식이섬유원으로써 알긴산을 섭취하면 단백질과 같은 에너지원의 흡수를 억제하여 분변으로의 배출을 촉진한다 (Viola et al., 1970; Cummings et al., 1976). 이와 같은 기구는 소화관의 소장점막 상피세포 표면에 식이섬유가 결합되어 소화효소의 분비를 억제하여 영양소의 흡수를 저해하고, 분비된 소화효소도 소화관내의 분산을 방해할 뿐만 아니라 식이섬유에 흡착되어 그 활성이 저하되기 때문이며, 식이섬유의 종류나 특성에 따라 소화흡수율이 달라진다고 하였다 (Sheard and Schneeman, 1980). 또한, 미생물의 혐기적 발효에 의해 생성되는 단쇄지방산은 기질로 이용되는 식이섬유의 종류에 따라 발효양상이 달라져서 단쇄지방산의 조성이 달라지게 되는데 (Spiller et al., 1980), 일반적으로 식이섬유를 섭취하면 butyric acid가 증가하고 propionic acid와 acetic acid는 상대적으로 감소하게 된다고 하였다 (Takahashi et al., 1994; Kuda et al., 1994). 이 단쇄지방산은 나트륨과 수분의 흡수를 촉진시키며 (Clausen et al., 1991), 장관내의 pH를 저하시켜 유익균의 증식을 촉진하여 장내균총을 정상으로 개선시킨다 (Vernia et al., 1988). 특히, butyric acid는 위점막 세포의 에너지원으로 이용되기 때문에 위점막의 성장과 분

화에 영향을 미치게 되며 (Sakata and Yajima, 1984), 단백질의 생합성, 호르몬의 분비, 형태적 변이세포의 전환, 정상원형질의 형성 및 cell cycle의 G1에서 비정상 세포분열을 억제하는데 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 (Kruh, 1982), butyric acid의 함량과 발암억제물 사이에는 깊은 상관관계가 있다고 보고하였다 (Clausen et al., 1991; Weaver et al., 1996).

본 연구에서는 저분자 alginate인 HAG-10, HAG-50, HAG-100 및 일반 alginate를 랫드에 장기간 섭취시켰을 때, 분변중의 수분, 단백질, 지방, pH, VBN 및 단쇄지방산 등의 변화를 측정하여, 소화생리의 특성을 개선시키는 최적의 저분자 alginate를 찾고자 하였다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용한 원료, 다시마 alginate 및 저분자 alginate (HAG-10, HAG-50, HAG-100)는 전보 (Kim and Cho, 2000)와 같이 제조하여 사용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 실험동물, 사육조건, 실험군의 구성 및 식이조성

전보 (Kim and Cho, 2001a, b)와 같이 설정하여 실험하였다.

2) 분변의 성분

사육 7일마다 24시간 동안 분변을 수집후 무게를 측정하여 분변량으로 하였으며, 성분분석을 위해 동결건조후 분말화하여 시료로 사용하였다. 수분함량은 분변수집후 즉시 적외선수분측정기 (Model F-1B, Ketto Electric Laboratory, Japan)로 측정하였고, 조단백함량은 동결건조하여 분말화한 분변을 단백질자동분석기 (KJELTEC Auto Sampler System 1035 Analyzer, tecator, Sweden)를 사용하여 semimicro-Kjeldahl법으로 측정하였으며, 조지방함량은 지방자동분석기 (SOXTEC System HT1043 Extraction Unit, tecator, Sweden)를 사용하여 Soxhlet법으로 측정하였다. 단백질과 지방의 소화율 (apparent digestibility, %)은 [(투여량-배출량)/투여량]×100으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

3) 분변의 pH와 휘발성염기질소 (VBN)의 측정

사육 7일마다 24시간 동안 분변을 수집후 분변의 pH는 분변 채취후 3시간 이내에 분변 0.5g을 취하여 5.0 mL의 정제수를 가하고 현탁시켜 pH meter (TOA pH meter, GST-5421C, Japan)로 측정하였으며, VBN은 분변을 채취하여 밀봉후 -70°C에 동결보관하면서 분석시 해동후 미량화산법으로 측정하였다.

4) 단쇄지방산의 측정

분변을 채취하여 밀봉후 -70°C에 동결보관하면서 분석시 해동후 실험하였다. 단쇄지방산은 해동한 분변 0.5g을 취하여 5배량 (2.5 mL)의 에탄올을 가하고 분변이 잘 섞이도록 마쇄후에 밀봉하고 30분간 교반하면서 단쇄지방산을 추출하였다. 이를 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 상층액을 취하여 gas chromatography로 분석하였다. 분석조건은 Instrument; Hewlett Packard 5890 Gas Chromatograph (U.S.A.), Column; HP-5, Cross-linked 5% phenyl methyl silicone, 25 m×0.20 mm×0.11 m (Hewlett Packard Capillary column, U.S.A.), Carrier; Nitrogen, 60 cm/sec, 8.6 psi (80°C), Oven; 80°C (2.5 min) to 130°C (2.0 min) at 5°C/min, Injection; Split (10 : 1), 1 µL 및 Detector; FID 250°C로 하였고 표준지방산의 retention time을 비교하여 동정하였으며 각각의 표준지방산의 함량과 peak 면적과의 상관관계로부터 그 함량을 계산하였다.

5) 통계처리

분석결과는 SAS (Statistical Analysis System) 통계 패키지로 처리하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 기간별 유의성 검증은 student t-test로 하였다.

결과 및 고찰

1. 분변의 무게와 수분함량

사육 7일째마다 24시간 동안 분변을 수집하고 무게와 수분함량을 측정하여 그 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 분변의 무게는 1% HAG-10에서 투여전과 차이가 없었으며 5%와 10%는 현저히 증가하였고, HAG-50과 HAG-100 및 alginate는 1%, 5% 및 10% 모두 현저히 증가하였다. 수분함량은 HAG-10은 모두 큰 변화는

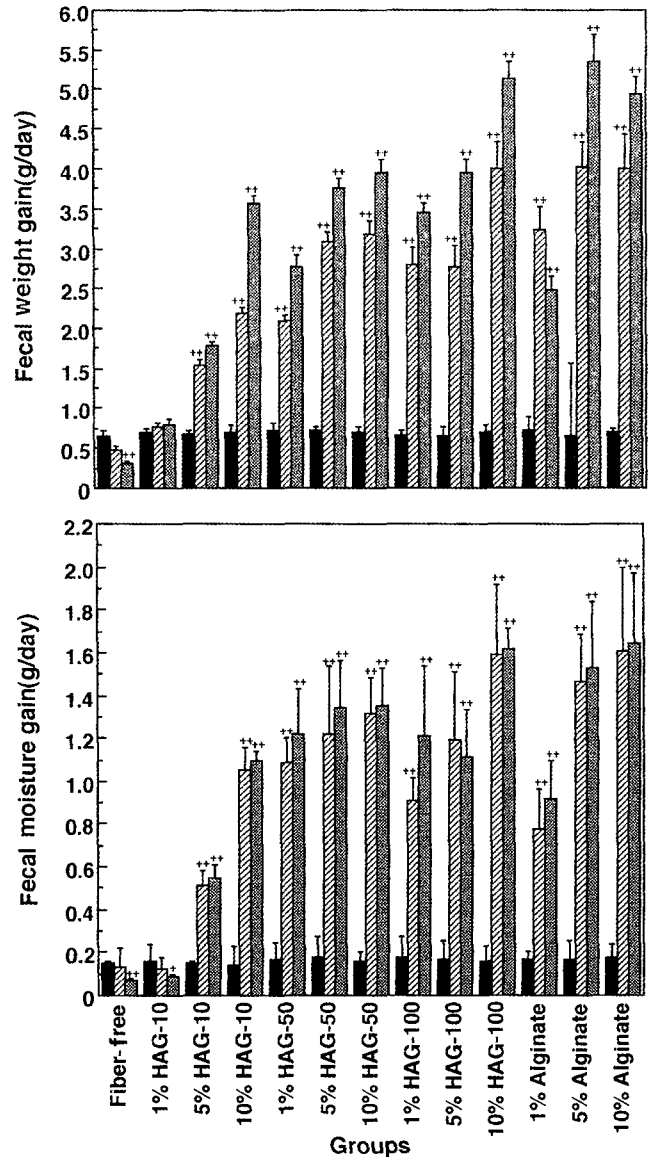


Fig. 1. Effects of diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate on fecal weight and moisture gain in rats.

All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals.

+, ++: Significantly different in student t-test from the before intake (+, p<0.05; ++, p<0.01).

■, Before intake.

▨, During intake for 21 days.

▩, During intake for 35 days.

없었고, HAG-50, HAG-100 및 alginate는 모두 급격히 증가하였다. 즉, 분변의 무게와 수분함량의 변화는 alginate 첨가구에서 유의적 (p<0.01)으로 가장 높은 증가를 보였고, 다음으로 HAG-100, HAG-50이었으며 HAG-10은 거의 변화가 없었다. 이러한 결과는, 불용성 식이섬유가 장내에서 발효되지 않고 대부분이 분변으로 배설되었기 때문에 분변의 무게가 증가하며 (Nyman et al., 1990),

분변량은 장관통과시간과 밀접한 관계가 있으며, 식이섬유량이 많은 소맥섬유를 보통의 식사에 첨가하면 대변량이 증가함과 아울러 소화관 통과시간이 유의적으로 단축된다는 보고 (Gohl and Gohl, 1977)와 일치하는 결과를 얻었다. 이와 같이, 본 실험의 HAG-50 과 HAG-100은 랫드의 분변무게와 수분함량을 유의적으로 증가시킨 것은, 미소화물의 증가 및 소화관 통과시간의 감소 등의 영향이라 판단되었다.

2. 분변중의 단백질과 지방 함량 및 소화율

분변중의 조단백질 함량의 변화와 그 소화율을 Fig. 2에 나타내었다. 단백질 함량은 5%와 10% HAG-50 및 1% alginate에서 현저히 증가하는 경향을 나타내었으며, 그 소화율은 5%와 10% HAG-50에서 현저히 감소하였고, 1%와 5% HAG-10, 10% HAG-100 및 10% alginate에서는 큰 변화를 보이지 않았다. 분변중의 지방 함량의 변화와 그 소화율은 Fig. 3과 같이, 1%와 5% HAG-50 및 1% HAG-100에서 현저히 유의적으로 증가하였으나, 다른 첨가구는 큰 차이를 보이지 않았다. 분변의 단백질과 지방 함량 및 그 소화율을 측정된 결과, 5% HAG-50에서 단백질과 지방함량이 유의적 ( $p < 0.01$ )으로 증가하여 가장 높았고, 그 소화율은 5%와 10% HAG-50에서 유의적 ( $p < 0.01$ )으로 현저히 저하하였다. 이러한 결과는 Viola et al. (1970)가 알긴산을, Ikegami et al. (1983)이 알긴산과 펙틴을, Schneeman and Gallaher (1980)가 cellulose를 섭취시킨 랫드의 소장에서 소화되지 않은 성분들로 인하여 장관내용물이 증가되면서 분변으로의 단백질과 지방의 배설이 증가된다는 보고와 일치하였다. 그리고, 식이섬유가 담즙산이나 췌장의 소화액을 흡착하기 때문에 단백질과 지방분해효소의 활성을 저하시켜 미소화물의 양이 증가하고 단백질과 지방의 배설이 촉진되기 때문이라는 보고 (Stephen and Cummings, 1979)는 본 실험의 결과를 잘 설명하고 있다. 그러므로, 본 실험의 5%와 10% HAG-50에서 단백질과 지방의 소화율이 저하한 결과는 소장점막의 상피세포 표면에 이들이 결합되어 소화효소의 분비를 억제하고 유리의 carboxyl기가 영양성분들과 결합하여 흡수되지 못하고 체외로 배출되었기 때문으로 사료된다.

3. 분변의 pH와 휘발성 염기질소 (VBN)

분변의 pH와 VBN의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 분변의 pH는 투여전이 약  $7.54 \pm 0.43$  정도였는데, HAG-10은 약간 감소하는 경향을 보였으나, 1% HAG-50은  $6.43 \pm 0.32$ , 5%는  $6.22 \pm 0.65$ , 그리고 10%는  $6.21 \pm 0.43$ 로 급격히 감소하였고, 1%와 5% HAG-100에서는 약간 감소하였으나, 10% HAG-100과 alginate는 오히려 급격히 증가하였다. VBN은 HAG-10에서 뚜렷한 변화를 보이지 않았지만, HAG-50은 모두 용량 의존적으로 현저히 저하하였고, 1%와 5% HAG-100은 저하하였으나, 10% HAG-100과 alginate에서는 오히려 급격히 증가하였다. 분변의 pH는 5%와 10% HAG-50에서 유의적 ( $p < 0.01$ )으로 급격하게 저하하였으나, 10% HAG-100과 alginate에서는 반대로 유의성 ( $p < 0.01$ )있게 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. VBN도 10% HAG-10, HAG-50 모두, 그리고 1%와 5% HAG-100에서 유의적 ( $p < 0.01$ )인 뚜렷한 저하를 보였

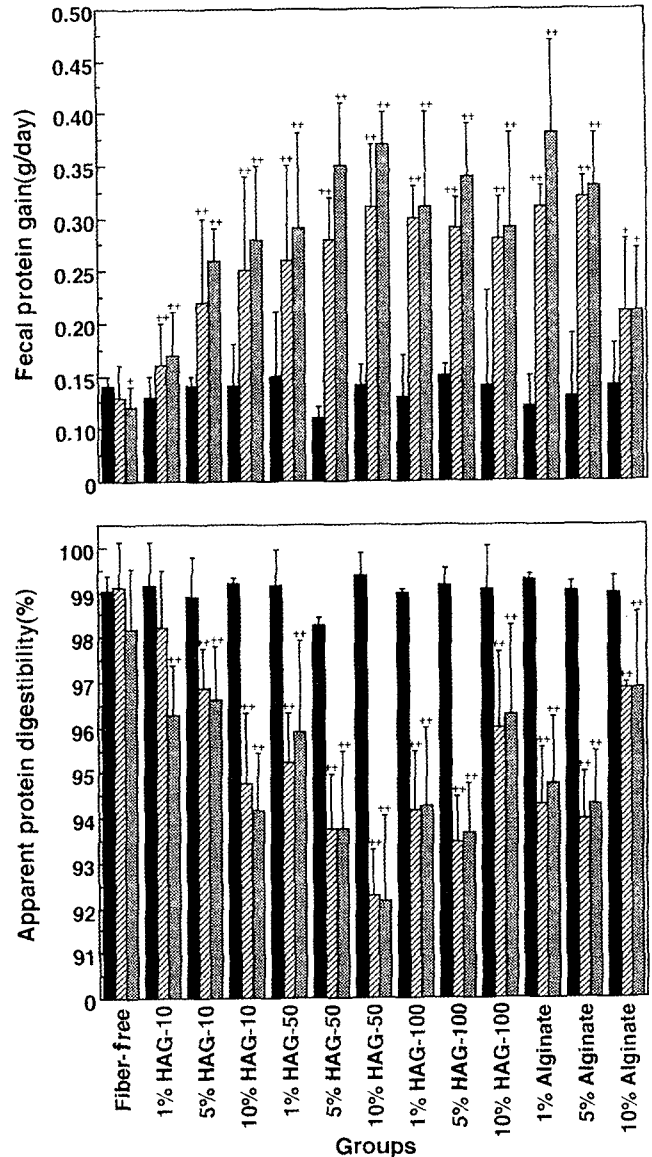


Fig. 2. Effects of diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate on fecal protein gain and apparent protein digestibility in rats.

All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals.

+, ++: Significantly different in student t-test from the before intake (+,  $p < 0.05$ ; ++,  $p < 0.01$ ).

■, Before intake.

▨, During intake for 21 days.

▩, During intake for 35 days.

으나 10% HAG-100과 5%와 10% alginate는 반대로 급격히 증가하였다. 이것은 Kuda et al. (1994)이 저분자 alginate를, Takahashi et al. (1994)이 부분가수분해 구아검을 사람과 랫드에 섭취시키면 장내 유익균인 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium*은 유의적으로 증가하였고, 분변의 pH와 VBN은 유의적으로 감소하였다는 보고와 일치하였다. pH와 VBN이 10% HAG-100과 alginate에서

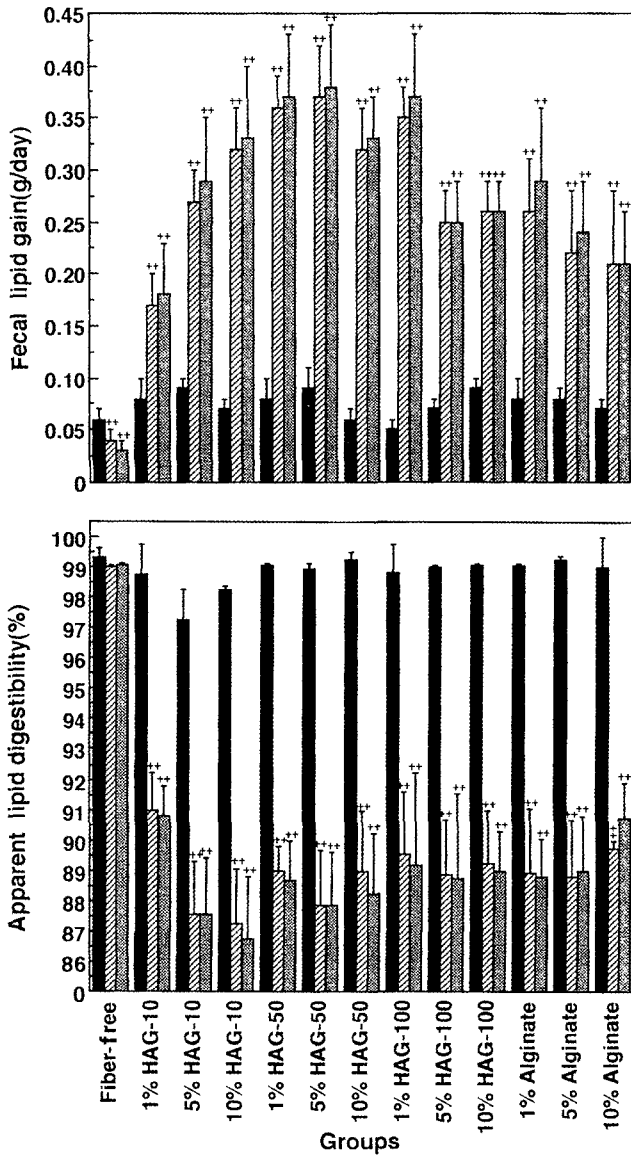


Fig. 3. Effects of diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate on fecal lipid gain and apparent lipid digestibility in rats. All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals. +, ++: Significantly different in student *t*-test from the before intake (+,  $p < 0.05$ ; ++,  $p < 0.01$ ). ■, Before intake. ▨, During intake for 21 days. ▩, During intake for 35 days.

반대로 유의성 ( $p < 0.01$ ) 있게 급격히 증가하였는데, 이러한 결과는 Kuda et al. (1992)이 알긴산 등을 랫드에 섭취시켰을 때, 분변의 pH는 2% 다시마분말과 10% laminaran 투여구에서 저하하였으나 20% 다시마분말 및 10% 알긴산 투여구에서는 오히려 증가되었고, VBN도 10% 알긴산에서 현저히 증가되었다는 보고와 유사하였다. 이는 식이섬유의 분자량, 점도, 함량 및 pH 등의 특성에

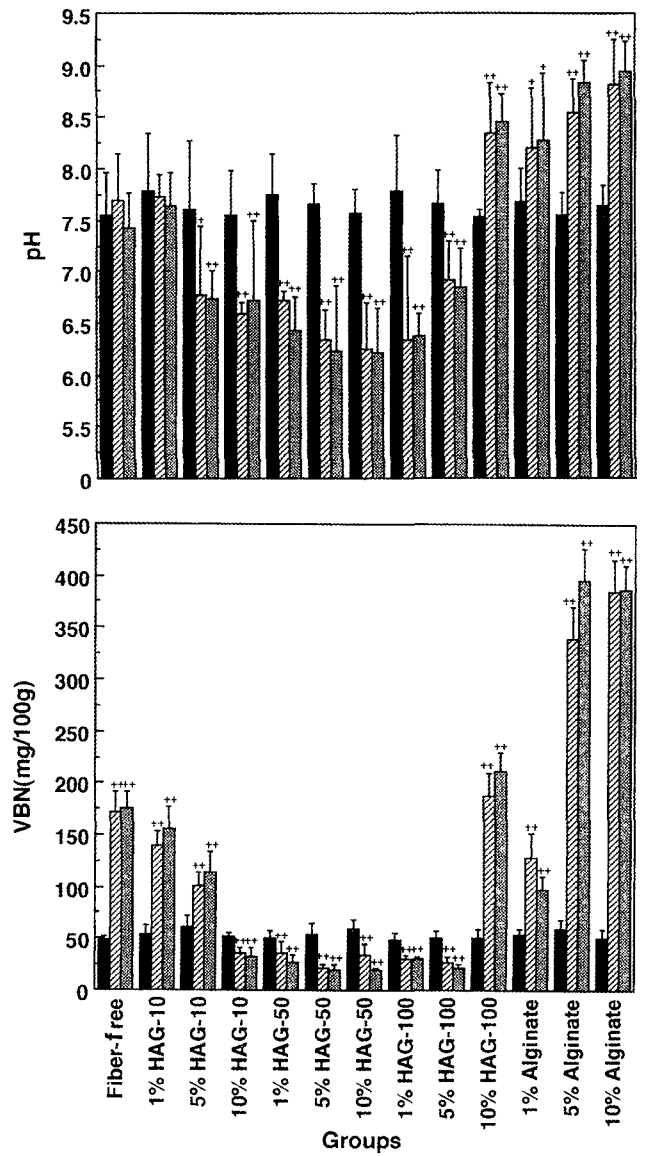


Fig. 4. Effects of diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate on fecal pH and VBN in rats. All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals. +, ++: Significantly different in student *t*-test from the before intake (+,  $p < 0.05$ ; ++,  $p < 0.01$ ). ■, Before intake. ▨, During intake for 21 days. ▩, During intake for 35 days.

따라 발효양상이 달라지기 때문이라 하였다 (Kuda et al., 1992). 따라서, 고점성의 alginate는 단쇄지방산의 생성을 억제하여 pH의 저하를 방지하므로 유해미생물의 증식이 촉진되어 변이원성의 부패물질 (indole, skatol, phenol 및 nitrosoamine류 등)의 생성을 초래하였기 때문에 결국 VBN이 상승된 것으로 추측된다.

4. 분변중의 단쇄지방산

분변중의 단쇄지방산인 acetic acid와 lactic acid의 변화를 Fig. 5에, propionic acid와 n-butyric acid의 변화를 Fig. 6에 각각 나타내었다. Acetic acid의 변화를 보면, HAG-10은 큰 변화를 보이지 않았지만, HAG-50과 HAG-100은 모두 현저히 감소하였으며, 1% alginate는 조금 감소하는 경향을 나타내었으나 큰 차이는 없었고 5%와 10%에서는 상당히 증가하였다. Lactic acid는 HAG-10에서

큰 차이를 보이지 않았으나 HAG-50, HAG-100 및 alginate는 모두 현저히 증가하였다. Propionic acid는 HAG-50와 HAG-100에서 모두 급격히 감소하였으나, 5%와 10% alginate에서는 약간 증가하였다. n-Butyric acid는 5%와 10% HAG-10, HAG-50 및 HAG-100은 모두 유의적인 증가를 보였으나 5%와 10% alginate에서는 오히려 현저히 감소하였다. 이상의 결과로부터, 5%와 10%

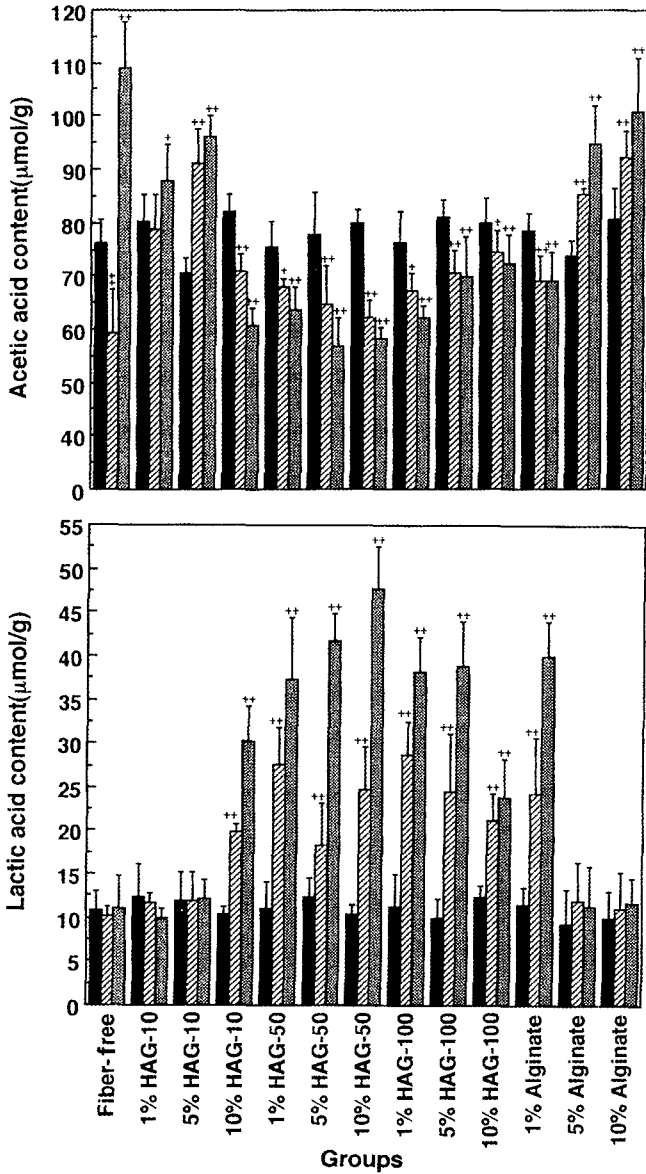


Fig. 5. Changes of acetic and lactic acid content in faeces of rats fed diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate. All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals of µmol/g of faeces. +, ++: Significantly different in student t-test from the before intake (+, p<0.05; ++, p<0.01). ■, Before intake. ▨, During intake for 21 days. ▩, During intake for 35 days.

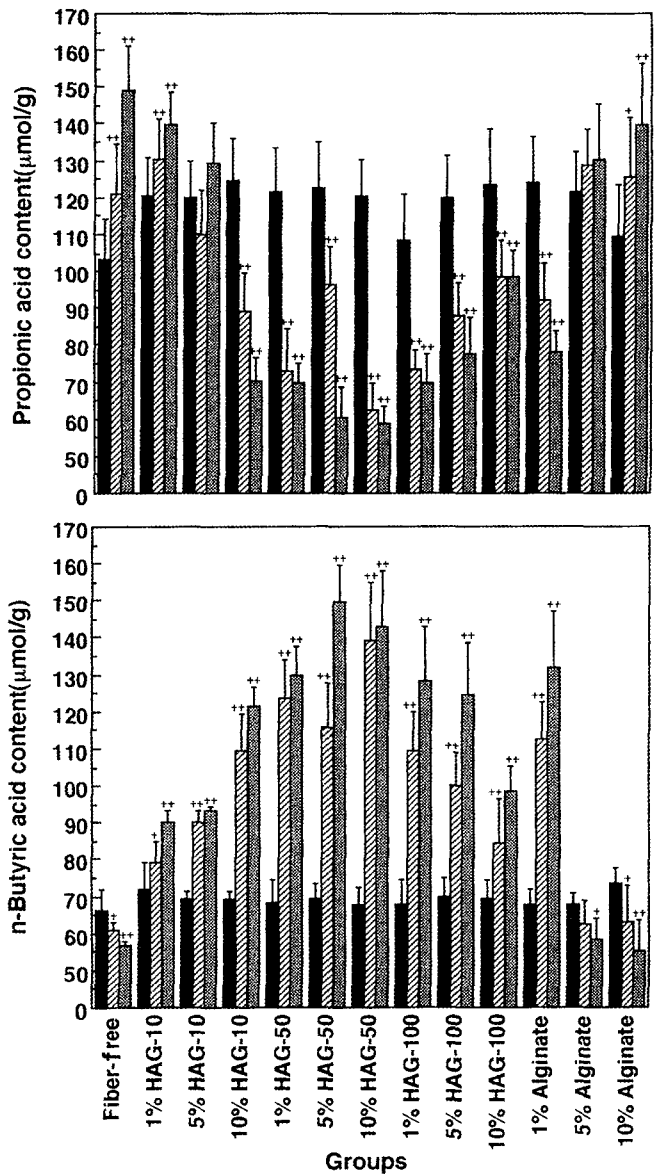


Fig. 6. Changes of propionic and n-butyric acid content in faeces of rats fed diets containing HAG-10, HAG-50, HAG-100 and alginate. All data were calculated by Mean±S.D. for 7 individuals of µmol/g of faeces. +, ++: Significantly different in student t-test from the before intake (+, p<0.05; ++, p<0.01). ■, Before intake. ▨, During intake for 21 days. ▩, During intake for 35 days.

HAG-50에서 분변의 단쇄지방산중에 n-butyric acid가 유의성 ( $p < 0.01$ )있게 뚜렷히 증가하였으나, propionic acid와 acetic acid는 현저히 감소하였고 5%와 10% alginate에서 n-butyric acid는 오히려 감소를 보였으나 ( $p < 0.01$ ), propionic acid와 acetic acid는 반대로 증가하였다. 이러한 결과는, Kuda et al. (1994)이 저분자 alginate를 사람에게 섭취시켰을 때, 단쇄지방산중 butyric acid의 함량이 증가한 반면, propionic acid와 acetic acid의 함량은 오히려 감소하였다는 보고와 일치하였고, 미생물의 혐기적 발효에 의해 생성되는 단쇄지방산은 기질로 이용되는 당질의 종류에 따라 발효양상의 차이로 인하여 단쇄지방산의 조성비율이 달라지게 되며 (Goodlad and Mathers, 1990), 일반적으로 식이섬유를 섭취하면 단쇄지방산중 butyric acid의 함량이 증가하고 propionic acid와 acetic acid의 함량은 상대적으로 감소한다는 보고들 (Takahashi et al., 1994; Kuda et al., 1994)과 유사하였다. 단쇄지방산은 나트륨과 수분의 흡수를 촉진시키며 (Clausen et al., 1991), 장관내의 pH를 저하시켜 유익균의 증식을 촉진하고 (Vernia et al., 1988), 특히, butyric acid는 위점막세포의 에너지원으로 이용되기 때문에 위점막의 성장과 분화에 영향을 미치게 되며 (Sakata and Yajima, 1984), butyric acid의 함량과 발암억제물과는 서로 밀접한 관계가 있을 것이라고 보고하였다 (Clausen et al., 1991; Weaver et al., 1996). 따라서, 본 실험의 5%와 10% HAG-50에서 분변의 단쇄지방산중에 n-butyric acid가 유의성 ( $p < 0.01$ )있게 뚜렷히 증가하였고, 항돌연변이효과를 나타내었으며 (Kim et al., 2000) 소장용모의 성장과 장내미생물중 유익균의 증식이 촉진되었으므로 (Kim and Cho, 2001b), HAG-50의 섭취는 발암을 억제하는데 효과가 있을 것으로 추측된다.

## 요 약

저분자 alginate인 HAG-10, HAG-50, HAG-100 및 alginate를 랫드에 장기간 섭취시켰을 때, 분변의 무게와 수분함량, 단백질과 지방함량, pH, VBN 및 단쇄지방산을 측정하여 소화생리특성에 미치는 영향에 대하여 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 랫드 분변의 무게와 수분함량의 변화는 alginate에서 가장 높은 증가를 보였고, 다음으로 HAG-100, HAG-50이었으며 HAG-10은 투여전과 거의 변화가 없었다. 분변의 단백질과 지방함량은 5% HAG-50에서 가장 높았고, 그 소화율은 5%와 10% HAG-50에서 유의적으로 현저히 저하하였다. 분변의 pH는 5%와 10% HAG-50에서 급격하게 저하하였으나, 10% HAG-100과 alginate에서는 오히려 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. VBN은 10% HAG-10, HAG-50 모두 그리고 1%와 5% HAG-100에서 뚜렷한 저하를 보였으나, 10% HAG-100 및 5%와 10% alginate는 반대로 급격히 증가하였다. 단쇄지방산의 변화는 5%와 10% HAG-50에서 n-butyric acid가 증가하였고, propionic acid와 acetic acid는 반대로 현저히 감소하였다. 이상의 결과로부터, HAG-50은 랫드 분변의 pH와 VBN을 현저히 저하시켰으며, 단쇄지방산중 n-butyric acid를 증가시키고 propionic acid와 acetic acid를 유의적으로 감소시켰으므로, 랫드의 소화생리특성을 개선시키는 데 있어서 효과적인 저분자 alginate라고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Clausen, M.R., H. Bonnen and P.B. Mortensen. 1991. Colonic fermentation of dietary fibre to short chain fatty acids in patients with adenomatous polyps and colonic cancer. *Gut*, 32, 923~928.
- 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.
- Gohl, B. and I. Gohl. 1977. The effect of viscous substances on the transit time of barley digesta in rats. *J. Sci. Food Agric.*, 28, 911~915.
- Goodlad, J.S. and J.C. Mathers. 1990. Large bowel fermentation in rats given diets containing raw peas (*Pisum sativum*). *Br. J. Nutr.*, 64, 569~587.
- 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.
- Kim, Y.Y. and Y.J. Cho. 2000. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle, *Laminaria japonicus* by thermal decomposition. 1. Changes in viscosity, average molecular weight and chemical structure of depolymerized alginate. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 325~330 (in Korean).
- Kim, Y.Y., K.W. Lee, G.B. Kim and Y.J. Cho. 2000. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle, *Laminaria japonicus* by thermal decomposition. 2. Changes in antimutagenicity effects and cholesterol, glucose and cadmium (Cd) binding capacity of depolymerized alginate. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 388~392 (in Korean).
- Kim, Y.Y. and Y.J. Cho. 2001a. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle, *Laminaria japonicus* by heating hydrolysis. 5. Effects of depolymerized alginate on changes in body weight, organ, pancreatic and small intestinal composition, and intestinal microvilli structure of rats. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 21~26 (in Korean).
- Kim, Y.Y. and Y.J. Cho. 2001b. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle, *Laminaria japonicus* by heating hydrolysis. 6. Effects of depolymerized alginate on fecal microflora in rats. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 77~83 (in Korean).
- Kruh, J. 1982. Effects of sodium butyrate, a new pharmacological agent, on cells in culture. *Mol. Cell. Biochem.*, 42, 65~82.
- Kuda, T., A. Oyamada and T. Fujii. 1994. Effects of depolymerized sodium alginate on human fecal flora and intestinal environment. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 60, 85~90.
- Kuda, T., T. Fujii, K. Saheki, A. Hasegawa and Okuzumi. 1992. Effects of brown algae on fecal flora of rats. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 58, 307~314.
- Nyman, M., T.F. Schweizer, S. Tyren, S. Reimann and N. Asp. 1990. Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. *J. Nutr.*, 120, 459.
- Sakata, T. and T. Yajima. 1984. Influence of short chain fatty acids on the epithelial cell division of digestive tract. *J. Exp. Physiol.*, 69, 639~648.
- 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.
- Sheard, N.F. and B.O. Schneeman. 1980. Wheat bran's effect on digestive enzyme activity and bile acid levels in rats. *J. Food Sci.*, 45, 1645~1648.
- Spiller, G.A., M.C. Chernoff, R.A. Hill, J.E. Gates, J.J. Nassar and E. A. Shipley. 1980. Effect of purified cellulose, pectin, and a low-residue diet on fecal volatile fatty acids, transit time, and fecal weight in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 754~759.
- Stephen, A.M. and J.H. Cummings. 1979. The influence of dietary fiber on fecal nitrogen excretion in man. *Proc. Nutr. Soc.*, 38, 141 A.
- Takahashi, H., S.I. Yang, M. Kim and T. Yamamoto. 1994. Protein and energy utilization of growing rats fed on the diets containing intact or partially hydrolyzed guar gum. *Com. Biochem. Physiol.*, 197A, 255~260.
- Vernia, P., R. Caprilli, G. Latella, F. Barbetti, F.M. Magliocca and M. Cittadini. 1988. Fecal lactate and ulcerative colitis. *Gastroenterology*, 95, 1564~1568.
- Viola, S., G. Zimmermann and S. Mokady. 1970. Effect of pectin and algin upon protein utilization, digestibility of nutrients and energy in young rats. *Nutrition Report International*, 1, 367~375.
- Weaver, G.A., G.T. Tangel, J.A. Krause, H.D. Alpern, P.L. Jenkins, M. M. Parfitt and J.J. Stragand. 1996. Dietary guar gum alters colonic microbial fermentation in azoxymethane-treated rats. *J. Nutr.*, 126, 1979~1991.

---

2001년 1월 17일 접수

2001년 3월 3일 수리