

미역(*Undaria pinnatifida*)의 알긴산-첨가 기능성 음료(해조미인)가 흰쥐의 비만 및 생리활성에 미치는 영향

최진호 · 김동우[†]

부경대학교 자연과학대학 식품생명과학과

Effect of Alginic Acid-Added Functional Drink(HAEJOMIIN) in Brown Algae(*Undaria pinnatifida*) on Obesity and Biological Activity of SD Rats

Jin-Ho Choi and Dong-Woo Kim[†]

Dept. of Food and Life Science, National Fisheries University

Abstract

Sprague-Dawley male rats were fed experimental diet, and also were orally administered with 3.0% ultra low viscosity (ULV) sodium alginate-added functional drink(AL-3.0 group : HAEJOMIIN), 5.0% polydextrose(PD)-added drink(PD-5.0 group), and 2.5% polydextrose-added drink(PD-2.5 group) for 8 weeks. Effect of these dietary fiber-added functional drinks on body weight, feed and gross efficiencies, triglyceride and cholesterol levels, LDL- cholesterol levels, hydroxyl radical and malondialdehyde levels, and superoxide dismutase (SOD) activity in serum of SD rats were evaluated.

Administration of AL-3.0 drink and PD-5.0 drink resulted in a marked inhibition in increase of body weight compared with control and PD-2.5 groups for 8 weeks. Inhibition effect in body weight in 3.0% alginic acid-added drink (AL-3.0 group) showed a same trend in 5.0% polydextrose(PD)-added drink(PD-5.0 group)($p < 0.001$). Therefore, it is found that inhibition effects of obesity in 3.0% alginic acid-added drink were higher 2 times than that in same concentration of polydextrose(PD)-added drink. Triglyceride and cholesterol levels in AL-3.0 and PD-5.0 groups significantly decreased to 25~30% compared with control group($p < 0.01 \sim 0.001$), but there were no significant differences in these drinks. LDL-cholesterol levels in AL-3.0 group significantly decreased about 15% compared with PD-5.0 group, but atherogenic index in AL-3.0 group showed a similar trend to that in PD-5.0 group. Hydroxyl radical formations and lipid peroxide(LPO) levels in AL-3.0 and PD-5.0 groups significantly decreased to 15% and 20%, respectively, compared with control group($p < 0.05 \sim 0.01$), but there were no significant differences in these drinks. Superoxide dismutase(SOD) activity in AL-3.0 group significantly higher (about 25%) than those in control and PD-5.0 groups($p < 0.01$). These results suggest that admistration of ULV-sodium alginate-added functional drink(HAEJOMIIN) effectively can not only inhibit obesity, but also can intervent chronic degenerative disease and aging process.

Key words : ULV-sodium alginate, Triglyceride, Total and LDL-cholesterol, Hydroxyl radical, Lipid peroxide(LPO), Atherogenic index, Superoxide dismutase (SOD), Obesity, Polydextrose(PD)

[†] Corresponding author

서 론

지금까지 해양생물(海洋生物)로서 어패류(魚貝類)나 해조류(海藻類) 등의 수산식품은 단백질의 중요 공급원으로서 식품·영양학적 가치에 한정되어 왔다. 그러나 해양은 지구 표면의 70%나 차지하고 있을 뿐만 아니라 지구상에 살고 있는 전동물종의 80%가 해양생물이며 그 종류는 무려 30만 50여만종에 이르고 있다. 최근들어 어패류나 해조류 등의 수산식품이 동맥경화(動脈硬化), 심근경색(心筋硬塞), 고혈압(高血壓), 협심증(狹心症), 뇌졸중(腦卒中), 당뇨병(糖尿病) 등의 만성퇴행성 질환으로 알려진 성인병의 예방과 치료에 아주 효과적이란 사실이 과학적으로 입증되고 있다.

해양생물의 난치성 성인병의 예방과 치료 등의 많은 생화학적 약리효능이 입증되므로 수산식품의 생리활성을 이용한 제약화에 관심이 집중되고 있다. 최근 경제성장과 더불어 산업화·공업화에 따른 환경파괴와 수질오염, 그리고 인스턴트 식품의 범람으로 우리의 건강상태가 극도로 위협을 받고 있다. 특히 국민의 소득증대와 맛(味) 중심의 기호성향에 따라 육식(肉食) 선호에 의한 영양의 과잉섭취와 기계문명의 발달에 의한 운동량의 절대부족 등이 비만화현상을 촉진할 뿐만 아니라 이들 비만이 원인이 되어 발병하는 것으로 알려진 만성 퇴행성 성인병이 만연되고 있는 실정이다.

이와 같이 비만은 여러가지 난치성 성인병을 유발할 뿐만 아니라 날씬한 몸매와 아름다움(美)을 추구하는 입장에서 볼 때 미용의 적(敵)이라고 말할 수 있다. 따라서 비만의 예방이 무엇보다 중요하며, 아울러 성인병의 예방을 위한 혈액중의 콜레스테롤과 중성지질의 억제가 무엇보다 중요하다고 하겠다.

이미 저자 등은 비만치료식 개발을 위한 기초연구의 일환으로서 식물섬유(食物纖維)로서의 알긴산의 비만억제효과와의 비교(최 등)¹⁾, 해조류와 생약과의 비만억제효과와의 비교연구(최 등)²⁾, 비만억제작용에 미치는 알긴산의 용량의 존성에 관한 연구(최 등)³⁾, 고지방 사료로 유도한 비만에 대한 미역성분의 영향으로서 체중, 사료효율, 비만지수에 미치는 영향 및 지질대사에 미치는 영향(김 등)⁴⁻⁵⁾, 해조류성분의 노화억제연구로서 혈청 지질속의 조절성분으로서 알긴산의 효과(최 등)⁶⁾ 및 간장 세포막속의 조절성분으로서 알긴산의 효과(최 등)⁷⁾, 알긴산-첨가 요쿠르트의 비만

억제효과(최 등)⁸⁾, 알긴산-첨가 음료가 흰쥐의 비만 및 생리활성에 미치는 영향(최)⁹⁾, 성인병과 노화억제작용에 미치는 해조류성분으로서 알긴산의 투여효과(최)¹⁰⁻¹¹⁾ 등에 대한 연구논문을 학회에 발표한 바 있다.

본 연구에서 비만은 식원병(食原病)이기 때문에 '비만은 식품을 통해 다스린다'는 원칙에 따라 기능성 식품을 이용한 비만억제식품으로서 미역, 다시마 등의 갈조류의 주성분로서 해조류의 식이섬유인 알긴산(alginic acid)을 원료로 하여 점성(粘性)을 조절하여 제조한 3% - 초저점도(ultra low viscosity : ULV) 알긴산나트륨을 재료로 하여 만든 기능성 알긴산 음료(AL-3.0 : 해조미인)의 비만 억제 및 생리활성을 평가하기 위하여 식물성의 식이섬유로서 5.0% - 폴리덱스트로오스(polydextrose : PD)를 재료로 하여 만들어 현재 시판중에 있는 기능성 폴리덱스트로오스 음료(PD-5.0)와 이 음료를 물로써 2배로 희석하여 실험에 사용한 2.5% - 폴리덱스트로오스 음료(PD-2.5)를 함께 SD계 흰쥐에 8주동안 투여하였다.

따라서 이들 식이섬유-첨가 기능성 음료(해조미인)의 투여가 체중변화, 사료 섭취량, 사료 및 에너지효율 등의 비만 방지효과, 그리고 혈액중의 중성지질과 콜레스테롤의 억제효과, 히드록시 라디칼(hydroxyl radical) 및 과산화지질의 생성 억제작용 등 성인병의 예방효과 및 노화방지효과 등에 미치는 영향을 분석하고 기능성 식품으로서의 가치를 평가하여 유의성있는 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육조건

Sprague-Dawley계 흰쥐(male rats : 130±5g)를 한국 화학연구소에서 구입하여 본 실험에 사용하였다. 사육 및 실험조건은 매일 오후 18 : 00에 체중의 측정과 함께 평량된 사료를 제공하고, 다음 날 사료잔량을 평량하여 사료 섭취량을 계산하였다. 그리고 동물사육실은 자동조절(22±2℃ ; 65±2% RH)되며 명암은 12시간 사이클(18 : 00~06 : 00)로 조절된다.

2. 실험용 사료의 조제

사료의 조성은 네 그룹이 다같이 탄수화물 57.0% (corn starch 45.0% + sucrose 12.0%), 단백질 18.0% (skim

milk 18.0%), 지질 18% (lard 18.0%)로 하고, 여기에 cellulose 2.0%, 비타민과 무기질 혼합물(AIN mixtures)을 각각 1.5% 및 3.5%를 첨가·조제하여 사용한다. 꼭 같은 사료로써 사육실험을 하면서 대조그룹(control group)은 물을, 그리고 실험그룹은 3.0%-알긴산 음료(AL-3.0 group), 시판중인 5.0%-폴리덱스트로오스 음료(PD-5.0 group), 그리고 이 음료를 두배로 묽힌 2.5%-폴리덱스트로오스 음료(PD-2.5 group)를 자유로이 섭취할 수 있도록 물병에 넣어 8주동안 투여하였다.

3. 재료 및 분석시약

본 기능성 알긴산 음료(해조미인) 개발에 사용한 초저점도 알긴산나트륨(ULV-sodium alginate)은 장외화학(長瀬化學: 日本)에서 할애받았고, 폴리덱스트로오스(polydextrose)는 화이자(주: 趙元章 박사)로부터 할애받아 사용하였으며, tetramethoxypropane, phosphotungstic acid, o-phthalaldehyde, ferrous ammonium sulfate 등의 관련시약은 모두 특급시약(Sigma Chemical Co.)을 사용하였다.

4. 알긴산 첨가 음료의 조제

초저점도알긴산나트륨(ultra low viscosity sodium alginate)이 3,000mg이 되도록 3.0 중량부를 50℃의 항온수조에서 교반·용해하고, 여기에 제품의 안정성을 높이기 위하여 알긴산 관련제품으로서 프로필렌글리콜알지네이트(propylene glycol alginate : PGA) 0.05 중량부, 식미개선제로서 탄산칼륨 0.05 중량부와 젯산칼슘 0.05 중량부를 첨가하여 교반·용해하고, 다시 여기에 산미제로서 구연산 0.21 중량부와 구연산나트륨을 0.22 중량부, 그리고 영양강화제로서 비타민 C 0.065 중량부, 요드화칼륨 0.0002 중량부, 배과즙 2.0 중량부, 그밖의 감미제로서 과당, 정맥당 및 솔비톨 등을 적당량 첨가하고, 여기에 천연 식용색소 및 향료를 미량 첨가·조제하였다. 이것을 50℃의 항온수조상에서 30분간 교반 용해하여 다시 실온까지 방치한 다음, 저온실(4℃)에서 12시간 정지한 후 저온(0℃)에서 5,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 침전을 제거한 다음, 알긴산-첨가 기능성 건강음료(해조미인)를 조제하였다.

5. 안정성을 위한 확대 저장실험

여러번의 예비실험을 거쳐 개발한 본 건강음료의 안정성을 확인하기 위하여 저온(4℃), 실온(25℃) 및 고온(50℃)

의 확대조건하에서 3개월간 저장하면서 매주 1회씩 개발 음료제품의 침전, 응고, 변색, 미생물의 번식, 이취의 발생 및 성분변화 등을 조사하였다.

6. 체중변화, 사료 및 에너지효율의 측정

매일 오후 5시 30분에 체중을 측정하면서 평량된 조제 사료를 주고 다음 날, 사료의 잔량을 평량하여 매일의 사료 섭취량을 계산하였다. 사료효율(feed efficiency : FE)은 저자 등³⁾의 방법에 따라 사료 섭취량에 대한 체중 증가량의 비로서 식-①에 따라 계산하였고, 에너지 효율은 Applegate 등¹²⁾의 방법에 따라 에너지 효율(gross efficiency : GE)로서 소비 에너지에 대한 체중 증가량의 비로서 식-②에 따라 계산하였다.

$$FE = \text{Body weight gain(g)} / \text{Food intake(g)} \times 10^2 \quad \text{..... ①}$$

$$GE = \text{Body weight gain(g)} / \text{Energy consumed(kcal)} \times 10^3 \quad \text{..... ②}$$

7. 중성지질 및 콜레스테롤의 측정

혈청중의 중성지질로서 트리글리세리드(triglyceride : TG)의 함량은 혈청 중성지질 측정용 TG 키트시약-V (榮研化學, 日本)로 전처리하여 표준 검량선에 의거, 혈청중의 중성지질의 함량을 정량하였다. 총콜레스테롤의 함량은 Rudel 등¹³⁾의 방법에 따라 o-phthalaldehyde법으로 측정하여 표준 검량선에 의하여 혈청중의 총콜레스테롤의 함량을 측정하였다. 인지질에 대한 콜레스테롤 함량비(Ch/Ph molar ratio)는 Calderini 등¹⁴⁾의 방법에 따라 측정하였다.

8. 과산화지질(LPO) 함량의 측정

혈액중의 과산화지질 함량의 측정은 저자(최 등)¹⁵⁾의 방법에 따라 TBA법으로 측정하였다. 혈청 20ul에 증류수 180ul을 혼합한 다음 시험관에 넣고 8.1% sodium dodecyl sulfate 용액 200ul을 가하여 잘 혼합한 다음 20% 초산 1.5ml을 넣고 혼합하고 여기에 1.2% TBA 1.0ml 첨가하고 깨끗한 구슬로 마개를 한 다음, 끓는 수조안에서 30분간 가열하였다.

이 반응액을 실온까지 냉각하여 800×g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 분광광도계를 사용하여 532nm에서 흡광도를 측정하고, 표준 검량선을 이용하여 혈액중의 과산

화지질(lipid peroxide : LPO)의 함량을 말론디알데히드(malondialdehyde : MDA)의 생성량으로 정량하였다. 또한 혈액중에서 생성된 과산화지질의 함량은 Yagi¹⁶⁾의 방법에 따라 형광광도계로써 측정하였다.

9. 활성산소 생성량의 측정

활성산소(oxygen radicals) 중에서 강력한 프리 라디칼로 알려진 히드록시 라디칼(hydroxyl radical)의 측정은 Chand 등 및 저자(최 등)¹⁷⁻¹⁸⁾의 방법에 따라 측정하였다.

혈청 34.8ul에 0.54M NaCl, 0.1M potassium phosphate buffer(pH 7.4), 10mM NaN₃, 7mM deoxyribose, 5mM ferrous ammonium sulfate 및 증류수로서 333.3 ul가 되도록 첨가하여 vortex에서 잘 혼합하여 37°C에서 15분간 정치한다. 혈청 67ul을 취하고, 여기에 8.1% SDS 75ul, 20% acetic acid 500ul 및 재증류수 25ul를 넣어 혼합한다. 여기에 1.2% TBA 333ul를 가하여 water bath (100°C)에서 30분간 가열한 후 실온으로 냉각한 다음, 700×g에서 5분간 원심분리하여 얻은 상층액을 분광광도계로써 532nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의하여 히드록시 라디칼 생성량을 정량하였다.

10. 제거효소의 활성 측정

생체내의 호기적 조직세포에 존재하고 있는 활성산소종(ROS)의 제거효소(scavenger enzymes)로서 수퍼옥시드 디스무타아제(superoxide dismutase : SOD)의 활성은 McCord 및 Oyanagui 등¹⁹⁻²⁰⁾의 방법에 따라 측정하였다.

11. 분석결과와 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 Student's t-test(Steel 등)²¹⁾로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 개발음료(해조미인)의 점도평가

현재 시판되고 있는 알긴산나트륨(sodium alginate : 350M)의 점도(30°C)가 3.0%의 농도에서 3,600cp, 0.3%의 농도에서 19cp인가 하면 0.03%의 농도에서 4cp 정도이기 때문에 기능성 음료의 점도는 10cp이하가 되어야

한다는 조건을 만족할 수 없다²²⁾. 특히 기능성 음료로서의 가치를 갖기 위해서는 알긴산나트륨의 농도가 3.0% 이상은 되어야 한다. 그런데 3.0%의 알긴산나트륨의 농도를 유지하게 되면 점도가 너무 크기 때문에 음료로서는 사용할 수 없다는 문제점에 봉착하게 된다.

최근 長瀬産業(株)에서 개발된 초저점도알긴산나트륨(ULV-sodium alginate)을 할애받아 기능성 음료개발(해조미인)에 사용하여 본 결과, Table 1에서 보는 바와 같이 3.0% 초저점도알긴산나트륨-첨가 음료의 점도가 6.5cp로서, 점도 10cp이하의 건강음료의 개발에 성공할 수 있었다.

Table 1. Viscosity of various dietary fiber-added drinks at 30°C

Dietary fiber-added drinks	Concentration (%)	Viscosity (cp)
Sodium alginate (350M)	3.0	3,600
	0.3	20
ULV-sodium	3.0	6.5
Polydextrose (PD)	3.0	3.2

2. 체중 변화에 미치는 영향

조제사료로써 사육하면서 제공하는 음료로서 물, 해조류에서 추출하여 가용화한 3.0% ULV-알긴산나트륨-첨가 개발음료(AL-3.0), 식물(植物)에서 추출하여 가용화하여 현재 시판중에 있는 5.0% 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료(PD-5.0) 및 이 음료(PD-5.0)를 물로써 2배 희석한 음료(PD-2.5)를 각각 실험동물(SD-rats)에 8주동안 사육한 결과, 체중변화는 Fig. 1과 같다. 체중변화를 비교하여 보면 3.0% 짜리 해조류의 식이섬유인 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)나 시판중인 5.0% 짜리 식물성 식이섬유-첨가 음료(PD-5.0)가 거의 같은 경향으로 체중의 감소효과가 나타났다.

현재 시판중인 식물성 식이섬유(PD)-첨가 음료를 2배로 희석하여 2.5%가 되도록 만든 2.5% 짜리 식이섬유(PD)-첨가 음료(PD-2.5)는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 물만 투여한 대조그룹과 거의 유사한 경향이 나타나서 비만의 예방효과는 크게 기대할 수 없다고 생각된다. 이러한 사실은 이들 식이섬유-첨가에 의한 사료 및 에너지 효율의 변화와 거의 같은 경향임을 알 수 있었다.

3.0%짜리 해조류의 식이섬유인 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0)와 시판중인 5.0%짜리 식물성의 식이섬유인 폴리덱스트로오스-첨가 음료(PD-5.0)가 비만의 억제효과에 있어서 거의 같다는 사실이다. 이상의 결과를 종합해 보면 비만의 예방효과에서 본다면 3.0%짜리 해조류의 식이섬유인 알긴산-첨가 개발음료(해조미인)가 현재 시판되고 있는 5.0%짜리 식물성의 식이섬유인 폴리덱스트로오스-첨가 음료보다 거의 2배나 효과가 있을 것으로 기대된다.

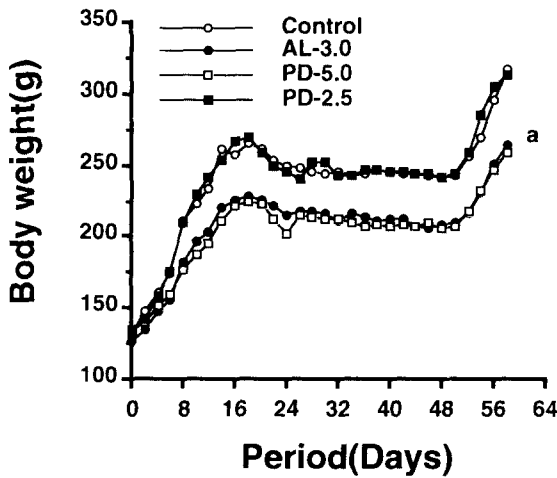


Fig. 1. Effects of dietary fiber-added drinks on body weight in SD-rats for 8 weeks.
^ap<0.001 compared with control group

2. 중성지질과 콜레스테롤의 함량에 미치는 영향

만성퇴행성 질환으로 알려진 성인병의 발병에는 혈중 중성지질과 콜레스테롤이 관계한다는 사실이 명확하게 구명되어 있다²³⁾. 이러한 사실은 최근 육식(肉食) 중심의 식생활 패턴이나 패스트 푸드(fast food)의 영향이 클 것으로 생각된다. 이들 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 기능성 음료를 8주동안 투여했을 때 중성지질(triglyceride : TG) 및 총콜레스테롤의 함량에 미치는 영향을 비교하여 보면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2-A에서 중성지질(TG)의 함량을 비교하여 보면 이들 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료(해조미인) 투여가 비만의 억제에 미치는 영향과는 달리 3.0%짜리 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0)나 5.0% 및 2.5%짜리 폴리덱스트로오스-첨가 시판음료(PD-5.0, PD-2.5)의 투여에 의한

중성지질의 함량사이에는 유의적인 차이를 발견할 수 없었고, 거의 같은 함량의 중성지질을 유의적으로 억제한다는 사실을 알 수 있었다.

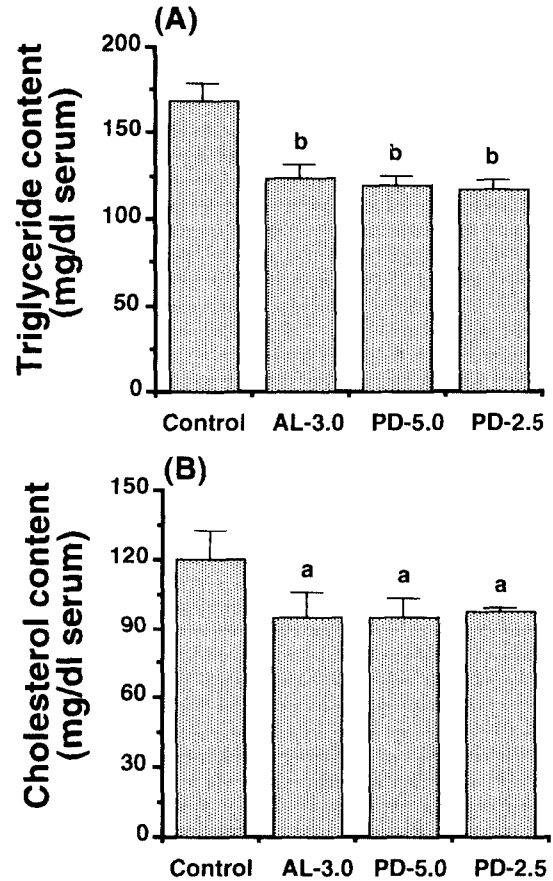


Fig. 2. Effects of dietary fiber-added drinks on triglyceride and cholesterol contents in SD-rats for 8 weeks.

^ap<0.01 ; ^bp<0.001 compared with control group.

Fig. 2-B에서 총콜레스테롤의 함량을 비교하여 보면 Fig. 2-A에서 본 중성지질의 경우와 마찬가지로 3.0%짜리 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)나 5.0% 및 2.5%짜리 폴리덱스트로오스-첨가 시판음료(PD-5.0, PD-2.5)의 투여에 의한 총콜레스테롤의 함량사이에도 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

식이섬유의 투여가 중성지질이나 콜레스테롤의 함량을 유의적으로 억제한다는 사실은 저자^{1,2,6,7,8)} 뿐만 아니라 많은 연구결과에서 밝혀져 있다. 또한 고콜레스테롤 식이와 식이섬유의 효과 등에 대한 연구논문도 많다(김 등⁴⁻⁵⁾, Endo 등²⁴⁾). 이와 마찬가지로 이들 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 기능성 음료의 투여는 중성지질과 마찬가지로 총콜레스테롤의 함량을 효과적으로 억제할 수는 있었지만, 이들 해조류 및 식물성 식이섬유의 종류나 양(量)사이에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

3. LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수에 미치는 영향

성인병의 발병인자는 총콜레스테롤의 함량보다는 나쁜 콜레스테롤로 알려진 저밀도리포단백(low density lipoprotein : LDL)-콜레스테롤의 함량이 매우 중요하다. 따라서 성인병의 발병을 억제하기 위해서는 LDL-콜레스테롤의 함량을 어떻게 억제할 것인가 하는 문제와 최근 동맥경화증의 발병지표로서 널리 활용되고 있는 동맥경화지수(atherogenic index)를 어떻게 효과적으로 억제할 것인가 하는 문제에 달려 있다. 이들 해조류 및 식물성 식이섬유 투여가 LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수에 미치는 영향을 비교하여 보면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3-A에서 LDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료의 투여효과를 비교하여 보면 이들 식이섬유 음료 투여에 의한 중성지질 및 총콜레스테롤의 함량에 미치는 영향과는 달리 3.0% 짜리 해조류의 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인) 투여가 LDL-콜레스테롤의 함량을 가장 효과적으로 억제한다는 사실을 알 수 있었다. 그 다음이 2.5% 짜리 식물성 식이섬유-첨가 음료(PD-2.5) 및 5.0% 짜리 식물성 식이섬유-첨가 음료(PD-5.0)가 유사한 경향을 나타내고 있었다.

Fig. 3-B에서 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료가 동맥경화지수(atherogenic index)에 미치는 영향을 비교하여 보면 LDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 영향과 거의 같은 패턴으로 3.0% 짜리 해조류 식이섬유인 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)의 투여가 동맥경화지수를 가장 효과적으로 억제할 수 있었으며, 그 다음이 현재 시판되고 있는 5.0% 짜리 식물성 식이섬유-첨가 음료(PD-5.0)였고, 가장 효과가 적은 것이 2.5% 짜리 식물성 식이섬유-첨가 음료(PD-2.5)라는 사실이 구명되었다.

이상의 결과에서 볼 때 같은 식이섬유-첨가 음료라고 하더라도 해조류(海藻類)의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료가 현재 시판되고 있는 식물성(植物性)의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료보다 성인병의 억제 효과가 훨씬 높을 것으로 기대된다. 특히 식이섬유-첨가 라면의 투여에서의 연구결과와 상당히 일치함을 알 수 있었다²⁵⁾.

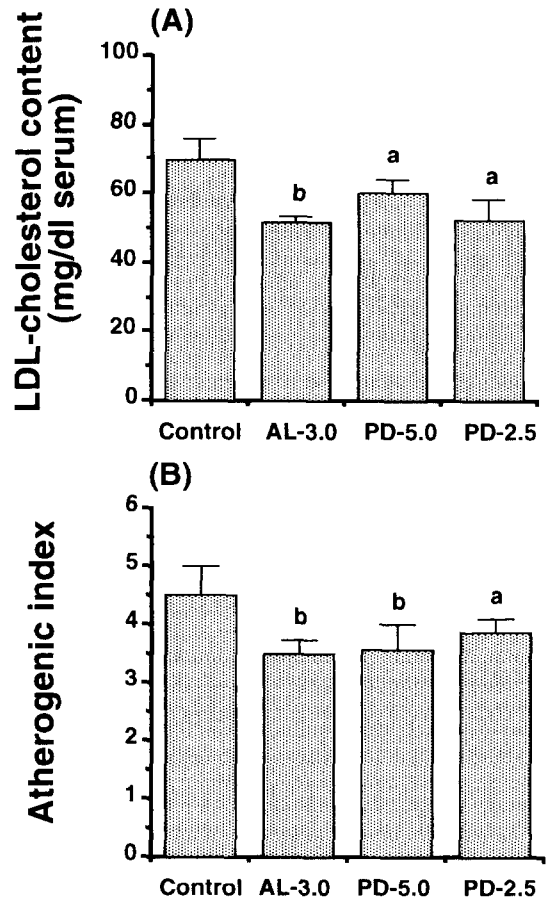


Fig. 3. Effects of dietary fiber-added drinks on LDL-cholesterol(A) content and atherogenic index(B) in SD-rats for 8 weeks.

^ap<0.05 ; ^bp<0.01 compared with control group.

4. 과산화지질 및 활성산소종의 형성에 미치는 영향
생체내에서의 성인병의 발병 및 생체 노화과정의 촉진에

깊이 관계하는 것으로 알려진 활성산소종(reactive oxygen species : ROS)으로서 프리 라디칼(free radical)의 생성과 이들 활성산소종에 의해서 생성되는 것으로 알려진 과산화지질로서 말론디알데히드(malondialdehyde : MDA)의 생성에 미치는 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료의 투여효과를 비교하여 보면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4-A에서 이들 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료의 장기간 투여가 생체내에서 형성되는 활성산소종(ROS)중에서 가장 강력한 프리 라디칼로 알려진 히드록시 라디칼(hydroxyl radical)의 생성에 미치는 영향을 비교하여 보면 이들 식이섬유의 종류나 양(量)에 관계없이 거의

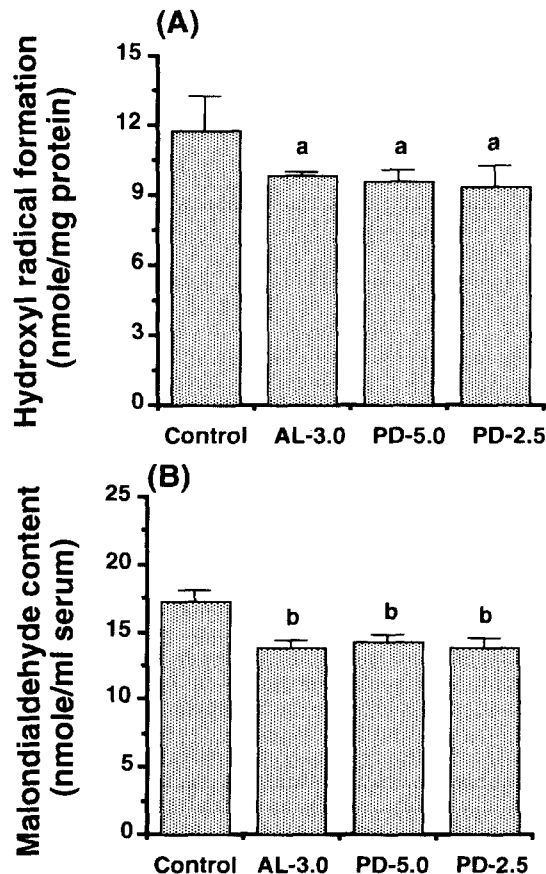


Fig. 4. Effects of dietary fiber-added drinks on hydroxyl radical(A) and lipid peroxide(B) formations in SD-rats for 8 weeks.

^ap<0.05 ; ^bp<0.01 compared with control group.

같은 경향으로 히드록시 라디칼의 형성을 효과적으로 억제하고 있음을 알 수 있었다.

또한 Fig. 4-B에서 해조류 및 식물성 식이섬유-첨가 음료의 장기간 투여가 생체내에서 생성되는 활성산소종(ROS)의 작용에 의해서 생성되는 것으로 알려진 과산화지질로서 말론디알데히드(malondialdehyde : MDA)의 생성에 미치는 영향도 히드록시 라디칼의 생성에 미치는 영향과 거의 같은 경향으로 이들 식이섬유의 종류나 양(量)에 관계없이 거의 같은 경향으로 과산화지질의 생성을 효과적으로 억제하고 있었다.

현대인들이 가장 고민하고 있는 비만의 예방효과나 성인병의 억제효과로서 LDL-콜레스테롤의 함량 억제 뿐만 아니라 동맥경화증의 발병지수로 알려진 동맥경화지수에 미치는 영향이 이들 식이섬유-첨가 음료중에서 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발 음료(AL-3.0 : 해조미인)가 시판중인 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료(PD-5.0)보다 효과적이란 사실을 알 수 있었다. 따라서 식이섬유의 비만 및 성인병 억제효과는 해조류의 식이섬유인 알긴산이 식물성의 식이섬유인 폴리덱스트로오스(PD)보다 훨씬 우수하다는 사실을 알 수 있다.

알긴산-첨가에 의한 LDL-콜레스테롤의 억제효과, 히드록시 라디칼의 생성 억제효과, 및 과산화지질의 억제효과가 저자 등의 연구결과에 의해서 확실히 밝혀져 있다^{6-11, 25}). 또한 알긴산의 투여가 비만과 성인병을 예방하고 노화를 억제한다는 사실은 이것이 바로 칼로리 제한의 영향과 같다는 사실을 간과해서는 안될 것이다²⁶⁻³¹).

5. 수퍼옥시드 디스무타아제(SOD)에 미치는 영향

생체내의 성인병 발병과 노화과정의 촉진에 깊이 관계하고 있는 활성산소종으로서 히드록시 라디칼($\cdot OH$), 수퍼옥시드 라디칼($O_2^{\cdot -}$), 과산화수소(H_2O_2) 등의 산소라디칼(oxygen radical)의 제거효소로 알려진 수퍼옥시드 디스무타아제(superoxide dismutase : SOD), 글루타치온 퍼옥시다아제(glutathione peroxidase : GSH-Px) 및 카탈라아제(catalase) 등의 활성에 미치는 영향을 비교·검토하는 것이 생체내의 노화과정의 진행을 평가하는데 매우 중요하다고 하겠다.

이들 활성산소종의 제거효소(scavenger enzyme)로서 가장 강력한 수퍼옥시드 디스무타아제(SOD)의 활성에 미치

는 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료와 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료의 투여효과를 비교하여 보면 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 수퍼옥시드 디스무타아제(SOD)의 활성은 3.0% 짜리 해조류의 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)가 2.5% 짜리 식물성의 폴리덱스트로오스-첨가 음료(PD-2.5) 뿐만 아니라 시판중인 5.0% 짜리 식물성의 폴리덱스트로오스-첨가 음료(PD-5.0)보다도 더욱 효과적이라는 사실이 입증되었다.

따라서 활성산소종의 제거효소의 활성도 3.0% 짜리 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)가 시판중인 5.0% 짜리 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료(PD-5.0)보다 훨씬 효과적임을 알 수 있었다.

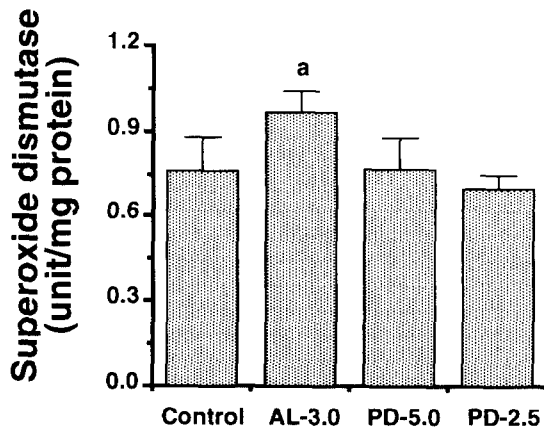


Fig. 5. Effects of dietary fiber-added drinks on superoxide dismutase(SOD) activity in SD-rats for 8 weeks. ^ap<0.01 compared with control group.

요 약

기능성 식품의 소재로서 미역, 다시마 등의 해조류의 식이섬유인 알긴산을 원료로 하여 점성을 조절한 초저점도(ultra low viscosity : ULV)의 알긴산나트륨(sodium alginate)을 주재료 하여 개발한 3.0% 짜리 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)와 식물성의 식이섬유로서 셀룰로오스를 가용화한 폴리덱스트로오스(polydextrose : PD)를 주재료 하여 만들어 시판중인 식이섬유-첨가 음료(PD-5.0)를 실험동

물(SD-rats)에 8주동안 투여하여 체중변화와 사료 및 에너지효율 등의 분석으로 비만의 예방효과를 검토하였고, 혈액 중의 중성지질과 총콜레스테롤의 함량, LDL-콜레스테롤의 함량 및 동맥경화지수 등의 분석으로 성인병의 억제효과를 검토하였으며, 아울러 히드록시 라디칼(hydroxyl radical)과 과산화지질의 생성, 그리고 이들 활성산소종의 제거효소(scavenger enzyme)의 활성 등의 분석으로 생체의 노화억제작용 등을 검토한 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

체중 증가(비만)의 억제효과는 3.0% 짜리 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)가 시판중인 5.0% 짜리 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스(PD)-첨가 음료(PD-5.0%)와 거의 같았다. 이들 식이섬유-첨가 음료의 투여는 중성지질과 총콜레스테롤의 함량을 효과적으로 억제하였지만, 그 억제효과는 식이섬유의 종류나 양(量)에 거의 영향을 받지 않았다. AL-3.0 그룹(해조미인)의 LDL-콜레스테롤의 억제는 PD-5.0 그룹보다 약 15%나 효과적이었지만, 동맥경화지수도 이들 식이섬유-첨가 음료에 투여에 의하여 대조그룹 대비 약 20% 이상 감소되었지만, 이들 식이섬유사이에는 거의 같은 경향을 나타내고 있었다. AL-3.0(해조미인) 및 PD-5.0 그룹의 히드록시 라디칼 및 과산화지질(LPO)의 생성은 대조그룹 대비 각각 15% 및 20%의 억제효과가 인정되었지만, 이들 식이섬유사이에는 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 생체의 방어기구로서 활성산소종의 제거효소인 수퍼옥시드 디스무타아제(SOD)의 활성이 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)가 시판중인 5.0% 짜리 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스-첨가 음료(PD-5.0) 및 대조그룹 대비 약 25%의 유의적인 상승효과가 인정되었다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때 비만의 예방과 성인병의 억제작용, 그리고 노화과정의 지연효과는 3.0% 짜리 해조류의 식이섬유로서 알긴산-첨가 개발음료(AL-3.0 : 해조미인)가 현재 시판중인 5.0% 짜리 식물성의 식이섬유로서 폴리덱스트로오스-첨가 음료(PD-5.0)보다 훨씬 생리적 효과가 크다는 사실이 실험적으로 입증되었다.

참 고 문 헌

1. 최진호 · 임채환 · 김재연 · 양준순 · 최재수 · 변대석 :

- 비만치료식 개발을 위한 기초연구 1. 식물섬유로서의 알긴산의 비만억제효과. 한국수산학회지 19(4), 303-311(1986).
2. 최진호·최재수·변대석·양달선: 비만치료식 개발을 위한 기초연구 2. 해조류성분의 비만 억제작용 비교. 한국수산학회지 19(5), 485-492(1986).
 3. 최진호·김재일·김일성·최재수·변대석·윤태현: 비만억제작용에 미치는 미역의 용량의 존성의 영향 1. 체중, 대사체중, 사료 및 에너지 효율에 미치는 영향. 한국노화학회지 1(2), 168-172(1991).
 4. 김재일·최진호: 고지방 사료로 유도한 비만 흰쥐의 비만에 미치는 미역성분의 영향 1. 체중, 사료 및 에너지효율, 체지방 함량 및 비만지수. 한국노화학회지 2(2), 142-147(1992).
 5. 김재일·김일성·문영실·최진호: 고지방사료로 유도한 비만 흰쥐의 지질대사에 미치는 미역성분의 영향. 한국노화학회지 3(1), 33-38(1993).
 6. 최진호·김일성·김재일·윤태현: 해조류성분의 노화억제작용에 관한 연구 1. 혈청지질 속의 노화억제작용의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과. 한국노화학회지 1(2), 173-178(1991).
 7. 최진호·김일성·김재일·윤태현: 해조류성분의 노화억제작용에 관한 연구 1. 간장 세포막속의 노화억제작용의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과. 한국수산학회지 25(3), 181-188(1991).
 8. 최진호·김재일·김동우·오두환: 알긴산-첨가 요구르트가 흰쥐의 비만 억제와 생리작용에 미치는 영향. 한국노화학회지 3(2), 123-129(1993).
 9. 최진호: 성인병과 노화 억제작용에 미치는 해조류성분으로서 알긴산의 투여효과. 제1회 알긴산국제학술세미나 초록집, PP. 11-15(1996).
 10. 최진호: 알긴산-첨가 음료가 흰쥐의 비만 및 생리활성에 미치는 영향. 수산식품연구와 과학정보(수산식품연구소) 1(1), pp. 18-30(1996).
 11. Choi, Jin-Ho: Studies on Functional Property and Safety of Seafood. Proceeding of International Symposium on Food Hygiene and Safety(May 30-June 3), 105-135(1996).
 12. Applegate, E. A., Upton, D. E. and Stern, J. S.: Exercise and detraining: Effect on food intake, adiposity and lipogenesis in Osborne-Mendel rats made obese by a high fat diet. *J. Nutr.* 114, 447-459(1984).
 13. Rudel, L. L. and Morris, M. D.: Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde. *J. Lipid Res.* 14, 364-366(1973).
 14. Calderini, G., Bonetti, A. C., Battistella, A., Crews, F. T. and Toffano, G. Biochemical changes of rat brain membranes with aging. *Neurochem. Res.* 8(4), 483-492(1983).
 15. Choi, J. H. and Yu, B. P.: Unsuitability of TBA test as a lipid peroxidation marker due to prostaglandin synthesis in the aging kidney. *Age* 13, 61-64(1990).
 16. Yagi, K.: Lipid peroxides and human diseases. *Chemistry and Physics of Lipids* 45, 337-351(1987).
 17. Chan, P. C. and Bielski, B. H. T.: Enzyme catalyzed free radical reactions with nicotinamide adenine nucleotide. *Chem. J. Biol.* 249, 1317-1320(1974).
 18. 최진호·김동우·김재일·한상섭: 기억 학습장애 동물모델 SAMP8에 미치는 도코사헥사엔산(DHA)의 영향 II. SAMP8 뇌의 산소 라디칼 및 그 제거효소에 미치는 DHA의 투여효과. 한국노화학회지 6(3), 20-24(1996).
 19. McCord, J. M. and Fridovch, I.: Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte(hemocuprein). *Chem J B* 244, 6049-6054.
 20. Oyanagui, Y.: Reevaluation of assay methods and establishment of Kit for superoxide dismutase activity. *Anal Biochem* 42, 290-296(1984).
 21. Steel, R.G.D. and Torrie, J. H.: Principles and procedures of statistics. McGrawhill, New York(1960).
 22. 村田克巳·立江慎二: アルギン酸類飲料及びその製造法. 公開特許公報(A) 平2-303468 (1990년 12월 7일) 417-420(1990).
 23. Khan, M. A. and Manejwala, A. M.: Cholesterol metabolism and atherosclerosis in aging. Handbook of Geriatric Nutrition(eds. Hsu, J. M. and Davis, R. L.) 88-109(1981).
 24. Endo, K., Kumemura, M., Nakamura, K., Fujisawa, T., Suzuki, K., Benno, Y. and Mitsuoka, T.: Effect of high cholesterol diet and polydextrose supplementation on the microflora, bacterial enzyme activity, putrefactive products, volatile fatty acid(VFA) profile, weight, and pH of the feces in healthy volunteers. *Bifidobacteria Microflora* 10(1), 53-64(1991).
 25. 최진호·김동우·문영실·김재일·이동수·변재형: 식이섬유-첨가 라면의 투여가 흰쥐의 생리작용에 미치는 영향. 한국노화학회지 5(2), 88-92(1995).
 26. Yu, B. P., Masoro, E. J. and McMahan, C. A.: Nutritional influences on aging of fischer 344 rats: I. Physical, Metabolic, and longevity characteristics. *J Gerontol.* 40(6), 657-670(1985).
 27. Yu, B. P., Lee, D. W., Marler, C. G. and Choi, J. H.: Mechanism of food restriction: Protection of cellular homeostasis. *J Exper Biol. Med.* 193, 13-15(1990).

28. Choi, J. H. and Yu, B. P. : The effect of food restriction on kidney membrane structures of aging rats. *Age* 12, 133-136(1989).
29. Choi, J. H. and Yu, B. P. : Unsuitability of TBA test as a lipid peroxidation marker due to prostaglandin synthesis in the aging kidney. *Age* 13, 61-64(1990).
30. Choi, J. H. and Yu, B. P. : Brain synaptosomal aging : free radicals and membrane fluidity. *Free Rad. Biol. & Med.* 18(2), 133-139(1995).
31. Choi, J. H. and Yu, B. P. : Analysis of lipid composition and hydroxyl radicals in brain membranes of senescence-accelerated mice. *Age*, 19, 1-5(1996).