

## 미역 (*Undaria pinnatifida*) 국수가 SD계 흰쥐의 혈청 지질대사에 미치는 영향

최진호 · 김동우 · 김정화 · 김대익 · 김창목\*  
부경대학교 식품생명과학과 생화학교실, \*한국산업기술정보연구원 생화학실

### Effect of Brown Algae (*Undaria pinnatifida*)-Noodle on Lipid Metabolism in Serum of SD-Rats

Jin-Ho CHOI, Dong-Woo KIM, Jung-Hwa KIM, Dae-Ik Kim and Chang-Mok KIM\*  
Lab. of Biochemistry, Department of Food and Life Science, Pukyong National University\*  
Dept of Biochemistry, Korean Institute of Industry and Technology Information

Our previous studies have demonstrated the effects of alginic acid as a brown algae (*Undaria pinnatifida*) component on inhibitory action of obesity using animal model. Sprague-Dawley (SD) male rats were fed experimental diets (10%, 20% and 40% brown algae noodle: BA-noodles) for 4 weeks. Effects of BA-noodles on triglyceride (TG), total cholesterol, LDL and HDL-cholesterol, and atherogenic index (AI) were evaluated. Total and LDL-cholesterol contents in serum of SD rats for 4 weeks resulted in a marked inhibition (10~15% and 15~18%, respectively) by administration of 10%, 20% and 40% BA-noodles compared with control group. HDL-cholesterol contents in serum of SD rats for 4 weeks significantly increased in ranges of 7 to 16% by administration of 10%, 20% and 40% BA-noodles compared with control group. Atherogenic index (AI) in serum of SD rats as a initial attack markers of chronic degenerative disease for 4 weeks remarkably decreased in ranges of 14 to 28% by the administration of 10%, 20% and 40% BA-noodles compared with control group. These results suggest that administration of BA-noodles can not only effectively inhibit chronic degenerative disease, but also may be intervent the aging process.

Key words: Brown algae (*Undaria pinnatifida*), BA-noodle, triglyceride (TG), LDL and HDL-cholesterols, atherogenic index

#### 서 론

해양은 지구표면의 70%나 차지하고 있을 뿐만 아니라 지구상에 살고있는 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 효과적이라는 사실이 과학적으로 입증되고 있다(최, 1992; 1995; 1996; 1997; 1998). 따라서 해양생물의 난치성 성인병의 예방과 치료 등의 많은 생화학적 약리효능이 입증되고 있으므로써(Lands, 1986; Lees and Karel; 1990), 수산식품의 생리활성을 이용한 기능성 식품 개발 및 제약화에 관심이 집중되고 있다.

저자 등은 비만의 억제 및 생리활성 구명을 위한 기초연구의 일환으로서 식물섬유(食物纖維)로서의 알긴산의 비만억제효과와 비교(Choi et al., 1986a), 해조류와 생약과의 비만억제효과 비교(Choi et al., 1986b), 비만억제작용에 미치는 미역성분의 용량의존성(Choi et al., 1991a), 혈청 지질속의 노화억제작용의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과(Choi et al., 1991b), 간장 세포막의 노화억제작용의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과(Choi et al., 1992a), 고지방 사료로 유도한 비만흰쥐의 비만에 미치는 미역성분의 영향(Kim et al., 1992b) 고지방 사료로 유도한 비만흰쥐의 지질대사에 미치는 미역성분의 영향(kim et al., 1993a), 알긴산

첨가 요쿠르트의 비만 억제 및 생리작용에 대한 효과(Choi et al., 1993b), 식이섬유-첨가 라면의 투여가 생리작용에 대한 효과(Choi et al., 1995) 및 미역의 알긴산-첨가 기능성 음료(해조미인)의 생리활성(Choi et al., 1997) 등에 대한 연구논문을 학회지에 발표한 바 있다.

본 연구에서는 미역성분의 생리활성 구명을 위한 기초연구의 일환으로서, 탄수화물 72%, 단백질 10%, 지질 10% 및 기타 무기질과 비타민으로써 조제한 기본사료(대조군)의 조성중에서 탄수화물로서 강력 밀가루 대신에 미역의 건조분말을 각각 10%, 20%, 40%가 되도록 첨가하고, 여기에 비타민과 무기질을 첨가하여 미역국수(실험군)를 제조하여 SD계 흰쥐에 4주 동안 투여하여 중성지질, 총콜레스테롤, LDL 및 HDL-콜레스테롤 및 성인병의 발병지표로 사용되는 동맥경화지수(atherogenic index: AI) 등에 미치는 미역국수의 영향을 평가하여 유의적인 결과를 얻었기에 보고한다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 실험동물 및 사육조건

한국화학연구소(대전)에서 구입한 Sprague Dawley rat (male, 135 ± 10 g)을 구입하여 부경대 동물사육실에서 1주동안 예비 사육한 다음, 8마리씩 4군으로 나누어 각각 준비된 사료 및 물을

본 연구는 교육부 지원 해양식량자원개발 특성화사업의 일부 경비 지원으로 수행되었다.

자유로이 섭취하도록 하여 4주동안 사육한 다음, 저자 등 (Choi et al., 1995)의 방법에 따라 혈액을 채취하여 혈청을 분리하여 냉동고 (-70°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다. 사육실 조건은 항온항습 (22 ± 2°C, 65 ± 2% RH)에서 12시간 사이클 (06:00~18:00)로 명암이 자동 조절된다.

## 2. 조제사료의 조성

실험에 사용한 기본사료 (control group)의 조성은 탄수화물로서 강력 밀가루 (제일제당, 한국) 72.0%, 지질로서 돈지 (신한유지, 한국) 10.0% 단백질로서 카제인 (sodium-free: Sigma Chemical Co., USA) 10.0%, 셀룰로오스 (Sigma Chemical Co., USA) 3.0%, 비타민 및 무기질 혼합물 (AIN, USA) 각각 1.0% 및 3.5%로 첨가하였고, DL-메티오닌 (0.3%) 및 콜린클로라이드 (0.2%)를 혼합하여 기능성 미역국수를 제조하였다. 실험군 (brown algae noodle: BA-noodle group)의 사료조성은 다른 사료 조성은 대조군과 똑같이 하되, 단지 탄수화물로서 사용한 강력 밀가루 대신에 미역의 건물분말을 증량비로 10%, 20%, 40%가 되도록 밀가루에 첨가 혼합하여 미역국수를 제조하여 건조한 다음, 파쇄하여 SD계 흰쥐에 4주간 투여하였다.

## 3. 재료 및 분석시약

실험에 사용할 건조 미역은 부산시 기장군수협을 통해 구입하여 분말파쇄기 (LG전자, 한국)를 사용하여 분말화하여 실험용 기능성 국수 제조에 사용하였다. 분석용 관련시약은 모두 특급시약 (Sigma Chemical Co., USA)을 사용하였다.

## 4. 중성지질 및 단백질의 측정

혈청중의 중성지질로서 트리글리세리드 (triglyceride: TG)의 함량은 중성지질 측정용 TG키트시약-V (榮研化學, 日本)로써 전처리하여 표준 검량선에 의거, 혈청중의 TG의 함량을 정량하였다. 혈청중의 단백질의 함량은 Lowry 등 (1951)의 방법에 따라 표준 검량선을 이용하여 정량하였다.

## 5. LDL 및 HDL-콜레스테롤의 측정

총콜레스테롤의 함량은 Rudel 등 (1973)의 방법에 따라  $\alpha$ -phthalaldehyde법으로 측정하여 표준 검량선에 의거 혈청중의 총콜레스테롤의 함량을 정량하였다. 한편 저밀도리포단백 (low density lipoprotein: LDL)-콜레스테롤의 함량 및 고밀도리포단백 (high density lipoprotein: HDL)-콜레스테롤은 진보 (Choi et al., 1997a)의 방법에 따라 정량하였다.

## 6. 동맥경화지수 (AI)의 측정

최근 성인병의 발병지표로서 널리 사용되는 동맥경화지수 (atherogenic index: AI)는 진보 (Choi et al., 1997a)의 방법에 따라 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 함량으로써 계산하였다.

## 7. 분석결과의 처리

본 연구의 모든 실험결과는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를

계산하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 Student's t-test (Steel et al., 1960)로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 중성지질 및 총콜레스테롤의 변화

SD계 흰쥐에 조제사료로써 4주동안 사육하면서 미역분말의 투여량에 따른 혈청중의 중성지질 (TG) 및 총콜레스테롤 (TCh)의 함량변화를 비교하여 본 결과는 Fig. 1과 같다. 10%, 20%, 40%의 미역분말 첨가 미역국수 (BA-noodle) 투여군중에서 4주동안의 TG (Fig. 1-A)의 함량을 비교하여 보면 10%, 20%, 40% BA-noodles의 TG의 함량은 각각 84.78 ± 3.52, 91.27 ± 3.33, 91.30 ± 3.77 mg/dl serum으로서 대조군 (99.77 ± 4.25 mg/dl serum: 100%) 대비 10~15%정도나 유의적으로 감소하였다 ( $p < 0.05 \sim 0.001$ ). 그 중에서도 10%-BA-noodle의 투여가 혈청중의 TG를 가장 효과적인

Fig. 1-A

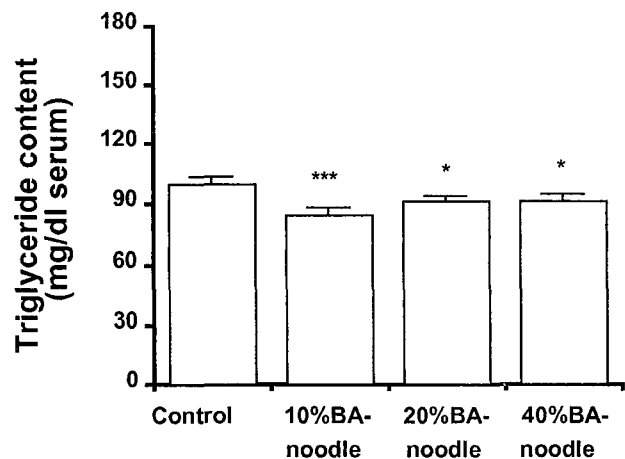


Fig. 1-B

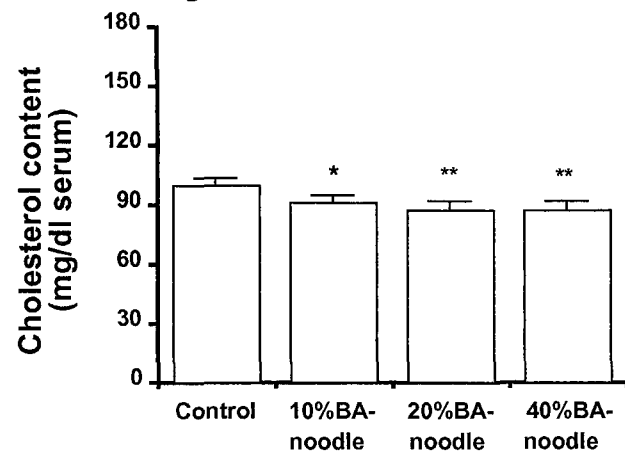


Fig. 1. Effect of brown algae (BA)-noodles on triglyceride (Fig. 1-A) and total cholesterol (Fig. 1-B) contents in serum of SD-rats for 4 weeks. \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$  compared with control group.

으로 감소하였다. 이러한 연구결과는 저자 등 (Choi et al., 1991a, 1995)이 전보에서 발표한 미역성분으로서 알긴산 투여의 연구결과와 잘 일치하고 있었다. 따라서 미역의 TG의 억제효과는 미역 성분중의 알긴산이 관계할 가능성이 매우 높을 것으로 기대된다.

한편 혈청중의 TCh에 미치는 영향을 Fig. 1-B에서 비교하여 보면 10%, 20%, 40% BA-noodle의 TCh의 함량은 각각 91.00 ± 3.72, 87.30 ± 5.02, 87.28 ± 4.97 mg/dl serum으로서 대조군 (99.30 ± 4.61 mg/dl serum: 100%) 대비 8~12% 정도나 유의적으로 감소하였다 (p<0.05~0.01). 이러한 연구결과는 TG의 함량변화와는 달리 거의 용량의존적으로 20% 및 40% BA-noodle의 투여가 혈청중의 TCh의 함량을 12%까지 효과적으로 감소하였다. 이러한 연구결과도 TG의 함량변화와 마찬가지로 저자 등 (Kim et al., 1993a; Choi et al., 1993b; 1995; 1997)이 전보에서 발표한 미역성분으로서 알긴산 투여의 연구결과와 잘 일치하고 있었다. 마찬가지로 미역의 TCh의 억제효과도 미역성분중의 알긴산이 관계할 가능성이 매우 높을 것으로 기대된다.

2. LDL 및 HDL-콜레스테롤의 변화

같은 방법으로 SD계 흰쥐에 조제사료로써 4주동안 사육하면서 미역분말의 투여량에 따른 혈청중의 LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량변화를 비교하여 본 결과는 Table 1과 같다.

10%, 20%, 40% BA-noodles의 LDL-콜레스테롤의 함량은 각각 46.00 ± 4.41, 44.25 ± 4.51, 44.20 ± 4.21 mg/dl serum으로서 대조군 (53.75 ± 2.18 mg/dl serum: 100%) 대비 각각 85.6%, 82.3%, 82.2%로서 15~18%나 유의적으로 감소하였다 (p<0.05~0.001). LDL-콜레스테롤은 성인병의 원인물질로 알려져 있기 때문에 LDL-콜레스테롤의 억제효과는 매우 바람직하다고 하겠다. 이러한 연구결과는 저자 등 (Kim et al., 1993a; Choi et al., 1993b; 1995; 1997)이 전보에서 발표한 미역성분으로서 알긴산 투여의 연구결과와 잘 일치하고 있었다. 또한 HDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 10%, 20%, 30% FBA-noodle의 영향을 비교하여 보면 이들 BA-noodles 투여군의 HDL-콜레스테롤의 함량은 각각 25.36 ± 1.12, 25.74 ± 0.41, 27.58 ± 1.52 mg/dl serum으로서 대조군 (23.80 ± 0.77 mg/dl serum: 100%) 대비 각각 106.6%, 108.2%, 115.9%로서 7~16% 정도의 유의적인 증가효과가 인정되었다.

사실 콜레스테롤 억제인자 (anti-cholesterol factor) 또는 장수인자 (longevity factor)라고까지 부를 정도로 건강에 매우 유익한

Table 1. Effects of brown algae (BA)-noodle on LDL and HDL-cholesterol contents in serum of SD-rats for 4 weeks

Parameter	Control	10% BA-noodle	20% BA-noodle	40% BA-noodle
Total cholesterol	99.30 ± 4.61*	91.00 ± 3.72	87.30 ± 5.02*	87.28 ± 4.97*
	100%	91.6%	87.9%	87.9%
LDL-cholesterol	53.75 ± 2.18	46.00 ± 4.41*	44.25 ± 4.51**	44.20 ± 4.21**
	100%	85.6%	82.3%	82.2%
HDL-cholesterol	23.80 ± 0.77	25.36 ± 1.12	25.74 ± 0.41*	27.58 ± 1.52**
	100%	106.6%	108.2%	115.9%

\*Mean ± SD (mg/dl serum).

\*p<0.05; \*\*p<0.01 compared with control group.

HDL-콜레스테롤의 증가효과는 매우 바람직하다고 하겠다. 지금까지 연구된 결과에서 볼 때 HDL-콜레스테롤을 증가시키는 요인은 운동, 생선 단백질 및 식이섬유 등으로 알려져 있을 뿐이라는 점을 감안한다면 미역국수의 투여가 HDL-콜레스테롤을 증가시킨다는 것은 매우 중요한 의미를 갖고 있다고 하겠다.

3. 동맥경화지수 (AI)의 변화

현대생활은 영양 과잉과 운동 부족이란 이중고 때문에 성인병의 명에를 짊어지고 있는 꼴이다. 성인병의 예방을 위한 성인병의 발병지표가 필요하게 되었다. 그래서 최근의 연구결과, 동맥경화지수 (atherogenic index: AI)가 널리 활용되고 있다.

SD계 흰쥐에 조제사료로써 4주동안 사육하면서 미역분말의 투여량에 따른 AI를 비교하여 보면 Fig. 2와 같다. 10%, 20%, 40% BA-noodles 투여군의 AI는 각각 2.59 ± 0.17, 2.39 ± 0.15, 2.16 ± 0.14로서 대조군 (3.00 ± 0.13: 100%) 대비 각각 86.3%, 79.7%, 72.0%로서 14~28%나 현저히 감소하였다 (p<0.01~0.001). 이러한 연구결과는 저자 등 (Kim et al., 1993a; Choi et al., 1993b; 1995; 1997)이 전보에서 발표한 미역성분으로서 알긴산 투여의 연구결과와 잘 일치하고 있었다. 이들 기능성 미역국수의 투여는 성인병을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

미역분말-첨가 미역국수의 지질대사에 미치는 생리적 효능을 구명하기 위하여 SD계 흰쥐에 4주동안 미역국수 (BA-noodles)를 투여하여 중성지질 (TG), 총콜레스테롤 (TCh), LDL 및 HDL-콜레스테롤, 그리고 동맥경화지수 (AI)에 미치는 BA-noodles의 영향을 평가하였다. SD계 흰쥐에 조제사료로써 4주동안 사육하면서 10%, 20%, 40% BA-noodles의 TG의 함량은 84.78 ± 3.52~91.30 ± 3.77 mg/dl serum로서 대조군 (99.77 ± 4.25 mg/dl serum: 100%)

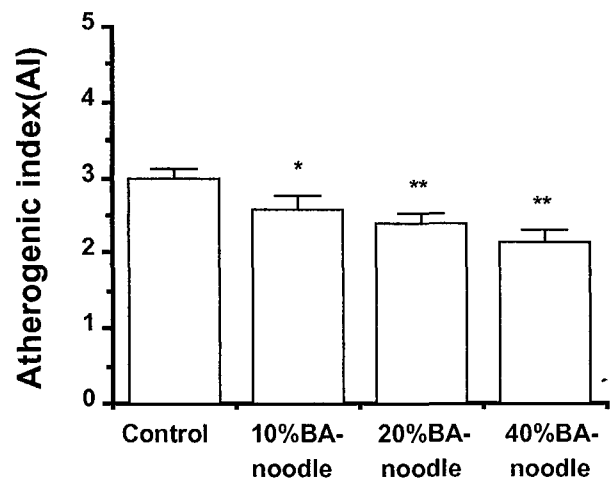


Fig. 2. Effect of brown algae (BA)-noodle on atherogenic index (AI) in serum of SD rats for 4 weeks. \*p<0.01; \*\*p<0.001 compared with control group.

대비 10~15% 정도나 유의적으로 감소하였다. 같은 방법으로 10%, 20%, 40% BA-noodles의 TCh의 함량은  $87.28 \pm 4.97 \sim 91.00 \pm 3.72$  mg/dl serum로서 대조군 ( $99.30 \pm 4.61$  mg/dl serum: 100%) 대비 8~12% 정도나 유의적으로 감소하였다. 또한 10%, 20%, 40% BA-noodles의 LDL-콜레스테롤의 함량은  $44.20 \pm 4.21 \sim 46.00 \pm 4.41$  mg/dl serum으로서 대조군 ( $53.75 \pm 2.18$  mg/dl serum: 100%) 대비 15~18%나 유의적으로 감소하였다. 한편 10%, 20%, 30% BA-noodles 투여군의 HDL-콜레스테롤의 함량은 각각  $25.36 \pm 1.12 \sim 27.58 \pm 1.52$  mg/dl serum로서 대조군 ( $23.80 \pm 0.77$  mg/dl serum: 100%) 대비 각각 7~16% 정도나 유의적으로 증가하였다. 끝으로 10%, 20%, 40% BA-noodles 투여군의 AI는  $2.16 \pm 0.14 \sim 2.59 \pm 0.17$ 로서 대조군 ( $3.00 \pm 0.13$ : 100%) 대비 14~28%나 현저히 감소하였다. 이상의 결과에서 볼 때 이들 기능성 미역국수의 투여는 성인병을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- Choi, J.H., C.H. Rhim, J.Y. Kim, J.S. Yang, J.S. Choi and D.S. Byun. 1986a. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity I. The Inhibitory effect of alginic acid as a dietary fiber on obesity. Bull. Korean Fish. Soc. 19 (4), 303~311.
- Choi, J.H., J.S. Choi, D.S. Byun and D.S. Yang. 1986b. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity I. Comparison of the Inhibitory effect of algae and crude drug components on obesity. Bull. Korean Fish. Soc. 19 (5), 485~492.
- Choi, J.H., J.I. Kim, I.S. Kim, J.S. Choi, D.S. Byun and T.H. Yoon. 1991a. Dose effect of brown algae (*Undaria pinnatifida*) on inhibitory action of obesity I. Effect on body weight, feed and gross efficiencies, and metabolic body size. Kor. J. Gerontol. 1 (2), 168~172.
- Choi, J.H., I.S. Kim, J.I. Kim, and T.H. Yoon. 1991b. Studies on anti-aging action of brown algae (*Undaria pinnatifida*) I. Dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in serum lipids. Kor. J. Gerontol. 1 (2), 173~178.
- Choi, J.H., I.S. Kim, J.I. Kim and T.H. Yoon. 1992a. Studies on anti-aging action of brown algae (*Undaria pinnatifida*) I. Dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in liver membranes. Bull. Korean Fish. Soc. 25 (3), 181~188.
- Choi, J.H., J.I. Kim, D.W. Kim and D.H. Oh. 1993b. Effect of alginic acid-added yoghurt on inhibition of obesity and physiological action of rats. Kor. J. Gerontol. 3 (2), 123~128.
- Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, J.I. Kim, D.S. Lee and J.H. Pyeun. 1995. Feeding effect of dietary fiber-added instant noodle on biological action of rats. Kor. J. Gerontol. 5 (2), 88~92.
- Choi, J.H. and D.W. Kim. 1997. Effect of Alginic acid-added seaweed drink (Haezomiin) in brown algae (*Undaria pinnatifida*) on obesity and biological activity of SD rats. Korean J. Life Sci. 7 (4), 361~370.
- Kim, J.I. and J.H. Choi. 1992b. Effect of brown algae component on obese rats induced by a high fat diet I. Body weight, feed and gross efficiencies, body fat content, and obesity index. Kor. J. Gerontol. 2 (2), 142~147.
- Kim, J.I., I.S. Kim, Y.S. Moon and J.H. Choi. 1993a. Effect of brown algae component on lipid metabolism in obese rats induced by a high fat diet. Kor. J. Gerontol. 3 (1), 33~38.
- Lowry, O.H., N.L. Roseborough, L.A. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. J. Biol. Chem. 193, 265~275.
- Rudel, L.L. and M.D. Morris. 1973. Determination of cholesterol using *o*-phthalaldehyde. J. Lipid Res. 14, 364~366.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGrawhill, New York.
- William E. M. Lands (ed). 1986. Fish and Human Health. Academic Press, Inc.
- Robert S. Lees and Marcus Karel (eds). 1990. Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease. Marcel Denker, Inc.
- 최진호. 1993. 바다음식을 먹으면 오래 산다. 자유문화사 (서울) 발행
- 최진호. 1995. 바다음식을 먹으면 머리가 좋아진다. 자유문화사 (서울) 발행
- 최진호. 1996. 건강 100세, 생선을 즐겨라. 협동문화사 (서울) 발행
- 최진호. 1997. 건강 100세, 김·미역을 즐겨라. 협동문화사 (서울) 발행
- 최진호. 1998. 건강 100세, 굴·조기를 즐겨라. 수협문화사 (서울) 발행

1998년 7월 30일 접수

1998년 10월 21일 수리