

다시마 첨가 패티가 경계역 고콜레스테롤혈증 성인의 식후 혈청 지질 및 혈당 농도에 미치는 영향

김화현¹ · 임현숙^{1,2*}

¹전남대학교 식품영양과학부

²전남대학교 생활과학연구소

Effects of Sea Tangle-added Patty on Postprandial Serum Lipid Profiles and Glucose in Borderline Hypercholesterolemic Adults

Hwa Hyun Kim¹ and Hyeon-Sook Lim^{1,2*}

¹Div. of Food and Nutrition and ²Human Ecology Research Institute,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

ABSTRACT Sea tangle (*Laminaria japonica*) is well known as having anti-diabetic and hypolipidemic effects in animals as well as in humans. In this study, we evaluated the effects of sea tangle-added patty on postprandial blood glucose and lipid profiles in borderline-hypercholesterolemic (cholesterol ≥ 200 mg/dL) adults. Eleven subjects voluntarily participated in the experiment, and each subject provided written consent. Experimental patty (E) was made by adding 2.25 g of sea tangle powder as a substitution to 1.125 g each of pork and chicken. In the first week, 200 g of Control patty (C) was provided to each subject, who had fasted more than 12 hours. In the second week, the same amount of E patty was supplied under the same conditions. Serum glucose levels increased significantly less at 30, 60, and 120 min after consumption of E patty compared to the levels at all time points after eating C patty. Thus, the change in the area under curve (Δ AUC) of serum glucose levels through 120 minutes was lower when consuming E patty compared to C patty. Although serum C-peptide concentrations were not significantly different at all time points between the two patties, the Δ AUC of serum C-peptide concentrations through 120 minutes was lower when consuming E patty compared to C patty. However, there were no differences in serum levels of triglyceride, total cholesterol, LDL-C, and HDL-C at 30, 60, 120, 180, and 240 min between the two patties. Further, each Δ AUC of these lipid levels through 240 minutes was not significantly different between the two patties. The results indicate that sea tangle-added patty may decrease postprandial plasma glucose concentrations and reduce insulin secretion, although it might not ameliorate serum lipid profiles in adults with borderline-hypercholesterolemia.

Key words: patty, sea tangle, serum lipids, blood glucose, borderline hypercholesterolemia

서 론

한국인의 식습관이 급속하게 서구화되면서 에너지는 물론 동물성 지방과 콜레스테롤 섭취가 과다해지고 있다(1). 이러한 현상에 햄버거 등의 패스트푸드가 크게 기여하고 있다(2,3). 햄버거용 패티는 육류가 주재료이므로 포화 지방산과 콜레스테롤 함량이 높다. 한국인에서 비만을 비롯해 이상지질혈증이나 관상동맥 심장질환 또는 뇌졸중 등의 발병률이 높아지는 현상(1,4)과 패스트푸드 섭취량 증가는 무관하지 않다(5).

고콜레스테롤혈증을 포함하는 이상지질혈증은 유전적 소인과 환경적 요인의 영향을 받는데, 환경요인 중에서는 식사

요인이 크게 작용한다(6). 고콜레스테롤혈증의 영양치료 지침이 정상 체중의 유지와 함께 총 지방과 포화지방산 및 콜레스테롤 섭취 감소인 것은 이와 같은 이유이다(7). 이러한 영양치료 지침으로 판단하면, 햄버거 등의 패스트푸드는 특히 고콜레스테롤혈증자에게 제한해야 할 식품이다. 그러나 높은 기호성과 편리성 때문에 대중적으로 선호도가 높은 패스트푸드의 섭취를 제한하는 것은 쉬운 일이 아니다. 만일 혈중 지질 양상에 부정적인 영향을 끼치지 않는 패스트푸드를 개발할 수 있다면 이러한 문제를 해결할 수 있을 것이다.

다시마에는 라미나린(laminarin), 후코이단(fucoidan), 알긴산(alginate) 등의 갈조류 식이섬유가 31~37%나 함유되어 있어(8,9) 건강기능성 식품 소재로서 각광을 받고 있다. 다시마 등 갈조류는 정상인의 혈중 총 콜레스테롤(total cholesterol: T-chol)과 중성지방(triglyceride: TG) 농도를 저하시켰고(10), 당뇨 쥐의 혈당을 낮추었으며(11-13), 당뇨 쥐 또는 고지혈증 쥐의 혈중 콜레스테롤 농도를 강하시

Received 16 December 2013; Accepted 30 January 2014

*Corresponding author.

E-mail: limhs@jnu.ac.kr, Phone: +82-62-530-1332

켰고(11,13-15), 고지혈증 쥐의 간 콜레스테롤 함량을 감소시켰으며(15), 고지혈증 쥐(14) 또는 당뇨 쥐(12,13,16)의 분변 중 콜레스테롤 또는 담즙산 배설을 증가시켰다. 또한 본인 등이 다시마 분말을 첨가한 패티를 혈중 지질 농도가 정상인 사람에게 섭취시킨 연구에서 다시마 패티는 대조 패티에 비해 혈청 T-cholesterol과 LDL-C 농도를 저하시켰고 또한 혈당도 강하시켰다(17). 이와 같은 선행연구들로 다시마가 혈중 지질 양상과 함께 혈당도 개선한다는 점이 확인된다. 당뇨병 환자의 경우에는 흔히 고지혈증이 동반되어 동맥경화증을 유발하고, 고지혈증자에서 관찰되는 혈당 상승은 혈액의 점성을 높여 역시 동맥경화증 위험을 높인다는 점을 고려할 때 다시마는 고지혈증자뿐만 아니라 고혈당자에게도 적극 권장할만한 식품이다.

따라서 고콜레스테롤혈증을 보이는 사람에게 앞서 서술한 영양치료 지침을 준수하도록 하는 방법 이외에 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는 생리활성을 지닌 다시마와 같은 식품을 적극 활용하는 것도 혈중 지질 양상과 혈당을 개선하는 보조적인 방안이 될 수 있을 것이다. 정상 지질 농도를 지닌 사람을 대상으로 하여 다시마 패티 실험(17)을 진행한 이후 본 연구자들은 추후에 혈중 콜레스테롤 농도가 상승한 사람에서도 다시마 함유 패티가 동일한 효과를 나타내는지 확인할 필요성이 있다고 생각하였다. 왜냐하면 고콜레스테롤혈증자의 지질 대사는 내인성 콜레스테롤의 합성 증가나 콜레스테롤이나 담즙산 배설 저하 등 콜레스테롤 대사가 정상인과 다를 수 있기 때문이다. 지금까지 혈중 지질과 혈당에 관해 다시마의 효능을 평가하기 위해 수행된 연구는 실험 동물을 대상으로 한 경우 정상 쥐에게 고지방식을 급여해 고지혈증을 유도하거나(14,15) streptozotocin으로 당뇨병을 유발하여(11-13,16) 이용하였다. 그러나 사람의 경우는 건강한 사람(10,17)을 대상으로 하여 연구되었을 뿐 고콜레스테롤혈증이나 경계역 고콜레스테롤혈증을 보이는 사람을 대상으로 수행된 연구는 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 약물치료는 필요하지 않으나 영양치료가 필요한 상태인 경계역 고콜레스테롤혈증을 지닌 성인을 대상으로 하여 다시마 함유 패티가 섭취 후 혈중 지질과 혈당에 끼치는 영향을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

패티 제조와 일반성분 분석

패티 재료: 본 실험에 사용한 재료는 모두 국내산을 이용하였다. 건 다시마(완도산)를 비롯해 쌀(해남산), 계육 가슴살, 돈육 등심, 마늘, 소금(H사), 설탕(S사), 후추(O사), 빵가루(B사), 대두유(B사)는 모두 시중에서 구입하였다.

다시마 분말 제조: 건 다시마를 흐르는 물에 씻어 염분을 제거하였으며, 풍건으로 다시 건조하였다. 이를 믹서(Kitchen Aid Co., Greensville, VA, USA)에 갈아 체(100 mesh)를 통과시켜 다시마 분말을 제조했다.

패티의 배합, 성형 및 얼처리: 표준패티(Control: C)는 후지를 첨가하지 않는 건강지향적인 재료 배합비를 적용하였다(18). 실험패티(Experimental: E)는 패티 C의 재료 배합 중 육류 2.25 g, 즉 돈육과 계육 각각 1.125 g씩을 다시마 분말로 대체하였다. 두 패티 모두 믹서를 이용해 정육을 먼저 3분간 분쇄(5 mm plate×300 rpm)하였고, 이후에 나머지 재료를 모두 넣어 5분간 더 혼합하였다. 혼합된 재료를 80 g씩 분할하여 성형(지름 10.5 cm×두께 1.3 cm)하였고, 100°C로 예열된 찜기(Chefling 3 step-steam cooker, Chefling Co., Seoul, Korea)를 이용해 12분간 찜다.

패티의 일반성분 분석: 제조한 패티 C와 E의 일반성분은 AOAC 방법(19)에 따라 정량하였다. 즉 수분 함량은 상압가열건조법으로, 조단백질 함량은 Kjeldahl법으로, 조지방 함량은 Soxhlet법으로, 회분 함량은 직접회화법으로, 조섬유 함량은 Henneberg-Stohmann법으로 crude fiber extract analyzer(Fibertec™ Systems 2010, FOSS, Hillerod, Denmark)를 이용해 분석했다. 콜레스테롤 함량은 식품공전(20)에 의하여 gas chromatography(GC/MS 5907, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 이용해 분석했고, 나트륨 함량은 atomic absorption spectrometers(AAnalyst 400, Perkin-Elmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용해 측정했다.

패티 섭취시험

대상자: 패티 섭취시험 대상자는 혈청 T-cholesterol 농도가 200 mg/dL 이상인 남녀 대학생 11명이었다. 이들 대상자는 모두 외견상 건강하였으며, 지질저하제를 비롯해 복용하는 약물이 없는 상태이었다. 이들은 모두 본 연구의 취지와 내용을 충분히 이해하였고, 서면으로 참여에 동의하였다.

시험설계: 패티 섭취시험 첫 주에 화요일부터 목요일까지 조절식사를 섭취한 대상자들을 금요일 아침에 12시간 이상 공복상태로 일정한 장소에 모이게 했다. 각 대상자로부터 공복상태의 혈액을 전주정맥에서 약 5 mL 채취한 후 각자 200 g의 표준패티를 200 mL의 물과 함께 10분 사이에 섭취하도록 하였다. 패티를 섭취한 후 30분, 60분, 120분, 180분 및 240분에 연속적으로 동량의 혈액을 채취하였다. 둘째 주에는 동일한 방법으로 실험패티를 시험하였다.

조절식사: 각각의 패티 섭취시험일 전 사흘 동안 모든 대상자들에게 조절식사를 제공하였다. 조절식사는 대상자들의 연령과 성별에 따른 한국인 영양섭취기준(21)을 충족하는 균형식사(에너지: 2,264±90.4 kcal, 탄수화물: 102.9±30.1 g, 단백질: 23.1±8.9 g, 지방: 33.7±8.6 g)이었다. 일정한 장소에서 하루 세 번 정해진 시간(아침 8:00, 점심 12:00, 저녁 18:00)에 제공하였다.

혈액성분 분석: 채취한 혈액을 실온에서 30분간 정치한 후 원심분리(15 min×3,000 rpm)하여 혈청을 분리하였으며, 이를 분주해 -70°C에 보관하면서 분석에 사용하였다. 혈당 농도는 enzymatic kinetic assay 방법을 적용한 Glucoquant glucose 시약(Roche Diagnostics, Basel, Switzer-

land)을 이용하였고, 혈청 TG, T-chol 및 HDL-C 농도는 모두 enzymatic colorimetric assay 방법을 응용한 triglycerides 시약, cholesterol 시약 및 HDL-C 시약(Roche Diagnostics)을 사용하였으며, 모두 자동임상화학분석기(Modular Analytics PE, Roche Diagnostics)로 측정하였다. 혈청 C-peptide 농도는 electrochemiluminescence immunoassay(ECLIA) 방법을 이용한 connecting peptide 시약(Roche Diagnostics)을 사용해 자동임상화학분석기(Modular Analytics E170, Roche Diagnostics)로 측정하였다. LDL-콜레스테롤(LDL-C) 농도는 아래의 방정식을 이용해 산출하였다.

$$\text{LDL-C} = \text{TC} - (\text{HDL-C} + \text{TG}/5)$$

한편 혈당과 각 지질 성분의 농도 변화, 즉 반응면적의 변화(change in the area under curve: Δ -AUC)를 구하였다(22). 혈당과 C-peptide의 Δ -AUC는 각 공복 농도에서 패티를 섭취한 후 120분까지 변화된 값이며, 각 지질 성분의 경우는 각 공복 농도에서 240분까지 변화된 값이다. Δ -AUC는 공복 농도로부터 증가한 면적과 감소한 면적을 모두 포함한다.

통계 분석

통계 분석은 SPSS program(Statistical Package for Social Sciences, Version 18.0, Chicago, IL, USA)을 사용하여 수행하였다. 모든 측정치는 평균과 표준편차로 표시하였다. 시간대 별 평균의 차이는 반복측정 분산분석(repeated measures of ANOVA)으로 시행하였고, 표준패티와 실험패티 간 측정치의 유의성은 Student's t-test로 검증하였으며, 모든 유의수준은 $P < 0.05$ 로 판정하였다.

Table 1. Energy and nutrient composition of the patties and the sea tangle powder (100 g)

	Patty		Sea tangle powder
	Control	Experimental	
Energy (kcal)	183.4±0.3*	172.2±2.4	303.5±2.6
Moisture (g)	61.5±0.1	63.0±0.5*	8.7±0.1
Carbohydrate (g)	6.7±0.1	6.0±0.7	63.1±0.2
Crude protein (g)	22.5±0.0*	21.5±0.4	9.4±0.2
Crude fat (g)	7.4±0.0*	6.9±0.1	1.5±0.2
Crude ash (g)	2.0±0.0	2.6±0.0*	17.3±0.1
Cholesterol (mg)	31.6±2.6*	26.1±1.9	0.0±0.0
Na (mg)	293.5±25.4	350.7±15.0*	2,200.3±310.1
Crude fiber (g)	2.3±0.1	3.3±0.0*	30.4±0.1

Values are mean±SD of three replicates.

*Means with asterisk are significantly different between the two patties by Student's t-test at $P < 0.05$.

결과 및 고찰

패티와 다시마 분말의 일반성분

표준패티와 실험패티 및 다시마 분말의 일반성분은 Table 1과 같았다. 실험패티는 표준패티에 비해 수분, 조회분, 나트륨 및 조섬유 함량이 유의하게 높았던 반면에 에너지와 조단백, 조지방 및 콜레스테롤 함량은 유의적으로 낮았으며, 탄수화물 함량은 다르지 않았다. 다시마 분말은 나트륨을 비롯해서 회분과 식이섬유 함량은 높은 반면에 지방 함량은 매우 낮고, 콜레스테롤을 전혀 함유하지 않았다. 이러한 결과는 육류의 2.5%를 다시마 분말로 대체하면 패티의 조지방과 콜레스테롤 함량이 감소되어 패티의 영양소 조성에 긍정적인 영향을 끼친다는 점을 지난 번 연구(17)에 이어 재차 확인해 주었다.

패티 섭취시험 대상자의 일반사항과 대상자 선정 시의 혈청 지질 농도

패티 섭취시험 대상자의 연령과 신체질량지수(body mass index: BMI) 및 대상자 선정 시의 혈청 지질 농도는 Table 2와 같았다. 연령은 모두 20대이었고, BMI 평균은 다소 높아 과체중 상태를 보였다. 혈청 T-chol 농도의 평균은 경계역 고콜레스테롤혈증을 대상자 선정 기준으로 삼았으므로 정상보다 높았다. 대상자 11명 중에서 10명은 경계역 고콜레스테롤혈증(200~229 mg/dL)의 범주에 있었고, 1명은 고콜레스테롤혈증(≥ 230 mg/dL)에 속하였다. 혈청 TG 농도의 평균은 정상 범위이었으나, 1명은 고중성지방혈증(≥ 200 mg/dL)에 속했고 2명은 경계역 중성지방혈증(150~199 mg/dL) 범주에 있었으며, 나머지 8명은 정상 농도를 보였다.

패티 섭취시험 후 혈청 지질 농도

표준패티 또는 실험패티를 섭취하기 전 공복 상태의 혈청 TG와 T-chol, LDL-C 및 HDL-C의 개시 농도는 Table 3과 같았다. 혈청 TG와 HDL-C는 표준패티와 실험패티를 섭취하기 전 개시 농도가 다르지 않았으나, T-chol과 LDL-

Table 2. Age, BMI, and concentrations of T-chol, TG, and glucose of the subjects

Age (yr)	23.1±2.6
BMI ¹⁾ (kg/m ²)	24.0±4.4
T-chol ²⁾ (mg/dL)	215.0±9.2
Hypercholesterolemia (≥ 230) (%)	90.9
Borderline hypercholesterolemia (200~229) (%)	9.1
TG ³⁾ (mg/dL)	117.2±64.4
Hypertriglyceridemia (≥ 200) (%)	9.1
Borderline hypertriglyceridemia (150~199) (%)	18.2
Normal (<150) (%)	72.7

Values are mean±SD or % (n=11).

¹⁾BMI: body mass index. ²⁾T-chol: total cholesterol.

³⁾TG: triglyceride.

Table 3. Initial concentrations of serum lipids and blood glucose of the subjects when consuming control or experimental patty (unit: mg/dL)

	Patty	
	Control	Experimental
TG	76.4±21.4	74.4±25.9
T-chol	213.0±20.5*	188.8±13.2
LDL-C	130.1±0.1*	113.1±18.0
HDL-C	67.6±17.8	60.1±15.3
Glucose	91.0±8.1	88.0±6.6
C-peptide	1.64±0.42	1.84±0.63

*Means with asterisk are significantly different between the two patties by Student's t-test at $P<0.05$.

C는 표준패티 섭취 시의 개시 농도가 실험패티 섭취 시보다 유의성 있게 높았다. 본 연구에서 패티 섭취시험을 수행할 때 개시 혈청 T-chol 농도는 대상자를 선정할 때 측정했던 농도와 크게 다르지 않았는데 비해 TG 농도는 대상자 선정 시 농도에 비해 35% 정도 크게 낮았다. 이러한 점은 사흘간의 조절식사 섭취에 따른 변화라고 생각된다. 즉 조절식사의 조성이 이들 대상자의 일상식사에 비해 지방 함량이 낮았기 때문이라고 유추된다. 혈청 T-chol 농도는 외인성 콜레스테롤 섭취에 예민하게 반응하지 않으나 TG 농도는 지방 섭취량의 감소 등 영양관리에 의해 긍정적으로 반응한다는 증거들이 이러한 현상을 설명해준다(23,24). 각각의 개시 농

도와 비교해 표준패티 또는 실험패티를 섭취한 후 240분까지 혈청 TG, T-chol, LDL-C 및 HDL-C 농도의 변화는 Fig. 1과 같았다.

혈청 TG 농도는 두 패티 모두 섭취 후 180분까지는 공복 농도와 차이가 없었으나 240분에는 30분과 60분의 농도보다 유의하게 높아졌다. 그러나 개시 농도를 비롯해 모든 시간대에서 두 패티 간에 혈청 TG 농도에 유의성 있는 차이는 없었다. 혈청 T-chol의 개시 농도는 표준패티 섭취 시가 실험패티 섭취 시에 비해 유의적으로 높았으며, 이러한 차이는 섭취 후 240분까지 모든 시간대에서 그대로 유지되었다. 시간대별 변화 양상도 두 패티 간에 근사하여 표준패티의 경우 240분까지 개시 농도가 그대로 유지되었고, 실험패티도 180분에 유의하게 낮아졌던 점을 제외하고는 역시 개시 농도가 그대로 유지되었다. 혈청 LDL-C의 개시 농도도 T-chol 농도처럼 표준패티 섭취 시가 실험패티 섭취 시보다 유의적으로 높았으며, 두 패티 간에 이러한 차이는 240분까지 계속되었다. 시간대별 변화 양상도 두 패티 사이에 근사하였다. 즉 표준패티의 경우 30분과 60분에만 유의하게 감소되었을 뿐 240분까지 개시 농도가 유지되었으며, 실험패티는 180분에만 유의하게 낮았고 다른 모든 시간대에서 개시 농도가 지속되었다. 혈청 HDL-C는 개시 농도는 물론 240분 농도까지 두 패티 간에 다르지 않았다. 그러나 시간대별 변화 양상은 다소 달랐다. 표준패티의 경우는 60분, 120

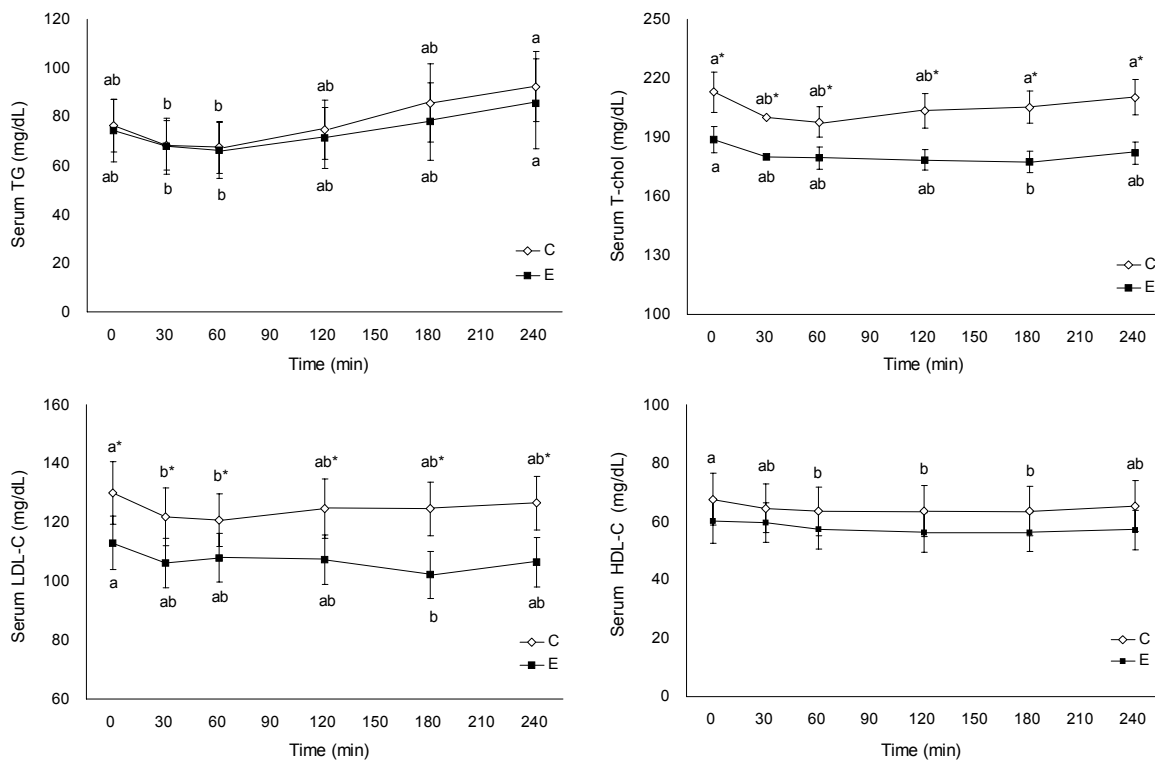


Fig. 1. Serum lipid concentrations in time interval. Values are mean±SD (n=11). *Values with asterisk are significantly different between the two patties by Student's t-test at $P<0.05$. ^{a,b}Values with different letters among the each time point are significantly different by repeated measures of ANOVA at $P<0.05$. C, control patty; E, experimental patty. TG, triglyceride; T-chol, total cholesterol; LDL-C, low density-lipoprotein cholesterol; HDL-C, high density-lipoprotein cholesterol.

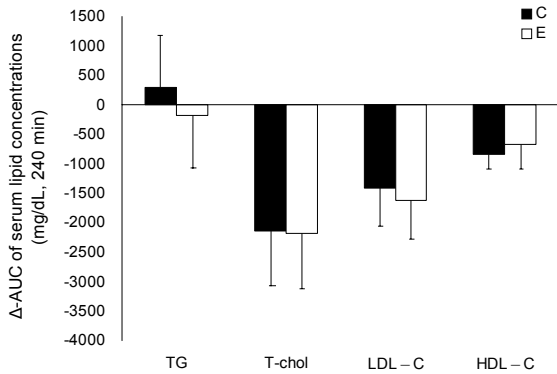


Fig. 2. Δ-AUC (change in the area under curve) of serum lipid concentrations after consuming each patty. Values are mean±SD (n=11). There are no significant differences among the two patties by Student's t-test at $P<0.05$. TG, triglyceride; T-chol, total cholesterol; LDL-C, low density-lipoprotein cholesterol; HDL-C, high density-lipoprotein cholesterol.

본 및 180분에 유의하게 감소했다가 240분까지 개시 농도가 유지되었는데 이에 비해 실험패티는 240분까지 개시 농도가 그대로 지속되었다. 이러한 결과 혈청 TG, T-chol, LDL-C 및 HDL-C 농도의 240분간 Δ-AUC는 Fig. 2와 같았다. 혈청 TG 농도의 Δ-AUC는 물론 T-chol, LDL-C 및 HDL-C 농도의 Δ-AUC 모두 두 패티 사이에 다르지 않았다.

이러한 연구결과는 본 연구자가 수행한 선행연구(17), 즉 다시마 분말을 첨가한 패티가 정상 지질 농도를 보인 성인에서 섭취 후 240분까지 혈청 지질 양상에 나타낸 결과와 비교할 때, 혈청 TG와 HDL-C 농도의 Δ-AUC에 유의한 영향을 끼치지 않은 점은 일치하나 T-chol과 LDL-C 농도의 Δ-AUC가 다시마 패티 섭취로 인해 유의하게 감소한 결과와는 일치하지 않았다. 또한 건강한 남자에게 해조류를 5일 동안 섭취시킨 결과 혈중 T-chol과 TG 농도가 저하되었다는 연구(10)와도 합치하지 않았다. 고콜레스테롤혈증 등 이상지질혈증을 지닌 사람을 대상으로 수행된 연구는 없었다. 한편 실험동물을 대상으로 한 연구들은 대부분 streptozotocin 처리로 당뇨병을 유발시켰거나(11,13,14,16,25) 또는 고지

방식으로 고지혈증이 유발된(14,15) 흰쥐에게 다시마 추출물 또는 다시마를 비롯한 해조류를 3주에서 8주 정도 급여한 결과, 대부분 혈중 TG와 T-chol 농도가 강하되는 효과를 나타내었다. 다시마의 지질 저하 기전으로는 여러 가설이 제안되어 있으나 분변을 통한 중성 스테로이드와 담즙산 배설 증가가 주요 요인이라고 생각된다(12-14,16). 갈조류 식이첨유 중 특히 alginate는 중량 대비 200~300배의 물을 흡수해 점성을 나타내므로(26) 장내에서 생리적인 흡착물질로 작용하여 콜레스테롤의 장간순환을 저해한다고 유추할 수 있다. 그러므로 실험패티가 경계역 고콜레스테롤혈증자에서 식후 혈청 지질 양상을 개선하지 못한 본 연구결과에 대해서는 추후에 지질대사의 어느 과정에 차이가 있는지 규명할 필요가 있다고 생각한다. 또한 다시마 추출물을 이용해 실험패티에 다시마 함량을 더 높여보거나 패티의 재료 배합을 지방 함량이 높은 조성을 사용하여 지방 섭취량을 증가시킨 상황에서 후속 연구를 수행할 필요도 있을 것이다. 표준 패티 또는 실험패티 200 g을 통해 패티 섭취시험 대상자들이 섭취한 지방은 각각 13.4 g이었거나 12.0 g이었고, 콜레스테롤은 63.2 mg이었거나 52.2 mg이었다. 이러한 양은 한국 성인이 한 끼에 섭취하는 지방 19.6 g(1) 또는 콜레스테롤 98~119 mg(27)에 비해 크게 낮은 수준이었다. 또한 정상 지질혈증자를 대조군으로 고지혈증자를 실험군으로 설계한 실험을 수행할 필요성이 있다고 생각된다. 이외에도 패티 섭취 후에 일어나는 변화뿐만 아니라 장기간 섭취에 따른 영향을 규명할 필요도 있을 것이다.

패티 섭취시험 후 혈당과 혈청 C-peptide 농도

표준패티 또는 실험패티를 섭취하기 전 공복 상태의 혈당과 혈청 C-peptide의 개시 농도는 각각 다르지 않았다 (Table 3). 각각의 개시 농도와 비교해 표준패티 또는 실험패티를 섭취한 후 120분까지 혈당과 혈청 C-peptide의 농도 변화는 Fig. 3과 같았다. 혈당 농도는 표준패티의 경우 섭취 후 30분에 개시 농도보다 7.5% 상승했으며, 60분에는 3.1% 그리고 120분에는 1.3% 높은 상태를 유지했으나 유

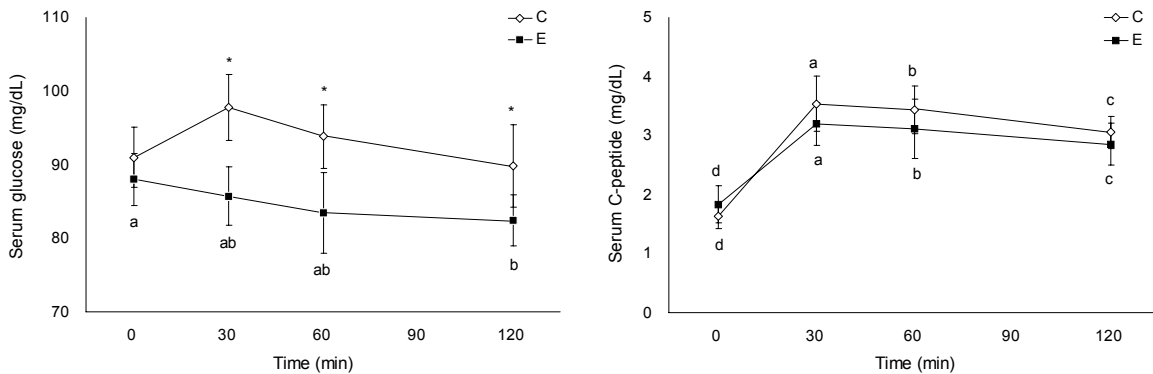


Fig. 3. Serum glucose and C-peptide concentrations in time interval. Values are mean±SD (n=11). *Values with asterisk are significantly different by Student's t-test at $P<0.05$. ^{a,b}Values with different letters among the each time point are significantly different by repeated measures of ANOVA at $P<0.05$. C, control patty; E, experimental patty.

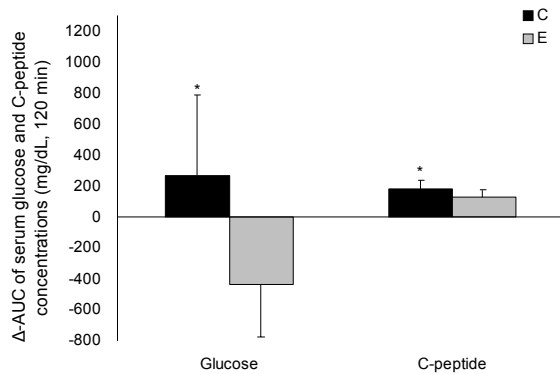


Fig. 4. Δ -AUC (change in the area under curve) of serum glucose and C-peptide concentrations after consuming each patty. Values are mean \pm SD (n=11). *Values with asterisk are significantly different between the two patties by Student's t-test at $P<0.05$. C, control patty; E, experimental patty.

의적인 차이는 아니었다. 실험패티의 경우는 섭취 후 30분에 공복 혈당보다 2.6% 저하했으며, 60분에는 5.1% 그리고 120분에는 6.3% 낮은 수준을 보여 120분의 농도는 개시 농도보다 유의성 있게 낮았다. 표준패티와 실험패티 간에 개시 혈당 농도는 다르지 않았으나 섭취 후 30분부터 120분까지 모든 시간대에서 실험패티를 섭취한 경우가 표준패티를 섭취한 경우보다 혈당 농도가 유의성 있게 낮았다. 한편 혈청 C-peptide 농도는 표준패티를 섭취한 후 30분에 2배 정도 증가해 가장 높았고, 60분과 120분에 각각 전 시간대 농도에 비해 유의적으로 저하되긴 했으나 여전히 개시 농도보다는 유의성 있게 높았다. 실험패티도 표준패티와 시간대별로 동일한 변화 양상을 보여 모든 시간대에서 혈청 C-peptide 농도는 두 패티 사이에 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과, 혈당과 혈청 C-peptide 농도의 120분간 Δ -AUC는 Fig. 4와 같았다. 혈당 농도의 Δ -AUC는 표준패티는 양의 값을 보인 반면에 실험패티는 음의 값을 보였으며, 실험패티가 표준패티보다 유의성이 낮았다. 혈청 C-peptide 농도의 Δ -AUC는 두 패티 모두 양의 값을 보였으며, 실험패티가 표준패티에 비해 유의적으로 낮았다.

C-peptide는 proinsulin으로부터 인슐린을 분해·생성하는 과정에서 생기는 물질로 proinsulin과 동량 mole의 insulin과 C-peptide가 생기고 동시에 혈중으로 유출된다. 그러므로 혈중 C-peptide 농도는 췌장 β -세포의 기능을 평가하는 지표로 이용되며(28), 공복 시나 포도당 부하 후 혈중 C-peptide 농도는 당뇨병 환자의 인슐린 치료 필요성을 예측하는데 도움이 되는 것으로 알려졌다(29,30). 이러한 점을 고려할 때, 본 연구결과는 실험패티가 표준패티에 비해 인슐린 분비를 촉진하지 않았음을 나타낸다. 포도당 흡수 지연으로 혈당 상승이 억제된 결과 insulin 분비가 감소되었을 것이라 유추할 수 있겠다. 다양한 실험설계로 수행된 여러 연구들은 streptozotocin 처리로 당뇨가 유발된 흰쥐에서 다시마가 요당 배설 감소와 혈당 강하 등 당질대사를 개선시키는 효과가 있음을 확인하였다(11-13,16,31). 이러한

선행연구들은 다시마를 함유한 실험패티가 혈당과 혈청 C-peptide의 반응을 낮춘 본 연구결과를 지지한다. 다시마가 나타낸 이러한 효과는 다시마에 함유된 갈조류 식이섬유를 비롯한 생리활성물질의 작용이라고 해석할 수 있겠다. Pectin이나 guar gum 또는 alginate fiber 등 식이섬유가 장 내에서 gel matrix를 형성해 위배출 지연(32), 소장 내용물 통과 지연(33), 포도당 확산 지연(34), 포도당 흡수속도 지연(35,36) 등의 효과를 보인다고 이미 밝혀져 있기 때문이다. 또한 다시마가 α -amylase 활성을 저해한다는 증거(37)도 다시마의 혈당 강하 효과를 뒷받침한다. 본인 등이 수행한 선행연구에서도 혈당 저하 효과는 뚜렷하였다(17).

본 연구에서는 패티 200 g을 통해 약 13 g의 탄수화물을 섭취했으므로 경구당부하검사(oral glucose tolerance test: OGTT)에 일반적으로 적용하는 포도당부하량에 비해 적었음에도 불구하고 실험패티가 표준패티에 비해 혈당을 강하시키고 혈청 C-peptide 농도를 저하시킨 결과는 상당히 고무적이라고 생각된다. 추후에 충분한 양의 탄수화물을 공급하는 조건에서 다시마 패티가 혈당이나 인슐린 분비능을 검토하는 연구를 수행할 필요가 있다고 생각된다. 해조류에 함유된 alginate fiber가 인슐린 비의존성 당뇨병 환자에서 식후 혈당과 혈청 C-peptide 농도를 유의적으로 감소시킨 연구(38)나 고식이섬유 섭취가 인슐린 분비를 증가시키지는 않았으나 인슐린 의존성 당뇨병 환자에서 인슐린 요구량을 유의적으로 낮추었다는 다른 연구(39) 또한 본 연구결과를 지지한다.

요 약

본 연구는 생리활성이 높은 다시마를 첨가한 패티가 정상 지질혈증을 보이는 사람에서 섭취 후 혈청 지질 양상과 혈당을 개선한 선행연구의 후속으로 경계역 고콜레스테롤혈증을 지닌 사람을 대상으로 하여 동일한 효과를 나타내는지 규명하고자 수행되었다. 대표적 패스트푸드인 패티가 정상 지질혈증자는 물론 고콜레스테롤혈증자에서도 섭취 후 혈청 지질 농도나 혈당을 강하시킨다면 건강지향적인 패티 개발의 가능성이 더 커질 수 있을 것이다. 실험패티는 표준패티 재료 중 육류의 2.5%를 다시마 분말로 대체하여 제조하였다. 실험패티는 표준패티에 비해 열량, 조단백, 조지방 및 콜레스테롤 함량이 유의하게 낮았고, 수분, 조회분, 나트륨 및 조섬유 함량은 유의성 있게 높았으며, 탄수화물 함량은 차이가 없었다. 경계역 고콜레스테롤혈증을 지닌 11명의 성인에게 공복혈액을 채취한 직후 표준패티 또는 실험패티 200 g을 200 mL의 물과 함께 10분 사이에 섭취하도록 하였고, 이후 30분, 60분, 120분 후에 채혈하여 혈청 포도당과 C-peptide 농도를 추적하였으며, 혈중 지질 농도는 240분까지 채혈하여 분석하였다. 패티 섭취 후 240분까지 혈청 TG를 비롯해 T-chol, LDL-C 및 HDL-C의 시간대별 농도와 각 지질 성분의 Δ -AUC는 모두 두 패티 간에 차이가 나타

나지 않았다. 반면에 혈당 농도는 패티 섭취 후 120분까지 실험패티가 표준패티에 비해 모든 시간대에서 유의하게 낮았으며 Δ -AUC도 유의성 있게 낮았다. 혈청 C-peptide 농도는 패티 섭취 후 120분까지 비록 모든 시간대에서 두 패티 사이에 차이를 보이지 않았으나 Δ -AUC는 유의적으로 낮았다. 이러한 결과는 실험패티에 함유된 다시마 분말이 혈당을 낮추고 또한 인슐린 분비를 감소시켰다는 것을 시사한다. 본 연구의 제한점으로 각각의 패티 200 g을 통한 탄수화물과 지방 및 콜레스테롤 섭취량이 비교적 적었던 점과 패티 섭취시험 대상자의 수가 많지 않았던 점 등을 들 수 있다. 그러나 패티 재료 중 육류의 2.5%를 다시마 분말로 대체함으로써 패티의 영양성분 조성이 개선된다는 점과 이러한 영양소 조성의 변화와 함께 패티 100 g에 함유된 2.25 g의 다시마가 경계역 고콜레스테롤혈증 성인에서 섭취 후 비록 혈청 지질 양상을 개선시키지는 못했지만 혈당을 저하시켰고 인슐린 분비를 감소시킨 본 연구결과는 다시마를 건강기능성 패티 제조에 활용할 가치가 있음을 시사한다.

감사의 글

이 연구는 2011년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI). 2012. *National food & nutrition statistics. Based on 2010 Korea national health and nutrition examination survey (I)*. KHIDI, Osong, Korea. p 111.
2. Lyu ES, Kwak TK. 1989. Consumer opinions on fast foods and foodservice - I. Hamburger chain restaurants. *Korean J Dietary Culture* 4: 229-236.
3. Choi MH. 1993. An empirical study on the determinant attributes of hamburger in fast foods. *MBA Dissertation*. Yonsei University, Seoul, Korea. p 21-37.
4. Kim JD, Kang YK. 2011. *2010 National health insurance statistical yearbook*. Health Insurance Review Agency, Seoul, Korea. p 402.
5. Chin KB. 2000. Manufacture and evaluation of low-fat meat products. *Korean J Food Sci Ani Resour* 22: 363-372.
6. Green MS, Heiss G, Rifkind BM, Cooper GR, Williams OD, Tyroler HA. 1985. The ratio of plasma high density lipoprotein cholesterol to total and low density lipoprotein cholesterol: age related changes and race and sex clinics program prevalence study. *Circulation* 72: 93-104.
7. Belcher D. 2010. Cardiovascular disease, cerebrovascular accident (CVA) or stroke, and congestive heart failure (CHF). In *Dietitians' Pocket Guide to Nutrition*. Herbold NC, Edelstein S, eds. Jones and Bartlett, Boston, MA, USA. p 77-87.
8. Lahaye M. 1991. Marine algae as sources of fiber: determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some "sea vegetables". *J Sci food Agric* 54: 587-594.
9. Yim MJ. 2007. Antiatherosclerosis animal study and the key functional compound identification of the alginate extracted residue of sea tangle. *MS Thesis*. Kangnung National University, Gangwon, Korea. p 18-43.
10. Son HS, Kim HS, Ju JS. 1992. Effect of seaweeds intake on the absorption of sodium, calcium, potassium and hypolipidemic mechanism in healthy male subjects. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 471-477.
11. Cho YJ, Bang MA. 2004. Effects of dietary sea tangle on blood glucose, lipid and glutathione enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Culture* 19: 419-428.
12. Jang MA, Lee KS, Seo JS, Choe YS. 2002. Effects of dietary supplementation of sea tangle extracts on the excretion of neutral steroids and bile acid in diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 819-825.
13. Lee KS, Seo JS, Choi YS. 1998. Effect of sea tangle and hypoglycemic agent on lipid metabolism in diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 960-967.
14. Ku HS, Noh JS, Yun YR, Kim HJ, Kwon MJ, Cheigh HS, Song YO. 2007. Weight reduction and lipid lowering effects of sea tangle added Korean cabbage kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1140-1147.
15. Joo DS, Lee JK, Choi YS, Cho SY, Je YK, Choi JW. 2003. Effect of sea tangle oligosaccharide drink on serum and hepatic lipids in rats fed a hyperlipidemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1364-1369.
16. Lee HS, Choi MS, Park SH, Kim YJ. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients (II) - Effect of seaweed supplementation on the lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats -. *Korean J Nutr* 29: 296-306.
17. Oh HK, Lim HS. 2011. Effects of hamburger patties added sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice on postprandial blood glucose and lipid levels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 809-817.
18. Oh HK, Lim HS. 2011. Quality characteristics of the hamburger patties with sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 570-579.
19. AOAC. 2005. *Official methods of analysis of AOAC*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. Cp 4, p 1-46.
20. Korea Food Industry Association (KFCA). 2006. *Food code*. KFCA, Seoul, Korea.
21. The Korean Nutrition Society. 2010. *Dietary reference intakes for Koreans*. Seoul, Korea.
22. Wolever TMS, Jenkins DJA, Josse RG. 1991. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 54: 846-854.
23. Kris-Etherton PM, Peterson SL, Sigman-Grant M, Dixon LB, Jaax SM, Scott LW. 1995. Implementing dietary change. In *Lowering Cholesterol in High Risk Individuals and Population*. Rifkind BM, ed. Marcel Dekker, New York, NY, USA. p 209-270.
24. Grundy SM, Denky MA. 1990. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J Lipid Res* 31: 1149-1172.
25. Cho YJ, Bang MA. 2004. Effects of dietary sea tangle on blood glucose, lipid and glutathione enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Culture* 19: 419-428.
26. Rowe RC, Sheskey PJ, Quinn ME. 2009. Alginic acid. In *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Pharmaceutical Press, London, UK. p 20-22.
27. Korea Ministry of Health and Welfare (KMOHW), The Korean Nutrition Society (KNS), Korea Food and Drug Administration (KFDA). 2010. *Dietary reference intakes for*

- Koreans*. 1st revision. KNS, Seoul, Korea. p 83.
28. Polosnsky KS, Licinio-Paixao J, Given BD, Pugh W, Rue P, Galloway J, Karrison T, Frank B. 1986. Use of bio-synthetic human C-peptide in the measurement of insulin secretion rates in normal volunteers and type I diabetic patients. *J Clin Invest* 77: 98-105.
 29. Rendell M. 1983. C-peptide levels as a criterion in treatment of maturity-onset diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 57: 1198-1206.
 30. Turkington RW, Estkowski A, Link M. 1982. Secretion of insulin or connecting peptide: a predictor of insulin dependence of obese "diabetics". *Arch Intern Med* 142: 1102-1105.
 31. Lee HS, Choi MS, Park SH, Kim YJ. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients (I) Effect of seaweed supplementation on the gastrointestinal function and diabetic symptom control in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 29: 286-295.
 32. Holt S, Heading RC, Carter DC, Prescott LF, Tothill P. 1979. Effect of gel fibre on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. *Lancet* 1: 636-639.
 33. Johnson IT, Gee JM. 1981. Effect of gel forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. *Gut* 22: 398-403.
 34. Mark LW. 1987. Dietary fiber and carbohydrate metabolism. *Am J Clin Nutr* 45: 1232-1236.
 35. Flourie B, Vidon N, Florent CH, Bernier JJ. 1984. Effect of pectin on jejunal glucose absorption and unstirred layer thickness in normal men. *Gut* 25: 936-941.
 36. Blackburn NA, Rdefern JS, Jarjis H, Holgate AM, Hanning I, Scarpello JHB, Johnson IT, Read NW. 1984. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin Sci* 66: 329-336.
 37. Lee KS, Lee SR. 1996. Retarding effect of dietary fibers on the glucose and bile acid movement across a dialysis membrane in vitro. *Korean J Nutr* 29: 738-746.
 38. Torsdottir I, Alpsten M, Goran H, Sandberg AS, Tolli J. 1991. A small dose of soluble alginate-fiber affects postprandial glycemia and gastric emptying in humans with diabetes. *J Nutr* 121: 795-799.
 39. Anderson JW. 1982. High-carbohydrate diet effects on glucose and triglyceride metabolism of normal and diabetic men. In *Metabolic Effects of Utilizable Dietary Fiber Carbohydrate*. Reiser S, ed. Marcel Dekker, New York, NY, USA. p 285.