

## 난소화성 덱스트린의 섭취가 흰쥐의 장 기능 및 분변 성상에 미치는 영향\*

강현숙 · 이연숙 · 박양자

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과

### Effect of Indigestible Dextrin on Large Intestinal Functions and Fecal States of Rats

Kang, Hyun Sook · Lee, Yeon Sook · Park, Yang Ja

Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University,  
Seoul 151-742, Korea

#### ABSTRACT

The effects of indigestible dextrin on serum lipid and glucose concentrations, large intestinal functions, feces states, and gastrointestinal transit time were studied with 90 male Sprague-Dawley rats. Diets contained 0.5% cellulose(0.5CL : control), 10% cellulose(10CL), and 10% indigestible dextrin I (10ID- I), respectively and were fed to the rats for 3 weeks. Serum cholesterol and LDL-cholesterol concentrations were lower in rats fed the 10ID- I diet. Serum triglyceride concentration was lower in rats fed the 10CL diet. Cecal content and cecum weight significantly increased in the rats fed the 10ID- I diet. Cecal pH of the rats fed the 10ID- I diet was lower than that of the rats fed the 0.5CL diet. Changes of fecal output were not observed in case of 0.5CL and 10ID- I diets but a significant increase was observed in the case of 10CL. Gastrointestinal transit time of 10ID- I was the longest among the three diets. These results demonstrate that indigestible dextrin delivered to the cecum was not digested and increased the cecal mass. Indigestible dextrin improves colonic health of rats by inducing low pH of the cecum. (*Korean J Nutrition* 31(6) : 991~998, 1998)

**KEY WORDS** : indigestible dextrin · large intestinal functions · fecal states · gastrointestinal transit time.

#### 서 론

셀룰로오스, 펙틴, 저항성 전분(resistant starch) 등과 같은 식이섬유는 효소에 의해 위나 소장에서 소화되지 않고 대장에 도달하여 인간의 건강을 위해 중요한 역할을 수행한다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. 섭취한 식이섬유가

소장에서 소화되지 않고 대장에 도달하는 정도는 식품의 물리적 형태, 식품제조과정 및 급원의 다양성 등에 의해 영향을 받는다<sup>2,5)</sup>. 그러나 대장 기능에 대한 이들 식이섬유의 공통적인 역할로서 통변, 단쇄지방산 생성, 질소대사, 박테리아 활성화 및 소화관 상피세포의 기능 조절 등이 보고되어왔다<sup>3)</sup>. 즉, 식이섬유는 변의 부피를 증가시켜 해로운 발암물질을 희석하는 역할을 함으로써 대장암의 위험을 경감시키고<sup>4)</sup>, 하계 역할을 하며, 상피세포역학을 변화시키고<sup>6,8)</sup>, 단쇄지방산을 생성하여 대장 및 변의 pH를 저하시킨다<sup>9,11)</sup>. 특히 변의 산성 pH는

채택일 : 1998년 6월 1일

\*This research was supported by grants from Samyang Genex Research Institute

대장암 방지와 밀접한 관련이 있어, 역학조사 연구에서도 pH 0.5 저하가 대장암 발현 위험도 저하와 양의 상관관계가 있음이 증명<sup>12)13)</sup>되었다. 또한 생성된 단쇄지방산은 대장 점막에 의해 빠르게 흡수되고, 물과 Na의 흡수를 촉진시키며<sup>14)</sup>, 단쇄지방산에 의해 조성된 대장의 산성환경은 미생물의 균형, 담즙산염의 대사, 상피세포 증식 및 암모니아의 흡수 등에 영향을 미칠 수 있다.<sup>15)</sup>

한편, 열처리 텍스트린에 의해 생성된 난소화성 텍스트린은 약 2000Da 정도의 분자량을 가진 저분자의 수용성 식이섬유로서, FDA로부터 GRAS(Generally Recognized As Safe)물질로 인정되었으며, 용액상태에서 투명하고, 점도 및 감미도가 낮고, 장내 비피더스균의 증식 인자로 보고되었다<sup>16)</sup>. 생체 외 실험<sup>17)</sup>을 통해 난소화성 텍스트린의 인공위액이나 췌장  $\alpha$ -amylase 등의 효소에 대한 저항성이 이미 보고된 바 있고, 쥐의 대장에서 단쇄지방산으로 분해되었다는 보고<sup>18)</sup>가 있어, 다른 식이섬유와 유사한 생리적 작용의 가능성을 시사하였다. 따라서 본 연구에서는 난소화성 텍스트린의 장기능 및 분변성상에 대한 영향을 검토하기 위해 난소화성 텍스트린 및 셀룰로오스식을 섭취한 흰쥐의 혈청, 위, 소장 및 맹장을 분석하고, 분변성상을 관찰하였으며, 실험식에 PEG(Polyethylene glycol)를 첨가하여 이들 식이의 소화관 통과속도를 비교 검토하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험동물의 사육과 식이

평균체중 145g의 성숙한 수컷흰쥐(Sprague-Dawley rats, male : 서울대학교 동물사육장에서 구입) 90마리를 환경 조절된 실험동물 사육실에서 4일간 적응시킨 후 30마리씩 크게 3군으로 나누어 3가지 실험식이를 섭취시켰다. 대조군으로서 식이 중 셀룰로오스 함량이 0.5%인 저섬유식(0.5CL : control), 실험군으로서 식이 중 셀룰로오스 함량이 10%인 식(10CL) 및 식이 중 난소화성 텍스트린 ID-1 (Indigestible dextrin 1) 함량이 10%인 식(10ID-1)을 3주간 1일 3회 이상 meal-feeding으로 급여 사육하였다. Meal-feeding은 제한된 시간에 동물이 동일한 양의 식이를 섭취하도록 하기 위해 전 사육기간을 통해 실시 하였으며, 실험개시일로부터 4일 동안은 자유급식을 한 후, 4일 간격으로 점차 1일 식이섭취 시간을 8시간, 6시간, 4시간, 2시간 등으로 줄여 나가면서 실시 하였다. 이 3종의 실험식이에는 소화관내 식이 이동의 marker로 PEG(Polyethylene glycol #4000)를 각각 1% 첨가하였다. 실험식이의 종

**Table 1.** Composition of experimental diet(g/100g)

	0.5CL <sup>1)</sup>	10CL <sup>2)</sup>	10ID-1 <sup>3)</sup>
Ingredient			
Casein	20.0	20.0	20.0
Cornstarch	68.5	59.0	59.0
Cellulose	0.5	10.0	-
ID-1	-	-	10.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Mineral mixture <sup>4)</sup>	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture <sup>4)</sup>	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
PEG <sup>5)</sup>	1.0	1.0	1.0

1) 0.5% cellulose in diet

2) 10% cellulose in diet

3) 10% indigestible dextrin-1 in diet

4) Mineral and vitamin mixture based on the AIN<sup>76</sup>

5) Polyethylene glycol #4000

류 및 조성은 Table 1에 제시하였다.

실험식이의 원료로는 정제된 카제인(삼익유가공(주)), 옥수수 전분(삼양사), 옥수수 기름(해표-유니레버), 비타민 혼합물(AIN-76 pattern : Oriental 효모공업), PEG(Yakuri chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하였으며 미네랄 혼합물(AIN-76 pattern)은 조제하여 사용하였다. 식이 중 섬유소 급원으로서 셀룰로오스(Sigma, USA), 난소화성 텍스트린 ID-1<sup>17)</sup>(삼양제넥스(주)에서 제조한 것으로 ID를 50% 함유한 것임)을 사용하였다.

실험동물은 Shoebox cage에 한 마리씩 분리 사육하였으며 사육실의 환경은 온도 22±2℃, 상대습도 65±5%, 조명 6:00 AM-6:00 PM으로 일정하게 유지하였다. 체중과 식이 섭취량은 2일에 한번씩 일정시간에 측정하였다.

### 2. 시료수집 및 분석방법

#### 1) 시료수집

각각의 시료 채취 시각에 동물을 12시간 절식시킨 후 실험식이를 1.5시간 동안 급여한 다음 즉시 : 0hr(1.5hr : 실험식이 급여 개시부터 경과한 시간), 1hr(2.5hr), 3hr(4.5hr), 8hr(9.5hr), 및 16hr(17.5hr)에 각각의 식이군에서 6마리씩 희생시켜 혈액, 소장, 대장, 맹장, 맹장 내용물 등을 채취하여 흰쥐의 혈청지질수준, 식이의 소화관 통과속도, 장 기능 및 분변성상에 대한 난소화성 텍스트린의 효과를 검토하였다. 즉, 혈액은 식이 급여 8시간 후(8hr 실험군)에 동물을 diethyl ether로 마취시킨 후 경동맥으로부터 채취하였다. 채취한 혈액은 냉장온(4℃)에서 하룻밤 동안 방치한 후 3000rpm 하에서 20분간 원심분리(Sorvall, GLC-2B)

하여 혈청을 분리하였고, 분리한 혈청은 -74℃에서 냉동보관 하였다. 식이 급여 8hr 후에 위, 소장, 맹장은 적출하여 각각의 무게와 내용물의 무게를 측정하였다. 맹장무게로부터 맹장내용물의 무게를 빼서 맹장조직의 무게를 산출하였다. 식이 급여 8hr 후에 시료를 채취한 3군의 맹장내용물 중 각각 1g을 시험관에 취한 후 10ml의 0.9% NaCl 용액을 넣어 부피를 일정하게 만든 다음 즉시 pH meter(Model 15, Denver Instrument Company, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다. 식이급여 0, 1, 3, 8 및 16hr 후에 채취한 위와 소장 내용물은 0.9% NaCl용액으로 씻어 내린 후 내용물의 부피를 0.9% NaCl용액으로 일정하게 맞추고 원심분리(10000rpm에서 20분 : Beckman J2-21)하여 상층액과 침전물을 각각의 시험관에 분리 수집한 다음 PEG 분석에 이용하기 위해 -74℃에서 냉동보관 하였다. 장은 소장과 대장을 구분하여 채취한 후 장 내용물을 비워내고 각각의 길이를 측정하였다. 변은 실험식이 급여기간 중 실험종료 전 4일간 acryl metabolic cage로부터 수집하였으며, 수집 후 즉시 wet weight를 측정하였고, 항량에 달할 때까지 건조시킨 다음 건조중량을 측정하여 wet weight와의 차이를 수분함량으로 하였다.

**2) 시료분석**

혈청 총지질 농도는 Fringe 방법<sup>19)</sup>으로, 혈청콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 및 혈당농도는 건식생화학 측정기(Fully automated dry chemistry : Spotchem, Daiichi Kagaku Co., Japan)로 측정하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤 농도는 Friedwald식<sup>20)</sup>에

의거하여 산출하였다. 위, 소장 및 맹장내용물의 PEG 함량은 Hyden방법<sup>21)</sup>으로 측정하였다.

**3. 통계분석**

실험결과와 통계처리는 SAS(Statistic Analysis System) package program을 이용하였고, 그 결과는 평균(mean)과 표준오차(standard error, SE)로 제시하였으며, 군간의 유의성 검정은 ANOVA(Analysis of variance)와 Duncan's multiple range test에 의해 p<0.05 수준에서 검증하였다.

**실험결과 및 고찰**

**1. 체중 및 식이섭취량**

식이 중 지방함량이 5%인 정상지방식을 기본으로 하여 식이섭취의 종류와 양을 달리한 3종의 실험식이를 3주간 급여한 후, 12시간 절식시킨 다음날 1.5시간 동안 실험식이를 급여하고 8시간이 지난 후 희생시킨 흰쥐의 체중과 식이섭취량, 사료효율 등을 Table 2에 제시하였다. 최종체중, 체중증가량, 식이섭취량 및 사료효율은 세 군간 차이가 없었다.

식이 급여 방법이 1.5시간 meal-feeding 이었음에도 불구하고 1일 식이섭취량은 15g 이상으로 자유급식에 의한 식이섭취량과 차이를 보이지 않았다. Table.2에 나타난 바와 같이 난소화성 텍스트린 섭취로 인해 성장, 식이섭취량 및 사료효율 등의 차이는 보이지 않았다.

**2. 혈청지질 및 혈당농도**

식이섭취 8시간 후 시료를 채취한 흰쥐의 혈청 지질 및 혈당농도에 대한 난소화성 텍스트린의 영향을 Ta-

**Table 2.** Effect of indigestible dextrin on body weight, food intake and food efficiency ratio<sup>4)</sup>

Dietary group	Final body weight (g)	Weight gain (g/3wks)	Daily food intake (g/d)	FER(WG/FI) <sup>3)</sup>
0.5CL	266.8±7.8 <sup>1)NS2)</sup>	125.9±9.7 <sup>NS</sup>	15.06±0.66 <sup>NS</sup>	0.42±0.03 <sup>NS</sup>
10CL	273.6±9.7	128.9±6.9	15.58±1.08	0.40±0.02
10ID- I	281.7±9.3	132.9±9.2	15.47±0.72	0.43±0.03

1) Mean±S.E. for six rats per group

2) NS, not significantly different

3) FER : Weight gain/Food intake

4) samples at 8hr after feeding of experimental diet

**Table 3.** Effect of indigestible dextrin on serum total lipid, cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and glucose concentrations in rats<sup>4)</sup>(mg/100ml)

Dietary group	Total lipid	Total cholesterol	Triglyceride	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	Glucose
0.5CL	325.3±26.88 <sup>1)NS3)</sup>	97.00±2.42 <sup>2)</sup>	64.00±4.98 <sup>a</sup>	46.33±2.23 <sup>NS</sup>	36.30±3.29 <sup>a</sup>	152.3±3.14 <sup>a</sup>
10CL	273.5±13.55	91.50±3.22 <sup>ab</sup>	47.40±3.79 <sup>b</sup>	54.67±4.67	25.48±3.95 <sup>b</sup>	136.6±4.61 <sup>b</sup>
10ID- I	274.8±6.71	85.83±4.09 <sup>b</sup>	64.75±3.38 <sup>a</sup>	46.50±5.12	25.07±2.68 <sup>b</sup>	144.0±3.58 <sup>ab</sup>

1) Mean±S.E. for six rats per groups

2) Values in a column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

3) NS, not significantly different

4) Samples at 8hr after feeding of experimental diet

ble 3에 제시하였다. 혈청총지질 농도는 유의적인 차이는 없었으나 10CL과 10ID-1 섭취군에서 낮은 경향을 보였다. 혈청콜레스테롤 수준은 10ID-1 섭취군이 대조군에 비해 낮았으며( $p < 0.05$ ). 혈청중성지방 농도는 10CL 섭취군이 가장 낮게 나타났고( $p < 0.05$ ), 10ID-1 섭취군은 대조군과 차이가 없었다. HDL-콜레스테롤은 군간 차이가 없었던 반면 LDL-콜레스테롤은 10CL과 10ID-1 섭취군 모두 낮았다( $p < 0.05$ ). 혈당 수준은 10CL 섭취군이 가장 낮게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 10ID-1 섭취군은 대조군에 비해 낮은 경향을 보였다.

이상의 결과로부터 난소화성 텍스트린 섭취로 인한 혈청콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 저하효과가 장기간(8주)<sup>22)</sup> 섭취뿐만 아니라, 3주의 단기간의 섭취로도 가능함을 알 수 있었다. 난소화성 텍스트린의 혈청중성지방 저하효과가 본 실험결과 나타나지 않은 반면, 10% 셀룰로오스식 섭취는 혈청중성지방 수준을 저하시켰다. 이와 같은 결과는 난소화성 텍스트린이 흰쥐의 혈청중성지방 수준 개선 효과를 보이지 않았다는 다른 연구결과<sup>23)</sup>와 일치하였다. 혈당수준은 10% 셀룰로오스 섭취군에서는 낮았으나( $p < 0.05$ ), 난소화성 텍스트린 섭취군에서는 유의적으로 낮아지지 않았다. 따라서 3주간의 단기간 동안의 섭취로는 난소화성 텍스트린의 혈당저하 효과를 기대할 수 없었다. 한편 HDL-콜레스테롤 수준의 저하를 수반하지 않고 콜레스테롤 수준의 저하를 보인 것으로 보아 동맥경화, 허혈성심장질환의 예방 및 치료에 난소화성 텍스트린이 효과를 가지고 있는 것으로 기대된다.

본 실험의 혈청지질과 혈당 수준이 8주 섭취실험의 결과<sup>22)</sup>에 비해 전반적으로 높게 나타난 것은, 전 보고의 경우 공복기 혈당치인 반면, 식이 섭취 8시간 후에 채취한 혈액으로부터 분석한 농도이기 때문이라 사료된다.

### 3. 맹장중량과 맹장내용물 pH

식이섭취 8시간 후 시료를 채취한 흰쥐의 맹장중량(맹장조직+맹장내용물), 맹장조직중량, 맹장내용물중량 및 맹장 pH에 대한 난소화성 텍스트린의 효과를

Table 4에 제시하였다. 맹장중량은 10ID-1 식 섭취군이 9.75g으로 대조군의 4.72g에 비해 2배 이상, 10CL 섭취군의 2.41g에 비해 약4배 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 맹장조직중량도 10ID-1 식 섭취군이 1.86g으로 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 맹장내용물 중량은 대조군은 3.88g, 10CL 섭취군은 1.65g, 10ID-1 식 섭취군은 7.88g으로 맹장중량과 맹장조직중량 등과 같은 경향을 보였다. 맹장내용물의 pH는 10ID-1 식 섭취군이 6.73으로 대조군의 7.05에 비해 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ).

난소화성 텍스트린식 섭취군의 맹장중량 및 맹장내용물중량이 크게 증가한 결과로부터 난소화성 텍스트린이 소화효소에 대해서 저항성이 있으며 대부분이 대장에 도달한다는 것을 추정할 수 있었다. 또한 난소화성 텍스트린은 *Bifidobacterium* 및 *Bacteroidaceae*에 잘 발효된다고 보고<sup>24)</sup>된 바 있으며, 이런 장내 미생물의 발효기질이 되는 것으로 생각된다. 분의 pH가 0.5 저하시 대장암 발현 위험도 저하와 양의 상관관계가 있다는 역학적 증거<sup>12)13)</sup>로 미루어 볼 때, 맹장내용물의 pH가 난소화성 텍스트린식 섭취군이 대조군의 pH7.05 보다 0.32낮은 pH6.73으로 약산성을 나타낸 것은 난소화성 텍스트린이 대장의 환경을 건강하게 유지시키는 데 일조한다고 생각된다. 한편, Wakabayashi 등<sup>18)</sup>은 난소화성 텍스트린을 섭취시킨 쥐의 맹장내용물의 단쇄지방산 함량을 측정하고 결과 초산, 프로피온산 및 낙산 등의 함량이 높게 나타났으며, 이는 난소화성 텍스트린이 대장에 존재하는 미생물에 의해 발효되어 단쇄지방산을 생성한 결과라고 주장하였다. 또한 이들 단쇄지방산은 대장점막을 통해 완전히 흡수된다고 알려져있으며, 특히 프로피온산은 분리된 간조직에서 콜레스테롤 합성을 현저하게 저하시키는 것으로 알려져있고<sup>25)</sup>, 저하메커니즘으로 간의 콜레스테롤 합성의 rate-limiting 효소인 HMG-CoA reductase 활성의 프로피온산에 의한 저하가 유력시되고 있다<sup>26)</sup>. 본 실험에서는 맹장내용물의 단쇄지방산 함량을 측정하지 않았으나, pH가 저하되고, 맹장내용물의 중량이 현저히 상승되었던 점으로 미뤄볼 때 난소화성 텍스트린이 대장에서 발효되

Table 4. Effect of indigestible dextrin on cecal characteristics<sup>3)</sup>

Dietary group	Cecum wt. (g, fresh)	Cecal wall wt. (g, fresh)	Cecal content wt. <sup>4)</sup> (g, wet)	Cecal pH
0.5CL	4.72 ± 0.89 <sup>1b2)</sup>	0.84 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.88 ± 0.94 <sup>b</sup>	7.05 ± 0.09 <sup>a</sup>
10CL	2.41 ± 0.17 <sup>c</sup>	0.77 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.65 ± 0.18 <sup>c</sup>	6.99 ± 0.16 <sup>ab</sup>
10ID-1	9.75 ± 0.75 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.20 <sup>a</sup>	7.88 ± 0.74 <sup>a</sup>	6.73 ± 0.06 <sup>b</sup>

1) Mean ± S.E. for six rats per groups

2) Values in a column with different superscripts are significantly different( $p < 0.05$ )

3) Samples at 8hr after feeding of experimental diet

4) Cecal content wt. = Cecum wt. - Cecal wall wt.

**Table 5.** Effect of indigestible dextrin on intestinal length and fecal output<sup>4)</sup>

Dietary group	Small intestine	Large intestine	Fecal output		Fecal water content <sup>5)</sup>
	(cm)	(cm)	(g/day, wet)	(g/day, dry)	(%)
0.5CL	128.8±2.83 <sup>1)NS3)</sup>	16.67±1.03 <sup>NS</sup>	0.66±0.11 <sup>b2)</sup>	0.43±0.06 <sup>b</sup>	33.67±3.83 <sup>a</sup>
10CL	120.8±3.10	15.83±0.8	4.14±0.33 <sup>a</sup>	2.86±0.04 <sup>a</sup>	29.92±4.54 <sup>a</sup>
10ID- I	128.8±0.54	16.67±0.54	0.52±0.05 <sup>b</sup>	0.49±0.05 <sup>b</sup>	6.20±1.12 <sup>b</sup>

- 1) Mean±S.E. for six rats per groups
- 2) Values in a column with different superscripts are significantly different(p<0.05)
- 3) NS, not significantly different
- 4) samples of 8hr after feeding of experimental diet
- 5) Fecal water content(%)=  $\frac{\text{Wet wt.} - \text{Dry wt.}}{\text{Wet wt.}} \times 100$

어 단쇄지방산을 생성하였을 가능성이 있을 것으로 사료된다.

**4. 소장길이, 대장길이, 변배설량 및 변수분함량**

8hr 실험군의 난소화성 텍스트린식의 소장길이, 대장길이, 변배설량 및 변수분함량에 대한 영향을 Table 5에 제시하였다. 소장길이 및 대장길이는 군간 차이가 없었다. 1일 변배설량은 10CL식 섭취군이 4.14g으로 가장 높았고, 10ID- I 식 섭취군은 대조군과 차이가 없었다. 변진조중량 역시 10CL식 섭취군이 가장 높았다. 변수분함량은 10ID- I 식 섭취군이 가장 낮았다.

Judd와 Truswell<sup>27)</sup>은 pectin과 같이 소장에서 겔을 형성하는식이섬유는 소장내용물의 중량을 상승시키고 소장길이도 상승시켰다고 보고하면서, 그 이유로 소장 장막층의 확장을 제안하였다. 즉, 겔을 밀어내는데 필

요한 물리적인 힘의 증가로 인해 장막층이 확대되면서 소장의 중량 및 길이가 증가된 것이라고 주장하였으며, 이를 증명하기 위한 보다 구체적인 조직학적 연구가 요구된다고 하였다. 본 실험에서 난소화성 텍스트린식 섭취로 인한 소장 및 대장길이의 증가는 관찰 할 수 없었는데, 이는 난소화성 텍스트린이 pectin과는 다르게 수용액 상태에서 점성이 있는 겔을 형성하지 않고 투명한 액체로 존재하기 때문이라 생각된다.

한편, 1일 변배설량은 10CL식 섭취 군이 다른 군에 비해 월등히 높았을 뿐 난소화성 텍스트린 섭취로 인한 변량의 증가는 없었다.

**5. 위, 소장 및 맹장내용물 PEG 함량**

PEG는 체내에서 소화 흡수되지 않고 그대로 배설되므로 식이의 소화관 이동의 marker로 이용되어왔다. 따라서 3종의 실험식이별 위, 소장 및 맹장내용물의

**Table 6.** Polyethylene glycol(PEG) in stomach content at 0(1.5), 1(2.5), 3(4.5), 8(9.5) and 16(17.5)hr after feeding(mg)

Dietary group	0hr <sup>4)</sup> (1.5hr) <sup>5)</sup>	1hr(2.5hr)	3hr(4.5hr)	8hr(9.5hr)	16hr(17.5hr)
0.5CL	33.14±7.01 <sup>1)NS3)</sup>	19.17±9.76 <sup>b</sup>	6.96±1.15 <sup>b</sup>	0.0±0.0 <sup>NS</sup>	0.0±0.0 <sup>b</sup>
10CL	46.35±7.60	37.29±4.50 <sup>a</sup>	17.04±5.34 <sup>a</sup>	0.32±0.19	0.01±0.01 <sup>b</sup>
10ID- I	33.01±5.96	25.86±3.92 <sup>b</sup>	16.36±2.98 <sup>a</sup>	0.32±0.14	0.26±0.11 <sup>a</sup>

- 1) Mean±S.E. for six rats per groups
- 2) Values in a column with different superscripts are significantly different(p<0.05)
- 3) NS, not significantly different
- 4) Hours after feeding
- 5) Hours from the beginning of feeding

**Table 7.** Polyethylene glycol(PEG) in small intestinal content at 0(1.5), 1(2.5), 3(4.5), 8(9.5) and 16(17.5) hr after feeding (mg)

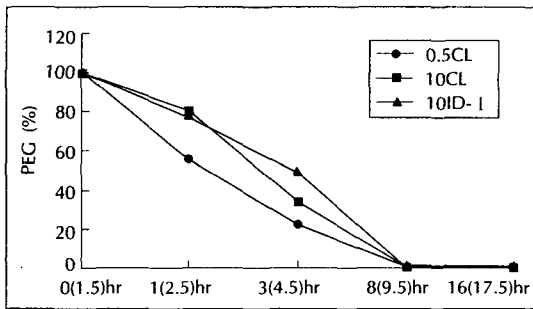
Dietary group	0hr <sup>4)</sup> (1.5hr) <sup>5)</sup>	1hr(2.5hr)	3hr(4.5hr)	8hr(9.5hr)	16hr(17.5hr)
0.5CL	36.32±4.70 <sup>1)NS3)</sup>	40.76±2.48 <sup>b2)</sup>	30.49±7.70 <sup>NS</sup>	4.56±2.87 <sup>NS</sup>	0.05±0.04 <sup>b</sup>
10CL	38.29±3.04	43.52±2.55 <sup>ab</sup>	28.27±3.29	1.71±0.84	0.71±0.71 <sup>ab</sup>
10ID- I	47.07±2.43	50.72±2.10 <sup>a</sup>	38.93±5.20	10.55±3.92	3.05±1.34 <sup>a</sup>

- 1) Mean±S.E. for six rats per groups
- 2) Values in a column with different superscripts are significantly different(p<0.05)
- 3) NS, not significantly different
- 4) Hours after feeding
- 5) Hours from the beginning of feeding

**Table 8.** Polyethylene glycol(PEG) in cecal content at 0(1.5), 1(2.5), 3(4.5), 8(9.5) and 16(17.5) hr after feeding(mg)

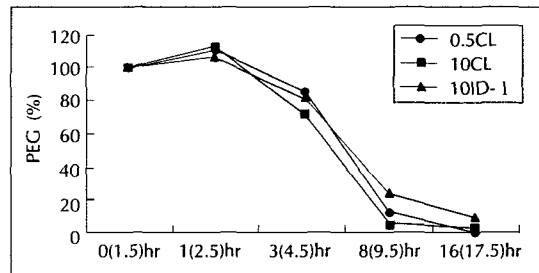
Dietary group	0hr <sup>4)</sup> (1.5hr) <sup>5)</sup>	1hr(2.5hr)	3hr(4.5hr)	8hr(9.5hr)	16hr(17.5hr)
0.5CL	49.19±5.28 <sup>b</sup>	59.47±10.98 <sup>ab</sup>	68.16±7.40 <sup>a</sup>	162.1 ±11.67 <sup>b</sup>	53.53±7.00 <sup>b</sup>
10CL	12.65±0.97 <sup>c</sup>	29.94± 5.43 <sup>b</sup>	31.18±4.51 <sup>b</sup>	40.68± 3.95 <sup>c</sup>	11.80±1.46 <sup>c</sup>
10ID- I	64.91±7.75 <sup>a</sup>	74.63±13.49 <sup>a</sup>	80.40±3.53 <sup>a</sup>	261.5 ±18.50 <sup>a</sup>	79.27±8.27 <sup>a</sup>

- 1) Mean±S.E. for six rats per groups
- 2) Values in a column with different superscripts are significantly different(p<0.05)
- 3) NS, not significantly different
- 4) Hours after feeding
- 5) Hours from the beginning of feeding

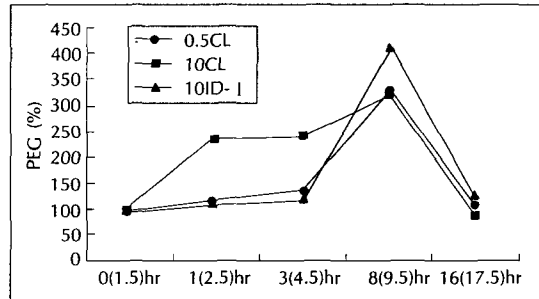


**Fig. 1.** Changes of PEG in stomach content at each time of after feeding : 100% means the PEG in stomach content at 0hr after feeding.

PEG 함량을 측정하여 이들 식이의 소화관통과 속도를 관찰하였다. 식이 섭취 후 0(1.5), 1(2.5), 3(4.5), 8(9.5), 및 16(17.5) 시간의 위, 소장 및 맹장내용물의 PEG 함량을 Table 6, 7, 8에 제시하였고, 0시간(식이 섭취 직후)에서의 위, 소장 및 맹장내용물의 PEG 함량을 100%로 하여 시간 별 각 군의 위, 소장 및 맹장내용물의 PEG 함량을 백분율로 환산한 결과를 Fig. 1, 2, 3에 제시하였다. Table 6에 나타난 바와 같이 식이 급여 개시 직후(0시간)의 위내용물 PEG 함량이 세군간 차이를 보이지 않았으므로 섭취한 식이량이 같다는 전제하에, 이 양을 기준(100%)으로 시간 별 위내용물의 PEG 함량을 백분율로 환산하였다(Fig. 1). Fig. 1로부터 0.5CL식이 위를 완전히 통과하는데 소요되는 시간은 식이 급여 개시로부터 9.5시간이었고, 10CL식은 약 17.5시간, 10ID-1 식은 17.5시간 이상이었음을 알 수 있었다. 따라서 0.5CL식이 위를 가장 빠르게 통과하였고, 다음으로 10CL식, 10ID-1 식 순으로 통과하였다. 소장에서는 PEG 함량이 식이섭취개시 후 세군 모두 증가하다가 2.5시간에서 최고에 도달한 다음 점차 감소하였다(Table 7). Fig. 2로부터 소장에서는 10CL식이 가장 빠르게 이동하였고, 0.5CL식, 10ID-1 식 순으로 이동하였음을 알 수 있었다. 맹장내용물 PEG 함량은 세군 모두 식이 섭취 개시 9.5시간 후에 최고에 도달한 다음 감소하였다(Table 8). Fig. 3으로부터 맹



**Fig. 2.** Changes of PEG in small intestinal content at each time of after feeding : 100% means the PEG in small intestinal content at 0hr after feeding.



**Fig. 3.** Changes of PEG in cecal content at each time of after feeding : 100% means the PEG in cecal content at 0hr after feeding.

장에서도 소장에서의 동일하게 10CL식이 가장 빠르게 이동하였고 0.5CL, 10ID-1 식 순으로 이동하였음을 알 수 있었다. 이와 같은 식이의 소화관 통과 속도의 차이는 소장길이와 대장길이가 세군간 차이가 없었음을 감안하면 더욱 의미있는 결과라 할 수 있다.

한편, Table 8과 9로부터 섭취한 식이가 소장에 도달하는 시간은 식이섭취 1시간(섭취개시 2.5시간 후) 후이고, 맹장에 도달하는 시간은 8시간(9.5시간) 후임을 알 수 있다. 또한 거의 모든 시간대에서 10ID-1 섭취군의 소장내용물과 맹장내용물의 PEG 함량이 대조군이나 10CL식 섭취군에 비해 높거나 높은 경향을 보여, 앞에서 제시한 난소화성 텍스트린식 섭취군의 높은 소장 및 맹장내용물 중량을 PEG를 통해 실험적으로 입증할 수 있었다.

## 요약 및 결론

난소화성 텍스트린의 장기능에 대한 영향 및 소화관 내 이동속도를 측정하기 위해 흰쥐에게 3종의 실험식이, 즉, 셀룰로오스 함량이 0.5%인 저섬유식(control), 셀룰로오스 함량이 10%인 식 및 난소화성 텍스트린 함량이 10%인 식을 3주간 meal feeding시킨 후 혈청지질 및 혈당수준, 맹장무게, 맹장내용물 pH, 소장 및 대장길이, 1일 변배설량 및 변수분함량, 위, 소장, 맹장내용물의 PEG 함량 등을 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 섭취기간 3주의 단기간 후에도 난소화성 텍스트린 식은 혈청콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 저하효과를 보였다. 한편 HDL-콜레스테롤 수준의 저하는 수반하지 않았다.

2) 10% 셀룰로오스식은 혈청중성지방 및 LDL-콜레스테롤 저하효과가 있었으며, 혈당수준 역시 저하시켰다.

3) 난소화성 텍스트린식 섭취시 맹장내용물 중량이 현저히 증가된 결과는 난소화성 텍스트린이 소화효소에 대해서 저항성이 있으며 대부분이 대장에 도달한다는 것을 시사한다. 또한 맹장내용물 pH가 난소화성 텍스트린 섭취시 낮았다.

4) 난소화성 텍스트린식은 1일 변배설량을 증가시키지 않았던 반면 10% 셀룰로오스식 섭취시 변배설량이 현저히 증가하였다.

5) 위, 소장 및 맹장내용물의 PEG 함량으로 식이의 소화관 통과속도를 측정된 결과 난소화성 텍스트린식의 이동속도가 가장 느렸다. 이는 난소화성 텍스트린이 위배출시간과 소장 통과시간을 지연시켜 장기능에 영향을 미쳐 소화관내 영양소의 소화와 흡수에 영향을 초래함으로써 지질 및 탄수화물 등의 대사에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

이상의 결과로부터 난소화성 텍스트린의 혈중콜레스테롤 저하효과가 있었으며, 난소화성 텍스트린은 위와 소장에서 소화흡수되지 않고 대장에 도달하여 대장내용물의 중량을 상승시키고, 미생물에 의해 발효되어 단쇄지방산 등을 생성시킬 가능성과 그 결과 pH를 약산성으로 유지시키는 등 장기능에 유익하게 영향을 미쳐 건강증진 효과가 있음을 알 수 있었다. 한편, 소화관 식이 이동속도를 PEG를 통해 측정된 결과 난소화성 텍스트린의 소화관 통과속도가 대조군이나 셀룰로오스에 비해 늦다는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 난소화성 텍스트린은 펙틴, 구아검 등과 같은 수용성 식이섬유의

혈청지질수준 개선효과 뿐만 아니라, 대장에서 쉽게 발효되는 발효성 식이섬유와 생리적으로 유사한 효과가 내재되어 있음을 시사하였다. 특히 최근 주목되고있는 특정 생리기능 및 건강증진 기능을 가지는 기능성 식품의 소재로서 난소화성 텍스트린의 생리기능의 일부를 규명하였다.

## Literature cited

- 1) Morand C, Remesy C, Vevart M-A, Demigne C. Replacement of digestible wheat starch by resistant cornstarch alters splanchnic metabolism in rats. *J Nutr* 122 : 345-354, 1992
- 2) Englyst HN, Cummings JH. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in human small intestine. *Am J Clin Nutr* 42 : 778-787, 1985
- 3) Englyst HN, Cummings JH. Digestion of carbohydrates of banana in the human small intestine. *Am J Clin Nutr* 44 : 42-50, 1986
- 4) Englyst HN, Cummings JH. Digestion of polysaccharides potato in the human small intestine. *Am J Clin Nutr* 45 : 423-431, 1987
- 5) Muir JG, O'Dea K. Measurement of resistant starch : factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. *Am J Clin Nutr* 56 : 123-127, 1992
- 6) Burkitt DP. Epidemiology of cancer of the colon and rectum. *Cancer* 28 : 3-13, 1971
- 7) Stephan AM, Cummings JH. Mechanism of action of dietary fiber in the human colon. *Nature* 284 : 283-284, 1980
- 8) DeCosse JJ, Miller HH, Lesser M. Effect of wheat fiber and vitamins C and E on rectal polyps in patients with familial adenomatous polyposis. *J Natl Cancer Inst* 81 : 1290-1297, 1989
- 9) Englyst HN, Hay S, Macfarlane GT. Polysaccharide breakdown by mixed population of human faecal bacteria. *FEMS Microbiol Ecol* 95 : 163-171, 1987
- 10) Scheppach W, Fabian C, Sachs M, Kasper H. The effect of starch malabsorption on fecal short-chain fatty acid excretion in man. *Scand J Gastroenterol* 23 : 755-759, 1988
- 11) Weaver GA, Krause JA, Miler TL, Wolin MJ. Cornstarch fermentation by colonic microbial community yields more butyrate than does cabbage fiber fermentation : Cornstarch fermentation rates correlate negatively with methogenesis. *AM J Clin Nutr* 55 : 70-77, 1992
- 12) Walker ARP, Walker BF, Walker AJ. Fecal pH, dietary fiber intake and proneness to colon cancer in four South African population. *Br J Cancer* 53 : 489-495, 1986
- 13) Malhorta SL. Fecal urobilinogen levels and pH of stools

- in population groups with different incidence of cancer of the colon and their possible role in its etiology. *J R Soc Med* 75 : 709-714, 1982
- 14) Ruppin H, Bar-Meir S, Soergel K, Wood C, Schmitt M Jr. Absorption of short chain fatty acids by the colon. *Gastroenterology* 78 : 1500-1507, 1980
  - 15) Newmark HL, Lupton JR. Determinants and consequences of colonic luminal pH : Implications for colon cancer. *Nutr Cancer* 14 : 161-173, 1990
  - 16) Arjmandi BH, Craig J, Nathani S, Reeves RD. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. *J Nutr* 122 : 1559-1565, 1992
  - 17) Woo DH. Physiochemical and functional characterization of indigestible dextrin. Ph. D dissertation, Seoul National University, 1998
  - 18) Wakabayashi S, Satouchi M, Nogami Y, Ohkuma K, Matsuoka A. Effect of indigestible dextrin on cholesterol metabolism in rat. 44(6) : 471-478, 1991
  - 19) Fringe CS, Dunn RM. The colorimetric method for determination of serum total lipids based on the sulfophovanillin reaction. *Am J Clin Patho* 53 : 89-92, 1980
  - 20) Friedwald WT, Levy RT, Fridrickson DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without the use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Nutr* 18 : 499-502, 1972
  - 21) Hyden S. A turbidimetric method for the determination of higher polyethyleneglycol in biological materials. *Kungl Lantbrukshog Skolans Annaler* 22 : 139-145, 1955
  - 22) Woo DH, Kang HS, Lee YS, Park YJ, Lee HS. Effects of indigestible dextrin on lipid metabolism in rats fed normal or high fat diet.(submitted to)
  - 23) Anderson JW, Floore TL, Geil PB, O'Neal DS, Balm TK. Hypocholesterol effects of different bulk-forming hydrophilic fibers as adjuncts to dietary therapy in mild to moderate hypercholesterolemia. *Arch Intern Med* 151 : 1597-1602, 1991
  - 24) Ohkuma K, Matsuda I, Katta Y, Hanno Y. Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes : Characterization of indigestible dextrin. *Denpun Kagaku* 37(2) : 107-111, 1990
  - 25) Anderson JW, Bridges SR. Plant fiber metabolites alter hepatic glucose and lipid metabolism. *Diabetes* 30 : 133A (Suppl 1), 1981
  - 26) Ide T, Okamatsu H, Sugano M. Regulation by dietary fats of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase in rat liver. *J Nutr* 108 : 601-612, 1978
  - 27) Judd PA, Truswell AS. The hypocholesterolemic effects of pectins in rats. *Br J Nutr* 53 : 409-424, 1985