

효소저항전분이 인체내 담즙산 대사에 미치는 영향*

김지현 · 최인선 · 박소앙 · 신말식 · 오승호[§]

전남대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Resistant Starch on Metabolism of Bile Acids in College Women*

Kim, Ji-Hyun · Choi, In-Seon · Park, So-Ang
Shin, Mal-Shick · Oh, Seung-Ho[§]

Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University,
Kwangju 500-757, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effect of resistant starch(RS) on hypercholesterolemia and colon cancer. The subjects of this study was eight college women participating in the general starch diet(GSD) period for 5 days and resistant starch diet(RSD) period for 7 days. RSD contains 30g of the RS. On the last day of each program blood were collected. And for the last 3 days of each diet period, the amount of all the food consumed by the subjects and feces were collected. Food was measured to determine and compared the energy, protein and fat intakes. The amounts of total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and volatile fatty acids in plasma and the amounts of bile acids in feces were measured by gas chromatography. The results obtained were as follows; Daily energy intake was higher in the RSD compared with the GSD. Protein and fat intakes were lower in the RSD compared with the GSD. The amounts of total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol in plasma were significantly lower in the RSD compared with the GSD. Volatile fatty acid contents in plasma, the amounts of acetic acid, propionic acid and valeric acid were higher in the RSD compared with the GSD. The amounts of bile acids in feces, cholic acid, chenodeoxycholic acid and lithocholic acid were higher in the RSD compared with the GSD. But the amount of deoxycholic acid in the RSD period was significantly low. Secondary/primary ratios of bile acids was lower in the RSD compared with the GSD, respectively. We speculate that, RS consumption decreases colonic mucosal proliferation as a result of the decreased formation of cytotoxic secondary bile acids. Thus, RS intakes may contribute the prevention of heart disease and colon cancer in humans. (Korean J Nutrition 33(8) : 802~812, 2000)

KEY WORDS: resistant starch, fecal bile acids, plasma cholesterol.

서 론

1998년 한국인의 사망 원인에 대한 보고에 의하면 심장 순환기계 질환으로 인한 사망률이 24%의 수위를 차지하고 있으며, 또한 대장암의 발병율도 과거에 비하여 꾸준히 증가하고 있음을 나타내고 있다.¹⁾ 이러한 현상은 우리나라 사람들의 식생활이 서구화되어감에 따라 지방 섭취량이 꾸준히 증가하고 있다는 사실과 관련 있다고 본다.²⁾

혈장 총 콜레스테롤 농도가 1% 감소되면 관상동맥 질환 위험율은 2% 감소된다는 보고³⁾ 및 관상동맥 질환에 의한 사망자의 75%가 고콜레스테롤 혈증(210~308mg/dl)이라는

채택일 : 2000년 11월 23일

*This study was financially supported by Chonnam National University in his sabbatical year of 1999.

[§]To whom correspondence should be addressed.

보고⁴⁾ 등은 고콜레스테롤 혈증이 심장순환기계 질환의 독립적 위험인자임을 잘 말해주고 있으며, 한편 대장암 환자의 경우 정상인에 비하여 변중에 deoxycholic acid의 함량이 증가^{5,6)}된다는 것을 관찰함으로서 대장암 발생에 담즙산 유도체가 관련된다는 점등을 참고로 할 때 혈청 콜레스테롤 및 대장 내 담즙산 유도체 함량을 저하시키기 위한 연구는 국민의 영양과 건강 증진 차원에서 매우 중요한 의미를 갖는다.

그간 혈장 콜레스테롤의 저하 효과에 대하여 수용성 섬유소, 쌀겨, 사포닌 및 저항전분 등과 같이 그들의 비소화성이 장내 콜레스테롤 혹은 담즙산의 흡수를 방해함으로서 혈장 콜레스테롤을 저하시키는 가능성이 있다는 연구들^{7,8)}이 있다. 그러나 같은 비소화성 물질이지만 섬유소는 이러한 효과가 없다는 주장 등^{9,10)}을 함으로서, 이들 비소화성 물질들의 혈장 콜레스테롤 저하 기전에 대하여 의문이 제기되고 있다.

그 중 저항전분이 수용성 섬유질에 비하여 낮은 절 형성

능력을 갖고 있음에도 불구하고¹²⁾ 대장내 담즙산과 복합체를 형성한다¹³⁾는 점을 감안할 때, 저항전분의 혈장 콜레스테롤 저하 효과가 기본적으로 담즙산의 배설율을 늘리기 때문인지 혹은 대장균에 의한 발효산물¹⁴⁻¹⁶⁾이 이 효과에 있어 기능적으로 작용하는지에 대한 의문이 제기되고 있다.

한편 식이 섬유소와 효소저항전분은 대장 내 머무르는 시간을 감소^{17,18)}시켜서 발암물질이 대장점막에 접촉하는 시간을 단축시켜 주며, 대변량을 증가시켜서 발암물질의 농도를 희석시킨다. 또 인체의 대장 내에서 단쇄 지방산으로 발효되는 것은 대장점막에 발암물질의 형성을 예방함으로서 종양생성의 위험을 낮춘다는 보고가 있다.¹⁹⁾ 대장내 pH가 높아지면 bacteria에 의해서 담즙산과 콜레스테롤의 분해로 발암물질의 함량이 증가하나, 낮은 산도는 이를 발암물질 생성량을 저하함으로서, 저지방식사와 고섬유소식사를 하는 black african은 변의 pH가 6.5이하로 낮기 때문에 대장암 발생율이 낮다고 하였다.^{20,21)} 효소저항전분의 섭취로 변증 pH가 대조군의 식이섬유 섭취시와 비교시 현저하게 낮아졌다는 여러 보고²²⁻²⁴⁾들이 있으며, 이 결과로 박테리아의 α -dehydroxylation에 의해 1차 담즙산에서 대장암의 촉진제 역할을 하는 2차 담즙산으로 변형되는 것을 방지한다는 보고²³⁾가 있다. 담즙산에 대한 저항전분의 연구로 쥐를 대상으로 한 실험에서, 저항전분은 다른 비소화성 물질과는 달리 대장에서 담즙산의 배설량을 증가시킬 뿐 아니라 대장 내 발효 생성물이 체내 콜레스테롤 및 담즙산의 합성을 억제할지도 모른다²⁵⁾는 가능성을 제안함으로서 혈장 콜레스테롤의 저하 효과에 대한 새로운 기전을 제시하고 있다.

이에 본 연구는 저항전분의 혈장 콜레스테롤의 저하 효과와 담즙산 배설 양상에 미치는 영향에 대하여 아직 미지의 점이 많은 바, 여자 대학생 8명을 대상으로, 5일동안 일반식사를 섭취시키고, 7일 동안은 효소저항전분(resistant starch, RS)식사를 섭취시켜, 혈장 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량과 혈장 휘발성 지방산 함량, 변 중 담즙산 유도체의 함량을 비교하여, 대장암 유발물질로 알려져 있는 이차 담즙산 유도체 생성에 미치는 영향을 규명하고, 저항전분이 인체내 혈장 콜레스테롤 저하 효과에 미치는 영향을 밝히고자 본 실험을 기도하였다.

연구 방법

1. 효소저항전분의 제조 및 함량 측정

문세훈²⁶⁾의 방법에 amyloomaize VII(AMS)을 물과 1:3.5의 비율로 조절하여 멸균병에 넣고 121°C autoclave(Vision

Co LTD., Korea)에서 1시간 동안 호화시켰다. 호화액을 실온에서 냉각시킨 후 4°C에서 1일간 저장하였고, 가열-냉각 횟수를 4회까지 반복한 다음, 냉동건조기(Freeze dryer, Il-Sin Engineering Co, Korea)에서 냉동 건조시킨 후 40mesh 체를 통해 얻었다. 냉동건조한 amyloomaize VII(RSAMS)중 저항전분의 함량은 효소-중량법²⁶⁾을 변형하여 측정하였으며 그 함량은 39%이었다.

2. 실험대상자와 실험식사

1) 실험대상자

실험대상자는 X-선 검사 및 의사의 진찰 등으로 특기할 만한 이상이 없는 20~22세의 여자 대학생 8명의 자원자를 선정하였다. 모든 실험대상자들은 실험 기간 중 가급적 평상시와 유사한 자유스러운 생활환경을 유지토록 하였다. 그러나 식품섭취에 대하여는 엄격히 통제하였다.

2) 실험식사

본 실험에 사용한 식사는 일반전분을 함유하는 식품으로 만든 일반식사(general starch diet: GSD) 및 효소저항전분을 30% 함유하는 전분(RSAMS)을 첨가하여 만든 저항전분식사(resistant starch diet: RSD)를 사용하였다. 즉 일반식사는 한국인이 상용하는 식품을 이용하여, 한국인 성인여성 1일 1인당 에너지 권장량 38kcal/kg 및 단백질 권장량 1.13 g/kg을 공급할 수 있는 식단을 마련하였다. 저항전분식사는 일반식사를 토대로 에너지 및 각 영양소의 함량을 가급적 동일하게 하되, 1일 1인당 30g의 효소저항전분을 공급할 수 있도록 빵과 국수를 조리하여 섭취하도록 하였으며 레시피는 다음과 같다. 단 식단 작성시 본 실험에 사용한 효소저항전분(RSAMS)의 에너지량은 RS(39%)를 제외한 나머지 것을 옥수수 전분으로 간주하여 그것의 에너지량을 참조하였다.

빵(1인분): RSAMS 25.64g(10g of RS), Hard flour 74.30g, Salt 1.50g, Sugar 10.10g, Milk 13.0g, Butter 4.66g, and Yeast 2.1g

국수(1인분): RSAMS 25.64g(10g of RS), Medium flour 94.36g, and Salt 2.40g

본 실험 기간동안 바나나, 감자 및 그 제품 일체, 찬밥 및 콩류 등 저항전분 함량이 비교적 많은 식품들은 제한하였다. 본 조사에서의 급여한 실험식사의 내용은 Table 1과 같았다.

실험식사의 조리 및 급식은 영양사 및 연구원의 엄격한 관리감독 하에 실시하였으며 음식은 주어진 장소에서 비교적 일정한 시간(아침 08:30, 점심 12:30, 저녁 18:00)에 섭취토록 하였다. 저항전분식사 기간 중 아침, 점심 및

간식으로 RS 10g을 함유한 빵을 2회, 국수를 1회 급식하였고, 저녁식사는 일반식사와 동일하게 제공하였다. 저항전분식사는 일부 사용식품의 제한으로 이 기간동안에는 비타민B복합체 1정씩(빼콤정, 유한양행)을 1일 1회 투여하였다.

빵과 국수에 대한 조사대상자들의 반응은 부드럽고 맛이 있어 호응이 좋았고, 단조로운 일품요리 및 빵을 섭취함으로 인한 거부감이나 밀가루 음식 섭취로 인한 공복감을 우려하였으나, 조사대상자들은 포만감을 느꼈다고 보고하였다.

3. 식료 수집

1) 식사 및 대변의 채취

식사 및 대변의 채취는 일반식사(GSD) 급식기간 5일 중 마지막 3일간, 그리고 저항전분식사(RSD) 급식기간 7일 중 마지막 3일간 각 대상자들이 섭취하는 모든 음식물 전부와, 대변 전량을 수거한 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하였다. 즉 각 실험 조건별 24시간의 총 식사 섭취량을 실측

Table 1. The menu of diet used

	Breakfast	Lunch	Supper
GSD ¹⁾ 1st day	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · fish paste, seasoned · common squid, salt-fermented · grape 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice mixed with vegetables · egg fried · chinese cabbage kimchi · milk · cucumber soup with vineger 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · alaska pollack dried, seasoned · soybean curd, boiled · fruit salad
	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · soybean paste soup with soybean curd · chinese cabbage kimchi · cucumber preserved with salt · perilla leaf kimchi · Javer · apple 	<ul style="list-style-type: none"> · roasted rice mixed with beef · soybean sprout soup · chinese cabbage kimchi · egg fried · perilla leaf kimchi · grape 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · fish paste soup · chinese cabbage kimchi · mackerel, boiled · common squid fillet, seasoned · fruit salad · milk curd type · apple
	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · beef radish soup · chinese cabbage kimchi · alaska pollack dried, seasoned · ham, fried · milk 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · common squid fillet, seasoned · beef, roasted · watermelon 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · sea mustard soup · chinese cabbage kimchi · cucumber seasoned with vineger · common squid, salt-fermented · grape · fruit salad
	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice · egg radish soup · chinese cabbage kimchi · mackerel, boiled
	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice with barley · fish paste soup · beef boiled with soy sauce · chinese cabbage kimchi
	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice with barley · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · alaska pollack, boiled
RSD ²⁾ 2nd day	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice with barley · fish paste soup · beef boiled with soy sauce · chinese cabbage kimchi
	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice with barley · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · alaska pollack, boiled
	<ul style="list-style-type: none"> · bread(RS) · strawberry jam · milk · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · boiled noodles(RS) mixed with red pepper paste · chinese cabbage kimchi · bread(RS) · strawberry jam · orange canned, juice · cucumber pickled 	<ul style="list-style-type: none"> · cooked rice with barley · soybean paste soup with pumpkin · chinese cabbage kimchi · alaska pollack, boiled

1) GSD: General starch diet

2) RSD: Resistant starch diet

하고 섭취량 만큼의 식사를 수집하여 1일 열량, 단백질, 지방 및 섬유소 섭취량 분석에 이용하였다.

대변은 1일 1회 기상직후 미리 청량된 용기에 수집하여 총량을 측정한 후 각각 그 일부를 밀폐된 용기에 담아 각 성분분석시까지 냉동 건조시켜 -20°C에 보관하였다가 담즙산 분석에 사용하였다.

2) 혈액 재취

일반식사 및 저항전분식사 섭취 마지막날에 혈액을 채취하여 일부는 EDTA로 항응고 처리된 시험관에 담고, 일부는 즉시 3000rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 분석시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

4. 시료 분석

1) 에너지, 단백질 및 지방 섭취량 측정

각 군별 식이 및 대변시료의 일정량을 냉동 건조법으로 분말 처리한 시료를 대상으로 bomb-calorimeter(Yoshia Seisakusho, Nenken type, Japan)를 이용하여 에너지량을 측정하였다.²⁷⁾ 노중 에너지 손실량은 micro Kjeldahl법으로 측정한 노의 질소 배설량으로부터 환산하였다.²⁸⁾ 식이로부터 측정한 총 에너지 섭취량(gross energy: GE)에서 변(fecal energy: FE)과 노를 통한 에너지(urinary energy: UE) 손실량을 감하여 대사에너지량(metabolizable energy: ME)를 산출하였다.

즉, 대사에너지(metabolizable energy)

$$= \text{총 에너지 섭취량} - (\text{변 에너지} + \text{노 에너지})$$

단백질 섭취량은 각 식이 중 질소를 micro Kjeldahl법으로 측정하고 질소계수 6.25배하여 단백질량으로 환산하였으며 지방 섭취량은 Soxhlet법으로 측정하였다. 단 식이 섭유소 섭취량은 식품분석표²⁹⁾의 자료를 이용 환산하였다.

2) 혈장 휘발성 지방산 측정

혈장 휘발성 지방산 조성은 소형 원심분리관에 혈장 200

Table 2. Gas chromatography working conditions for plasma volatile fatty acids

Items	Conditions
Instrument	Shimazu 6A, Inc., Tokyo
Column	80/120 CarboPac B-DA/4% carbowax glass column (20m, 5m × 2mm ID) (Supelco, Inc., Bellefonte, USA)
Carrier gas	Nitrogen, 80ml/min
Oven	175°C for 1min
Injector	200°C
Detector	200°C

μl, Internal standard 20μl를 취하고, 무수 ethanol 1ml를 넣어 혼합후 3000rpm으로 5분간 원심분리하여 단백질을 제거하고 상층액을 N₂ gas로 말린 다음 0.2M NaOH 20μl로 알칼리화하고 실온에서 약한 공기흐름으로 증발시켰다. 0.23M oxalic acid 20μl로 녹이고 이중 1μl를 취하여 gas-chromatography(GC)로 분석하였으며 그 분석조건은 Table 2와 같다. Internal standard로는 pivalic acid (Sigma, USA)를 사용했다.

3) 변 담즙산 측정

Grundy 등³⁰⁾과 Miettinen 등³¹⁾의 방법에 의하여 냉동 건조시킨 변은 0.5g을 균질화시켜 무수 ethanol 10ml을 넣어 65°C 수조에서 1시간동안 방치한 후 원심분리하여 ethanol층을 취하는 조작을 3회 반복하였다. 이 분획을 90°C 수조상에서 증발 건조시킨 후 1.25N NaOH 2ml를 첨가하여 뚜껑을 잘 막은 다음 120°C autoclave에서 6시간 동안 검화시켰다. 여기에 2ml 물과 10ml ethylether을 넣어 vortex mixer에서 혼합한 뒤 방치하였다가 상층액을 분리하는 조작을 3회 반복하여 중성 sterol층을 분리하였다. 수용성 허층액을 2N HCl 2ml로 산성화시켜 다시 10ml ethylether로 3회 추출 후 모은 상층액을 담즙산 분획으로 하였다. 이 담즙산 분획을 N₂ gas로 건조시켜 trifluoroacetic acid anhydride(TFA) 0.1ml을 첨가한 후 37°C hot block에서 30분간 방치 건조시킨 다음 aceton에 녹여 gas chromatography를 이용해 그 조성을 분석하였다. 담즙산 분석을 위해 사용된 조건은 Table 3과 같다.

각 담즙산 유도체의 retention time은 standard와 비교하여 확인하고, 각 담즙산의 함량은 GC에서 얻은 각 담즙산의 면적을 적용하여 산출한 후 변 건조중량 1g에 대해 mg으로 환산하였다.

Table 3. Gas chromatography working conditions for fecal bile acid composition

Items	Conditions
Instrument	STAR 3400CX gas chromatograph (Varian, USA)
	SATURN 3 mass spectrometer (Varian, USA)
Column(size)	Rtx ®-1 capillary column (Φ 0.32mm × 30m, USA)
Carrier gas	He
Injection	Split mode(20 : 1), inlet 240°C
Oven temperature	210°C(isocratic)
Interface temperature	240°C
Ion source temperature	200°C
Scanning mass range	m/z 50-3300
Ionizing voltage	70eV

5. 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계모델을 이용하여 평균치와 표준오차를 구하였고, 실험기간별 비교는 paired t-test를 이용하여 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 신체상황

각 실험대상자들의 신체상황은 Table 4와 같았다. 연령

Table 4. Physical characteristics of the subjects

Subject No.	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	Skinfold thickness ¹⁾ (mm)
1	21	48.4	158.8	40.5
2	20	46.1	159.3	37.9
3	21	50.2	164.9	42.8
4	21	48.9	156.8	49.4
5	20	52.3	165.7	47.2
6	21	54.9	159.8	52.8
7	22	50.3	164.0	38.1
8	21	45.2	154.6	27.3

$M \pm SE^2)$ 20.9 ± 0.2 49.5 ± 1.1 160.5 ± 1.4 42.0 ± 2.8

1) The sum of triceps, biceps, abdomen and subscapular skinfolds

2) Each value is mean ± standard error

은 20.9 ± 0.2세, 체중은 49.5 ± 1.1kg, 신장은 160.5 ± 1.4cm, 4개 부위 피하지방의 두께의 합은 42.0 ± 2.8mm 이었다. 한국인 영양권장량²⁹⁾ 설정에 사용한 표준 성인여성의 체중(53kg)과 비교할 때 본 조사 대상자의 체중은 적은 편이었으며 신장(160cm)은 거의 비슷했다.

2. 열량, 단백질, 지방 및 섬유소 섭취량

본 실험대상자의 에너지 섭취량은 Table 5와 같았다. 에너지 섭취량은 일반식사 기간에는 1485 ± 92kcal, 저항전분식사 기간에는 1617 ± 68kcal로 저항전분식사 기간에는 현저하게 높았다($p < 0.05$). 단백질 섭취량은 일반식사 기간에는 62.2 ± 2.3g, 저항전분식사 기간에는 57.1 ± 1.2g으로 낮은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 지방 섭취량은 일반식사 기간에는 31.5 ± 2.2g, 저항전분식사 기간에는 24.4 ± 0.5g으로 저항전분식사 기간에 현저하게 낮았다($p < 0.05$). 섬유소 섭취량은 일반식사 기간에는 12.3 ± 0.5g, 저항전분식사 기간에는 4.6 ± 0.2g으로 저항전분식사 기간에 현저하게 낮았다($p < 0.01$).

에너지 섭취량은 한국인 영양권장량²⁹⁾과 비교하여 일반식사 기간에는 80%, 저항전분식사 기간에는 88%를 섭취하여 두 기간 모두 권장량보다 낮게 섭취하였는데, 일반식사 기간에는 저항전분식사 기간보다 에너지 섭취량이 다소 더 낮았다.

단백질 섭취량은 한국인 영양권장량²⁹⁾에 비해 일반식사

Table 5. Daily intakes of energy, protein, fat, resistant starch and dietary fiber by the subjects

Period	Subject No.	Energy intake(kcal) ¹⁾	Protein intake(g)	Fat intake(g)	Dietary fiber intake(g)	Resistant starch intake(g)
GSD ²⁾	1	1389	60.4	35.0	10.4	0
	2	1871	71.4	42.4	13.9	0
	3	1324	51.7	30.1	11.6	0
	4	1313	68.0	35.3	14.0	0
	5	1100	59.6	32.6	12.1	0
	6	1468	57.9	25.3	11.3	0
	7	1636	61.0	22.1	11.9	0
	8	1779	67.8	29.3	13.5	0
RSD ³⁾	1	1338	53.1	22.3	5.3	30
	2	1944	59.2	23.9	5.0	30
	3	1491	54.0	22.8	4.3	30
	4	1607	57.4	26.4	4.5	30
	5	1442	58.3	24.1	3.9	30
	6	1744	64.0	24.8	4.7	30
	7	1648	55.6	24.5	4.6	30
	8	1724	55.2	26.5	4.7	30
$M \pm SE^4)$ for GSD		1485 ± 92	62.2 ± 2.3	31.5 ± 2.2	12.3 ± 0.5	0
$M \pm SE$ for RSD		1617 ± 68*	57.1 ± 1.2	24.4 ± 0.5*	4.6 ± 0.2**	30

1) Metabolizable energy = Gross energy intake - (Fecal energy + Urinary energy)

2) GSD: General starch diet

3) RSD: Resistant starch diet

4) Each value is mean ± standard error

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

기간이 103%, 저항전분식사 기간이 95%로 일반식사 섭취 시는 단백질 섭취량이 권장량을 상회하였으나, 저항전분식사 시는 다소 적게 나타났다. 이러한 결과는 저항전분식사 기간 중 단백질 함량이 비교적 낮은 빵과 국수를 매일 섭취함으로 인해 에너지 섭취량은 높아지고 단백질 섭취량이 감소된 것으로 사료된다.

지방 섭취량은 국민영양조사²⁾에 비하여 낮은 편이며, 한국인 영양권장량²⁰⁾에서는 총 열량의 20%정도를 지방으로 섭취할 것을 권장하고 있는데 본 조사에서는 일반식사 기간에는 20%를 섭취하였으나, 저항전분식사 기간에는 14%로서 지방의 섭취량이 적음을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 본 실험의 제한점으로서 일반식사와 저항전분식사 기간동안 지방 에너지비가 동일한 식사가 급식되었어야 하나, 저항전분식사 기간에는 식사와 간식으로 저항전분을 첨가한 빵과 국수를 3회 급식하고 저녁식사는 일반식이로 섭취시킴에 따라 포만감과 식사횟수 증가로 인해 지방이 많이 함유되어 있을 것으로 예상되는 저녁식사 섭취량의 감소가 그 원인으로 사료된다.

일반식사에 의한 섬유소 섭취량은 1995년 국민 1인 1일당 섭취량²¹⁾에 비하여 다소 많은 편이나 1일 권장량 20~25g에 비하여 매우 낮았으며, 저항전분식사 기간에는 섬유소 함량이 낮은 식품으로 식단을 구성하였으므로 섬유소 섭취량은 낮게 나타났으나 저항전분을 1인 1일당 30g을 첨가 급식하

였으므로 1일 1인당 총 석이섬유 섭취량은 매우 높은 식이라 할 수 있다.

3. 혈장 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량

혈장 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량은 Table 6과 같았다. 총 콜레스테롤 함량은 일반식사 기간에서 $160.4 \pm 5.6\text{mg/dl}$, 저항전분식사 기간에서 $145.1 \pm 2.8\text{mg/dl}$ 로 저항전분식사 기간에 현저하게 감소하였다($p < 0.01$). HDL-cholesterol 함량은 일반식사 기간에서 $49.1 \pm 2.7\text{mg/dl}$, 저항전분식사 기간에서 $42.9 \pm 1.5\text{mg/dl}$ 로 저항전분식사 기간에 현저하게 감소하였다($p < 0.01$). LDL-cholesterol 함량은 일반식사 기간에서 $96.0 \pm 5.4\text{mg/dl}$, 저항전분식사 기간에서 $83.5 \pm 2.6\text{mg/dl}$ 로서 저항전분식사 기간에 현저하게 감소하였다($p < 0.05$). 총 콜레스테롤 농도에 대한 HDL-cholesterol의 비율은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간 각각 $30.9 \pm 1.9\%$ 와 $29.6 \pm 1.2\%$ 이었고, 동맥경화지수는 2.3 ± 0.2 와 2.4 ± 0.1 이었다.

지금까지 이들 비소화성 물질들의 혈장 콜레스테롤의 저하 효과를 몇 가지 기전으로 설명하고 있는데; 1) 섬모벽에 콜레스테롤 및 담즙산의 확산을 방해하는 것, 2) 소장에서

Table 6. Concentrations of plasma total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol of the subjects

Period	Subject No.	Total-Cholesterol (mg/dl)	HDL-Cholesterol (mg/dl)	LDL-Cholesterol (mg/dl)	% HDL-Cholesterol	A.I.
GSD ¹⁾	1	166	39	109	23.5	3.3
	2	137	55	69	40.2	1.5
	3	172	47	108	27.3	2.7
	4	170	58	93	34.1	1.9
	5	149	40	94	26.9	2.7
	6	167	46	104	27.5	2.6
	7	181	59	111	32.6	2.1
	8	141	49	80	34.8	1.9
RSD ²⁾	1	150	43	88	28.7	2.5
	2	143	48	79	33.6	2.0
	3	151	41	92	27.1	2.7
	4	149	47	79	31.5	2.2
	5	141	35	88	24.8	3.0
	6	155	40	92	25.8	2.9
	7	142	46	76	32.4	2.1
	8	130	43	74	33.1	2.0
$M \pm SE^{3)}$ for GSD		160.4 ± 5.6	49.1 ± 2.7	96.0 ± 5.4	30.9 ± 1.9	2.3 ± 0.2
$M \pm SE$ for RSD		$145.1 \pm 2.8^{**}$	$42.9 \pm 1.5^{**}$	$83.5 \pm 2.6^{**}$	29.6 ± 1.2	2.4 ± 0.1

1)GSD: General starch diet

2) RSD: Resistant starch diet

3) Each value is mean \pm standard error

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

#: Abbreviations used: HDL-cholesterol: high density lipoprotein cholesterol, LDL-cholesterol: low density lipoprotein cholesterol,

%: HDL-cholesterol: HDL-cholesterol $\times 100/\text{total cholesterol}$, A.I.: Atherogenic Index = (total cholesterol - HDL-cholesterol - LDL-cholesterol)

스테로이드-결합 능력을 저해하는 것, 3), 담즙산의 용해도를 저하시켜 대장에서의 재흡수를 방해하는 것 및 4) 간에서의 콜레스테롤 합성을 방해하는 것 등이 있다.³²⁻³⁴⁾ 그러므로 본 연구결과 저항전분식사 기간에 혈장 콜레스테롤 함량이 현저하게 감소하는 현상으로 보아 저항전분이 담즙산의 용해도를 저하시켜 대장에서의 재흡수가 방해되는 기전이 작용하였을 가능성이 생각해 볼 수 있다.

천연 감자전분에는 효소저항전분이 상당량 함유되어 있는데, 이들을 반추동물에 급식시 콜레스테롤 저하 효과가 있다는 보고들이 있다.³⁵⁻³⁷⁾ 저항전분을 많이 함유하는 옥수수 전분(amylo maize)이 비만 쥐에서 혈장 콜레스테롤을 낮추는데 아주 효과적이었다는 보고도 있다.²³⁾ 본 실험에서도 저항전분 급식시 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol을 현저하게 감소시켜 위의 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

4. 혈장 휘발성 지방산 함량

혈장 휘발성 지방산(volatile fatty acid: VFA) 함량을 측정한 성적은 Table 7과 같았다. 혈중 acetic acid 함량은 일반식사 기간에는 1.29 ± 0.15 mmol이었고, 저항전분식사 기간에는 1.58 ± 0.16 mmol로 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. Propionic acid 및 valeric acid 함량은 일반식사 기간에는 각각 0.04 ± 0.01 mmol

Table 7. Concentrations of plasma volatile fatty acids of the subjects

Period	Subject No.	Acetic acid (mM)	Propionic acid (mM)	Valeric acid (mM)
GSD ¹⁾	1	2.02	0.03	1.82
	2	1.24	0.04	0.82
	3	1.09	0.03	0.87
	4	0.72	0.12	0.51
	5	1.18	0.02	0.63
	6	1.07	0.04	0.61
	7	1.89	0.02	0.60
	8	1.13	0.03	0.61
RSD ²⁾	1	2.07	0.14	1.83
	2	1.11	0.11	1.79
	3	1.74	0.08	1.29
	4	0.95	0.08	0.79
	5	1.94	0.11	1.03
	6	2.12	0.11	1.07
	7	1.60	0.10	0.76
	8	1.07	0.08	0.75
$M \pm SE^3)$ for		1.29 ± 0.15	0.04 ± 0.01	0.81 ± 0.15
$M \pm SE$ for RSD		1.58 ± 0.16	$0.10 \pm 0.00^{**}$	$1.16 \pm 0.15^{**}$

1) GSD: General starch diet

2) RSD: Resistant starch diet

3) Each value is mean \pm standard error

**: $p < 0.01$

및 0.81 ± 0.15 mmol이었고, 저항전분식사 기간에는 각각 0.10 ± 0.00 mmol 및 1.16 ± 0.15 mmol로서 propionic acid 함량은 저항전분식사 기간에 현저하게 증가하였고($p < 0.01$), valeric acid 함량 또한 저항전분식사 기간에 현저하게 증가하였다($p < 0.05$).

Muir 등³⁸⁾은 식사 중 저항전분이 H₂ 발생량과 혈장 acetate를 증가시킨다는 보고에서 저항전분 함량이 낮은 식사와 저항전분 함량이 높은 식사에서 acetate 함량은 각각 0.1180 mmol 및 0.1691 mmol이고, propionate 함량은 각각 0.0027 mmol 및 0.0316 mmol이었다고 보고한 바 있으며, Cummings 등³⁹⁾은 저항전분식사시 혈청 acetate, propionate 및 butyrate 함량은 각각 0.258 mmol, 0.088 mmol 및 0.029 mmol이었다고 하였는데, 본 실험 결과는 이에 비하여 상당히 높은 경향이었다.

Flourie 등⁴⁰⁾의 보고에 의하면 저항전분은 소장 내에서 소화되지 않고 발효되어 대장에서 단쇄지방산(Short chain fatty acid: SCFA) 생성량을 증가시킨다고 하였고, Munster 등⁴¹⁾은 저항전분 섭취시 대장에서 생성된 단쇄지방산은 7.1 mmol/day에서 9.6 mmol/day로 배설량이 증가된다고 보고하였다. Peters 등⁴²⁾은 대장에서 단쇄지방산의 흡수와 이용이 증가하여 저항전분 섭취에 따라 혈액내 단쇄지방산의 농도증가는 양의 상관관계를 보이나 변을 통한 배설 증가와는 음의 상관관계를 보인다고 보고하였다. 이상의 제

Table 8. Effect of resistant starch(RS) on fecal bulk of the subjects

Period	Subject No.	Wet weight (g/day)	Dry weight (g/day)	Fecal water (%)
GSD ¹⁾	1	258.8	13.3	94.9
	2	189.7	13.5	92.9
	3	287.2	23.6	91.8
	4	192.5	12.4	93.6
	5	221.6	12.6	94.3
	6	262.0	12.2	95.3
	7	228.8	13.8	94.0
	8	119.2	7.2	94.0
RSD ²⁾	1	271.7	19.8	92.7
	2	214.0	18.9	91.2
	3	225.8	18.7	91.7
	4	260.3	22.5	91.4
	5	217.2	16.5	92.4
	6	258.7	19.8	92.3
	7	323.3	25.1	92.2
	8	171.3	12.4	92.8
$M \pm SE^3)$ for		220.0 ± 18.8	13.6 ± 1.6	93.9 ± 0.4
$M \pm SE$ for RSD		242.8 ± 16.2	$19.2 \pm 1.3^{*}$	$92.1 \pm 0.2^{**}$

1) GSD: General starch diet

2) RSD: Resistant starch diet

3) Each value is mean \pm standard error

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

보고는 본 실험에서 일반식사 급식기간에 비하여 저항전분식사 급식기간에 혈장 지방산 농도가 증가한 것과 일치하는 경향이었다.

Deschner 등⁴³⁾의 연구에서는 단쇄지방산의 생성은 장내 pH를 낮추고 이는 일차 담즙산을 이차 담즙산으로 바꾸는 미생물의 활동을 억제시키며, 결과적으로 이차 담즙산의 농도를 낮춘다고 보고하였다. 이차 담즙산은 대장세포에 독성을 주며 세포증식을 증가시키는데, 이러한 세포증식은 대장암의 발달을 가져온다.

5. 변 담즙산 조성

본 조사 대상자의 1일 변량은 Table 8과 같았다. 1일 총 변량은 일반식사 기간에는 $220.0 \pm 18.8\text{g/day}$ 였고, 저항전분식사 기간에는 $242.8 \pm 16.2\text{g/day}$ 로 증가하였으며, 냉동건조된 변의 무게는 일반식사 기간 및 저항전분식사 기간 각각 $13.6 \pm 1.6\text{g/day}$, $19.2 \pm 1.3\text{g/day}$ 로 유의적인 증가를 나타낸 것으로 보아 저항전분 섭취에 따라 변 중의 내용물 함량이 증가한 것으로 보인다. 변 중의 수분 함량은 일반식사 기간에는 $93.9 \pm 0.4\%$, 저항전분식사 기간에는 $92.1 \pm 0.2\%$ 로 현저하게 감소하였다.

Cummings 등⁴⁴⁾은 대장에서 저항전분의 소화와 생리적 특성을 연구하였는데, 바나나, 감자, 밀 등을 섭취후 배설한 변의 총량이 161g/day , 151g/day , 153g/day 로 본 실험결

과보다 낮게 나타났으나, 건조된 변의 무게를 보면 36.6g/day , 34.6g/day , 36.4g/day 로 냉동건조된 변의 무게는 본 실험의 결과가 낮은 경향을 보여, 변의 수분함량이 많은 것은 국물을 섭취하는 한국인의 식습관 차이에서 기인한 것으로 보인다.

본 조사대상자의 담즙산 유도체의 함량은 Table 9와 같았다.

일차 담즙산인 cholic acid 함량은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간 각각 $0.94 \pm 0.11\text{mg/g}$ 및 $2.13 \pm 0.36\text{mg/g}$ 으로 저항전분식사 기간에 현저하게 증가하였고, chenodeoxycholic acid 함량은 일반식사 기간 $0.56 \pm 0.17\text{mg/g}$ 에 비해 저항전분식사 기간 $0.59 \pm 0.14\text{mg/g}$ 으로 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이차 담즙산인 lithocholic acid 함량은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간 각각 $2.53 \pm 0.77\text{mg/g}$ 와 $4.24 \pm 0.82\text{mg/g}$ 으로 현저하게 증가하였고, deoxycholic acid 함량은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간에서 각각 $10.29 \pm 2.09\text{mg/g}$ 와 $5.60 \pm 1.11\text{mg/g}$ 으로 현저하게 감소하였다.

Munster 등⁴⁵⁾은 저항전분 45g 을 식사로 공급하여 각각의 담즙산 유도체의 함량을 조사하였는데, 변으로 이차 담즙산 유도체인 deoxycholic acid의 농도가 50% 감소되었다는 보고결과는 저항전분섭취로 일어나는 가장 큰 변화로 간주되며 본 실험결과와도 일치한다. 또한, Andrieux 등¹⁹⁾

Table 9. Fecal bile acid composition of the subjects

Period	Subject No.	CA ¹⁾ (mg/g)	CDC (mg/g)	LCA (mg/g)	DCA (mg/g)	Secondary/primary bile acids
GSD ¹¹⁾	1	0.81	0.70	5.41	4.18	6.4
	2	1.32	0.62	1.52	13.11	7.5
	3	1.07	0.60	2.49	12.04	8.7
	4	0.57	1.56	6.38	18.20	11.5
	5	1.40	0.56	1.20	7.06	4.2
	6	0.52	0.06	0.73	4.90	9.7
	7	1.09	0.06	0.60	4.60	4.5
	8	0.75	0.33	1.94	18.20	18.6
RSD ²²⁾	1	1.01	1.00	5.61	9.90	7.7
	2	2.89	1.34	2.73	6.38	2.2
	3	2.65	0.58	3.12	5.07	2.5
	4	3.99	0.50	8.06	3.58	2.6
	5	1.44	0.61	6.70	3.84	5.1
	6	1.19	0.20	1.83	1.76	2.6
	7	1.71	0.41	4.07	3.74	3.7
	8	2.16	0.09	1.77	10.49	5.4
$M \pm SE^3)$ for GSD		0.94 ± 0.11	0.56 ± 0.17	2.53 ± 0.77	10.29 ± 2.09	8.9 ± 1.6
$M \pm SE$ for RSD		$2.13 \pm 0.36^*$	0.59 ± 0.14	$4.24 \pm 0.82^*$	$5.60 \pm 1.11^*$	$4.0 \pm 0.7^*$

1) GSD: General starch diet

2) RSD: Resistant starch diet

3) Each value is mean \pm standard error

Abbreviations used: CA, cholic acid; CDC, chenodeoxycholic acid; LCA, lithocholic acid; DCA, deoxycholic acid

*: $p < 0.05$

도 쥐를 이용한 저항전분 굽여실험에서 저항전분은 장내 pH를 감소시키고 단쇄지방산을 증가시키며, 이차 담즙산 생성이 감소되었다고 보고하였다. 식이섬유소 섭취량에 따라 담즙산 배설량을 살펴본 황⁴⁵⁾의 연구 결과는 고 섬유소 섭취 시 변으로 일차 담즙산 배설이 증가한 것으로 보고되었는데, 본 실험에서도 저항전분식사 기간에 증가하는 경향을 보여 동일한 결과를 보였다. Hylla 등²³⁾은 저저항전분 섭취군과 고저항전분 섭취군의 비교연구 결과 deoxycholic acid는 본 실험과 유사한 값을 보였으며, Reddy 등⁴⁶⁾은 wheat bran diet, cellulose diet 식사군이 대조군에 비해 변의 deoxycholic acid의 농도가 낮다고 보고하여 본 실험 결과 이차 담즙산의 양이 감소한 것과 일치한 결과를 보여 준다.

대장내의 pH 감소가 담즙산 대사에 주는 영향을 2가지로 분류할 수 있는데, 첫째, pH가 낮은 경우 일차 담즙산이 이차 담즙산으로 변화되는 것이 억제된다는 것으로, Macdonald 등⁴⁷⁾의 동물을 대상으로 한 연구에서 pH 7.9에서 pH 5.5로 산도를 감소시켜 박테리아의 활성을 억제시킨 결과 총 이차 담즙산의 농도와 수용성 deoxycholic acid가 감소되었으나 일차 담즙산은 증가하지 않았다고 보고하였다. 둘째, 저항전분 발효에 의해 장내용물이 산성화되어 비포함된 담즙산의 침전이 생겨 수용성 담즙산이 불용화 되는 결과를 가져오는데, 그 결과 일차 담즙산이 미생물에 의해 변화가 억제되고 deoxycholic acid가 감소되며, 장점막에 끼치는 독성이 감소된다고 한다.^{48,49)}

일차담즙산인 cholic acid와 chenodeoxycholic acid, 이차담즙산인 lithocholic acid와 deoxycholic acid의 이차/일차 담즙산의 배설비를 보면, 일반식사 기간이 8.9 ± 1.6이고 저항전분식사 기간이 4.0 ± 0.7으로 이차 담즙산의 배설비율이 일반식사 기간에 비해 저항전분식사 기간에서 감소를 보였다. 저항전분 섭취시 deoxycholic acid의 양이 음의 상관관계를 갖는 것은 저항전분을 섭취함에 따라 이차 담즙산의 생성량이 억제된 것으로 생각된다.

저항전분과 변 담즙산량과의 관계는 저항전분식사는 저지방식사이므로 간으로부터의 담즙분비가 적어져 변의 총 담즙산량을 감소시키는데, 본 조사의 전 대상자에서 저항전분 섭취시 총 담즙배설량 간에 음의 상관성을 보인 것은 이러한 가전으로 해석된다. 변으로 담즙산이 배설되는 것은 담즙산이 인체로부터 콜레스테롤의 제거형태이므로 저 콜레스테롤혈증을 유도한다는 측면에서 유용하다고 볼 수 있다. 저항전분 섭취에 의해 일차 담즙산이 대장종양발달에 활성이 더 큰 deoxycholic acid와 같은 이차 담즙산으로의 전환을 감소시켜 대장질환에 보호적으로 작용한다는 연구

결과는, 저항전분 섭취시 변 중 총 담즙산 함량이 저항전분 섭취량과 음의 상관을 보인 것으로 주목할 만한 현상이라고 볼 수 있겠다.

또한 Munster 등⁴¹⁾은 식이중 저항전분 섭취로 인해 대장암 발생의 독성을 갖는 장점막 종식율이 6.7%에서 5.4%로 감소됨으로서 대장암 발생을 억제시키며 이는 이차 담즙산의 생성 감소로 인한 것이라고 보고하였으며, 수용성 deoxycholic acid 감소는 변의 수분과 독성을 감소시킨다고 보고하였으며, Kazawa 등⁵⁰⁾이 하와이 또는 캘리포니아로 이주한 일본인 1세와 미국에서 태어난 일본인 2세 3807명을 대상으로 설문조사 결과, 일본인 1세의 대장암 발생이 낮은 것은 저지방, 고섬유소 식사 때문이라는 보고도 본 실험 결과로 볼 때 대장내 유기산 함량의 증가 및 이차 담즙산 생성의 저하가 대장암 발생률을 낮추는 요인으로 작용한 결과라고 사료된다.

본 실험에서 저항전분 침가의 수단으로 이용한 국수와 빵은 제조 특성상 지방함량을 높일 수 없는 문제점이 있었으며, 또한 이들의 급식은 포만감을 유발하여 저녁 식사량이 상대적으로 감소하므로서 일반식사에 비하여 탄수화물 섭취량은 높아졌으나 단백질 및 지방질 섭취량은 상대적으로 감소되었다. 한편 저항전분식사 기간에 사용한 식단은 일부 곡류식품의 제한을 보완하는 의미로 비타민 B복합체(빼꼼정, 유한양행) 1정씩을 추가로 투여한바, 상대적으로 일반식사에 비하여 저항전분식사의 B복합체 함량이 높았다.

이상의 결과로 보아 저항전분식사는 혈장 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 함량을 현저하게 감소시켰고, acetic acid, propionic acid, valeric acid 등 단쇄지방산 함량을 현저하게 증가시켰으며, 변 중의 이차 담즙산 함량을 감소시켰다. 그러므로 저항전분은 대장에서 미생물에 의해 발효되어 단쇄지방 생성량을 증가시키고 이의 흡수와 이용을 증가시키며, 대장내에서 감소된 pH는 일차 담즙산을 이차 담즙산으로 바꾸는 미생물의 활성을 억제시킴으로써 대장에 독성을 주는 이차 담즙산의 농도를 낮추는 것으로 보아 성인병 및 대장암 예방에 기여할 것으로 사료된다. 그러나 저항전분식사 기간 중 지방섭취의 감소도 본 연구결과에 일부 기여했을 것으로 사료되어 이 부분에 대한 추후 연구가 요망된다.

요약 및 결론

대장질환 관련 요인으로서 식이섬유와 효소저항전분 섭취에 따른 혈장 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 및 혈장 휘발성 지방산 함량과 변의 담즙산의

양을 여대생 8명을 대상으로 12일간의 식사조사와 변 및 혈액을 채취 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 혈장 총 콜레스테롤 함량은 일반식사 섭취시에 $160.4 \pm 5.6\text{mg/dl}$ 이었고, 저항전분식사 섭취시에는 $145.1 \pm 2.8\text{mg/dl}$ 로 저항전분식사 섭취시에 다소 낮았으며, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량은 일반식사 섭취시 각각 $49.1 \pm 2.7\text{mg/dl}$ 및 $96.0 \pm 5.4\text{mg/dl}$ 이었고, 저항전분식사 섭취시에는 각각 $42.9 \pm 1.5\text{mg/dl}$ 및 $83.5 \pm 2.6\text{mg/dl}$ 로서 저항전분식사 섭취시에 낮게 나타났다.

2) 혈장 acetic acid 함량은 일반식사 섭취시에 $1.29 \pm 0.15\text{mmol}$ 이었고, 저항전분식사 섭취시에는 $1.58 \pm 0.16\text{mmol}$ 로 저항전분식사 섭취시에 다소 낮았는데, propionic acid 및 valeric acid 함량은 일반식사 섭취시 각각 $0.04 \pm 0.01\text{mmol}$ 및 $0.81 \pm 0.15\text{mmol}$ 이었고, 저항전분식사 섭취시에는 각각 $0.10 \pm 0.00\text{mmol}$ 및 $1.16 \pm 0.15\text{mmol}$ 로서 저항전분식사 섭취시에 현저하게 높았다.

3) 냉동건조된 변에 함유된 cholic acid와, chenodeoxycholic acid 함량은 일반 식사 기간에서 $0.94 \pm 0.11\text{mg/g}$, $0.56 \pm 0.17\text{mg/g}$ 이었고, 저항전분식사 기간에서는 $2.13 \pm 0.36\text{mg/g}$, $0.59 \pm 0.14\text{mg/g}$ 으로서, cholic acid 및 chenodeoxycholic acid 함량은 저항전분식사 기간에 증가하였다. lithocholic acid 함량은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간 각각 $2.53 \pm 0.77\text{mg/g}$, $4.24 \pm 0.82\text{mg/g}$ 으로 저항전분식사 기간에 증가하였으며, deoxycholic acid 함량은 일반식사 기간과 저항전분식사 기간 각각 $10.29 \pm 2.09\text{mg/g}$, $5.60 \pm 1.11\text{mg/g}$ 으로 현저하게 감소하였다. 이차/일차 담즙산의 배설비는 일반식사 기간이 8.9 ± 1.6 이고 저항전분식사 기간이 4.0 ± 0.7 으로 이차 담즙산의 배설비율이 일반식사 기간에 비해 저항전분식사 기간에서 감소를 보였다.

본 연구 결과, 저항전분의 급여로 인한 혈장 콜레스테롤 농도감소와 혈장 휘발성 지방산 농도 증가, 변의 담즙산 유도체의 농도 감소는 심장순환기계 질환 및 대장암 발생 감소의 요인으로 작용할 것이라고 생각된다.

현재 영양생리활성을 갖는 기능성 식품에 관심이 많은 소비자들에게 저항전분은 소화율이 적어 저열량을 공급하게 되고 순환기계 성인병의 예방과 항암효과가 있으므로 비만이나 당뇨병 환자의 치료식사로도 공급될 수 있도록 식품개발을 기대해 본다.

Literature cited

- 1) Annual report on the cause of death statistics, National statistical office, Seoul, 1999
- 2) '95 National nutrition survey report, Ministry of Health and Welfare, Seoul, 1997
- 3) Hjermann I, Velve Byre K, Holme I, Leren P. Effect of diet and smoking intervention on the incidence of coronary heart disease. Report from the Oslo Study Group of a randomised trial in healthy men. *Lancet* 2(8259): 1303-1310, 1981
- 4) Shaper AG, Pocock SJ, Walker M, Phillips AN, Whitehead TP, Macfarlane PW. Risk factors for ischaemic heart disease: The prospective phase of the British regional heart study. *J Epidemiol & Community Health* 39(3): 197-209, 1985
- 5) McKieague PM, Adelstein AM, Marmot MG, Henly PJ, Owen RW, Hill MJ, Thompson MH. Diet and fecal steroid profile in a South Asian population with a low colon-cancer rate. *Am J Clin Nutr* 50(1): 151-154, 1989
- 6) Bingham SA, Williams DR, Cummings JH. Dietary fibre consumption in Britain: new estimates and their relation to large bowel cancer mortality. *Br J Cancer* 52(3): 399-402, 1985
- 7) Trowell H. Coronary heart disease and dietary fiber. *Am J Clin Nutr* 28(8): 798-800, 1975
- 8) Sauvaise Y, Ribes G, Baccon JC, Loubatieres-Mariani MM. Implication of steroid saponin and sapogenins in the hypocholesterolemic effect of fenugreek. *Lipids* 26(3): 191-197, 1991
- 9) Anderson JW, Tietjen-Clark J. Dietary fiber: hyperlipidemia, hypertension, and coronary heart disease. *Am J Gastroenterol* 81(10): 907-919, 1986
- 10) Dubois C, Armand M, Senft M, Portugal H, Pauli AM, Bernard PM, Lafont H, Lairon D. Chronic oat bran intake alters postprandial lipemia and lipoproteins in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 61(2): 325-333, 1995
- 11) Cara L, Dubois C, Borel P, Armand M, Senft M, Portugal H, Pauli AM, Bernard PM, Lairon D. Effects of oat bran, rice bran, wheat fiber, and wheat germ on postprandial lipidemia in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 55(1): 81-88, 1992
- 12) Wursch P. In nutritional value of cereal products, beans and starches (Bourne GH., ed.), Karger, Amsterdam, The Netherlands, pp.199-256, 1989
- 13) Abadie C, Hug M, Kubli C, Gains N. Effect of cyclodextrins and undigested starch on the loss of chenodeoxycholate in the faeces. *Biochem J* 299(Pt 3): 725-730, 1994
- 14) Anderson IH, Levine AS, Levitt MD. Incomplete absorption of the carbohydrate in all-purpose wheat flour. *N Engl J Med* 304(15): 891-892, 1981
- 15) Englyst HN, Cummings JH. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human small intestine. *Am J Clin Nutr* 42(5): 778-787, 1985
- 16) Flourié B, Leblond A, Florent C, Rautureau M, Bisalli A, Rambaud JC. Starch malabsorption and breath gas excretion in healthy humans consuming low- and high-starch diets. *Gastroenterology* 95(2): 356-363, 1988
- 17) Cummings JH, Bingham SA, Heaton KW, Eastwood MA. Fecal weight, colon cancer risk, and dietary intake of nonstarch polysaccharides (dietary fiber). *Gastroenterology* 103(6): 1783-1789, 1992
- 18) Cummings JH, Beatty ER, Kingman SM, Bingham SA, Englyst HN. Digestion and physiological properties of resistant starch in the human large bowel. *Br J Nutr* 75(5): 733-747, 1996
- 19) Andrieux C, Gadelle D, Leprinse C, Sacquet E. Effect of some poorly digestible carbohydrates on bile acid bacterial transformations in the rat. *Br J Nutr* 62(1): 103-119, 1989
- 20) Thornton JR. High colonic pH promotes colorectal cancer. *Lancet* 1(8229): 1081-1083, 1981
- 21) Walker AR, Walker BF, Segal I. Fecal pH value and its modification by dietary means in South African black and white schoolchildren. S

- Afr Med J* 55(13): 495-498, 1979
- 22) Younes H, Levrat MA, Demigne C, Remesy C. Resistant starch is more effective than cholestyramine as a lipid-lowering agent in the rat. *Lipids* 30(9): 847-853, 1995
- 23) Hylla S, Gostner A, Dusel G, Anger H, Bartram HP, Christl SU, Kasper H, Scheppach W. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 67(1): 136-142, 1998
- 24) Levrat MA, Moundras C, Younes H, Morand C, Demigne C, Remesy C. Effectiveness of resistant starch, compared to guar gum, in depressing plasma cholesterol and enhancing fecal steroid excretion. *Lipids* 31(10): 1069-1075, 1996
- 25) Mun SH. Formation and characteristics of enzyme resistant starch from maize starches with different amylose contents. Chonnam National University Master degree thesis, 1997
- 26) American Association of Official Analytical Chemical Change in Method. Total dietary fiber in foods, enzymatic gravimetric method, First action. *J Assoc Anal Chem* 68: 399, 1985
- 27) Miller DS, Payne PR. A Ballistic Bomb Calorimeter. *Br J Nutr* 13: 501-508, 1959
- 28) Pike RL, Brown ML. Nutrition: an integrated approach. 3rd Ed., pp. 771, John Wiley & Sons, New York, 1984
- 29) Recommended dietary allowances for Koreans, 6th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 1995
- 30) Grundy SM, Ahrens EH, Miettinen TA. Quantitative isolation and gasliquid chromatographic analysis of total fecal bile acids. *J Lipid Res* 6: 397-410, 1965
- 31) Miettinen TA, Ahrens EH, Grundy SM. Quantitative isolation and gasliquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J Lipid Res* 6: 411-424, 1965
- 32) Eastwood MA, Morris ER. Physical properties of dietary fiber that influence physiological function: a model for polymers along the gastrointestinal tract. *Am J Clin Nutr* 55(2): 436-442, 1992
- 33) Everson GT, Daggy BP, McKinley C, Story JA. Effects of psyllium hydrophilic mucilloid on LDL-cholesterol and bile acid synthesis in hypercholesterolemic men. *J Lipid Res* 33(8): 1183-1192, 1992
- 34) Matheson HB, Story JA. Dietary psyllium hydrocolloid and pectin increase bile acid pool size and change bile acid composition in rats. *J Nutr* 124(8): 1161-1165, 1994
- 35) Anderson JW, Tietjen-Clark J. Dietary fiber: hyperlipidemia, hypertension, and coronary heart disease. *Am J Gastroenterol* 81(10): 907-919, 1986
- 36) Dubois C, Armand M, Senft M, Portugal H, Pauli AM, Bernard PM, Lafont H, Lairon D. Chronic oat bran intake alters postprandial lipemia and lipoproteins in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 61(2): 325-333, 1995
- 37) Cara L, Dubois C, Borel P, Armand M, Senft M, Portugal H, Pauli AM, Bernard PM, Lairon D. Effects of oat bran, rice bran, wheat fiber, and wheat germ on postprandial lipemia in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 55(1): 81-88, 1992
- 38) Muir JG, Lu ZX, Young GP, Cameron-Smith D, Collier GR, O'Dea K. Resistant starch in the diet increases breath hydrogen and serum acetate in human subjects. *Am J Clin Nutr* 61(4): 792-799, 1995
- 39) Cummings JH, Pomare EW, Branch WJ, Naylor CP, Macfarlane GT. Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic and venous blood. *Gut* 28(10): 1221-1227, 1987
- 40) Flourie B, Florent C, Jouany JP, Thiévent P, Etanchaud F, Rambaud JC. Colonic metabolism of wheat starch in healthy humans. Effects on fecal outputs and clinical symptoms. *Gastroenterology* 90(1): 111-119, 1986
- 41) van Munster IP, Tangerman A, Nagengast FM. Effect of resistant starch on colonic fermentation, bile acid metabolism, and mucosal proliferation. *Digestive Diseases & Sciences* 39(4): 834-842, 1994
- 42) Peters SG, Pomare EW, Fisher CA. Portal and peripheral blood short chain fatty acid concentrations after caecal lactulose instillation at surgery. *Gut* 33(9): 1249-1252, 1992
- 43) Deschner EE, Long FC, Hakission M, Herrmann SL. Differential susceptibility of AKR, C57BL/6J, and CF1 mice to 1,2-dimethylhydrazine-induced colonic tumor formation predicted by proliferative characteristics of colonic epithelial cells. *J Natl Cancer Inst* 70(2): 279-282, 1983
- 44) Cummings JH, Beatty ER, Kingman SM, Bingham SA, Englyst HN. Digestion and physiological properties of resistant starch in the human large bowel. *Br J Nutr* 75(5): 733-747, 1996
- 45) Hwang EH. The relationship to dietary fiber intake and fecal bile acid profiles. *Korean J Nutrition* 29(1): 41-49, 1996
- 46) Reddy B, Engle A, Katsifis S, Simi B, Bartram HP, Perrino P, Mahan C. Biochemical epidemiology of colon cancer: effect of types of dietary fiber on fecal mutagens, acid, and neutral sterols in healthy subjects. *Cancer Res* 49(16): 4629-4635, 1989
- 47) Macdonald IA, Singh G, Mahony DE, Meier CE. Effect of pH on bile salt degradation by mixed fecal cultures. *Steroids* 32(2): 245-256, 1978
- 48) Okhyusen-Young C, Kellogg TF. The effect of cecectomy on fecal bile acid and neutral steroid excretion of the rat. *Comp Biochem Physiol(B)* 70B: 345-347, 1981
- 49) Yahiro K, Setoguchi T, Katsuki T. Effect of cecum and appendix on 7 alpha-dehydroxylation and 7 beta-epimerization of chenodeoxycholic acid in the rabbit. *J Lipid Res* 21(2): 215-222, 1980
- 50) Kazawa Y, Niskizawa M, Suzuki M. Eicosapentaenoic acid of serum lipids of Japanese islanders with low incidence of cardiovascular diseases. *J Nutr Sci Vitaminol(Tokyo)* 28: 441-53, 1982