SA-4

기능성 식품소재로의 식이섬유 연구현황 및 활용방안

강 순 아

경희대학교 동서의학대학원 임상영양학과

식생활의 서구화, 영양섭취의 과다, 정제된 곡류를 이용한 가공식품 이용, 육류 섭취량 증가에 의하여 식이섬유의 섭취량이 감소하여 우리가 한번에 섭취하는 곡류, 과일, 그리고 채소로부터 섭취하는 식이섬유의 함량은 1~3 g에 불과하다. 하루 식이섬유의 섭취량은 15~20 g/일 수준으로 1일 권장량인 20~30 g에 미치지 못하는 것으로 보고되고 있다. 두류나 고식이섬유 cereal 제품의 경우 더 많은 식이 섬유를 함유하고 있으나 섭취 빈도가 낮은 것이 문제이다. 이러한 식이의 변화는 과체중과 함께 각종 성인병의 원인이 되어 결과적으로는 국민건강 및 복지에 심각한 위험요인으로 작용하고 있다. 이러한 변화에 따라 최근에는 식이섬유의 기능성을 감안하여 식이섬유를 이용한 기능성식품, 식이섬유를 가공식품에 첨가한 보강식품 등의 개발이 증가하고 있다. 제품개발에 영양학적면이 고려되어 영양섭취의 균형을 이룰 수 있고 다른 영양소와의 대사 이상과 같은 불균형을 초래하지 않는 제품의 개발이 요구되고 있다.

식이섬유는 인체의 소화효소에 의하여 분해되지 않는 난분해성의 복합 다당류로 분변량을 증가시키고 통변을 원활하게 하며, 장내미생물의 활성화나 영양흡수도의 조절 등을 통하여 상피세포의 기능을 조절하는 등의 생리적 효과를 나타냄으로써 대장암 발현 위험을 감소시킬 수 있다고 알려져 있다. 또한 식이섬유의 섭취는 물이나 각종 이온의 흡수 및 대사, 담즙산염 대사, 지방대사, 암모니아의 흡수 등에도 영향을 줌으로써 최종적으로는 체중조절, 혈중 콜레스테롤 함량의 저하, 혈당 조절 등의 효과를 기대할 수 있으므로 기능성 식품소재로서 식이섬유 연구현황과 활용방안을 검토해보고자 한다.

식이섬유의 활용현황

기능성식품과 식이섬유 보강식품에 첨가되는 식이섬유는 대부분 곡류의 호분층, 구근작물 등의 식물성 원료와 해조류에서 추출, 정제되고 있다. 그러나 식물 원료로부터의 식이섬유 추출은 수득율이 낮고 공정비용이 많이 소요되는 단점이 있으며, 호분층 등을 첨가한 식이섬유 보강식품은 질감, 맛 등의 관능적 품질이 저하되는 단점이 있다(Yook 2000). 최근에는 수산폐기물로부터 섬유소를 분리 정제하고 이를 제빵 및 잼 제조에 이용하여 관능 및 물성이 우수한 식품을 제조하였다고 보고한 바 있다(Yook 2000, Byun 1999, 2000). 또한 미생물공정에 의하여 대량생산 가능한 플럭탄의 이용이 보고(Kang 2002, Jang 2002)되고 있다.

최근 식이 섬유소로 알려진 비소화성 다당류가 생리적 또는 영양적 측면에서 중요하게 인식되면서 체중감량에 많이 이용되고 있는데 식이섬유소는 팽창하는 성질로 인해 정장작용과 연동 운동을 촉진하여 변비나 대장암 등의 예방에 도움이 된다고 하며(Englyst & Cummings 1985, Schneeman 1987), cholesterol의 흡수를 저해시켜 비만, 고지혈증, 동맥경화 등을 예방할 수 있는 물질로 작용할 수 있다고 한다(Van 1978, Castelli1990).

Prune은 식이 섬유 함량이 100 g 당 6.1 g을 포함하고 있으며, 다량 함유된 sorbitol (14.7 g/100 g)로 인하여 천연 소재의 하제 효과가 있으며, phenol compounds (184 mg/100 g)의 함유로 인하여 당 흡수 지연 효과, LDL 산화 저해 효과, potassium (745 mg/100 g) 함유로 심혈관계 건강 유지 효과 및 boron 함유로 골다공증 예방 효과가 있다(Stacewicz 2001). 또한 prune 메탄올 추출물은 4-amino-4-carboxychroman-2-one, p-coumaric acid, vanillic acid beta-glucoside, protocatechuic acid, caffeic acid 등의 영향으로 인하여 강한 항산화력을 지닌다(Nakatani 2000, Kayano 2002)고 하였다.

Recommended fiber intakes

성인들의 식이섬유 권장량은 일반적으로 20~35 g/day 혹은 1,000 kcal 당 10~13 g으로 되어있다. 미국의

Nutrition Facts labels에 의하면 2,000 kcal 당 25 g 혹은 2,500 kcal 당 30 g/day을 권장하고 있다. 1998년도 국민영양조사의 식품섭취조사에서 조사된 전국규모의 자료를 중심으로 식이성섬유소의 섭취량은 전국이 14.5 g, 대도시가 15.0 g, 중소도시가 14.3 g, 읍면이 13.9 g으로 나타났으며, 이중 95% 정도를 식물성 식품으로부터 섭취하고 있었다. 이러한 수치는 1989년 영양조사의 결과보다 적게 섭취하였다. 우리보다 야채류의 섭취가 많은 미국인의 경우 평균 하루 14~15 g의 식이섬유를 섭취하는 것으로 보고되고 있다. 우리나라도 식단이 서구화되고 fast food와 가공식품의 범람으로 식이섬유의 섭취량이 과거에 비해 더욱 낮아지고 있는 현실이다.

최근에는, 세계적으로 성장기 어린이와 사춘기 학생들의 식이섬유 권장량을 set-up하려는 노력이 선진국을 중심으로 시도되고 있다. 2살 이전의 영아에 대한 권장량은 보고된 바가 없으며 2살 이상의 어린이의 경우 나이에 5 g을 추가한 양보다 많은 양의 식이섬유를 권장하고 있으며 20세가 될 때까지 일일 약 25~35 g의 식이섬유섭취를 유도하고 있다. 노인들에 관한 권장량도 특별히 연구된 보고가 없지만 일반적으로 1,000 kcal 당 10~13 g의 식이섬유섭취가 권장된다. 이상의 모든 경우, 적절한 수분섭취가 병행되어야 하며 변비와 위장관 질환의 소견이 있는 경우 식이섬유 권장에 주위를 기울여야 한다.

Physiological function of dietary fiber and their health effects

Effect of food carbohydrates on cardiovascular risk factors

	Body fatness	Lipoproteins, triglycerides	Blood pressure	Glycemic status	Thrombosis	Antioxidant status	CV events
Cereal	?↓	→	?	↓	?	?	↓
fruits (not fruit juice)	?↓	→↑		↑→↓	?	↓	
Vegetable	↓	↓	↓	↑→↓		↓	↓
	?↓	↓		↓	?	?	↓
	→↑	↓	?		?	↓	↓
Combination	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

The combined effects of these foods is best judged by indices of total plant food intake or variety

Hypolipidemic effect of dietary fiber

비만치료와 식이섬유 섭취와의 상관관계에 대한 명백한 증거는 없지만 적절한 양의 식이섬유을 함유한 식품은 일반식이보다 에너지 밀도가 낮으며 포만감을 유발하는데 효과가 있으므로 간접적인 효과로 혈중 지질의 함량을 감소시키는 효과를 기대할 수 있다. 동물실험을 통하여 rice bran, oat bran (Einat 2002) hydroxypropyl methylcellulose (Thimothy 2003), prune (Edrilan 2000) 첨가한 식이에 의하여 혈중 콜레스테롤의 감소효과를 볼 수 있었고, 동맥 벽내의 지방 축적을 막을 수 있었다. 또한 인간실험을 통하여 oat 함유한 저칼로리식(Saltzman 2001), β-glucan과 psyllium(David 2000), oat 혹은 wheat cereal (Branda 2002), avocado pulp (Einat Naveh 2002) 공급시에 혈중 지질의 감소, 혈청 butyrate 함량 증가, systolic blood pressure 감소 등의 현상을 관찰할 수 있었다. .

국내 연구로는 식이섬유소원으로 pectin을 공급시 간 소포체막의 유동성을 증진시켰으며, 변으로 더 많은 neutral sterol을 배설시켰으며, 혈중 cholesterol을 더욱 효과적으로 낮추어 주는 효과가 있었다.

Gastrointestinal function

식이섬유의 인체 내 주작용은 주로 위장관(gastrointestinal tract)에서 일어난다. 식이섬유는 원료물질, 제조 및 추출방법, 분자량 등에 따라 종류가 다양하며 물리적 특성이나 생체 내에서의 생리적 효과, 산업적 이용도 다르다고 알려져 있다. 일반적으로 식이섬유는 수용성(soluble dietary fiber, SDF)과 불용성(insoluble dietary

fiber, IDF)으로 구분하는데 수용성 식이섬유는 위와 장의 통과시간을 지연시켜 장내에서의 영양소 흡수속도 조절과 지질대사에 관여하여 혈청 콜레스테롤의 조절 역할을 하며 불용성 식이섬유는 장관 박테리아에 의해 분해되지 않거나 비교적 천천히 분해되어 변통작용, 분변량의 증가, 분변의 장내통과시간 촉진, 대장암의 예방 등에 유용한 것으로 보고되고 있다.

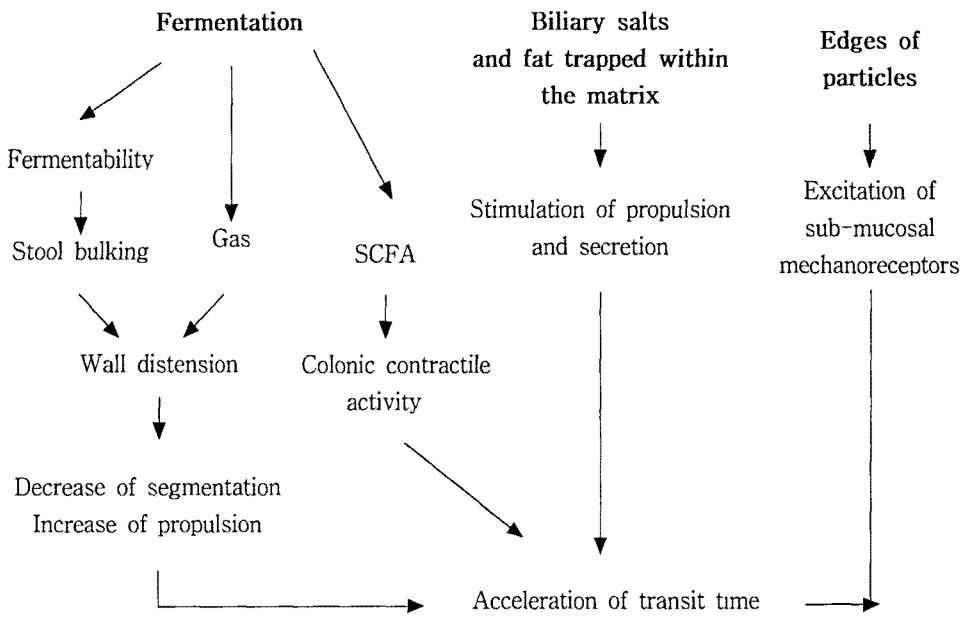
Colonic fermentability of dietary fibers in humans

Dietary fiber	Fermentability (%)
Cellulose	20-80
Hemicelluloses	60-90
Pectins	100
Guar gum	100
Ispaghula	55
Wheat bran	50
Resistant starch	100
Inulin, oligosaccharides	100 (if they are not in excess)

일상 식이로 섭취되는 식이섬유의 70~80% 이상은 대장에서 박테리아에 의해 분해되어 carbon dioxide, hydrogen, methane, short-chain fatty acids (SCFA: butyrate, propionate, acetate)를 생성하며, SCFA의 대부분인 60~65%가 acetate이며 10~20%는 butyrate이다. SCFA는 점막의 형성과 치유에 효능을 보이며, isolated human coloncytes를 이용한 연구 결과에 의하면 butyrate는 대장 점막의 중요한 에너지원으로 역할을 하며, acetate와 propionate는 portal circulation으로 유입된다고 주장하였다.

Mechanisms of action of dietary fiber on colonic transit time

위장관은 식이섬유에 매우 민감한 반응을 보이는 기관으로 변비치료, 통변에 관한 효과는 잘 알려져 있으나 특히 불용성 식이섬유의 통변효과가 우수한 것으로 알려져 있다. 특히 밀과 귀리의 겨에 함유되어 있는 식이



섬유는 변의 무게에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이 두 식이섬유원은 채소, 과일, 혹은 정제된 cellulose로부터의 동일량의 섬유질보다 변 무게 증가에 효과가 탁월한 것으로 알려져 있다. Long- term animal feeding study에 의하면, 저식이섬유 섭취는 결장의 게실(diverticular disease)을 유발한다고 보고하였다. 게실 환자에 있어서 고식이섬유를 섭취할 경우 해부학적으로 게실은 존재하더라도 게실의 악화는 막아주는 것으로 알려져 있다.

Cancer

식이섬유의 섭취와 직장/결장암 유발 및 사망률을 조사한 Correlation study에 의하면 식이섬유 섭취가 직장암에 protective한 효과가 있는 것으로 보고된 바 있다. 또한 식이패턴과 직장/결장암과의 상관관계를 연구한 case-control study 결과에 의하면 fiber-rich food 섭취와 직장/결장암 유발 비율이 반비례한다고 보고하였다. 미국의 한 보고에 의하면, 식이 중의 식이섬유 함량을 하루 약 13g 정도로 증가시키면 직장/결장암의 위험을 약 31%정도 경감시킬 수 있다고 주장하였다.

Review of 52 studies of diet and colorectal cancer risk

	Number of papers	Effect on colorectal cancer risk		
		Protection	No effect	Promotion
Cereal intake	36	23	9	4
Cereal fiber	16	13	3	0

대장 박테리아에 의하여 분해되어 생성되는 SCFA는 대장암세포에서 apoptosis를 유도하는 cell cycle-regulating protein 발현을 조절함으로써 항암효과를 보인다고 하였다(Kei 2003). 또한 colonocyte의 substrate가 되어 손상된 대장점막세포의 회복에 관여를 한다. 이는 TNFα나 NO아 같은 proinflammatory mediator의 형성을 억제한다고 하였다. 섬유소 강화식이에 의하여 점막세포의 견고성을 증진시킴으로서 자외선 조사에 의한 피부손상으로부터 장점막을 보호하는 보고가 있었다(Murat 2003).

인체에 있어 유방암과 식이섬유 섭취에 관한 병리역학적 근거는 미약하지만 국가별 비교 데이터에 의하면 고식이섬유 섭취와 유방암 사망률과 상관 관계가 있는 것으로 밝혀진 바 있다. 식이요소와 유방암 위험도를 조사한 case-control study에 의하면 고식이섬유의 섭취가 유방암의 발생 위험도를 낮춰 주는 것으로 보고하였다. 물론 진행된 모든 '식이섬유 섭취와 유방암과의 상관관계' 연구가 positive한 결과를 보여준 것은 아니지만 식이 섬유 함유 식품 즉 채소, 과일, 그리고 전곡립의 섭취는 유방암 뿐 아니라 다른 종류의 암에도 효능이 있다는 연구결과 보고는 상당수 발표된 바 있다.

Diabetes

수용성 식이섬유는 점성(viscosity)을 가지고 있으므로 혈당강하 효능을 나타낸다. Viscosity가 upper gastrointestinal tract에서 음식의 통과시간을 지연시킴으로 인해 단위 시간내 당의 흡수율을 떨어뜨려 혈당이 낮아지면서 인슐린의 반응을 지연시키는 효과를 보이게 된다. 이러한 수용성 식이섬유의 점성은 혈중 콜레스테롤 강하에도 영향을 미친다. 그러나 대부분의 이러한 임상결과는 fiber concentrates를 이용한 실험 결과이다. 일반식이에 함유된 수용성 식이섬유가 upper gastrointestinal tract에서 식이섬유 농축물과 동일한 physiological effect를 가지는지는 아직 확실하지 않다.

저 식이섬유와 당뇨유발과의 상관관계도 보고된 바 있다. 저식이섬유 식사패턴은 에너지 밀도가 높아 당뇨유발의 위험도가 증가하며 비만의 위험도도 증가된다. 식이섬유의 당뇨에 대한 효능은 장에서의 당 흡수 지연으로 설명될 수 있다. 식후혈당의 급속한 상승은 수용성 식이섬유 섭취로 비정상적인 glucose spike를 최소화할 수 있다.

전곡과 곡류 섬유소의 섭취, rice bran 섭취는 제 2형 당뇨병의 위험율을 낮추는 효과를 보였다.

Atherosclerosis

식이섬유와 관상동맥 질환의 예방과 치유는 식이섬유의 혈중 콜레스테롤 강하작용과 연계성을 가진다. 수용성 식이섬유의 섭취는 혈중 콜레스테롤을 약 5% 이상 강하시키는 효과가 있는 것으로 보고된 바, 초기 혈중 콜레스테롤이 높을 경우에는 이보다 더 큰 감소를 기대할 수 있다. 여러 연구를 종합해보면, 수용성 식이섬유의 체내 콜레스테롤 감소효과는 식이중의 콜레스테롤의 흡수저해에 의한 효과보다는 담즙산의 재흡수 방지 효과에 기전이 있는 것으로 알려져 있다. 식이섬유를 함유한 식품에 존재하는 다른 물질들 즉 phytochemical에 의한 간접 효과도 있는 것으로 보고되었는데, 예를 들어 귀리, 보리 그리고 쌀겨에 함유되어 있는 tocotrienol의 gamma 이성체의 일부들이 가지고 있는 endogenous cholesterol biosynthesis의 저해효과에 의해 혈중 콜레스테롤이 저하된다는 보고도 있다. 또한 식이섬유의 총 섭취량과 myocardial infarction과의 역의 관계에 대한 연구결과도 다수 존재한다.

Mineral absorption

phytate 같은 식이섬유소는 칼슘, 철분, 아연 같은 무기질 흡수를 방해하지만 이눌린, 레반 등은 2가 금속이온(철, 칼슘, 아연 등)의 체내흡수를 촉진하는 기능을 가지고 있다. 이들 미네랄들은 부족시에 빈혈, 골다공증 등의 질환에 관련이 있다. 한국인 영양권장량(제 7차 2000년도) 에서는 한국인의 철분과 칼슘섭취량에 대하여 성인기준으로 각각 12~16 mg/day와 700~800 mg/day를 권장하고 있는데 반하여, 실제 섭취량은 권장량의 50~65%으로 매우 낮게 나타난다. 노년층에서는 이들 미네랄에 대한 흡수율 능력의 감소로 실제 이용률은 더욱 낮아지게 된다. 이들 미네랄들은 섭취시에 소장에서 대부분 흡수되나, 흡수되지 않은 미네랄은 대장에서 다시 흡수된다. 소장과 달리 대장에서의 미네랄 흡수 촉진인자에는 장내 환경이 중요하며, 산성인 조건에서 미네랄의 흡수가 촉진된다. 일반적으로 대장의 pH는 7임에 반하여, 레반의 섭취에 따른 대장내 산성도는 5-5.5로 감소하여, 대장에서의 미네랄 흡수를 도와주는 환경을 제공한다(Jang 2003).

플락탄의 현황 및 일반적 기능

플락탄류(이눌린(inulin), 레반(levan), phlein, 이눌린올리고당, 레반올리고당, di-D-fructofuranose dianhydrides (DFAs))는 섭취시에 소장에서 흡수되지 않고, 대장에서 발효되는 발효성 당으로 인체에 완전하게 흡수되지 않으며 흡수되지 않은 부분은 장내세균총에 의해 발효되어 이때 생산된 단쇄지방산은(acetate, butyrate, propionate, lactate) 체내로 흡수되거나 배설되는 것으로 알려졌다. 이눌린은 혈중 중성지방을 감소시키고, HDL 콜레스테롤 수준을 증가시켜 지질 대사를 개선시키는 효과가 있다(Brighenti 1999). 이눌린 타입의 플락탄은 대표적인 prebiotics의 하나로, 체내로 흡수시에 대장에서 유산균을 포함한 제한된 종류의 미생물에서 발효되어, 유해한 미생물이 생존하기 어려운 환경을 제공하여 장내환경을 개선하는 효능이 있다(Ohta 1998, Camphell 1997). 최근에는 레반 타입의 플락탄에서도 유사한 효능이 동물실험으로 확인되었다(Jang 2003). 이외에도, 이눌린은 구강에서 충만감을 부여하고, 타액에서 효소적 발효가 되지않아, 구강내의 미생물에 의한 발효가 일어나지 않는다. 또한, 저분자인 이눌린 올리고당은 어는점을 낮추는 효과가 있으므로, 일본에서는 이를 이용한 수산물 유통에 응용된다(Yamamoto 1999).

레반의 기능 및 연구동향

1990년대에 접어들어 미생물(*Z. mobilis* 등)을 이용한 발효법에 의한 레반의 대량생산이 개발되었다(13). 일본에서는 1990년대 중반부터 레반의 실험적 연구가 수행되었고, 레반을 이용한 기능성식품 식품을 생산하고 있다. 국내에서는 2002년도에 ㈜리얼바이오텍에서 본격적으로 생산을 시작하였다. 특히 ㈜리얼바이오텍의 경우 한국생명공학연구원에서 개발된 기술을 적용함으로써 성과있는 산.연협동의 결과물로 평가된다.

레반은 일본과 한국에서 허가된 식품첨가물로 제과, 식품, 수산물, 화장품 공업에서 광범위하게 효능을 나타낸다. 제과나 식품등에 적용할 경우, 열 안정성이 뛰어나며, 광택이 나게 하는 등의 잇점을 보유하고 있다. 최근에는 정장효능, 혈중지질개선, 체지방 감소효능 등 인체에 대한 영향에 대한 연구가 진행되고 있다. 동물실험과 임상실험을 통하여 확인된 레반의 효능은 프리바이오틱효과, 비만 예방, 금속이온 흡수 촉진 작용, 보습작용, 항암 및 면역 증진 효과 등(Kang 2002, Jang 2002, Kang 2003)이 있다.

상업용 경구용 식이섬유

상업화되고 있는 경구용 식이섬유 제품은 크게 두 가지 타입으로 나눌 수 있으며 고식이섬유를 함유한 식물성 원료를 파우더화 한 제품과 정제된 고농도 식이섬유를 첨가한 제품이 있다. 정제 식이섬유원은 주로 콩, 귀리, 완두콩, 사탕수수, 차전자 피 등이며 guar gum 그리고 감자전분 등을 효소처리하여 난소화성 전분으로 만들어 사용하기도 한다. 건강한 사람의 경우에도 식이섬유 섭취는 장 운동을 정상화하며 설사와 변비 환자의 경우에도 식이섬유 함유 드링크만으로도 가시적인 생리학적 효능이 나타나는 경우도 많다. Tube-feeding 환자에게 흔히 나타나는 설사의 경우 실험의 제약적인 요소 때문에 만족할 만한 결과를 얻은 연구보고는 없다. 장관 장애에 의하여 enteral feeding을 하는 환자의 경우 constipation, diarrhea 그리고 diverticular disease의 예방과 치료를 위하여 식이섬유의 식이처방을 권장하고 있다.

향후동향 및 방안

현재 플락탄의 국내시장 현황은 시장규모가 미미하지만 최근 다양한 효능의 개발에 따른 빠른 성장이 예상된다. 일본과 유럽에서는 발효식품 등에서 발견되는 레반을 현재에 이르러 자연계 분포, 생리적 기능에 대한 연구를 활발하게 진행시키고 있음을 주목해야한다. 따라서, 레반에 대한 연구가 진행될수록 식품산업, 화장품 공업 및 제약산업으로의 범위는 더욱 더 번창할 것으로 기대된다. 일본에서는 레반을 프리바이오틱 식품소재로 이용하여 유산균과 함께 혼합한 형태로 사용되고 있다. 따라서, 관련 업체들에서는 새로운 용도의 개발에 지대한 노력과 연구 투자를 다하고 있는 것으로 보인다. 국내에서도 최근 ㈜리얼바이오텍이 레반의 생산에 참가하여 일본 및 관련업체들 간의 레반 제품의 질과 용도 개발에 대한 선의의 경쟁이 시작될 것으로 보인다.

향후의 레반 시장은 국내 다이어트관련 시장이 호황국면으로 진입하고 있는 상황으로 볼 때 큰 폭으로 신장이 예상되며 다른 기능성소재(xylitol, 칼슘, 칠분, 유산균) 와의 혼합 이용도 크게 늘어날 것으로 전망된다. 또한, 환원기를 갖고 있지 않기 때문에 제품의 사용중에 갈변화 현상이 나타나지 않아, 환원당 대체효과가 기대된다. 이눌린이 경장영양식에 이용되고 있는 점을 볼 때 레반도 병원에서 환자식으로 적용가능성이 높은 것으로 사료된다. 레반의 섭취시에 나타나는 특성중 대장암 관련 장내 유해효소활성을 억제하는 효능이 뛰어나므로, 이를 이용한 대장암 억제 등의 특수용도 식품에 적용가능성이 높은 것으로 사료된다.

최근에는 식이섬유의 기능성(체중조절, 혈중 콜레스테롤 함량의 저하, 혈당 조절, 변비 완화, 장내미생물의 활성화나 영양흡수도 조절)을 감안하여 식이섬유를 이용한 기능성식품, 식이섬유를 가공식품에 첨가한 보강식품 등의 개발이 증가하고 있다. 제품개발에 영양학적 면이 고려되어 영양섭취의 균형을 이룰 수 있고 다른 영양소와의 대사 이상과 같은 불균형을 초래하지 않는 제품의 개발이 요구되고 있다.

감사의 글

본 연구의 일부는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의하여 이루어졌으며 그 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

대한민국특허출원. 출원번호. 2002-49818.

Brenda M Davy, et al. 2002. AJCN 76(2): 351-358.

Brighenti F, et al. 1999. Eur J Clin Res 53: 726-733.
Byun MW, et al. 1999. Patent pending 99-0043469.
Byun MW, et al. 2000. J Korean Soc Food Sci Nutr 29: 64-67.
Campbell JM, et al. 1997. J Nutr 127: 130-136.
David JA Jenkins, et al. 2001. AJCN 75(5): 834-839.
Edralin A Lucas, et al. 2002. J Nutr Biochem 11(5): 255-259.
Einat Naveh, et al. 2002. Nutr Res 22: 1319-1332.
Einat Naveh, et al. 2002. J Nutr 132: 2015-2018.
Jang KH, Kang SA, et al. 2003. J Microbiol Biotechnol 13(3): In press.
Jang KH, et al. 2003. J Agric Food Chem 51: 2632-2636.
Jang KH, et al. 2002. Korean J of Nutr 35: 912-918.
Kang SA, et al. 2002. Korean J of Nutr 35: 903-917.
Kang SA, et al. 2002. J Korean Soc Food Sci Nutr 31: 788-795.
Ohta A, et al. 1998. Nutr Res 18: 109-120.
Saltzman E et al. 2001. J Nutr 131: 1465-1470.
Song KB, et al. 1996. Ann NY Acad Sci 799: 601-607.
Thomas MS et al. 2003. Nutr Res 23: 15-26.
Thomas MS Wolever, et al. 2002. AJCN 75(6): 1023-1030.
Timothy P. Carr, et al. 2003. Nutr Res 23: 91-102.
Yamamoto Y, et al. 1999. J Nutr Biochem 10: 13-18.
Yook HS, et al. 2000. Korean J Food Sci Technol 32: 387-395.