

In vitro에서 메밀의 다당류가 소화효소 활성화에 미치는 영향

이정선 · 라경수* · 손흥수**

한림대학교 자연과학연구소, *대구공업전문대학 식품영양학과,
**안산공업전문대학 식품공업과

Effect of Buckwheat Polysaccharides on Digestive Enzyme Activity In Vitro

Jung-Sun Lee, Kyung-Soo Ra* and Heung-Soo Son**

Institute of Natural science, Hallym University

*Department of Food Nutrition, Taegu Technical Junior Collage

**Department of Food Engineering, Ansan Technical College

Abstract

We examined the effects of crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, high molecular weight soluble polysaccharide (HMS-P : MW>10 kDa) and low molecular weight soluble polysaccharide (LMS-P : MW <10 kDa) fraction isolated from buckwheat (raw, roast and steam) on digestive enzyme activity *in vitro*. The enzyme activities were measured after the polysaccharides-enzyme mixtures were incubated at 37°C for 5 min. Crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose and residue lowered α -amylase activity, whereas HMS-P and LMS-P had no inhibitory effect. All polysaccharides except LMS-P lowered lipase activity. Crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, residue and HMS-P showed a marked decrease of trypsin and chymotrypsin activity but LMS-P showed a slight decrease of them.

Key words: buckwheat, polysaccharides, digestive enzymes

서 론

여러 종류의 식이섬유가 영양소의 소화와 흡수를 저해한다는 사실은 잘 알려져 있다⁽¹⁻³⁾. Guar gum 이나 pectin과 같은 점성의 다당류는 소장관에서 탄수화물과 전분의 가수분해를 지연시키고⁽⁴⁾ 고섬유식은 단백질⁽⁵⁾과 지질⁽⁶⁾의 소화율을 감소시킨다고 보고되었다. Shah 등⁽⁷⁾의 보고에 의하면 pectin, guar gum, lignin을 성장하는 쥐에 급여하였을 때, 체내단백질의 이용율은 감소되었고 이로 인하여 내인성, 외인성 질소의 배설량은 증가되었다고 한다. 한편 Borel 등⁽⁸⁾은 식이섬유원(wheat bran, wheat germ)이 소장에서 중성지질의 가수분해를 저하시켰다고 보고하였다.

영양소의 소화를 저해하는 여러 요인 중 식이섬유는 소화에 직접 작용하는 소화효소 활성을 변화시키며⁽⁹⁾, 소장에서 분비되는 효소보다는 췌장에서 분비되는 소화효소에 더욱 영향을 미치는 것으로 보고되고

있다⁽¹⁰⁾. *In vitro*에서 정제된 식이섬유와 고섬유식이원은 α -amylase, lipase, trypsin, chymotrypsin의 활성을 변화시키며⁽¹¹⁻¹⁴⁾ 특히 단백질 분해효소에 대한 영향은 더욱 큰 것으로 보고되고 있다^(13,15). 한편, *in vitro*에서 식이섬유 첨가에 따른 casein 가수분해율의 감소는 식이섬유의 종류에 따라 다르게 나타났으며⁽⁹⁾, 식이섬유의 점성이 높을수록 췌장의 소화효소에 미치는 영향은 크다고 보고되었다⁽¹⁶⁾.

실험은 전보⁽¹⁷⁾에서 당뇨쥐에 사료무게의 50%(w/w) 메밀 식이 급여시 대조군에 비해 메밀군의 변종 고형분량과 질소배설량이 증가된 원인을 규명하기 위해 메밀로부터 추출, 분리한 다당류가 *in vitro*에서 α -amylase, lipase, trypsin과 chymotrypsin의 활성화에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 메밀은 경기도 가평군에서

Corresponding author: Heung-Soo Son, Department of Food Engineering, Ansan Technical College 170 Choji-dong, Ansan, Kyongg-do 425-080, Korea

1993년에 수확한 것을 구입하였으며 날 메밀, 볶은 메밀(110°C, 25분), 찐 메밀(100°C, 1시간)로 나누어 각각 처리한 후 찐 메밀은 실온에서 건조하였다. 각 시료는 분쇄(20 mesh)한 후 실험에 사용하였으며 처리된 메밀의 일반성분 및 시료 제조방법은 전보⁽¹⁷⁾에서와 같다.

다당류의 추출 및 분리

Hellendoorn 등⁽¹⁸⁾의 효소적 가수분해 방법을 이용하여 전보⁽¹⁸⁾에서와 같이 비소화성 잔사를 추출하여 crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, residue 및 저분자 불용성다당(low molecular weight insoluble-polysaccharide: LMI-P)으로 분리하였으며, 수용성 분획은 35 psi 질소 압력하에서 Amicon ultrafiltration kit를 이용하여 분자량 10 KDa 이상의 고분자 가용성 다당류(high molecular weight soluble-polysaccharide: HMS-P)와 10 KDa 이하의 저분자 가용성 다당류(low molecular weight soluble-polysaccharide: LMS-P)로 분리하였다.

본 실험은 메밀에서 추출한 다당 분획 중 저분자 불용성 다당류를 제외한 나머지 다당류를 시료로 사용하였다.

다당류와 소화효소와의 반응

메밀로부터 추출한 다당류와 α -amylase, lipase, trypsin, chymotrypsin과의 반응은 Dunaif 등⁽¹²⁾의 방법을 이용하였다. 즉, 각 다당류를 효소용액에 농도별(0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.0% w/v)로 첨가하여 혼합한 다음 37°C에서 5분간 반응시킨 후 4°C, 2000×g에서 20분간 원심분리하고 상층액의 효소활성을 측정하였다. 메밀에서 추출한 다당류 이외에 상품화된 식이섬유(agar, sodium alginate, carboxymethylcellulose, cellulose, pectin, xylan; Sigma Chem. Co)가 효소활성에 미치는 영향도 측정하였으며, 수화로 점성이 컸던 so-

dium alginate, carboxymethylcellulose, pectin (apple)은 효소와의 반응농도를 0.5%(w/v)로 하였으며 이들 이외의 식이섬유는 효소와의 반응농도를 1.0%(w/v)로 하였다. 상품화된 식이섬유와 메밀 다당류가 소화효소의 활성에 미치는 영향은 효소와 기질을 반응시킨 대조군 값을 기준으로 하였을 때 상품화된 식이섬유와 메밀 다당류를 첨가하여 효소를 반응시킨 후 남아 있는 효소활성으로 나타내었다. α -Amylase와 lipase는 buffer에 각각 25 μ g/ml, 50 μ g/ml 용해시켰으며, trypsin과 chymotrypsin은 0.001 N HCl 용액에 각각 48 μ g/ml, 400 μ g/ml 용해시켰다.

소화효소활성 측정

소화효소는 trypsin (porcine pancreas, 1000-2000 BAEE units/mg solid, Sigma Chem. Co), chymotrypsin (bovine pancreas, 42 unit/mg solid, Sigma Chem. Co), α -amylase (porcine pancreas, 28 unit/mg solid, Sigma Chem. Co), lipase (porcine pancreas, 11 unit/mg solid, Sigma Chem. Co)를 사용하였으며, trypsin은 Erlanger 등의 방법⁽²⁰⁾, chymotrypsin은 Erlanger 등의 방법⁽²¹⁾, α -amylase는 Pesce 등의 방법⁽²²⁾, lipase는 Shihabi 등의 방법⁽²³⁾으로 각각 측정하였으며, 효소의 기질은 각각 N-benzoyl-D,L-arginine-p-nitroanilide (BAPNA, Sigma Chem. Co), N-glutaryl-L-phenylalanine-p-nitroanilide (GPPNA, Sigma Chem. Co), soluble starch (Sigma Chem. Co), olive oil (Sigma Chem. Co)을 사용하였다.

결과 및 고찰

상품화된 식이섬유가 소화효소 활성에 미치는 영향

*In vitro*에서 상품화된 식이섬유가 소화효소 활성에 미치는 영향은 Table 1과 같다. 상품화된 식이섬유는 모두 trypsin과 α -amylase의 활성을 감소시켰는데 lig-

Table 1. Effect of commercial indigestible polysaccharides on the activities of digestive enzymes

Polysaccharides	Remaining enzyme activity (% , w/v)			
	Trypsin	Chymotrypsin	α -Amylase	Lipase
	BAPNA	GPPNA	Soluble starch	Olive oil
Agar	61	12	96	>100
Alginate · Na ¹⁾	73	>100	74	42
Carboxyl-methylcellulose ¹⁾	77	>100	73	38
Cellulose	83	92	66	62
Lignin	4	74	57	
Pectin ¹⁾	85	49	58	>100
Xylan	55	38	79	77

¹⁾0.5%(w/v) polysaccharide to enzyme

nin에 의한 활성 감소가 각각 96, 43%로 가장 크게 나타났다. Chymotrypsin의 활성은 agar에 의하여 88% 감소되었으며, carboxymethylcellulose와 sodium alginate에 의해서는 약간 증가되었다. Lipase 활성은 0.5% carboxymethylcellulose에서 62% 감소되었으며, agar와 pectin에 의해서는 약간 증가하였다.

본 실험의 결과에 의하면 *in vitro*에서 식이섬유가 소화효소 활성에 미치는 영향은 식이섬유의 종류에 따라 다르게 나타났다. Chymotrypsin의 활성을 증가시킨 sodium alginate와 carboxymethylcellulose, lipase 활성을 증가시킨 agar와 pectin은 모두 수용성 식이섬유이며 그 중 sodium alginate와 carboxymethylcellulose는 점성이 큰 식이섬유이다. 반면 trypsin, chymotrypsin, α -amylase, lipase의 활성을 감소시킨 cellulose, lignin, xylan은 모두 불용성 식이섬유이다. 따라서 식이섬유가 소화효소의 활성에 미치는 영향은 식이섬유의 용해도 및 점성에 따라 다른 것으로 생각된다.

한편, Ikeda⁽¹²⁾는 다당류에 의한 활성소는 효소와 다당류의 비특이적인 흡착반응에 의한 것이라고 보고하였다. 그런데 본 실험에서는 효소와 식이섬유의 반응액에서 식이섬유를 제거하지 않고 기질과 반응시켰기 때문에 식이섬유는 효소 뿐만 아니라 기질과도 반응할 수 있으리라 생각된다. Moron 등⁽¹⁵⁾의 보고에 의하면 trypsin의 기질로 이용된 casein이나 BApNA(합성 기질)는 당근에서 추출한 식이섬유와 강하게 결합하여 trypsin의 활성을 저해하였다고 한다. 이상과 같은 보고들을 고려해 볼때 본 실험에서 사용된 식이섬유도 효소뿐만아니라 기질과도 반응하여 효소활성에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

한편, Dunaif 등⁽¹²⁾은 *in vitro*에서 비정제 식이섬유원(alfalfa, oat bran, wheat bran)과 정제 식이섬유(pectin, cellulose, xylan)가 인체내 췌장소화효소 활성에 미치는 영향에 관한 연구에서 이들 식이섬유 중 pectin만이 소화효소의 활성을 증가시켰으며 정제되지 않은 것보다 정제된 식이섬유의 영향이 크다고 하였다. 그러나 Dutta 등⁽⁶⁾은 wheat bran, pectin, cellulose를 효소액과 농도별로 반응시켰을 때 wheat bran과 pectin은 농도 증가와 비례하여 효소 활성을 감소시켰으나 cellulose는 효소 활성에 영향을 미치지 않았다고 하였다. Ikeda 등⁽¹⁴⁾의 연구에 의하면 여러 정제된 식이섬유들이 trypsin과 chymotrypsin 활성을 감소시켰으나 glucuronic acid는 α -amylase 활성에는 영향을 미치지 않았으며 apple pectin, sodium alginate, yeast mannan, cellulose는 steapsin의 활성을 증가시켰다고 보고하였다. 이와 같이 *in vitro*의 여러 연구들에서 식이섬유가 소

화효소의 활성에 미치는 영향이 각기 다르게 보고되는 것은 다당류-효소의 반응 방법 및 실험에 사용된 기질과 효소원의 차이 때문인 것으로 보고되기도 하였다⁽¹¹⁾.

메일의 비소화성 다당류가 소화효소 활성에 미치는 영향

메일로부터 추출한 비소화성 다당류 분획이 trypsin과 chymotrypsin 활성에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다. 메일 다당류의 첨가량에 비례하여 소화효소의 활성은 감소되었지만 메일의 처리 방법에 따라서는 일정한 경향을 나타내지는 않았다. Trypsin 활성은 쥘 메일의 crude hemicellulose와 alcohol-insoluble hemicellulose를 2% 첨가하였을 때 각각 77, 76% 감소되었다. 날 메일의 residue는 1% 첨가시 trypsin 활성을 93% 감소시켰다. Chymotrypsin 활성은 alcohol-insoluble hemicellulose와 residue에서 현저하게 감소하였으며 볶은 메일의 residue를 2% 첨가하였을 때 87% 감소되었다.

메일로부터 추출한 비소화성 다당류 분획이 α -amylase와 lipase의 활성에 미치는 영향은 Fig. 2와 같다. α -Amylase 활성은 crude hemicellulose보다 alcohol-insoluble hemicellulose와 residue 첨가시 크게 감소되었으며, 날 메일의 alcohol-insoluble hemicellulose를 2% 첨가했을 때 50% 감소되었다. Lipase 활성은 crude hemicellulose와 alcohol-insoluble hemicellulose

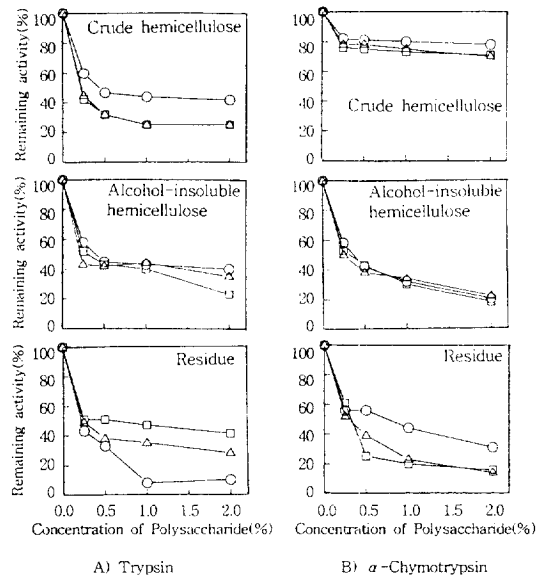


Fig. 1. Effects of various indigestible polysaccharides on the trypsin and α -chymotrypsin activity ○—○: Raw buckwheat, ∇ — ∇ : Roast buckwheat, \square — \square : Steamed buckwheat

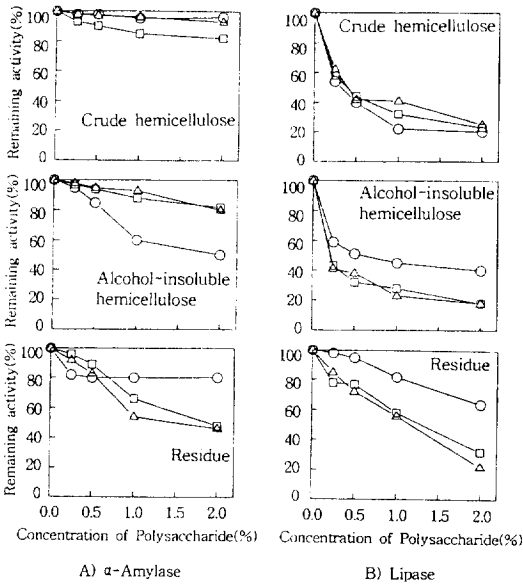


Fig. 2. Effects of various indigestible polysaccharides on the α -amylase and lipase activity ○—○: Raw buckwheat, ▽—▽: Roast buckwheat, □—□: Steamed buckwheat

에서 유사한 수준이었으며, 볶은 메밀의 residue를 2% 첨가시 lipase 활성은 73% 감소되었다. 따라서 trypsin과 lipase 활성은 모든 비소화성 다당류와 반응시켰을 때 유사하게 감소되었으며, chymotrypsin은 alcohol-insoluble hemicellulose와 residue에서 현저하게 감소하는 경향이었고, α -amylase의 경우는 다당류가 trypsin, lipase, chymotrypsin의 활성에 미치는 영향보다 적게 나타났다.

Ikeda 등⁽¹⁴⁾은 메밀의 수용성 hemicellulose 5 mg을 trypsin 효소용액에 반응시켰을 때 trypsin 활성은 90% 이상 감소되었고, glucuronic acid, carboxymethylcellulose sodium salt, galacturonic acid, lemon pectin, sodium alginate, apple pectin, inulin, cellulose powder, yeast mannan, agar, xylan에 의한 trypsin 활성 감소율은 이보다 적게 나타난 것으로 보고하였다. 본 실험에서도 이와 마찬가지로 메밀에서 추출한 다당류가 상품화된식이섬유보다 소화효소의 활성에 미치는 영향은 큰 경향을 보였다. 한편, 메밀 시료의 조리 방법에 따라 추출된 다당류가 효소활성에 미치는 영향은 일정하지 않았는데 이는 다당류에 포함되어 있는 성분들의 함량 차이에 의한 것으로 생각된다.

메밀의 가용성 다당류가 소화효소 활성에 미치는 영향

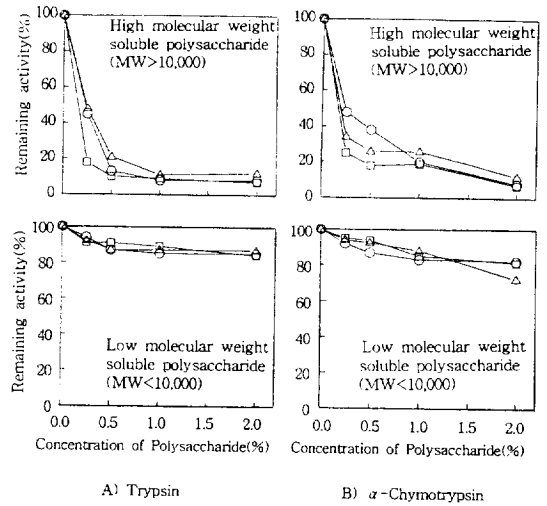


Fig. 3. Effects of various soluble polysaccharides on the trypsin and α -chymotrypsin activity ○—○: Raw buckwheat, ▽—▽: Roast buckwheat, □—□: Steamed buckwheat

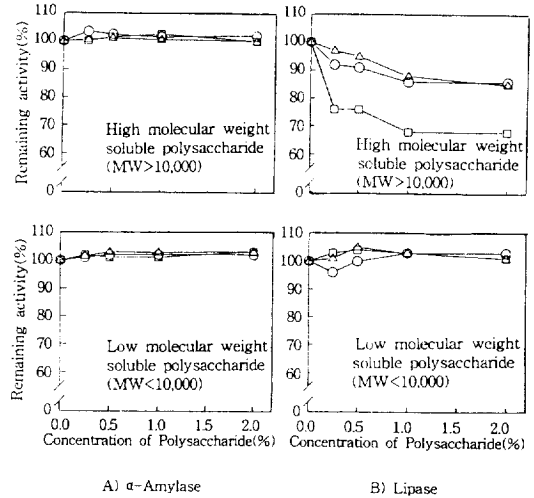


Fig. 4. Effects of various soluble polysaccharides on the α -amylase and lipase activity ○—○: Raw buckwheat, ▽—▽: Roast buckwheat, □—□: Steamed buckwheat

메밀로부터 추출한 가용성 다당류가 trypsin과 chymotrypsin 활성에 미치는 영향은 Fig. 3과 같다. Trypsin 활성은 메밀 처리 방법에 관계없이 고분자 가용성 다당류에서는 첨가 농도에 따라 현저히 감소되어 2% 첨가시 90-95% 감소되었으나, 저분자 가용성 다당류에서는 10-16% 감소되었다. Chymotrypsin 활성도 trypsin과 유사한 경향이었으며 고분자 가용성 다당류를 2% 첨가시 75-83% 감소되었으며 저분자 가용성

다당류에서는 5-19% 감소되었다.

메밀로부터 추출한 가용성 다당류가 α -amylase와 lipase 활성에 미치는 영향은 Fig. 4와 같다. α -Amylase 활성은 고분자 가용성 다당류와 저분자 가용성 다당류에 의하여 영향을 받지 않았다. Lipase 활성은 낱 메밀의 고분자 가용성 다당류를 2% 첨가했을 때 31% 감소되었으며, 저분자 가용성 다당류는 lipase 활성에 영향을 미치지 않았다.

본 실험에서는 메밀로부터 추출한 다당류 분획 중 분자량 10 KDa 이하의 저분자 가용성 다당류를 제외한 모든 다당류 분획이 소화효소의 활성을 감소시켰으며, 소화효소 중 단백질 가수분해 효소인 trypsin과 chymotrypsin의 활성을 현저하게 감소시켰다.

한편, 고분자 가용성 다당류가 trypsin, chymotrypsin 및 lipase의 활성에 미친 영향은 이 분획에 함유되어 있는 분자량 10 KDa 이상의 가용성 물질에 의한 것으로 생각된다. 고분자 가용성 다당류의 성분 중 소화효소의 활성에 영향을 미칠 수 있는 물질로는 고분자량 polyphenol 화합물인 탄닌을 생각할 수 있다. 탄닌은 인체내 소화효소 활성을 저해하는 것으로 보고되었으며^(24,25), Durkee에 의하면 메밀의 가용성 추출액에 일반 곡류와는 다른 종류인 flavan-3,4-diol과 수용성 축합 탄닌이 함유되어 있으며⁽²⁶⁾, 메밀에 함유되어 있는 탄닌은 조리하거나 가공된 식품에서도 제거되지 않는다고 보고되었다⁽²⁷⁾.

메밀의 전보⁽¹⁸⁾에서 가용성 다당 분획의 당함량은 20~26%, 조단백질 함량이 12~15%로 주요 구성당은 glucose인 것으로 확인되었다. 따라서 메밀로부터 추출한 가용성 다당 분획의 어떤 물질이 소화효소의 활성에 영향을 미쳤는지 확인해 보기위한 연구가 필요하다고 생각된다.

소화관으로 소화효소가 계속 공급되는 인체내의 상황과 *in vitro*의 결과를 직접적으로 설명하기에는 많은 연구가 필요하지만 여러 *in vivo*의 실험에서 식이섬유가 효소활성을 억제함으로써 체장의 소화효소 활성 및 분비에 영향을 미친다고 보고되었다^(10,13,25). *In vivo* 실험에서 비소화성 다당류 섭취시 체장의 소화효소 분비가 증가하는 것은 단기적인 식이섬유 섭취에 의한 것이라기 보다는 장기적인 섭취에 의해 영양소의 소화, 흡수가 감소되어 발생하는 적응반응으로서, 이는 대사적으로 활성이 없는 식이섬유가 여러가지 다른 기작으로 체장의 외부기능에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다⁽¹⁰⁾. 식이섬유에 의한 체장 소화효소 분비의 적응기작에 대해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료되며, 본 실험에서 메밀로부터 추출한

다당류는 소화효소 특히, 단백질 분해효소의 활성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

요 약

메밀(낱 메밀, 볶은 메밀, 찐 메밀)에서 추출, 분리한 crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, residue 및 고분자 가용성 다당류(분자량 10 KDa 이상)와 저분자 가용성 다당류(분자량 10 KDa 이하)가 *in vitro*에서 체장의 소화효소 활성에 미치는 영향을 조사하였다. 다당류-효소액을 37°C에서 5분간 반응시킨 후 다당류를 제거하고 여액의 소화효소 활성을 측정함으로써 다당류가 소화효소의 활성에 미치는 영향을 조사하였다. 메밀의 crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, residue는 α -amylase 활성을 저하시켰으며, 고분자 수용성 다당류와 저분자 수용성 다당류는 α -amylase 활성을 저해하지 않았다. 또한, 저분자 수용성다당류를 제외한 모든 다당류는 lipase의 활성을 감소시켰다. Crude hemicellulose, alcohol-insoluble hemicellulose, residue와 고분자 수용성 다당류는 trypsin과 chymotrypsin 활성을 현저히 저하시켰으나 저분자 수용성 다당류는 이들의 활성을 약간 감소시키는 것으로 나타났다.

문 헌

1. Anderson, J.W. and Lin Chen, W.J.: Plant fiber. Carbohydrate and lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 346 (1979)
2. Kaneko, K., Nishida, K., Yatsuda, J., Osa, S. and Koike, G.: Effect of fiber on protein, fat and calcium digestibilities and fecal cholesterol excretion. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **32**, 317 (1986)
3. Ink, S.L. and Hunt, H.D.: Nutritional implications of gums. *Food Technology*, Jan., 77 (1989)
4. Tinker, L.F. and Schneeman, B.O.: The effects of guar gum or wheat bran on the disappearance of ¹⁴C-labeled starch from the rat gastrointestinal tract. *J. Nutr.*, **119**, 403 (1989)
5. Kelsay, J.L., Behall, K.M. and Prather, E.S.: Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. I. Bowel transit time, number of defecations, fecal weight, urinary excretions of energy and nitrogen and apparent digestibilities of energy, nitrogen, fat. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, 1:49 (1978)
6. Dutta, S.K. and Hlasko, J.: Dietary fiber in pancreatic disease: Effect of high fiber diet on fat malabsorption in pancreatic insufficiency and *in vitro* study of the interaction of dietary fiber with pancreatic enzymes. *Am. J. Clin. Nutr.*, **41**, 517 (1985)
7. Shah, N., Atallah, M.T., Mahoney, R.R. and Pellet, P.L.:

- Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats. *J. Nutr.*, **112**, 658 (1982)
8. Borel, P., Lairon, D., Senft, M., Chutan, M. and Lafont, H.: Effect on digestion and intestinal absorption of dietary lipids in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, **49**, 1192 (1989)
 9. Spiller, G.A.: *CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*. 2nd ed., CRC Press, Tokyo, p.377 (1993)
 10. Stock-Damge, C., Aprahamian, M., Raul, F., Humbert, W. and Bouchet, P.: Effect of wheat bran on the exocrine pancreas and the small intestinal mucosa in the dog. *J. Nutr.*, **114**, 1076 (1984)
 11. Schneeman, B.O.: Effect of plant fiber on lipase, trypsin and chymotrypsin activity. *J. Food Sci.*, **43**, 634 (1978)
 12. Dunaif, G. and Schneeman, B.O.: The effect of dietary fiber on human pancreatic enzyme activity *in vitro*. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1034 (1981)
 13. Shah, N., Mahoney, R.R. and Pellett, P.L.: Effect of guar gum, lignin and pectin on proteolytic enzyme levels in the gastrointestinal tract of the rat : A time-based study. *J. Nutr.*, **116**, 786 (1986)
 14. Ikeda, K. and Kusano, T.: *In vitro* inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem.*, **60**, 260 (1983)
 15. Moron, D., Melito, C. and Tovar, J.: Effect of indigestible residue from foodstuffs on trypsin and pancreatic α -amylase activity *in vitro*. *J. Sci. Food Agric.*, **47**, 171 (1989)
 16. Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E. and Innami, S.: Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.*, **120**, 353 (1990)
 17. 이정선, 손홍수, 맹영선, 장유경, 주진순 : 메밀급여가 streptozotocin 유발 당위의 장기무게 및 당질과 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **27**, 819 (1994)
 18. 이정선, 라경수, 손홍수 : 메밀로부터 다당추출 및 성분당 분석. *한국식품과학회지*, **27**, (1995)
 19. Hellendoorn, E.W., Hoordhoff, M.G. and Slagman, J.: Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fiber) content of human food. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1461 (1975)
 20. Erlanger, B.F., Kokowsky, N. and Cohen, W.: The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Arch. Biochem. Biophys.*, **95**, 271 (1961)
 21. Erlanger, B.F., Edel, F. and Cooper, A.G.: The action of chymotrypsin on two new chromogenic substrates. *Arch. Biochem. Biophys.*, **115**, 206 (1966)
 22. Pesce, A.J. and Kaplan, L.A.: *Methods in Clinical Chemistry*. The C.V. Mosby Company, Toronto, p.820 (1987)
 23. Shihabi, Z.K. and Bishop, C.: Simplified turbidimetric assay for lipase activity. *Clin. Chem.*, **17**, 1150 (1971)
 24. Griffiths, D.W.: The inhibition of digestive enzymes by extracts of field bean (*Vicia faba*). *J. Sci. Food Agric.*, **30**, 458 (1979)
 25. Tamir, M. and Alumot, E.: Inhibition of digestive enzymes by condensed tannins from green and ripe carobs. *J. Sci. Food Agric.*, **20**, 199 (1969)
 26. Durkee, A.B.: Polyphenols of the bran-aleurone fraction of buckwheat seed (*Fagopyrum sagittatum*, *Gilib*). *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 286 (1977)
 27. Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusano, T. and Yasumoto, K.: Endogenous factor affecting protein digestibility in buckwheat. *Cereal Chem.*, **68**, 424 (1991)

(1995년 7월 10일 접수)