

점미, 백미, 흑미 세포벽의 비전분성 다당류의 성분분석

Non-Starch Polysaccharides of Cell Walls in Glutinous Rice, Rice and Black Rice

경원대학교 식품영양학과

교수 장정옥
류화정

오사카 부립대학 식보전학과

교수 大谷 貴美子
이온구

Department of Food and Nutrition, Kyung Won University

Professor : Chang Jeong Ok
Ryu Hwa Jeong

Faculty of Human Environment, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan

Professor : Kimiko Othani
Lee On Ku

◀ 목 차 ▶

I. 서론

II. 재료 및 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 요약

참고문헌

< Abstract >

The non-starch polysaccharides in the cell wall of rice, glutinous rice, and black rice, were analyzed. They were fractionated into fractions; water-soluble, hot water-soluble, ammonium oxalate-soluble, sodium hydroxide-soluble, potassium hydroxide-soluble, and the alkali-insoluble, according to the solvent solubility. The dietary fiber contents were 5.4% in glutinous rice, 4.2% in rice and 7.5% in black rice. The sodium hydroxide soluble fibers were abundant in each kind of rice, especially 4.01% in black rice. The water soluble fibers were 80% of dietary fiber in glutinous rice, 66% in rice, 86% in black rice. It was supposed that the content of the water soluble fibers in rice was increased by pounding. Pectic substances in water soluble fibers, hot water soluble fibers, and ammonium oxalate soluble fibers fraction, were 2.4% in glutinous rice fraction, 1.59% in rice, and 1.12% in black rice. Alkali soluble fibers were considered as hemicellulose. Black rice contained 5.80% of hemicellulose, which was more than twice as much as glutinous rice(2.58%) and rice(2.22%). Alkali insoluble fibers were considered as cellulose, which showed no considerable difference. Among samples content of uronic acid in glutinous rice, rice and black rice were 0.9%, 0.66%, 1.8%

respectively. Uronic acid of black rice was twice more than other samples tested. The fraction of black rice that uronic acid was extracted at most was the fraction of sodium hydroxide. Mono saccharides of the fraction was the glucose, the arabinose, the xylose.

주제어(Key Words): 비전분성 다당류(non-starch polysaccharides), 찰미(glutinous rice), 흑미(black rice), 백미(rice), 세포벽(cell walls)

I. 서론

현대는 과학문명이 최고도로 발달되어 있고 그에 따른 부작용으로 환경공해, 스트레스, 가공식품 등으로 인한 여러 가지 성인병이 대두되면서 많은 사람들이 질병을 식이로서 예방하고 치료의 보조수단으로서 사용하고자 하는 경향이 높아지고 있다. 따라서 건강 지향적 식품섭취에 대한 요구가 증가함에 따라서 건강증진, 질병예방 및 치유에 기여할 수 있는 기능성 식품이 선호되고 있다¹⁾.

기능성 식품은 매우 다양하게 발굴되어지고 개발되어지고 있는데 그 중에서 흑색식품은 천연적 색소, 향기, 맛을 가지고 있으며 인체의 면역기능 향상, 질병의 예방과 치료에 보조식품 효능이 있다고 알려져 있다²⁾.

흑색식품 중 우리가 주식으로 하는 밥에 이용할 수 있는 것으로 흑미로 불리워지고 있는 특수미를 들 수 있다.

특수미는 흑미, 적미, 홍향미로 구분되며 산지와 종류에 따라 여러 종류가 유통되고 있다³⁾.

흑미를 이용한 산업으로는 미국에서 소개되고 있는 흑미푸딩, 일본에서 시도되고있는 흑미맥주, 흑미우동, 흑미간장 등 상품개발과 색소를 이용한 산업, 그리고 전보¹⁾의 케이크가공적성연구에서 보여 주었듯이 케이크나 각종식품에 분말로서 첨가하는 방법들이 연구중에 있다.

흑미는 중국의 광둥 운남 지방에 야생되었던 것으로 본초강목에는 흑미가 인체조절기능을 개선시키고 면역기능을 강화하며 질병예방에 효과가 있다고 알려져 있다⁴⁾. 흑미에 대한 연구에는 많은 부분이 색소에 관한 연구로서 자색의 흑미는 안토시아닌계통의 cyanidin-3-glucoside가 주로 포함되고 있는 것으로 알려져 있고³⁾ 이 색소가 혈관노화방지, 혈압

강화에 효과가 있는 것^{5,6)}으로 알려져 있고 자외선 차단 화장품 소재 등에 연구가 행해지고 있으며¹⁾ 색소를 이용한 유색미 식혜도 보고되고 있다.⁷⁾

흑미는 백미에 비하여 저장성도 강한것으로 보고되는데 이것도 안토시아닌계의 색소의 항산화효과에 기인하는 것으로 알려져 있다.⁸⁾

또 다른 연구는 흑미의 영양성분과 식이섬유함량에 대한 보고를 들 수 있는데 Wang 등⁹⁾에 의한 중국산흑미와 일반현미의 식이섬유 연구에서 흑미의 식이섬유가 현저히 높았음이 보고되고 있고 무기질함량도 흑미가 일반현미보다 현저히 높으며 비타민 B₁, B₂, 단백질 및 지방도 높은 값을 지니고 있음이 보고되고 있다¹⁰⁾.

고식이섬유의 식사는 고혈압과 유방암의 발생위험을 낮춘다고 알려져 있고¹¹⁾, Kahlon 등¹²⁾은 햄스터에서 쌀겨를 섭취시켜 콜레스테롤 저하효과를 명확히 보여주고 있고 Hong 등¹³⁾은 가용성 식이섬유가 Plasma LDL Cholesterol 수치를 낮추는 효과를 보고하였다¹¹⁾. Carol¹⁴⁾의 보고에서는 sugar beet fiber 섭취 쥐의 liver triglyceride 농도저하, 총 serum cholesterol 수치저하가 나타남을 보고하였다.

Kim 등¹⁵⁾은 식이섬유 첨가 증편의 저장중 관능 특성의 품질개선을 보고하고 있고 Kim¹⁶⁾등 당근잔 사물을 식이섬유로하여 케이크에 첨가하여 관능의 차이는 없이 5%첨가군에서 경도가 낮아지는 것을 보고하고 있다.

기능성식품으로 흑미는 지금까지의 연구로 보아 색소부분의 연구는 보고된 것들이 있지만 식이섬유부분의 연구는 미비하여 본 연구에서는 흑미의 식이섬유함유량이 많다는 보고를 기초로하여 통상 가식하는 도정도를 기준으로 흑미(현미)의 non-starch 부분을 찰미(9분 도미), 백미(7분 도미)와 비교하여

세포벽의 용출 용매에 따른 분획을 분리동정하고 식이섬유소로서의 영양성을 평가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 및 시약

농촌진흥청과 농협으로부터 추청 일반벼(백미, 7분 도미, rice, 1998), 동진찰벼(점미, 9분 도미, glutinous rice, 이하 GL Rice, 1998), 길립 흑미(흑미, 현미, black rice, 이하 BL Rice, 1998)를 구입하여 냉

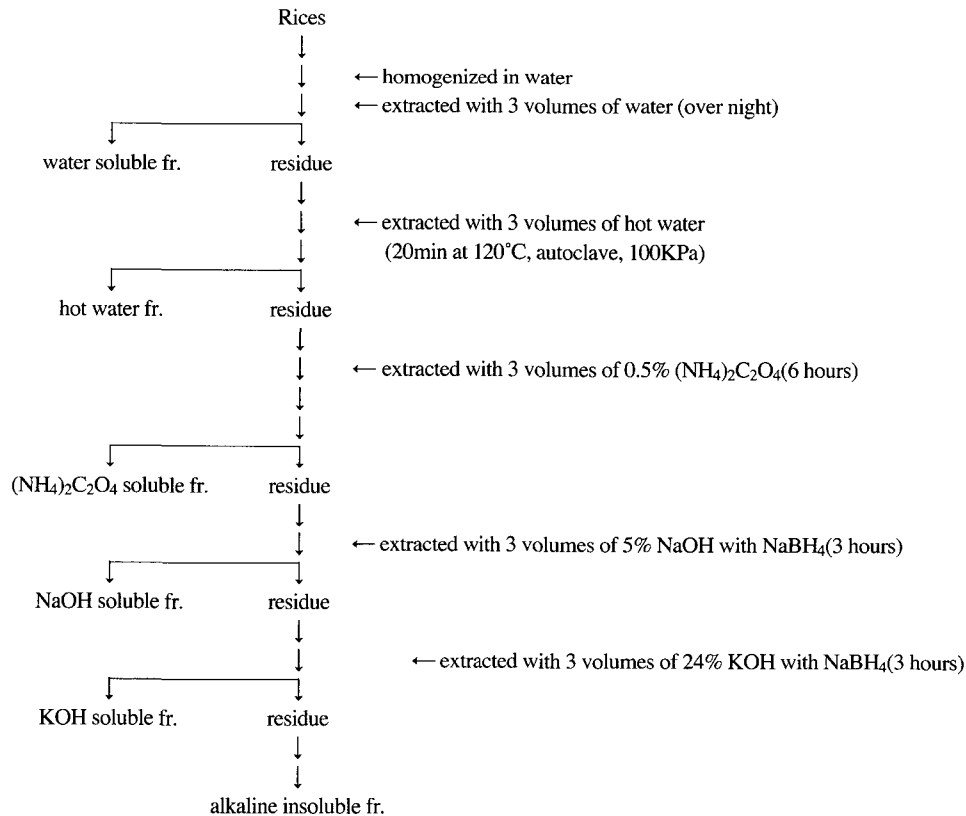
동보관하면서 실험하였다.

α -amylase(B.subtilis)는 Kochlight사제(B.No00116D, free from invertase) 등 기타시약은 모두 특급을 사용했다.

GC(Shimadzu)는 GC-9A, Column은 JW & Scientific사의 DB-225(15m×0.25mm)을 사용하여 polysaccharide 분석을 위하여 190°C 정온으로 분석하였다.

2. 비전분성다당의 추출

(Fig. 1)처럼 시료를 증류수 중에 분쇄하여 3배용량의 증류수로 1회 처리하여 수가용성 다당을 추출



<Fig. 1> Fractionation of polysaccharides of rices by successive extractions with various solvents

했다. 추출잔사는 3배의 열수, 0.5% 옥살산암모늄, 5% 수산화나트륨, 24% 수산화칼슘을 사용하여 차례로 다당을 추출획분했다.

알칼리추출을 행할때 다당의 알칼리분해를 방지하기 위하여 질소기류와 붕소화수소나트륨 존재하에서 추출을 행했다. 각 추출액은 중화하고 농축하여 농축액을 3배용량의 에탄올을 가하여 당을 침전시켰다.

침전한 다당은 분석을 행하고 진분을 함유한 것은 α -amylase로 반응시켜 진분을 분해, 제거하였다. 각 분획은 동결건조하여 시료로 사용하였다¹⁷⁻¹⁹.

3. 수가용 (water soluble) 성다당의 정제

수가용성다당은 Sephadex G칼럼(2.6×76cm)으로 정제를 행하였다.

겔여과는 유출용매에 10mM EDTA를 함유한 pH4.5의 0.05M 초산완충액을 사용하고 이온교환칼럼 크로마토그래피는 pH6.0의 0.05M 인산완충액을 사용하고 NaCl로 농도법 (0-5M)로 다당분획정제를 행하였다⁽¹⁷⁻¹⁹⁾.

4. 열수가용성 (hot water soluble) 다당의 정제

열수가용성다당 50mg을 10mM EDTA를 함유한 pH4.5의 0.05M 초산완충용액으로 용해시켜 완충액에 평형화시킨 Sephrose 6B 칼럼(2.9×80cm)으로 다당분해를 행하였다.

겔여과 분획된 다당은 0.05M 인산완충용액으로 pH6.0으로 평형화 후, DEAE Sephadex A-25(1.8×20cm) 칼럼으로 투석하고 NaCl의 농도를 0M부터 0.5M까지 단계적으로 상승시켜 다당용출을 행하였다.

수산화암모늄가용성다당은 0.5% 수산화암모늄용액에 용해시킨후 Cellulofine GCL-100(2.0×60cm)칼럼으로 분획을 행하였다¹⁷⁻¹⁹.

5. 알칼리가용 (alkalisoluble) 및 알칼리불용 (alkali-insoluble) 의 당

수산화암모늄 추출잔사로부터 3배용량의 5% 수산화

나트륨, 24% 수산화칼륨, 90% 디메틸 sulfoxide에 다당을 순차추출분획하였다.

다당의 알칼리분해를 방지하기위해 질소기류하, NaBH₄(붕소화수소나트륨) 존재 하에 행했다. 각 추출액은 초산으로 중화 후 농축하고 3배용량의 에탄올을 가해 다당침전물로서 분획했다¹⁷⁻¹⁹.

6. 당의 분석

Paper chromatography는 동양여지 No. 54으로 전개용매는 1-butanol, pyridine, 물을 6:4:3(v:v:v)으로 하였고 당의 발색은 초산은시약을 사용했다.

전당량은 Dubois의 페놀시안법¹⁹을 사용하여 산출하였다.

구성당은 시료를 2N 트리플루오르초산으로 100°C에 6시간 가수분해 후, NaBH₄으로 환원당을 alditol화한 후 피리딘과 무수초산으로 아세틸화한 후 GC-MS분석을 행하였다.

백미의 동정은 백미를 함유한 다당을 Taylor 등³⁹의 방법으로 환원하고 중화 후 구성당의 분석에 준해서 행하였다.

III. 결과 및 고찰

각각의 용매에 추출된 획분의 함량이 <Table 1>에 제시되어있고 각각의 용매에 따라 추출된 함량을 막대그래프로 표시한 것이 Fig. 2이다. Fig. 3은 종류별 쌀에 대해서 각종 용매추출획분을 나타내고 있다.

식이섬유는 FDA에서는 heart disease preventing에 critical role이 있다고 보고하고 어린이에게는 비만방지, 콜레스테롤 방지효과가 있음을 보고하여 미국에서의 총 하루 섭취량이 현재 8~10g이나 앞으로 25~30g/day로 권장²¹)하고 있다.

Ranhotra 등²²)에 의하면 80여종의 곡류(또는 곡물)의 섬유소 함량조사보고에서 대체로 white bread 2.57~2.99(%)를 보여주고 백미는 1.25%, 백미(조리된 상태)는 0.71%의 함량을 보고하고 있다²²).

Nelson²³)의 조사에서는 건물중 당함량으로 환산

<Table 1> Yields of non-starch polysaccharides of cell wall of rices.

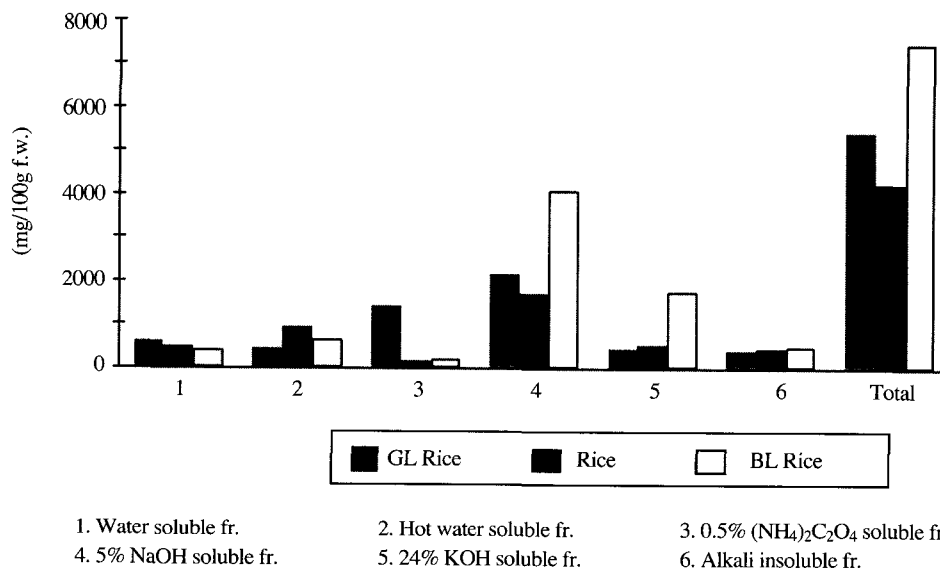
(mg%, ()는 %백분율)

Fraction	GL Rice ¹⁾	Rice ²⁾	BL Rice ³⁾
Water soluble fr.	606(11.2)±11.0	491(11.6)±6	378(5.1)±3
Hot water soluble fr.	434(8.1)±9.0	913(21.6)±8	650(8.7)±4
0.5% (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	1400(25.9)±21	154(3.7)±2	171(2.3)±1
5% NaOH soluble fr.	2163(40.1)±27	1713(40.6)±13	4063(54.4)±11
24% KOH soluble fr.	416(7.7)±6	504(12.0)±4	1750(23.4)±10
Alkali insoluble fr.	376(7.0)±3	443(10.5)±2	456(6.1)±5
Total	5395±29(100)	4218±12(100)	7468±14(100)

1) GL Rice : Glutinous rice

2) BL Rice : Black rice

3) Values are mean ± SE



<Fig. 2> Yields of non-starch cell wall polysaccharides according to fraction type.

하여 호밀에서 38.4%, 중간겨 23.8%, Flour 8.4%의 함량을 보고하고 있다. 이 연구로 보아 식이섬유는 외피에 60% 이상이 포함된 것으로 볼 수 있다¹⁸⁾.

<Table 1>의 식이섬유소 총추출함량을 %로 환산하면 점미 5.4%, 백미 4.2%, 흑미 7.5%로서 쌀로서는 Ranhotra²²⁾, Sandra²⁴⁾의 보고보다 높고 특히 흑미는 섬유소함유량이 많음을 알 수 있다. 일본 곡립이나 현미의 탄수화물 내의 섬유소 부분은 1.0%이고 식물섬유의 당질부분은 3.4%로 보고³⁸⁾하고 있어

본 연구와 유사하였다. 본 연구의 식이섬유는 헤미셀룰로스 대부분과 검, 펙틴, 아가로펙틴, 아르긴산, 가라킨산, 키친 포함한 당질과 섬유소로서의 셀룰로스, 헤미셀룰로스 일부, 리그닌산이 포함²⁰⁾되어 단순한 섬유소 함량 측정보다는 높게 나타났다. 흑미의 섬유소 함유량이 높은 것은 Wang 등⁹⁾의 연구와 일치하였다.

<Fig. 2>에서 용매별 추출함량은 알칼리가용분 추출획분이 대체적으로 높은것을 볼 수 있다.

수가용성부분은 백미가 흑미의 약 2배량 용출되었고 열수가용성부분에서는 흑미가 백미의 약 1.5배량 용출되는 것을 보여준다. 이것은 가열조리시 세포간 존재하는 다당이 가열 매체인 물에 쉽게 용출되는 것을 나타낸다. 수산암모늄염 용출에서 점미가 백미, 흑미에 비해 월등히 용출되었는데 이는 가열매체에 있는 각종 염, 산, 서당 등이 폴리갈락트로난의 에스테르화에 변화를 일으켜 다당의 겔화, 가열매체의 가용화에 영향을 주는 것으로 보고한 Oh등²¹⁾의 보고로 미루어 염에 쉽게 작용을 받는 pectic substances가 많이 용출되는 것으로 보여진다.

특별히 흑미는 NaOH, KOH 용출함량이 백미의 2배량, 점미의 1.5배량을 보여주고 있는데 흑미의 세포벽 조성이 백미, 점미에 비해서 견고함을 볼 수 있다.

조리시 세포벽의 약한 부분으로부터 amylose가 용출되어 그것이 세포간에 존재하는 다른 다당과 수소결합하여 세포간의 점착성을 높인다는 보고²⁶⁾로 미루어 밥을 했을때의 흑미는 점착성이 떨어질 것으로 사료된다.

식이섬유소의 insoluble fraction이 soluble fraction보다 입자크기가 훨씬 크고 cellulase의 효과가 입자크기에 따라 분명하게 나타나며, soluble fraction이 많은 기공을 가지고 있다²⁷⁾.

또 Swelling capacity(SWC), water binding capacity(WBC)의 수화특성은 식품의 water-soluble fiber에 의해 결정된다²⁸⁾.

수화할 때 fiber구조, 입자크기, 기공, 밀도가 중요한 요인이 된다²⁸⁾.

insoluble fraction은 soluble보다 SWC가 높음을 보여 주며 이는 수분흡수의 운동성의 역할로 보여진다²⁸⁾.

그러나 IDF(insoluble dietary fiber) 가수분해효력을 가지는 것으로도 설명할 수 있다. 그러므로 SWC와 WBC는 부정적인 상관관계를 보인다는 보고가 있다. 이들 보고로 soluble fraction이 많은 백미 쪽이 소화율이 높고 수화시간이 짧고 대신에 흑미는 수화시간이 길고 소화효소 작용이 더디나 WBC는 높은 것으로 사료된다.

식품에서 SDF(soluble dietary fiber)와 IDF(insoluble dietary fiber)는 glucose 분자의 흡수를 지연 또는 저해하는 것으로 보여진다²⁹⁾. 그러므로 식이섬유 함량이 많은 흑미가 glucose 흡수저해로 당뇨 등의 질병에 유익할 것으로 사료된다.

이는 fiber입자의 기공성, 밀도 등이 glucose의 유동을 억제하게 하는 것으로 설명된다.

<Table 2>는 추출용매별 추출함량을 pectic fraction, hemicellulose fraction, alkali insoluble fraction으로 분리하여 나타낸 것이다.

Nilson²³⁾의 연구에서 수가용성분이 아닌 경우 추출용매는 barium hydroxide, potassium hydroxide를 사용하였고, 이 알칼리 가용성분함량이 78~88%를 함유한 것으로 보고하고 있다²³⁾.

Petterson 등³⁰⁾의 연구에서 호밀 섬유소는 13~17%가 보고되어지는데 그 중 60~70%가 수가용성분이 아닌것으로 보고되고 있다. 본 연구에서 수가용성분을 제외하고 용출되는 부분이 점미 80%, 백미 66%, 흑미 86%를 각각 보여주고 있어 Petterson³⁰⁾의

<Table 2> Yields of cell wall polysaccharides according to substances.

(mg/100g f.w.)

Fraction	GL Rice	Rice	BL Rice
Pectic fr. ¹⁾	2400 ± 42	1588 ± 16	1199 ± 8
Hemicellulose fr. ²⁾	2579 ± 33	2217 ± 17	5813 ± 21
Alkali insoluble fr. ³⁾	376 ± 3	443 ± 12	456 ± 5
Total	5395 ± 31	4218 ± 16	7468 ± 12

1) pectic fraction Water soluble fr. Hot water soluble fr. 0.5% (NH₄)₂C₂O₄ soluble fr.

2) hemicellulose fraction 5% NaOH soluble fr. 4% KOH soluble fr.

3) Alkali insoluble fraction

4) Values are mean ± SE

연구결과와 유사한 경향을 나타내고 있다. 수가용성분이 아닌 부분이 점미, 흑미에서 조금 더 높게 나타나는 것으로 볼 수 있는데 이는 백미, 점미는 도정으로 인하여 쉽게 물에 용출되는 부분이 많은 것으로 사료된다.

펙틴이 많은 함량을 보이고 있는 것이 점미의 경우로 나타나는데 호화되어서 질감에 부드러운 영향을 주는 것으로 사료된다.

흑미밥의 texture 보고³¹⁾를 보면 흑미혼용밥의 경도가 흑미의 첨가비율을 높일 때 증가 한것으로 나타났다는데 이는 수가용성분의 용출이 적은것과 수화시간이 길다는 보고로 미루어서 일치하는 경향이다.

시료간에 유의적인 차이를 보이지 않는 부분이 알

칼리불용성분획분으로서 흑미의 수화시간이 긴것으로 나타난 Lee 등³²⁾의 보고에서 도정도의 차이로 고찰하고 있는 부분에서 대부분의 섬유소가 외피에서 많이 보고되는 것으로 보아 도정에 상관없이 cellulose 함량은 백미와 같은함량으로 나타나고 있어 흑미의 수화시간이 긴 것은 도정도보다는 흑미자체의 섬유소 함유량이 높은것에 기인하는 것으로 보여진다.

Hemicellulose 획분은 흑미가 점미의 2.2배, 백미의 2.4배 용출되는 것으로 나타나고 있다.

흑미의 섬유소 함량이 많은 것은 흑미 세포벽에 hemicellulose가 많은 것에 기인하는데 장내에서 영양적으로 유용하게 사용되어질 수 있는 fiber는 cellulose 보다는 분자량이 훨씬 적은 hemicellulose라고 볼때 영

<Table 3> Uronic acid of varieties of rices.¹⁾

(mg/100g f.w.)

Sample	Fraction	uronic acid (%) ²⁾	uronic acid (mg%) ³⁾
GL Rice Fraction extracted	Water soluble fr.	36.8±2.4	218.16±10.02
	Hot Water soluble fr.	36.2±1.8	157.10±5.62
	0.5%(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	12.9±1.1	176.40±7.58
	5% NaOH soluble fr.	12.4±0.9	268.21±13.04
	24% KOH soluble fr.	19.0±2.8	79.04±3.45
	Alkali insoluble fr.	6.8±0.4	25.56±1.12
	total	20.7±3.5	924.47±18.54
Rice Fraction extracted	Water soluble fr.	43.5±2.6	213.58±13.02
	Hot Water soluble fr.	10.7±0.2	97.69±7.98
	0.5%(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	14.7±0.9	22.63±0.98
	5% NaOH soluble fr.	9.9±0.7	169.58±1.01
	24% KOH soluble fr.	24.8±1.4	124.99±14.04
	Alkali insoluble fr.	6.8±0.2	30.12±0.99
	total	18.4±3.1	658.59±14.79
BL Rice Fraction extracted	Water soluble fr.	17.3±2.3	65.39±0.24
	Hot Water soluble fr.	5.7±0.4	37.05±0.17
	0.5%(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	36.6±2.7	62.58±0.18
	5% NaOH soluble fr.	33.7±3.5	1369.23±31.24
	24% KOH soluble fr.	16.5±1.6	288.75±11.04
	Alkali insoluble fr.	6.2±0.9	28.27±0.79
	total	19.3±2.8	1851.27±21.46

1) The amount of uronic acid in each fraction of various rices according to extraction type(Water soluble fr., Hot water soluble fr., 0.5% (NH₄)₂C₂O₄ soluble fr., 5% NaOH soluble fr., 4% KOH soluble fr., alkali insoluble fraction) are presented.

2) The number below(%) shows the proportion(%) of uronic acid in total yields of each soluble fraction.

3) The number below (mg%) shows the uronic acid(mg) exact weight in the each fraction of rice 100g.

4) Values are mean ±SE

Total percentage of uronic acid presented the (uronic acid percentage of) each varieties of rices.

<Table 4> Monosaccharides of each fraction according to kinds of rice (glucose equivalent)

Fraction		Fuc	Rham	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
Water soluble fr.	GL Rice	54.2±0.4	40.1±0.3	60.6±0.9	50.1±1.4	*	48.4±1.4	100
	Rice	24.8±0.2	* ¹⁾	175.8±2.5	71.8±0.9	*	132.9±1.9	100
	BL Rice	14.3±0.9	10.2±0.2	25.7±0.7	16.6±0.3	6.2±0.8	33.7±0.7	100
Hot water soluble fr.	GL Rice	77.3±0.7	57.2±0.4	68.5±0.8	76.5±0.7	35.6±1.4	41.7±0.4	100
	Rice	9.7±0.2	19.7±0.3	17.2±0.7	15.6±0.3	*	*	100
	BL Rice	0.9±0.1	*	0.24±0.1	0.18±0.2	- ²⁾	-	100
0.5% (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	GL Rice	6.6±0.1	*	5.9±0.1	*	*	*	100
	Rice	2.1±0.1	*	1.5±0.1	1.43±0.2	*	*	100
	BL Rice	*	*	26.5±1.4	16.5±0.4	*	8.5±0.2	100
5% NaOH soluble fr.	GL Rice	2.7±0.1	2.7±0.2	3.1±0.2	3.1±0.2	13.2±0.7	*	100
	Rice	*	*	*	*	*	*	100
	BL Rice	*	*	22.3±0.7	16.5±0.7	*	*	100
24% KOH soluble fr.	GL Rice	*	*	*	*	11.7±0.4	-	100
	Rice	*	*	*	*	*	*	100
	BL Rice	*	*	62.6±1.8	53.9±1.4	*	1.57±0.4	100
Alkali insoluble fr.	GL Rice	-	-	*	-	-	-	100
	Rice	*	*	*	*	*	*	100
	BL Rice	-	-	*	*	*	-	100

1) * : trace

2) - : non detected

3) Values are mean ± SE

양화적인 가치를 고려하는 관점에서 흑미는 매우 우수하다고 할 수 있다.

점도가 다른 pectin을 hamster에 섭취시킨 Ebihara 등³³⁾ 보고에 의하면 점도와 콜레스테롤 저하 활성에 상관관계가 있음이 보고되고 있다.

즉, 점도가 높은 hydroxypropyl methyl cellulose 식이 섭취 hamster에서 plasma cholesterol 농도가 낮아졌는데 이는 점도 높은 펙틴이 배변시에 중성 sterols과 담즙산을 흡수하여 cholesterol에 흡수에 관여하기 때문으로 보여진다.

또한 protein 함량이 많은 것이 glucose 흡수방지에 영향을 주었다. 내부구조, 표면특성, 입자, 입자크기 등이 glucose 흡수를 방지한다.

Terpstra 등³⁴⁾은 hamster에 대조 그룹은 cellulose 식이로 하고 pectin에 유효한 효과를 보이는 대조 그룹으로는 psyllium의 식이를 하고 점성이 낮은 non calcium sensitive (ncs-pectin)식이, 점성이 ncs-pectin보

다 80배 높은 calcium sensitive pectin(cs-pectin)식이로 섭취시켜서 plasma HDL, LDL, VLDL의 cholesterol 농도 실험한 결과 cellulose, ncs-pectin, psyllium, cs-pectin의 차례로 농도저하의 효과가 증가된다고 보고하였다³⁴⁾.

펙틴의 점성은 콜레스테롤 저하 특성이 있고 이는 배변시 담즙산과 중성스테롤 배출 증가에 기인하여 장내 용적물의 점도를 증가시키며 cholesterol micells을 형성하지 못하게 하며, 담즙산이 확산되는 것을 방지하여 결과적으로 cholesterol과 담즙산의 재섭취를 감소시키는 것으로 보여진다고 보고하고 있다³⁵⁾. 그러므로 pectic fraction의 함량이 많은 점미가 cholesterol 저하 효과가 크다고 사료되나 그 구조가 uronic acid의 형태로 얼마 함유되어 있는지에 따라 다시 고찰되어야 할 것으로 사료된다.

<Table 3>은 시료에 있어서 추출용매 중의 uronic acid 함량비율과 그 함량비율을 무게로 환산한 100g

당 mg중량을 mg%로 나타내고 있다. uronic acid는 단당류 말단의 제1급 알칼기가 메틸기로 산화된 형태의 화합물이고 각 당류의 구성에 따라 galacturonic acid, glucuronic acid 등으로 명명된다. 이들이 고분자 결합을 할때 pectic substances를 구성하는 것은 알려져 있다.

Uronic 산은 가용성 식이섬유를 이루는 성분인 pectic substances를 이루는 주종의 물질로서 pectic substances의 지표로 볼 수 있다.

수가용성분 중에서는 백미가 43.5%로서 가장 높았고, 점미 수가용성분, 점미 열수가용성분이 36.8, 36.2%로 상당량 나타냈다.

Hemicellulose부분으로 평가했던 알칼리 가용성분 중 흑미가 33.7, 16.5%로 상당량 포함되어 있었고 백미도 KOH 추출획분에서 24.8%가 포함되어 있는 것으로 나타났다.

따라서 hemicellulose부분의 uronic acid 함량은 흑

미에서 높게 나타난 것으로 보아 흑미가 장내의 용적을 쉽게 증가시키고 분자간 사이에 콜레스테롤, 지방산등을 결합하여 쉽게 제거하여 식이섬유로서의 기능이 증대될것으로 사료된다.

Englyst와 Cummings³⁶⁾는 밀기울의 uronic acid 함량은 0.8%라고 보고하고 있다.

전체함량에 대한 함량%로 환산하면 점미는 0.9%, 백미는 0.66%, 흑미 1.8%로서 점미, 백미는 유사한 경향을 보이고 흑미는 약2배이상으로 상당히 높은 수치를 보여주고 있다.

<Table 4>는 추출용매별로 glucose함량을 100으로 보았을 때 각 단당류의 함유%를 나타낸것이고 <Table 5>는 각 단당류의 추출용매별 함유량을 mg%로 표시한 것이다.

대체로 세포벽구성 단당류는 glucose가 주종을 이루고 있는 것으로 나타났다. 수가용성분에서 흑미의 glucose함량이 높은 것을 알 수 있고 열수가용성분

<Table 5> Monosaccharides of fraction according to varieties of rice(mg% f.w.)

Fraction		Total	Fuc	Rham	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
Water soluble fr.	GL Rice	606.00±39.65	92.94±3.61	68.76±2.73	103.9±8.14	85.91±11.77	* ¹⁾	82.99±10.24	171.5±14.33
	Rice	490.96±49.54	24.09±1.82	*	170.82±20.56	69.76±8.18	*	129.13±17.15	97.16±9.69
	BL Rice	377.94±25.23	26.15±1.84	18.65±1.87	46.99±6.38	30.35±1.87	11.33±1.71	61.6±1.74	182.87±11.25
Hot water soluble fr.	GL Rice	533.97±39.72	73.44	54.34±2.25	65.08±7.99	72.68±4.02	33.82	39.61±2.65	195.0±10.75
	Rice	923.96±46.24	65.59	110.88±10.01	96.81±8.07	87.8±4.78	*	*	562.88±67.05
	BL Rice	649.98±34.12	5.77	*	1.53±0.11	1.15±0.23	*	*	641.53±54.57
0.5% (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ soluble fr.	GL Rice	1399.99±79.24	82.13	*	73.42±7.69	*	*	*	1244.44±101.25
	Rice	154.13±10.11	3.08		2.20±0.08	2.05±0.35			146.80±13.24
	BL Rice	181.15±11.25			31.68±4.56	19.73±1.97	*	10.16±1.17	119.58±15.07
5% NaOH soluble fr.	GL Rice	2163.16±80.10	46.99	46.79±4.68	53.72±5.94	53.72±7.94	228.77	*	1733.17±67.05
	Rice	1713.00±78.19							1713.00±84.24
	BL Rice	4062.99±22.14	*	*	652.77±5.67	482.99±40.50	*	*	2927.23±92.03
24% KOH soluble fr.	GL Rice	415.99±34.17	*	*	*	*	43.57	*	372.42±30.21
	Rice	504.00±30.08	*	*	*	*	*	*	504.00±42.34
	BL Rice	1747.22±74.59	*	*	502.36±4.68	432.54±37.01	*	9.88±1.05	802.44±67.24
Alkali insoluble fr.	GL Rice	376.00±30.01	- ²⁾	-	*	-	-	-	376.00±23.57
	Rice	443.00±20.17	*	*	*	*	*	*	443.00±27.29
	BL Rice	456.00±25.48	-	-	*	*	-	-	456.00±41.38

1) * : trace

2) - : non detected

3) Values are mean ± SE

에서도 흑미의 glucose 함량이 높은 것을 알 수 있다.

알칼리 가용성분에서 흑미가 높은부분을 차지하는데 그중에서 glucose, arabinose, xylose 함량이 높은 것을 알 수 있다.

Terpstra 등³⁴⁾은 호밀의 불용성 다당류 연구에서 barium hydroxide, potassium hydroxide 추출로 추출잔사의 90-93%가 arabinose, xylose였고 물추출물 잔사의 대부분이 glucose라고 보고하였다. 본 연구와 물추출물의 잔사가 glucose인 것은 일치하나 알칼리 가용성분의 결과는 약간의 차이점이 있는데 이는 품종간의 차이로 보여진다.

Jayarajah 등³⁷⁾의 연구에서 보리의 가용분과 불용분을 볼 때 불용분과 가용분의 차례로 보면 mg%로 ara.(162, 23), xyl.(240, 41), glu.(193, 29), Total(636, 119). 과피의 경우는 ara(148, 20), xyl(323, 40), glu(186, 18), Total(696, 103)으로 보고하고 있어 대체로 식이섬유의 불용분은 arabinose와 xylose 비율이 높고 glucose 비율이 총합량의 1/3을 하회하는 것으로 나타난다. 본 보고서에서도 ara,와 xyl. 함량이 상당량 추출되는 경향은 비슷하나 glucose 함량이 50% 이상 추출되어 높은 경향을 보이고 있다.

흑미는 불용분에서 ara,와 xyl. 함량이 점미와 백미에 비해 월등히 높고 glucose 함량이 월등히 높은 것으로 나타났다.

IV. 요약

본 연구는 기능성 식품으로 흑미의 성분조성 연구를 위하여 식이섬유부분에 중점을 두고 백미, 점미와 흑미의 세포벽을 구성하고 있는 다당류의 분석을 행했다. 분석은 수가용성, 열수가용성, ammonium oxalate 가용성, sodium hydroxide 가용성, potassium hydroxide 가용성, alkali 불용성 획분으로 구분하여서 정제와 분석을 행하였다.

총식이섬유 함유량은 점미 5.4%, 백미 4.2%, 흑미 7.5%로 흑미가 대체로 높게 나타났다.

쌀의 종류에 상관없이 sodium hydroxide 가용성분이 높게 나타났고 그중에서 특별히 흑미는 4.01%로

서 섬유소의 50%이상을 함유하는 것으로 나타났다. 수용성분은 식이섬유소를 총중량으로 점미가 80%, 백미가 66%, 흑미 86%를 나타냈다.

백미의 도정으로 수가용성분의 함량이 증가한 것으로 사료된다.

Pectic substances는 수가용성분, 열수가용성분, ammonium oxalate 가용성분으로서 점미가 2.40%로 백미 1.59%, 흑미 1.12%보다 높은 결과를 나타냈다.

Alkali 가용분은 hemicellulose 부분으로서 흑미가 5.80%로서 점미 2.58%, 백미 2.22%보다 2배이상 포함된 것으로 나타났다.

흑미의 식이섬유소의 77% 가량이 hemicellulose로서 흑미의 기능성 식품으로서의 효능은 이 부분에 중점을 두고 연구되어야 할것으로 사료된다. 또한 이로서 흑미의 세포벽이 견고함으로 사료되어서 흑미의 수화나 조리시 전분이 쉽게 용출되기 어려운 점으로 미루어 조리특성에 대한 연구도 필요한 것으로 사료된다.

알칼리 불용분은 cellulose로서 쌀의 종류간 유의적인 차이는 없었다.

각 추출획분에서 uronic acid를 분리동정하였을 때 점미는 0.90%, 백미는 0.66%, 흑미는 1.8%로서 흑미에서 uronic acid 함량이 두 배 이상으로 나타났다.

흑미의 uronic acid 함량이 가장 많이 용출된 분획은 sodium hydroxide 부분으로서 hemicellulose구조가 polyuronic acid의 형태인 것으로 사료된다.

추출획분의 구성단당은 여러 곡물연구의 보고와 유사하게 glucose, arabinose, xylose 함량이 대체로 높게 나타났다. 점미가 수가용성분에서 glucose 대비 용출함량이 고르게 나타나는 경향을 보였고 흑미는 알칼리가용분에서 glucose가 상당량(3.05%) 포함되고 있음을 보여주었고 arabinose(0.68%), xylose(0.05%)도 다른 종류에 비해서 다량 함유한 것으로 나타났다.

흑미는 총식이섬유 함량이 높고 pectic substances, hemicellulose, uronic acid 함량이 높아서 콜레스테롤 저하 등의 효과가 기대되며 고섬유식품으로서 조리 특성 연구가 필요한 것으로 사료된다.

■ 참고문헌

(이 참고문헌은 저자의 양식에 의하여 미주형식으로 정리되었음)

- 1) Chang, J. O., & Ryu, H. J. (1998). The physical properties of rice and color rice-added cakes. *J. East Asian So. D. Life*, 8, 51-56.
- 2) Takahashi, K., & Yoshizawa, K. (1987). Red rice pigments and brewing of alcoholic beverages containing them. *J. Brew. Soc. Japan*, 82, 740-743.
- 3) Yoon, J. M., Cho, M. H., Hahn, T. R., Paik, Y. S., & Yoon, H. H. (1997). Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 211-217.
- 4) Kim, M. S., Hahn, T. R., & Yoon, H. H. (1999). Saccharification and sensory characteristics of Sikhe made of pigmented rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 672-677.
- 5) Satue-Gracia, M. T., Heinone, M., & Frankel, E. N. (1997). Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 3362-3367.
- 6) Sarma, A. D., Sreelakshmi, Y., & Sharma, R. (1997). Antioxidant ability of anthocyanins against ascorbic acid oxidation. *Phytochemistry*, 45, 671-674.
- 7) Kim, S. S., Kim, S. Y., & Lee, W. J. (1988). Characteristics of germinated colored rice as a potential raw material for Sike. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 1092-1096.
- 8) Choi, H. C., & Oh, S. K. (1996). Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J. Food Crop Sci.*, 1-9.
- 9) Wang, X., & Wang, W. (1998). A review on the development of black food. *Proceedings of the 1st International Conference Asian Food Product Development*, 12-17.
- 10) Food composition table, 5th revision National rural living science institute, R.D.A, Seoul, 1996, 40.
- 11) *Food Technology*, 10, 1997, 3-11.
- 12) Kahlon, T. S., Saunders, R. M., Chow, F. I., Chiu, M. M., & Betschart, A. A. (1990). Influence of rice bran, oat bran and wheat bran on cholesterol and triglycerides in hamsters. *Cereal Chem.*, 67, 439-443.
- 13) Hong Shen, Lin He, Ralph, L., Price & Maria Luz Fernandez (1998). Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in female guinea pigs. *Biochemical and Molecular Roles of Nutrients*, 1434-1441.
- 14) Carol F. Klopfenstein (1990). Nutritional properties of coarse and fine sugar beet fiber hard red wheat bran. I. Effects on rat serum and liver cholesterol and triglycerides and on fecal characteristics. *Cereal Chem.*, 67(6), 538-541.
- 15) Hye Young Kim, Mie Ja Park, & Soon Im Woo (1999). Development of functional jeungpyun with dietary fiber and shelf-life studies. *Food Sci. Biotechnol.*, 8, 58-64.
- 16) Young Ae Kim (1998). The effects of hot air dried carrot juice residue as a dietary fiber source on the quality and staling of cake. *Food Sci. Biotechnol.*, 7(4), 295-299.
- 17) Robert, R. S., & Maliolm, A. O. (1996). Isolation and analysis of cell walls from plant material. *Methods of Biochemical Analysis*, 32, 25-51.
- 18) Kimiko Othani (1991). Structure of non-starch polysaccharides of potatoes having different cooking properties(part 3). *Japan J. Home Economics*, 42, 321-325.
- 19) Dubois M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-353.
- 20) Table of Constituents at Japanese Food, 1996, 10-11.

- 21) *Fiber, Food Manufacture*, September, 1996, 16-17.
- 22) Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., & Astroth, K. (1990). Total and soluble fiber in selected bakery and other cereal products. *Cereal Chem.*, 67(5), 499-501.
- 23) Nilsson, M., Saulnier, L., Aderson, R., & Aman, P. (1996). Water unextractable polysaccharides from three milling fractions of rye grain. *Carbohydrate Polymers*, 30, 229-237.
- 24) Sandra, E. Kays, Franklin E. Garton, William R. Windharm, & David S. Himmelsloch (1997). Prediction of total dietary fiber by near-infrared reflectance spectroscopy in cereal products containing high sugar and crystalline sugar. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 3944-3951.
- 25) Kimiko Othani (1989). Structure of non-starch polysaccharides of potatoes having different cooking properties(part 1). *Japan J. Home Economics*, 40, 593-601.
- 26) Kimiko Othani (1991). Structure of non-starch polysaccharides of potatoes having different cooking properties(part 2). *Japan J. Home Economics*, 42, 313-320.
- 27) Lopez, G., Ros, F., Rincon, F., Peringo, M. J., Martinez, M. C., & Ortuno, J. (1996). Relationship between physical and hydration properties of soluble and insoluble fiber of artichoke. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 2773-2778.
- 28) Sosulski, F. W., Humbert, E. S., Bui, K., & Jones, J. D. (1976). Functional properties of rapeseed flours, concentrates and isolate. *J. Food Sci.*, 41, 1349-1362.
- 29) Nishimune, J., Yakushiji, T., Simimoto, T., Taguchi, S., Konishi, Y., Nakahara, S., Ichikawa, T., & Kunita, N. (1991). Glycemic response and fiber content of some foods. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, 414-419.
- 30) Petterson D., & Aman, P. (1987). Water unextractable polysaccharides of rye. *Agric. Scan.*, 37, 20-26.
- 31) Kim, D. W., Eun, J. B., & Rhee, C. O. (1998). Cooking conditions and textural changes of cooked rice added with black rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 562-568.
- 32) Lee, S. H. (1996). Studies on the physicochemical properties and the extraction kinetics of anthocyanin pigments from black rice (in Korean). M.S. Thesis, Sookmyung Women's Univ. Seoul Korea.
- 33) Ebihara, K., Kiriama, S., & Manabe, M. (1979). Cholesterol lowering activity of various natural pectins and synthetic pectin-derivatives with different physicochemical properties. *Ntr. Rep. Int.*, 20, 519-526.
- 34) Terpstra, A. H. M., Lapre, J. A., Devires, H. T., & Beyen, A. C. Byene (1998). Dietary pectin with high viscosity lowers plasma and liver cholesterol concentration and plasma cholesterol ester transfer protein activity in hamsters. *Nutrient Metabolism*, 1944-1949.
- 35) Vahouny, G. V., Sachithanandam, S., Chen, L., Tepper, S. A., Kritchevsky, D., Lightfoot, F. G., & Cassidy, M. M. (1988). Dietary fiber and intestinal adaptation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 201-216.
- 36) Englyst, H., & Cummings, J. (1985). Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human small intestine. *Am. J. Clin. Nutr.*, 42, 778-779.
- 37) Chares N. Jayarajah, Hui Tang, Janes, A., Robertson, & Robert R. Selvendran (1997). Dephytinisation of wheat brand and the consequences for fiber matrix non-starch polysaccharides. *Food Chem.*, 58, 5-12.
- 38) *Table of Constituents in Japanese Food*, 1996, 366-367.
- 39) Taylor, R. L., & Conrad, H. E. (1972). Analysis of polysaccharides. *Biochemistry*, 11, 1383-1387.