

果実類の水不溶性食物繊維の多糖組成

Polysaccharide composition of the water-insoluble dietary fibers from some fruit

加藤 陽治*・伊藤 聖子*†・渡辺 敏幸**

Yoji KATO*, Seiko ITO*†, and Toshiyuki WATANABE**

論文要旨

果実類11品種（キウイ、イチゴ、モモ、カキ、アボカド、プルーン、リンゴ、イチジク、バナナ、パイナップルおよびミカン）の水不溶性食物繊維の多糖組成比較を行った。各果実の可食部から水不溶性細胞壁画分を調製、これを乾燥させ、糖組成分析と糖結合様式分析に供した。さらに、水不溶性細胞壁画分はペクチン様物質、ヘミセルロース画分およびセルロース画分に分画し、それぞれの画分の糖組成分析を行った。

水不溶性細胞壁多糖はいずれの果実も、ペクチン様物質画分はおもに中性糖を含むラムノガラクトソロン、ヘミセルロース（IおよびII）画分はおもにキシラン系多糖、ガラクトマンナン系多糖およびキシログルカン、そしてセルロース画分はセルロースから構成されており、これらの比率はキウイで28：19：53、イチゴで38：15：47、モモで25：22：53、カキで16：14：70、アボカドで28：35：37、プルーンで26：32：42、リンゴで30：20：50、イチジクで38：15：47、バナナで24：31：45、パイナップルで19：44：37、ミカンで26：15：59であった。

キーワード：果実類，多糖類，水不溶性食物繊維

1. 緒言

我々は、植物性食品（穀類、いも類、豆類、野菜類および果実類）に由来する食物繊維の物理化学的性質の基礎的知見を得るために、水不溶性食物繊維（細胞壁多糖）の構造解析研究を進めている。これまで主要葉菜類5種（キャベツ、ハクサイ、チンゲンサイ、ホウレンソウ、レタス）、主要根菜類5種（カブ、ダイコン、ゴボウ、ニンジン、レンコン）および主要果菜類5種（ナス、ピーマン、キュウリ、カボチャ、モヤシ）の炭水化物組成について報告した¹⁾²⁾³⁾。今回は果実類11品種、すなわちキウイ、イチゴ、モモ、カキ、アボカド、プルーン、リンゴ、イチジク、バナナ、パイナップルおよびミカンのとくに、水不溶性食物繊維の多糖組成について調べたのでその結果について報告する。

2. 実験方法

1) 材料

キウイ、イチゴ、モモ、カキ、アボカド、プルーン、リンゴ、イチジク、バナナ、パイナップルおよびミカンを弘前市内のスーパーマーケットより購入し、可食部を調製した。4倍量のエタノールとともにミキサーで磨砕し、磨砕物を遠心（8000 rpm, 20分）にて可溶性画分と不溶性画分に分けた。不溶性画分は、同じ磨砕・遠心操作をさらに2回行った。その残渣をメタノールとアセトンで洗浄し風乾して、80%エタノール不溶性画分を得た。次にこれを前報と同じ方法⁴⁾により、水不溶性食物繊維画分を得た。キウイ、イチゴ、モモ、カキ、アボカド、プルーン、リンゴ、イチジク、バナナ、パイナップルおよびミカンの可食部100g（生重量）からはそれぞれ、4.12g、2.28g、3.54g、9.52g、27.67g、2.78g、2.69g、7.60g、3.08g、13.12gおよび2.06gの水不溶性食物繊維

* 弘前大学教育学部家政学科教室

Department of Home Economics, Faculty of Education, Hirosaki University

** 尚絢女学院短期大学（宮城県名取市）

† 現在 岩手大学大学院連合農学研究科

画分が得られ、これらを試料として用いた。

2) 細胞壁多糖類の構成糖分析

各種果実類の水不溶性食物繊維試料10mgを72%硫酸に懸濁・溶解(約1時間)後、硫酸濃度が1.5Mになるように蒸留水で希釈、100°Cで3時間加水分解した。

中性糖量:加水分解溶液の一部を炭酸バリウムで中和後、2-デオキシグルコース(ガスクロマトグラフィー分析の内部標準物質)を加え、よく攪拌し濾過した。濾液をAmberlite IR-120(H⁺型)で処理し減圧乾固した。得られた加水分解物の構成中性単糖はアルジトールトリフルオロアセテートとした後、ガスクロマトグラフィーにて定量した⁵⁾。ガスクロマトグラフは日立製のG-5000を用い、カラムは1.5%QF-1/Chromosorb W(AW-DMCS)(0.4×200cm, ガラスカラム)を用い140°Cの定温で分析した。

酸性糖量:加水分解溶液から適量とりカルバゾール・硫酸法⁶⁾にてガラクトuron酸相当量として求めた。但し、本法では中性糖も発色するので、予めその影響量を調べておき中性糖量からその影響量を算出、カルバゾール硫酸法で求めた値から差し引き[真の酸性糖量=カルバゾール・硫酸法にて求めた酸性糖量-(ガスクロマトグラフィー法で求めた中性糖量×0.23)], 酸性糖量とした。

3) 水不溶性食物繊維の多糖の分画

各種果実類の水不溶性食物繊維試料(500mg)を、50ml栓付き遠心管に入れ、50mlの0.25%シュウ酸アンモニウム水溶液に懸濁し、100°Cで1~2時間加熱処理し室温まで冷却後、遠心操作(3000rpm, 30分)で上清画分と沈殿画分に分けた。沈殿画分はさらに3回同操作を繰り返した。シュウ酸アンモニウム抽出液は蒸留水に対して透析後、凍結乾燥して「ペクチン様物質(PS)画分」とした。

シュウ酸アンモニウム抽出残渣は、引続き50mlの4%水酸化カリウム水溶液に懸濁し、室温で24時間攪拌、遠心操作で上清と沈殿画分に分けた。沈殿画分は同操作を3回繰り返した。4%水酸化カリウム抽出残渣を24%水酸化カリウム水溶液で4回抽出操作を行った。4%および24%水酸化カリウム抽出液はそれぞれ酢酸で中和後、蒸留水に対して透析後、凍結乾燥し「ヘミセルロース-I(HC-I)画分」および「ヘミセルロース-II(HC-II)画分」とした。24%水酸化カリウム最終抽出

残渣は酢酸中和後、水洗、凍結乾燥し「セルロース(CL)画分」とした。

4) PS, HC-I, HC-IIおよびCL画分の構成糖量

試料(PS, HC-I, HC-II画分)1ml(100~500μgの糖を含む)を1mlの2Mトリフルオロ酢酸(TFA)で3時間、100°Cで加水分解し、分解物を減圧乾固した。また、CL画分は上述の2)と同様な方法で加水分解を行った。各画分の中性糖量と酸性糖量は、上述の2)と同様の操作で求めた。

5) 糖結合様式分析

各水不溶性食物繊維10mg(乾燥重量)を箱守法⁷⁾にてメチル化した。メチル化多糖は72%硫酸で加水分解後、水素化ホウ素ナトリウムで還元してアルジトールとし、ピリジンと無水酢酸でアセチル化、ガスクロマトグラフィーによる分析⁸⁾を行った。ガスクロマトグラフは日立製のG-5000を用い、カラムはJ&W社のヒューズドシリカキャピラリーカラムDB-225(0.23mm×15m)を用い、140°Cから200°Cまで1分あたり2°Cの昇温で分析した。

3. 結果および考察

各試料10mg中の細胞壁多糖の収量(全糖量)と構成糖組成の分析結果をTable 1に示す。いずれもウロン酸(U.A.), ラムノース(Rha), フコース(Fuc), アラビノース(Ara), キシロース(Xyl), マンノース(Man), グルコース(Glc)およびガラクトース(Gal)から構成されていた。また、多糖構成中性糖の結合様式を分析するため、各試料を箱守法にてメチル化し、メチル化多糖を酸加水分解してアルジトールアセテートとした後、ガスクロマトグラフィーにて分析を行った。同定された部分メチル化アルジトールアセテートの結果をTable 2に示す。

Table 1とTable 2より多糖の種類を推定することは困難であるが、既知の細胞壁多糖の化学構造に関する数多くの知見を参考⁹⁾にし、各果実類に含まれている多糖の種類をある程度特定した。いずれの品種でも、①側鎖構造を有するラムノガラクトナン[2-結合と2,4-結合ラムノース(2-Rhaと2,4-Rha)の検出], ②フコースを有するキシログルカン[非還元末端キシロース(T-Xyl), 非還元末端フコース(T-Fuc), 4-結合と4,6-結合グルコース(4-Glcと4,6-Glc)], ③セルロース[

Table 1. Yields and sugar composition of the water-insoluble dietary fiber (polysaccharide) fractions prepared from some fruit.

Polysaccharide fraction from	Yield* (Total sugar) (mg)	Sugar composition (mol%)							
		U.A.	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Glc	Gal
Kiwi	3.1	66.5	0.5	0.5	3.2	6.8	0.7	16.3	5.5
Strawberry	1.2	49.5	1.6	0.9	2.4	9.4	0.2	26.2	9.8
Peach	1.9	49.9	1.3	0.9	8.7	4.2	0.5	25.6	8.9
Persimmon	1.0	49.4	1.3	1.0	2.4	3.3	0.1	31.8	10.7
Avocado	1.5	61.4	1.3	0.7	7.5	4.8	0.6	17.9	5.8
Prune	1.9	61.3	1.6	0.2	12.0	0.9	3.4	10.0	10.6
Apple	2.3	59.2	0.3	0.5	17.7	2.8	0.6	14.4	4.5
Fig	1.8	61.5	0.9	0.7	3.8	6.6	0.2	17.8	8.5
Banana	1.7	60.4	0.2	0.3	6.5	1.3	2.1	25.3	3.9
Pineapple	3.1	64.0	0.1	0.3	7.1	6.2	0.1	16.1	6.1
Mandarin	2.2	63.6	1.7	0.6	9.8	1.1	0.2	15.9	7.1

* From 10mg of the water-insoluble dietary fiber fractions.

Table 2. Sugar-linkage composition of the water-insoluble dietary fiber (polysaccharide) fractions.

Peak No.	Methylated sugar linkage	Deduced glycosidic linkage*	Amount **					
			Kiwi	Strawberry	Peach	Persimmon	Avocado	Prune
1	2,3,5-Me ₃ -Ara***	T-Ara	0.0	1.4	3.5	0.0	5.4	4.4
2	2,3,4-Me ₃ -Xyl	T-Xyl	1.5	0.3	1.9	0.0	2.6	0.1
3	2,3,4-Me ₃ -Fuc	T-Fuc	0.0	4.9	1.9	0.0	0.0	0.9
4	3,5-Me ₂ -Ara	2-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Unidentified		0.0	0.0	1.6	0.0	0.1	1.3
6	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	3,4-Me ₂ -Rha	2-Rha	0.0	0.1	0.9	0.0	0.2	2.6
8	2,5-Me ₂ -Ara	3-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2,3,4,6-Me ₄ -Glc and/or 2,3,4,6-Me ₄ -Man	T-Glc and/or T-Man	0.9	0.4	0.4	0.0	0.4	0.1
11	2,4-Me ₂ -Xyl	3-Xyl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	2,3-Me ₂ -Ara	5-Ara	0.8	3.2	6.0	2.0	6.2	6.3
13	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	2,3-Me ₂ -Xyl, 3,4-Me ₂ -Xyl and/or 2,3,4,6-Me ₄ -Gal	4-Xyl, 2-Xyl and/or T-Glc	10.0	7.1	6.7	5.1	12.9	4.2
15	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	2-Me ₁ -Rha	3,4-Rha	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	3-Me ₁ -Rha	2,4-Rha	4.4	1.9	0.6	2.0	0.9	0.8
19	2-Me ₁ -Ara	3,5-Ara	2.1	2.9	2.7	1.2	7.0	3.5
20	3-Me ₁ -Ara	2,5-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	2,4,6-Me ₃ -Gal and/or 2,3,6-Me ₃ -Man	3-Gal and/or 4-Man	6.4	4.6	5.8	4.2	7.3	4.0
22	2-Me ₁ -Xyl and/or 4-Me ₁ -Xyl	3,4-Xyl and/or 2,3-Xyl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	2,3,6-Me ₃ -Gal, 2,3,6-Me ₃ -Gal and/or 2,3,4-Me ₃ -Glc	4-Gal, 2-Gal and/or 6-Glc	6.1	6.2	3.3	3.9	3.4	19.8
24	2,3,6-Me ₃ -glc	4-Glc	38.2	24.1	34.4	43.8	29.7	24.9
25	Ara	2,3,5-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	2,3,4-Me ₃ -Gal	6-Gal	10.4	9.0	8.0	20.5	9.3	10.1
27	2,6-Me ₂ -Gal	3,4-Gal	0.9	0.7	1.1	0.0	0.4	2.8
28	Unidentified		0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.8
29	Unidentified		0.0	0.6	1.0	0.9	0.3	0.5
30	3,6-Me ₂ -Gal	2,4-Gal	4.3	16.0	1.6	1.6	1.0	0.8
31	Unidentified		2.9	2.1	2.3	1.0	0.9	1.8
32	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	2,3-Me ₂ -Glc	4,6-Glc	7.3	10.1	11.2	8.1	8.8	5.3
34	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	2,4-Me ₂ -Gal	3,6-Gal	2.5	2.9	4.0	3.0	3.1	2.6
36	Unidentified		0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
37	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	Unidentified		1.3	1.0	1.9	2.7	0.0	0.1
39	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9

*The numerical prefixes represent the carbon atoms involved in glycosidic linkages in the original polysaccharides. Prefix T indicates sugars linked through C(O)-1 only.

**% total area.

***2,3,5-Me₃-Ara=2,3,5-tri-O-methyl-1,4-di-O-acetyl-arabinitol, etc.

Table 2. (Contd.)

Peak No.	Methylated sugar linkage	Deduced glycosidic linkage*	Amount **				
			Apple	Fig	Banana	Pineapple	Mandarin
1	2,3,5-Me ₃ -Ara***	T-Ara	1.9	1.5	1.2	7.4	2.7
2	2,3,4-Me ₃ -Xyl	T-Xyl	4.5	2.3	0.2	0.8	1.2
3	2,3,4-Me ₃ -Fuc	T-Fuc	0.0	0.0	0.7	1.8	0.0
4	3,5-Me ₂ -Ara	2-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.6	0.7
6	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	3,4-Me ₂ -Rha	2-Rha	0.3	0.4	1.0	2.8	0.5
8	2,5-Me ₂ -Ara	3-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2,3,4,6-Me ₄ -Glc and/or 2,3,4,6-Me ₄ -Man	T-Glc and/or T-Man	0.6	0.3	1.9	0.6	0.0
11	2,4-Me ₂ -Xyl	3-Xyl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	2,3-Me ₂ -Ara	5-Ara	5.9	4.2	0.4	0.7	6.3
13	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	2,3-Me ₂ -Xyl, 3,4-Me ₂ -Xyl and/or 2,3,4,6-Me ₄ -Gal	4-Xyl, 2-Xyl and/or T-Glc	4.9	6.3	2.2	16.5	10.3
15	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	2-Me ₁ -Rha	3,4-Rha	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	3-Me ₁ -Rha	2,4-Rha	0.8	1.7	0.5	0.6	1.9
19	2-Me ₁ -Ara	3,5-Ara	1.9	2.9	1.7	3.2	4.4
20	3-Me ₁ -Ara	2,5-Ara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	2,4,6-Me ₃ -Gal and/or 2,3,6-Me ₃ -Man	3-Gal and/or 4-Man	4.0	3.3	10.0	4.5	6.3
22	2-Me ₁ -Xyl and/or 4-Me ₁ -Xyl	3,4-Xyl and/or 2,3-Xyl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	2,3,6-Me ₃ -Gal, 2,3,6-Me ₃ -Gal and/or 2,3,4-Me ₃ -Glc	4-Gal, 2-Gal and/or 6-Glc	2.0	6.4	2.0	16.4	8.4
24	2,3,6-Me ₃ -glc	4-Glc	44.4	30.7	62.6	29.3	28.1
25	Ara	2,3,5-Ara	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
26	2,3,4-Me ₃ -Gal	6-Gal	7.5	10.4	5.9	3.0	11.3
27	2,6-Me ₂ -Gal	3,4-Gal	0.0	0.5	0.1	0.5	0.5
28	Unidentified		0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
29	Unidentified		0.2	1.1	0.5	0.3	0.9
30	3,6-Me ₂ -Gal	2,4-Gal	0.4	9.0	1.0	2.2	1.7
31	Unidentified		0.5	2.8	0.2	0.1	1.6
32	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	2,3-Me ₂ -Glc	4,6-Glc	14.8	9.6	6.0	6.0	8.3
34	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	2,4-Me ₂ -Gal	3,6-Gal	5.4	4.3	1.3	1.5	3.6
36	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37	Unidentified		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	Unidentified		0.0	2.2	0.1	0.9	1.2
39	Unidentified		0.0	0.0	0.5	0.0	0.0

*The numerical prefixes represent the carbon atoms involved in glycosidic linkages in the original polysaccharides. Prefix T indicates sugars linked through C(O)-1 only.

**% total area.

***2,3,5-Me₃-Ara=2,3,5-tri-O-methyl-1,4-di-O-acetyl-arabinitol, etc.

顕著な量の4-結合グルコース(4-Glc)], ④アラバン[非還元末端, 5-結合および3,5-結合アラビノース(T-Ara, 5-Araおよび3,5-Ara)], ⑤(1→4)-ガラクトタン[4-結合ガラクトース(4-Gal)]および⑥分岐アラビノガラクトタン[種々の結合様式をもつガラクトースとアラビノース残基の検出]⑦キシラン[4-結合キシロース(4-Xyl)]等を有すると考えられる。しかし, それら多糖の量比には品種間で若干の差があると思われる。

一般に植物細胞壁を構成する多糖はその化学試

薬における抽出方法により, ペクチン様物質画分, ヘミセルロース画分, セルロース画分の3つに大別される。各画分に含まれる多糖の種類は, 植物種や用いる組織の違いのみだけでなく, 抽出操作の若干の違いだけでも大きく異なることがある。よって, 種々の植物性食品の細胞壁を構成する多糖類の比較分析には, できるだけ同一の抽出・分画方法にて調製した標品を用いて行うのが望ましい。そこで, 各果実類の多糖画分を加藤らの方法¹⁰⁾に従ってシュウ酸アンモニウム, 4%水酸化カリウムおよび24%水酸化カリウムで順次抽出分画し

た。得られたペクチン様物質画分 (PS), ヘミセルロース-I 画分 (HC-I), ヘミセルロース-II 画分 (HC-II), およびセルロース画分 (CL) の収量と構成糖組成の分析結果をTable 3 に示す。

Table 3 より, いずれの果実も, ペクチン様物質画分はおもに中性糖を含むラムノガラクトツロナン, ヘミセルロース-I および-II 画分はおもにキシラン系多糖, ガラクタン系多糖およびキシログルカン, そしてセルロース画分はセルロースから構成されており, これらの比率はキウイで28:19:53, イチゴで38:15:47, モモで25:22:53, カキで16:14:70, アボカドで28:35:37, プルーンで26:32:42, リンゴで30:20:50, イチジクで38:15:47, バナナで24:31:45, パイナップルで19:44:37, ミカンで26:15:59であった。

とくにヘミセルロース-II (HC-II) 画分の糖組成は, すべての品種ともグルコース, キシロース,

ガラクトースなどが主であることが示された。また, 硫酸ナトリウム存在下でヨード・多糖複合体の吸収スペクトルを測定¹¹⁾ すると, いずれの品種も640nm付近に極大吸収を示した。これらの結果より, このヘミセルロース-II (HC-II) 画分の主要多糖はいずれも, キシログルカンであるということが示唆された。

果実は, 成熟・軟化の過程で壁多糖の構造変化が示唆されている。果実の軟化にはポリガラクトツロナーゼなどによるペクチン分子の切断が関わっているもの, 成熟の過程でアラビノースやガラクトースがペクチン (ラムノガラクトツロナン) 側鎖から減少することからアラビノフラノシダーゼやガラクトシダーゼが関与するものなど, ペクチン分子の修飾が関与していることなどが報告されている⁴⁾。しかし, 主要ヘミセルロースであるキシログルカン多糖は, 植物の生長時に「壁のゆるみ」

Table 3. Yields and sugar composition of subfractions obtained after fractionating the water-insoluble dietary fiber (polysaccharide) fractions prepared from some fruit.

Subfraction	Yield* (Total sugar) (mg)	Ratio (%)	Sugar composition (wt%)							
			U.A.	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Glc	Gal
<Kiwi>										
PS	11.5	27.5	74.2	4.3	1.9	5.4	4.2	3.4	2.3	4.3
HC-I	3.9	9.3	52.9	1.3	1.0	15.8	4.7	2.0	6.1	16.2
HC-II	4.2	10.0	0.0	0.9	4.3	8.1	39.7	0.2	30.4	16.4
CL	22.2	53.2	0.0	0.5	1.2	2.7	1.3	0.6	92.5	1.2
Total	41.8	100								
<Strawberry>										
PS	15.8	38.1	76.9	3.9	1.0	7.7	2.4	1.0	3.3	3.8
HC-I	2.8	6.8	44.6	3.8	1.8	9.4	16.8	2.7	8.5	12.4
HC-II	3.1	7.5	0.3	0.2	3.6	2.5	41.1	1.5	43.1	7.7
CL	19.7	47.6	0.0	0.2	0.5	5.0	1.6	2.9	81.4	8.4
Total	41.4	100								
<Peach>										
PS	14.1	24.8	91.7	2.7	0.2	1.5	0.5	1.2	0.8	1.4
HC-I	5.6	9.8	60.5	3.2	2.3	12.3	7.2	0.1	9.1	5.3
HC-II	6.7	11.8	0.3	0.9	7.3	8.6	39.3	0.9	25.2	17.5
CL	30.5	53.6	0.0	0.3	2.8	3.6	5.2	3.1	79.3	5.7
Total	56.9	100								
<Persimmon>										
PS	7.4	16.8	85.7	4.7	0.4	2.8	1.9	0.2	0.7	3.6
HC-I	2.5	5.7	56.8	4.1	1.8	2.2	11.8	0.4	17.7	5.2
HC-II	3.3	7.5	0.2	0.6	1.1	2.9	50.4	0.1	27.6	17.1
CL	30.8	70.0	0.0	0.1	1.4	2.8	0.9	2.1	91.5	1.2
Total	44.0	100								
<Avocado>										
PS	6.2	28.1	80.8	2.4	0.3	10.7	2.1	0.4	1.0	2.3
HC-I	3.2	14.3	51.4	7.1	1.0	14.2	2.5	0.5	6.1	17.2
HC-II	4.6	20.8	0.0	0.9	9.1	4.5	45.8	2.6	25.4	11.7
CL	8.1	36.8	0.0	0.3	0.7	5.4	0.8	1.2	83.3	8.3
Total	22.1	100								
<Prune>										
PS	6.6	26.3	86.6	2.7	0.3	5.6	1.4	0.3	0.6	2.5
HC-I	2.9	11.6	77.4	0.5	0.4	11.4	2.7	0.7	1.9	5.0
HC-II	5.1	20.3	0.2	0.4	5.6	3.9	12.6	2.4	47.6	27.3
CL	10.5	41.8	0.0	0.3	1.1	2.3	0.9	2.4	84.4	8.6
Total	25.1	100								

*From 100mg of the water-insoluble dietary fiber fractions.

Table 3. (Contd.)

Subfraction	Yield* (Total sugar) (mg)	Ratio (%)	Sugar composition (wt%)							
			U.A.	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Glc	Gal
<Apple>										
PS	16.0	29.8	76.3	4.1	0.9	4.1	2.3	2.4	4.0	5.9
HC-I	4.3	8.0	54.8	2.2	1.5	16.5	6.5	0.7	12.6	5.2
HC-II	6.6	12.3	0.0	0.1	5.0	4.3	48.7	0.3	31.2	10.4
CL	26.8	49.9	0.0	0.1	2.3	4.7	1.2	3.3	86.9	1.5
Total	53.7	100								
<Fig>										
PS	19.4	38.4	82.6	4.5	0.3	4.3	2.0	1.1	0.7	4.5
HC-I	3.6	7.1	63.6	1.6	0.9	4.1	11.6	1.2	13.1	3.9
HC-II	4.2	8.3	0.0	0.3	7.1	4.1	45.0	0.6	30.3	12.6
CL	23.3	46.2	0.0	0.1	1.8	2.9	7.8	1.1	84.4	1.9
Total	50.5	100								
<Banana >										
PS	6.2	24.1	79.4	3.8	0.4	5.2	2.5	4.4	1.9	2.4
HC-I	1.2	4.7	50.2	6.8	4.2	15.2	4.2	0.8	10.1	8.5
HC-II	6.8	26.5	0.1	0.3	3.9	4.2	36.0	1.8	48.9	4.8
CL	11.5	44.7	0.0	0.1	1.5	2.6	1.4	1.7	84.9	7.8
Total	25.7	100								
<Pineapple>										
PS	11.2	18.8	84.2	4.9	0.3	4.3	2.9	0.2	0.4	2.8
HC-I	12.9	21.6	43.0	7.0	0.6	15.5	2.2	0.3	21.6	9.8
HC-II	13.7	22.9	0.0	0.4	2.8	4.6	51.7	0.5	30.9	9.1
CL	21.9	36.7	0.0	0.3	1.9	2.2	1.6	2.6	89.7	1.7
Total	59.7	100								
<Mandarin>										
PS	12.2	25.8	90.8	3.8	0.1	1.7	0.8	0.5	0.5	1.8
HC-I	2.8	5.9	58.3	3.6	1.0	8.2	6.7	0.2	15.9	6.1
HC-II	4.4	9.4	0.0	0.0	5.3	3.8	46.0	0.4	24.9	19.6
CL	27.8	58.9	0.0	0.0	1.9	2.9	1.8	2.3	87.5	3.6
Total	47.2	100								

*From 100mg of the water-insoluble dietary fiber fractions.

などの壁変化に重要な役割を担うとされ、その際、エンド-キシログルカントランスフェラーゼなどの酵素によってキシログルカン多糖分子間での組換えがおこる可能性も示唆されている¹²⁾。果実の軟化とキシログルカンの研究も今後重要であると考えられる。

引用文献

- 1) 加藤陽治, 松倉純子: 主要葉菜類の炭水化物組成, 弘前大学教育学部紀要, **71**, 61-71 (1994)
- 2) 加藤陽治: 主要根菜類の炭水化物組成, 弘前大学教育学部紀要, **74**, 37-47 (1995)
- 3) 加藤陽治: 主要果菜類の炭水化物組成, 弘前大学教育学部紀要, **78**, 99-107 (1995)
- 4) 加藤陽治, 斎藤幸子, 佐藤あつ子, 荒川 修, 元村佳恵: リンゴ7品種の果実の生育中における細胞壁多糖の構造変化, 弘前大学教育学部紀要, **85**, 115-120 (2001)
- 5) Kato, Y., Ito, S., Iki, K. and Matsuda, K.: Xyloglucan and β -D-glucan in cell walls of rice seedlings. *Plant Cell Physiol.*, **23**, 351-364 (1982)
- 6) Bitter, T. and Muir, H. M.: A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.*, **4**, 330-334 (1962)
- 7) Hakomori, S.: A rapid permethylation of glycolipid and polysaccharide catalyzed by methylsulfonyl carbocation in dimethyl sulfoxide. *J. Biochem.*, **55**, 205-208 (1964)
- 8) Lindberg, B.: Methylation analysis of polysaccharides. *Meth. in Enzymol.*, **28**, 178-195 (1972)
- 9) 桜井直樹, 山本良一, 加藤陽治: 植物細胞壁と多糖類, 培風館, 東京, (1991)
- 10) Kato, Y. and Matsuda, K.: Presence of a xyloglucan in the cell wall of *Phaseolus aureus* hypocotyls. *Plant Cell Physiol.*, **17**, 1185-1198 (1976)
- 11) Kato, Y. and Matsuda, K.: Distribution of xyloglucan in *Phaseolus aureus* seeds. *Plant Cell Physiol.*, **18**, 1089-1098 (1977)
- 12) Kato, Y. and Mitsuishi, Y.: Changes in the structure of apple xyloglucan during ripening., Abstracts & Programme of the International Cell Wall Meeting. (John Innes Centre, Norwich, UK), **2**, 32. (1998)