

青森県産マルメロ果実の食物繊維と細胞壁多糖

Dietary fiber and cell wall polysaccharides in the fruits of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) from Aomori Prefecture.

藤田 典子*・加藤 陽治*

Noriko FUJITA*・Yoji KATO*

要 旨

青森県平川市産のマルメロ果実可食部の食品成分（水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物、糖質、食物繊維、エネルギー、ナトリウム、リン、鉄、カルシウム、カリウム、マグネシウム）および食物繊維を構成する細胞壁多糖（ペクチン、ヘミセルロース、セルロース）の解析を行った。分析した食品成分に関しては、七訂日本食品標準成分表に示されているマルメロ生果実可食部が示す値とほとんど差がなかった。また、平川産マルメロの食物繊維量（5.7 g/100 g）は同成分表記載のマルメロ（5.1 g/100 g）、日本ナシ（0.9 g/100 g）やリンゴ（1.4 g/100 g）より多いことが示された。果実可食部から得られた80%エタノール可溶性画分に含まれる単糖・オリゴ糖は5.765 g/生重量100 gで、グルコース：フルクトース：スクロース：ソルビトール=37.3：46.6：1.5：14.6であった。80%エタノール不溶性画分の乾燥重量は5.344 gであった。本画分にはリグニンも含まれており1.779 g/生重量100 gであった。大部分が細胞壁に由来する80%エタノール不溶性画分は、ペクチン様物質（PS）画分（冷水、熱水、およびシュウ酸アンモニウム抽出物）：ヘミセルロース（HC）画分（4%および24%水酸化カリウム抽出物）：セルロース（CL）画分（抽出残渣）=31.7：19.0：49.3であった。PS画分は中性糖としてアラビノースとガラクトースを多く含むラムノガラクトツロナンが、HC画分はアラビノガラクタン系多糖、キシラン系多糖、キシログルカンが、CL画分にはセルロース以外にも各種ヘテロ多糖が含まれることが示唆された。さらに、各画分には多糖以外にもポリフェノールも含まれていた。PS画分の中で熱水抽出ペクチンが細胞壁の中で占める割合も比較的多く、粘性が非常に高いことが示された。

キーワード：マルメロ、平川市、食品成分、細胞壁、ペクチン

I. 緒 言

われわれは、青森県産農林水産物の高付加価値化研究を進めている。その研究対象の一つにマルメロがある。マルメロはバラ科マルメロ属の1属1種の植物である。樹は落葉性の小高木で、葉の裏面や果実には綿毛が密生し、熟果は黄色の洋ナシあるいはリンゴ形の果実である。原産地は中央アジアのイラン、トルコ地方である。ヨーロッパでも古い歴史をもつ果樹で、ギリシャ、ローマ時代から栽培されていたことが知られている¹⁾。

わが国へは江戸初期に長崎に渡来し、信州諏訪地方で栽培され、果実は漢方薬として利用されていたといわれている¹⁾。わが国におけるマルメロの生産量は約161トン（2014年）で、主要産地は長野県（約86%）で、青森県（約6%）、北海道（約5%）、秋田県（約

3%）が続く²⁾。

収穫は10月である。マルメロの果肉は石細胞があるため生食は難しいが、果実の香りと酸味をいかした多くの加工製品（シロップ煮、砂糖漬、ジャム、ジュース、果実酒など）がある^{3,4)}。青森県内でもマルメロの加工品が製造販売されている。本研究では平成28年10月に青森県平川市碓ヶ関で採取されたマルメロの食品成分と細胞壁成分の解析を行ったのでその結果を報告する。

II. 実験方法

1) 材料

青森県平川市碓ヶ関で平成28年10月に採取されたマルメロを用いた。

* 弘前大学教育学部家政教育講座食物学研究室

* Laboratory of Food Science, Department of Home Economics, Faculty of Education, Hirosaki University

2) 食品成分の分析

マルメロ 6 個 (一個あたりの平均重量約 220 g) の果肉を混合して食品成分を分析した。分析は日本食品分析センターに委託した。分析項目は水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物、糖質、食物繊維、エネルギー、ナトリウム、リン、鉄、カルシウム、カリウム、およびマグネシウムである。

3) 全糖量および酸性糖量の測定

試料中の全糖はフェノール・硫酸法⁵⁾にてグルコース (Glc) 相当量として求めた。酸性糖量はカルバゾール・硫酸法⁶⁾にてガラクトン酸 (GalUA) 相当量として求めた。

4) 構成糖の分析

試料に含まれる多糖の構成糖は、全糖量 100 μ g 相当を 1.0 M トリフルオロ酢酸、100 $^{\circ}$ C で 3 時間加水分解した後に濃縮乾固し、分析に供した。水不溶性画分は 1 ~ 5 mg の試料を用い 72% 硫酸を加え超音波で 1 時間処理した後、硫酸濃度が 1.5 M になるように蒸留水で希釈して 100 $^{\circ}$ C で 3 時間加水分解した。反応物を炭酸バリウムで中和し内部標準物質 2-デオキシグルコース (2-DG) を 100 μ g 加え、遠心操作 (30分、3,000rpm、18 $^{\circ}$ C) を行った。遠心上清を Anberlite IR-120 で脱塩処理を行い、濃縮後分析に供した。

分析にはイオンクロマト DX-300 (日本ダイオネックス社) を用いた。分離カラムは CarboPac PA1 を、ガードカラムは CarboPac PA1 GUARD を用いた。分析は溶離液として超純水を用い、1.0 mL/分の流速で行った。検出はパルスドアンペロメトリー検出器 (金電極) を用いた。標準単糖としてフコース (Fuc)、アラビノース (Ara)、ラムノース (Rha)、ガラクトース (Gal)、グルコース (Glc)、キシロース (Xyl)、マンノース (Man) を用いた⁷⁾。

5) マルメロ可食部の分画

マルメロ果実 5 個の可食部を混合し 880 g 得た。これより 435.2 g をとり 4 倍量のエタノールとともにミキサーで磨砕した。磨砕物を遠心 (9,000rpm、20分、4 $^{\circ}$ C、以下遠心操作はすべてこの条件で行った) にて上清と沈殿に分けた。この操作を 3 回繰り返した。最終沈殿物はアセトンで洗浄後乾燥させ、80%エタノール不溶性画分 (収量: 23.263 g) (図 1) とし、リグニンの定量および多糖類の分画に供した。遠心上清はすべてを一緒にし、80%エタノール可溶性画分とし

て、全糖量測定と単糖・オリゴ糖分析に供した。

6) 80%エタノール可溶性画分の単糖・オリゴ糖分析

分析にはイオンクロマト DX-300 (日本ダイオネックス社) を用いた。分離カラムは CarboPac PA1 を、ガードカラムは CarboPac PA1 GUARD を用いた。分析は溶離液 A (100mM 水酸化ナトリウム) と溶離液 B (500mM 酢酸ナトリウム/100mM 水酸化ナトリウム) を用い、0 分時に A : B = 100 : 0 で、30 分時に A : B = 70 : 30 になるように直線的グラジエントで、1.0 mL/分の流速で行った。検出はパルスドアンペロメトリー検出器 (金電極) を用いた。内部標準物質として 2-DG を、標準物質としてグルコース (Glc)、フルクトース (Fur)、スクロース (Suc)、ソルビトール (Sol) を用いた⁷⁾。

7) 80%エタノール不溶性画分中のリグニンの定量

80%エタノール不溶性画分に 72% 硫酸を加え超音波で 1 時間処理した後、硫酸濃度が 1.5 M になるように蒸留水で希釈して 100 $^{\circ}$ C で 3 時間加水分解した。これを遠心分離にて沈殿物を集め、蒸留水で二度洗浄した後、凍結乾燥した。得られた乾燥物をリグニンとした。

8) 80%エタノール不溶性画分の方画⁸⁾

分画スキームを図 1 に示す。80%エタノール不溶性画分 21.223 g を 300 mL の蒸留水に懸濁し、室温にて 1.5 時間振とう機にかけた後、遠心にて上清と沈殿に分けた。沈殿に蒸留水を同量加え同操作をさらに 2 回行った。得られた上清をまとめて凍結乾燥し冷水抽出ペクチン画分 (PS-CW) とした。沈殿は蒸留水 300 mL に懸濁し沸騰湯浴中で 1.5 時間加熱した。冷却後遠心にて上清と沈殿に分けた。沈殿に蒸留水を同量加えさらに同操作を 2 回行った。得られた上清をまとめて凍結乾燥し熱水抽出ペクチン画分 (PS-HW) とした。沈殿は 0.25% シュウ酸アンモニウム 300 mL に懸濁し、沸騰湯浴中で 1.5 時間加熱した。冷却後、遠心にて上清と沈殿に分けた。沈殿は同操作をさらに 2 回繰り返した。得られた上清をあわせ、セルロースチューブ (三光純薬株式会社 透析膜 36/22) で蒸留水に対して透析を行った。この透析内液を凍結乾燥し、シュウ酸アンモニウム抽出ペクチン画分 (PS-HAO) とした。

0.25% シュウ酸アンモニウム抽出残渣に、4% 水酸化カリウム 200 mL を加え、室温にて振とう機に 24 時間かけ、遠心を行い、上清と沈殿に分けた。沈殿に再

び同量の4%水酸化カリウムを加え、同様の操作を行った。得られた上清をあわせ酢酸で中和した後、透析を行った。この透析内液を遠心にて上清と沈殿に分け、それぞれ凍結乾燥し、前者を4%水酸化カリウム抽出へミセルロース水可溶性画分(HC-I-WS)、後者を4%水酸化カリウム抽出へミセルロース水不溶性画分(HC-I-WIS)とした。4%水酸化カリウム抽出残渣に24%水酸化カリウム200mlを加え、4%水酸化カリウム抽出に準じた操作を行い、24%水酸化カリウム抽出へミセルロース水可溶性画分(HC-II-WS)および24%水酸化カリウム抽出へミセルロース水不溶性画分(HC-II-WIS)を得た。

24%水酸化カリウム抽出残渣は酢酸、水、エタノール、アセトンで順次洗浄した後凍結乾燥し、セルロース画分(CL)とした。

9) 粘度測定とポリフェノールの定量

PS-CW、PS-HW、PS-HAO、HC-I-WS、およびHC-II-WS、それぞれ180mgを10mLの蒸留水に溶解し、不溶物を遠心にて除去した。遠心上清を用いポリフェノール量はフォーリン-チオカルト法⁹⁾にてカテキン相当量として求めた。粘度は、5.0mL容メスピペットの目盛り5.0mLのところまで試料溶液を吸い上げ、目盛り3.0mLまで落下するのに要する時間を測定し、蒸留水で計測した値を1とし、その相対値で求めた¹⁰⁾。測定は室温20°Cの部屋で行った。

10) DEAE-Sephadex A-25 クロマトグラフィー

PS-CW(全糖量(Glc相当量)79.0mg)、PS-HW(92.7mg)、PS-HAO(105.3mg)、HC-I-WS(41.6mg)、およびHC-II-WS(95.6mg)を10mLの20mM酢酸緩衝液(pH 5.5)に溶解、遠心操作にて不溶物を除去して、上清を同緩衝液で平衡化したDEAE-Sephadex A-25カラム(直径2.5cm×10cm)にのせ、20mM酢酸緩衝液150mLで溶出した後、同緩衝液250mLと2.0M食塩を含む同緩衝液250mLを用いた直線的グラジエントにて溶出した。溶出液は5mLずつフラクションコレクターにて集め、各画分の全糖量と酸性糖量を測定した。

III. 結果及び考察

青森県平川市産のマルメロ果実可食部の食品成分(水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物、糖質、食物繊維、エネルギー、ナトリウム、リン、鉄、カル

シウム、カリウム、マグネシウム)の分析結果を表1に示す。分析した食品成分に関しては、七訂日本食品標準成分表に示されているマルメロ生果実可食部が示す値とほとんど差がなかった。また、平川産マルメロの食物繊維量(5.7g/100g)は同成分表記載のマルメロ(5.1g/100g)日本ナシ(0.9g/100g)やリンゴ(1.4g/100g)より多いことが示された。

表1. 平川市2016年産マルメロの食品成分(100gあたり)

食品成分	平川市2016年産	日本食品標準成分表(七訂)		
	マルメロ	マルメロ	日本ナシ	リンゴ
水分	84.3g	84.2g	88.0g	84.1g
タンパク質	0.2g	0.3g	0.3g	0.1g
脂質	0.1g未満	0.1g	0.1g	0.2g
灰分	0.3g	0.3g	0.3g	0.2g
炭水化物	15.2g	15.1g	11.3g	15.5g
糖質	9.5g	9.5g	8.3g	12.4g
食物繊維	5.7g	5.1g	0.9g	1.4g
エネルギー	50kcal	56kcal	43kcal	57kcal
ナトリウム	検出せず	1g	微量	微量
リン	13.6mg	14mg	11mg	12mg
鉄	0.13mg	0.13mg	0mg	0.1mg
カルシウム	9.0mg	11mg	2mg	3mg
カリウム	132mg	160mg	140mg	120mg
マグネシウム	5.1mg	7mg	5mg	3mg

マルメロは石細胞を含むため生食がほとんどなされず、香りと酸味を生かした加工品作りなされているが、リンゴあるいはマルメロ同様石細胞を有する日本ナシに比べ多くの食物繊維量を含むことは、マルメロは食物繊維のよい供給源でもある。この食物繊維の大部分は細胞壁成分に由来している。マルメロ可食部の80%エタノール不溶性画分が細胞壁成分に該当するが、実際得られた量は生重量100gあたり5.344gで、食品分析センターの食物繊維量分析結果5.7g/100gに近い値を示している。

80%エタノール不溶性画分(細胞壁画分)を、水、熱水、シュウ酸アンモニウムで順次抽出し、冷水抽出ペクチン画分(PS-CW)、熱水抽出ペクチン画分(PS-HW)、シュウ酸アンモニウム抽出ペクチン画分(PS-HAO)を得た。その後4%および24%水酸化カリウムで順次抽出操作を行い、4%水酸化カリウム抽出へミセルロース水可溶性画分(HC-I-WS)と水不溶性画分(HC-I-WIS)、および24%水酸化カリウム抽出へミセルロース水可溶性画分(HC-II-WS)と水不溶性画分(HC-II-WIS)を得た。24%水酸化カリウム抽出残渣をセルロース画分(CL)とした。図1には分画スキームと収量を、表2には収量、全糖量(Glc相当量)と酸性糖量(GalUA相当量)および構成中性糖組成を示した。

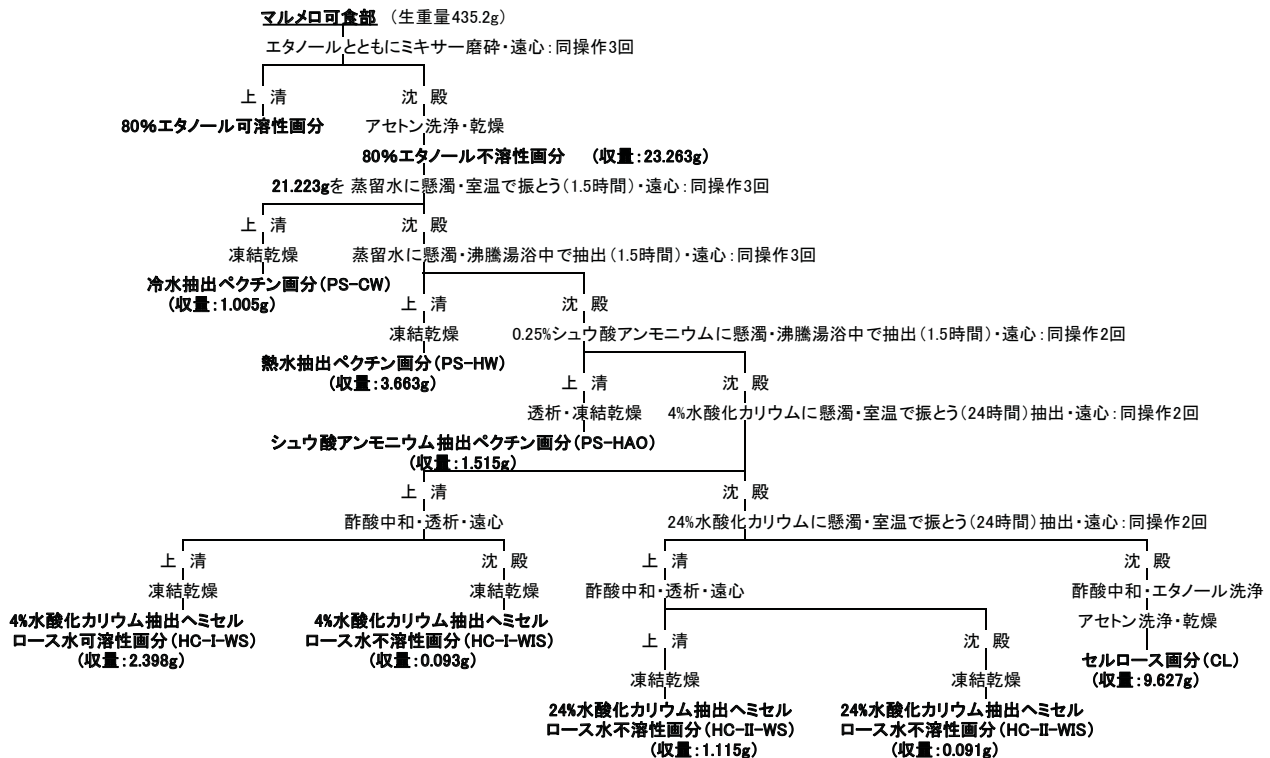


図1. マルメロ可食部の分画スキーム

表2. マルメロのアルコール不溶性画分を分画して得られた各画分の収量と構成糖組成

画分	乾燥重量	全糖量 Glc 相当量	酸性糖量 GalUA 相当量	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
PS-CW	1.005 g (5.2%)	448mg (4.6%)	91mg (2.4%)	0.2	14.9	1.6	23.4	50.0	6.7	3.3
PS-HW	3.663 g (18.8%)	1,169mg (12.0%)	1,648mg (43.7%)	0.9	53.3	6.5	26.6	7.5	3.6	1.8
PS-HAO	1.515 g (7.8%)	587mg (6.0%)	584mg (15.5%)	1.0	49.5	9.1	29.9	4.2	5.7	0.5
HC-I-WS	2.398 g (12.3%)	889mg (9.1%)	140mg (3.7%)	3.4	27.8	4.6	26.7	19.6	17.1	0.8
HC-I-WIS	0.093 g (0.5%)	31mg (0.3%)	5mg (0.1%)	3.6	23.9	3.6	27.5	25.9	14.8	0.7
HC-II-WS	1.115 g (5.7%)	751mg (7.7%)	110mg (2.9%)	6.9	9.3	2.0	19.4	29.6	25.4	7.3
HC-II-WIS	0.091 g (0.5%)	60mg (0.6%)	8mg (0.2%)	1.3	15.2	1.0	9.6	9.9	59.3	3.6
CL	9.627 g (49.4%)	5,844mg (59.8%)	1,182mg (31.4%)	0.4	9.4	1.2	8.4	56.5	21.1	3.0

PS画分の中でPS-CWは構成糖として多くのGlcを含んでいるが、これはエタノール抽出で抽出しきれなかった単糖・オリゴ糖や澱粉に由来するものと考えられる。このことを考慮すると、PS-CW、PS-HWやPS-HAOに含まれるペクチンはアラビナン(Araから成る)やガラクトサン(Galから成る)あるいはアラビノガラクトサン(AraとGalから成る)を側鎖に有するラムノガラクトナン(RhaとGalUAから成る)が主であると考えられる。さらに、ヘミセルロースのHC-I-WSはシュウ酸アンモニウムで十分抽出されなかったペクチンと代表的なヘミセルロースであ

るキシログルカン(Fuc, Gal, Xyl, Glc)が、そしてHC-II-WSはキシログルカンが主要多糖あると考えた。一般に、24%抽出残渣の大部分はセルロースすなわち構成糖としてGlcから成る。しかし、得られたCLはGlc以外に酸性糖やXylを多く含むことから、これらを構成糖とする多糖が強固に相互に結合していることが示唆される。

各画分に含まれている多糖類をさらに明確にするためにPS-CW、PS-HW、PS-HAO、HC-I-WS、およびHC-II-WSをDEAE-Sephadex-A-25のクロマトグラフィーに供した。

それぞれの溶出パターンを図2のA～Eに示す。また、各クロマトグラフィーで得られた各ピークの収量と構成糖を表3に示した。PS-CW、PS-HW、PS-HAO それぞれを陰イオン交換体のDEAE-Sephadexで分画した後の各画分の構成糖分析結果（A～C）は、これらPS画分を構成する多糖はアラビナン、ガラクトナンもしくはアラビノガラクトナンを側鎖に有するラムノガラクトンであることを明確に示している。さらに、表中の各PS画分の全糖量（TS）と酸性糖量（AS）の比TS/ASが示すようにペクチンの主鎖である酸性多糖ラムノガラクトンとアラビナンなどの中性糖側鎖の比率が異なるものが混在していることを示している。さらに、HC-I-WSとHC-II-WSの各画分の構成糖分析結果（D～E）は、これらヘミセルローズ画分にはPS-HOAと同様なペクチンが一部含まれるが、キシログルカン、アラビノキシラン（AraとXylから成る）、グルコマンナン（GlcとManから成る）などが含まれることを示唆している¹¹⁾。

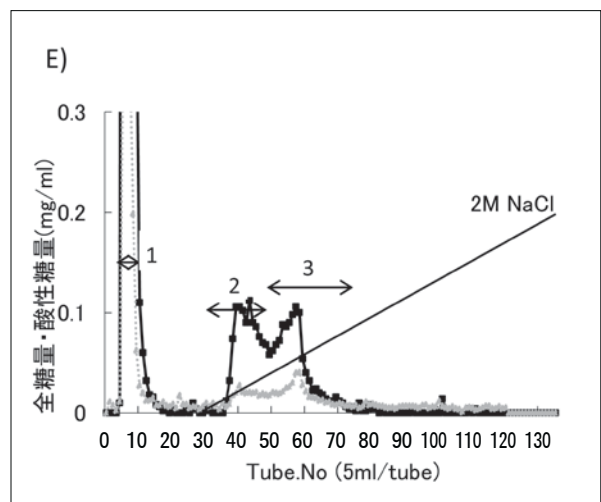
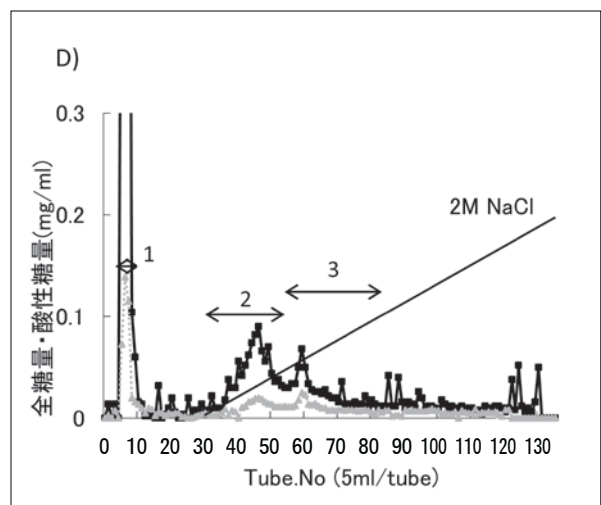
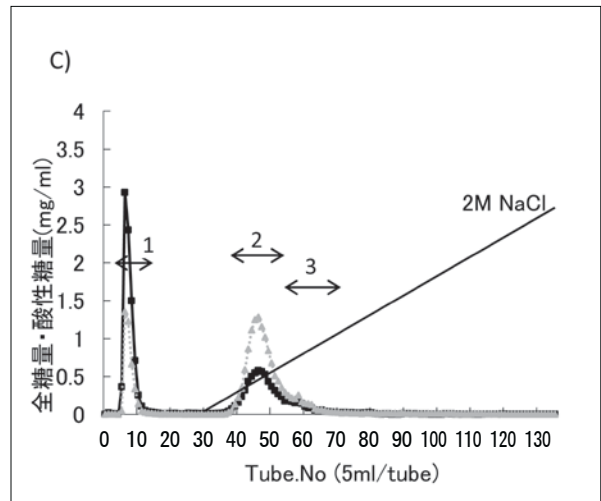
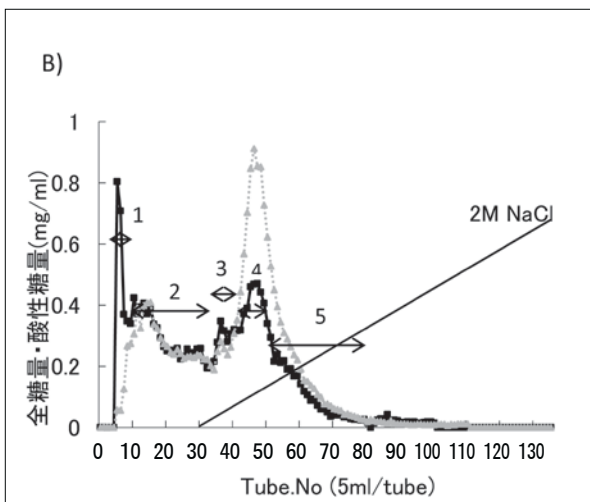
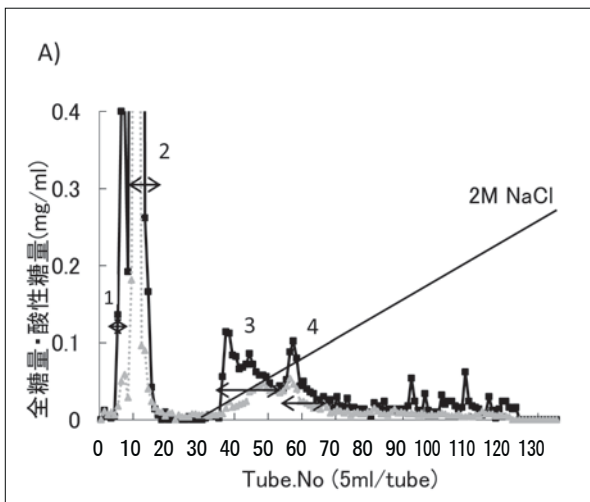


図2. 冷水抽出ペクチン画分（PS-CW）、熱水抽出ペクチン画分（PS-HW）、シュウ酸アンモニウム抽出画分（PS-HAO）、4%水酸化カリウム抽出ヘミセルローズ水可溶性画分（HC-I-WS）、24%水酸化カリウム抽出ヘミセルローズ水可溶性画分（HC-II-WS）のDEAE-Sephadex A-25クロマトグラフィー

PS-CW（全糖量（Glc相当量）79.0mg/10mL酢酸緩衝液、pH 5.5）、PS-HW（92.7mg）、PS-HAO

(105.3 mg)、HC-I-WS (41.6 mg)、および HC-II-WS (95.6 mg) をそれぞれ DEAE-Sephadex A-25 カラム (直径2.5 cm×10 cm) にのせた。20 mM 酢酸緩衝液 (pH 5.5) 150 mL で溶出した後、同緩衝液 250 mL と 2.0 M 食塩を含む同緩衝液 250 mL を用いた直線のグラジエントにて溶出した。溶出液は 5 mL ずつフラクションコレクターにて集め、各画分の全糖量 (—■—) と酸性糖量 (··▲··) を測定した。

(A) PS-CW: 試験管番号 5~8 (PS-CW-1)、9~16 (-2)、36~54 (-3)、55~67 (-4) をそれぞれ

回収し、Bio-Gel P-2 クロマトグラフィーで脱塩後濃縮した。(B) PS-HW: 試験管番号 5~9 (PS-HW-1)、10~32 (-2)、33~38 (-3)、39~52 (-4)、53~80 (-5) を得た。(C) PS-HAO: 試験管番号 5~15 (PS-HAO-1)、38~54 (-2)、55~70 (-3) を得た。(D) HC-I-WS: 試験管番号 5~9 (HS-I-WS-1)、35~55 (-2)、56~85 (-3) を得た。(E) HC-II-WS: 試験管番号 5~11 (HS-II-WS-1)、37~50 (-2)、51~73 (-3) を得た。

表 3. PS-CW、PS-HW、PS-HAO、HC-I-WS、HC-II-WS の DEAE-Sephadex A-25 クロマトグラフィーで得られた各画分 (図 2) の収量と構成糖組成

(A) PS-CW

画分	全糖量 (TS) Glc 相当量	酸性糖量 (AS) GalUA 相当量	TS/AS	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
PS-CW-1	5.7 mg (6.4%)	0.8 mg (4.3%)	7.1	0.8	32.8	2.7	45.7	8.9	3.2	5.9
PS-CW-2	73.4 mg (82.8%)	13.2 mg (70.6%)	5.6	0.0	3.7	0.0	9.8	78.5	6.9	1.0
PS-CW-3	6.3 mg (7.1%)	2.9 mg (15.5%)	2.2	0.2	25.0	10.4	32.2	8.9	13.5	9.7
PS-CW-4	3.2 mg (3.6%)	1.8 mg (9.6%)	1.8	0.9	29.7	14.7	35.5	8.3	3.4	7.5

(B) PS-HW

画分	全糖量 (TS) Glc 相当量	酸性糖量 (AS) GalUA 相当量	TS/AS	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
PS-HW-1	12.9 mg (13.9%)	3.9 mg (3.7%)	3.3	0.8	58.7	5.4	23.7	7.0	3.2	1.2
PS-HW-2	33.5 mg (36.0%)	32.7 mg (31.4%)	1.0	0.7	52.8	9.4	25.5	7.5	2.6	1.4
PS-HW-3	8.2 mg (8.8%)	7.1 mg (6.8%)	1.2	0.8	42.6	12.5	26.6	9.0	4.2	4.4
PS-HW-4	25.6 mg (27.5%)	42.1 mg (40.4%)	0.6	0.8	40.9	16.2	27.0	6.6	5.1	3.4
PS-HW-5	12.8 mg (13.8%)	18.5 mg (17.7%)	0.7	0.8	40.0	17.1	29.5	4.9	5.3	2.4

(C) PS-HAO

画分	全糖量 (TS) Glc 相当量	酸性糖量 (AS) GalUA 相当量	TS/AS	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
PS-HAO-1	42.1 mg (53.7%)	19.4 mg (23.0%)	2.2	0.7	49.2	12.3	28.9	4.1	4.2	0.6
PS-HAO-2	29.2 mg (37.2%)	55.6 mg (66.0%)	0.5	1.3	37.9	14.9	30.8	5.5	8.7	0.7
PS-HAO-3	7.1 mg (9.1%)	9.3 mg (11.0%)	0.8	1.3	37.7	19.6	29.4	4.4	6.2	1.4

(D) HC-I-WS

画分	全糖量 (TS) Glc 相当量	酸性糖量 (AS) GalUA 相当量	TS/AS	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
HC-I-WS-1	14.4 mg (62.6%)	1.8 mg (39.1%)	8.0	8.2	10.3	0.9	19.5	29.9	29.8	1.4
HC-I-WS-2	4.9 mg (21.3%)	1.2 mg (26.1%)	4.1	2.6	19.1	3.3	16.8	11.8	42.9	3.6
HC-I-WS-3	3.7 mg (16.1%)	1.6 mg (34.8%)	2.3	4.1	23.5	8.7	24.7	17.0	21.0	1.0

(E) HC-II-WS

画分	全糖量 (TS) Glc 相当量	酸性糖量 (AS) GalUA 相当量	TS/AS	構成中性糖 (%)						
				Fuc	Ara	Rha	Gal	Glc	Xyl	Man
HC-II-WS-1	60.9 mg (85.1%)	8.0 mg (69.6%)	7.6	9.6	4.8	1.2	20.7	23.1	29.3	11.2
HC-II-WS-2	5.7 mg (8.0%)	1.4 mg (12.2%)	4.1	4.0	12.9	3.8	19.3	19.9	24.6	15.5
HC-II-WS-3	5.0 mg (7.0%)	2.1 mg (18.3%)	2.4	3.8	23.2	6.1	25.3	17.4	21.7	2.6

これまで、細胞壁成分とポリフェノールの複合体や結合型ポリフェノールについて報告されている^{12,13)}。水野らは長野産の数種の果実（リンゴ、マルメロ、カリン、サンザシ、セイヨウナシ、ブルーベリー）の細胞壁構成成分の研究の中でリグニンや細胞壁結合型プロシアニジン定量して、マルメロには100 g新鮮重あたり0.80 gのリグニンが、また、189.9 mgの結合型プロシアニジンが含まれていることを報告している¹⁴⁾。平川産マルメロのエタノール不溶性画分を用いてリグニンを定量したところ生重量100 gあたり1.78 g含まれていることがわかった。平川産マルメロには多くのリグニンが含まれていることが示唆された。さらにPS-CW、PS-HW、PS-HAO、HC-I-WS、およびHC-II-WSに含まれるポリフェノールを、それぞれ、生重量100 gあたりで求めると、4.6 mg、55.6 mg、10.4 mg、34.3 mg、2.9 mgであった。これらがそれぞれの画分に含まれる多糖類と結合しているか否かは不明である。また、PS-CW、PS-HW、PS-HAO、HC-I-WS、およびHC-II-WSのもつ粘性を、メスピペットを用いて試料溶液の落下時間（秒）を水と比較するという簡便法で測定した¹⁰⁾。その結果PS-CW=2.86、PS-HW=38.05、PS-HAO=3.69、HC-I-WS=2.89、HC-II-WS=3.26で、PS-HWが他の画分に比べかなりの粘性を有することがわかった。

マルメロ細胞壁全体での占める割合、構成糖組成、ポリフェノールの含有量などを考えると熱水で得られる画分PS-HWの物性がジャムなどの加工品を製造する際に大きな影響を与えると推察される。これまでペクチンの栄養機能性¹⁵⁾、ポリフェノールの栄養機能性¹⁶⁾は数多く知られているが、複合体としての効果効能などの研究も今後必要と思われる。

本研究は青森県平川市と国立大学弘前大学との平成28年度連携調査事業の一つとして実施されたものである。マルメロをご提供くださいました平川市に感謝いたします。

引用文献

1) 農文協編：地域食材大百科第3巻 果実・木の実,ハー

- ブ, 農山漁村文化協会, 東京, 325-327 (2010)
- 2) <https://www.kudamononavi.com/graph/category/ca=47> (2019年1月11日アクセス)
- 3) 藤巻 宏 編：地域生物資源活用大事典, 農山漁村文化協会, 東京, 303-304 (2000)
- 4) 八田洋章, 大村三男 編：果物学 果物のなる樹のツリーウォッチング, 東海大学出版会, 362-363 (2010)
- 5) M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, F. Smith: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350-356 (1956)
- 6) T. Bitter, H. M. Muir: A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.*, **4**, 330-334 (1962)
- 7) 加藤陽治, 伊藤聖子, 渡辺敏幸：植物細胞壁多糖構成中性糖及び各種グルコ二糖類の陰イオンクロマトによる分析. 弘前大学教育学部紀要, **94**, 47-52 (2005)
- 8) Y. Kato, K. Matsuda: Presence of a xyloglucan in the cell wall of *Phaseolus aureus* hypocotyls. *Plant Cell Physiol.*, **17**, 1185-1198 (1976)
- 9) J. A. Singleton, R. Othofer and R. M. Lamuela-Raventós: Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods Enzymol.*, **299**, 152-178 (1999)
- 10) 加藤陽治, 田中順子：市販セルロース粉末およびペクチンがグルコースの *in vitro* における拡散速度に与える影響. 弘前大学教育学部紀要, **81**, 93-99 (1999)
- 11) 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)
- 12) C. Le Bourvellec, S. Guyot and C. M. G. C. Renard: Interaction between apple (*Malus x domestica* Borkh.) polyphenols and cell walls modulate the extractability of polysaccharides. *Carbohydr. Polymers*, **75**, 2511-261 (2009)
- 13) F. Saura-Calixto and M. E. Diaz-Rubio: Polyphenols associated with dietary fibre in wine. A wine polyphenols gap ?, *Food Res. International*, **40**, 613-619 (2007)
- 14) 水野由加里, 辻谷知子, 濱渦康範：数種果実の細胞壁構成成分の特徴と食品機能性. 園芸学研究, **9**, 113-120 (2010)
- 15) 辻 啓介, 森 文平 編：食物繊維の科学, 朝倉書店, 東京, 47-53 (1998)
- 16) 波多野 力 監修：ポリフェノール：薬用植物および食品の機能性成分. シーエムシー出版, 東京, (2012)

(2019. 1. 15 受理)