

밀감 가공부산물에서 추출한 펙틴의 특성

박용곤^{*} · 강윤한 · 차환수 · 김흥만 · 석호문
한국식품개발연구원

Properties of Pectin Extracted from By-product in Citrus Processing

Yong-Kon Park^{*}, Yoon-Han Kang, Hwan-Soo Cha, Hwang-Man Kim and Ho-Moon Seog
Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea

Abstract

The amount and characteristics of pectin in the albedo and flavedo layers of the citrus peels, and those of the pulp were investigated. Alcohol insoluble solid(AIS) content was the highest in albedo layer(18.1%), and the lowest in pulp(5.7%). The pulp and the albedo layer showed a potential pectin sources as containing pectins of 40.5% and 35.2% of the total polysaccharides of the pulp and the albedo layer, respectively. Total pectin contents were about 30% of the AIS and showed comparatively constant values among the byproducts. Hydrochloric acid soluble pectin contents were the highest in the flavedo layer, 14.0%, and the lowest in the pulp, 4.4%. Over 90% of the total pectin could be extracted after 60min with 0.05N HCl at 85°C. Microwave treatment reduced the extraction time significantly ; a comparable extraction yield was acquired after 10min with microwave treatment. The degree of esterification of the extracted pectin also increased with microwave treatment. Neutral sugars in the hydrolysate of the pectin were rhamnose, arabinose, galactose, glucose and xylose. No differences in molecular weight distribution of the pectin were found between the albedo and flavedo layers. Pectin of the pulp showed different molecular weight distribution from that of the peels.

Key words: citrus processing, byproduct, alcohol insoluble solid, pectin

서 론

국내에서 생산되는 온주밀감(*Citrus retiula*)의 경우 대략 생과용으로 80%, 가공용으로 20% 소비되며, 가공용 중에서는 90%가 주스용으로 이용되고 있다(1). 감귤을 이와 같은 형태로 소비할 경우 이로부터 껍질, 주스착즙박 등을 포함하여 대략 50% 정도의 부산물이 얻어질 수 있다. 이러한 감귤가공의 부산물로 얻어지는 막대한 양의 과피에는 우리가 유용하게 이용할 수 있는 펙틴질, 카로테노이드계 색소, 정유성분 등 많은 유효성분을 함유하고 있어 외국에서는 오래 전부터 이에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으나(2-17) 국내의 경우 이 방면에 대한 연구는 미흡한 실정이며(18-20), 이들 부산물의 극히 일부만이 사료 또는 한약재로 사용될 뿐 대부분이 폐기되어 수질오염의 원인이 되고 있는 실정이다. 밀감과피의 유효성분 중 펙틴은 옛부터

잼, 마아마레이드, 젤리 등의 제조에 이용되어 왔고, 최근에는 겔화, 증점, 유화안정 등의 목적으로 뿐만 아니라 다이어트 식품으로서 그 중요성이 강조되고 있다(3,5,21-23). 본 연구는 밀감가공시 대량으로 발생하는 부산물의 효율적인 활용을 위한 연구의 일환으로 먼저 이들 부산물에서 추출한 펙틴의 이화학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 감귤은 1993년 수확된 개당 평균 중량이 60~105g 정도의 것을 구입하여 먼저 과피를 분리한 후 다시 albedo층과 flavedo층으로 분리하였으며, 주스가공시 부산물인 펄프질은 해태음료(주)로부터 제공받아 사용하였다.

^{*}To whom all correspondence should be addressed

알콜불용성 고형물의 제조

과피, albedo, flavedo층 및 pulp질을 세절하고 여기에 최종 농도가 70%가 되게 20배의 에탄올을 가하여 80°C에서 1시간 환류추출하고 여과하여 얻은 잔사를 다시 75% 에탄올에 현탁하여 60°C에서 1시간 방치 후 여과하는 조작을 4~5회 반복하였다. 잔사를 무수에탄올, 아세톤으로 탈수처리하고 40°C에서 건조한 다음 분쇄하여 40mesh를 통과시켜 사용하였다(6).

알콜불용성 고형물의 구성다당류 분석

알콜불용성 고형물 2g에 0.5% ammonium oxalate, 10% sodium hydroxide 용액을 차례로 가하여 펙틴물질과 헤미셀룰로오스를 각각 추출하였으며, 남은 잔사를 물로 5회 수세하여 셀룰로오스물질을 얻었으며, 이들의 함량은 건조법에 의해 산출하였다(24).

가용성 펙틴의 분석 및 정량

알콜불용성 고형물 0.2g에 증류수 100ml를 가하여 30°C에서 2시간 교반, 여과하여 잔사는 동일조건에서 다시 추출, 여과하여 수용성 펙틴을 얻었다. 추출잔사에 0.2% ammonium oxalate 100ml를 가하여 수용성 펙틴과 동일하게 처리하여 염가용성 펙틴을 얻었다. 다시 추출잔사에 0.05N-HCl을 가하여 85°C에서 2시간 2회 추출, 여과하여 염산가용성 펙틴을 얻었으며, 마지막으로 추출잔사에 0.05N sodium hydroxide를 가하여 30°C에서 2시간 2회 추출하여 알카리 가용성 펙틴을 얻었다(7). 이들 가용성 펙틴의 정량은 carbazole-sulfuric acid법(25)에 따라 측정하였다.

조펙틴의 추출

펙틴의 추출은 열수 및 microwave 추출법으로 나누어 실시하였다(6). 열수추출법의 경우에는 알콜불용성 고형물 15g에 0.05N-HCl용액 1L를 가하여 85°C에서 30분 가온추출 후 여과하는 조작을 3회 반복하여 펙틴

을 추출하였다. Microwave 추출법의 경우에는 AIS 15g에 0.05N HCl용액 1L를 가하고 전자레인지(삼성, RE-700W, 2,450MHz, 650W)를 사용하여 90°C에서 5분간씩 3회 추출하였다. 이들 펙틴추출액의 pH를 6.0으로 조정된 후, 탈이온수에서 하룻밤 투석시켜 염류를 제거하고 추출액은 총량의 1/4 정도가 되게 감압농축시킨 뒤 농축액에 2.5배량의 에탄올을 가하여 하룻밤 방치하여 펙틴을 침전시킨 후 침전물을 70% 에탄올로 세척하고, 무수에탄올, 아세톤으로 탈수, 건조시켜 조펙틴을 얻었다.

조펙틴의 특성

조펙틴의 구성당 조성은 62% 황산용액에 펙틴 20mg을 넣어 하룻밤 방치시킨 다음 황산의 농도를 3%로 희석, 조절하고 끓는 물에서 8시간 가수분해시킨 후 NaOH로 중화시켰다(24). 분해액에 잔존하는 과잉의 염류를 제거하기 위해 Amberlite MB-3가 충전된 칼럼에 분해액을 통과시켜 이온성 물질을 제거한 다음 0.2μm membrane filter에 통과시켜 ion chromatography (Dionex BioLC, U.S.A)를 사용하여 구성당을 분리, 정량하였다. Methoxyl기 함량은 chromotropic acid법에(26) 따라 함량을 구한 다음 에스테르화도를 산출하였다. 펙틴의 분자량 분포는(27) gel permeation chromatography를 이용하여 펙틴용액을 Sepharose CL-4B로 충전된 칼럼(2.5×60cm)에 주입하고, 0.2M 염화나트륨용액을 이동상으로 하여 24ml/hr의 속도로 용출하였고, 용출액은 튜브당 6ml씩 fraction collector로 분취하여 carbazole-sulfuric acid로 발색시킨 후 525nm에서의 흡광도를 측정하여 분포곡선을 얻었다.

결과 및 고찰

알콜불용성 고형물의 특성

Table 1은 밀감의 부위별 알콜불용성 고형물의 수율과 구성다당류의 조성비를 조사한 결과이다. 수율은

Table 1. Percent distribution of pectic substance, hemicellulose and cellulose in alcohol insoluble solid of different parts of *Citrus unshiu* (%)

Sample	AIS yield	Pectic substance	Hemicellulose	Cellulose	Total ¹⁾ polysaccharide
Albedo	18.1	35.2(53.8)	8.3(12.7)	21.9(33.5)	65.4(100)
Flavedo	13.8	25.0(42.0)	10.2(17.1)	24.3(40.8)	59.5(100)
Pulp	5.7	40.5(60.5)	6.2(17.1)	20.0(40.8)	66.9(100)
Peel	15.2	34.0(48.5)	10.7(15.3)	25.4(36.2)	70.1(100)

¹⁾Sum of pectic substance, hemicellulose and cellulose
(): % of each fraction to the total polysaccharide

albedo층이 18.1%로서 가장 높고, pulp가 5.7%로서 가장 낮았으며 정유성분이 많이 축적된 flavedo층은 13.8%이었다.

과채류로부터 얻어진 알콜불용성 고형물은 주로 pectin, hemicellulose, cellulose 등의 비수용성인 고분자 물질들로 구성되어 있으며, 밀감에는 특히 펙틴의 함량이 높다(2,3). 밀감의 과피는 두껍고 펙틴질이 풍부한 흰 스포지상의 albedo층과 정유성분이 다량 축적된 flavedo층으로 이루어져 있고, 이들 2층을 합하여 과피라 하며(5,28), 이들 두가지층을 서로 분리하게 되면 각각의 특성에 맞는 유용물질을 쉽게 분리, 회수할 수 있게 된다.

알콜불용성 고형물의 구성 다당류의 조성을 살펴보면 펙틴질이 25.0~40.5%로 가장 높고, 부위별로는 pulp가 40.5%, albedo층이 35.2%를 차지하여 pectin 추출용으로서 좋은 소재가 될 수 있음을 나타내었다. 그러나 국내산 밀감의 경우 mandarin이 대부분을 차지하며, mandarin은 albedo층이 대단히 얇아 flavedo로부터 분리하기가 어려우며, 본 시험에서도 실험실적으로는 예리한 칼을 사용하여 albedo와 flavedo층을 분리하여 시험에 사용하긴 하였지만 이를 산업적으로 대량 처리할 수 있는 방법의 개발에는 무리한 점이 많을 것으로 추측되었다. 그러나 밀감의 경우 그들의 부위에 관계없이 구성다당류의 조성은 펙틴, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 순으로 높은 구성비를 보였다. 따라서 국내산 밀감 과피의 이용시에는 이들 두가지 층을 분리하지 않고, 그대로 사용하는 방안이 역점을 두어야 할 것으로 판단되어진다.

가용성 펙틴의 함량 및 구성비

Table 2는 밀감 가공부산물의 구성 부위별 가용성 펙틴의 함량과 총펙틴에 대한 개개 가용성 펙틴의 구성비를 조사한 결과이다. 과실의 조직내에서 유리된 상태로 존재하는 수용성 펙틴(WSP)은 albedo와 pulp가 8.8%로 거의 같은 함량을 나타내었고, 청과물의 세포벽을 구성하여 조직의 선도를 유지하는 것으로 알려

져 있어 protopectin으로 간주되는 염산 가용성 펙틴(HSP)은 flavedo층이 14.0%로서 가장 높은 값을 나타낸 반면 pulp는 4.4%로서 낮은 수치를 보였다. 반면 Mg, Ca 등 2가의 금속이온과 결합하는 염가용성 펙틴(ASP)은 pulp가 15.0%로서 과피의 6.5%에 비해 상대적으로 높았다.

개개 가용성 펙틴의 구성비를 살펴보면 albedo층과 과피는 염산가용성>수용성>염가용성>알칼리가용성 펙틴의 분획 순으로 높은 구성비를 보인 반면 pulp는 다른 부위의 그것과는 달리 염가용성 펙틴분획이 50.8%로 가장 높고, 수용성, 산가용성 펙틴 분획의 순으로 높은 구성비를 나타내었다.

일반적으로 청과물은 수확 후, 저장시일이 경과함에 따라 조직은 점차 연화되어지며 이와 함께 불용성의 HSP, ASP 등의 함량은 감소하는 반면, 유리형태의 WSP 함량은 증가하게 되므로 청과물의 육질의 특성은 펙틴의 질적, 양적 관계에 따라 좌우되게 된다(29). 한편 이들 가용성 펙틴의 총량을 살펴보면 대체로 알콜불용성 고형물의 30% 정도로서 부위별에 따른 큰 차이를 나타내지 않아 앞서 조사한 Table 1의 결과와는 다소 차이를 보였는데 이는 펙틴의 추출방법에 따른 차이로 생각된다. 이상의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 밀감가공 부산물인 과피와 pulp질 사이에는 펙틴의 조성에 차이가 있기는 하나 pulp의 경우 알콜불용성 고형물의 수율 측정 결과, 과피의 1/3 수준 정도에 불과한 점으로 미루어 보아 펙틴추출을 위한 부위로는 바람직하지 않을 것으로 사료된다.

열수 및 microwave에 의한 조펙틴의 추출

Table 3은 0.05N-HCl을 추출 용매로 하여 열수(85°C) 및 microwave 가열법으로 펙틴을 추출할 경우 추출회수에 따른 펙틴의 추출율을 조사한 결과로서 열수추출의 경우 30분 1차 가열처리시 펙틴량은 pulp의 12.4%에서 과피의 21.4%로 전체 펙틴량의 69~80%가 추출되었고, 이를 다시 2차 가열한 결과 알콜불용성 고형물에 대해 3.4~4.9%의 펙틴이 추출되어 총 60분

Table 2. Content of soluble pectin in alcohol insoluble solid of different parts of *Citrus unshiu* (%)

Sample	WSP	ASP	HSP	SSP	Total ¹⁾
Albedo	8.8(29.2)	6.7(22.2)	12.1(39.9)	2.6(8.7)	30.2(100)
Flavedo	5.0(16.3)	9.0(29.7)	14.0(46.1)	2.4(7.9)	30.4(100)
Pulp	8.8(30.3)	15.0(50.8)	4.4(14.7)	1.3(4.4)	29.5(100)
Peel	7.2(25.9)	6.5(23.3)	11.0(39.6)	3.1(11.1)	27.8(100)

¹⁾Sum of WSP, ASP, HSP and SSP

(): % of each fraction to the total, WSP: Water soluble pectin, ASP: Ammonium oxalate soluble pectin, HSP: Hydrochloric acid soluble pectin, SSP: Sodium hydroxide soluble pectin

Table 3. Content of pectin extracted by water bath at 85°C and microwave heating in component parts of *Citrus unshiu* (%)

Sample	Water bath				Microwave			
	1st (30min)	2nd (30min)	3rd (30min)	Total (90min)	1st (5min)	2nd (5min)	3rd (5min)	Total (15min)
Albedo	19.8(73.3)	4.9(18.1)	2.3(8.5)	27.0(100)	21.9(76.8)	4.3(15.1)	2.3(8.1)	28.5(100)
Flavedo	20.7(75.8)	4.1(15.0)	2.5(9.2)	27.3(100)	21.0(73.9)	4.0(14.1)	3.4(12.0)	28.4(100)
Pulp	12.4(68.9)	3.5(19.4)	2.1(11.2)	18.0(100)	11.6(65.2)	3.8(21.3)	2.4(13.4)	17.8(100)
Peel	21.4(79.9)	3.4(12.7)	2.0(7.5)	26.8(100)	21.8(76.8)	4.2(14.8)	2.4(8.5)	28.4(100)

A parenthesis shows component parts of total extracted pectin

Table 4. Methoxyl content and degree of esterification of pectin extracted by water bath at 85°C and microwave heating in component parts of *Citrus unshiu* (%)

Sample	Methoxyl content		Degree of esterification	
	W.B. ¹⁾	M.W. ²⁾	W.B. ¹⁾	M.W. ²⁾
Albedo	7.9	8.1	69.5	70.3
Flavedo	7.3	7.7	63.1	62.5
Pulp	4.1	4.9	45.8	48.2
Peel	7.5	7.6	67.2	68.1
Commercial citrus pectin		7.7		61.4

¹⁾Water bath heating at 85°C

²⁾Microwave heating

의 2회 추출로 pulp를 제외하고 알콜불용성 고형물에 존재하는 90% 이상의 펙틴이 추출되었다. Microwave 처리구의 경우 5분간 1회 가열에서 알콜불용성 고형물에 대해 11.6~21.9%의 펙틴이 추출되었고, 그 잔사에 0.05N-HCl을 가하여 5분간 2차 가열한 결과 3.8~4.3%가 추출되어 2회의 조사로 추출된 펙틴량은 총펙틴의 88.0~91.9%가 추출되었으나, 열수추출에서와 같이 부위별에 따른 차이는 크지 않았다.

펙틴물질은 세포막 또는 세포막 사이의 middle lamella에 불용성의 상태로 존재하고 있으므로(30), 이들 물질을 추출해 내기 위해서는 강산 또는 염류용액을 이용하여 장시간 가열처리하고 있으나 이와 같은 처리조건에 의해 추출된 펙틴은 그 성질이 원래의 상태와는 다소 변형될 우려가 있으므로 추출시간을 단축시키는 것이 유리할 것으로 보인다. 따라서 본 시험에서 나타난 바와 같이 펙틴추출을 위한 전처리로서는 장시간 열수처리에 의한 것 보다는 단시간 microwave에 의한 처리방식이 추출시간의 단축 뿐만 아니라, 수율의 면에서도 우수한 방법 중의 하나로 생각된다.

조펙틴의 특성

Table 4는 열수 및 microwave 가열에 의해 추출된 펙틴의 메톡실 함량과 에스테르화도를 측정된 결과이다. Microwave 가열의 경우 메톡실 함량은 pulp가 4.9

%로 가장 낮았으며, albedo가 8.1%로 가장 높았으며, pulp를 제외하고는 상업적인 감귤 펙틴의 메톡실 함량과 유사하였다. 한편 에스테르화도 측정 결과에 있어서도 열수 및 microwave 가열 모두 pulp질에서 추출한 펙틴이 45.8, 48.2%로 가장 낮았고, microwave 처리구가 열수추출한 펙틴에 비해 높은 값을 보였다. 본 시험에서 밀감 부위별로 추출한 펙틴은 과피, albedo, flavedo의 경우 slow set 타입의 고메톡실 펙틴에 속한 반면 pulp는 저메톡실 펙틴에 해당됨을 알 수 있다(30).

밀감의 경우 펙틴의 에스테르화도는 원료의 속도에 의한 것 보다는 과실의 부위에 따른 차이가 큰 것으로 알려져 있고(7), 본 시험의 결과에서도 부위에 따른 차이가 나타났다. 그러나 이와 같은 차이가 과실 부위의 성질에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 명확하지 않지만 microwave 처리의 경우, 가열회수가 많아짐에 따라 에스테르화도는 점차 저하되므로 1회의 가열시간을 5분 정도로 하여 반복 추출하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다(6).

열수 및 microwave 가열처리에 의해 추출한 조펙틴의 중성당 조성을 ion chromatography로 조사한 결과는 Table 5와 같다. Rhamnose, arabinose, galactose, glucose 및 xylose가 분리되었으며, 이들 중 galactose는 밀감의 부위에 관계없이 그 함량이 가장 높아 열수 처리구는 64~78%, microwave 처리구는 52~79%를 차지하였고, arabinose는 9.7~24.7%, 12~29%, rhamnose

Table 5. Percent distribution of neutral sugars of pectin extracted by water bath at 85°C and microwave heating in component parts of *Citrus unshiu* (%)

Sample	Water bath					Microwave				
	Rha	Ara	Gal	Glu	Xyl	Rha	Ara	Gal	Glu	Xyl
Albedo	8.3	9.7	77.9	3.1	1.0	7.8	12.0	78.4	1.2	0.5
Flavedo	9.6	24.7	58.9	4.5	2.3	7.7	20.1	69.5	1.7	0.9
Pulp	7.1	18.7	63.6	9.0	1.6	13.0	28.8	51.7	3.8	2.7
Peel	8.0	13.8	72.5	3.9	1.7	7.1	13.4	76.4	1.8	1.3

Rha: Rhamnose, Ara: Arabinose, Gal: Galactose, Glu: Glucose, Xyl: Xylose

는 각각 7.1~9.7%, 7.1~13.0%이었으며, glucose, xylose는 5% 이하이었다. 이와 같이 펙틴 측쇄에 결합된 중성당의 함량은 밀감의 부위에 따라 약간의 차이는 있었지만 그들의 조성비는 매우 유사한 경향을 나타내었는데 이는 Manabe와 Naohara(7)의 실험에서도 밀감의 부위에 따른 펙틴구성 중성당의 조성에는 현저한 차이를 나타내지 않은 점은 본 시험의 결과와 일치하는 경향이었다. 그러나 Manabe와 Naohara(7)가 온주 밀감으로 부터 추출한 펙틴의 중성당 조성을 조사한 결과에서는 본 실험에서 분리, 동정한 5종당 이외에 ribose 및 mannose 등 7종의 당을 검출하였고, 이들 중 arabinose가 전체 중성당의 40~50%를 차지한다고 보고한 바 있어 galactose가 주종을 이루고 있는 본 시험의 결과와는 차이를 나타내었는데 이는 원료 차이에 따른 것으로 생각된다.

열수 및 microwave 가열처리에 의해 추출된 pectin의 분자량 분포를 Sepharose CL-4B를 사용하여 gel permeation chromatography 한 결과는 Fig. 1과 같다.

시험 펙틴의 분자량 분포는 void volume 부근에서 용출되는 고분자 영역에서부터 분리 후기의 보다 분자량이 낮은 영역에 이르기까지 광범위하게 분포되어 있었으나 처리구에 관계없이 과피의 부위별에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 그러나 과피, albedo, flavedo 부위의 용출곡선과 pulp의 용출곡선을 비교하여 보면, 과피의 경우 용출 peak가 고분자 영역에서 나타나는데 비해 pulp의 경우 이보다 분자량이 낮은 영역에서 peak의 정점을 보이고 있고 그밖에 특이한 점은 pulp의 경우 고분자 영역에서도 양적으로는 크지 않으나 작은 peak가 하나 출현하는 것으로서 결국 pulp의 펙틴은 고분자 성분과 이보다 분자량이 낮은 성분의 것으로 구성되어져 있음을 말해 주는 결과로 생각된다.

요 약

밀감 가공부산물에서 추출한 펙틴의 특성을 조사한 결과 알콜불용성 고형물(AIS)의 함량은 albedo층이 18.1%로 가장 높고, pulp가 5.7%로 가장 낮았다. AIS 구성 다당류 중 펙틴은 pulp와 albedo층이 각각 40.5% 및 35.2%로 구성되어 있어 펙틴 추출용으로서 좋은 소재인 것으로 나타났다. 총 펙틴 함량은 부위에 따른 큰 차이를 보이지 않아 대체로 AIS에 대해 30% 내외 이었으나, 가용성 펙틴 중 염산 가용성 펙틴의 경우에는 flavedo층이 14.0%로 가장 높고, pulp가 4.4%로 가장 낮았으며, 염류 가용성 펙틴의 경우에는 pulp부위가 15%임에 비해 과피는 7% 정도로서 부위에 따른 차이가 나타났다. 0.05N-HCl을 사용하여 85°C의 열탕에서 펙틴을 추출한 결과 60분의 가열처리로 90% 이상의 펙틴이 용출되었으며, microwave의 경우 5분간 2회 조사시킴에 의해 90% 정도 추출되었으나 부위별에 따른 차이는 크지 않았고, 이들 펙틴의 에스테르화에 있어서는 microwave 처리구의 것이 다소 높은 값

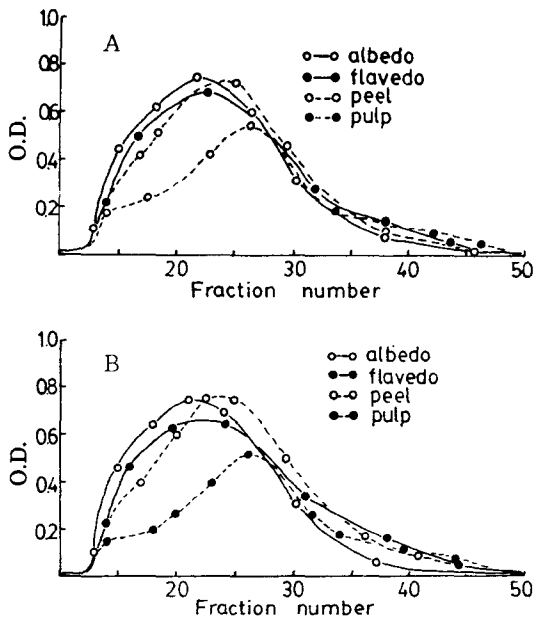


Fig. 1. Column chromatography on Sepharose CL-4B of pectin extracted by water bath at 85°C(A) and microwave heating(B) in component parts of *Citrus unshiu*.

을 나타내었다. 추출 펙틴의 중성당 조성을 조사한 결과 rhamnose, arabinose, galactose, glucose 및 xylose로 구성되어 있고, 이 중 galactose가 60~78% 정도를 차지한 반면 xylose는 5% 이하이었다. 펙틴의 분자량 분포를 Sepharose CL-4B를 이용, gel permeation chromatography로 조사한 결과 부위별에 따른 큰 차이는 보이지 않았으나 pulp의 경우 분리 피크가 2개로 나타나 pulp를 구성하는 펙틴은 분자량이 높은 것과 이보다 낮은 두 group으로 구성되어져 있음을 알 수 있었다.

문 헌

- 농수산부 : 농림통계연보, p.86(1993)
- Eaks, I. L. and Sinclair, W. B. : Cellulose-hemicellulose in the alcohol insoluble solids of valencia orange peel. *J. Food Sci.*, **45**, 985(1980)
- Ting, S. V. and Deszyek, E. J. : The carbohydrate in the peel of oranges and grapefruit. *J. Food Sci.*, **26**, 146(1961)
- Sakai, T. and Okushima, M. : Microbial production of pectin from citrus peel. *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**, 908(1980)
- Braddock, R. J. and Crandall, P. G. : Carbohydrate fiber from orange albedo. *J. Food Sci.*, **46**, 650(1981)
- Manabe, M., Naohara, J., Sato, T. and Okada, J. : The extraction of pectin by microwave heating. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 497(1988)
- Manabe, M. and Naohara, J. : Properties of pectin in satsuma mandarin fruits(*Citrus unshiu* Marc.), I. Studies on the properties and function on pectin in satsuma mandarin fruits(*Citrus unshiu* Marc.). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **33**, 602(1986)
- Curl, A. L. : Apo-10'-violaxanthin, a new carotenoid from valencia orange peels. *J. Food Sci.*, **32**, 141(1967)
- Kew, T. J. and Berry, R. E. : Citrus product color enhancement using extracts of peel of different varieties. *J. Food Sci.*, **35**, 436(1970)
- Berry, R. E., Wilson, C. W. and Bissett, O. W. : Recovery of natural orange pigments : An improved method applied to citrus processing waste. *J. Food Sci.*, **37**, 809(1972)
- Cohen, E., Sharon, R., Volman, L., Hoenig, R. and Saguy, I. : Characteristics of israeli citrus peel and citrus juice. *J. Food Sci.*, **49**, 987(1984)
- Berry, R. E., Bissett, O. W. and Kew, T. J. : Orange peel color extract : Its use and stability in citrus products. *J. Food Sci.*, **36**, 367(1971)
- Rosenberg, M., Mannheim, C. H. and Kopelman, I. J. : Carotenoid base food colorant extracted from orange peel by d-limonene-extraction-process and use. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, **17**, 270(1983)
- Rosenberg, M., Kopelman, I. J. and Mannheim, C. H. : Purification of citrus peel pigment preparate by gel permeation chromatography. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, **17**, 282(1983)
- Labaneiah, M. E. O., Abou-Donia, S. A., Mohamed, M. S. and El-Zalek, E. M. : Utilization of citrus wastes for the production of fungal protein. *J. Food Technol.*, **14**, 95(1979)
- Nishio, N., Oku, Y., Kawamura, D. and Nagai, S. : Liquefaction and saccharification of orange waste. *J. Ferment. Technol.*, **57**, 354(1979)
- Park, G. L., Avery, S. M., Byers, J. L. and Nelson, D. B. : Identification of bioflavonoids from citrus. *Food Tech.*, **12**, 98(1983)
- 장호남, 허중화 : 한국산 감귤과피의 효율적 이용에 관한 연구, I. 감귤과피의 열풍건조에 관하여. *한국식품과학회지*, **9**, 245(1977)
- 문수재, 손경희, 윤선, 이명혜, 이명희 : 한국산 감귤류 폐과피 내의 펙틴함량과 펙틴의 특성에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **14**, 63(1982)
- 장호남, 남경우, 허중화 : 한국산 감귤과피의 효율적 이용에 관한 연구, II. 펙틴, 헤스페리딘, 나린진의 함량에 관하여. *한국식품과학회지*, **9**, 251(1977)
- Braddock, R. J. : Utilization of citrus juice vesicle and peel fiber. *Food Tech.*, **12**, 85(1983)
- Swisher, H. E. and Pritchett, D. E. : Flavor enhancement of bakery goods with citrus products. *The Bakers Digest*, **43**, 53(1969)
- Belshaw, F. : Citrus flour-a new fiber, nutrient source. *Food Prod. Develop.*, **12**, 36(1978)
- Kaneko, K., Kuraaswa, H. and Maeda, Y. : Chemical properties of pectic substances and compositions of cell wall polysaccharides from Japanese radishes and their changes during drying and salting. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **27**, 298(1980)
- Bitter, T. and Muir, H. M. : A modified method of carbazol reaction. *Anal. Biochem.*, **4**, 330(1962)
- Hatanaka, C. and Ozawa, J. : Enzymic degradation of pectic acid, part IV. Action of carrot exo-polygalacturonase on the pectic acid prepared by saponification of pectin with alkali and pectin esterase. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **40**, 421(1966)
- Goto, A., Araki, C. and Izumi, Y. : Molecular weight distribution of water soluble pectin in citrus juice. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **29**, 155(1982)
- Donald, K. T. and Maynard, A. J. : Orange and tangerine juices. In "Fruit and vegetable juice processing technology" Donald, K. T. and Maynard, A. J.(eds.), AVI Publishing Company, INC., p.838(1961)
- Smit, C. J. B. and Bryant, E. F. : Properties of pectin fractions separated on diethylaminoethyl-cellulose columns. *J. Food Sci.*, **32**, 197(1967)
- 透上 倫子 : 野菜のべくチンとかたき. *New Food Industry*, **30**, 68(1988)

(1996년 4월 6일 접수)