

## 유자로부터 펙틴의 추출 및 이화학적 특성

박수미 · 이현희 · 장해춘\* · 김인철<sup>†</sup>

목포대학교 식품공학과  
\*조선대학교 식품영양학과

### Extraction and Physicochemical Properties of the Pectin in Citron Peel

Su-Mi Park, Hyun-Hee Lee, Hae-Choon Chang\* and In-Cheol Kim<sup>†</sup>

Dept. of Food Engineering, Mokpo National University, Mokpo 534-729, Korea

\*Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

#### Abstract

A pectic substance from citron peel was extracted with different methods to establish the optimum extraction conditions. The extraction yields of pectin with HCl, citrate and tartrate (concentration : 0.1 N, extraction ratio : 1 : 20) were 17.9%, 15.6% and 11.4%, respectively. Six times of 65% ethanol washing step was followed after first ethanol precipitation of acid extract for pure pectin. The degree of esterification (DE) of pectins was in the range of 43.0~47.6% and intrinsic viscosity was in the range of 0.94~2.63 ( $\eta_{sp}/C$  (dL/g)). The sugar compositions such as rhamnose, xylose, glucuronic acid, galacturonic acid, galactose and glucose were little different in three kinds of pectins except for the content of arabinose.

**Key words:** pectin, citron, acid extraction, methoxyl content, sugar compositions

#### 서 론

유자(citron, *Citrus junos*)(1)는 운향과의 상록 관목으로서 원산지는 중국이지만 현재 우리나라에서는 제주도를 포함하여 고흥, 완도, 장흥 등 남해안 일대에서 자생하는 것으로 년 평균기온 15°C 전후의 해양성 기후에서 잘 생육한다. 유자는 신맛이 강하고 향기가 고상하기 때문에 차 등의 음료에 이용이 되어져 왔고, 그 성분으로 평가하였을 때 비타민 A와 C의 함량이 풍부할 뿐만 아니라, 유자의 껍질에 다량 존재하는 정유 성분인 리모넨(limonene)은 향기와 더불어 항균 작용도 갖고 있기 때문에 그 이용 범위가 매우 넓다고 알려져 있다.

그러나 국내에서의 유자에 관한 연구는 주로 일반 성분 및 향에 관하여 이루어졌고(2-6) 유자를 이용한 식품 및 다른 가공품으로의 연구(7)는 많이 이루어지지 않은 반면 일본에서는 유자 주스 제조(8), 유자의 limonoid 화합물(9), carotenoid 조성(10) 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내 유자 생산량은 년간 13,000 M/T(11)에 이르고 있으며 최근에 들어 소목의 성장에 따라 그 생산량이 증가하고 있지만 소비는 생산량의 증가에 미치지 못하고 있으며, 국내에서 유자의 소비형태는 주로 관상용이나 유자청, 유자음료 등이 대부분이고 최근 들어 유자를 착즙하여 얻은 유자착즙액을

일본으로 수출하고 있다. 그러나 이는 과일 생산되는 유자를 소비하기에는 미흡하므로 유자를 활용할 수 있는 다양한 방법이 모색되어야 할 것이다.

유자는 고유의 향과 더불어 여러 유용성분이 있는데 다른 감귤류에 비하여 과즙이 적고, 과육 부분이 많기 때문에 펙틴 등의 섬유소 함량이 많을 것으로 추측되며, 또한 다량의 씨를 함유하고 있어 limonoids 화합물 등 많은 기능성 성분이 있을 것으로 기대되나 현재 국내에서 이에 대한 연구가 아직 미비한 실정이다. 감귤류의 펙틴(citrus pectin) 및 flavonoids 그리고 limonoids 화합물의 기능적인 측면으로 보았을 때 펙틴이 식이섬유(12)로서, 그리고 flavonoids(13)와 limonoids 화합물(14)은 발암 억제기능을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 펙틴의 경우 과거에는 잼이나 젤리의 응고제가 주된 용도였으나 최근 들어 항전이 활성(anti-metastasis activity)(15), 항괴양 활성(16) 등의 펙틴의 생리활성 기능이 보고됨에 따라 응용범위가 점차 확대되어 가고 있다. 특히 감귤류로부터 산처리하여 분리된 펙틴인 modified citrus pectin(MCP)은 암 전이를 방지하는 효과가 우수하여 이미 건강보조식품의 형태로 가공되어 판매되고 있다. MCP는 분자량이 10,000~20,000 사이이며, methoxyl 함량은 10% 이하 그리고 용해시의 pH 6.5 이상을 유지하는 조건을 지녀야 한다

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: ickim@chungkye.mokpo.ac.kr  
Phone: 82-61-450-2426. Fax: 82-61-454-1521

고 보고되고 있다(17).

본 연구는 유자 착즙액을 추출한 후 버려지는 유자박으로부터 유용물질을 분리하여 그 물질을 이용하고자 하는 연구의 일환으로서 여러 가지 분리조건에 의하여 펙틴물질을 추출하여 수율을 분석하고, 추출된 펙틴의 특성을 조사하여 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

착즙액을 생산하는 두원농협(고흥군)에서 수거한 유자박을  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 저장하면서 실험재료로 사용하였다. 유자박을  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 열풍건조하여 50 mesh로 분쇄한 후  $-4^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 분석용 시료로 사용하였다. 유자로부터 펙틴을 추출하기 위한 용매로는 HCl(Merck Co., Germany), citrate(Junsei Chem. Co., Japan), tartrate(Junsei Chem. Co., Japan) 등의 일반시약을 구입하여 사용하였다.

### 펙틴추출

펙틴은 산처리 방법을 이용하여 추출하였다. 건조된 분말시료에 각각의 유기산(citrate, tartrate)과 무기산(HCl)을 0.01, 0.05, 0.1 및 0.5 N의 농도를 1:10, 1:20, 1:30, 1:40의 비율로 넣고  $90^{\circ}\text{C}$ 에서 45분간 추출한 다음  $55^{\circ}\text{C}$ 에서 15분간 냉각하였다. 추출된 용액을 원심분리하여 상등액을 취한 후 상등액의 2배에 해당하는 95% ethanol을 넣어 침전시켰다. 이를 다시 원심분리하여 침전물만 얻은 후 당을 제거하기 위하여 2배에 해당하는 95% ethanol을 넣어 1회 세척하고 2배에 해당하는 65% ethanol을 넣어 5회 세척하였다. 세척하는 과정에서 펙틴 중에 남아있는 당 함량을 Molisch반응(18)을 이용하여 분석하였다. 상등액 0.5 mL를 취하여 5%  $\alpha$ -naphthol 20  $\mu\text{L}$ 를 가하여 혼합하고 여기에 진한 황산 1 mL를 주입하여 반응시킨 후 540 nm에서 측정하였다. 이렇게 얻어진 침전물은  $40^{\circ}\text{C}$ 에서 건조한 후 100 mesh로 분쇄하였다.

추출된 펙틴의 회분함량, 색도 및 intrinsic viscosity 측정 조회분함량 측정은 AOAC방법(19)에 따라  $550^{\circ}\text{C}$  회화로에서 향량이 될 때까지 무게를 측정하였다. 각각의 펙틴의 색도 측정(20)은 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L, a, b 값을 3회 반복하여 측정한 후 평균값으로 나타내었다. 펙틴의 intrinsic viscosity는 Cannon-Fenske capillary viscometer를 이용하였으며 일정량의 펙틴을 증류수에 넣고 상온에서 24시간 동안 교반하면서 녹인 후, 펙틴용액을 각각 10 mL씩 Cannon-Fenske capillary viscometer에 넣고  $25 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 에서 점도를 측정하였다(21).

Specific viscosity( $\eta_{sp}$ )와 intrinsic viscosity( $[\eta]$ )는 각각 다음 식을 이용하여 결정하였다.

$$\eta_{sp} = (\eta - \eta_s) / \eta_s$$

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{sp} / c$$

$$c \rightarrow 0$$

### 펙틴의 순도 및 methoxyl 함량 측정

펙틴의 순도는 추출펙틴의 galacturonic acid를 *m*-hydroxydiphenyl법(22)으로 측정하여 측정된 galacturonic acid 양을 시료 양에 대한 백분율로 나타내었다. 0.01%(w/v)의 펙틴용액 0.5 mL를 냉수에서 5분간 식힌 후 황산을 용매로 하여 만든 12.5 mM의 sodium tetraborate 3 mL를 첨가하여 혼합시켜  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 5분간 끓이고 다시 냉수에서 5분간 식힌다. 여기에 0.5%(w/v) sodium hydroxide에 녹인 0.15% (w/v) *m*-hydroxydiphenyl을 0.05 mL첨가하여 잘 혼합한다. 20분 후에 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 0.001~0.010% galacturonic acid(Sigma, Co., USA)를 사용하였다.

펙틴의 methoxyl 함량은 0.001~0.010% methanol을 표준물질로 사용하여 추출된 galacturonic acid 내의 carboxyl기의 에스테르화 정도를 Klavons & Bennett법(23)을 이용하여 측정하였다. 추출펙틴 3 mg을 증류수 5 mL에 녹인 후 1.0 N potassium hydroxide 용액을 5 mL 첨가하여 실온에서 30분간 정치시킨 다음 5%(v/v) *o*-phosphoric acid를 이용하여 용액의 pH를 7.5로 맞춘 후 전체 용액이 20 mL가 되게끔 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)를 첨가해서 stock solution을 제조하였다. Stock solution 중 1 mL를 취하여 1 unit/mL의 alcohol oxidase를 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에 용해시킨 용액 1 mL를 첨가한 후  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 15분간 반응시켰다. 2.0 M ammonium acetate와 0.05 M acetic acid에 용해된 0.02 M penta-2,4-dione 용액 2 mL를 첨가하고 잘 혼합한 뒤  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 15분간 열처리한 후 실온에서 식힌 뒤 412 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 펙틴의 당조성 분석

펙틴을 1 M methanolic-HCl에 녹여  $80^{\circ}\text{C}$ 에서 16시간 가수분해시킨 후, gas-chromatography(J & W Scientific DB1 fused-silica capillary column, Agilent Technologies, USA)로 분석하였다. 이때 내부표준물질로 myo-inositol(20  $\mu\text{g}$ )을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 펙틴 침전시 알콜세척 횟수의 결정

펙틴은 사용용도가 잼이나 젤리 등의 응고제 이외에도 식이섬유의 형태로 사용량이 증가하기 때문에 펙틴 속에 잔존하는 유리당은 펙틴을 겔화제가 아닌 기능성 식품으로 이용하고자 할 경우에는 될 수 있는 한 최소 농도로 존재하는 것이 바람직하다. 펙틴 속에 잔존하는 당의 제거는 대부분 펙틴 제조시의 세척과정에서 이루어지기 때문에 세척단계별로 유리당의 함량을 분석하여 최저 수준의 당 함량에 도달하는 세척 단계를 설정하였다. 산 추출액에 2배 부피의 95% ethanol을 넣어 침전시켜서 얻은 펙틴에 같은 부피의 95%, 65% ethanol로 침전물을 세척하며, 세척액 속에 잔존하는 당의 함량을

Molisch반응으로 측정값은 Fig. 1과 같다. 측정되는 당 함량은 포도당을 이용하여 표준 곡선을 작성한 후 포도당에 상당하는 양으로 계산하였다. 1회 세척액 속에 존재하는 당의 함량은 2.2~3.5 mg/mL의 농도였고, 3회 세척 시에는 0.2~0.4 mg/mL의 농도로 당이 존재하였으며, 6회 이상 세척하였을 때 0.2 mg/mL 이하의 농도로 더 이상 당 함량은 감소하지 않았기 때문에 펙틴 제조시 세척과정을 6회로 정하고 이후 펙틴 분리 실험에 적용하였다.

**펙틴추출**

여러 가지 산처리 조건을 달리하면서 펙틴을 추출한 결과는 Table 1과 같다. 추출용매의 비율을 1 : 10, 1 : 20, 1 : 30, 1 : 40으로 추출했을 때 추출용매의 비율이 증가할수록 추출되는 펙틴의 수율도 증가하는 경향을 보여주고 있으나 1 : 20 이상의 추출비율인 경우에는 추출 및 추출 후의 펙틴 침전 그리고 세척과정에서 요구되는 ethanol의 양을 고려했을 때 비경제적인 공정으로 판단되어 1 : 20의 비율이 가장 적당한 추출용매 비율로 판단되었다. 펙틴 추출에 사용한 산은 무기산으로는 HCl, 유기산으로는 citrate와 tartrate였는데 각각의 농도에 대한 펙틴의 추출 수율을 분석해보면 1 : 20의 추출비율인 경우, HCl은 0.05 N이 가장 높은 추출 수율을 보였으나 두 유기산은 모두 0.1 N의 농도에서 가장 높은 추출 수율을 나타내었다. 동일한 농도로 추출 수율을 비교해보면 0.1 N의 농도에서 citrate는 15.6%, tartrate는 11.4%이었고, HCl이 17.9%으로 가장 높은 수치를 보였다. 산의 농도가 0.5 N인 경우에는 무기산(HCl)으로 추출한 펙틴은 매우 검은 색을 나타내어 펙틴으로서의 사용이 어려울 것으로 판단되었고, 유기산(citrate, tartrate)의 경우도 초기 추출액의 점도가 매우 높아 불용성 물질과의 분리가 어려워 정확한 수율을 계산할 수 없어 Table 1에서는 자료를 제시하지 않았다. 본 실험의 결과를 기준에 보고된 다른 농산자원으로부터 추출한 펙틴

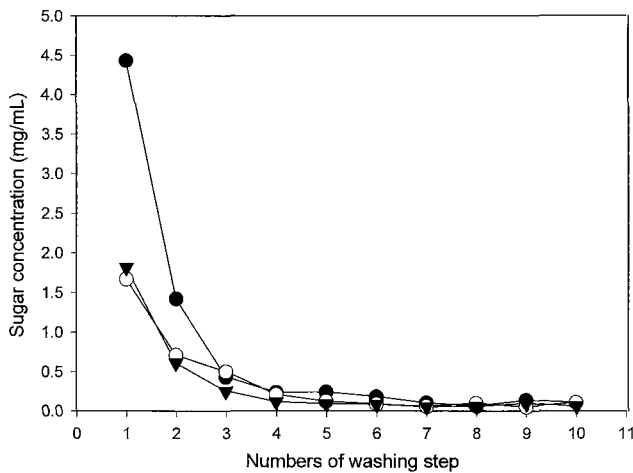


Fig. 1. Residual sugar contents in acid extracts following washing step with 65%-ethanol after 95% ethanol precipitation from citron peel.

●-● : 0.1 N HCl, ○-○ : 0.1 N citrate, ▲-▲ : 0.1 N tartrate.

Table 1. Yields of pectin extraction using different acid concentrations from citron peel (Unit : %, dry weight base)

Ratio	HCl			Citrate			Tartrate		
	0.01 N	0.05 N	0.1 N	0.01 N	0.05 N	0.1 N	0.01 N	0.05 N	0.1 N
1:10	4.2	7.8	8.6	4.5	4.9	7.0	5.0	5.7	7.5
1:20	9.2	18.7	17.9	8.9	11.4	15.6	8.0	10.0	11.4
1:30	11.2	19.1	18.9	8.5	13.6	15.6	7.9	9.6	11.4
1:40	11.5	18.2	17.7	6.3	13.7	15.8	8.1	10.4	10.8

의 수율과 비교한 결과는 Table 2와 같다. 펙틴물질을 추출하기 위한 방법으로는 크게 산 처리법과 polygalacturonase를 사용하는 효소적 처리법이 있는데, 산처리에 의한 펙틴의 추출 수율은 Erickson 등(24)이 chelating agent로 cyclohexane-trans-1,2-diamine-N,N,N',N'-tetraacetate(CDTA)를 사용하여 평지씨로부터 추출한 경우를 제외하고는 대부분의 농산물에서의 펙틴 추출함량은 20% 이하의 수율을 보였다(25-27).

**추출된 펙틴의 조회분, 색도 및 고유점도 측정**

추출된 펙틴의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 밝기를 나타내는 L값은 추출된 모든 펙틴이 유사한 값을 보이고 있으나 a와 b값의 경우는 무기산(HCl)으로 추출한 펙틴의 경우가 유기산(citrate, tartrate)으로 추출한 보다 높은 값을 보여주었고, 관능적으로도 무기산(HCl)으로 추출한 펙틴보다는 유기산(citrate, tartrate)으로 추출한 펙틴이 더 밝은 색을 나타내었다.

조회분 함량의 경우는 무기산(HCl)로 추출한 펙틴은 0.60%을 보이고 있으며 유기산(citrate, tartrate)으로 추출한 펙틴은

Table 2. Comparison of pectin extraction yield from various fruits

Source	Extraction method	Yield (% DWB <sup>1)</sup> )	Reference
Citron	0.1 N HCl, citrate, tartrate	15~19	this work
Apple	0.05 N HCl	8.0	25
Tangerine	1 N-HNO <sub>3</sub>	11.52	26
Galgal	0.1 N HCl	15.26	27
Rapeseed	0.02 M CDTA in phosphate buffer at pH 6.5	26.0	24

<sup>1)</sup>DWB : dry weight base.

Table 3. Color values of several pectins prepared in this experiment

Pectin sample <sup>1)</sup>	Hunter color values <sup>2)</sup>		
	L	a	b
A	+70.70	+3.59	+16.38
B	+76.58	+2.20	+15.91
C	+81.40	+1.52	+12.08

<sup>1)</sup>A : citron pectin extracted in 0.1 N HCl.

B : citron pectin extracted in 0.1 N citrate.

C : citron pectin extracted in 0.1 N tartrate.

<sup>2)</sup>L : brightness, a : red saturation index, b : yellow saturation index.

상대적으로 높았다. Tartrate로 추출하였을 경우는 12.12%의 가장 높은 회분 함량을 보였고 citrate로 추출한 펙틴은 6.79% 회분함량을 보이고 있어 무기산보다는 유기산으로 펙틴을 추출하였을 경우 상대적으로 높은 회분함량을 함유하는 펙틴이 추출되었다. Shi 등(20)은 유기산인 sodium hexametaphosphate(SHMP)를 이용하여 해바라기 종자로부터 추출한 펙틴의 조회분함량이 4~6% 내외였다고 보고하고 있다.

추출된 펙틴의 intrinsic viscosity의 결과는 Fig. 2와 Table 4에 나타내었다. 추출된 펙틴의 농도를 각각 다르게 하여 Cannon-Fenske capillary viscometer를 이용하여 측정하여 얻어진 intrinsic viscosity의 값은 citrate와 tartrate로 추출한 펙틴은 각각 2.58, 2.63이었고, HCl로 추출한 펙틴은 0.94의 값을 보여주었다. Lee 등(25)이 사과박에서 산을 이용하여 추출한 펙틴의 intrinsic viscosity는 1.56이며, 효소에 의해 추출되어진 펙틴의 경우는 0.43이고, Moon 등(26)이 감귤류 폐과피에서 추출한 펙틴의 intrinsic viscosity는 1.37이라고 보고하였는데 이들에 비해 본 실험에서 유기산으로 추출한 펙틴의 경우는 다소 높은 intrinsic viscosity값을 나타내었다.

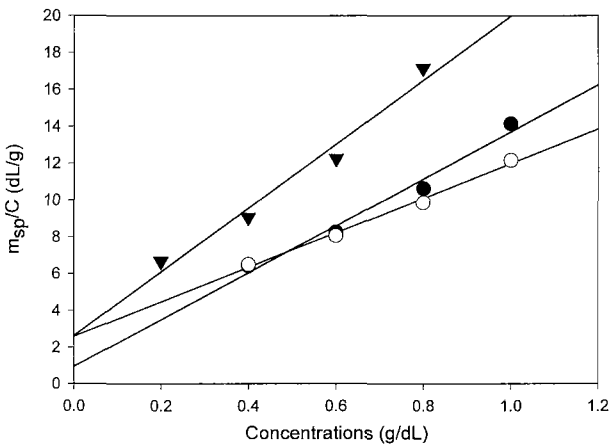


Fig. 2. Determination of the intrinsic viscosity of pectin prepared from citron peel.

The symbols indicate the pectin which was extracted from citron peel.  
●-●: 0.1 N HCl, ○-○: 0.1 N citrate, ▲-▲: 0.1 N tartrate.

Table 4. Comparison of intrinsic viscosity, chemical composition of pectins prepared in this experiment

Pectin sample <sup>1)</sup>	Anhydrouronic acid (%)	Methoxyl content (%)	Degree of esterification (%)	Intrinsic viscosity ([ $\eta$ ])
Control	68.16	5.69	47.40	-
A	64.24	5.38	47.55	0.94
B	49.79	3.87	44.13	2.58
C	47.96	3.63	42.97	2.63

<sup>1)</sup>Control: citrus pectin (Sigma. Co., USA).  
A: citron pectin extracted in 0.1 N HCl.  
B: citron pectin extracted in 0.1 N citrate.  
C: citron pectin extracted in 0.1 N tartrate.

Table 5. Sugar composition of citron pectin extracted in this experiment

Carbohydrate residues	A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	C <sup>3)</sup>
Arabinose	2.3	15.7	15.2
Rhamnose	4.7	4.6	3.8
Xylose	1.4	-	-
Glucuronic acid	6.0	4.4	5.8
Galacturonic acid	50.6	57.4	54.3
Galactose	18.4	8.5	11.7
Glucose	16.6	9.4	9.2
Rha:GalA	0.09	0.08	0.07

<sup>1)</sup>A: citron pectin extracted in 0.1 N HCl.  
<sup>2)</sup>B: citron pectin extracted in 0.1 N citrate.  
<sup>3)</sup>C: citron pectin extracted in 0.1 N tartrate.

펙틴의 순도, methoxyl 함량과 당 조성

분리된 펙틴의 anhydrouronic acid(AUA) 및 methoxyl 함량 그리고 당조성은 Table 5와 같다. AUA 함량은 HCl로 추출한 경우 4.24%, citrate는 49.79% 그리고 tartrate의 경우는 47.96%로 높은 함량을 보였다. Methoxyl 함량을 기준으로 계산된 펙틴의 DE 값은 추출된 모든 펙틴이 50% 이하의 값을 보여 low methoxyl pectin으로 분류될 수 있다.

펙틴의 당 조성은 무기산으로 추출된 펙틴의 경우가 유기산으로 추출된 펙틴보다 arabinose 함량이 크게 적은 것을 제외하고는 비슷한 조성을 보여주고 있으며, 본 연구결과도 lemon 펙틴의 경우(28)와 유사하게 xylose의 함량이 매우 낮게 관찰되었는데, 이는 감귤류 펙틴의 일반적인 경향으로 보여진다. 추출되어진 모든 펙틴은 rhamnose 함량이 4% 정도였다. 이 rhamnose는 펙틴의 생리활성 기능과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 최근 들어 rhamnogalacturonan에 대한 연구가 활발히 진행되고 있기 때문에 본 연구에서 분리된 펙틴도 향후 생리활성 기능을 탐색하는 물질로의 연구가 필요하다고 할 수 있다(29).

본 연구에서 추출된 펙틴도 일반적인 젤리 응고제로서의 특성뿐 아니라 새로운 기능성을 부여하기 위한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 유자 과즙 제조시 부산물로 생기는 유자박의 효율적인 활용을 위해 펙틴 물질을 추출하여 그 수율을 측정하였고, 추출된 펙틴의 특성을 조사하였다. 추출용매로서 무기산은 HCl을, 그리고 유기산은 citrate와 tartrate를 사용하였다. 각각의 용매에 대하여 추출비율을 달리하여 펙틴을 추출한 결과 1:20이 가장 좋은 비율(건조 유자박 : 용매, w/v)로 나타났으며, 사용한 추출용액의 최적 농도는 무기산인 경우는 0.05 N, 유기산인 경우는 0.1 N이었다. 펙틴 추출과정에서 펙틴에 잔존하는 당을 제거하기 위해 95% ethanol로 1차 펙틴을 침전시킨 후, 65% ethanol로 6회 세척하였다. 펙틴의 추출 수율은 0.05 N HCl은 18.7%, 0.1 N citrate는 15.5%, 그리고 0.1 N tartrate는 11.4%이었다. 추출한 펙틴의 DE는 42.97~

47.55%로 low methoxyl pectin으로 분류될 수 있으며, intrinsic viscosity는 0.94~2.63의 범위였다. 분리한 펙틴의 당 조성은 무기산으로 추출된 펙틴(4.2~4.7%)이 유기산으로 추출된 펙틴(15~19%)에 비하여 arabinose가 적은 함량을 나타내었고, rhamnose, xylose, glucuronic acid, galacturonic acid, galactose 그리고 glucose의 당 함량은 추출된 세 종류의 펙틴에서 큰 차이를 보이지 않았다.

### 감사의 글

본 연구는 1998년 농림기술개발사업의 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 이에 깊이 감사드립니다.

### 문헌

- Doosan World Encyclopedia CD-ROM (1996)
- Jung, J.H. : Studies on the amino acids of *Citrus junos*. *Kor. Agri. Chem. Soc.*, **15**, 170-175 (1972)
- Jung, J.H. : Studies on the chemical compositions of *Citrus junos* in Korea. *J. Kor. Agri. Chem. Soc.*, **17**, 63-80 (1974)
- Whang, H.J. and Yoon, K.R. : Carotenoid pigment of citrus fruits cultivated in Korea. *Kor. J. Food Sci. Tech.*, **27**, 950-957 (1995)
- Lee, H.Y., Kim, Y.M., Shin, D.H. and Sun, B.K. : Aroma components in Korean citron (*Citrus junos*). *Kor. J. Food Sci. Tech.*, **19**, 361-365 (1987)
- Lee, Y.C., Kim, I.H., Jeong, J.W., Kim, H.K. and Park, M.H. : Chemical characteristics of citron (*Citrus junos*) juices. *Kor. J. Food Sci. Tech.*, **26**, 552-556 (1994)
- Cha, Y.J., Lee, S.M., Ahn, B.J., Song, N.S. and Jeon, S.J. : Effect of replacement of sugar by sorbitol on the quality and storage stability of yuja-cheong. *J. Kor. Soc. Food & Nutrition.*, **19**, 13-20 (1990)
- Li, Z., Sawamura, M. and Kusunose, H. : Chemical studies on the quality of citrus juices. I. Role of furfural and 5-hydroxymethylfurfural in browning of yuzu juice. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **36**, 127-31 (1989)
- Hashinaga, F., Herman, Z. and Hasegawa, S. : Limonoids in seeds of citron. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**, 380-382 (1990)
- Kon, M. and Shimba, R. : Seasonal changes in color and carotenoid composition of citron and lisbon lemon peel. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **34**, 28-31 (1987)
- 전남발전연구원 : 고흥군 유자산업의 실태와 경쟁력 제고전략. p.21-30 (1995)
- Robert, A.B. : Potential dietary benefits of citrus pectin and fiber. *Food Tech.*, **48**, 133-139 (1994)
- Bracke, M.E., Bruyneel, E.A., Vermeulen, S.J., Vennekens, K., Marck, V.V. and Mareel, M.M. : Citrus flavonoid effect on tumor invasion and matastasis. *Food Tech.*, **11**, 121-124 (1994)
- Lam, L.K.T., Zhang, J. and Hasegawa, S. : Citrus limonoid reduction of chemically induced tumorigenesis. *Food Tech.*, **11**, 104-119 (1994)
- Platt, D. and Raz, A. : Modulation of the lung colonization of B-16-F1 melanoma cells by citrus pectin. *L. Nat. Cancer Inst.*, **84**, 438-442 (1992)
- Hirano, M., Kiyohara, H., Matsumoto, T. and Yamada, H. : Structural studies of rhamnopolygalacturonase-resistant fragments of an antiulcer pectin from roots of *Bupleurum falcatum* L. *Carbohydrate Res.*, **251**, 145-162 (1994)
- Pienta, K.J., Naik, H., Akhtar, A., Yamazaki, K., Replogle, T.S., Lehr, J., Donat, T.L., Tait, L., Hogan, V. and Raz, A. : Inhibition of spontaneous matastasis in a rat prostate cancer model by oral administration of modified citrus pectin. *J. Nat. Cancer Inst.*, **87**, 348-353 (1995)
- Eun, J.B., Jung, Y.M. and Woo, G.J. : Identification and determination of dietary fibers and flavonoids in pulp and peel of Korean tangerine (*Citrus aurantium* var.). *Kor. J. Food Soc. Tech.*, **28**, 371-377 (1996)
- AOAC : *Official Methods of Analysis*. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA (1983)
- Shi, X.Q., Chang, K.C. and Sehwarz, J.G. : Effect of counter-current ethanol washing on sunflower pectin quality. *Carbohydrate Pol.*, **27**, 171-175 (1995)
- Hwang, J.K. : Rheological properties of citrus pectin solutions. *Kor. J. Food Soc. Tech.*, **27**, 799-806 (1995)
- Blumenkrantz, N. and Asboe-Hansen, G. : New method of quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochem.*, **54**, 484-489 (1973)
- Klavons, J.A. and Bennett, R.D. : Determination of methanol using alcohol oxidase and methyl ester content of pectins. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 597-599 (1986)
- Erickson, I., Anderson, R. and Aman, P. : Extraction of pectic substances from dehulled rapeseed. *Carbohydrate Res.*, **301**, 177-185 (1997)
- Lee, S.C., Yuk, H.G. and Bae, S.M. : Extraction of pectin with exo-polygalacturonase from apple pomace. *Kor. J. Food Soc. Tech.*, **31**, 68-73 (1999)
- Moon, S.J., Sohn, K.H. and Lee, M.H. : The content and chemical and physical properties of the pectin in tangerine peel. *Kor. J. Food Soc. Tech.*, **14**, 63-66 (1982)
- Attri, B.L. and Maina, S.B. : Pectin from galgal (*Citrus pseudolimon* Tan.) peel. *Bioresource Tech.*, **55**, 89-91 (1996)
- Ros, J.M., Schols, H.A. and Voragen, A.G.J. : Extraction, characterization, and enzymatic degradation of lemon peel pectins. *Carbohydrate Res.*, **282**, 271-284 (1996)
- Scols, H., Voragen, A.G.J. and Colquhoun, I.J. : Isolation and characterization of rhamnogalacturonan oligomers, liberated during degradation of pectic hairy regions by rhamnogalacturonase. *Carbohydrate Res.*, **256**, 97-111 (1994)

(2001년 5월 25일 접수)