

## 식물세포분리효소를 이용한 수박과 참외의 단세포 함유 반응물 특성

박용곤\* · 강유한<sup>1</sup>

한국식품개발연구원, <sup>1</sup>원주대학 식품과학과

### Characteristics of Suspension Containing Single Cells from Watermelon and Muskmelon Treated with Cell Separating Enzymes

Yong-Kon Park\* and Yoon-Han Kang<sup>1</sup>

Korea Food Research Institute

<sup>1</sup>Department of Food Science, Wonju National College

Cell-separating enzymes were used to investigate enzymatic maceration of watermelon and muskmelon containing single cells. Watermelon and muskmelon were macerated with Macerozyme A and Sumyzyme MC for 30-120 min. Changes in maceration properties such as yields, color, viscosity, total sugar, total pectin, total polyphenol, particle size distribution, minerals, and free amino acids of suspensions after enzymatic disintegration were investigated. Contents of biochemical components in the supernatant of suspensions increased with increasing treatment time. Suspensions containing single cells showed good thermal stability without affecting original qualities. Mineral content of single-cell suspension was higher than those of watermelon and muskmelon juices. Potassium contents of single-cell suspension and juice were 240.8 and 172.7 mg%, respectively. Results suggest single-cell suspensions of watermelon and muskmelon can be utilized as ingredients for new beverages.

**Key words:** cell separating enzymes, maceration, suspension

## 서 론

일반적으로 식물세포벽은 얇은 제1차 세포벽(primary cell wall) 과 비교적 두꺼운 제2차 세포벽(secondary cell wall) 및 세포사이를 연결하는 중엽(middle lamella)의 세부분으로 나누어지며, 이들은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴질, 리그닌, 단백질 등으로 구성되어 있다(1). 이 중 펙틴질은 주로 세포벽과 세포벽 사이에 존재하는 불용성의 고분자 다당류로서 펙틴물질 상호간 및 헤미셀룰로오스와의 공유결합되어 있으며, 셀룰로오스와는 수소결합에 의해 상호결합되어 있다(2). 식물체의 조직을 붕괴 또는 분해하기 위해서 기계적으로 마쇄, 착즙할 경우 식물체의 조직을 구성하는 개개의 세포를 분리하는 것은 불가능하기 때문에 마쇄물은 작은 입자의 유조직 파편, 덩어리진 세포로 구성되므로 원료내 존재하는 영양소의 이행률이 낮을 뿐 아니라 이들 착즙액은 수율이 낮고, 열에 의해 변성되기 쉽고 안정성이 떨어져, 농산물 원료에 따라서는 세포벽이나 세포막이 파괴되므로 인해 나쁜 냄새를 발현하고, 착즙액의 색상이

불안정한 단점을 지니게 된다. 식물체의 중엽과 1차 세포벽의 주성분은 프로토펙틴으로 구성되어 있다. 프로토펙틴은 식물조직에서 발견된 불용성의 펙틴질로 특수한 분해가 있어야만 가용화되고, 식물세포간 유착의 기능을 가진다(3,4). 프로토펙틴을 가용화할 수 있는 효소를 식물세포분리효소(protopectinase 또는 cell separating enzyme, 이하 CSE라 함)라 하는데, 이 효소는 식물조직내의 세포간극 물질에 작용하여 세포를 서로 분리하여 가용성 펙틴을 유리하나 앞서 언급한 펙틴분해효소와는 달리 가용화된 펙틴은 분해하지 않는 특성을 지니고 있다(5-7). CSE에 의한 단세포화와 관련된 연구로는 endopolygalacturonase에 의한 채소류 조직의 단세포화(8)와 단세포물이 함유된 주스, 카테일 및 이유식 등의 제조 가능성(9), 프로토펙틴 가용화 효소를 생산하는 미생물의 분리, 동정(10), endopolygalacturonase에 의해 단세포화된 분해물의 특성중 입도분포 조사(11), maceration정도를 측정하기 위한 absorption weighing method의 도입(12), endopolygalacturonase 효소농도별 및 반응시간에 따라 채소류의 입자크기 분포의 변화 조사(13), 또한 단세포로 분해하기 전에 ruthenium red염색에 의해 두 중의 펙틴물질의 분포를 관찰한 바 있다(14). 그러나 이들 대부분의 연구들은 CSE 및 이들 효소에 의한 반응물의 특성과 관련된 연구들로 실제 이들 효소를 이용한 상업적 제품 개발에 관한 보고는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 수박과 참외의 조직을 개개의 세포단위로 미세화할 수 있는 반응조건에서 제조한 단세포 함유 반응물의 특성을 조사하였기에 보고하고자 한다.

\*Corresponding author: Yong-Kon Park, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-420, Korea  
Tel: 82-31-780-9012  
Fax: 82-31-780-9234  
E-mail: ykpark@kfri.re.kr

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 수박, 참외는 향미가 우수한 완숙과를 농산물시장에서 구입하여 사용하였다. 이들의 단세포화를 위해 사용한 효소는 protopectinase 중 Macerozyme A는 일본 Yakult사, Sumyzyme MC는 신일본화학공업(주)에서 구입하여 사용하였다.

### 반응물, 단세포 함유 반응물의 용량 및 수율

단세포 함유 반응물의 반응시간 변화에 따른 특성 변화를 보다 면밀히 조사하기 위해 수박과 참외를 시료로 하여 Macerozyme A, Sumyzyme MC 효소 0.05%(w/w), 1.7배의 0.1 M citrate-0.2 M phosphate buffer(pH 4.5)를 첨가하고 반응시간을 달리하여 얻은 반응물을 대상으로 하였다. 농산물의 반응물은 초기 원료 농산물의 중량에 대한 반응 후 1 mm sieve상에 남은 잔사의 중량 백분비로 산출하였다. 수율측정은 단세포 함유 반응물을 3,000×g에서 5분간 원심분리하여 얻어진 침전물을 단세포 분획물로 하여 원료의 중량 백분비로 산출하였다(15).

### 단세포 함유 반응물의 색도

단세포 함유 반응물의 색도는 색도계(ColorQUESTII, Hunter-Lab, USA)를 사용하여 L(lightness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness), ΔE(color difference)를 측정하였다. 이때 사용한 백색판은 L=92.68, a=-0.81, b=0.86의 값을 가진 표준판을 사용하였다.

### 단세포 함유 반응물의 점도

반응물의 점도는 회전식 점도계인 Haake Viscometer(Rotovisco RV20, Germany)를 이용하여 전단속도를 0-1200(1/s), 측정온도를 25°C를 유지하면서 측정하였으며, 이때 cup과 rotor는 NV type을 사용하였다.

### 총당

단세포 함유 반응물을 원심분리하여 얻은 상등액 중의 총당 함량은 페놀-황산법에 따라 상등액 1 mL에 페놀시약 1 mL와 황산 5 mL를 가하여 발색시킨 후 20분 방치하고 470 nm에서 흡광도를 측정하여 glucose로 작성한 표준곡선으로부터 총당 함량을 산출하였다.

### 총펙틴

단세포 함유 반응물 중 펙틴의 정량은 원심분리하여 얻은 상등액 1 mL에 0.5 mL의 carbazole용액을 가하여 교반한 다음 황산 6 mL를 가하여 85°C에서 5분간 가열하고 실온에서 15분간 방치시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하여 galacturonic acid로 작성한 표준곡선으로부터 산출하였다.

### 총폴리페놀

단세포 함유 반응물을 원심분리하여 얻은 상등액 5 mL에 Folin 시약 5 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 mL를 가하여 혼합하고 1시간 방치 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid로 환산하였다.

### 입도분포

단세포 함유 반응물 중 개개 입자의 크기 분포는 particle size analyzer(CILAS, France)를 사용하여 size(0-500 μm) 대비 입자

의 weight distribution을 누적 백분율로 나타내었다.

### 무기질

착즙주스와 단세포 함유 반응물을 건식회화에서 얻어진 회분에 소량의 탈이온수를 첨가하여 회화된 시료를 적신 후 HNO<sub>3</sub> 용액(HNO<sub>3</sub>: 이온교환수 = 1:1) 5 mL를 가하여 100-120°C의 hot plate에서 증발, 건조시킨 다음 500°C의 회화에서 1시간 재회화시켰다. 이를 냉각하고 HCl 용액(HCl: 이온교환수 = 1:1)을 10 mL 가하여 용해한 후 여과하여 100 mL로 정용하였다. 무기질 분석은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Jobin Yvon Co., France)로 정량분석하였다.

### 유리아미노산

박피한 참외를 homogenizer로 마쇄한 것, 이것을 착즙한 주스 및 단세포 함유 반응물 각 10 g을 75% 에탄올로 85°C에서 환류추출, 냉각, 여과하여 50°C에서 농축하고 100 mL로 정용하였다. 여기서 50 mL를 취하여 40 mL의 25% TCA를 첨가, 교반하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하였다. 상등액에 100 mL의 diethyl ether를 첨가하여 ether 가용성 분획을 제거하는 조작을 3회 반복하고 수용액층을 모아 최종 10 mL로 농축한 것을 0.2 μm membrane filter로 여과하였다. HPLC의 분석조건에서 컬럼은 Pico-Tag 컬럼(3.9×150 mm, Waters)을 사용하였으며 용출용매로는 A용매와 B용매(60% acetonitrile)를 제조하여 비율을 증가시키면서 용출시켰다. 여기서 A용매는 buffer로 0.14 M sodium acetate trihydrate(0.05% triethylamine, pH 6.4)를 용매로 하였다. 유속은 2 mL/min이었으며 UV(254 nm) detector를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 원료의 반응물과 단세포 함유 반응물의 수율

수박의 경우 껍질과 과육이 차지하는 비율이 37.8, 62.2%라고 볼 때 껍질을 제거하고 반응할 경우 반응물은 다른 농산물에 비해 매우 높은 편이다. 참외의 경우도 껍질, 과육 및 속이 차지하는 비율이 각각 18.0, 66.0, 16.0%로 나타나 이들을 쉽게 제거할 수 있다. Table 1은 이들 과실의 단세포화로 얻을 수 있는 단세포의 수율, 원료의 반응물 나타낸 것이다. Sumyzyme MC로 처리시 반응물에 있어서 수박의 경우 30분 경과시 반응률이 73.6%, 2시간 경과시 96.2%로 22.6% 상승하였으며 참외는 30분 경과시 반응률이 61.8%, 2시간 경과시 82.0%로 20.2% 상승하였다. 단세포 수율은 수박은 30분이 5.4에서 2시간 후 11.8, 참외는 14.6에서 20.2로 반응물은 수박이 높으나 단세포 함유 반응물을 원심분리한 다음 얻은 단세포의 수율은 참외가 높은 것으로 나타났다.

### 단세포 함유 반응물의 색도

Table 2는 수박, 참외 단세포 함유 반응물의 색도를 측정하는 것으로 수박의 경우 ΔE값이 30-120분 사이에 Macerozyme A 처리구에서 67.17-67.61, Sumyzyme MC 처리구에서 67.15-67.57을 나타내었다. Sumyzyme MC로 처리시 수박의 경우 L값은 반응 30분 후 26.23에서 반응 2시간 후 25.75로 다소 감소했으며, a값은 반응 30분 후 8.53인 것이 반응 2시간 후 8.08로 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 수박의 경우 단시간에 원료의 반응률이 높은 것에 기인된 것으로 판단된다. 따

**Table 1. Effects of reaction time on single cell yield and maceration rate of watermelon and muskmelon treated with different cell separating enzymes** (Unit: %)

Reaction time (min)	Macrozyme A		Sumyzyme MC	
	Yield of single cell	Ratio of maceration	Yield of single cell	Ratio of maceration
<b>Watermelon</b>				
30	6.6	73.8	5.4	73.6
60	6.6	88.0	7.3	89.4
90	9.0	91.4	9.8	91.6
120	12.4	96.0	11.8	96.2
<b>Muskmelon</b>				
30	16.4	62.4	14.6	61.8
60	15.6	72.4	16.4	74.8
90	20.2	76.6	16.8	80.2
120	18.0	82.6	20.2	82.0

**Table 2. Effects on various enzymes and time of incubation on color value of macerated suspension in watermelon and muskmelon by cell separating enzymes**

Reaction time (min)	Macrozyme A				Sumyzyme MC			
	L <sup>1)</sup>	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
<b>Watermelon</b>								
30	26.19	8.35	3.52	67.17	26.23	8.53	3.61	67.15
60	26.21	8.70	4.06	67.22	26.18	8.77	4.03	67.25
90	25.96	8.61	4.07	67.45	25.96	8.55	4.05	67.44
120	25.74	8.32	3.78	67.61	25.75	8.08	3.65	67.57
<b>Muskmelon</b>								
30	35.42	-1.19	5.43	57.44	35.32	-1.20	5.22	57.52
60	35.60	-1.37	5.62	57.28	35.36	-1.07	5.27	57.49
90	36.19	-1.56	4.76	56.63	35.77	-1.43	4.67	57.04
120	35.73	-1.50	5.01	57.10	35.60	-1.18	4.72	57.20

<sup>1)</sup>L: lightness, a: redness/greenness, b: yellowness/blueness, ΔE: color difference.

라서 수박을 이용한 단세포 함유 반응물 제조시 CSE에 의한 수박 고유의 색인 붉은 색의 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 참외의 경우 L값은 반응 30분 후 35.32에서 반응 2시간 후 35.60으로 거의 유사했으며 황색도를 나타내는 b 값은 반응 30분 후 5.22인 것이 반응 2시간 후 4.72로 다소 감소한 것으로 나타났다.

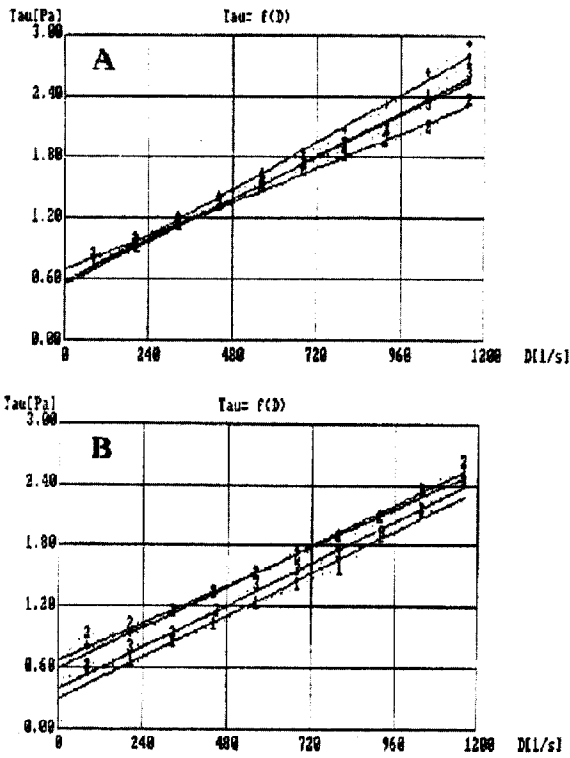
#### 단세포 함유 반응물의 점도

Fig. 1은 수박을 Macrozyme A, Sumyzyme MC 처리하여 얻은 단세포 함유 반응물의 점도변화를 전단속도에 따른 전단 응력의 값으로 나타낸 것으로 반응시간이 30-120분으로 경과됨에 따라 수박 단세포 함유 반응물의 점도값은  $\text{Tau}[\text{Pa}] = 3.00$  이하로 나타났으며 반응물이 증가하더라도 반응물의 점도는 크게 증가하지 않았다. 이는 단세포 함유 반응물의 경우 분리된 개개 단세포와 미립자의 분산 상태가 반응물중에 균일하게 분포되어 있어 반응시간이 30분에서 120분으로 경과하여도 점도는 큰 차이가 없었다. Fig. 2는 참외를 대상으로 반응시간에 따른 점도 변화를 조사한 것으로 전단속도가 증가함에 따라 점도는 일정하게 증가하였으며 반응 2시간 후 점도는 수박에 비해 2배 이상 높은 것을 알 수 있다. 참외와 수박의 점도 측정 결과에서 알 수 있듯이 Macrozyme A, Sumyzyme MC 종류에 따른 점도는 Sumyzyme MC 보다는 Macrozyme A로 처리한

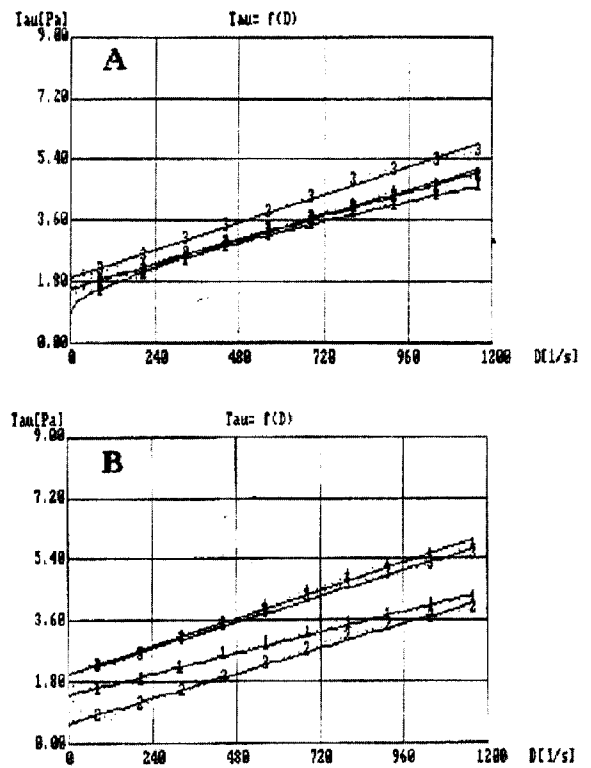
반응물의 점도가 반응시간 경과에 따라 차이가 거의 없는 것을 알 수 있는데 이는 앞서 대상 농산물의 단세포화 결과에서 효소 처리에 의한 단세포 반응물의 평균 입자 크기 조사결과 수박, 참외가 각각 700, 320  $\mu\text{m}$ 인 것을 감안할 때 원료 중량당 particle size 분포가 참외의 경우 수박에 비해 입자수가 많아 점도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

#### 총당, 총펙틴 및 총폴리페놀

Table 3은 수박과 참외를 Macrozyme A와 Sumyzyme MC로 30-120분간 반응하여 얻어진 단세포 반응물을 원심분리하여 얻은 상등액 중의 총당, 총펙틴 및 총폴리페놀 함량을 나타낸 것이다. Sumyzyme MC로 처리한 수박, 참외 단세포 함유 반응물의 원심분리 후 상등액의 당, 펙틴 함량은 반응시간에 따라 약간의 증가는 있었으나 뚜렷한 차이는 없었다. 폴리페놀 화합물의 함량은 수박의 경우 10.8-14.1 mg/mL, 참외의 경우 25.6-26.7 mg/mL로 수박이 참외보다 반응시간이 경과됨에 따라 증가 폭이 크지만 전반적으로 함량면에서 낮은 것으로 나타났다. 참외 반응물의 저장중 갈변의 진행과 아린 맛 발현은 폴리페놀 함량이 2배이상 높게 측정된 것과 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다. 그리고 단세포물중 세포의 세포벽에 의하여 내부 구성성분이 보호를 받아 안정하게 유지됨을 알 수 있다는 결과(16)와 상기의 결과는 일치하였다.



**Fig. 1.** Effect of the reaction time on the viscosity of watermelon treated with different cell separating enzymes. A, Macerozyme A; B, Sumyzyme MC; 1, 30 min; 2, 60 min; 3, 90 min; +, 120 min.



**Fig. 2.** Effect of the reaction time on the viscosity of muskmelon treated with different cell separating enzymes. A, Macerozyme A; B, Sumyzyme MC; 1, 30 min; 2, 60 min; 3, 90 min; +, 120 min.

**입도분포**

Table 4는 수박의 반응시간별 반응물의 입자크기별 weight distribution을 조사한 결과로서 Macerozyme A로 1시간 반응한 반응물의 입자분포는 0-50 μm에서 22.47%, 200-250 μm에서 16.91%, 350-400 μm에서 6.15%의 입자분포를 나타내었고 반응물의 입자크기가 150-300 μm에서의 구성비는 43.62%로 나타났다. 즉 수박은 원료중량의 1.7배의 buffer를 첨가하여 250 rpm의 진탕 항온기에서 반응시킬 경우 반응중 분리된 세포의 세포벽이 손상되어 50 μm 이하의 미립자로 전환된 것으로 생각된다. 따라서 수박을 CSE로 단세포화 할 경우 첨가되는 buffer량과 교반형태는 더욱 검토되어야 할 것으로 판단되었다. 본 실험에서 사용한 CSE는 수박조직을 구성하는 세포를 거의 하나씩 분리

하기 때문에 반응시간 경과에 상관없이 30분, 120분 처리구의 입도분포가 거의 유사한 것으로 추측된다. 그러나 참외의 경우 Table 5에서와 같이 반응 1시간 후 단세포함유 반응물중의 72.3%가 100-250 μm 크기의 입자로 구성되어 있고 수박에 비해 50 μm 이하의 입자분포가 상대적으로 적음을 알 수 있었다.

**무기질**

Table 6은 수박과 참외의 단세포 함유 반응물의 무기질 함량을 이들 원료를 기계적으로 마쇄, 착즙하여 얻은 주스와 비교 조사한 결과이다. 수박의 경우 주스 보다는 CSE에 의한 단세포함유 반응물이 Mg을 제외하고는 상대적으로 함량이 높았으며 K의 함량은 주스와 효소반응물에서 각각 106.8, 118.7 mg%

**Table 3.** Effects on various enzymes and incubation time on total sugar, total pectin and polyphenolic compound of soluble substance in watermelon and muskmelon by cell separating enzymes (Unit: mg/mL)

Reaction time (min)	Macerozyme A			Sumyzyme MC		
	Total sugar	Total pectin	Total polyphenol	Total sugar	Total pectin	Total polyphenol
<b>Watermelon</b>						
30	17.8	12.0	10.8	22.7	14.3	12.3
60	16.9	13.3	12.7	25.0	14.8	12.8
90	19.4	15.3	14.1	23.1	15.1	13.7
120	18.5	13.1	13.8	25.0	15.5	13.4
<b>Muskmelon</b>						
30	23.6	16.1	25.6	17.7	13.5	22.1
60	24.4	23.3	25.8	23.1	18.8	26.4
90	21.3	16.3	26.7	24.5	16.5	24.8
120	24.7	14.8	25.7	27.1	16.8	26.3

**Table 4. Weight distribution of particle size for watermelon treated for 2 hr with 0.05% (w/w) cell separating enzymes** (Unit: %)

Particle size ( $\mu\text{m}$ )	Macerozyme A				Sumyzyme MC			
	30 <sup>1)</sup>	60	90	120	30	60	90	120
0-50	22.72	22.47	23.07	23.01	22.79	27.63	19.66	25.47
51-100	6.35	6.15	7.52	8.08	5.68	7.90	8.18	8.30
101-150	6.33	6.21	6.24	6.79	5.90	5.92	6.93	6.51
151-200	11.64	11.68	12.09	11.87	11.69	11.20	12.77	11.76
201-250	16.59	16.91	17.37	16.92	16.94	16.33	17.80	16.56
251-300	14.75	15.03	15.05	14.73	15.06	14.13	15.24	14.22
301-350	7.85	7.93	7.47	7.37	7.99	6.91	7.63	6.97
351-400	6.28	6.15	5.33	5.32	6.26	4.83	5.54	4.91
401-	7.49	7.47	5.86	5.91	7.69	5.15	6.25	5.30

<sup>1)</sup>Reaction time (min).**Table 5. Weight distribution of particle size for muskmelon treated for 2 hr with 0.05% (w/w) cell separating enzymes** (Unit: %)

Particle size ( $\mu\text{m}$ )	Macerozyme A				Sumyzyme MC			
	30	60	90	120	30	60	90	120
0-50	8.78	7.66	7.83	7.90	7.23	7.45	7.50	7.83
51-100	7.91	6.42	6.82	7.12	7.78	7.37	6.44	6.31
101-150	24.53	22.66	23.48	23.32	22.85	23.65	22.76	22.82
151-200	28.28	29.61	29.63	29.23	28.15	29.01	29.59	29.72
201-250	16.22	20.02	19.38	19.37	19.77	19.32	20.01	19.87
251-300	8.40	9.29	8.81	8.92	9.59	9.00	9.33	9.18
301-350	2.76	3.08	2.89	2.94	3.27	2.98	3.10	3.03
351-400	1.12	1.26	1.16	1.20	1.36	1.22	1.27	1.24

<sup>1)</sup>Reaction time (min).**Table 6. Mineral contents of single cell suspension of watermelon and muskmelon treated with Sumyzyme MC** (Unit: %)

Samples	Ca	P	K	Na	Mg
Watermelon					
Juice	2.5	8.1	106.8	9.3	9.3
S/C <sup>1)</sup>	3.3	13.2	118.7	11.4	9.9
Muskmelon					
Juice	6.2	14.7	172.7	25.1	9.4
S/C	6.2	18.5	240.8	30.5	11.4

<sup>1)</sup>Macerated suspension containing single cells produced by treatment of watermelon and muskmelon with Sumyzyme MC.

였다. 참외의 경우 수박과 마찬가지로 주스보다는 CSE에 의한 단세포 함유 반응물에서 Mg를 제외하고는 무기질의 함량이 상대적으로 높았으며 특히 K의 함량은 주스와 효소 반응물에서 각각 172.7, 240.8 mg%였다. 한편 *Bacillus subtilis* 균주로부터 조제한 protopectinase에 의해 생성된 참다래 단세포물이 열처리 가공에 별다른 영향을 받지 않을 뿐 아니라 가공중에 발생하는 내용물의 품질변화 및 식품소재로의 가공 및 응용에 유리하다고 하였다(17). 상기의 결과로부터 단세포 함유 반응물 즉 식물체의 세포를 구성하는 세포벽에는 영양성, 기호성, 기능성을 나타내는 당, 단백질, 색소물질 등 각종 성분이 함유된 단세포 뿐만 아니라 반응액에는 무기질 함량도 높아 역시 건강에 좋은 소재가 될 것으로 예견된다.

### 유리아미노산

Table 7은 껍질을 제거한 참외를 homogenizer로 마쇄한 것, 이것을 다시 가아제로 착즙, 여과한 착즙주스, CSE로 반응시

킨 반응물의 유리아미노산 함량을 분석한 결과이다. 총량은 3 처리구 각각 166.11, 150.42, 150.52 mg%로 거의 유사했으나 착즙주스에서 함량이 가장 낮게 나타났다. 처리구별 개개 아미노산 함량면에서는 다소 차이가 있었다. 주요 아미노산은 aspartic acid, serine, glycine, arginine, alanine인 것으로 나타났으며 그 중에서 alanine의 함량은 마쇄물, 착즙주스, 반응물에서 각각 35.79, 29.81, 34.11 mg%였다. 단세포 함유 반응물이 분쇄물과 착즙주스구와 비교해 상대적으로 함량이 높은 것으로 필수아미노산중 isoleucine, leucine, phenylalanine 및 lysine이 있다. Isoleucine의 경우 마쇄물, 착즙주스, 반응물에서 각각 1.18, 0.94, 1.69 mg%였으며, phenylalanine은 5.27, 4.39, 6.16 mg% 함유된 것으로 나타났다.

### 요 약

수박과 참외의 활용도 증진을 위하여 조직을 개개의 세포로

**Table 7. Effects of various processing methods on amino acids of muskmelon**  
(Unit: %)

Amino acids	Homogenized	Juice	S/C <sup>1)</sup>
Aspartic acid	20.07	21.53	14.79
Glutamic acid	2.49	1.23	1.88
Serine	12.75	10.96	11.56
Glycine	33.48	29.98	30.12
Histidine	5.30	4.43	4.53
Arginine	27.91	29.07	23.93
Threonine	6.43	6.14	5.19
Alanine	35.79	29.81	34.11
Proline	2.35	1.96	2.20
Tyrosine	3.64	2.68	3.38
Valine	3.58	2.88	3.83
Methionine	3.78	2.92	3.15
Isoleucine	1.18	0.94	1.69
Leucine	1.41	1.00	3.43
Phenylalanine	5.27	4.39	6.16
Lysine	0.68	0.50	1.57
Total	166.11	150.42	150.52

<sup>1)</sup>Macerated suspension containing single cells produced by treatment of muskmelon with Sumzyme MC.

분리할 수 있는 단세포화 기술을 적용하였다. 그 결과 이들을 시판 식물세포분리효소인 Macerozyme A와 Sumzyme MC로 30분에서 120분간 반응시간별 단세포 함유 반응물의 특성을 조사하였다. 단세포화로 얻을 수 있는 수율, 반응률, 단세포 함유 반응물의 색도, 점도, 총당, 총펙틴, 총폴리페놀, 무기질, 유리 아미노산 함량을 조사하였으며 또한 분리된 단세포의 형태변화를 입도분포로 조사하였다. 전반적으로 효소반응시간이 경과할수록 반응물의 성분 함량은 증가하였으나 세포벽에 의하여 내부 구성성분이 보호를 받아 안정하게 유지되는 것으로 나타났다. 수박과 참외의 무기질 함량은 주스보다는 단세포 함유 반응물에서 상대적으로 함량이 높게 나타났다. 참외의 경우 무기질인 K의 함량은 효소반응물과 주스에서 각각 240.8 mg%, 172.7 mg%였다. 본 연구 결과는 수박과 참외로부터 효소반응물을 이용하여 새로운 형태의 음료 개발을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단되었다.

## 문헌

1. Brett CT, Waldron KW. *Physiology and Biochemistry of Plant*

Cell Walls. Chapman & Hall, London, UK. p. 45 (1996)

2. Tolbert NE. *The Biochemistry of Plants*. Vol. 1, Academic Press, New York, NY, USA. pp. 101-116 (1980)

3. Guillon F, Thibault J, Rombouts FM, Voragen AGJ, Pilnik W. Enzymic hydrolysis of the hairy fragments of sugar beet pectins. *Carbohydr. Res.* 190: 97 (1989)

4. Renard CM, Voragen AG, Thibault J, Pilnik W. Studies on apple protopectin. I. Extraction of insoluble pectin by chemical means. *Carbohydr. Polym.* 12: 9-25 (1990)

5. Nakamura T, Hours RA, Sakai T. Enzymatic maceration of vegetables with protopectinase. *J. Food Sci.* 60: 468-472 (1995)

6. Toyama N. A cell separating enzyme as a complementary enzyme to cellulase and its applications in processing of vegetables. *J. Ferm. Technol.* 43: 683-689 (1965)

7. Toyama N, Owatashi H. Extraction of green tea components from manufactured tea leaves using cellulase and cell separating enzyme. *J. Ferm. Technol.* 44: 830-834 (1966)

8. Zetelaki-Horváth K, Gatai K. Disintegration of vegetable tissues by endo-polygalacturonase. *Acta Alimentaria* 6: 227-240 (1977)

9. Zetelaki-Horváth K, Gatai K. Application of endo-polygalacturonase to vegetables and fruits. *Acta Alimentaria* 6: 355-377 (1977)

10. Sakai T, Okushima M. Microbial production of pectin from citrus peel. *Appl. Environ. Microbiol.* 39: 908-912 (1980)

11. Zetelaki-Horváth K, Urbanyi G. Determination of partical size of vegetable tissue by a sedimentation technique after enzymatic disintegration. *Acta Alimentaria* 7: 69-78 (1978)

12. Tanchev SS, Malkki Y, Pessa E, Kinnunen A, Morkkila M. An absorption weighting method for determining the degree of enzymatic maceration in fruit and vegetables. *Acta Alimentaria* 19: 261-271 (1990)

13. Zetelaki-Horváth K. Disintegration of vegetable tissues as a function of polygalacturonase concentration and incubation period. *Acta Alimentaria* 9: 367-382 (1980)

14. Miguchi S, Araki H, Yamamoto N. Fractination of dietary fiber constituents in vegetables by a sequential extraction procedure. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 35: 405-416 (1988)

15. Park YK, Kang YH. Enzymatic maceration of vegetables with cell separating enzymes. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 7: 184-188 (2000)

16. Lee DH, Lee SC, Hwang YI. Characteristics of sweet persimmon treated with protopectinase from *Bacillus subtilis* EK11. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 29-34 (2003)

17. Lee DH, Lee SC, Hwang YI. Processing properties of kiwifruit treated with protopectinase. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 401-406 (2000)

(2003년 10월 21일 접수; 2003년 12월 8일 채택)