

## 단세포 함유 반응물 제조를 위한 과일과 채소류의 가공 특성

박용곤\* · 강윤한<sup>1</sup>

한국식품개발연구원, <sup>1</sup>원주대학 식품과학과

### Macerating Properties of Fruits and Vegetables for Suspensions Containing Single Cells

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 enzyme (Sumzyme MC) was used to investigate enzymatic maceration of strawberry, sweet persimmon, kiwi, onion, garlic, and cucumber. Maceration rate, volume, brix, color, particle size distribution, and viscosity were determined, and microscopic observation made on suspensions containing single cells. Sweet persimmon and strawberry showed over 90% maceration rates, and kiwi showed 80%. Color, storage test, and sensory evaluations of single-cell suspensions and their filtrates were performed before and after sterilization. Total dietary fiber contents of raw material and single-cell suspension of garlic were 30.77 and 18.55%, respectively. Results indicate fruit and vegetable suspensions produced through enzymatic disintegration using cell-separating enzyme can be utilized as basic materials in the manufacture of single-cell foods.

**Key words:** sumzyme MC, cell separating enzyme, single cells, enzymatic maceration

### 서 론

농산물의 가공 이용에 있어서 식물체의 조직을 붕괴 또는 분해하는 방법으로 효소적 방법이 적용되고 있으며, 그 중에서 식물세포간 유착의 기능을 가진 프로토펙틴을 가용화하여 개개의 세포로 분리할 수 있는 식물세포분리효소가 있다(1). 식물체를 식물세포분리효소에 의해 단세포화로 이용하게 되면 반응물중에는 세포내 소기관도 세포내에 함유되어 있고 반응액 중에는 세포간 교착물질이나 섬유질 등이 있어 식물체가 가지고 있는 영양성분의 변화를 크게 줄일 수 있는 가공법이다. 프로토펙틴이 주성분인 중엽부분은 세포사이를 단단하게 결합하고 1차 및 2차 세포벽으로 이루어진 개개 세포벽과 접하고 있다. 이들 세포벽은 건물량기준으로 셀룰로오스 35-40%, 헤미셀룰로오스 10-15%, 펙틴 35-40%, 리그닌 5-10%, 당단백질 5% 정도의 분포를 보인다(2,3). 그런데 실제로 과채류에 가장 많이 존재하는 성분은 수분으로 이들 중 세포벽 matrix에 존재하는 8-10%의 수분은 다당류의 습도에 중요한 역할을 하고 있는데(4) 세포벽내에서 수분의 분포는 matrix 성분 특히 펙틴에 의하여 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(5). 세포벽은 외관상 모든 구성성분이 서

로 강하게 연결되어 있는 것으로 보이나 실제로는 펙틴 등과 같은 성분은 셀룰로오스, 리그닌 등의 난소화성 다당류에 느슨한 결합형태로 존재하며, 이들이 세포벽 성분의 수용성 정도를 결정한다(6,7). 식물세포분리효소에 의한 단세포 함유 반응물의 특성은 농산물의 종류 뿐만 아니라 반응용매의 종류와 양, pH, 전처리 조건, 반응온도, 교반속도에 따라 단세포수, 색상, 향기, 맛, 물성 등에 차이가 있고 단세포 함유 반응물은 기존의 원료 농산물을 생체 파쇄하여 과육펄프 형태나 착즙주스 제품과는 물성 차이가 크다. 즉 본 효소적 방법은 온화한 조건에서 세포벽의 손상을 줄여 세포벽성분과 단단하게 결합 혹은 싸여 있는 성분의 분해를 방지할 수 있도록 중엽부분의 펙틴을 분해하여 단세포화 할 수 있다. 따라서 얻어진 단세포 함유 반응물은 영양성, 기호성면에서 우수하며, 특히 활용도가 낮은 농산물을 전처리 후 반응조건을 설정하고 단세포화 함으로써 가공용 신소재로 이용이 가능하다. 일본에서의 단세포화 식품은 1995년 경에 과즙 60%에 당근이 40% 함유된 단세포화 식물 함유음료 등으로 판매된 적이 있다. 본 연구는 국내산 농산물중 가공용 소재로 이용도가 제한된 과일, 채소류의 활용도 증대를 위해 식물세포분리효소를 이용한 새로운 형태의 가공식품을 개발하기 위한 과학적인 기초자료로 활용하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 실험 재료

본 실험에 사용한 농산물은 딸기, 단감, 키위 등 과일류 3종

\*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

과 조미 채소류인 양파, 마늘, 녹색 채소류인 오이 등 채소류 3종으로 총 6개 품목을 농산물 시장에서 구입, 사용하였다. 이들 농산물의 단세포화를 위해 사용한 효소는 protopectinase 중 상업용 효소인 Sumyzyme MC(신일본화학공업, 일본)로 효소 활성이 4,000 unit/g 였다.

**단세포 함유 반응물의 제조 및 특성**

6종의 농산물을 세척하여 5×5×5 mm<sup>3</sup>의 크기로 세절한 각각의 시료 200 g에 동량의 증류수 및 원료량의 0.1%(w/w)에 해당하는 Sumyzyme MC를 가하여 shaking incubator에서 250 rpm으로 40°C에서 2시간 진탕하면서 반응시켰다. 얻어진 반응물은 1 mm(18 mesh) sieve를 통과시켜 단세포 함유 반응물로 하였다. 농산물의 반응률, 반응물의 용량 및 색도는 전보(8)에 준하여 실시하였으며 세포 손상 유무와 관련이 있는 반응물의 색도는 반응 후 및 100°C에서 10분간 가열 후 색상 변화를 조사하였다. 당도는 휴대용 굴절당도계(Atago, Japan)를 이용하여 측정하였다.

**입도분포**

단세포 함유 반응물중 개개 입자의 크기 분포는 particle size analyzer(CILAS, France)를 사용하여 size(0-500 μm) 대비 입자의 weight distribution을 누적 백분률로 나타내었다. 기기 분석 조건은 number of measurement: 20, density: 2.97, number of cleaning: 5, ultrasonic mixer: 0 sec 으로 하였다.

**점도측정**

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.

**미세구조관찰**

6종의 농산물을 이용한 단세포 함유 반응물중 단세포 형태를 광학현미경(×100)으로 관찰하였다.

**단세포물의 식이섬유 함량과 조성**

원료와 단세포물의 식이섬유용 시료는 딸기, 단감, 키위, 양파, 마늘, 오이 등 6종의 원료를 대상으로 이를 동결건조 후 분쇄한 분말시료와 단세포화하여 얻은 각 단세포 함유 반응물을 5,000 rpm에서 5분간 원심분리 후 침전물을 동결건조, 분쇄한 분말시료로 하였다. 원료와 단세포물중 총식이섬유(Total, TDF),

수용성(Soluble, SDF), 불용성(Insoluble, IDF) 식이섬유 함량 분석은 시료를 α-amylase, amyloglucosidase, protease 등으로 처리, 여과 후 불용성 식이섬유를 분리하고 수용성 식이섬유는 에탄올로 침전시켜 이를 건조하여 무게를 측정하였다. 무게를 측정 한 후 단백질 함량은 micro Kjeldahl법, 회분은 525°C 회화법으로 측정하였다. 식이섬유 함량은 잔사의 중량에서 단백질과 회분 값을 뺀 값을 식이섬유 함량으로 계산하였다. 시료의 섬유질 함량은 건물기준(dry matter basis)으로 나타내었다.

**단세포물의 수분, oil 흡착력**

수분흡착력은 동결건조한 후 분쇄한 시료 1g에 증류수를 20 mL 첨가한 후 10분 간격으로 30초간 저어주는 것을 7회 반복한 후 12,000×g에서 25분간 원심분리하여 침전물의 중량을 측정하였다. Oil 흡착력은 건조한 시료 1g에 com oil 5 mL를 첨가한 후 5분 간격으로 30초씩 30분간 저은 후 12,000×g에서 25분간 원심분리하고 oil을 제거한 다음 중량을 측정하였다(9).

**결과 및 고찰**

**반응률, 용량, 당도 및 색도**

6가지 농산물의 단세포 함유 반응물을 얻어 반응 후 특성 및 이를 100°C에서 10분간 살균처리 후 색상 변화를 비교하였다 (Table 1). 식물세포분리효소를 첨가하지 않은 대조군은 외관상 모든 농산물에서 반응이 거의 일어나지 않아 반응물의 여과 후 용량, 당도 및 색도 값은 낮게 나타났다. 효소처리한 농산물의 반응률의 경우 딸기, 단감, 키위에서 각각 91.0% 98.0%, 82.1%의 높은 값을 보였고, 오이는 65.9%, 양파, 마늘은 58.1%, 58.9%를 각각 나타내었다. 반응물의 용량은 딸기는 367 mL로 가장 높은 반면 단감은 210 mL이었다. 가용성 고형물 함량은 마늘이 15.9%brix, 오이가 1.7%brix였다. 색도의 경우 반응 전·후 a값이 딸기는 12.52, 11.77, 양파는 -1.69, -1.64, 오이는 -2.27, -2.02로 자체의 붉은 색과 녹색이 살균후에도 안정한 것으로 나타났으나 감은 4.18, 3.40, 마늘은 -2.21, 1.40으로 다소 변색이 동반된 것으로 나타났다. 한편 참다래(10)와 단감(11)의 protopectinase 처리한 결과에서 단세포물을 100°C에서 일정시간 간격으로 상당 시간의 열처리에도 색상의 뚜렷한 변화가 없었으며, 이에 반해 기계적 마쇄물의 열처리의 경우 짧은 시간에도 색상의 변화가 가시적으로 확인되었다.

**입도분포**

Table 2는 딸기, 단감, 키위, 양파, 마늘 및 오이의 단세포 함

**Table 1. Properties of single cell suspension of fruits and vegetables treated with Sumyzyme MC<sup>1)</sup>**

Agricultural products	Maceration (%)	Volume (mL)	Brix	Color <sup>2)</sup>			
				L	a	b	ΔE
Strawberry	91.0	367	4.4	26.35 (26.27) <sup>3)</sup>	12.52 (11.77)	4.71 (4.62)	67.71 (67.71)
Sweet persimmon	98.0	210	6.7	37.37 (44.12)	4.18 (3.40)	12.19 (13.82)	56.69 (50.44)
Kiwi	82.1	300	6.3	31.62 (35.63)	-1.39 (-2.02)	9.08 (9.56)	61.58 (57.08)
Onion	58.1	280	3.9	35.41 (34.71)	-1.69 (-1.64)	4.21 (3.89)	57.34 (57.45)
Garlic	58.9	260	15.9	45.45 (55.79)	-2.21 (1.40)	6.17 (9.50)	47.52 (37.29)
Cucumber	65.9	325	1.7	31.07 (32.46)	-2.27 (-2.02)	6.07 (5.65)	61.82 (59.81)

<sup>1)</sup>Two hundred grams of substrate was incubated with 200 mL of distilled water containing Sumyzyme MC in a 1000 mL flask at 40°C for 2 hr on a shaking incubator, 250 rpm/min.

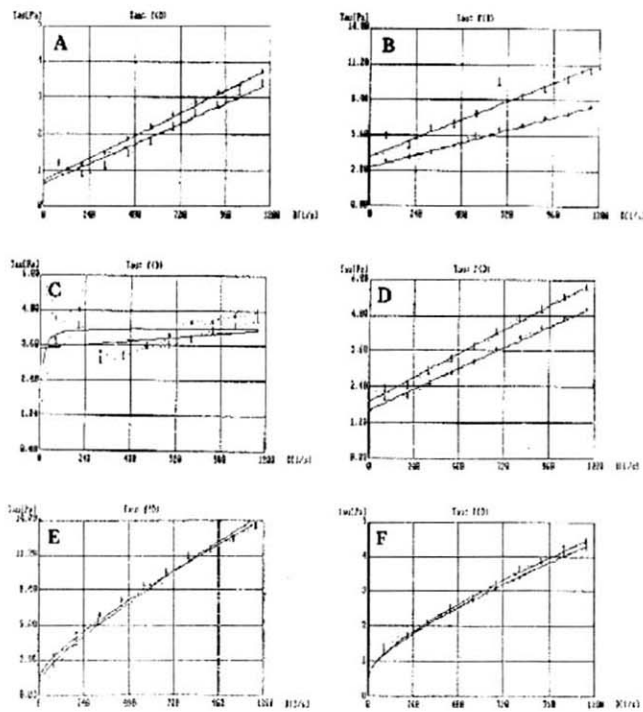
<sup>2)</sup>L, lightness; a, redness/greenness; b, yellowness/blueness; ΔE, color difference.

<sup>3)</sup>After sterilization (100°C, 10 min).

**Table 2. Weight distribution of particle size for single cell suspension of strawberry, sweet persimmon, kiwi, onion, garlic and cucumber treated with Sumzyme MC before and after sterilization** (Unit: %)

Partical size ( $\mu\text{m}$ )	Strawberry	Sweet persimmon	Kiwi	Onion	Garlic	Cucumber
0-50	4.15 (2.14) <sup>1)</sup>	6.90 (7.42)	5.56 (6.06)	4.63 (4.78)	11.31 (14.87)	14.17 (12.82)
51-100	6.72 (5.45)	8.41 (8.89)	8.60 (8.25)	4.90 (4.85)	47.13 (35.12)	13.72 (10.93)
101-150	13.01 (13.36)	16.55 (19.97)	18.22 (17.29)	10.07 (10.35)	23.96 (23.80)	31.34 (27.18)
151-200	22.86 (25.07)	28.88 (29.68)	17.11 (16.45)	19.86 (20.84)	17.60 (26.20)	25.07 (27.58)
201-250	19.83 (19.82)	21.67 (19.60)	13.14 (13.15)	21.16 (21.63)	0 (0.01)	10.29 (13.32)
251-300	14.24 (14.77)	10.70 (9.09)	10.46 (10.76)	15.93 (15.80)	0 (0)	4.09 (5.96)
301-350	7.92 (8.11)	4.15 (3.31)	7.29 (7.60)	8.34 (8.01)	0 (0)	1.05 (1.71)
351-400	6.80 (6.89)	2.21 (1.67)	7.64 (7.99)	6.68 (6.21)	0 (0)	0.27 (0.50)
401-450	4.37 (4.39)	0.53 (0.37)	5.64 (5.86)	4.09 (3.67)	0 (0)	0 (0)
451-500	0 (0)	0 (0)	6.34 (6.59)	4.34 (3.86)	0 (0)	0 (0)

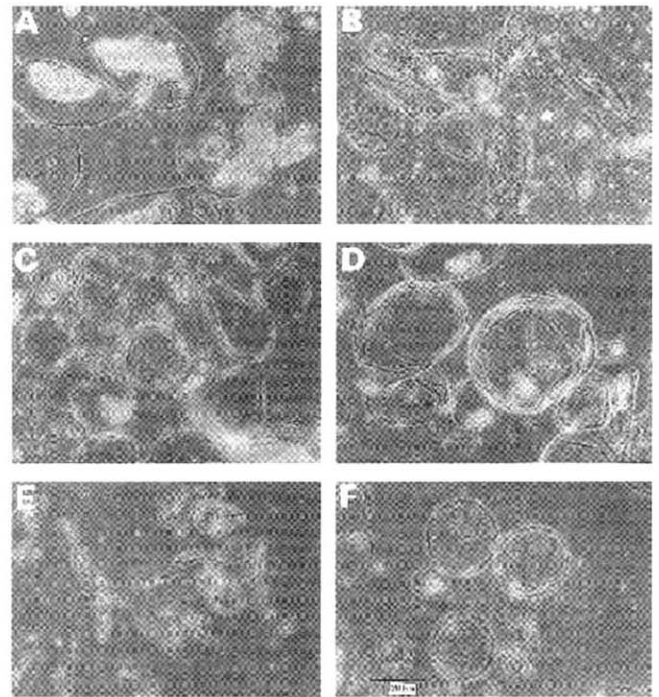
<sup>1)</sup>Single cell suspension was sterilized at 100°C for 10 min.



**Fig. 1. Shear stress vs shear rate plot of single cell suspension from strawberry (A), sweet persimmon (B), kiwi (C), onion (D), garlic (E) and cucumber (F).**

+, fresh (BS); 1, heat-treated (AS).

유 반응물 및 이들을 100°C에서 10분간 열처리한 반응물(AS)의 입자크기별 weight distribution을 조사한 결과로서 단세포 함유 반응물구의 경우 151-200  $\mu\text{m}$ 에서의 입도분포가 딸기가 22.86%, 단감은 28.88%, 키위는 17.11%였으며 양파가 19.86%, 마늘이 17.60%, 오이는 25.07%였다. 살균처리구에서도 딸기, 단감, 키위가 각각 25.07%, 29.68%, 16.45%였으며 양파, 마늘, 오이가 각각 20.84%, 26.20%, 27.58%로 나타났다. 특히 키위는 451-500  $\mu\text{m}$ 에서 6.59%였으며 마늘은 입자크기가 250  $\mu\text{m}$  이하로 작으면서 51-100  $\mu\text{m}$ 에서의 구성비가 살균처리 전·후 각각 47.13%, 35.12%였다. 상기의 결과에서 반응물은 살균처리 전·후 100  $\mu\text{m}$  이하의 입도 분포에 큰 변화를 보이지 않은 것으로 볼 때 세포벽 조직의 손상이 적어서 열안정성을 나타낸 것으로 생각되어진다.



**Fig. 2. Photomicrograph of single cells of agricultural products treated with cell separating enzyme (Sumzyme MC) ( $\times 100$ ).**

A, strawberry; B, sweet persimmon; C, kiwi; D, onion; E, garlic; F, cucumber.

### 점도

Fig. 1은 딸기, 단감, 키위, 양파, 마늘, 오이의 단세포 함유 반응물(BS)과 이를 열수살균한 반응물(AS)의 점도변화를 전단속도에 따른 전단응력의 값으로 나타낸 것으로 점도값은 반응종료 후 살균처리된 단세포 함유 반응물의 전단속도 1200에서의 전단응력 값(Tau)은 마늘, 단감, 양파, 오이, 딸기, 키위가 각각 14, 11, 6, 5, 4, 4 Pa 정도로 나타나 마늘의 점도가 가장 높고 반면 딸기, 키위에서 낮은 것으로 나타났다. 그리고 반응물을 살균처리시 감은 크게, 양파는 다소 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 일반적으로 식물세포분리효소에 의해 개개의 세포로 분리된 단세포는 세포벽에 의해 내용물이 보호된 상태이며 세포벽 물질에 의한 점도변화가 극히 작게 되어 점도값은 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다.

**Table 3. Dietary fiber contents in raw materials and single cells from agricultural products treated with cell separating enzyme (Sumzyme MC)** (Unit: %, dry basis)

Agricultural products	Soluble		Insoluble		Total	
	Raw materials	Single cells	Raw materials	Single cells	Raw materials	Single cells
Strawberry	6.53	2.66	14.58	20.75	21.11	23.41
Sweet persimmon	3.42	4.01	22.34	17.85	25.76	21.86
Kiwi	7.41	2.39	13.95	24.33	21.36	26.72
Onion	8.32	3.77	11.45	31.19	19.37	34.96
Garlic	25.34	7.34	5.43	11.21	30.77	18.55
Cucumber	2.21	2.61	18.05	38.24	21.20	40.85

**Table 4. Water holding capacity and oil absorption of agricultural products and single cells** (Unit: %, dry basis)

Agricultural products	Water holding capacity		Oil absorption	
	Raw materials	Single cells	Raw materials	Single cells
Strawberry	2,154	656	961	780
Sweet persimmon	648	584	631	586
Kiwi	468	632	1,149	1,328
Onion	604	1,028	743	1,325
Garlic	1,019	1,206	1,129	500
Cucumber	1,119	1,842	644	1,203

**미세구조 관찰**

Fig. 2는 6종의 농산물로 제조한 단세포 함유 반응물의 입자 형태를 광학현미경으로 관찰(×100)한 결과로 평균 입자크기가 큰 양파는 217.21 μm인 반면 마늘은 81.08 μm의 평균 입자 크기를 나타내었다. 즉 단세포를 포함한 평균 입자 크기는 양파가 가장 크고 다음으로 딸기, 키위, 단감, 오이, 마늘의 순서였다. 현미경상 나타난 양파, 오이, 키위는 둥근 모양이며 단감은 부정형인 것을 알 수 있다.

**단세포물의 식이섬유 함량과 조성**

생시료 및 그 단세포 함유 반응물에 함유된 불용성, 수용성 및 총식이섬유의 함량을 분석하여 건물기준으로 계산한 결과는 Table 3과 같다. 생시료들의 총식이섬유 함량은 건물기준으로 19.37-30.77%의 수준을 보였으며 키위와 오이의 총식이섬유 함량은 21.36%, 21.20%이었고 딸기는 21.11%의 수준이었다. 시료중에서 총식이섬유 함량이 가장 높은 것으로 마늘이 30.77%이었으며 이 결과는 황 등이 제시한 36.35%보다 약간 낮은 수치를 보였고 단감의 경우 본 실험 결과에서 25.76%의 수준에 비해 황 등(12)의 결과에서 11.98%로 낮은 수치를 보였다. 이 등(13)의 경우 대체로 시료간 총식이섬유의 경향은 비슷하게 나타나 가식부위 기준으로 계산한 결과이어서인지 총식이섬유 함량의 수준은 13.19-21.52%로 다른 문헌 및 본 실험의 결과에 비해 전반적으로 낮은 수치를 보였다. 총식이섬유 함량을 100으로 하여 수용성 식이섬유(SDF)와 불용성 식이섬유(IDF) 함량의 비율을 살펴보면 마늘의 경우 수용성 식이섬유 함량의 비율이 다른 시료에 비해 82.3%로 가장 크게 나타났으며 양파는 수용성, 불용성 식이섬유의 함량이 비슷한 비율(43%, 57%)로 이루어져 있고 키위, 딸기의 경우는 불용성 식이섬유의 함량이 수용성 식이섬유 함량의 약 2배 정도로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 또한 단감과 오이의 경우는 불용성 식이섬유 함량이 각각 86.7%, 85.1%로 수용성 식이섬유의 함량인 13.3%, 14.9%에 비해 월등히 높게 나타났다. 한편 마늘에서 생시료의 총식이섬유의 함량이 30.77%인데 비하여 단세포물의 경우

18.55%로 나타났다. 그러나 총식이섬유량에 대한 수용성 및 불용성 식이섬유량의 비율을 비교해 볼 때 불용성 함량이 60%인 마늘을 제외한 나머지 시료에서 불용성 식이섬유 함량이 총식이섬유 함량의 80% 이상을 차지함을 알 수 있었다.

**단세포물의 수분, oil 흡착력**

생시료의 수분흡착력은 키위, 양파를 제외하고 전반적으로 단세포물에 비해 높게 나타났다. 딸기의 경우 시료 무게의 2,154%의 가장 높은 보수력을 보였다. 키위는 468%로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 단세포물의 경우 단감이 584%로 가장 낮고 1,842%의 오이가 가장 높았다. 결과적으로 불용성 식이섬유 함량 및 총식이섬유 함량이 수분흡착력과 뚜렷한 상관관계가 없는 것으로 나타났는데 수분흡착력은 화학적 구조의 특성, 수용액의 pH와 삼투압, 식물성 섬유 함량 등에 의해 결정되는 것으로 보고되었고(14) 시료의 종류와 침지 온도, 시간, 입자크기, 다른 성분 등에 대한 영향 등 다양한 조건의 변화에 의해 차이를 나타내기 때문으로 보여진다. Oil 흡착력은 생시료의 경우 키위가 1,149%로 가장 높았고, 마늘도 1,129%로 높은 수준을 보였으며 단감은 631%로 가장 낮게 나타났다. 단세포물의 경우 키위, 양파가 각각 1,328%, 1,325%로 높은 수준을 보였고 마늘의 경우 500%로 가장 낮은 수치를 나타내었다(Table 4).

**요 약**

농산물중 과일과 채소류 6종류인 딸기, 단감, 키위, 양파, 마늘 및 오이를 대상으로 식물세포분리효소인 Sumzyme MC 처리 후 얻어진 단세포 함유 반응물의 반응률, 용량, brix, 색도, 입도분포, 점도 및 현미경 관찰로 특성을 조사하였다. 단세포화 후 반응률은 단감과 딸기가 90% 이상, 키위가 80% 이상으로 원료에 따라 상이하였다. 이와 같이 농산물의 성분변화를 최소화하면서 단세포화에 필요한 적정 반응조건을 조사하였다. 단세포물에 함유된 수용성, 불용성 식이섬유가 풍부한 마늘의 경우 생시료의 총식이섬유의 함량이 30.77%인데 비하여 단세포

포물의 경우 18.55%로 나타났다. 식물세포분리효소에 의해 얻어진 과일, 채소류 단세포 함유 반응물의 미세구조 관찰에서 개개의 단세포화가 이루어진 것으로 나타났다. 따라서 효소적으로 세포분리한 각종 과일, 채소류 단세포 함유 반응물은 단세포 함유 식품의 제조에 필요한 기본 원료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 문 헌

1. Guillon F, Thibault J, Rombouts FM, Voragen AGJ, Pilnik W. Enzymic hydrolysis of the hairy fragments of sugar beet pectins. *Carbohydr. Res.* 190: 97-108 (1989)
2. Aspinall GO. Chemistry of cell wall polysaccharides. p. 473. In: *The biochemistry of plants*. Preiss J (ed). Academic Press, New York, NY, USA (1980)
3. Selvendran RR, Stevens BJH, Du pont MS. Dietary fiber: chemistry, analysis, and properties. *Adv. Food Res.* 31: 117-132 (1987)
4. Selvendran RR. The chemistry of plant cell walls. p. 95. In: *Dietary Fibre*. Birch GG, Parker KJ (ed). Applied Science Publishers, London, UK (1983)
5. Haard NF. Characteristics of edible plant tissues. p. 86. In: *Food chemistry*. Fennema OR (ed). Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA (1985)
6. Brett CT, Waldron KW. Physiology and biochemistry of plant cell walls, 2nd ed., Chapman & Hall, London, UK. p. 45 (1996)
7. Rolin C, DeVries JP. In "Food gels" Harris P (ed.). p. 422. Elsevier Applied Science, New York, USA (1990)
8. Park YK, Kang YH. Enzymatic maceration of vegetables with cell separating enzymes. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 7: 184-188 (2000)
9. Lin MJY, Humbert ES, Sosulski FW. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 39: 368-370 (1974)
10. Lee DH, Lee SC, Hwang YI. Processing properties of kiwifruit treated with protopectinase. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 401-406 (2000)
11. 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)
12. Hwang SH, Kim JI, Sung CJ. Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweeds. *Korean J. Nutrition.* 29: 89-96 (1996)
13. Lee HA, Lee SS, Shin HK. Effect of dietary fiber source on the composition of intestinal microflora in rats. *Korean J. Nutr.* 27: 988-995 (1994)
14. Robertson JA, Eastwood MA. An investigation of the experimental conditions which could affect water holding capacity of dietary fiber. *J. Sci. Food Agric.* 32: 819-825 (1981)

(2003년 10월 21일 접수; 2003년 12월 8일 채택)