

## 콩나물 성장중 세포벽 비섬유성 중성당의 변화

신승렬<sup>†</sup> · 박찬성 · 김주남\* · 김광수\*\*

경산대학교 생명자원공학부

\*영남이공대학 식품영양과

\*\*영남대학교 식품영양학과

## Changes of Non-Cellulosic Neutral Sugars of Cell Wall in Soybean Sprouts

Seung-Ryeyl Shin<sup>†</sup>, Chan-Sung Park, Ju-Nam Kim\* and Kwang-Soo Kim\*\*

Faculty of Life Science and Technology, Kyungsan University, Kyungsan 712-240, Korea

\*Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam College of Science and Technology, Taegu 705-030, Korea

\*\*Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea

### Abstract

This study was carried out to investigate the changes and composition of the non-cellulosic neutral sugars in cell wall of soybean sprouts during growth. The composition of non-cellulosic neutral sugars in cell wall of soybean sprouts was rhamnose, fucose, xylose, arabinose, mannose, galactose and glucose. The galactose content of cell wall was higher than other non-cellulosic neutral sugars, and was remarkably decreased during growth. The major non-cellulosic sugars of pectic substances were rhamnose, arabinose, and galactose. The arabinose content of pectic substance was increased in cotyledon and hypocotyl during growth. The contents of non-cellulosic neutral sugars were decreased in hypocotyl during growth. The galactose content of pectic substance was higher in cotyledon than those in hypocotyl, and was increased in cotyledon. The content of rhamnose was higher in ionically associated pectic substance than that in covalently bounded pectic substance. The major non-cellulosic neutral sugars of hemicellulose were glucose, rhamnose, arabinose and galactose. The galactose of hemicellulose was decreased remarkably during growth.

**Key words:** soybean sprout, cell wall, non-cellulosic neutral sugar

### 서 론

콩나물은 단백질 및 비타민이 풍부한 전통식품으로 우리나라의 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있어 일찍부터 재배개선법(1)을 비롯한 발아중 성장상태(2,3), 비타민 C(4,5), B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>(6), 단백질(7,8) 및 지질의 함량변화(9) 등 많은 연구가 행해졌다. 그러나 연구의 대부분이 영양성분과 관련있는 세포질 성분에 대한 것이었으며, 세포벽 성분에 대해서는 인체 효소에 의해 소화되지 않고(10), 세포벽 성분을 순수하게 추출·정제하는 방법상의 문제점이 많아 연구가 소홀히 다루어져 있다.

식물 세포벽은 90% 정도가 난용성 다당류로 구성되어 있어(11) 식이섬유소의 제공 뿐 아니라 식품자원으로서도 이용 가능성이 높으며, 성장시 소량이나마 분해

되어 에너지로 공급되고 세포성장에 중요한 역할을 한다(12). 식물 성장상태를 파악하기 위한 식물 세포벽 성분에 관한 연구 중 Asano와 Matsuda(13)는 콩과 완두의 xyloglucan에 대해서, Morikawa 등(14)은 완두의 세포벽 단백질에 대해서 보고하였으며, Keegstra 등(15)은 sycamore 세포벽에 기질 특이성이 높은 효소들을 사용하여 가설적인 세포벽 구조 model을 제시하였는데, 식물이 성장과 연화시 쉽게 가수분해되는 pectic polysaccharide 부분은 pectin질인 rhanogalacturonan과 hemicellulose 성분인 xyloglucan, galactan, arabinogalactan이 결합되어 있다고 하였다.

Nivins 등(16)은 식물의 종이 같은 경우 세포벽을 구성하고 있는 당의 비율이 같다고 보고하였으며, Nishitani와 Masuda(17)는 팔 epicotyl의 성장 중 부위에 따라 당

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

조성이 차이가 있음을 확인하였다. 종자 발아시 세포벽 다당류의 변화에 대한 것도 보고(18)되고 있는데, Brillouet와 Carre(19)는 대두의 경우, 세포벽 함량이 9.3% 정도이며, 이중 73%가 pectic polysaccharide로서 cellulose와 결합하고 있다고 하였다. Christiansen과 Thimann(20)는 완두줄기의 세포벽은 cellulose가 20~30%, pectin질이 15~20% 그리고 약 10%의 단백질로 구성되어 있다고 하였다. McNeil(11)은 hemicellulose의 주성분인 xyloglucan은 glucose가  $\beta$ -1,4 결합한 glucan 사슬에 xylose와 결합하고 있다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 콩나물의 기호적 가치판단의 자료로서 texture의 중요인자인 세포벽 성분을 구체적으로 연구하기 위하여 콩나물의 성장 중에 세포벽 구성 다당류의 비섬유성 중성당의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

시료용 콩나물의 제조는 개체중량이 140~150mg인 콩나물 재배용 대두(*Gycine Max.*)를 양 등(1)의 방법에 따라 2.5시간 수침한 후 pot에 넣고 1일 6회 주수하여  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 정온실에서 재배하였으며, 2일 간격으로 3회 채취하여 시료로 사용하였다.

### 세포벽 추출 및 다당류의 분획

세포벽 추출 및 분획은 Yamaki 등(21)이 행한 방법에 따라 행하였다. 즉, 시료 100g에 에탄올 200ml를 가하여 균질화한 후  $80^\circ\text{C}$ 에서 10분간 열처리하여 효소를 불활성화시키고 에탄올로 3회 세척한 후 동결건조시켰다. 건조시킨 잔사를 amylase와 protease를 처리하여 당질과 단백질을 제거한 후에 chloroform에 현탁시켜 여과하여 지질성분을 제거한 것을 세포벽 성분으로 하였다. 세포벽 다당류의 분획은 세포벽 1g을 50mM EDTA 용액 100ml를 가하여  $80^\circ\text{C}$ 에서 30분간 처리한 후 원심분리하여 상정액을 펙틴 분획으로 하였고, 다시 잔사에 0.05N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  용액으로  $100^\circ\text{C}$ 에서 5시간 처리한 후에 원심분리하여 상정액을 산가용성 헤미셀룰로오스 분획으로 하였으며, 분획한 잔사에 4.0N KOH로 실온에서 12시간 추출한 후에 원심분리하여 상정액을 알칼리가용성 헤미셀룰로오스 분획으로 하였으며, 잔사는 셀룰로오스 성분으로 하였다. 그리고 펙틴성분에 50 mM CDTA(trans-1,2-cyclohexanediamine tetraacetic acid)를 함유한 50mM 초산나트륨 완충용액 100ml를 가하여  $25^\circ\text{C}$ 에서 6시간 추출한 다음 원심분리하여 상정

액을 이온결합성 펙틴(IAP) 성분으로 하였고, 잔사는 공유결합성 펙틴(CBP)으로 하였다.

### 세포벽 비섬유성 중성당의 정량

비섬유성 다당류의 정량은 Blakeney 등의 방법(22)에 따라 행하였다. 분획된 각 세포벽 시료 10mg에 내부표준물질로서 0.5mg/ml의 myo-inositol을 함유한 2N TFA(trifluoroacetic acid)용액을 가하여  $121^\circ\text{C}$ 에서 1시간 autoclave하여 비섬유성 다당류를 유리시키고,  $50^\circ\text{C}$ 의  $\text{N}_2$  gas기류하에서 건조시킨 후 1N  $\text{NH}_4\text{OH}$  100 $\mu$ l와  $\text{NaBH}_4$  용액 1ml를 가하여  $40^\circ\text{C}$ 에서 90분 동안 환원시켰다. 다음에 빙초산 100 $\mu$ l와 1-methylimidazole 200 $\mu$ l, 무수초산 2ml를 가하여 혼합한 후 실온에서 10분간 반응시켜 alditol acetate 유도체를 만든 다음 증류수 5ml, methylene chloride 1ml를 가하여 혼합한 후 수시간 방치하여 하층액을 세포벽 중성당 분석용 시료로 하여 gas chromatography 분석하였다. 이때 gas chromatography의 조건은 GP 3% SP-2330의 100/200 Supelcoport glass column이 부착된 gas chromatography(Hitachi 163)를 사용하였으며, 칼럼 온도는  $225^\circ\text{C}$ , 주입온도는  $250^\circ\text{C}$ , 이동상은 질소로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 세포벽 구성 비섬유성 다당류의 변화

Table 1은 콩나물 성장중 세포벽 구성 비섬유성 다당류의 변화를 조사한 결과이다. 자엽부 세포벽의 당조성은 rhamnose, fucose, arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose 등이었으며, 그 중 galactose가 가장 많았고, 다음이 arabinose, xylose 순이었다. 이는 Brillouet와 Carre(19)의 결과와 일치하였다. 성장함에 따라 galactose를 제외한 당류는 뚜렷한 변화가 없었으나 galactose는 현저히 감소하였는데 Nevins(12)와 Pazur 등(23)은 대두 발아시, Amuti와 Pollard(24)는 bamnbarra ground nut의 발아시 동일한 현상을 보고하였다. Yamamoto 등(25), William과 Colaclasure(26)의 연구 결과에 의하면 식물 생체내의 유리 galactose는 auxin을 과잉유도하여 생체에 독작용을 나타내기 때문에 식물이 적응하기 위해 galactose가 빨리 소모된다고 보고하고 있다.

배측부의 구성 다당류는 자엽부와 동일하나, 성장함에 따라 대부분의 당이 감소하는 경향을 볼 수 있고 그 중에서도 galactose는 성장 2, 4, 6일에 각각 20.8, 6.6, 2.1mg/100mg으로 현저히 감소하여 성장 4일과 6일에

**Table 1. Changes of the non-cellulosic neutral sugars in cell wall of soybean sprouts during growth**

Part	Growth day	Non-cellulosic neutral sugars of cell wall <sup>1)</sup> (mg/100mg)							Total
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Cotyledon	2	1.2	1.3	8.2	3.9	0.3	13.4	0.9	29.2
	4	1.4	1.3	8.8	3.8	0.4	12.5	1.2	29.4
	6	1.5	1.4	8.7	4.4	0.5	9.4	0.9	26.8
Hycotyl	2	2.6	1.4	15.6	7.1	1.0	20.8	3.0	51.5
	4	2.4	1.2	16.0	6.1	1.5	6.6	2.6	36.4
	6	0.9	0.4	6.5	4.6	0.6	2.1	1.1	16.2

<sup>1)</sup>Abbreviations: Rha; rhamnose, Fuc; fucose, Xyl; xylose, Man; mannose, Gal; galactose, Glc; glucose.

는 오히려 galactose보다 arabinose 함량이 많았다. 세포벽의 총 비섬유성 중성당의 함량은 성장함에 따라 급격히 감소하였다.

Sasaki 등(27)은 대두와 당근을 세포배양하여 모식물 세포벽의 당조성과 배양세포의 세포벽 당조성을 비교한 결과, 모식물 세포벽에는 galactose의 함량이 많았으나 배양세포의 세포벽에는 galactose보다 arabinose의 함량이 많다고 보고하면서 이러한 현상은 식물이 환경에 적응하기 위한 것이라는 가능성을 제시하고 있다. 본 실험에서 성장 2일의 배측부에는 galactose가 arabinose 보다 함량이 많았지만, 4일과 6일에는 arabinose

가 galactose보다 많은 현상을 나타내고 있는데 이는 발아생리의 특이한 현상으로 생각된다.

#### Pectin질의 비섬유성 중성 단당류의 변화

Table 2와 3은 Ca<sup>++</sup>과 결합하고 있는 이온결합성 pectin(IAP)과 hemicellulose와 공유결합하고 있는 공유결합성 pectin(CBP)으로 나누어 구성당을 조사한 결과이다. Pectin질을 구성하고 있는 주요성분을 arabinose, rhamnose, galactose이었으며 이들 중 rhamnose는 CBP보다 IAP에서 많았고, galactose는 CBP에서 많았다. 성장함에 따라 IAP와 CBP의 arabinose는 자엽부와 배

**Table 2. Changes of the non-cellulosic neutral sugars in the ionically associated pectic fraction(IAP) of soybean sprouts during growth**

Part	Growth day	Non-cellulosic neutral sugars of cell wall <sup>1)</sup> (mg/100mg)							Total
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Cotyledon	2	2.8	2.1	2.3	1.9	0.1	2.4	1.0	12.6
	4	2.4	1.9	4.4	1.8	0.1	3.9	1.2	15.7
	6	2.3	2.3	5.0	1.4	0.3	4.3	1.8	17.4
Hypocotyl	2	2.9	nd <sup>2)</sup>	7.8	1.2	0.3	2.2	2.5	16.9
	4	2.2	nd	12.4	1.3	0.2	2.4	2.5	21.0
	6	2.8	nd	12.8	1.3	0.4	2.0	2.0	21.3

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>nd; not detected

**Table 3. Changes of the non-cellulosic neutral sugars in the covalently bounded pectic fraction(CBP) of soybean sprouts during growth**

Part	Growth day	Non-cellulosic neutral sugars of cell wall <sup>1)</sup> (mg/100mg)							Total
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Cotyledon	2	1.5	3.2	3.4	2.2	0.2	3.0	2.4	15.9
	4	1.7	3.4	3.2	2.0	0.3	4.0	3.8	18.4
	6	2.0	2.9	4.8	2.6	0.3	6.2	3.2	22.0
Hypocotyl	2	1.8	nd <sup>2)</sup>	5.4	1.1	0.5	2.4	1.2	12.4
	4	1.2	nd	8.4	1.2	0.6	2.3	1.6	15.3
	6	1.4	nd	12.2	0.8	0.6	2.5	2.0	19.5

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>nd; not detected

**Table 4. Changes of the non-cellulosic neutral sugars in the acid soluble hemicellulose fraction of soybean sprouts during growth**

	Growth days	Non-cellulosic neutral sugars of cell wall <sup>1)</sup> (mg/100mg)							Total
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Cotyledon	2	13.8	nd <sup>2)</sup>	1.8	12.5	1.0	8.6	25.0	
	4	13.2	nd	2.0	11.5	0.8	8.0	27.0	
	6	12.3	nd	2.0	10.8	0.8	6.8	29.2	
Hypocotyl	2	11.8	nd	2.1	4.2	1.8	9.3	37.5	
	4	9.2	nd	2.0	2.8	1.4	7.0	28.8	
	6	6.8	nd	2.0	2.0	1.0	4.5	29.0	

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 1.<sup>2)</sup>nd: not detected**Table 5. Changes of the non-cellulosic neutral sugars in the acid soluble hemicellulose fraction of soybean sprouts during growth**

	Growth days	Non-cellulosic neutral sugars of cell wall <sup>1)</sup> (mg/100mg)							Total
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Cotyledon	2	5.0	2.8	1.5	4.8	1.0	3.5	12.0	30.6
	4	2.5	2.2	1.2	2.5	1.8	2.5	10.5	23.2
	6	2.3	1.5	1.8	3.5	1.8	1.5	7.7	20.1
Hypocotyl	2	2.6	1.7	2.0	10.2	2.0	15.5	21.5	55.5
	4	2.8	1.5	2.2	17.5	3.8	7.0	29.0	63.8
	6	2.8	1.2	2.0	14.8	3.5	6.8	29.2	60.3

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 1.

축부에서 다같이 증가했으며, galactose는 자엽부는 증가하였으나 배축부에서는 변화가 없었다. CBP의 비섬유성 중성당 함량은 자엽부와 배축부에 다소 증가하는 경향이였다. Hall(10)은 식물체의 pectin질은 galacturonide사슬에 galactose와 arabinose 중합체가 결합되어 있다고 하였다.

#### 헤미셀룰로오스의 비섬유성 중성 단당류의 변화

Table 4와 5는 콩나물 성장 중 산 가용성 hemicellulose와 알칼리 가용성 hemicellulose 구성당의 변화를 조사한 결과이다. 산 가용성 hemicellulose의 중성당은 자엽부에서는 glucose, rhamnose, xylose, galactose 순이었으며 배축부에서는 glucose, rhamnose, galactose, xylose 순이었다. 알칼리 가용성 hemicellulose의 주요 중성당은 자엽부와 배축부 다같이 glucose, xylose, galactose, rhamnose이었으며, 산 가용성 hemicellulose에 비해 rhamnose 함량이 낮았다. Hemicellulose의 xylose의 함량이 산 가용성 hemicellulose에서는 자엽부에서 많았고 알칼리 가용성 hemicellulose에서는 배축부에서 많았다. 그리고 산 가용성 hemicellulose의 총 비섬유성 중성당 함량은 배축부에서, 알칼리 가용성 hemicellulose는 자엽부에서 감소하는 경향이였다.

McNeil과 Albersheim(28)은 보리 aleurone cell의 알칼리 가용성 hemicellulose는 xylose, arabinose가 주 구성당으로 보고하고 있어 쌍떡잎 식물과 외떡잎 식물의 차이를 알 수 있다. McNeil 등(11)은 쌍떡잎 식물에는 xylan이 존재하지 않고 xyloglucan이 hemicellulose의 주성분이라고 보고했으며, Kato와 Nevins(29)는 대두의 hemicellulose인 xyloglucan을 분리하여 당 조성을 조사한 결과 glucose, xylose, galactose로 구성되어 있다고 하였고 Bauer 등(30)도 sycamore hemicellulose에서 같은 결과를 보고하였다. 따라서 콩나물의 hemicellulose는 xyloglucan이 주성분이며, 자엽부에서는 저분자화한 xyloglucan이 산 가용성 hemicellulose에, 배축부에서는 고분자화한 xyloglucan이 알칼리 가용성 hemicellulose에 분획되는 현상이라 사료된다. 콩나물의 성장함에 따라 pectin질에서와는 달리 자엽부와 배축부의 산 가용성, 알칼리 가용성 hemicellulose에서 galactose가 현저히 감소하였으며, 이는 세포벽에서의 galactose 감소현상(Table 5)과 동일한 경향이였다. 산 가용성 hemicellulose에서는 성장 중 rhamnose가 감소하였으며, 성장 4일째 알칼리 가용성 hemicellulose의 glucose, xylose가 자엽부에는 감소하는 반면 배축부에는 증가하는 현상이였다. Koyama 등(31)은 대두 발아시 xyloglucanase에 의해 고분자 xyloglucan이 저분자

xyloglucan으로 분해되며, 다음 단계에 각종 glycosidase에 의해 단당류로 가수분해된다고 하였고, 성장이 정지된 세포와 성장 중인 세포에서 xyloglucanase의 활성을 조사한 결과, 성장이 정지된 세포에서 활성이 높다고 보고하고 있어 콩나물 성장시 자엽부에서는 xyloglucan이 감소 및 저분자화되며 성장이 진행되고 있는 배측부에서는 xyloglucan의 증가가 예상된다.

## 요 약

본 연구는 콩나물 성장시 세포벽 다당류를 구성하고 있는 비섬유성 중성당의 변화를 조사하였다. 자엽부 세포벽의 중성당 조성은 rhamnose, fucose, arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose 등이었고 주요 중성당은 galactose, arabinose, xylose이었다. 배측부의 구성 중성당의 조성은 자엽부와 동일하였고, 성장함에 따라 대부분의 당이 감소하였고, 그 중에서도 galactose는 성장에 따라 현저히 감소하였으며, 성장 4일과 6일에는 오히려 galactose보다 arabinose 함량이 높았다. 배측부의 총 비섬유성 중성당 함량은 성장함에 따라 감소하였다. Pectin질의 중성당은 rhamnose가 공유결합성 펙틴(covalently bounded pectins, CBP)보다 이온결합성 펙틴(ionically associated pectins, IAP)에서 많았고, galactose는 CBP에서 많았으며, 성장함에 따라 IAP와 CBP의 arabinose는 자엽부와 배측부에서 다같이 증가하였다. Hemicellulose의 주요 중성당은 자엽부에서는 glucose, rhamnose, galactose, xylose이었고, 알칼리 가용성 hemicellulose의 rhamnose 함량은 산 가용성 hemicellulose에 비해 낮았으며, 성장 중 galactose의 함량이 현저히 감소하였다.

## 문 헌

- 양차범, 이성우, 고영수, 윤석권 : 대두의 효율적 이용에 관한 연구. 한국영양식품학회지, 8, 1(1979)
- 박태원, 김순원 : 두류 가공물 제조법에 관한 연구. 연구보고(과연), 241, 1995(1995)
- 한용석, 이기종 : 콩나물의 식품학적 연구. 연구보고(공연), 9, 105(1959)
- Kimura, T., Mastsumo, H. and Uehate, T. : Changes of vitamin C during germination of soybean. *J. Home Economics*, 31, 55(1980)
- 박일현, 김인조 : 두채아에 관하여 식품화학적 연구(제1보). 과연회보, 1, 32(1956)
- 최춘린, 김정희, 송필량, 이태녕 : 대두 발아중 vitamin의 소장에 관하여(제1보). 과연회보, 4, 181(1959)
- 배효원, 유태종 : 대두 발아중의 각 기관 단백질 및 자엽 RNA 변동에 관한 연구. 한국농화학회지, 8, 81(1957)
- 양차범, 박상기, 윤석권 : Gel filtration에 의한 콩나물 제조중 단백질의 변화 조사. 한국식품과학회지, 16, 472(1984)
- 신효선 : 대두 발아중 지질 대사에 관한 연구(제2보). 한국농화학회지, 17, 247(1974)
- Hall, J. L. T. : *Plant cell structure and metabolism*. 2nd ed., London Longman, p.430(1984)
- McNeil, M., Darvill, A. G., Fry, S. T. and Albersheim, P. : Structure and function of primary cell walls of plant. *Ann. Rev. Biochem.*, 53, 626(1984)
- Nevins, D. J. : Relation of glycosidases to bean hypocotyl growth. *Plant Physiol.*, 46, 458(1970)
- Asano, Y. N. and Matsuda, K. : Isolation of xyloglucans from etiolated *Glycine max* and *Vigna Sesquipedalis* hypocotyls. *Plant and Cell Physiol.*, 18, 821(1977)
- Morikawa, H., Hayashi, R. and Senda, M. : Infrared analysis of pea stem cell walls and oriented structure of matrix polysaccharides in them. *Plant and Cell Physiol.*, 19, 1151(1978)
- Keegstra, K., Talmadge, K. W., Bauer, W. D. and Albersheim, P. : The structure of plant cell walls. III. A model of the walls of suspension-cultured sycamore cells based on the interconnections of the macromolecular components. *Plant Physiol.*, 51, 188(1973)
- Nevins, D. J., English, P. D. and Albersheim, P. : Changes in cell wall polysaccharides associated with growth. *Plant Physiol.*, 43, 914(1968)
- Nishitani, K. and Masuda, Y. : Growth and cell wall changes in azuki bean epicotyls. I. Changes in wall polysaccharides during intact growth. *Plant and Cell Physiol.*, 20, 63(1979)
- Cerning-Beroard, J. and Aliette, F. : A comparison of the carbohydrate composition of legume seed : Horsebeans, peas and lupines. *Cereal Chemistry*, 53, 968(1976)
- Brillouet, J. and Carre, B. : Composition of cell walls from cotyledons of *Pisum Sativum*, *Vicia Faba* and *Glycine max*. *Phytochemistry*, 22, 230(1950)
- Christiansen, G. S. and Thimann, K. V. : The metabolism of stem tissue during growth and its inhibition. I. *Carbohydrates. Arch. Biochem.*, 26, 230(1950)
- Yamaki, S., Machida, Y. and Kakiuchi, N. : Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant and Cell Physiol.*, 20, 311(1979)
- Blakeney, A. B., Harris, P. J., Henry, R. T. and Stone, B. A. : A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharides analysis. *Carbohydr. Res.*, 113, 292(1983)
- Pazur, J. H., Shadaksharaswamy, M. and Meidell, G. E. : The metabolism of oligosaccharides in germinating soybeans, *Glycine max*. *Archives of Biochem. and Biophysics*, 99, 78(1962)
- Amuti, K. S. and Pollard, C. J. : The metabolism of galactose and the raffinose oligosaccharides. *Phytochemistry*, 16, 533(1977)
- Yamamoto, R., Sakurai, N. and Masuda, Y. : Inhibition of auxin induced cell elongation by galactose. *Physiol. Plant*, 53, 543(1981)
- William, R. K. and Colaclasure, G. C. : Colaclasure ef-

- fect of galactose and other monosaccharides on IAA movement in bean hypocotyl segments. *Physiol. Plant*, **41**, 249(1977)
27. Sasaki, K., Maeda, M. and Otira, K. : Comparative studies of the Neutral sugar composition of cell wall polysaccharides between cultured cells and mother plant tissues of soybean and carrot. *Plant Physiol.*, **21**, 265(1980)
28. McNeil, M. and Albersheim, P. : The structure of plant cell walls, VII. Barley aleurone cells. *Plant Physiol.*, **55**, 64(1975)
29. Kato, Y. and Nevins, D. J. : Enzymic dissociation of glucuronoarabinoxylan by purified endo-(1,4) xylanase from *Bacillus subtilis*. *Plant Physiol.*, **75**, 759(1984)
30. Bauer, W. D., Talmadge, K. W., Keegstra, K. and Albersheim, P. : The structure of plant cell walls, II. The hemicellulose of the walls of suspension-cultured sycamore cells. *Plant Physiol.*, **51**, 174(1973)
31. Koyama, T., Hayashi, T., Kato, Y. and Matsuda, K. : Degradation of xyloglucan by wall-bound enzymes from soybean tissue. I. Occurrence of xyloglucan-degrading enzymes in soybean cell wall. *Plant and Cell Physiol.*, **22**, 1191(1981)

(1998년 8월 11일 접수)