

# 농업부산물 고추대 (*Pepper Stem*)을 이용한 묽은 황산 자일로즈 분별공정의 최적화

원경연 · 오경근\*

단국대학교 공학대학 응용화학공학과

## Optimization the Xylose Fractionation Conditions of *Pepper Stem* with Dilute Sulfuric Acid

Kyung-Yoen Won and Kyeong-Keun Oh\*

Department of Applied Chemical Engineering, Dankook University, Cheonan, 330-714, Korea.

**Abstract** Response surface methodology (RSM) was used for optimization the fraction conditions of xylose from pepper stem with dilute sulfuric acid. The independent variables were acid concentration in the range of 1.134 to 2.866%, reaction temperatures in the range of 142.68 to 177.32°C, and hydrolysis time in the range of 6.34 to 23.66 min. were studied. The dependent variables were xylose yield from pepper stem, and the production of by-products, for example, furfural, acetic acid, HMF etc. Experimental results had a good match with statistical result. The maximum xylose yield obtained in this experiment was 71% concentration.

**Keywords:** Biomass (바이오매스), Fractionation (분별), Response Surface Methodology (반응표면분석), Dilute-acid (묽은 산), Pepper stem (고추대)

### 서 론

최근 화석연료가 고갈되어 감에 따라 대체에너지의 필요성이 계속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 에너지로의 전환이 가능한 견목재 (hard wood), 연목재 (soft wood), 농업부산물 (agricultural residue)을 비롯한 섬유소계 바이오매스가 중요한 자원으로 부각되고있다(1, 2). 섬유소계 바이오매스는 cellulose (30~40%), hemicellulose (20~25%), 리그닌 (20~25%)으로 구성되어있다(3-6). 섬유소계 바이오매스를 원료로 하여 에탄올이나 여러 가지 화합물을 생산하기 위해서는 섬유소계 바이오매스를 구성하는 탄수화물을 미생물 발효가 가능한 발효성 당으로 전환하여야 한다(7). 이들 성분들을 효과적으로 전환하기 위해서 물리화학적 처리방법이 요구 되어지며 우선 리그노섬유소를 구성하고 있는 구성성분을 고려한 분별공정이 수행되어야 한다. 이

러한 분별 공정의 목적은 물리화학적 방법으로 바이오매스에서 유효성분을 분별함으로써, 효소를 통한 가수분해 효율을 증진시키는데 있다(8-11).

우리나라에서 발생하는 보릿짚, 유채대, 벼짚, 고추대 등과 같은 농업부산물들은 친환경적인 생물성 폐자원으로써 고부가가치를 지니고, 활용면에서도 높은 잠재력을 지니고 있다. 그러나 우리나라에서 발생하는 농 임산 폐기물의 80% 이상이 자원으로 재활용되지 못하고 비생산적 처리에 의존하고 있는 실정이며, 따라서 국내 농 임산 폐기물을 이용하는 자원화 기술개발이야말로 부존자원이 부족한 우리나라에는 반드시 필요한 자원확보의 대안이 될 수 있을 것이다. 섬유소계 바이오매스로 주목 받고 있는 보릿짚, 유채대, 벼짚, 등은 광합성작용에 의해 대기중의 이산화탄소를 이용하여 축적되기 때문에, 바이오 에너지로 사용할 경우 이산화탄소는 단지 순환할 뿐 추가적으로 배출되는 것은 없다고 말할 수 있어, 섬유소계 바이오매스를 통한 바이오 에너지 이용은 지구온난화를 가속화 시키는 화석연료 사용에 따른 문제점을 감소 시킬 수 있는 장점을 가진다. 이와 관련하여 우리나라의 대표적 채소작물인

### \*Corresponding author

Tel: +82-41-550-3558, Fax: +82-41-550-3044  
e-mail: kkoh@dankook.ac.kr

고추의 경우 2007년도 이후 평균 재배면적이 6만 ha로 가장 많고, 총 생산액도 매년 약 1조원으로 농가의 현금성 작물로 중요한 작물이다. 우리나라의 연간 고추 생산량은 약 42만 ton이며 이에 따른 고추 대의 발생량은 약 90만 ton이다. 그러나 고추의 생산성은 인건비의 상승과 노동력의 감소 및 고령화로 생산비가 상승하고, 재배규모가 영세하여 고추농가의 78%가 300평 미만 (평균 재배면적 240평)으로 자급 형의 농가들이 대부분이며 노동집약적 재배에 의존하고 있다. 고추 생산비중 노력비용이 46%를 차지하여 작업의 생력화가 필요한데, 고추재배에는 10 ha당 200시간 전후가 소요되며 그 중 수확 노동시간이 80시간으로 39%를 점유하여 특히 수확작업의 생력화 및 기계화가 필요한 실정이다(12). 따라서 경작 재배되는 경향이 일시에 수확하여 출하가 가능한 품종으로 전환되고 있으며, 이에 따른 수확 후 발생하는 고추가지, 대 등의 부산물이 대량으로 발생하고, 이들 농업폐기물들은 소각되거나 대부분 방치폐기 되는 실정이다. 고추대는 보릿짚이나 벼짚류와 같이 농업부산물로 얻을 수 있는 바이오매스이지만 고추대는 단단하고 견고한 구조를 가지고 있어 위의 종류의 농업부산물과 같이 가축의 사료나 산업의 원료로 사용되지 못하고 있다. 농업 부산물 또는 폐기물들의 자연상태에서의 분해는 박테리아류에 의해 이루어지지만 이는 분해속도, 기질친화도 등이 낮아 토양에 축적되거나 환경적인 오염원인이 되고 있으며, 소각 등으로 인한 대기오염을 유발시킨다(13). 따라서 이러한 국내 농업분야의 경작여건 변화와 자원 재활용적인 측면, 기계적인 방법을 통한 대량 수거를 유도할 수 있는 계기를 마련하고, 환경적인 오염원의 저감 측면에서의 가능성과 바이오 매스 에너지원으로서의 활용도를 고찰하기 위하여 본 연구 소재로써 고추 대를 사용하게 되었다.

본 연구에서는 비 식용작물 중 농업폐기물로 얻을 수 있는 고추대를 바이오 매스로 선정하고 묶은 황산을 이용한 자일로즈 분별공정을 통해 바이오매스 내의 구성물질인 반섬유소를 분해하여 자일로즈를 효율적으로 분별해내는 조건을 최적화 하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용된 고추대는 농촌진흥청 (Rural Development Agriculture)로부터 공급받았다. 고추대는 나이프 밀로 분

쇄하고, 14~45 mesh 크기의 체로 걸러서  $45 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 24시간 건조한 시료를 사용하였으며 이 때 시료의 수분함량은 8.05%였다(수분 함량분석기, Mb45, Ohaus, Switzerland). 본 실험에서는 고추대 시료 가수분해물의 표준 당 (standard)으로 D-글루코즈, D-자일로즈, L-아라비노스 (Sigma-Aldrich Co., USA)를 사용하였다.

### 분석방법

#### 탄수화물 분석 (Carbohydrate analysis)

고추대 탄수화물분석은 NREL/TP-510-42623에 따라 시행되었다(14). 먼저 탄수화물분석을 위해 준비된 고추대 시료  $0.3 \pm 0.01$  g을 정확히 취하여 20 mL test tube에 넣고 72% 황산 3 mL를 주입한 다음 15~20분 간격으로 저어 주면서 2시간 동안  $30^\circ\text{C}$ 의 항온수조 (shaking water bath, Dea ill Co., Korea)에서 반응시켰다. 2시간 후 84 mL의 증류수와 함께 autoclave용 100 mL 병 (Laboratory bottle, Duran, Germany)에 가하여 산 농도를 4%로 낮춘 후 autoclave (Model 8000-Dse, Nap Co., Korea)에서  $121^\circ\text{C}$ , 60분간 반응 시켰다. 반응 중 분해되는 당의 양을 보정하기 위해 시약 급의 D-글루코즈, D-자일로즈, L-아라비노스 (Sigma-Aldrich Co., USA)도 같은 조건에서 반응 시켰다. 반응 후 상온까지 냉각시킨 시료를 탄산칼슘 ( $\text{CaCO}_3$ )으로 중화하고 원심분리기 (UNION 32 R, Hanil)을 통해 원심 분리시킨 후 시료 상등액을 10 mL 주사기로 취해  $0.45 \mu\text{M}$  주사기용 필터 (PVDF syringe filter, Whatman Co., England)로 여과 후 HPLC (Breeze HPLC system, Waters Co., USA)를 통해 분석하였다.

#### 리그닌 및 회분분석

고추대 바이오매스의 리그닌 및 회분 분석은 NREL/TP-510-42618에 따라 시행 되었다(15). 리그닌 분석을 위해 준비된 고추대 시료 2 g을 100 mL 유리시험관에 넣고 72% 황산 30 mL를 주입하여 2시간 동안 반응시킨 후, 560 mL의 증류수를 첨가한 후 4시간 동안 환류 냉각하여 잔류 당을 추출한 다음,  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 12시간 건조 후 무게를 측정하여 리그닌 함량을 결정하였다. 회분함량은 2 g의 시료를  $575 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 전기로에서 4시간 이상 회화시킨 후 남은 양의 무게를 계산하여 측정하였다. 탄수화물 분석 및 리그닌 회분 분석결과는 Table 1에 나타내었다.

**Table 1.** The chemical composition of pepper stem

Glucan (%)	Xylan (%)	Arabinan (%)	Lignin (%)	Extractive (%)		Crude Protein (%)	Ash (%)	Total (%)
				Ext. (EtOH)	Ext. (Hexane)			
$36.91 \pm 0.52$	$13.96 \pm 0.35$	$1.15 \pm 0.05$	$17.52 \pm 1.58$	$11.48 \pm 0.25$	$2.5 \pm 0.05$	$5.51 \pm 0.5$	$3.48 \pm 0.22$	$92.51 \pm 3.52$

가수분해물 분석

고추대 시료의 가수분해물의 분석을 위해 HPLC (Breeze HPLC system, Waters Co., USA)를 사용하고 분석 컬럼은 (Aminex HPX-87H, Bio-rad Co., USA)를 사용하였다. 이 때 분석 용매는 0.005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 사용하였고, 용매흐름 속도는 0.5 mL/min으로 설정하였다. 분석시 컬럼과 RI 검출기 (Refractive index detector 2414, Waters Co., USA)의 온도는 각각 65°C, 50°C로 각각 조절하였다. 가수분해물 표준당으로 D-글루코즈, D-자일로즈, L-아라비노스 (Sigma-Aldrich Co., USA)을 사용하였다.

붉은 황산을 이용한 자일로즈 분별공정

붉은 황산을 이용한 고추대 시료의 자일로즈 분별공정에서 반응기는 SUS316재질의 길이 18cm 내경 1cm의 bomb tube 반응기를 사용하고, 시료는 0.5 ± 0.01 g을 충전하고 붉은 황산 용액 7.0 ± 0.1mL을 가하여 가수분해 반응을 진행하였다. 반응 후에 고추대 시료의 가수분해물로부터 분별되어 나온 액체를 회수해서 자일로즈 농도를 분석하여 붉은 황산을 이용한 고추대 시료의 자일로즈 분별 공정효과를 비교하였다. 자일로즈 분별 전의 고추대 자일로즈 함량과 비교하여 자일로즈수율을 결정 하였다.

반응표면분석 (RSM)을 통한 붉은 황산 자일로즈 분별 조건 최적화

수집된 자일로즈수율을 종속변수로 하고, 반응온도, 산 농도 그리고 반응시간을 독립변수로 하여 이들 변수들 간의 상호작용을 관찰하고, 자일로즈의 수율을 최대화시키기 위하여 반응표면분석법 (RSM)을 이용해 자일로즈 분별 공정 조건을 최적화 시키고자 하였다. Table 2에서 나타나 있듯이 실험계획은 3변수 3수준 분류 인자 설계에 따라 6개의 스타포인트 와 3개의 중심점의 반복실험을 포함하여 17가지 조건에서 수행하였다. 반응온도, 산 농도와 반응시간을 각각 X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>로 하고, 이 때 각 독립변수의 수준은 반응온도 ± 10°C, 산 농도 ± 0.5%, 그리고 반응시간 ± 5분 범위에서 수행하였다. 실험결과는 SAS (version 9.1, SAS Institute Inc., USA)의 RSREG을 이용하여 통계적으로 분석하고 종속변수 (자일로즈 수율)에 대한 회귀 방정식을 얻음으로써 최적 반응 조건을 얻었다(16).

Table 2. Factor and their level for central composite design

Variable	Symbole	Coded factor level				
		-1.732	-1	0	1	1.732
Reaction temperature (°C)	X <sub>1</sub>	142.68	150	160	170	177.32
Acid conc. (wt %)	X <sub>2</sub>	1.134	1.50	2	2.5	2.866
Reaction time (min)	X <sub>3</sub>	6.34	10.00	15.00	20.00	23.66

결과 및 고찰

반응표면 분석법에 의한 산 전처리 공정 최적화

반응온도, 산 농도 및 반응시간을 독립변수로 하여 이들 변수들 간의 상호작용을 관찰하고, 자일로즈 수율을 최대화시키기 위하여 반응표면분석법(RSM)을 이용해 자일로즈 분별 공정 조건을 최적화 시키고자 하였다. Table 3의 반응조건에서 자일로즈 분별공정 후 반응표면 분석한 결과 자일로즈 수율의 최대값을 갖는 반응온도(X<sub>1</sub>), 산 농도 (X<sub>2</sub>) 와 반응시간 (X<sub>3</sub>)을 각각 예측할 수 있다.

$$Y = 6.61 - 0.85X_1 + 0.32X_2 + 0.01X_3 - 0.71X_1X_2 + 0.03X_2X_3 - 0.10X_1X_3 - 0.79X_1^2 - 0.35X_2^2 - 0.16X_3^2 \quad (1)$$

식 (1)으로부터 반응온도 (-0.86), 산농도 (1.17), 반응시간 (0.41)의 코드 값을 구할 수 있었으며 각각은 반응온도 147°C, 산농도 2.8%, 반응시간 21 min.에 상응한다. Fig. 1은 반응온도 (X<sub>1</sub>), 산농도 (X<sub>2</sub>), 반응시간 (X<sub>3</sub>)을 각각 독립변수로 설정한 반응표면을 나타내고 있으며 7.58 g/L (자일로즈 수율 78%)의 최대 농도의 자일로즈 수율을 나타내었다.

Table 3. Three-variable, three-level fractional factorial design for the pepper stem hydrolysis

Independence Variables.						Dependent Variable
Coded Value		Real Value				Xylose yield (%)
X <sub>1</sub> : T	X <sub>2</sub> : AC	X <sub>3</sub> : t	T (°C)	AC (%)	t (min)	
-1.732	0	0	142.68	2	15	54.38
-1	-1	0	150	1.5	15	55.65
-1	0	-1	150	2	10	64.6
-1	1	1	150	2.5	20	67.52
0	0	1.732	160	2	6.34	66.26
0	1	-1	160	2.5	10	60.49
0	-1.732	0	160	1.134	15	52.46
0	1.732	0	160	2.866	15	63.14
0	0	0	160	2	15	58.02
0	0	0	160	2	15	66.4
0	0	0	160	2	15	68.41
0	-1	1	160	1.5	20	63.41
0	0	1.732	160	2	23.66	56.66
1	-1	-1	170	1.5	10	43.56
1	0	1	170	2	20	48.62
1	1	0	170	2.5	15	41.9
1.732	0	0	177.32	2	15	33.12

T = temperature, AC = acid concentration, t = reaction time.

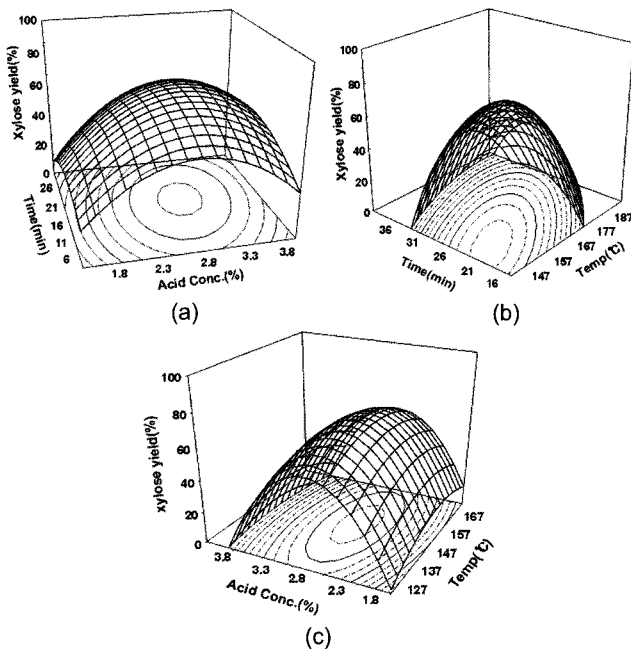


Fig. 1. Response surface and contour lines described by the model equation representing xylose conc. from the hemicellulosic fraction of pepper stem. (a) Reaction temperature = 150°C, (b) Acid concentration = 3%, (c) Reaction time = 15 min.

시간에 따른 자일로즈 수율 변화

본 실험 모델에서 예측된 최적 반응조건에서 반응시간 0 min. 부터 3 min. 간격으로 0~27 min. 범위에서 묽은 황산을 이용한 산 가수분해 실험을 수행하였으며, Fig. 2에서 보여지듯이 이 중 21 min.에서 최대 자일로즈 수율을 얻을 수 있었다. 21 min. 간 반응시켰을 때 추출된 물질들의 농도는 각각 포도당 2.45 g/L, 아라비노스 1.7 g/L, 자일로즈 6.85 g/L, 펄루럴 0.75 g/L, 아세트산 1.55 g/L, 이며 71%의 자일로즈 수율을 얻었다. 최적 조건 21분 이후부터 자일로즈 수율이 감소하는 것으로 나타났는데 그 이유는 최적시간 이후에 당화액의 과반응으로 인해 자일로즈가 펄루럴, 포름산, 레블린산 등으로 과분해 반응이 일어났기 때문이다(17-19).

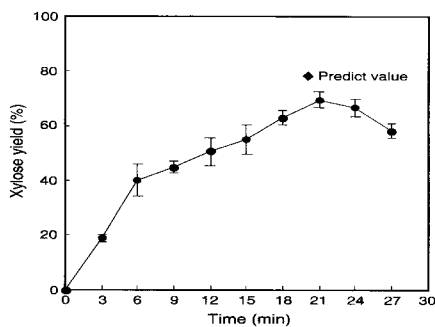


Fig. 2. Hydrolysis of pepper stem under optimized conditions. Acid concentration : 2.8%, Reaction temperature : 147°C, Reaction time : 21 min.

물질수지

고추대 자일로즈 분별공정 후 구성 성분의 변화를 Table 4에 나타내었다. 자일로즈 분별공정후의 고형성분의 약 38%가 액화되었다. 잔류 고형 성분을 분석하여, 초기 건조 분석물과 비교한 결과 글루칸이 약 54%로 전체의 89.95%가 잔류되어 있었는데 반해 자일란 성분은 2.45%로 약 89%가 액화되어 가수분해액으로 추출되었다. 리그닌과 회분 성분들은 각각 28.25%, 1.35%로 리그닌은 45.02%, 회분은 75.86%가 추출되어 고형분으로부터 제거되었다. 또한 가수분해액에는 2.6%의 글루칸과 10.85%의 자일란이 함유되어 있었으며, 따라서 전체 물질수지를 비교하면, 글루칸의 총 함량은 95.42%, 자일란의 총 함량은 88.68%로 각각 4.58%, 11.32%의 손실을 보였다. 글루칸과 자일란의 손실은 자일로즈 분별공정에서의 높은 온도와 산의 영향을 통해 펄루럴, 5-HMF, 레블린산, 포름산 등의 과분해물로 전환된 것으로 사료된다(17-19).

Table 4. Composition of solid and hydrolyzate of pepper stem

sample	weight remaining	Solid				Liquid		Material balance	
		Glucan	Xylan	K.lignin	ash	Glucan	Xylan	Glucan	Xylan
Untreated		36.91	13.96	32.01	3.48				
treated	62.3	53.97	2.45	28.25	1.35	2.6	10.85	95.42	88.68
treated'		33.62	1.53	17.6	0.84			(-4.58)	(-11.32)
component retention (%)		89.95	10.89	54.98	24.14				

이미지 분석

SEM (Scanning Electron Microscope) 분석

묽은 황산을 이용한 고추대 자일로즈 분별공정을 통해 고추대의 구조변화를 관찰하기 위해 SEM을 이용하여 가수분해 전 후의 고추대의 구조를 확인하였다.

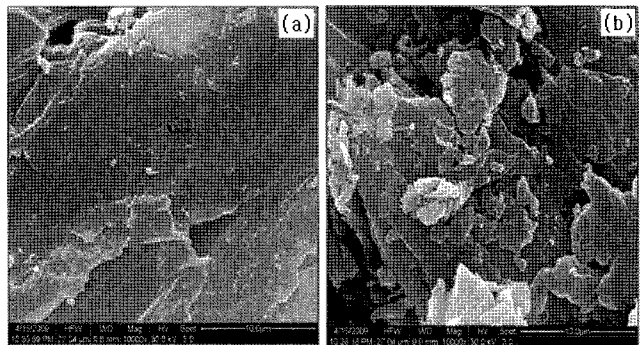


Fig. 3. SEM micrographs of the pepper stem. (a) Before Dilute-acid xylose fractionation. (b) After Dilute-acid xylose fractionation.

Fig.3은 SEM (Quanta200, FEI, USA) 이미지 분석을 통해 묶은 황산을 이용한 산 가수분해 전·후의 시료의 형태를 분석한 결과를 보여주고 있다. 이 결과 Fig. 3(a)에서 평평한 면으로 보이던 고추대 시료의 표면이 산 가수분해 후인 Fig. 3(b)에서는 부서지고 녹아서 없어진 표면의 모양을 보이고 있다. 이는 묶은 황산을 이용한 자일로즈 분별공정을 통해서 일부 섬유성 기질 외 반섬유소가 분해 되어 추출액상으로 용해되었음을 가시적으로 짐작하게 한다.

### XRD (X-RAY Diffractometer System) 분석

Fig. 4의 XRD 분석 (MAX-2500V, Rigaku Co., Japan)을 통해 2 $\theta$ 범위 18.7°~22.5°에서 섬유소의 Intensity값을 측정하였다. 최적반응조건에서의 묶은 황산을 이용한 자일로즈 분별 후의 시료와 전 시료의 CrI (Crystallinity index) 값은 각각 44.77, 33.49로 나타났다. 자일로즈 분별 최적화 공정에서 자일로즈 분별 된 시료의 섬유소의 CrI (Crystallinity index)가 자일로즈 분별 전 시료보다 33.7% 더 높게 나타난 이유는 묶은 산 전처리 공정을 통해 섬유소를 둘러싸고 있던 반섬유소의 비결정질의 구조들이 제거되어 섬유소의 결정화도가 높게 측정된 것으로 판단되었다.

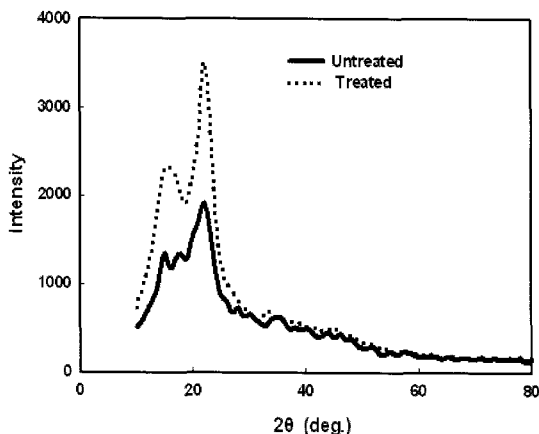


Fig. 4. Analysis of XRD (X-ray diffraction spectra) The specimen was scanned from 2 $\theta$  = 10° to 80° with a step size of 2°.

### 요 약

본 연구에서는 반응표면분석법 (RSM)을 따른 고추 대의 묶은 황산을 이용한 자일로즈 분별 공정을 통해 고추대 시료로부터 최적의 자일로즈 수율을 얻을 수 있는 반응조건을 예측할 수 있었다. 실제 실험 결과 최적 반응은 온도 147°C, 산 농도 2.8% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 반응시간 21 min.임을 알 수 있었고 최적 조건에서의 실험결과는 예측 값 78%보다 약 7% 낮은 71% 자일로즈 수율을 얻을 수 있었다. SEM 과 XRD분석을 통해 전처리 전·후의 시료의 이미지 분석을 하여 산 전처리 공정을 통해 섬유소 기질 외 다른

성분인 반 섬유소가 분해 되어 추출액상으로 자일로즈로 용해 되었음을 가시적으로 확인 할 수 있었고 전처리 된 고추대의 결정화도가 전처리 전보다 증가했음을 확인 할 수 있었다. 이로써 비결정성 물질인 반섬유소와 기타 성분들이 묶은 황산을 이용한 자일로즈 분별공정에 의해 분리되었음을 확인하였다.

### 감 사

이 연구는 단국대학교 대학원 연구보조장학금의 지원으로 이루어진 것임.

접수 : 2009년 5월 18일, 게재승인 : 2009년 6월 26일

### REFERENCES

- Eiji K., H. Sato, S. Takahashi, H. Noda, C. Fukuhara, and T. Okamura (2008), Liquefaction kinetics of cellulose treated by hot compressed water under variable temperature conditions, *J. Mater. Sci.* **43**, 2179-2188.
- Petersson, A., T. H. Mette, H. N. Henrik, and T. Anne-Belinda (2007), Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean, *Biomass and Bioenergy* **31**, 812-819.
- Juan, I. M., V. A. Alvarez, V. P. Cyras, and P. Analia (2008), Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers, *Cellulose* **15**, 149-159.
- Wada M., G. J. Kwon, and Y. Nishiyama (2008), Structure and thermal behavior of a cellulose I-ethylenediamine complex, *Biomacromolecules* **9**, 2898-2904.
- Baek, S. W. (2004), Production of sugar by dilute acid hydrolysis of biomass : SEDAP treated oak wood and sugarcane bagasse, M. S. Thesis, Dept. of Industrial chemistry, Dankook university, Korea.
- Karaosmanoğlu, F., E. Tetik, and E. Göllü (1999), Biofuel production using slow pyrolysis of the straw and stalk of the rapeseed plant, *Fuel Processing Technology* **59**, 1-12.
- Wyman, C. E. (1996), Ethanol production from lignocellulosic biomass: Overview. In *Handbook on Bioethanol, Production and Utilization* (Wyman, C. E., ed.), 1-18, Taylor & Francis.
- Keikhosro, K., S. Kheradmandinia, and M. J. Taherzadeh (2006), Conversion of rice straw to sugars by dilute-acid hydrolysis, *Biomass and Bioenergy* **30**, 247-253.
- Han, K. H., J. H. Ko, and S. H. Yang (2007), Optimizing lignocellulosic feedstock for improved

- biofuel productivity and processing, *Biofuels Bioproducts and Biorefining* **1**, 135-146.
10. Oh, K. K., S. I. Hong, and Y. Y. Lee (1998), Optimization of ammonia recycled percolation process for lignocellulose biomass pretreatment, *J. Kor. I. Chem. Eng.* **36**, 784-791.
  11. Baek, S. W., J. S. Kim, Y. K. Park, Y. S. Kim, and K. K. Oh (2008), The effect of sugar decomposed on the ethanol fermentation and decomposition reactions of sugars, *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **13**, 332-341.
  12. Park, K. H., Y. G. Park, J. Y. Yoon, and J. K. Jang (2007), A prospect agriculture 2008, 807-820, Korea Rural Economic Institute.
  13. Hong, J. G., Y. H. Park, and J. S. Seo (2002), In compliance with the bioconversion of recycle, concepts the efficient use technical development of the agriculture waste, *Rural Development Agriculture* 288-290.
  14. A. Sluiter., B. Hames, R. Ruiz, C. Scarlata, J. Sluiter, D. Templeton, and D. Crocker, (2008), Determination of sugars, byproduct's and degradation products in liquid fraction process samples, NREL/TP-510-42623.
  15. A. Sluiter., B. Hames, R. Ruiz, C. Scarlata, J. Sluiter, D. Templeton, and D. Crocker, (2008), Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass, NREL/TP-510-42618.
  16. Canettieri, E. V., Mo. G. J. R., J. A. Carvalho Jr, and J. B. A. Silva (2007), Optimazation of acid hydrolysis from the hemicellulosic fraction of Eucalyptus grandis residue using response surface methodology, *Bioresource Technology.* **98**, 422-428.
  17. Jensen, J., J. Morinelly, A. Aglan, A. Mix, and D. Shonnard (2008), Kinetic characterization of biomass dillute sulfuric acid hydrolysis: mixtures of hardwoods, softwood, and switchgrass, *AIChE Journal.* **54**, 6.
  18. Keikhosro K., S. Kheradmandinia, and M. J. Taherzadeh (2006), Conversion of rice straw to sugars by dilute-acid hydrolysis, *Biomass and Bioenergy,* **30**, 247-253.
  19. Xing, Q., Y. Y. Lee, and R. W. Torget (2004), Kinetic of glucose decomposition during dilute-acid hydrolysis of lignocellulosic biomass, *App. Biochem. Biotech.* 113-116.