

## 산업용 대마 목부를 이용한 고밀화 펠릿 연료 제조

신 수정<sup>1)</sup>, \*한 규성<sup>1)</sup>, 심 화섭<sup>2)</sup>, 안 병국<sup>3)</sup>

### Densified Pellet Fuel from Woody Core of Industrial Hemp

Soo-Jeong Shin, \*Gyu-Seong Han, Hwa-Seob Shim, Byeong-Kuk, Ahn

**Key words** : Pellet(펠릿), Hemp(대마), Woody Core(목부)

**Abstract** : We made densified wood pellet by hemp woody core as replacing wood resource. Hemp was separated into the bast fiber and the woody core by hot steaming treatment. The hemp woody core had a similar lignin content and carbohydrate composition with hardwood. Also, the hemp had a low ash content, which resulted in a low ash formation in pellet burning. Heating value of the hemp pellet had a very similar to the pellet made by hardwoods. The hemp woody core can replace hardwood for densified wood pelletmaking.

#### Nomenclature

ppm : part per million, w/w

#### subscrip

Glu : glucose  
Xyl : xylose  
Gal : galactose  
Man : mannose  
Ara : arabinose

#### 1. 서론

화석 자원의 고갈과 화석 연료 사용 증가로 인한 지구 대기층 내 이산화 탄소 배출 증가로 인하여 지구온난화 현상이 가속화 되고 있다. 대기 중 이산화탄소 농도를 증가시키지 않을 수 있는 지속적으로 재생산 가능한 에너지 자원에 대한 관심이 날로 커지고 있다. 목질계 바이오매스 자원의 이용에서도 산림에 축적되어 있는 자원을 수확하여 이용하는 경우에는 산림 내에 축적되어 있는 고정

된 이산화탄소를 다시 사용하게 되며 이로 인하여 대기 중에 배출하여 지구온난화 가속화 현상의 일부를 차지 할 수 있다.

대기 중에 있는 이산화탄소를 이용하여 광합성을 한 다음 그 자원을 다시 이용한다면 대기 중 이산화탄소의 농도 증가에 영향을 미치지 않을 것이다. 버려지는 땅에 급속생장이 가능한 목질계 바이오매스를 수확하여 이용한다면그런 목적을 달성할 수 있다. 에너지 작물 개념이 위의 아이디어에 기초하고 있다. 초기 생장이 빠른 수종이나 일년생 초본류가 그 대상으로 하여 주기적으로 재배하여 태양에너지를 목질계 바이오매스 형태로 저장할 수 있다.

대마의 잎이나 열매에 함유되어 있는  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol(THC)는 환각 작용을 일으키는 마약 성분이다. 일반 대마에서는 THC함량이 3-20% 정도이지만 산업용 대마는 육종을 통하여 이런 환각을 일으키는 성분의 함량을 획기적으로 줄여 현재 유럽이나 캐나다에서재배하고 있는 산업용 품종의 경우 THC 함량이 0.3% 이하이다(www.industrialhemp.net). 산업용 대마는 연간 바이오매스 생산량이 다른 식물체에 비하여 월등하게 크기 때문에 에너지작물 후보로 각광을 받고 있다. 국내에서는 산업용 대마를 연간 2회 재배하고 있다. 3월에 파종하여 6월말이나 7월초에 수확하여 인피 섬유로 삼베옷을 만들며 7월 중순에 파종하여 10월말이나 11월초에 종자를 수확하여 유

지자원으로 사용하고 있다.

그런데 이때 다량으로 발생하는 목질계 바이오매스는 현재 버려지고 있는 실정이다. 껍질부를 구성하고 있는 인피 섬유는 셀룰로오스 함량이 높고 긴 섬유 구조를 하고 있어서 먼 섬유 펄프가 갖는 특수한 용도에 대체 가능한 고부가가치의 원료로 사용 될 수 있다. 하지만 목부 바이오매스에 대한 용도가 미비하여 그 용도 개발이 시급한 실정이다. 산업용 대마 목부 바이오매스가 갖는 단점 중 하나는 밀도가 낮다는 것이다. 단위 무게를 저장하거나 운반할 때 부피를 많이 차지 하여 저장 및 운송 특성을 떨어뜨린다.

농작물 재배 후 들판에 버려지는 농업 부산물을 목질계 바이오매스를 대체하여 이용하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 이들 바이오매스의 큰 단점으로는 수확 가능한 수확 철이 한정되어 있어 이 시기에 집중적으로 배출되기 때문에 저장의 문제를 안고 있다. 또한 목재 바이오매스에 비하여 차지하는 부피가 크기 때문에 단위무게당 더 많은 면적을 요구 한다. 이런 저장성의 문제를 해결할 수 있는 방법 중의 하나는 부피를 획기적으로 줄일 수 있는 고밀화된 제품을 만드는 것이다.

톱밥과 같은 목재 분말을 가지고 압착하여 펠릿(pellet)을 만들면 밀도가 증가되고 이로 인하여 단위 부피당 에너지 밀도를 그만큼 증가시킬 수 있기 때문에 바이오매스 자원의 운반, 저장, 연소를 쉽게 조절할 수 있다. 스웨덴의 경우 석유 연료나 화목(火木)을 대체할 수 있는 고체 바이오매스 자원으로 목재 펠릿(pellet)의 수요가 꾸준히 증가하고 있다.

본 연구에서는 산업용 대마 종자를 수확하고 버려지는 부분 중 인피섬유를 제거한 후 남아 있는 목부 바이오매스를 이용하여 고밀화된 제품을 만들어서 그 연료 특성을 분석하여 고체연료로서의 가능성에 대하여 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 시료 조정

충남 당진군 농업기술센터의 지도로 산업용 대마를 재배하는 농가에서 7월 중순 파종하여 종자 생산을 위해 재배한 청삼의 종자 수확 후 들판에 남아 있는 산업용 대마 목부를 채취하여 이를 30cm로 크기로 자른 후 이를 120°C에서 30분간 증해한 후 인피섬유(bast fiber)와 목부(woody core)를 분리하였다. 분리한 목부를 파쇄한 후 펠릿 제조에 적당한 크기(8mesh 통과하고 20 mesh 통과하지 못한 부분)를 체로 선별하였다.

### 2.2 목부 구성물의 리그닌 및 당 분석

분리된 목분을 분쇄한 후 리그닌 함량 Tappi Test Methods T222 om-88 방법으로 분석하였다.

탄수화물의 구성당 분석은 Dionex사의 High Performance Anion-Exchange Chromatography (HPAEC)을 분석하였다. 사용한 컬럼은 Carbopac PA 10 (4 x 250 cm)을 사용하였고, ED50 pulsed amperometric detector를 사용하여 검출하였으며, flow rate (0.8 ml/min)로 측정하였다. 당당류의

정량 분석을 위하여 arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose 5종류의 당당류 표준물질로 표준 용액을 만들어 검량선을 구하였고 retention time에 따른 각 당당류 표준물질의 피크는 Fig.1과 같다.

### 2.3 펠릿 제조

8메쉬 표준체를 통과한 기건 상태의 톱밥을 피스톤 타입의 펠릿제조기(그림1)를 이용하여, 소정의 온도와 압력 및 압축시간을 적용하여 펠릿을 제조하였다.

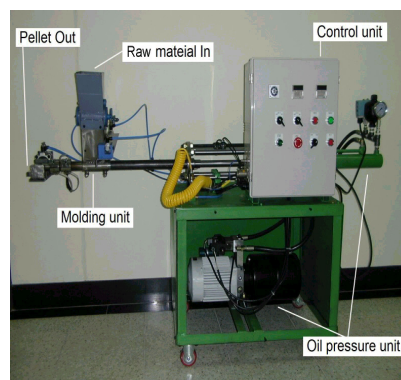


Fig. 1. A piston type pelletizer.

### 2.4 유기원소 분석

연소할 때 발열량을 대략적으로 추정하기 위하여 C,H,O,N 원소의 함량을 유기 원소분석기를 이용하여 측정하였다. CE Instrument사의 Automatic Elemental Analyzer EA1110를 사용하여 원소분석을 실시 하였다. 40 mesh 이하로 분쇄된 시료 10mg을 1800°C에서 연소 시킨 후 발생하는 각각 원소의 기체를 GC (Gas Chromatography) 칼럼을 통과 시키면서 이동속도에 따라 분리한 후 열전도도 검출기로 검출하여 각 원소의 구성비율을 계산 하였다.

### 2.5 회분 측정

시료 1.00g을 연소로에 넣은 후 525°C까지 가열한 후 도달한 온도에서 10 시간 열 분해하여 유기물을 제거한 후 남아있는 회분의 양을 측정하였다.

### 2.6 무기원소 분석

무기물을 구성하고 있는 원소 성분을 정량 분석 하기 위하여 Shimadzu사의 Atomic Absorption Spectrophotometer Model AA-6401을 사용하여 측정하였다. 목질계 바이오매스에 널리 분포하는 Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na 6가지 원소에 대하여 분석 하였다.

### 2.7 열량 분석

건진 시료 1.00g을 열량계 (Parr Instrument Co. 1341 Oxygen Bomb Calorimeter)에 넣고 산소

를 충전한 후 점화하여 연소 전후의 온도변화에서 전건열량 (HHV, higher heating value)을 계산하였다.

### 3. 결과 및 고찰

대마 바이오 매스를 목부와 인피 섬유로 분리한 결과 20.6%가 인피 섬유 79.4%가 목부로 구성되어 있었다. 본 실험에서는 그 중 목부 부분으로 펠릿을 제조하였고 성분 분석을 하였다.

#### 3.1 목부 구성물의 리그닌 및 당 분석

Table 1. Lignin and carbohydrate composition in hemp woody core and bast fiber based on hot-water extracted hemp

	Lignin content, (%)	Monosaccharides composition, (%)					
		Total	Glu.	Xyl.	Gal.	Man.	Ara.
Hemp woody core	19.4	80.6	50.0	28.4	1.7	T	0.5
Hemp bast fiber	10.4	89.6	67.6	10.0	4.6	3.9	3.5

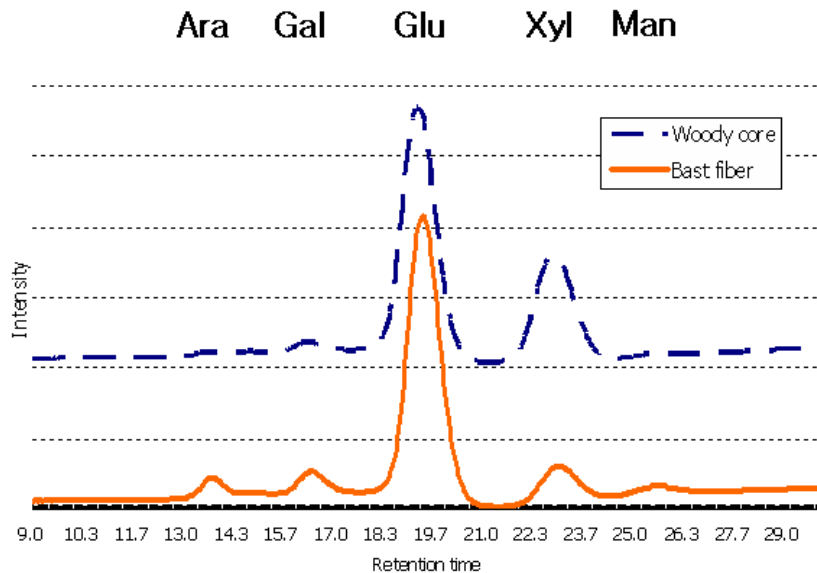


Fig. 2. HPAEC chromatograms of monosaccharides from hemp woody core and bast fiber

#### 3.2 유기 원소분석

Table 2. Elementary composition difference between hemp woody core and Hyunsasi-poplar

		Elementary Composition (%)			
		C	H	O	N
Hemp	Woody Core	47.89	6.04	45.86	0.20
	3	48.86	6.54	43.87	0.73
Hyunsasi-poplar	72-30	47.57	6.33	45.70	0.40
	72-31	47.87	6.57	45.04	0.55

### 3.3 무기물 분석

연소과정 중 유기물질은 연소되어 열량을 발생 시키면서 산화되지만 무기물은 남아 재 형태로 존재한다. 산업용 대마 목부를 이용하여 펠릿을 제조하였을 경우 생겨나는 재의 양을 추정하기 위하여 무기물 함량을 분석하였다. 무기물 함량은 0.5%로 목부 분말이나 펠릿으로 제조하였을 경우 같은 함량을 보였다. 따라서 대마 목부를 이용하여 펠릿을 제조하여도 특별하게 많은 양의 재를 생성하지는 않을 것이다.

무기물을 구성하고 있는 원소 구성을 추정하기 위하여 원소 분석을 실시 하였다. 대마 목부를 구성하고 있는 주요 무기물 원소로는 Ca가 1333.32 ppm으로 가장 많이 들어 있고 K가 52.45ppm, Na가 46.03ppm으로 뒤를 이었으며 Mg(8.77 ppm)과 Mn (0.62ppm)은 소량 존재 하였고 Fe의 존재는 검출되지 않았다.

### 3.4 열량 분석

Table 3. Heating value comparison between hemp woody core and hybrid poplars

		Heating Value (MJ/Kg)		
		Measured	Prediction *	Prediction **
Hemp	Woody Core	18.40	17.40	22.64
Hyunsasi-poplar	3	20.18	18.75	20.23
	72-30	20.83	17.72	19.61
	72-31	21.22	18.27	19.77

\* Ruyter, 1982.

\*\* Francis and Lloyd, 1983.

### 4. 결론

열매 수확 후 버려지는 산업용 대마를 이용한 목질 펠릿 제조화 가능성과 펠릿의 특성을 살펴 보았다. 산업용 대마의 성분 분석 결과 활엽수와 비슷한 리그닌 함량과 당 구성을 보였다. 회분 분석 결과 무기물 함량이 0.5%정도이어서 연료로 사용할 경우 재의 생산 양의 크지 않을 것이다. 원소 분석 결과 대기 오염을 유발할 수 있는 질소와 황 함량의 경우 황 성분은 전혀 포함하지 않고 있으면 약간의 질소 성분을 포함하고 있는데 현사시 나무와 비슷한 수준이었다.

발열량 측정과 추정에 있어서 활엽수로 제조한 펠릿과 뚜렷한 차이가 없었다. 따라서 바이오 매스 생산량이 큰 대마 목부를 이용하여 제조한 펠릿이 활엽수로 제조한 펠릿을 비슷한 화학적 성질과 발열 특성을 가질 것으로 생각된다.