

## 버섯배지 재료로서 케나프의 이화학적 분석

강찬호\* · 유영진 · 서상영 · 최규환 · 이기권 · 송영주 · 김정곤

전라북도농업기술원

## The physicochemical properties of kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.) as mushroom culture media source

Chan-Ho Kang\*, Young-Jin Yoo, Sang-Young Seo, Kyu-Hwan Choi, Ki-Kwon Lee, Young-Ju Song and Chung-Kon Kim

Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Iksan 570-704

**ABSTRACT:** To investigate the usefulness of Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.) as mushroom culture media source, we analyze physical condition and contents of nutritional components. The water absorption rate of Kenaf bast was 578% and it was 95% higher than that of poplar sawdust's. This was caused by Kenaf's porous cellular structure. so it could give more moisture and oxygen to cultured mushroom. Total carbon contents of Kenaf was 91.4%, it was quite higher than that of poplar sawdust, wheat bran and rice bran. Total nitrogen content was 1.76% and C/N ratio was 51.9. The content of NFE(Nitrogen free extract) was 46.6% and it was similar with rice bran. Cellulose content was higher than poplar but lignin content was lower. specially hemicellulose and pectin complex which more digestible carbon source to mushroom was 3.7% higher than poplar. Mineral component and amino acid contents were also maintained high compared with poplar. Fe was 4.2 times, P 3.2 times, K 2.2 times more and Ca was higher 16 mg/kg than poplar. The content of amino acid was quite more higher than poplar sawdust but lower than chaff. Consequently Kenaf had a good trait for basic support material in mushroom culture media and also had a good character as nutritional source.

**KEYWORDS:** Mushroom, Culture media, Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.)

### 서 론

Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.)는 무궁화과의 일년생 초본 식물로서 성장속도가 빠르고 단위면적 당 수량이 100MT/ha를 넘을 만큼 생산성이 높다. 또한 환경 적응성이 높아서 척박지에서도 잘 자라는 특성이 있어 원료수급

이 비교적 용이하고 친환경적이어서 배지원료로서의 사용 상 이점이 많은 작물이다. 그리고 세포 구조상 도관 직경이 200  $\mu\text{m}$  이상으로 크고, 도관은 세포벽이 얇고 벽공이 매우 많이 존재하는 그물망과 같은 구조를 가지고 있어 수분을 품고 분배하는데 유리한 세포 구조를 가지고 있다 (Yoon, 2009; Tan 등; Kim 등, 2006). 실제로 인피섬유와 (bast)와 속(core)의 수분 흡수율은 반응시간 경과에 따라 톱밥과 왕겨에 비해 높아서 (Lim 등, 2011) 수분 조절제로서의 활용가능성이 높은 것으로 판단되고 공극을 유지시켜 산소를 공급하고 C/N 비를 조절하여 버섯의 증식을 유용하게 유지시킬 가능성이 있다.

버섯 생장에 관여하는 요인으로는 온도, 습도, 공기조성, 광 등 재배환경과 관련되는 물리적 요인과 배지수분, pH, 탄소원, 질소원, 무기성분, 비타민 등 배지성분에 관련되는 화학적 요인으로 크게 나눌 수 있다. 배지 내 수분은 영양원의 매개체이므로 함량이 너무 낮으면 균사 생장이 더디어지고 너무 높으면 혐기상태가 유도되어 균사 성장이 저해된다. 또한 버섯균사체는 90% 이상이 수분으로

J. Mushrooms 2015 September, 13(3):207-211  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2015.13.3.207>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

\*Corresponding author  
 E-mail : jin1959@korea.kr  
 Tel : +82-63-290-6134, Fax : +82-63-290-6017

Received September 4, 2015  
 Revised September 14, 2015  
 Accepted September 23, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

자실체의 분화와 생장에 많은 수분이 필요한데 지나친 건조는 자실체의 분화를 저해하고 과잉수분은 자실체의 함수량이 증대되어 품질 저하를 초래한다. 따라서 적절한 배지의 함수율을 유지하는 것이 중요한데 배지원에서 함수율을 일정 수준으로 자동 조정할 수 있는 소재를 사용할 수 있으면 노력을 절감할 수 있고 수량을 높일 수 있는 장점이 있다.

버섯의 자실체를 생산하는데 필요한 주재료인 탄소원은 버섯의 세포구조를 형성하고 주요 에너지원으로 작용하는데 목재, 볏짚, 낙엽, 부식질에 포함되어 있는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등이 주요 탄소원이고 균사 생장을 촉진시키는 역할을 주로 한다. 질소원은 균사 생장과 자실체 생육에 관여하는 주요 물질인데 일반적으로 자실체를 형성하기 위한 질소의 최소 농도는 균사체 생장을 유지하는 농도보다 조금 높은 정도인 것으로 확인되고 있다. 버섯의 5~10%에 해당하는 회분의 대부분이 무기원으로 균사체 성분의 구성요소이며 여러 가지 생화학반응에 관여한다. 필요량이 적어서 미량원소로 구분되나 효소작용의 보조작용, 세포내외 물질수송 등 주요 대사작용에 관여한다. 이에 Kenaf의 함수특성 및 질소, 탄소함량 그리고 C/N율을 측정하고 미량이온 성분 함량과 아미노산 함량 등을 분석하여 버섯 배지로서의 Kenaf의 이용 가능성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### Kenaf 재배

Kenaf 재배는 부안 계화면 국립식량과학원 간척지 농업 연구 시험포에 2013~2014년 각 5월 1일 파종하여 재배하였다. 시비는 퇴비 1,000 kg/10a와 N 15-P 10-K 10 kg/10a를 전면 기비사용하고 재식거리 20x20 cm로 점파하였고 파종 120일후인 9월 하순에 수확하여 잎(leaf)과 인피(bast), 속(core)으로 분리하고 건조시킨 후 0.25 cm 이하의 분말로 만들어 시험재료로 사용하였다.

### 수분함량 분석

각 시료의 수분 함량은 Kang 등(2010)의 방법으로 수확 직후 Kenaf를 잎(leaf)과 인피(bast), 속(core)으로 분리하고 56°C 건조기에서 48시간 건조시켜 데시케이터에 옮긴 후 30분간 식혀서 건조전과 후의 무게 비를 구하여 수분 함량을 측정하였으며 시료별로 3반복 하여 평균값을 구하였다.

### 수분흡수율

Kenaf의 수분 흡수율은 각 분말시료 5g 씩 정량하여 tube에 담고 tube에 증류수를 가득 채운 후 밀폐하였으며 24시간 후 여과지를 이용하여 수분을 제거한 다음 무게를 측정하였다. 수분 흡수율은 다음의 식을 이용하여 계산하

였다.

$$\text{수분 흡수율(\%)} = \frac{\text{수분 흡수 후 시료무게} - \text{수분 흡수 전 시료무게}}{\text{수분 흡수 전 시료무게}} \times 100$$

### 수분 증발률

시료의 수분 증발률은 Lim 등(2011)의 방법을 따랐는데 petri dish에 Kenaf의 잎(leaf)과 인피(bast), 속(core) 각 2g을 정량한 후 20 ml의 증류수를 첨가하고 24시간 침지시킨 후 인위적인 통풍을 가하지 않은 실온에서 시간 별로 수분이 증발하는 양을 측정하였다.

### C/N ratio

유기물 함량은 100 g을 채취하여 CN분석기(Vario MAX, Elementar GmbH)를 이용한 총농도 결정법으로 측정하였으며 무기성분은 건조시료를 토양식물체 분석법에 준하여 분석하였다. 총 질소 함량은 kjeldahl법, P는 Vanadate 법으로 분석하였고, 양이온과 미량원소는 ICP(Perkinelma 7000 DV)를 이용하여 분석하였다.

### 일반성분 분석

일반성분은 시료 표준분석 방법(농림축산식품부)에 준하여 실시하였다. 수분은 시료 10 g을 dry oven(JSOF-200, 제이오텍) 으로 135°C에서 2시간 건조한 후 건조 전후의 무게비율로 측정하였고 조단백질은 켈달(kjeldahl)법으로 건조시료 1g에 분해촉진제와 황산을 첨가하고 서서히 가열 분해시킨 후 증류하여 분산에 포함된 NH<sub>4</sub>-N을 0.1 N 염산용액으로 적정하여 측정하였고 조지방은 산분해법으로 측정하였는데, 정량병을 100°C에서 2시간 건조 후 시료 2g을 100°C에서 2시간 건조시키고 난 후 80°C에서 8시간 지방 추출하여 에테르를 회수하고 정량병을 100°C에서 3시간 건조 후 칭량하여 정량병의 중량을 빼서 시료량에 대한 백분율을 구하였다. 조섬유는 AOAC법에 따라 시료 1g을 탈지시킨 후 황산액에 넣어 30분간 끓인 후 여과 잔사를 세정한 후 측정하였고 조회분은 AOAC법에 따라 시료 2g을 600°C에서 2시간 회화시킨 후 측정하였다. NDF 및 ADF는 Van Soest 시료중의 중성불용 부분을 계면활성제로 처리하여 세포 내 당류, 단백질, 지질 등을 유화 용해시켜 세포막 물질에서 분리한 후 용해되지 않은 부분을 구하였는데 NDF는 중성세제 용액으로 ADF는 산성세제 용액으로 60분간 끓여서 분해시킨 후 말려 잔사물을 측정하였다. 가용무질소물은 구해진 일반성분을 계산하여 측정 하였는데 계산식은 100-(수분+조단백질+조지방+조섬유+조회분)와 같았다.

### 아미노산 함량

아미노산은 시료 0.1 g을 염산 6 N-HCl(Wako, Japan) 로 110°C에서 24시간 분해하여 감압농축 하였다. 농축액

을 로딩버퍼 5 ml로 정용한 후 0.2 μm membrane syringe로 여과하여 Lithum buffer system에서 아미노산 45종을 아미노산분석기(Biochrom 30, pharmacia, UK)로 분석하였다.

### 결과 및 고찰

건조 Kenaf를 부위별로 poplar sawdust와 함께 물 흡수율을 확인한 결과 반응 시간이 경과할수록 물 흡수율은 점차적으로 증가하는 경향을 보였으나 24시간 후에는 흡수 정도가 점차적으로 완화된 경향이였다. 24시간 경과한 시점에서의 Kenaf 부위별 수분 흡수율을 보면 식물체에서 차지하는 비율이 높은 부분인 인피(bast)와 속(core)이 각각 578.6±7.8%와 559.2±2.1%로 포플러 톱밥(483.6±3.6) 보다 높게 나타났는데(Table 1) 이는 Lim 등(2011)이 Kenaf의 수분 흡수율이 톱밥이나 왕겨보다는 높다는 보고와 일치하는 경향이였으며 Yoon(2009)이 보고한 바와 같이 Kenaf는 세포 구조상 도관 직경이 200 μm 이상으로 크고, 도관은 세포벽이 얇고 벽공이 매우 많이 존재하는 그물망과 같은 구조를 가지고 있어 수분을 품고 분배하는데 유리한 세포 구조를 가지고 있다는 보고가 반영된 결과라 할 수 있다. 이러한 구조적 특성은 배지재료로 사용했을 때 수분조절제와 충분한 공극을 유지시켜 산소 공급이 가능할 것으로 추정된다.

이와 같이 높은 수분 흡수율을 보인 Kenaf의 수분 증발률을 poplar sawdust와 비교하여 분석하였다. 시간이 경과할수록 수분 증발률은 점차적으로 증가하는 경향이었는데 24시간 후에는 전 시료 모두 95% 이상 증발되어

수분이 거의 남아있지 않은 상태가 유지되었다. 조직별로 보면 도관이 통과하여 기공 구조가 발달한 core 부분의 수분 증발률이 높은 것을 제외하고는 bast와 leaf의 수분 증발률이 poplar sawdust와 비슷하게 유지되었는데(Table 2) 이는 높은 수분 흡수율에 비해 poplar sawdust와 비슷한 수분 증발률을 보인 Kenaf의 경우 배지원으로 사용할 경우 좀 더 많은 수분을 비슷한 속도로 좀 더 긴 시간 동안 공급해 줄 수 있음을 의미한다고 해석할 수 있다.

버섯 배지중 탄소원은 버섯의 세포구조와 에너지원으로 이용되는 원소인데 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등의 형태로 존재한다. Kenaf의 탄소 함량은 부위별로 89.2%에서 90.6% 범위로 존재하는데 이는 51.7%인 포플러 톱밥이나 40% 대인 밀기울, 미강에 비해서 아주 높은 함량분포 비율이다. 생체 부위별로는 core 부분이 94.6%로 가장 높았고 그 다음이 leaf 부위의 90.6% 그리고 bast 부위는 89.2%를 나타내었다(Table 3). 질소 함량은 생체 Kenaf에서 약 1.48%로 밀기울이나 미강에 비해 낮은 편이나 밀기울이나 미강의 수분 함유율이 10% 정도인 것에 비해 Kenaf는 수분 함량이 72% 정도로, 생체를 건조한 후 파쇄시킨 분말을 배지원으로 사용하는 점을 고려한다면 말린 Kenaf의 실질적 질소 함유율은 5.3% 정도로 상당히 높은 질소 함량을 보이고 있어 많은 질소원을 요구하는 다양한 버섯의 배지원으로 사용 될 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 버섯 배지 구성에 있어서 중요한 요인인 C/N 율을 보면 Kenaf의 생체 bast는 139, core는 378 leaf는 50 정도이며 식물체 전체를 합친 Kenaf 전초의 경우 질소 함량 1.76%, 평균 탄소 함량 91.4% 정도로 Kenaf 생체의 C/N 율은 51.9이다(Table 3). 또한 건조 분말을 버섯 배지원으로 사용하는 점을 고려한다면 케나프의 배지원으로서의 C/N ratio는 17.2 까지 낮아져 느타리버섯 배지의 적정 C/N ratio 20~40에 근접하게 된다.

Kenaf의 탄소원인 가용성무질소물(NFE)은 46.6%로 popular sawdust의 24.6% 보다 높았으며 미강 정도의 수준을 보였다. 가용 무질소물은 버섯균이 즉시 이용 가능한 버섯의 기본적인 골격을 이루는데 사용되기 때문에 반드시 필요하지만 너무 과하면 버섯의 경도가 무르게 된다(Kim 등, 2013). 중성세제불용섬유소(NDF)는 cellulose, hemicellulose, lignin 등을 포함하는 것으로 버섯균이 분

**Table 1.** The water absorption rate of dried kenaf and poplar sawdust

sample	Absorption time (h)			
	(unit : %)			
	4	12	24	
kenaf	Bast	527.6±4.2	568.8±9.4	578.6±7.8
	Core	529.8±5.1	548.4±7.1	559.2±2.1
	Leaf	322.4±7.2	334.6±3.2	366.4±1.8
Poplar sawdust	447.8±2.4	472.3±6.2	483.6±3.6	

**Table 2.** The evaporation rate of dried kenaf and poplar sawdust

sample	Time (h)				
	(unit : %)				
	4	8	16	24	
kenaf	Bast	22.8±1.4	46.2±2.4	74.6±2.8	97.4±2.4
	Core	32.1±1.6	52.4±3.0	82.0±3.2	96.8±1.7
	Leaf	17.9±2.1	40.6±2.8	71.9±2.4	95.3±0.8
Poplar sawdust	22.3±2.8	42.9±1.2	73.6±3.6	95.4±2.2	

**Table 3.** The content of T-N, T-C and C/N ratio in fresh kenaf and poplar sawdust

component	T-N(%)	T-C(%)	C/N ratio
kenaf Bast	0.64±0.08	89.2±4.2	139
kenaf Core	0.25±0.03	94.6±2.1	378
kenaf Leaf	1.82±0.12	90.6±1.6	50
Poplar sawdust	0.1±0.04	51.7±2.6	517

**Table 4.** Physiochemical properties of dried kenaf and poplar sawdust (unit :%)

component	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	ADF <sup>a</sup>	NDF <sup>b</sup>	NFE <sup>c</sup>
Kenaf	72.48	1.76	0.39	10.4	1.42	47.8	59.7	46.6
Poplar sawdust	10.24	0.46	0.28	64.3	0.60	72.4	87.8	24.6

<sup>a</sup>ADF, Acid Dergent Fiber; <sup>b</sup>NDF, Neutral Detergent Fiber; <sup>c</sup>NFE, Nitrogen-free extract

**Table 5.** The content of main carbon source of dried kenaf and poplar (unit : %)

component	Cellulose	Hemicellulose+Pectin	Lignin
Stem	52.8	28.6	14.8
kenaf Bark	58.6	14.8	3.6
Core	53.4	23.6	9.4
Poplar	47.8	18.6	19.4

**Table 6.** Mineral elements of dried kenaf and poplar sawdust (unit : mg/kg)

component	Ca	K	Mg	P	Fe
Kenaf	134.2	111.6	33.0	35.2	14.6
Poplar sawdust	118.2	51.7	26.5	10.8	3.5

해하여 이용하는데 시간이 걸리는 물질이다. Kenaf는 NDF가 59.7%로 다른 배지원에 비하여 비교적 높은 편이나 popular sawdust에 비해서는 28.1% 가량 적었다. 산성 세제불용섬유소(ADF)는 NDF에서 Hemicellulose를 제외한 탄소원이다. Lignin, cellulose가 대부분을 이루는데 갈색부후균은 리그닌을 거의 분해하지 못하므로(Baldrian 등, 2008) ADF 함량이 높은 배지의 사용에 주의하여야 한다. 역시 Kenaf의 ADF는 47.8%로 다른 배지원에 비하여 비교적 높은 편이나 popular sawdust에 비해서는 낮았다(Table 4).

Kenaf의 탄소원의 구성을 보면 전반적으로 cellulose가 높은 비중을 차지하고 hemicellulose와 pectin 혼합물 lignin 순으로 분포하였는데 부위별로는 bark의 cellulose 함량이 58.6%로 제일 높은 반면 hemicellulose와 pectin 혼합물이나 lignin의 함량은 각각 14.8%와 3.6%로 적었다. 반면 stem과 core는 cellulose 함량이 각각 52.8%와 53.4%로 bark에 비해 적고 hemicellulose와 pectin 혼합물과 lignin의 함량이 23.6%, 28.6%와 9.4%, 14.8%로 상대적으로 높은 특성이 있었는데 stem이 좀 더 그러한 특성이 강하였다(Table 5). 이중 버섯균이 비교적 원활하게 소화하여 사용할 수 있는 탄소 형태인 hemicellulose와 pectin 혼합물은 Kenaf가 평균 22.3%를 함유하고 있어 포플러톱밥보다 높았다.

무기염류는 적은 양이 소모되지만 촉매작용으로 버섯 생장의 대사과정에 영향을 끼치므로(Yoo 등, 2014) 무기

**Table 7.** Amino acid contents of dried kenaf, poplar sawdust and rice bran (unit : %)

Amino acid	Kenaf	Poplar	Rice bran
Cys	0.12	0.021	0.33
Met	0.13	0.013	0.32
Thr	0.37	0.019	0.48
Glu	0.88	0.051	1.66
Gly	0.39	0.019	0.62
Ala	0.45	0.020	0.58
Val	0.43	0.006	0.60
Ile	0.32	0.005	0.44
Leu	0.65	0.011	0.89
Tyr	0.25	0.003	0.32
Phe	0.42	0.021	0.24
Lys	0.51	0.018	0.66
His	0.18	0.007	0.32
Arg	0.37	0.061	1.0
Pro	0.41	0.029	0.43
Ser	0.35	0.028	0.56
Asp	0.69	0.046	1.20

성분을 분석한 결과, Table 4의 Crude ash 함량이 1.42%로 popular sawdust의 0.6%에 비해 2.4배 많은 것에서 알 수 있듯이 Kenaf의 무기 이온 함량은 popular sawdust 보다 높게 분포 할 것으로 예측할 수 있다. 실제로 무기 이온인 Ca, K, Mg, P, Fe 등을 분석해 보니 전반적으로 Kenaf에서 높게 분포하고 있음을 확인할 수 있었는데 Fe의 경우 Kenaf가 14.6 mg/kg 으로 4.2배 많았으며, P의 경우 3.2배, K의 경우 2.2배 많았고 Ca의 경우 134.2 mg/kg으로 popular sawdust의 118.2에 비해 16 mg/kg 더 많았다(Table 6).

버섯 배지에 포함되는 주요한 질소원은 단백질과 아미노산 질소 등으로 단백질은 균사체로부터 분비되는 protease에 의해 가수분해되어 아미노산이 되고 이들이 균사체내로 흡수된다. Kenaf는 질소 함량이 1.76%로 배지의 영양원을 공급하는 역할을 하는 주재료로서는 비교적 높은 함량을 보이고 있다. 여기에 버섯이 직접 이용할 수 있는 가용 자원으로 식물체 자체가 보유하고 있는 아미노산 함량을 분석한 결과 전체적으로 포플러톱밥에 비해

서는 높은 함량을 포함하고 있으며 미강 보다는 함량이 낮았다. 아미노산 종류별로는 글루타민(Glu)과 아스파탐산(Asp), 루이신(Leu), 라이신(Lys) 등이 높게 나타났는데 아르기닌(Arg) 함량이 높은 것을 제외하고는 미강과 유사한 특성을 보이고 있었다(Table 7).

## 적 요

Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.)의 버섯 배지원으로서의 활용 가능성을 판단하고자 물리성과 영양원 함유량 등을 분석한 결과 배지의 형태를 유지하고 영양원의 공급기지 역할을 하는 주재료로서 활용 가능성이 높았으며 탄소, 질소 함량과 C/N율, 일반성분, 미량원소 그리고 아미노산 함량 등도 일정 수준을 유지하고 있어서 배지 영양원으로서 역할도 기대할 수 있었다. 실제로 Kenaf는 다공성 세포구조 특성으로 높은 흡수능력을 가지고 있었는데 bast 부위의 경우 수분 흡수율이 578%로 수분 조절제와 산소 공급자 역할을 충실히 할 것으로 판단되었다. 총 탄소 함량은 91.4%로 포플러톱밥이나 밀기울, 미강에 비해 아주 높았다. 총 질소는 1.76%로 배지 주재료로는 높은 특성을 유지하였으며 C/N율은 51.9 였다. 가용성무질소물은 46.6%로 미강 정도의 수준을 유지하였다. 탄소원 구성을 보면 cellulose 함량은 포플러에 비해 상대적으로 높았고 lignin 함량은 낮았는데, 비교적 원활하게 사용할 수 있는 탄소원인 hemicellulose+pectin 혼합물이 포플러에 비해 3.7% 많았다. 무기이온 함량도 케나프가 포플러톱밥에 비해 전체적으로 높았는데 Fe은 4.2배, P은 3.2배, K는 2.2 배 많았고 Ca는 16 mg/kg 더 많았다. 아미노산 함량은 전체적으로 포플러톱밥보다 많았으며 미강보다는 함량이 낮았다.

## 감사의 말씀

본 연구는 농촌진흥청 공동연구(과제번호: PJ00925105) 사업의 연구비지원으로 수행된 연구 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- Baldrian, P. and Valkov V. 2008. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. *FEMS microbiol. review.* 32:501-521
- Kang, I. A., Lee, S. Y., Doh G. H. Chun, S. and Yoon, s. L.2010. Water absorption of wood flour-polypropylene composites: effects of wood species, filter particle size and coupling agent. *Mokchae konghak* 38:298-305
- Kim, N. H., Whang, W. J., Kwon, G. J. Kwon, S. M., Lee, M. K. and Cho, J. H. 2006. Anatomical and physical characteristics of kenaf grown in Korea. *Mokchae konghak* 34:1-7
- Kim, S. Y., Jeong M. H., Kim, M. K., Im C. H., Kim, K. H., Kim, T. S., Kim, D.S., Cheong, J. C., Hong, K. S. and Ryu, J. S. 2013. Composition analysis of raw material constituting the medium for mushroom cultivation. *J. Mushroom Sci. Prod.* 11(4):208-213
- Lim, J. J., Kim, D. H., Lee, J. J., Kim, D. G., Lee, H. J., Min, W. G., Park, D. G., Huh, M.R., Chang, H. H., Kim, P. J. and Kim, S. 2011. Studies on the evaluation of kenaf as a bulking agent in livestock composting. *J. of agriculture & life science* 45(2):21-28
- Tan, G. M. and Nam, S. 1997. Optical property of chemimechanical pulp sheet from fast growing kenaf. *Journal of Korea TAPPI* 29(2):25-35
- Yoo, Y. J., Kang, C. H., Choi, K. H., Kim, H. J., Jeong, J. S., Kim, H. J. and Mun, Y. H. 2014. Bag cultivation of *Pleurotus ostreatus* with *Miscanthus* species substrates. *J. Mushroom* 12(2):122-126
- Yoon, S. L. 2009. Microscopic observation of kenaf by optical and scanning electron micrograph. *Journal of Korea TAPPI* 41(2):47-54