

목질세편 세공구조에 따른 음식물쓰레기의 발효·소멸효율 평가

Evaluation of Fermentation Extinction Rate of Food Waste according to the Various Types of Wood Chip with Different Pore Structures

오정익¹ · 김효진²Jeong-Ik Oh¹ and Hyo-Jin Kim²

(Received June 20, 2012 / Revised July 17, 2012 / Accepted July 26, 2012)

요 약

음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 종류별로 세공구조에 따른 음식물쓰레기 무게 감량률 및 미생물 활동성을 비교분석 하였다. 목질바이오칩을 이용한 음식물쓰레기 발효·소멸실험을 온도 30~50℃, 습도 30~70% 조건의 발효·소멸 반응조에 15일간 매일 700~1,500g의 음식물쓰레기를 투입하며 실시하였다. 이 때 1,500g의 목질바이오칩을 발효·소멸 반응조에 초기에 투입하였다. 실험에 사용한 목질바이오칩의 세공구조는 미생물 혼합형(A 바이오칩), 2µm 마크로 세공형(B biochip), 0.1µm 미세공형(C 바이오칩), 점성구조형(D 바이오칩)으로 4가지 유형이었다. 실험결과, A, B, C, D 바이오칩별 발효·소멸에 의한 음식물쓰레기 무게감량률은 각각 85%, 63%, 92%, 73%이었고, C 바이오칩의 경우가 음식물쓰레기 감량률 92%로 최고값을 나타내었다. 또한, C 바이오칩은 ATP/COD 3.00×10^{-10} , ATP/TN 2.31×10^{-11} 로 상대적으로 타 종류의 바이오칩보다 높은 결과를 나타내었다. 이는 발효·소멸반응에서 발생하는 미생물의 서식지를 충분히 제공하여 ATP/COD 및 ATP/TN이 높아졌고 미생물의 활동성이 강화되어 발효·소멸반응이 원활하게 진행된 결과에 기인하는 것으로 분석되었다.

주제어 : 목질바이오칩, 발효·소멸, 음식물쓰레기, 세공구조, 감량률

ABSTRACT

Various types of bio wood chip for fermentation-extinction of food waste was investigated by comparing their different pore structure with the performance of weight loss rate and microbial activity. The fermentation-extinction of food waste with bio wood chip was examined by adding 700~1,500g of food waste every day during 15 days to the fermentation-extinction reactor with condition of 30~50℃ temperature and 30~70% humidity, where 1,500g of bio wood chips were existed. The bio wood chips used in this experiment were categorized into 4 different types; microbial-mixing type(A biochip), macro pore type(B biochip) under 2µm of pore size, micro pore type of wood-chips(C biochip) under 0.1µm of pore size, viscous & sticky type(D biochip). As a result, A, B, C, D bio wood chip exhibited 85%, 63%, 92%, 73% weight loss of food waste with fermentation-extinction. The maximum weight loss of food waste was obtained at the fermentation-extinction experiments by using C bio wood chip. On the other hands, the maximum ratio of ATP to COD and TN was obtained from 3.00×10^{-10} and 2.31×10^{-11} in the case of C bio wood chip, comparing with other types of bio wood chip. Consequently, the performance of weight loss rate was affected with the micro pore structure of bio wood chip which have an advantage of extensive microbial activity space in the fermentation-extinction of food waste.

Key words: Bio Wood Chip, Fermentation-extinction, Food Waste, Pore Structure, Weight Loss

1. 서론

최근, 음식물쓰레기 종량제 전국확대 실시('12년), 음식물쓰레기/음폐수의 해양배출 금지('13년)로 인해 음식물쓰레기

의 저감 및 에너지화 관련 녹색기술의 수요가 보다 증대되고 있다. 정부는 음식물쓰레기 감량화/에너지화를 적극 추진하고 있으며, 우리나라의 음식물쓰레기를 포함한 폐기물 연료화 목표를 '12년까지 총 380만톤(약 1만톤/일)으로 설정하고

*본 연구는 토지주택연구원에서 추진한 연구과제의 결과로 LH 공사의 자체 연구비로 지원받아 수행되었음

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 책임연구원(교신저자: ojijp@lh.or.kr)

2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원

있다(환경부, 2008). 또한, 국민 생활수준 향상, 환경의식 고조에 따라 음식물쓰레기 관리에 대한 개선 요구가 증대되고, 국가적으로 ‘저탄소 녹색성장’ 정책 추진으로 친환경 건설수요가 급증하고 있다(대한주택공사, 2009).

음식물쓰레기의 분리배출, 주민 편의성, 환경 보전성, 쾌적한 삶의 질 등을 종합적으로 판단할 때, 음식물쓰레기를 발생원에서 궁극적으로 감량·소멸처리하는 방안이 적절하다고 판단되어 '00년대 초반에 주거지 등의 음식물쓰레기 발생원에서 미생물 분해, 발효·소멸, 건조분해와 같은 감량요소기술의 적용을 시도하였으나 실제 감량 효율이 저조하고 최종 부산물이 발생하며 중복처리처분의 문제가 대두되어 큰 실효를 거두지 못하였다(환경부, 1998, 2002; 박순남, 2002; 손영목, 2004; Kim 등, 2011; Lebersorger과 Schneider, 2011; Sonnino와 McWilliam, 2011; Shoubao 등, 2011).

무엇보다 음식물쓰레기의 발효·소멸기술에서는 미생물의 활동을 촉진시키는 제재의 역할이 중요하나 처리 성능, 효과, 발효·소멸 메커니즘 규명이 미비한 실정이었다. 이는 국외기술을 그대로 도입하여 적용하는 사례가 빈번하여 국내 음식물쓰레기 여건에 적합한 기술개발이 미흡한 결과로 사료되었다(토지주택연구원, 2010).

본 연구에서는 음식물쓰레기의 발효·소멸반응을 촉진시킬 수 있는 바이오 코로니 형성측면에서 목질바이오칩의 세공구조가 중요한 역할을 수행한다(오정익, 2010)고 간주하여, 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 종류별로 세공구조에 따른 음식물쓰레기 무게 감량율, 미생물 활동성을 비교분석 하였다. 최종적으로 음식물쓰레기의 발효·소멸용 목질바이오칩 최적항목을 도출하고 주요 메커니즘을 분석하였다.

2. 실험방법 및 재료

2.1 목질바이오칩의 원료물질

음식물쓰레기 반응에서 바이오칩은 극소미생물의 서식 공간제공 및 반응의 촉진조건 도출이 가능한 고밀도 바이오코로니(Bio-Colony)를 형성시켜 주는 매개체이다. A 바이오칩은 미생물이 혼합된 목질세편으로서 기존제품이다. B 바이오칩은 침엽수계열의 목질세편이고, C 바이오칩은 이산화황으로 무균 처리한 목질세편에 효소가 첨가된 세편이며, D 바이오칩은 곡류계열의 목질세편이다.

표 1. 발효소멸용 목질바이오칩별 조성물

목질세편	구성	제조 내용
A 바이오칩	혼합형	미생물 혼합형 제품
B 바이오칩	단일형	침엽수 계열 톱밥
C 바이오칩	혼합형	효소첨가 무균처리 목질세편
D 바이오칩	혼합형	곡류계 목질 세편

오칩은 곡류계열의 세편이다. 표 1에서 목질바이오칩 원료선별을 위한 대상재료를 나열하였다.

2.2 분석방법

2.2.1 세공구조

바이오칩의 세공구조는 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscopy)에 의해서 측정하였다. 주사전자현미경(SEM)은 고체상태의 미세조직과 형상을 관찰하는 데에 다양하게 쓰이는 분석기기로서 50Å 정도의 해상력을 지닌 것이 상품화되어 있고, 최근 고분리능 SEM은 10Å 이하의 해상력을 가지고 있다.

2.2.2 화학적 성상

화학적 성상에 대한 분석항목으로는 화학적 산소요구량(COD, Chemical Oxygen Demand), 총 질소(TN, Total Nitrogen) 및 아데노신3인산(ATP, Adenosine Tri-Phosphate)을 분석하였다.

시료의 전처리는 분석용 시료를 막자사발에서 갈아 0.075mm (200 메쉬)의 표준체로 체거름 한 후, 105°C의 건조기에서 향량이 될 때까지 건조시키고, 건조시료 1g을 정확하게 취해 1%의 황산용액 100ml에 넣고 완전 혼합시킨 후 상등액을 채취하여 분석하는 방법을 취하였다.

화학적 산소요구량(COD)은 시료를 황산산성화하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕 상에서 가열반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨 양으로부터 상당하는 산소의 양을 측정하는 방법으로 HACH(DR-4000)를 이용하여 측정하였으며 측정범위는 0~150mg/L이었다. 그리고 시료 중 질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재하에 120°C에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 다음 산성에서 자외부 흡광도를 측정하여 정량하는 방법으로 HACH(DR-4000)를 이용하여 총 질소(TN)의 농도를 10~150mg/L 범위에서 측정하였다.

2.2.3 아데노신3인산

아데노신3인산(ATP, Adenosin Tri Phosphate)은 생물세포 내에서의 유기화합물 분해로 방출된 에너지가 일단 ADP를 인산화시켜 ATP의 고에너지 인산결합의 형태로 저장되었다가 필요에 따라 방출되어 생물체의 여러 가지 생활 활동에 사용된다. ATP는 미생물 세포수의 증식을 나타내며 활발한 미생물의 활동성 지표로 사용된다.

ATP 측정은 DKK TOA사의 AF-50 을 사용하여 측정하였다. 측정감도는 0.1 pg ATP (2×10^{-16} mol ATP~0.2mole ATP, 23°C)이며 측정용기 DISPOTUBE(12mm × 55mm)에 시료를 넣고 Luciferase, Luciferin에 의한 생물화학발광법으로 측정

하였다. 측정온도범위는 5°C~35°C이며 AF-50의 외형크기는 164(W)×93(H)×250D(mm)이었다. 또한, 측정시료 1g를 1% 황산용액 10mL에 용해시키고 증류수로 100배 희석한 용액의 상등수 200μL을 채취하여 측정하였다.

2.3 음식물쓰레기 감량 실험

A, B, C, D 바이오칩에 대한 음식물쓰레기의 무게감량효과를 발효·소멸장치를 이용하여 실험하였다. 실험에 사용한 발효·소멸장치는 하루 1,500g 처리용량의 반응조로서 온도 30~50°C, 습도 30~70%의 발효조건으로 설정하고 음식물쓰레기와 목질바이오칩을 혼합하는 역할을 하였다. 가정용 및 식당용 음식물쓰레기를 매일 700~1,500g씩 15일간 투입하였으며 무게변화는 주입음식물량과 잔류량을 측정하여 조사하였다. 여기서 초기에 목질바이오칩 1,500g 주입하고 추가량은 없었다.

3. 실험결과

3.1 목질바이오칩의 세공구조

SEM의 시료는 진공 중에서 측정되며 특히 바이오칩의 경우에는 수분을 함유하고 있으므로 시료의 고정, 탈수, 건조 등의 전처리가 필요하였다. 전처리를 마친 각 바이오칩의 세공구조를 측정된 결과를 그림 1에 나타내었다.

그림 1(a)은 A 바이오칩의 세공구조를 SEM으로 관찰한 결과이다. A 바이오칩은 목질세편에 미생물을 주입한 혼합형 칩이다. 미세한 구조의 세공이 다량 분포하는 형태로 존재하고 있었으며 음식물쓰레기의 발효소멸반응에서 미생물의 발생 및 서식이 가능한 구조로 사료되었다. 특히 칩 사이에

등근 형태의 구조를 가진 물질들은 일반적으로 호모구조와 유사하였다.

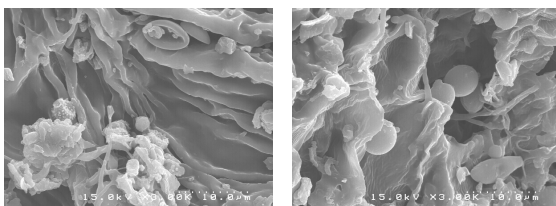
그림 1(b)은 B 바이오칩의 세공구조를 SEM으로 관찰한 결과이다. 국내에서 생산되는 일반적인 침엽수계열의 목질세편이다. 세공의 크기는 약 2μm로서 C 바이오칩과 비교해서 상대적으로 미세한 구조의 세공은 보이지 않았다. 음식물쓰레기의 발효소멸반응에서 미생물의 발생 및 서식이 가능한 구조로는 미흡할 우려가 있는 것으로 사료되었다

그림 1(c)은 C 바이오칩의 세공구조를 SEM으로 관찰한 결과이다. 국내에서 생산되는 일반적인 침엽수계열의 목질세편을 이산화황으로 무균화 처리하여 효소를 첨가한 바이오칩이다. C 바이오칩은 0.1μm 이하의 미세공 구조가 관찰되었으며 음식물쓰레기의 발효·소멸반응에서 미생물의 발생 및 서식이 가능한 구조를 가지고 있는 것으로 사료되었다.

그림 1(d)은 D 바이오칩의 세공구조를 SEM으로 관찰한 결과이다. 국내에서 생산되는 일반적인 목질세편에 질소계열 목질칩을 첨가한 바이오칩이다. D 바이오칩은 미세공 구조가 아닌 점성구조가 관찰되었으며 유기성으로 유기밀도, 유기농도가 높을 것으로 사료되었다. 음식물쓰레기의 발효소멸반응에서 미생물의 서식구조를 제공하기 보다는 풍부한 유기물공급을 할 수 있는 기능을 가질 것으로 사료되었다.

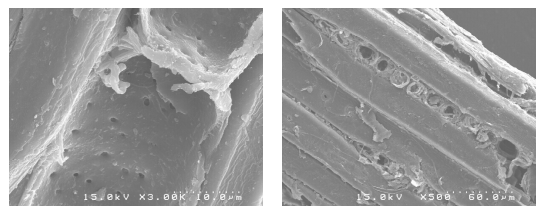
표 2. 목질바이오칩의 원료별 COD, TN 및 ATP 농도(단위 : mg/g)

바이오칩	COD	TN	ATP
A	1,250	50	5.0×10 ⁻⁸
B	850	20	5.3×10 ⁻⁸
C	100	13	3.0×10 ⁻⁸
D	1,350	230	5.1×10 ⁻⁸



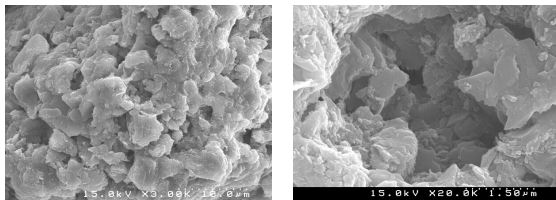
(15.0kv X 3.00 K, 10μm / 15.0kv X 3.00 K, 10μm)

(a) A 바이오칩의 세공구조(세편+효모 혼합구조)



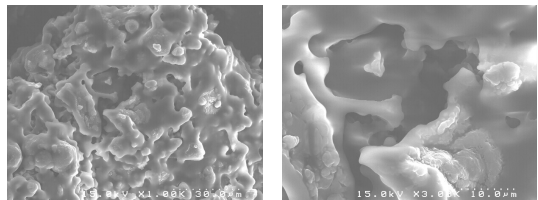
(15.0kv X 3.00K, 10μm / 15.0kv X 500K, 60μm)

(b) B 바이오칩의 세공구조(약 2 μm 세공구조)



(15.0kv X 3.00K, 10μm / 15.0kv X 20.0 K, 1.50μm)

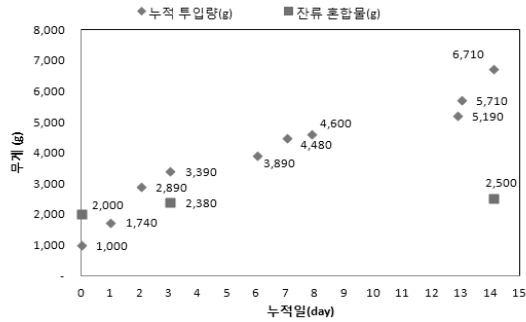
(c) C 바이오칩의 세공구조(0.1μm이하 미세공 구조)



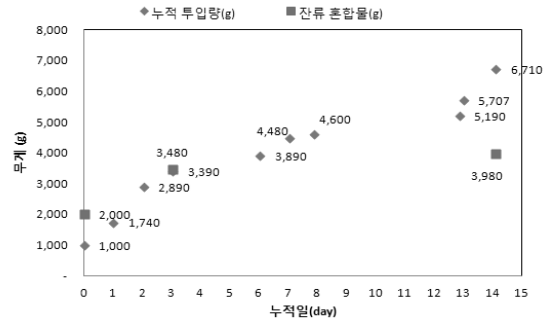
(15.0kv X 1.00K, 30μm / 15.0kv X 3.00K, 10μm)

(d) D 바이오칩의 세공구조(점성구조)

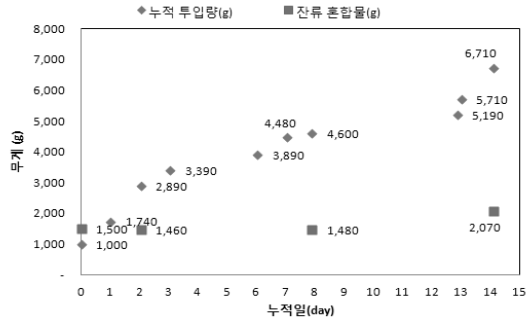
그림 1. 목질바이오칩의 세공구조 비교결과



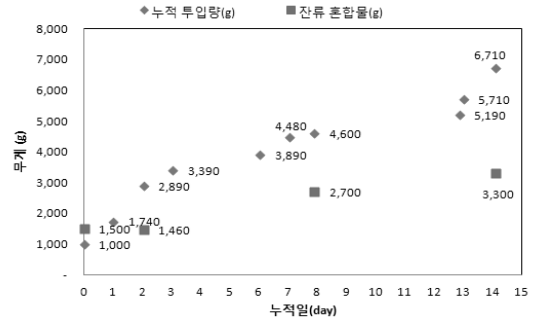
(a) A 바이오칩



(b) B 바이오칩



(c) C 바이오칩



(d) D 바이오칩

그림 2. 목질바이오칩 종류별 음식물쓰레기 누적 투입량 및 잔류 혼합물 무게변화 비교

3.2 목질바이오칩의 원료별 음식물쓰레기 감량효과

발효·소멸장치를 이용하여 시험일수는 15일간 음식물쓰레기를 일별로 투입하며 A, B, C, D 바이오칩별로 혼합하고 무게 감량변화를 연속으로 분석한 결과를 그림 2에서 도시하였다.

그림 2(a)는 A 바이오칩을 이용한 음식물쓰레기 무게감량 변화결과로서 총 음식물쓰레기투입량은 누적 무게로 6,710g이었으나 최종 혼합 잔류량은 2,500g이었다. 최종 잔류무게에서 최초로 투입된 바이오칩 1,500g을 제외하면 투입 음식물쓰레기의 발효소멸 후의 잔류량은 1,000g 이었으며 A 바이오칩에 의한 음식물쓰레기의 감량효율은 85%이었다.

그림 2(b)는 B 바이오칩을 이용한 음식물쓰레기 무게감량 변화결과로서 총 음식물쓰레기투입량은 누적 무게로 6,710g이었으나 최종 혼합 잔류량은 3,980g이었다. 투입 음식물쓰레기의 발효소멸 후의 잔류량은 2,480g이었으며 B 바이오칩에 의한 음식물쓰레기의 감량효율은 63%이었다.

그림 2(c)는 C 바이오칩을 이용한 음식물쓰레기 무게감량 변화결과로서 총 음식물쓰레기투입량은 누적 무게로 6,710g이었으나 최종 혼합 잔류량은 2,070g이었다. 투입 음식물쓰레기의 발효·소멸 후의 잔류량은 570g이었으며 A 바이오칩에 의한 음식물쓰레기의 감량효율은 92%이었다.

그림 2(d)는 D 바이오칩을 이용한 음식물쓰레기 무게감량 변화결과로서 총 음식물쓰레기투입량은 누적 무게로 6,710g이었으나 최종 혼합 잔류량은 3,300g이었다. 투입 음식물쓰레기의 발효소멸 후의 잔류량은 1,800g이었으며 A 바이오칩에 의한 음식물쓰레기의 감량효율은 73%이었다.

레기의 발효소멸 후의 잔류량은 1,800g이었으며 A 바이오칩에 의한 음식물쓰레기의 감량효율은 73%이었다.

4. 고 찰

서로 다른 세공구조를 가진 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩에 의한 음식물쓰레기 무게 감량율을 비교한 결과 C 바이오칩에 의한 음식물쓰레기 감량율(92%)이 A 바이오칩(85%), B 바이오칩(63%), D 바이오칩(73%)에 비교하여 높은 결과를 나타내었다.

여기서 목질바이오칩의 생물화학적 성상특성을 비교하기 위해서 A, B, C, D 바이오칩에 대해서 COD, TN, ATP를 측정하였고 그 결과를 표 2에 나타내었다. 바이오칩별 COD 및 TN의 농도범위는 100~1,350mg/g 그리고 13~230mg/g의 범위에서 존재하였고 C 바이오칩의 COD 및 TN의 농도는 다른 바이오칩에 비해서 상대적으로 낮았다. 한편, A, B, C, D 바이오칩별 ATP의 농도범위는 $3.0 \sim 5.3 \times 10^{-8}$ mg/g 으로 COD 및 TN보다 농도범위가 상대적으로 협소하였다.

ATP/COD 및 ATP/TN를 이용하여 A, B, C, D 바이오칩을 비교하여 음식물쓰레기 감량효율과의 상관성을 그림 3에서 비교하였다. COD 및 TN은 목질바이오칩별 유기물 농도함량이며, ATP/COD 및 ATP/TN은 유기물 1g이 보유하고 있는 미생물 활동도로 해석 할 수 있다. COD 및 TN에 대한 ATP의 비는 A, B, D 바이오칩의 경우는 유사하였으나, C 바이오

목질세편 세공구조에 따른 음식물쓰레기의 발효·소멸효율 평가

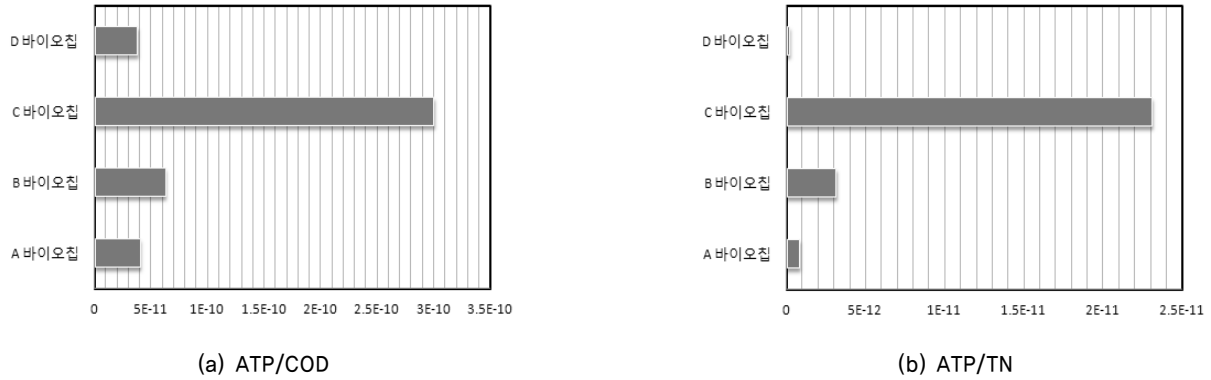


그림 3. 목질바이오칩 별 ATP/COD 및 ATP/TN의 비교

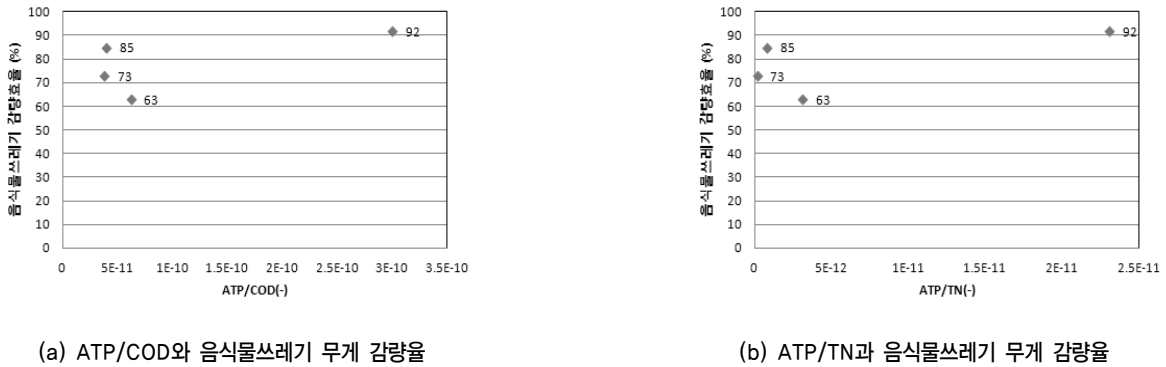


그림 4. 목질바이오칩별 ATP/COD 및 ATP/TN과의 음식물쓰레기 무게 감량률 비교

칩은 다른 종류의 목질바이오칩과 비교하여 약 10배 이상 높았다.

ATP/COD 혹은 ATP/TN이 높은 것은 COD 혹은 TN으로 대별되는 유기물의 농도에 비해서 ATP가 상대적으로 많이 함유되어 있는 것으로 볼 수 있었다. ATP는 미생물의 증식을 돕는 효소의 주성분으로서 ATP 농도가 높을수록 미생물의 활동을 활발히 촉진시킬 수 있으며, 음식물 쓰레기의 발효·소멸에 적절한 조건을 제공할 수 있다고 판단되었다. 그러므로 C 바이오칩의 미생물 서식지로서의 바이오코로니 역할을 수행하는 기능이 A, B, D 바이오칩에 비교하여 우수하다고 판단할 수 있었다. 특히, 유기물량이 A, B, D 바이오칩보다 상대적으로 낮은 C 바이오칩이 음식물쓰레기 감량이 가장 높았으며 목질바이오칩의 원료 자체의 유기물량 보다는 투입되는 음식물쓰레기에서의 미생물 발생을 활성화하는 서식지를 제공하고 있는 것으로 해석되었다. 음식물쓰레기 발효·소멸반응에서 목질바이오칩은 고밀도 바이오코로니(Bio-Colony)를 형성시켜 주는 매개체의 역할을 수행하게 된다고 할 수 있었다.

음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 기능을 좀 더 분석하기 위해서 목질바이오칩별 ATP/COD와 ATP/TN 및 음식물쓰레기 감량효율을 그림 4에서 비교분석하였다.

그림 4(a)에서 A, B, C, D 바이오칩의 ATP/COD와 음식물

쓰레기 감량율을 비교하였다. ATP/COD가 3.78×10^{-11} 에서 음식물쓰레기 감량율 73%이고, 4.00×10^{-11} 에서 85%로 증가하였다. 6.24×10^{-11} 에서 63%로 다소 낮아지며, 3.00×10^{-10} 에서는 92%로 높아졌다.

또한, 그림 4(b)에서 A, B, C, D 바이오칩의 ATP/TN와 음식물쓰레기 감량율을 비교하였다. ATP/TN이 1.64×10^{-13} 에서 음식물쓰레기 감량율 73%이고, 8.00×10^{-13} 에서 85%로 증가하였다. 3.12×10^{-12} 에서 63%로 다소 낮아지며, 2.31×10^{-11} 에서는 92%로 높아졌다.

여기서 ATP/COD가 6.24×10^{-11} , ATP/TN가 3.12×10^{-12} 에서는 다른 지점에 비교하여 상대적으로 낮은 음식물쓰레기 감량율 63%를 나타내었다. 이는 B 바이오칩으로 음식물쓰레기 발효·소멸 실험을 실시한 결과이었다. 여기서 B 바이오칩은 국내에서 생산되는 일반적인 침엽수계열의 목질세편이다. 세공의 크기는 약 $2\mu\text{m}$ 로서 상대적으로 미세한 구조의 세공은 보이지 않았다. 음식물쓰레기의 발효·소멸반응에서 미생물의 발생 및 서식이 가능한 구조로는 미흡한 것으로 예측되었다. 반면, ATP/COD가 3.00×10^{-10} , ATP/TN가 2.31×10^{-11} 에서는 다른 지점에 비교하여 상대적으로 높은 음식물쓰레기 감량율 92%를 나타내었다. 이는 C 바이오칩으로 음식물쓰레기 발효·소멸 실험을 실시한 결과이었다. 여기서 C 바이오칩은 국내에서 생산되는 일반적인 침엽수계열의 목질세편을 이산화황

으로 무균화 처리하여 효소를 첨가한 바이오칩이다. C 바이오칩은 0.1 μm 이하의 미세공 구조를 가지므로 음식물쓰레기의 발효소멸반응에서 미생물의 발생 및 서식에 유리하였던 것으로 예측되었다. 이러한 점으로부터 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩은 유기물함량, 미생물 활동성 뿐 만 아니라 세공구조의 영향이 큰 것으로 판단되었다.

한편, 목질바이오칩의 세공구조와 음식물쓰레기 감량효율, ATP/COD, ATP/TN을 비교하여 그 특성을 그림 5에서 분석하였다.

그림 5(a)에서 목질바이오칩 세공특성별 음식물쓰레기 감량율을 비교한 결과를 나타내었다. 점성구조의 D 바이오칩은 73%의 감량율을 나타내고, 0.1 μm 이하 미세공 구조의 C 바이오칩은 92%의 감량율을 나타내었다. 약 2 μm 마크로 세공구조의 B 바이오칩은 63%의 감량율을 나타내었고, 목질세면에 미생물을 혼합한 A 바이오칩은 85% 감량율을 나타내었다.

그림 5(b)에서 목질바이오칩 세공특성별 ATP/COD를 비교한 결과를 나타내었다. 점성구조의 D 바이오칩은 ATP/COD 3.78×10^{-11} 을 나타내고, 0.1 μm 이하 미세공 구조의 C 바이오칩은 ATP/COD 3.00×10^{-10} 을 나타내었다. 약 2 μm 마크로 세공구조의 B 바이오칩은 ATP/COD 6.24×10^{-11} 을 나타내었고, 목질세면에 미생물을 혼합한 A 바이오칩은 ATP/COD 4.00×10^{-11} 을 나타내었다.

한편, 그림 5(c)에서 목질바이오칩 세공특성별 ATP/TN을 비교한 결과를 나타내었다. 점성구조의 D 바이오칩은 ATP/TN 1.64×10^{-13} 을 나타내고, 0.1 μm 이하 미세공 구조의 C 바이오칩은 ATP/TN 2.31×10^{-11} 을 나타내었다. 약 2 μm 마크로 세공구조의 B 바이오칩은 ATP/TN 3.12×10^{-12} 을 나타내었고, 목질세면에 미생물을 혼합한 A 바이오칩은 ATP/TN 8.00×10^{-13} 을 나타내었다.

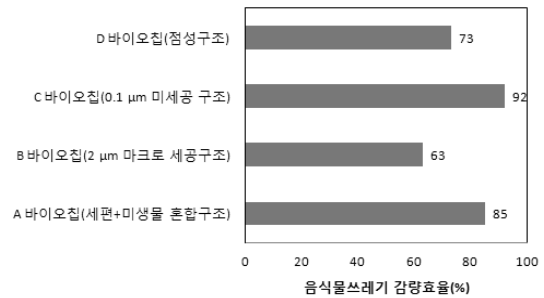
일반적으로 그림 6에서 나타낸 것처럼 발효·소멸반응은 미생물이 자신의 효소로 유기물을 분해시켜 특유산물을 만들어내는 현상으로 탄수화물이 무산소적으로 분해되는 반응으로서 미생물이 비교적 큰 분자의 유기산을 분해하는 현상이며, 이에 따라 발생하는 에너지는 생물이 생활하는 원동력으로 사용된다.

그러므로 목질바이오칩이 고밀도 바이오코로니(Bio-Colony)를 형성시킬수록 미생물의 활동성이 강화되고 높은 음식물쓰레기 발효·소멸 성능을 나타낸다고 볼 수 있었다.

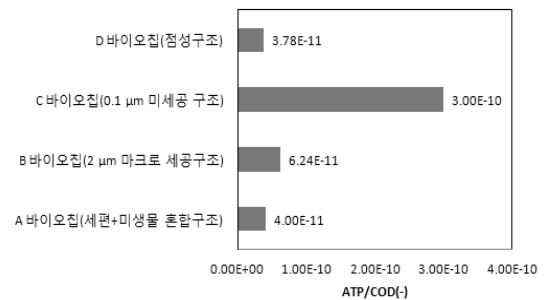
또한, 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 성능지표

로는 ATP/COD 및 ATP/TN와 같은 미생물 활동성과 목질바이오 칩의 세공구조가 매우 중요하며, 이는 음식물쓰레기의 발효·소멸에 따른 감량율에도 큰 영향을 미친다고 볼 수 있었다.

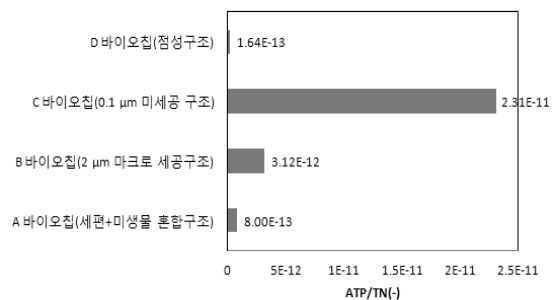
즉, 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 ATP/COD 및 ATP/TN 값이 높을수록 발효·소멸반응이 원활하게 진행된다 할 수 있다. 무엇보다 발효·소멸반응에서 발생하는 미생물의 서식지를 충분히 제공 할 수 있는 0.1 μm 이하의 미



(a) 음식물쓰레기 감량율



(b) ATP/COD



(c) ATP/TN

그림 5. 목질바이오칩 세공특성별 음식물쓰레기 감량율, ATP/COD, ATP/TN의 비교

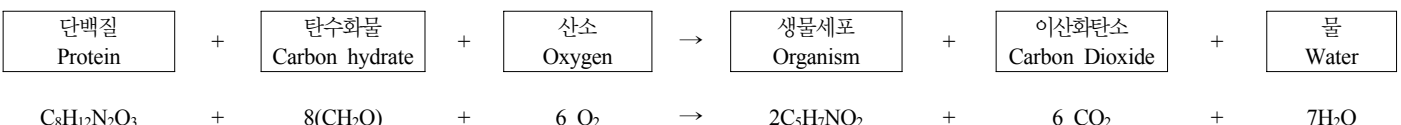


그림 6. 발효·소멸반응 흐름도

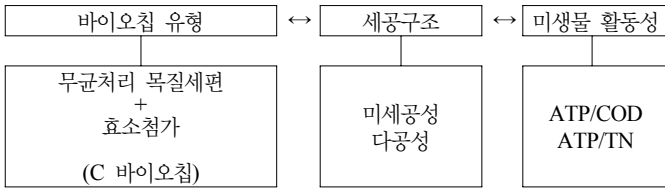


그림 7. 목질바이오칩 최적화 항목

세공 구조를 형성하면 유리한 것으로 분석되었다. 이상의 결론으로부터 그림 7에서 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 최적화 항목을 정리하였다.

5. 결론

음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 종류별로 세공구조에 따른 음식물쓰레기 무게 감량율, 미생물 활동성을 비교분석 하였다. 점성구조(D 바이오칩), 0.1 μm 이하 미세공 구조(C 바이오칩), 약 2 μm 세공구조(B 바이오칩), 목질세편과 미생물 혼합구조(A 바이오칩)의 목질바이오칩별로 성능을 비교한 결과, 0.1 μm 이하 미세공 구조의 C 바이오칩이 음식물쓰레기 감량율 92%, ATP/COD 3.00×10^{-10} , ATP/TN 2.31×10^{-11} 로 상대적으로 다른 종류의 목질바이오칩보다 양호한 결과를 나타내었다. 이는 일반적인 침엽수계열의 목질세편을 이산화황으로 무균화 처리하여 효소를 첨가한 바이오칩으로 0.1 μm 이하의 미세공 구조를 가지므로 발효·소멸반응에서 발생하는 미생물의 서식지를 충분히 제공 하였기 때문인 것으로 사료되었다. 또한, ATP/COD 및 ATP/TN 값이 높을 수록 미생물의 활동성이 강화되어 발효·소멸반응이 원활하게 진행되었다. 음식물쓰레기 발효·소멸용 목질바이오칩의 미세공 구조가 미생물 활동성에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 대한주택공사(2009), 「미래를 여는 저탄소 녹색성장 이야기」.
2. 박순남(2002), “음식물 쓰레기 가정용 처리기의 효율성 평가”, 「한국폐기물학회 추계학술발표 논문집」.
3. 손영목(2004), “국내 음식물 쓰레기 자원화 사업의 문제점 및 개선방안”, 「유기물자원화」, 12(1).
4. 오정익(2010), “목질바이오칩에 의한 음식물쓰레기 발효·소멸반응에서의 아데노신 3인산의 변화”, 「대한환경공학회지」, 32(4): 363~368.
5. 토지주택연구원(2010), 「공동주택 단지의 음식물쓰레기 무배출 시스템 적용연구」.
6. 환경부(1998), 「음식물 쓰레기 감량·자원화 기본계획」.
7. 환경부(2002), 「음식물 쓰레기 감량·자원화 보고서」.
8. 환경부(2008), 「폐기물에너지화 종합대책」.
9. Kim, M. H., Y. E. Song, H. B. Song, J. W. Kim, and S. J. Hwang (2011), “Evaluation of food waste disposal options by LCC analysis from the perspective of global warming: Jungnang case”, *Waste Management*, 31(9-10): 2112~2120.
10. Lebersorger, S. and F. Schneider (2011), “Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies”, *Waste Management*, 31(9-10): 1924~1933.
11. Shoubao Y., J. Li, X. Chen, J. Wu, P. Wang, J. Ye, and J. Yao (2011), “Enzymatical hydrolysis of food waste and ethanol production from the hydrolysate”, *Renewable Energy*, 36(4): 1259~1265.
12. Sonnino, R. and S. McWilliam (2011), “Food waste, catering practices and public procurement: A case study of hospital food systems in Wales”, *Food Policy*, 36(6): 823~829.