목재공학 42(3): 318~326, 2014
J. Korean Wood Sci. Technol. 42(3): 318~326, 2014
http://dx.doi.org/DOI : 10.5658/WOOD.2014.42.3.318

목타르와 전분 첨가제 혼합에 따른 목재펠릿 품질특성 평가[1]

안 병 준[2,†] · 이 수 민[2]

Evaluating The Fuel Characteristics of Wood Pellets Fabricated with Wood Tar and Starch as An Additive[1]

Byoung-Jun Ahn[2,†] · Soo-Min Lee[2]

요 약

본 연구는 현재 산업적으로 이용되고 있지 않는 산림바이오매스 부산물을 목재펠릿 원료 및 첨가제로서의 활용 가능성을 탐색하기 위하여 수행되었다. 목재의 탄화과정에서 발생되는 목타르는 목재와 비교하여 발열량이 높으며, 카드뮴, 수은과 같은 유해 중금속을 포함하고 있지 않아 펠릿 첨가제로서 이용 가능성이 높다. 목재펠릿 제조 시 첨가제로 목타르 10%를 첨가한 경우의 발열량(4,800 kcal/kg)은 대조구로 사용된 미 첨가구(4,630 kcal/kg)와 비교하여 약 3.7%(170 kcal/kg)의 발열량 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 첨가제를 혼합하여 제조한 목재펠릿의 경우, 첨가제의 혼합비율이 증가함에 따라 길이와 개체밀도가 증가하였다. 또한 첨가제 혼합비율이 증가함에 따라 겉보기밀도는 증가하고 미세분 함량은 감소하는 경향을 나타냈다. 목재펠릿 첨가제 2%를 사용하여 미첨가한 경우(33.8 kg)와의 펠릿 생산성을 비교한 결과, 전분 첨가 목재펠릿은 5.9%(35.8 kg), 목타르 첨가 목재펠릿은 4.6%(35.4 kg)의 생산성 향상 효과를 나타냈다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the potential of non-used forest biomass residues as raw materials for making wood pellets with additives such as wood tar and starch and to evaluate fuel characteristics of the pellets. Wood tar, a by-product provided from the carbonization process of wood, could be a suitable additive for wood pellet production due to its higher calorific value and lower hazardous heavy metals, such as cadmium and mercury, compared to woody biomass. When the wood tar (10 wt%) was added, the calorific value was increased from 4,630 kcal/kg (wood pellet without additive) to 4,800 kcal/kg (wood pellet with additive). With the increase of additive amount into wood pellet, the length and individual density of wood pellet increased. In addition, bulk density of the pellets was increased, whereas the fine content was decreased. Consequently the overall productivity of wood pellets was improved

1 Date Received September 11, 2013, Date Accepted March 21, 2014
2 국립산림과학원 임산공학부 화학미생물과, Division of Wood Chemistry & Microbiology, Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea
† 교신저자(corresponding author) : 안병준(e-mail : bjahn@forest.go.kr)

by adding 2 w% additives into wood pellets; the percentage of productivity increase was 5.9% and 4.9% for adding starch and wood tar, respectively.

Keywords: wood pellet, biomass energy, additive, wood tar, corn starch

1. 서 론

최근 들어 세계적인 기후변화 대응을 위하여 화석 연료에 대한 대체 요구가 증가하고 있으며, 국내외적으로 에너지 가격 상승에 따른 바이오에너지 사용에 대한 필요성이 증대되고 있다. 유럽은 목재펠릿을 가장 활발하게 활용하고 있을 뿐만 아니라, 유통시장에서도 가장 큰 규모로 거래되고 있으며, 목재펠릿이 산업, 상업부문 및 주택 난방을 포함한 전 부문에서 사용되고 있다. 현재 가정에서는 주택난방용 연료로 펠릿을 사용하고 있고, 전력 생산을 위한 펠릿의 소비도 몇몇 유럽 국가들에서 일어나고 있으며, 그 수요량은 점차 증대되고 있다. 전 세계 펠릿 소비량은 2006년 약 794만 톤이었으며, 2020년에는 4,487만 톤까지 증대될 것으로 전망되고 있으며, 평균적으로 펠릿 소비량은 매년 12.7%가 증가할 것으로 예측된다(Global Data 2012).

국내에서는 2008년 녹색성장 정책추진 및 국가에너지 기본계획 발표와 함께 산림청에서는 목재펠릿의 에너지 활용대책을 발표하였다. 여기에는 2020년까지 국내 목재펠릿 공급량을 500만 톤까지 확대하며, 이 중에서 국내 공급량을 100만 톤 수준까지 끌어 올린다는 계획이 포함되었다(Korea Forest Service 2009). 또한 범부처 차원의 목재펠릿 이용 보급 확대 정책이 추진됨에 따라 목재펠릿의 국내 수요는 향후 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 특히 2012년부터는 신재생에너지 공급의무화제도(RPS) 시행에 따라 발전사, 지역난방업체 등 바이오매스 원료를 대량으로 사용하고자 하는 수요처의 급증으로 국내 원료 부족 사태는 심화될 것으로 예측되고 있다. 이러한 상황은 보드업체 등 국내 목재산업체와의 산림바이오매스 원료 경합을 더욱 심화시킬 것으로 예상된다. 이와 같은 목재산업간 원료경합을 최소화하고 부족한 국내 바이오매스 자원을 효율적으로 활용하기 위해서는 저급의 원료를 활용하면서도 일정 품질 이상의 제품을 생산할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 이러한 방안 중 하나가 에너지 생산을 목적으로 하는 단벌기 에너지림을 조성하는 것이다. 에너지림 조성사업은 중장기적인 해결방안으로 동유럽, 북미, 일본 등을 중심으로 이미 다양한 연구가 추진된 바 있다(Aylott *et al*. 2010; Fantozzi and Buratti 2010; Klasnja *et al*. 2002; Larbecque and Teodorescu 2005; Larbecque *et al*. 1997; Mitsui *et al*. 2010; Szczukowski *et al*. 2002). 국내에서도 수변지역의 유휴지나 새만금 등을 대상으로 대규모 에너지림을 조성함에 따라 향후 바이오매스 연료로 활용하기 위한 세부적인 연구 추진이 필요하다.

목재펠릿은 수종에 관계없이 생산이 가능하나, 품질은 수종, 부위, 수피의 함량, 함수율, 제조 방식 등 다양한 조건에 영향을 받으므로 고품질의 목재펠릿 생산을 위한 제조조건 구명이 중요하다(Samuelsson *et al*. 2012; Ahn 등 2013). 또한 부족한 바이오매스 원료를 충당하기 위해 국내의 다양한 미 이용 산림바이오매스 자원을 탐색하여 원료의 과학적인 가치를 평가하는 연구 및 이를 이용한 고품질의 목재펠릿 제조, 효율적 연소 기술 확보를 위한 체계적 연구가 필요하다. 이러한 방법 중 하나가 첨가제를 혼합하여 내구성이나, 강도적인 특성을 향상시키고, 미세분 함량을 감소시킴으로써 저장 및 유통성을 향상시키는 방법이다. 이러한 시도는 목재펠릿뿐만 아니라, 목재 브리켓, 큐브 등 바이오매스를 압축, 성형하여 연료 자원으로 사용하는 제품에 널리 사용되어 온 방법이다(Kaliyan and Morey 2009; Han 등 2012). 목재의 탄화과정에서 발생하는 목타르는 현재까지 대량으로 사용하는 방법은 개발되지 않고 있다. 국내의 대부분의 전통식 숯 생산업체에서는 플라스틱 통 등에 넣어 보관하거나 태워서 없애는 실정이다(Paik 등 2011). 따라서 전국에 산재되어 있는 숯가마에서 발

Table 1. Analysis of inorganic components existed in wood tar and *Q. variabilis*

Items	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Zn	Cl^-
Wood tar	332	32	250	160	6	11	0.02	219	159	N.D.
Q. variabilis	571	223	112	2	640	5	0.08	183	21	0.01

Items	Al	As	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	K
Wood tar	183	N.D.	865	N.D.	305	9	3,745	N.D.	248
Q. variabilis	220	N.D.	5,290	N.D	3	4	270	N.D	2,170

생하는 목타르를 지역별 펠릿제조 공장에서 펠릿 제조 첨가제로 사용함으로써, 산림부산물을 활용하고 목재펠릿의 품질을 개선할 수 있는 방안을 검토하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

활엽수를 사용하여 대규모로 목재펠릿을 제조하는 공장에서는 펠릿 품질 및 생산성 증대를 위해 첨가제를 이용하는 경우가 있다. 본 실험에서는 국내 활엽수 대표수종 중 하나인 굴참나무를 이용하여 첨가제 종류 및 첨가량에 따른 목재펠릿의 품질 변화를 관찰하였다. 국립산림과학원 관내에 위치한 홍릉수목원에서 태풍 곰파스 피해로 발생된 굴참나무 5 m^3을 확보하여 공시재료로 사용하였다. 목재펠릿의 원료를 제조하기 위해 수피를 제거하지 않은 상태에서 톱밥제조기(국립산림과학원 보유)를 이용하여 톱밥을 제조하였다. 생재 상태에서 톱밥제조기를 통과한 톱밥은 체를 이용하여 5 mm 통과 분을 대상으로 유동층 톱밥건조기(국립산림과학원 보유)로 건조를 수행하여 펠릿 성형기 투입 원료의 함수율을 10%로 유지하였다. 목재펠릿 제조 시 사용한 첨가제로는 수입산 옥수수로 제조한 옥수수 전분(제조사: 신동방 CP)과 고체형태의 목타르를 사용하였다.

2.2. 실험방법

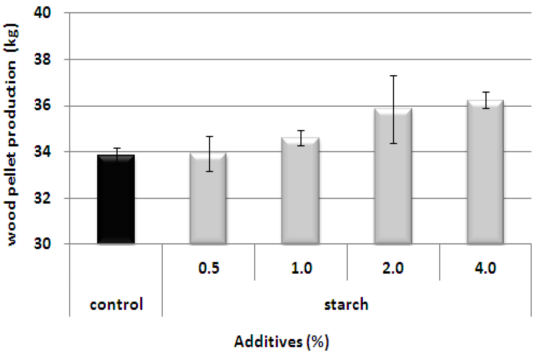
2.2.1. 목타르의 물리・화학적 특성

국립산림과학원에서 규정한 목재펠릿 품질기준에서는 첨가제 혼합비율을 2% 미만으로 규정하고 있으나, 본 연구에서는 첨가제의 영향을 조사하기 위해 전분의 경우에는 0.5%, 1%, 2%, 4% 비율로 혼합하여 목재펠릿을 제조하였으며, 목타르의 경우에는 1%, 2%, 4%, 6%, 10% 비율로 혼합하여 목재펠릿을 제조하였다.

기계식 탄화로에서 목초액 생산과정에서 발생한 고체형태의 목타르(강원목초산업 제공)를 실험실에서 분쇄하여 물리적, 화학적 특성을 조사한 결과, 목타르의 입자분포는 30 mesh 이하가 50%를 차지하고 있으며, 30~18 mesh 23%, 18~12 mesh 25%, 12 mesh 이상이 2%를 나타냈다. 함수율은 평균 4.3%, 회분은 3.5%, 발열량은 6,041 kcal/kg로 조사되었다. 한편 목타르의 무기물 성분은 Table 1에서 나타낸 바와 같이, 원료인 굴참나무 톱밥과 비교하여 차이를 보이는데, 망간, 칼슘, 칼륨, 인 등은 원료에 비해 상대적으로 낮은 수치를 보였으며, 니켈, 아연, 크롬, 철은 목재 원료에 비해 높은 수치를 보였으나, 유해 중금속인 비소, 카드뮴, 수은, 염소성분은 검출되지 않았다.

2.2.2. 목재펠릿 성형기 및 제조공정

본 연구에 사용된 목재펠릿 성형기는 링(Ring) 다이스 형태로 15 kW 규모의 모터 두개가 다이스를 회전시켜서 목재펠릿을 생산한다. 다이스의 크기는 지름 300 mm, 폭 27 mm로, 직경 6 mm의 구멍이 1열에 3개씩 총 구멍의 수는 270개이다. 최대 가능 생산량은 시간 당 100 kg 규모이지만 실험을 위해 30 kg 규모로 장치를 조정하여 사용하였다. 톱밥은 성형기 상단의 호퍼에 투입되면 1차 연료공급 장치, 2



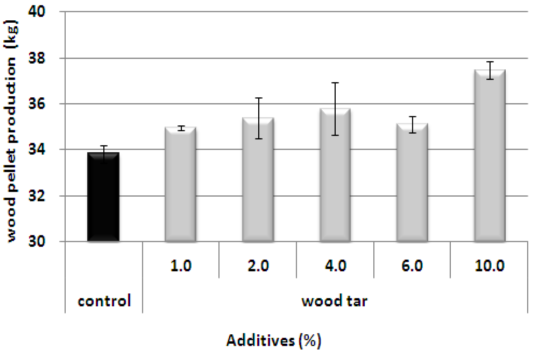


Fig. 1. Effect of additives on the production of wood pellet.

차 혼합기를 통해 성형기 내부로 공급되고, 수분 공급량을 분 당 0.8 ℓ까지 조정하면서 펠릿을 제조하였다. 펠릿 성형기의 경우에는 일정시간이 경과하여 장비가 최적화 될 때까지 톱밥을 지속적으로 공급하여 성형기를 통해 배출해야 하며, 가동 초기에는 성형되지 않거나 완전하게 성형되지 않은 상태로 배출되게 된다. 따라서 배출되는 펠릿의 형상을 육안으로 확인하여 적정한 형태로 배출되는 시점부터 시료를 수거하여 공시 목재펠릿로 사용하였다. 목재펠릿의 생산 수율은 공급된 톱밥의 무게를 대상으로 생산 후 성형된 목재펠릿의 무게를 측정하여 산출하였다. 공급되는 제조원료 및 생산조건에 따라 목재펠릿의 생산 수율은 차이를 보였다. 총 80 kg 정도의 톱밥을 시간대별로 1차에서 5차까지 구분하여 총 생산량을 조사하였다.

2.2.3. 목재펠릿 품질분석

제조된 목재펠릿에 대해서는 목재펠릿 품질규격(국립산림과학원 고시 2009-2호)의 「목재펠릿 품질시험 기준」에서 제시하는 시험방법에 따라 동일 조건에서 생산된 목재펠릿의 물리적, 화학적 특성을 비교·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 목재펠릿 생산량 변화

다이 형태의 목재펠릿 성형기에 동일한 원료공급속도에서 전분과 목타르 첨가제의 혼합비율을 증가시켜 목재펠릿을 제조할 경우, 목재펠릿 생산량은 점차적으로 증가하였다(Fig. 1). 첨가제를 혼합하지 않은 상태로 목재펠릿을 제조하였을 때 시간 당 33.8 kg을 제조하였으나, 전분 혼합비율 1%에서 34.6 kg, 2% 혼합 시 36.2 kg으로 증가하였다. 목타르를 첨가한 경우에도, 1%, 2% 첨가 시 각 각 35.0 kg, 35.4 kg으로 생산량이 증가하였다. 첨가제를 혼합하지 않은 대조구와 첨가제 혼합비율 2.0%의 동일 첨가량을 기준으로 비교하였을 경우, 옥수수전분에서는 5.9%, 목타르에서는 4.6%의 생산성 향상 효과가 확인되었다. 특히 목타르를 10% 첨가한 경우에는 펠릿 생산성이 10.8% 향상하는 효과를 나타냈다. 목재펠릿 제조과정에서 첨가제를 혼합하는 이유는 단순히 결합력 증가 등 물리적인 특성을 개선하는 것뿐만 아니라, 첨가제 종류에 따라서는 윤활제와 같은 역할을 부여함으로써, 목재펠릿 생산과정에 투입되는 에너지소비 절감효과를 얻기도 한다(Mediavilla *et al*. 2012).

Mediavilla *et al*.(2012)은 에너지 생산을 위해 속성수종인 포플러류 톱밥을 대상으로 목재펠릿 최적 제조조건을 구명하였으며, 펠릿 성형과정에서 리그노설포네이트와 옥수수 전분을 첨가제로 혼합하였을

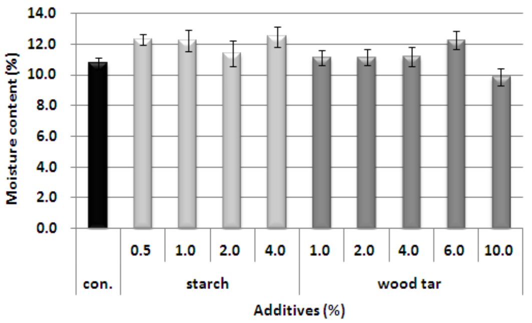


Fig. 2. Effect of additives on the moisture content of wood pellet.

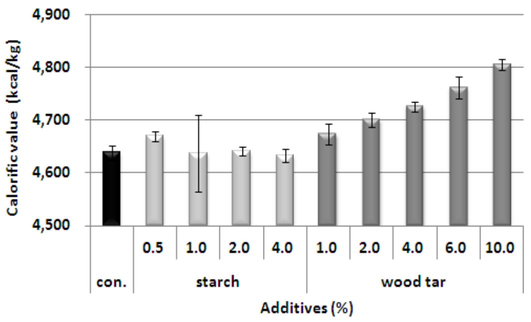


Fig. 3. Effect of additives on the calorific value of wood pellet.

경우의 에너지 요구도 및 물리적 특성을 조사하였다. 리그노설포네이트와 옥수수 전분을 첨가제로 혼합함에 따라 제조공정 안정성이 증가되고 에너지 요구 정도는 감소하였다. 특히, 셀룰로오스 제조공정에서 발생하는 리그노설포네이트를 사용한 경우에는 옥수수 전분과 비교하여 에너지 요구도는 다소 높았지만, 펠릿의 물리적인 특성은 우수하게 나타나는 것으로 보고하였다.

3.2. 목재펠릿의 품질 변화

본 연구에서는 첨가제로 사용한 전분과 목타르 혼합에 따른 목재펠릿의 품질 특성을 비교하기 위하여 2009년 국립산림과학원에서 고시한 목재펠릿 품질규격 및 시험방법에 의거하여 분석을 실시하였다. 첨가제 혼합비율에 따른 목재펠릿 함수율 측정결과는 Fig. 2와 같다. 첨가제를 혼합하지 않은 대조구의 경우 10.7%의 수분을 함유하였으나, 첨가제 종류와 상관없이 함수율이 다소 상승하는 것으로 조사되었다. 전분과 목타르 혼합 처리구 모두 목재펠릿 품질규격 내에 포함되었으나 혼합비율 간 특이적인 경향은 나타나지 않았다. Tarasov *et al*.(2013)은 다양한 종류의 첨가제 혼합에 따른 목재펠릿의 물리적, 열적 특성을 조사하였는데, 전분을 첨가하면 리그노설포네이트를 첨가제로 혼합한 경우와 비교하여 함수율이 크게 감소하며, 전분 첨가제 투입량이 많을 경우 함수율이 낮아져 펠릿 내구성 저하의 원인이 된다고 보고하였다.

첨가제 혼합비율이 증가함에 따라 전분의 경우 발열량 변화는 나타나지 않았으나 목타르의 경우에는 혼합 비율이 증가함에 따라 발열량 증가 효과가 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3). 특히 목타르 10%를 첨가한 경우(4,800 kcal/kg)에는 첨가하지 않은 대조구(4,630 kcal/kg)와 비교하여 약 170 kcal/kg 발열량 상승효과가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 첨가제로 사용된 목타르가 높은 자체 발열량(6,041 kcal/kg)을 보유하고 있어, 첨가량이 증가할수록 발열량 증가효과는 높아질 것으로 판단된다. 목타르는 현재까지 특별한 용도가 없는 실정이며, 국내 목탄 생산업체에서는 목탄 생산과정에서 발생하는 다량의 목타르 처리 문제로 어려움을 겪고 있다. 따라서 고 열량을 보유하고 있는 목타르를 목재펠릿 등 고형연료 제조에 활용할 수 있다면 여러 가지 효과를 나타낼 수 있다고 판단된다. 한편 Kwon 등(2010)은 소나무, 굴참나무 톱밥을 원료로 점액상태의 목타르를 혼합하여 제조한 펠릿의 발열량을 조사하였는데, 목타르 첨가량이 증가할수록 소나무펠릿은 최대 24%, 굴참나무펠릿은 최대 33% 까지 증가한다고 발표하였다. 한편 Tarasov *et al*.(2013)은 리그노설포네이트, 감자가루, 감자껍질 잔사물 등을 첨가제로 혼합할 경우에는 발열량에 대한 영향이 없지만, 식물성 오일류 등을 첨가할 경우 발열량이 증가한다고 하였다.

현재 국내 목재펠릿 품질규격에서는 미세분 함량 기준을 1급・2급 펠릿은 1% 미만, 3급・4급 펠릿은

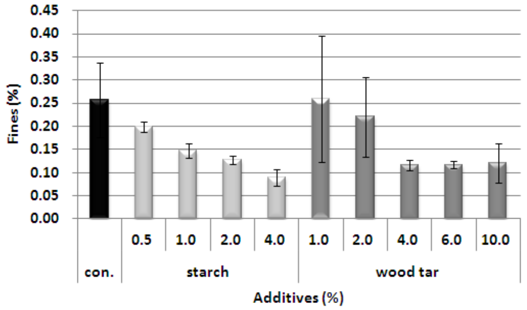


Fig. 4. Effect of additives on the fines of wood pellet.

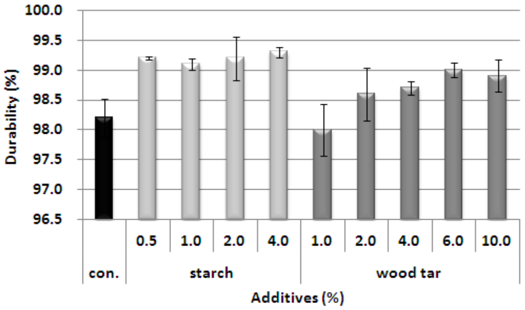


Fig. 5. Effect of additives on the durability of wood pellet.

2% 미만으로 규정하고 있어, Fig 4에서 보는 바와 같이, 첨가제로 사용된 전분이나 목타르 혼합 여부와 상관없이 1·2급 수준을 충족한다. 그러나 미세분 함량 발생정도는 목재펠릿의 유통과정이나 보일러 가동 상에 큰 영향을 미치는 항목으로, 가능한 적은 양의 미세분이 발생한다면 우수한 펠릿으로 간주되고 있다. 전분은 목재펠릿 첨가제로 가장 일반적으로 사용되는 재료로서, 본 연구결과에서는 전분뿐만 아니라, 목타르를 첨가제를 사용한 경우에도 대조구와 비교하여 미세분 함량이 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 펠릿 품질 개선에 첨가제 혼합은 상당히 유리하게 작용하는 것으로 판단되며, Kwon 등(2010)은 소나무와 굴참나무 톱밥에 목타르를 첨가하여 제조한 목재펠릿의 물리적 특성을 조사한 결과, 목타르 첨가량이 증가할수록 미세분 함량은 감소된다고 보고하였다.

내구성은 목재펠릿의 강도를 나타내는 지수로 텀블링시험 후에 발생한 부스러기 무게를 습량 기준 백분율로 표기한 것이고, 겉보기밀도란 일정 용기의 부피에 대한 목재펠릿의 무게를 나타낸 값으로 운송 등에 유용한 지수이다. Fig. 5와 Fig. 6에서는 전분과 목타르 첨가량 변화에 따른 내구성과 겉보기밀도를 나타냈다. 국내 목재펠릿 품질규격에서 기준으로 하는 내구성은 1급·2급의 경우 97.5% 이상, 3급·4급은 95% 이상으로 규정하고 있어, 모든 처리구에서 1급을 상회하는 것으로 조사되었다. 특히 전분을 첨가제로 혼합한 경우에는 0.5% 처리로도 99% 이상의 우수한 결과가 확인되었다. 겉보기밀도의 경우에는

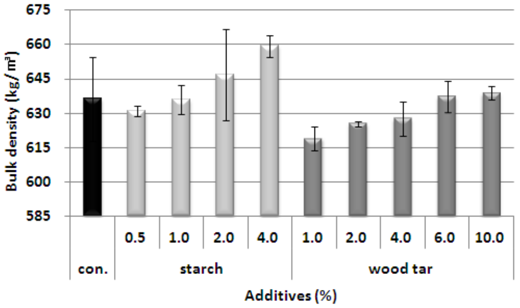


Fig. 6. Effect of additives on the bulk density of wood pellet.

전분 2.0% 이상에서 증가하는 반면, 목타르의 경우에는 미첨가구와 비교하여 유사하거나 낮은 수치를 나타냈다. 목타르는 목재의 열분해 과정에서 발생하는 점질성의 흑색의 유상물질로 목재펠릿 제조 원료인 톱밥 성형과정에서 접착효과를 유발함으로써 미세분 발생을 감소시킬 뿐만 아니라 내구성 향상에도 기여하는 것으로 판단된다. 목타르 1% 첨가구에서 대조구와 비교하여 낮은 내구성을 나타낸 것은 시료 선정과 성형과정에서의 실험오차인 것으로 보인다. 목재펠릿 첨가제로 리그노설포네이트나 전분 이외에 오일 형태의 물질을 첨가제로 사용하는 경우가 있으며, Lee 등(2011)은 낙엽송 목재펠릿을 제조하는 과정에 식물유를 첨가제로 혼합할 경우, 펠릿 성형과정에서 압축·성형을 용이하게 함으로써 목재펠릿의 겉보기밀도가 증가하며, 내구성, 흡습율 등이 개선된다고 하였다. 한편 목재펠릿의 내구성을 향상시킬 수

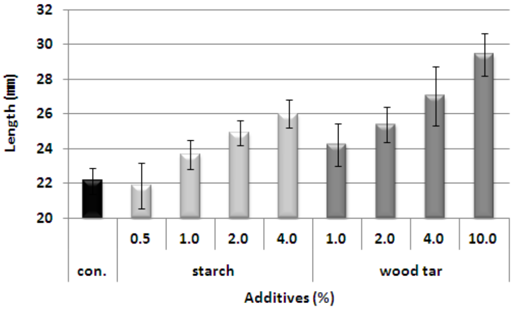


Fig. 7. Effect of additives on the length of wood pellet.

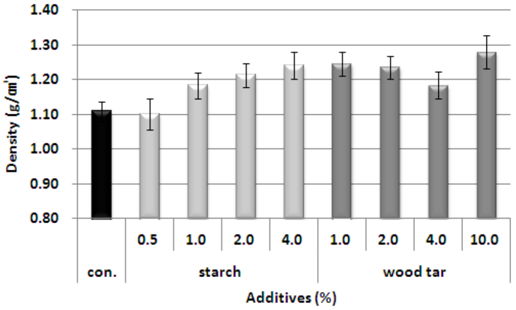


Fig. 8. Effect of additives on the density of wood pellet.

있는 방법으로는 전분 등 첨가제를 혼합하는 것 이외에 펠릿 제조 시, 펠릿성형기의 압력, 다이 크기 및 생산속도, 링과 다이간격 등 기계적인 조건을 조절하는 방법이 있다. Lee 등(2011)은 낙엽송과 백합나무 톱밥을 대상으로 내구성 특성을 조사하였으며, 톱밥 원료 입자크기가 작을수록 목재펠릿의 내구성이 높게 나타났으며, 이러한 결과는 톱밥 입자간 결합력의 차이에 기인하는 것으로, 미세구조 특성 연구의 추가적인 필요성을 제기하였다.

3.3. 첨가제 혼합에 따른 목재펠릿 길이 및 개체밀도 변화

일반적으로 펠릿성형기의 구동 모터에 걸리는 부하의 정도는 펠릿 생산 시 압력과 관계가 있으며, 펠릿 성형기 내부의 온도는 원료와 롤러사이의 마찰과 성형압력 증가에 따른 성형 시 마찰력 증가로 인한 온도 상승으로 이어진다. 또한 압력이 상승함에 따라 생산되는 펠릿의 겉보기밀도와 개체밀도는 증가하게 된다. 본 실험에서 전분과 목타르를 첨가제로 혼합하여 펠릿을 제조할 경우, 첨가 비율에 따라 목재펠릿의 길이와 개체밀도는 증가하는 것으로 분석되었으나, 조건에 따라 일정한 경향을 나타내지 않는 결과도 도출되었다. 이러한 결과는 본 실험에 사용된 펠릿 성형기가 실증규모의 장비로서, 각 인자별 펠릿 제조과정에서 발생한 실험오차인 것으로 판단된다. Kwon 등(2010)도 목타르를 첨가제로 사용할 경우 밀도가 향상됨을 보고한 바 있다. 이러한 결과는 전분과 목타르의 경우 수분 공급과 온도가 상승함에 따라 높은 점착성을 나타내기 때문에 펠릿 성형과정에서 원료 톱밥 간에 결합제로서 유리하게 작용함으로써 펠릿의 길이와 개체밀도 증가 효과를 나타낸 것으로 판단된다. 본 실험에서도 전분이나 목타르를 첨가할 경우, 전분 0.5%를 첨가한 경우를 제외하고 펠릿길이와 개체밀도는 전체적으로 증가하는 것으로 나타났다. 목재펠릿의 길이는 단순히 길다고 품질이 우수하다고 할 수는 없다. 오히려 일정 길이를 초과할 경우, 보일러 내 이송과정에서 문제를 일으켜 보일러 고장의 원인이 되기도 하므로, 산업적으로 이용하려면 적정한 길이를 유지하는 위해 첨가제 양을 조절하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 임산부산물인 목타르를 친환경 목재펠릿 첨가제로 적용하여 목재펠릿 품질특성을 개선함으로써 임산물의 고부가가치 가능성을 모색하고자 수행되었다. 목재펠릿 첨가제로 사용된 목타르는 높은 발열량을 나타내며, 주요 유해 중금속인 비소, 카드뮴, 수은, 염소 등이 검출되지 않아 연료용 첨가제로 사용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. 전분과 목타르와 같은 첨가제를 혼합하여 제조한 목재펠릿의 경우, 첨가제의 혼합비율이 증가함에 따라 길이와 개체밀도가 증가하였으며, 동일 첨가량(2.0%)을 기준으로 비교하였을 경우, 전분은 5.9%, 목타르는 4.6%의 생산성 향상 효과가 확인되었다. 특히 목타

르를 10% 첨가한 경우에는 미 첨가구와 비교하여 10.8%의 생산성 향상 효과뿐만 아니라 약 170 kcal/kg의 발열량이 상승하는 것으로 나타났다. 또한 첨가제 혼합비율이 증가함에 따라 겉보기밀도는 증가하고 미세분 함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 전분과 목타르 등 첨가제 사용은 전반적인 목재펠릿 품질을 개선하는 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 향후 품질 개선 효과에 대한 산술적인 수치와 현장 적용시의 경제적인 측면을 고려할 경우 충분히 가치가 있을 것으로 판단된다. 아울러 지금까지 대부분의 연구결과가 실험실 규모에서 이루어진데 반해, 본 실험은 실증규모의 성형장비를 이용하여 첨가제 혼합에 따른 효과를 검증함으로써, 산업적인 사용 가능성을 확인하였다.

REFERENCES

Ahn, B.J. Kim, Y.S., Lee, O.K., Cho, S.T., Choi, D.H., Lee, S.M. 2013. Wood pellet production using domestic forest thinning residues and their quality characteristics. Mokchae Konghak 41(4): 346~357.

Aylott, M.J., Casella, E., Farrall, K., Taylor, G. 2010. Estimating the supply of biomass from short rotation coppice in England, given social, economic and environmental constraints to land availability. Biofuels 1(4): 1~9.

Biopellet energy market – Global market size, average price, competitive analysis and key country analsis to 2020. Global Data June 2012: 1~91.

Fantozzi, F., Buratti, C. 2010. Life cycle assessment of biomass chains: Wood pellet from short rotation coppice using data measured on a real plant. Biomass and Bioenergy 34: 1796~1804.

Han, G.S., Kim, Y.I., Mun, K.T. 2012. Briquetting from Japanese larch and Hyunsasi poplar. Mokchae Konghak 40(1): 1~9.

Kaliyan, N., Morey. R.V. 2009. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. Biomass and Bioenergy 33: 337~359.

Klasnja, B., Kopitovic, S., Orlovic, S. 2002. Wood and bark of some poplar and willow clones as fuelwood. Biomass and Bioenergy 23: 427~432.

Korea Forest Service. Energy utilization countermeasure of wood pellet. 2009:1~29.

Kwon, G.J., Kwon, S.M., Cha, D.S., Kim, N.H. 2010. Characteristics of pellet prepared from sawdust and wood tar. Mokchae Konghak 38(1): 36~42.

Labrecque, M., Teodorescu, T.I. 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). Biomass and Bioenergy 29: 1~9.

Labrecque, M., Teodorescu, T.I., Daigle, S. 1997. Biomass productivity and wood energy of Salix species after 2 years growth in SRIC fertilized with wastewater sludge. Biomass and Bioenergy 12(6): 409~417.

Lee, E.S., Kang, C.Y., Seo, J.W., Park, H. 2011. A study on productivity and quality characteristics of wood pellets by Larix kaemferi Carr sawdust with adding vegetable oils and ozonized vegetable oil. Mokchae Konghak 39(4): 359~ 369.

Lee, S.M., Choi, D.H., Cho, S.T., Nam, T.H., Han, G.S., Yang, I. 2011. Effects of various factors on the durability of pellets fabricated with Larix kaempferi C. and Liriodendron tulipifera L. Mokchae Konghak 39(3): 258~268.

Mediavilla, I., Esteban, L.S., Fernández, M.J. 2012. Optimization of pelletisation conditions for poplar energy crop. Fuel Processing Technology 104: 7~15.

Mitsui, Y., Seto, S., Nishio, M., Minato, K., Ishizawa, K., Satoh, S. 2010. Willow clones with hjgh biomass yield in short rotation coppice in the southern region of Tohoku district (Japan). Biomass and Bioenergy 34: 467~473.

Paik, K.H., Choi, J.W., Kim, J.J. 2011. Bioenergy·Biomass. 249.

Samuelsson, R., Larsson, S.H., Thyrel, M., Lestander, T.A. 2012. Moisture content and storage time influence the binding mechanisms in biofuel wood pellets. Applied Energy 99: 109~115.

Szczukowski, S., Tworkowski, J., Klasa, A., Stolarski, M. 2002. Productivity and chemical composition of wood tissues of short rotation willow coppice cultivated on arable land. ROSTLINNÁ VÝROBA 48(9): 413~417.

Tarasov, D., Shahi, C., Leitch, M. 2013. Effect of additives on wood pellet physical and thermal characteristics: A review. Hindawi Publishing Corporation ISRN Forestry 2013: 1~6.