室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

高リグニン含有ヤシバイオマスからのリグノセルロースバイオポリマー及びそのバイオマイクロコンポジットの創製と特性評価

メタデータ	言語: en 出版者: 公開日: 2021-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: モハメド, アルハビ メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00010387

氏　　名	Mohammed　Alharbi(ﾓﾊﾏﾄﾞ ｱﾙﾊﾋﾞ)
学位論文題目	Fabrication and characterization of lignocellulosic biopolymers and their hybrid biomicrocomposites from palm biomasses with high lignin content (高リグニン含有ヤシバイオマスからのリグノセルロースバイオポリマー及びそのバイオマイクロコンポジットの創製と特性評価)
論文審査委員	主査　准教授　葛谷　俊博 教　授　齋藤　英之 教　授　亀川　厚則

論文内容の要旨

ナツメやココナッツなどのヤシ類は、サウジアラビアを含め世界的に重要な農産物である。これらのヤシから発生する植物廃棄物のほとんどは、焼却または埋め立て処理されるのが現状である。これら処理量低減のため、本研究では、植物繊維やヤシの葉に豊富に含まれるリグニンに焦点を当て、合成樹脂代替材料として植物廃棄物から生分解性バイオポリマーの創製を目指した。さまざまなヤシ類に由来する熱硬化性高リグニンバイオマスを使用してリグノセルロースバイオポリマーを製造するために、粉砕とホットプレスを組み合わせた簡便なプロセスの検討を行った。リグニンは天然繊維に対し優れたバインダーであるため、優れた物性を有するリグノセルロースバイオマイクロコンポジットの製造が期待できる。

ナツメ繊維（DF）とココナッツ繊維（CC)、ナツメとココナッツの葉（DL および CL）に含まれるリグノセルロースを粉砕し、140～180℃ でホットプレスすることでリグノセルロースバイオポリマーを作製した。また、バイオマイクロコンポジットは、高リグニン CC 粉末を、解体廃棄物木材（CDW）およびリサイクルシルク（RS）粉末と混合ホットプレスすることによって調製した。

セルロースとリグニンを多く含む DF および CC を原料とした繊維ベースのバイオポリマーは、フェノール樹脂に匹敵する機械的特性と熱安定性を示した。リグノセルロースの微細化やアルカリ処理は DF および CC バイオポリマーの機械的特性を改善する。CC はセルロースを接合することが出来るため、CDW/CC バイオマイクロコンポジットは優れた機械的特性と熱安定性を示した。リグノセルロースの化学組成や結晶性に対する粉砕やアルカリ処理の影響について検討を行い、バイオポリマーの FT-IR スペクトルから、機械的強度の増加がアルカリ処理によるヘミセルロースの除去に起因することを確認した。また、粉砕効果

はリグノセルロース粉末の表面に露出するリグニンの割合が増加したためと考えられる。

この研究では、リグノセルロースバイオマスを原料とするバイオポリマーとバイオマイクロコンポジットのグリーン製造プロセスを提案した。このプロセスによりヤシ類バイオマスを原料にフェノール樹脂と同等の機械的特性を持つバイオポリマーを製造することができた。また、リグニンはセルロースに対し結着性を示すことから、これらのヤシ類バイオマス粉末とセルロースを主成分とするバイオマスと組み合わせることで優れたバイオマイクロコンポジットの創製が可能となる。

ABSTRACT

Palms such as date and coconut are important agricultural products in Saudi Arabia and globally. At present, most of the plant waste generated from these palms is incinerated or landfilled. In this research, I focus on lignin, which is abundant in plant fibers and leaves of palms. I aimed to fabricate biodegradable biopolymers from plant wastes to utilize them as alternative materials to petroleum-derived resins. A simple process that combines milling and hot-pressing was investigated to produce lignocellulose biopolymers using thermosetting biomasses with high lignin content derived from various palm wastes. Because lignin serves as an excellent binder for plant fibers, I also tried to fabricate lignocellulose-contain biomicrocomposites with excellent mechanical and thermal properties.

Lignocellulose contained in date fiber (DF), coconut coir (CC), date, and coconut leaves (DL and CL) was pulverized and then hot-pressed to prepare lignocellulosic biopolymers. Also, biomicrocomposites were prepared by mixing and hot-pressing CC powders with construction and demolition waste (CDW) wood and recycled silk (RS) powder.

Fiber-based biopolymers with high cellulose and lignin content derived from DF and CC exhibited mechanical properties and thermal stability comparable to those of petroleum-derived phenolic resin. The mechanical properties of the biopolymers derived from fiber-based biomass affected by alkaline pretreatment and pulverization. The bending strength of the biopolymer increased with decreasing the particle size of the pulverized lignocellulose. Alkaline pretreatment also improved the mechanical properties of DF and CC biopolymers. Because of CC's excellent binding behavior for cellulose, CDW/CC biomicrocomposites showed good mechanical properties and thermal stability. The effects of milling and alkaline pretreatment on the chemical composition and crystallinity of lignocellulose were investigated using FT-IR and XRD. These results revealed that the increase in mechanical strength was due to the removal of hemicellulose by alkaline pretreatment. The biomass pulverization increases the proportion of lignin exposed on the surface of a lignocellulose particle, leading to improved mechanical properties of lignocellulosic biopolymers and biomicrocomposites.

In conclusion, the green process that combined milling and hot-pressing was developed to fabricate lignocellulosic biopolymers and biomicrocomposites from various

palm wastes. This process enables us to provide biopolymers with mechanical properties and thermal stability comparable to those of conventional phenolic resins. Also, a biomicrocomposite can be derived from cellulose-based biomass using palm waste powders as a binder.

論文審査結果の要旨

ナツメやココナッツなどのヤシ類は、サウジアラビアを含め世界的に重要な農産物である。これらのヤシから発生する植物性廃棄物のほとんどは、焼却または埋め立て処理されるのが現状である。本研究では植物繊維やヤシの葉に豊富に含まれるリグニンに焦点を当て、合成樹脂代替材料としての利活用を目指し、植物廃棄物から生分解性バイオポリマーの創製を目指した。さまざまなヤシ類に由来する熱硬化性高リグニンバイオマスを使用してリグノセルロースバイオポリマーを製造するために、粉砕とホットプレスを組み合わせた簡便なプロセスの検討を行った。セルロースとリグニンを多く含むナツメ繊維およびココナッツ繊維を原料とした繊維ベースのバイオポリマーは、フェノール樹脂に匹敵する機械的特性と熱安定性を示した。さらに、リグノセルロースの微細化やアルカリ処理によりナツメ繊維およびココナッツ繊維バイオポリマーの機械的特性の改善に成功した。ココナッツ繊維はセルロースを接合することが出来るため、同様の方法で廃木材/ココナッツ繊維バイオマイクロコンポジットの創製を試みた。リグノセルロースの化学組成や結晶性に対する粉砕やアルカリ処理の影響について検討を行い、FT-IRスペクトルから機械的強度の増加がアルカリ処理によるヘミセルロースの除去に起因することを確認した。また、粉砕効果はリグノセルロース粉末の表面に露出するリグニンの割合が増加したためと考えられる。本研究はリグノセルロースバイオマスを原料とするバイオポリマーとバイオマイクロコンポジットのグリーン製造プロセスを提案するものであり、発展途上国で問題となるバイオマスの野焼きによるPMや温暖化効果ガスであるCO_2の排出低減につながると期待される。またこの材料は生分解性を有することから近年問題となりつつあるマイクロプラスチック問題解決の一助になると考えられる。

以上より、本研究は高分子材料工学の発展に寄与するだけでなく脱炭素社会に貢献する環境工学的意義も高く、博士（工学）の学位論文に値すると判断した。