

Väitöstiedote

Väitös 15.11.2024

Biomassan muuntaminen sokereiksi ja muiksi hyödykkeiksi kloorivetykaasun avulla

Väitöskirjan nimi	Hydrolysis of biomass into sugars and other commodities with gaseous hydrogen chloride
Väitöskirjan sisältö	<p>Lignoselluloosabiomassan sisältämistä makromolekyyleistä selluloosa ja hemiselluloosa voidaan pilkkoa hydrolyysin avulla monosakkarideiksi, jotka ovat erittäin monipuolisia alustakemikaaleja. Perinteiset biomassan hydrolyysiprosessit ovat tyypillisesti olleet neste-kiinteäprosesseja, joissa kiinteän biomassan hydrolyysiin käytetään nestemäistä happoa. Hydrolyysi voidaan kuitenkin toteuttaa myös kaasu-kiinteäprosessilla korvaamalla nestemäinen happo kaasumaisella kloorivedyllä (HCl).</p> <p>Kaasu-kiinteäprosessissa kaasumainen HCl reagoi kiinteän biomassan sisältämän veden kanssa huoneenlämpötilassa, muodostaen suolahappoa ja katalysoiden hydrolyysin soluseinärakenteen sisällä. Vedettömän HCl-kaasun käyttö biomassan hydrolyysiin tarjoaa useita etuja perinteisiin neste-kiinteäprosesseihin verrattuna, kuten esimerkiksi mahdollisuuden hydrolysoida lähes kuivaa biomassaa (<10% kosteuspitoisuus), korkean sokerisaannon (>90%) ja kloorivedyn helpon erottamisen haihduttamalla.</p> <p>Tämä väitöskirja tutkii biomassan hydrolyysiä sokereiksi ja muiksi hyödykkekemikaaleiksi hyödyntämällä vedetöntä HCl-kaasua suhteellisen matalalla 0,1 MPa ylipaineella. Raaka-aineena HCl-kaasulla katalysoituun hydrolyysiin ja metanololyyysiin käytettiin puujauhoa haavasta. Väitöskirja koostuu kolmesta tutkimuksesta: Vertailusta kaasumaisen HCl hydrolyysin ja konsentroidun suolahappohydrolyysin välillä, C5-sokereiden valikoivasta erottamisesta biomassasta HCl-kaasun avulla sekä furfuraalin tuotannosta metyyli-ksylosideista, jotka valmistettiin HCl-kaasun katalysoimalla metanololyyysillä haapapuujuuhosta.</p> <p>Kaiken kaikkiaan väitöskirjan tulokset tarjoavat laajan katsauksen HCl-kaasun hyödyntämiseen biomassan hydrolysointiin suhteellisen matalassa ylipaineessa. Lisäksi väitöskirjassa esitellään HCl-kaasuhydrolyysin uusia sovelluksia biomassan esikäsitteilyyn.</p>
Väitöskirjan ala	Biotuotetekniikka
Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot	Diplomi-insinööri A. Topias Kilpinen antti.kilpinen@aalto.fi
Väitöksen ajankohta	15.11.2024 klo 12
Etäväitöksen osoite	https://aalto.zoom.us/j/62888739256
Paikka	Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, Biotuotteiden ja biotekniikan laitos, Luentosali L2, Vuorimiehentie 1, Espoo
Vastaväittäjä(t)	Professori Mark Mascal, University of California, Davis, USA
Valvoja	Professori Eero Kontturi, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu
Väitöskirjan verkko-osoite	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51
Avainsanat	biomassa, väkevä happohydrolyysi, kloorivetykaasu, monosakkaridi, oligosakkaridi, metanololyyysi, metyyli glykosidi, furfuraali

Defence announcement

Public Defence on 15 Nov 2024

Conversion of biomass into sugars with hydrogen chloride gas

Title of the doctoral thesis	Hydrolysis of biomass into sugars and other commodities with gaseous hydrogen chloride
Content of the doctoral thesis	<p>From the macropolymers present in lignocellulosic biomass, cellulose and hemicellulose can be converted via hydrolysis into monomeric sugars, which are highly versatile platform chemicals. Conventional hydrolysis systems for biomass typically utilize liquid-solid systems, which use liquid acid to hydrolyze solid biomass. But it is also possible to conduct hydrolysis in gas-solid system by substituting the liquid acid with gaseous hydrogen chloride (HCl).</p> <p>In a gas-solid system, HCl reacts with the trace amounts of water within the solid biomass under ambient conditions, forming hydrochloric acid, and catalyzing hydrolysis inside the cell wall structure. Employing anhydrous HCl gas for biomass hydrolysis presents distinct advantages over traditional liquid–solid acid systems, such as the ability to use nearly dry biomass (<10% moisture content) for hydrolysis, high sugar yields (>90%), and easy acid separation through evaporation.</p> <p>This thesis investigates the hydrolysis of biomass into sugars and other commodity chemicals with anhydrous HCl gas under relatively low overpressure of 0.1 MPa. Aspen wood flour was utilized as a raw material for HCl gas catalyzed hydrolysis and methanolysis. The thesis is comprised of three studies: Comparison of concentrated hydrochloric acid hydrolysis with gaseous HCl hydrolysis under relatively low pressure, selective removal of C5 sugars from biomass via HCl gas hydrolysis, and the production of furfural from methyl xylosides acquired via acid-catalyzed methanolysis of aspen wood flour.</p> <p>Overall, the outcomes of the thesis provide an extensive study of the utilization of HCl gas for the hydrolysis of biomass with relatively low overpressures. In addition, novel applications for HCl gas hydrolysis in the form of biomass pre-treatment are introduced.</p>
Field of the doctoral thesis	Bioproduct technology
Doctoral candidate and contact information	M.Sc. (Tech.) A. Topias Kilpinen antti.kilpinen@aalto.fi
Public defence date and time	15 November 2024 at 12 o'clock (in Finnish time)
Remote defence	https://aalto.zoom.us/j/62888739256
Place of public defence	Aalto University School of Chemical Engineering, Department of Bioproducts and Biosystems, lecture hall L2, Vuorimiehentie 1, Espoo
Opponent(s)	Professor Mark Mascal, University of California, Davis, USA
Custos	Professor Eero Kontturi, Aalto University School of Chemical Engineering
Link to electronic thesis	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51
Keywords	biomass, concentrated acid hydrolysis, HCl gas, monosaccharides, oligosaccharides, methanolysis, methyl glycosides, furfural