**Efektīvas un ekoloģiskas tehnoloģijas kombinētai furfurola un glikozes šķīduma iegūšanai tālākai pārstrādei apraksts**

Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūtā ir izstrādāta priekšapstrādes tehnoloģija bērza koksnes efektīvai pārstrādei biorafinēšanas sistēmā. Priekšapstrādes tehnoloģija ir balstīta uz savstarpēji pielāgotu mehānisko, ķīmisko un bioloģisko apstrādi, kas dod iespēju selektīvi un tieši ražot furfurolu no bērza koksnes, kā arī iegūt piemērotu blakusproduktu (lignoceluloze) no kura ar enzimātiskās hidrolīzes paņēmienu var iegūt glikozi saturošu šķīdumu bioetanola ražošanai. Izstrādātā tehnoloģija ir pielāgojama arī citām ar pentozāniem un celulozi bagātai biomasai, piemēram, apses koksne, baltalksnis, kviešu salmi.

Furfurols ir dabiskas izcelsmes produkts (šķidrums ar izteiktu mandeļu smaržu), ko ražo tikai no bioloģiskiem resursiem, kas satur pentozānus. Savu unikālo īpašību dēļ furfurols ir atzīts par vienu no 30 svarīgākajām bioloģiskās bāzes platformas ķīmiskajām vielām, ko parasti izmanto kā izejvielu citu augstas pievienotās vērtības produktu ražošanai rūpnieciskās organiskās sintēzes jomā. Galvenais furfurola noieta tirgus ir furfurilspirta un citu 5-elementu skābekli saturošu heterociklu ražošana, tai skaitā, furāns, metilfurāns, furfurilamīns un furānskābe u.c. Furfurolu iegūst no tehnoloģiskas izmēra šķeldas, kas pirms ievadīšanas hidrolīzes reaktorā ir iepriekš sajaukta ar minerālskābi vai tās sāli. Hidrolīzes process tiek organizēts kā pārtrauktas darbības. Reaktoru skaits pielāgots tā, lai furfurola ražošanas process būtu nepārtraukts. Hidrolīzes laikā vispirms biomasas hemicelulozes daļā esošie pentozāni tiek hidrolizēti līdz pentozes molekulām, kas uz reiz tiek ciklodehidrētas līdz furfurolam. Reaktorā esošo furfurolu ar caurplūstošā ūdens tvaika palīdzību izvada laukā no reakcijas zonas un padod uz rektifikācijas posmu. Tajā furfurols tiek attīrīts no citiem biomasas destrukcijas blakusproduktiem (ūdens, etiķskābe, 5-hidroksimetilfurfurols, levilīnskābe, skudrskābe, u.c.) un iekoncentrēts līdz vēlamajai koncentrācijai (>98%). Furfurola iznākumu ietekmē izmantotais katalizators, tā daudzums un kā tas tiek sajaukts ar biomasu, kā arī apstrādes temperatūra, izejvielas fizikāli-ķīmiskās īpašības, un virkne tehnoloģiskās apstrādes parametri. Ar tehnoloģiju ir iespējams panākt 65% pentozānu konversiju furfurolā, ja tas tiek iegūts biorafinēšanas sistēmā, bet 75% konversija ir iespējama, ja furfurols ir vienīgais mērķa produkts. Tā pat bez furfurola papildus ir iespējams iegūt pārtikā izmantojamo etiķskābi. Tad ir nepieciešama papildus rektifikācija.

Atkarībā no izvēlētā tehnoloģijas pielietojuma, pēc furfurola ieguves, hidrolīzes reaktorā paliek aptuveni 60-70% sākotnējās biomasas (lignoceluloze), kas galvenokārt satur depolimerizētu celulozi un lignīnu. Izmantojot tvaiku, lignoceluloze ar paaugstinātu spiedienu tiek izšauta speciālos ciklonos. Tā rezultātā pāri palikušās biomasas struktūra ir sagrauta un ir piemērota tūlītējai pārstrādei glikozei, izmantojot enzimātiskās hidrolīzes posmu. Ja tikai furfurols ir mērķa produkts, tad daļa no lignocelulozes tiek transportēta uz kurtuvi, kur to sadedzina, lai ražotu nepieciešamo ūdens tvaiku tehnoloģisko procesu darbības nodrošināšanai. Atlikušo biomasu iespējams granulēt un tirgot kā kurināmo vai mēslojumu.

Enzimātiskās hidrolīzes posmu realizē sekojoši – iegūto lignocelulozi transportē uz enzimātiskās hidrolīzes reaktoru, kur to sajauc ar buferšķīdumu. Pēc tam maisījumu uzsilda līdz vajadzīgai temperatūrai un ar bāzi vai skābi noregulē vides pH, lai sasniegtu vidi enzīmu optimālai darbībai. Kad tas ir panākts pievieno celulāzes enzīmu kompleksu un uzsāk enzimātisko hidrolīzes procesu. Process ilgst 3 diennaktis, kura laikā celuloze tiek sašķelta līdz glikozes monomēriem. Sasniedzamā konversijas efektivitāte ir vismaz 65% no teorētiski iespējamā daudzuma. Pēc enzimātiskās hidrolīzes posma glikozes šķīdums tiek atdalīts no cietās biomasas (galvenokārt no lignīna). Šķidro frakciju, kas satur glikozi, transportē uz fermentācijas reaktoru, kur to pārveido etanolā vai citā mērķa produktā, kura izejviela ir glikoze. Savukārt, cieto atlikumu transportē uz kurtuvi, kur to sadedzina, lai ražotu nepieciešamo tvaiku visu tehnoloģisko procesu darbības nodrošināšanai.

Tehnoloģijas ekonomiskie rādītāji paredz, ka furfurola ieguve pirms enzimātiskās hidrolīzes posma ir pilnībā rentabla un ekonomiski pamatojama. Furfurola iegūšanas tehnoloģija ir izstrādāta Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtā un aizsargāta ar Latvijas patentu 14240 “Paņēmiens un ierīce furfurola un etiķskābes iegūšanai”.

**Ar tehnoloģiju saistītās priekšrocības**

Tehnoloģijas vispārīgās priekšrocības

* Nav konkurences ar pārtikas rūpniecību;
* Tehnoloģija ļauj diversificēt ražošanu un pielāgot to tirgus vajadzībām;
* Tehnoloģija paver iespēju ražot arī konkurētspējīgā apjomā pārtikas rūpniecībā izmantojamu produktu – etiķskābi;
* Tehnoloģijas potenciāls realizējams ar tirgū jau pieejamām iekārtām, tādējādi neradot liekus izdevumus saistībā ar kāda tehnoloģiskā mezgla projektēšanu/izgatavošanu.

Priekšrocības salīdzinājumā ar esošajām furfurola rūpnīcām:

* Tehnoloģiskais risinājums ļauj panākt vismaz par 20% lielāku iznākumu kā tas ir ar šodienas tradicionālajām furfurola ražošanas tehnoloģijām, jo to ražo kopā ar glikozes šķīdumu;
* Tehnoloģiskais risinājums ļauj panākt vismaz par 30% lielāku iznākumu kā tas ir ar šodienas tradicionālajām furfurola ražošanas tehnoloģijām, ja to ražo atsevišķi
* Ražojot furfurolu biorafinēšanas kontekstā tiek saglabāts vismaz 90% no sākotnējā celulozes daudzuma biomasā un atdalītas acetilgrupas, kas ir enzimātiskā procesa inhibitori. Turklāt ir samazināta arī celulozes polimerizācijas pakāpe un palielināta biomasas īpatnējais virsmas laukums efektīvākai celulozes konversijai glikozē.

Priekšrocības salīdzinājumā ar esošajām celulozes etanola rūpnīcām:

* Efektīva un selektīva furfurola ieguve pirms enzimātiskās hidrolīzes procesa ievērojami samazina pentozānu saturu biomasā, kas ļauj izmantot vienkāršākus enzīmu maisījumus, proti, tos kas paredzēti tikai celulozes konversijai.

**Tehnoloģijas mērķa grupa**

Tehnoloģija ir realizējama atsevišķi kā furfurola ražotne vai kā priekšapstrādes procesu kopa, kas ir integrējama celulozes etanola ražošanas sistēmā, kur furfurols tiek ražots kā blakusprodukts. Ņemot vērā nepieciešamo izejvielu apjomu, kā galvenais tehnoloģijas izmantotājs priekš furfurola ražošanas ir minami meža apsaimniekošanas, kokapstrādes un/vai lauksaimniecības uzņēmumi, kas vēlas efektīvāk izmantot savus blakusproduktus no citām ražošanas plūsmām un nebaidās no ķīmisko vielu ražošanas. Izmantojot tehnoloģiju kā biomasas priekšapstrādes procesu kopu celulozes etanola ražošanai pie tehnoloģijas mērķa grupām minami bioetanola ražotāji. Šāda risinājuma integrēšana etanola ražotnē vienkāršos bioloģisko procesu saimniecību un paātrinās sākotnējo investīciju apjomu atmaksas laiku dēļ pieaugošās furfurola tirgus cenas.