

Etiķskābes iegūšana no bērza koka koksnes pie tās kompleksas pārstrādes

Nikolajs Vedernikovs, *Latvian State Institute of Wood Chemistry,*

Maris Puke, *Latvian State Institute of Wood Chemistry,* Irena Kruma, *Latvian State Institute of Wood Chemistry,*
Prans Brazdausks, *Latvian State Institute of Wood Chemistry*

Kopsavilkums. Tehnisko etiķskābi pasaulē ražo 165 kompānijas 8,2 milj. t gadā praktiski tikai no naftas produktiem. Prognozē, ka tās ražošanas apjoms līdz 2015. gadam palielināsies līdz 11,8 milj. t gadā un to papildus daudzumu vajadzēs ražot, galvenokārt, no biomasas. Pēc Valsts meža dienesta Meža departamenta datiem bērza koksne resursi Latvijā sastāda vairāk nekā 150 milj. m³. Pēc kopējās krājas bērzs aizņem otro vietu starp valdošajām koku sugām Latvijā. Tāpēc ir ļoti svarīgi atrast šiem resursiem ekonomiski izdevīgu izmantošanu. Šīs problēmas efektīvākais risinājums varētu būt kompleksa bērza koksne pārstrāde ražojot etiķskābi un citus produktus. Pārstrādājot tikai 1 milj. m³ šīs koksnes atliekas varētu saražot 25 000 t etiķskābes. Tas dos iespēju ekoloģiski tīri un ekonomiski efektīvi pārstrādāt bērza koksnes atliekas. Lai atrisinātu šo problēmu, pirmo reizi pasaules zinātniskajā praksē, izmantojot jaunā patentā [1, 2] aprakstītās idejas, izpētīta bērza koksnes hemiceluložu polisaharīdu deacetilēšanās un etiķskābes veidošanās procesa galvenās likumsakarības. Parādīts, ka etiķskābes veidošanās dinamiku un iznākumu ietekmē galvenokārt procesa temperatūra, katalizatora koncentrācija un procesa ilgums. Iegūtie rezultāti būs par pamatu jaunai etiķskābes iegūšanas no bērza koka koksnes tehnoloģijai, par kuras rūpniecisko realizēšanu jau interesējas SIA „LFK” un citas firmas Latvijā.

Atslēgas vārdi: bērza koksne, hemicelulozes, acetilgrupas, hemiceluložu deacetilēšana, etiķskābes iegūšana.

I. IEVADS

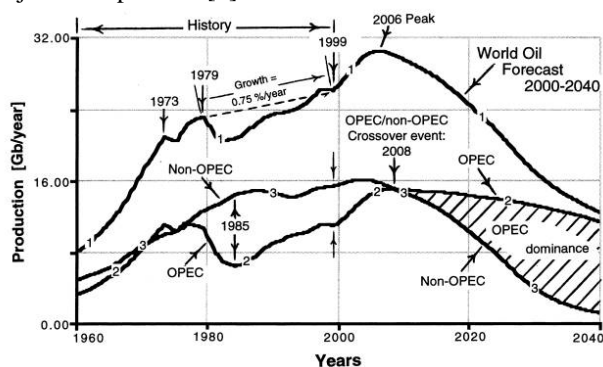
Pārtikas etiķskābe tiek iegūta no etanola šķīduma izmantojot baktērijas *Acetobacter aceti*, un tas daudzums sastāda mazāk nekā kā 10 % no kopējā saražotā etiķskābes daudzuma [3, 4].

Tehnisko etiķskābi pirms dažiem gadiem ražoja arī no etanola saturošiem šķīdumiem. Sakarā ar to, ka etanolu lielos daudzumos izmanto tagad kā piedevu benzīnam, tehniskās etiķskābes ražotājiem vajadzēja mainīt izejvielu un tehnoloģiju. Tagad tehnisko etiķskābi ražo galvenokārt ar metanola karbonilēšanas metodi [4] un izmanto vinilacetāta, celulozes acetāta un citu ķīmisko produktu ražošanā.

Ja 2002. gadā bija saražots 6.7 milj. t tehniskās etiķskābes, tad 2008. gadā tās ražošanas apjoms palielinājās līdz 8.2 milj. t gadā. Prognozē, ka līdz 2015. gadam tehniskās etiķskābes ražošanas apjoms palielināsies līdz 11.8 milj. t gadā [5].

Ņemot vērā, ka pēc ASV speciālistu prognozes [6] naftas iegūšana pasaulē drīz sāks samazināties (sk. 1. att.) un tās cena attiecīgi palielināsies, vajadzēs atkal meklēt jaunu, un šoreiz atjaunojamu izejvielu tehniskās etiķskābes ražošanai. Viena no tādām izejvielām varētu būt lapkoku koksne un Latvijas apstākļos, galvenokārt, bērza koka koksne. Latvijā bērza

koksnes pēc platības aizņem 884 tūkstoši ha, vai 32 % no kopējās meža platības [7].



1. att. Naftas iegūšana Pasaulē (1), OPEC (2) un citās valstīs (3).

Pie tam, tā kā Latvijā ir daudz koksnes atlieku, ir ļoti svarīgi atrast tām ekoloģiski tīru un ekonomiski efektīvu pārstrādi. Viens no lielākajiem bērza koksnes pārstrādātājiem ir SIA „Latvijas Finieris”, kur katru gadu pārstrādes procesā veidojās aptuveni 125 000 m³ bērza lēveru atliekas, kuras tiek izmantotas kā kurināmais. Viens no visefektīvākajiem risinājumiem varētu būt etiķskābes ražošana. Tāpēc vajadzētu izstrādāt teorētiskus pamatus etiķskābes iegūšanas tehnoloģijai, kompleksi pārstrādājot bērza koka koksni. Tāpēc šajā darbā bija paredzēts izpētīt galveno parametru ietekmi uz etiķskābes veidošanās dinamiku un iznākumu, lai vēlāk varētu izstrādāt jaunu etiķskābes iegūšanas no bērza koka koksnes tehnoloģiju.

II. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

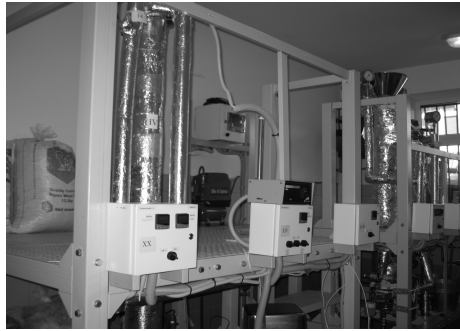
Bērza koka koksnes šķeldas tika samaisītas ar katalizatora šķīdumu speciāli projektētā un izgatavotā lāpstveida maisītājā. Kā katalizatoru izmantojām sērskābi, kura parasti tiek izmantota rūpnieciskajā praksē ražojot furfuroļu. Sērskābes daudzums sastādīja 3 % no absolūti sausas koksnes, kas arī ir raksturīgs rūpnieciskiem apstākļiem. Izejmateriāla mitrums mainījās intervālā no 10 % līdz 14 %.

Pēc bērza koksnes šķeldu samaisīšanas ar noteikto katalizatora daudzumu, iegūto materiālu apstrādāja ar tvaika plūsmu oriģinālajā stenda iekārtā.

Jaunā stenda iekārta (sk. 2. att.), kuru izgatavoja pēc mūsu izejas datiem, izmantojot Eiropas Struktūrfonda līdzekļus, ļauj modelēt rūpnieciskos procesus. Šīs stenda iekārtas galvenā reaktora diametrs ir 110 mm, augstums 1450 mm un tilpums 13,7 litri.

Lai nodrošinātu konstantu temperatūru reakcijas zonā visa procesa laikā un pie dažādiem parametriem, reaktoram ir divas siltuma izolācijas sistēmas ar attiecīgu automātiku, kas ļauj ne tikai kontrolēt, bet arī noturēt konstantu temperatūru visa procesa laikā.

Reaktorā materiālu apstrādā ar ūdens tvaika nepārtrauktu plūsmu. Izejošo no reaktora tvaiku, kas satur etiķskābi, kondensē, ņemot kondensāta paraugus ik pēc 10 minūtēm.



2. att. Oriģinālā stenda iekārta, LVKĶI institūtā.

Etiķskābes koncentrāciju kondensātā nosaka ar gāzu hromotogrāfu. Iegūtos rezultātus apstrādā uz datora, izmantojot attiecīgās programmas. Lai labāk salīdzinātu un analizētu pie dažādiem parametriem iegūtos rezultātus, etiķskābes iznākumu, rēķināja procentos no teorētiski iespējamā iznākuma.

III. REZULTĀTI

Bērza koksnes acetilgrupas, no kurām veidojas etiķskābe, saistītas ar dažādām hemicelulozes polisaharīdu daļām un ir 4-O-metilglikuronoksilāna, glikomannāna un galaktoglikomannāna sastāvā [8, 9]. Kopējais acetilgrupu daudzums ir 5.84 % rēķinot no absolūti sausas bērza koka koksnes.

Lai izstrādātu etiķskābes ražošanas procesa teorētiskos pamatus ir sevišķi svarīgi izpētīt hemiceluložu deacetilēšanās procesu tādos apstākļos, kuri ļautu modelēt rūpniecisko etiķskābes iegūšanas procesu. Līdz šim tāds pētījums vispār nevarēja veikt, jo laboratorijas apstākļos nav iespējams modelēt rūpniecisko procesu. Strādājot uz oriģinālās stenda iekārtas, kura projektēta, izmantojot mūsu lielo rūpniecisko pieredzi, ir iespēja modelēt rūpniecisko procesu.

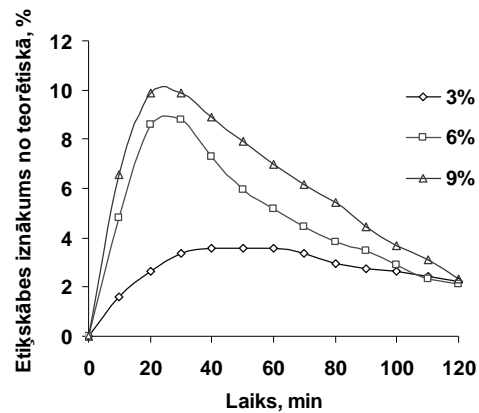
Kā parādīja mūsu pētījumi, galvenie hemiceluložu deacetilēšanas procesa parametri, kuri ietekmē procesa dinamiku un etiķskābes iznākumu, ir katalizatora koncentrācija, temperatūra un procesa ilgums.

Katalizatora koncentrāciju mainījām no 3 % līdz 9 %, temperatūru mainījām plašā intervālā: no 410 K līdz 440 K. Procesu ilgumu mainījām no 10 min līdz 120 min ar attiecīgiem 10 min intervāliem.

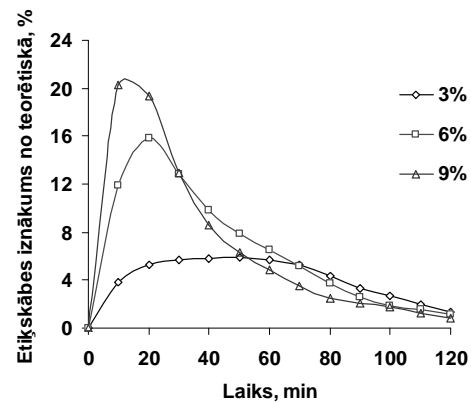
Katalizatora koncentrācijas ietekmi uz etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamiku parādītas att. 3 - 6. Lai būtu vieglāk salīdzināt iegūtos datus visi rezultāti šajos un pārējos zīmējumos izrēķināti procentos no teorētiski iespējamā etiķskābes daudzuma.

Pie temperatūrām 410 K un 420 K maksimumi ir pie katalizatora koncentrācijas 6 % un 9 %, un sastāda attiecīgi pie

temperatūras 410 K: 8,6 % un 9,9 %, bet pie temperatūras 420 K: 15,8 % un 20,3 % (3., 4. att.). Šie etiķskābes iznākumi ir sasniegti pēc 20 min no procesa sākuma. Pie katalizatora koncentrācijas 3% un pie tām pašām temperatūrām izteikta maksimuma nav.



3. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 410 K.



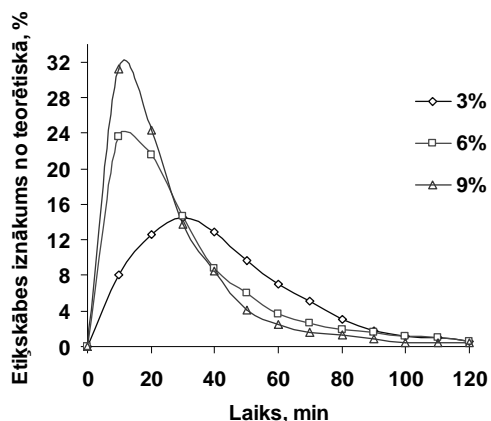
4. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 420 K.

Pie temperatūras 430 K un 440 K maksimumi ir pie visām katalizatora koncentrācijām, bet sasniegti dažādos procesa periodos. Pie katalizatora koncentrācijas 3 % maksimumi sasniegti pēc 30 min no procesa sākuma un sastāda attiecīgi 14,5 % un 18,8 %. Pie katalizatora koncentrācijas 6 % un 9 % maksimumi sasniegti jau pēc 10 min no procesa sākuma un sastāda attiecīgi pie temperatūras 430 K: 23,6 % un 31,3 %, bet pie temperatūras 440 K: 32,2 % un 37,8 % (5., 6. att.).

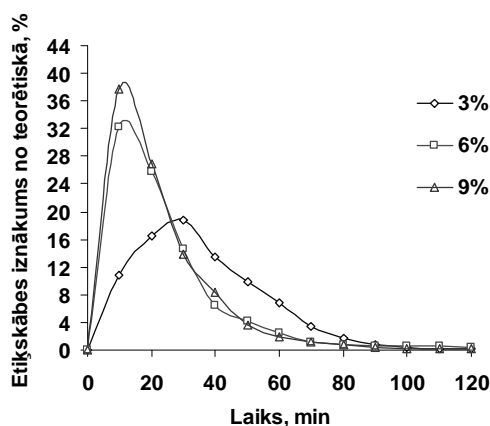
Kā redzams, etiķskābes veidošanās procesa dinamika ievērojami atkarīga no katalizatora koncentrācijas, kuru palielinot, arī maksimumi dinamikas līknēs attiecīgi palielinājās.

Gan no teorētiskā, gan no praktiskā viedokļa interesanti ir izpētīt kā mainās etiķskābes iznākums bērza koksnes hemiceluložu deacetilēšanās procesa laikā atkarībā no katalizatora koncentrācijas un procesa ilguma. Kā redzams no att. 7 - 10, pie visām izpētītām temperatūrām palielinot katalizatora koncentrāciju no 3 % līdz 9 % etiķskābes iznākums palielinājās. Tā, piemēram, pie temperatūras 410 K pēc 120 min no deacetilēšanās procesa sākuma, palielinot katalizatora koncentrāciju uzrādītajā intervālā, etiķskābes

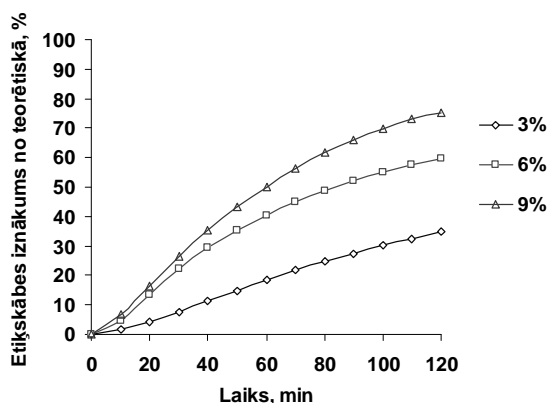
iznākums palielinājās no 34,7 % līdz 75,2 %, tas ir vairāk nekā 2 reizes (7. att.).



5. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 430 K.



6. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 440 K.

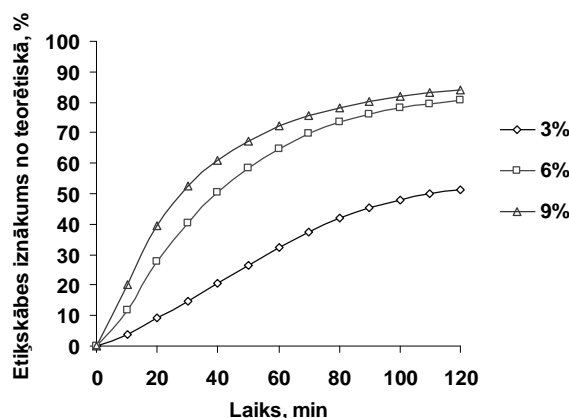


7. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 410 K.

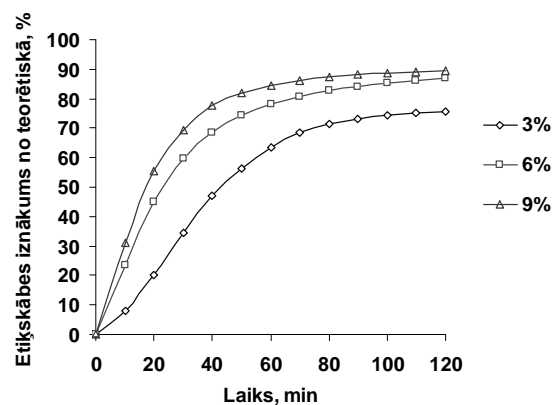
Analoģiskas likumsakarības ir arī pie temperatūras 420 K (8. att.), bet pie augstākas temperatūras situācija mainās un katalizatora koncentrācija daudz mazāk ietekmē etiķskābes iznākumu.

To var redzēt jau 9. att., kur etiķskābes iznākums pie 430 K pēc 120 min no procesa sākuma pie katalizatora koncentrācijas 6 % un 9 % sastāda attiecīgi 86,9 % un 89,5 %. Tikai pie katalizatora koncentrācijas 3 % etiķskābes

iznākums vairāk atšķīrās un sastāda 75,7 %. Pie temperatūras 440 K palielinot katalizatora koncentrāciju no 3 % līdz 6 % un 9 % etiķskābes iznākums palielinājās no 76,4 % līdz 85,8 %. Palielinot katalizatora koncentrāciju līdz 9 %, etiķskābes iznākums pēc 60 min no procesa sākuma sastāda 92,3 %. Attiecīgi pēc 120 min no procesa sākuma pie katalizatora koncentrācijām 3 %, 6 % un 9 % etiķskābes iznākums attiecīgi sastāda 83,2 %, 89,8 % un 95,4 % (10. att.). Ja pie temperatūras 410 K palielinot katalizatora koncentrāciju no 3 % līdz 9 % etiķskābes iznākums pie procesa ilguma 120 min palielinājās 2,2 reizes, tad pie temperatūras 440 K un tiem pašiem pārējiem parametriem etiķskābes iznākums palielinājās tikai par 14,6 %. Tāpēc ir tik svarīgi izpētīt temperatūras ietekmi uz bērza koksnes hemiceluložu deacetilēšanas procesu.



8. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 420 K.

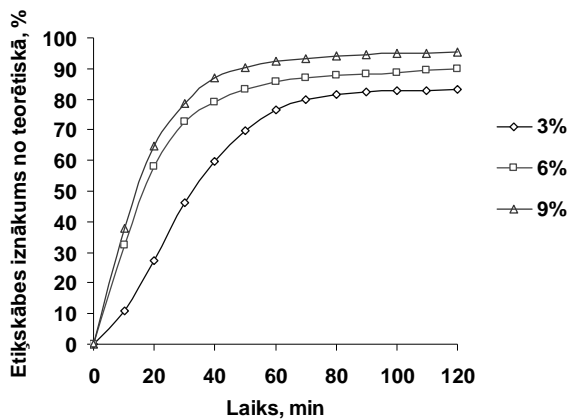


9. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 430 K.

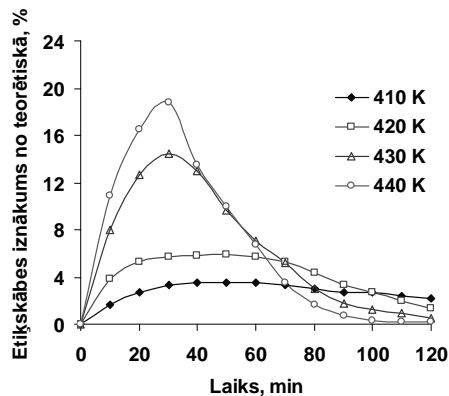
Tā, piemēram, pie temperatūras 440 K palielinot katalizatora koncentrāciju no 3 % līdz 6 % jau pēc 60 min no procesa sākuma etiķskābes iznākums palielinājās no 76,4 % līdz 85,8 % (10. att.).

Kā temperatūra ietekmē šī procesa dinamiku var redzēt att. 11-13. Ja pie katalizatora koncentrācijas 3 % izteikti maksimumi ir tikai pie temperatūras 430 K un 440 K un sastāda attiecīgi 14,4 % un 18,8 % (11. att.), tad pie lielākas katalizatora koncentrācijas izteikti maksimumi ir pie visām izpētītajām temperatūrām. Pie tam, palielinot temperatūru no 410 K līdz 440 K visi maksimumi attiecīgi palielinājās.

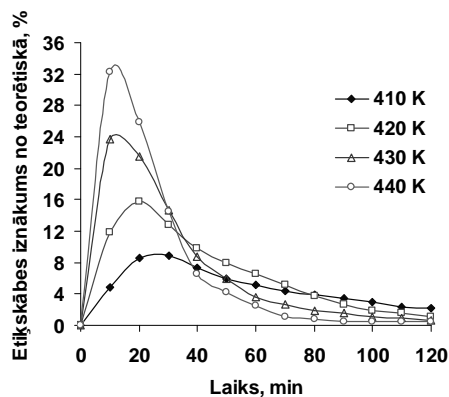
Piemēram, palielinot temperatūru uzrādītājā intervālā sasniegtie maksimumi pie katalizatora koncentrācijas 6 % palielinājās no 8,8 % līdz 32,2 %, bet pie katalizatora koncentrācijas 9 % tie palielinājās no 9,8 % līdz 37,8 %. Pie tam, palielinot temperatūru maksimuma sasniegšanas laiks samazinājās. Piemēram, kā redzams att. 12., pie temperatūrām 410 K un 420 K maksimumi sasniegti pēc 20 min, bet pie temperatūrām 430 K un 440 K maksimumi sasniegti jau pēc 10 min no procesa sākuma.



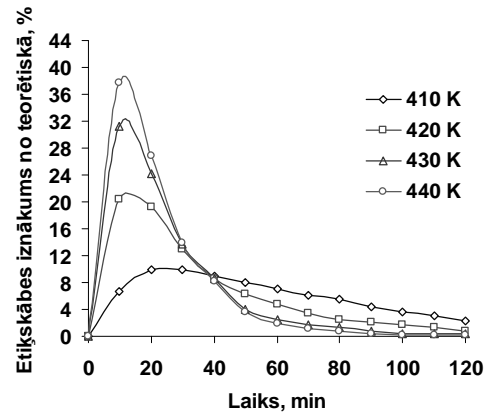
10. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no katalizatora koncentrācijas pie temperatūras 440 K.



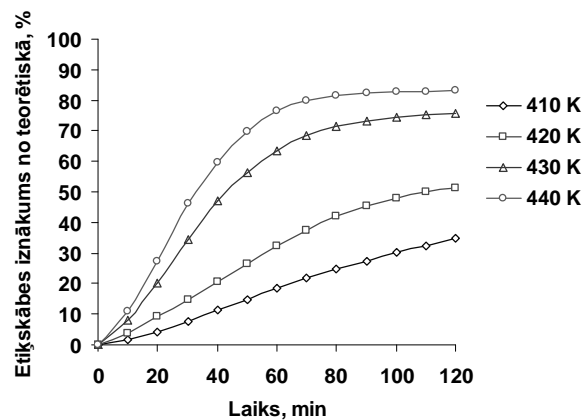
11.att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 3 %.



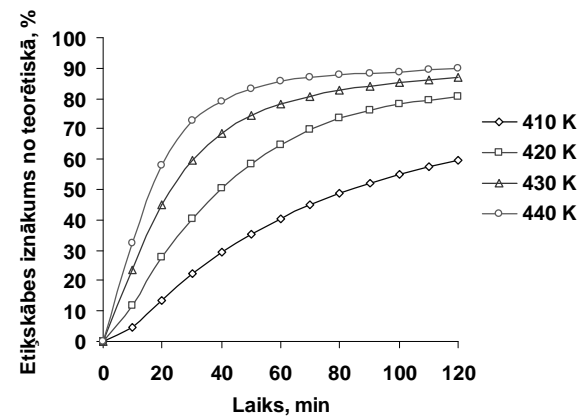
12. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 6 %.



13. att. Etiķskābes veidošanās no bērza koksnes dinamikas izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 9 %.

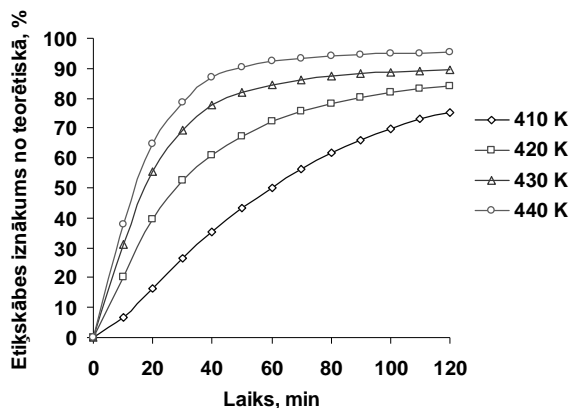


14. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 3 %.



15.att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 6 %.

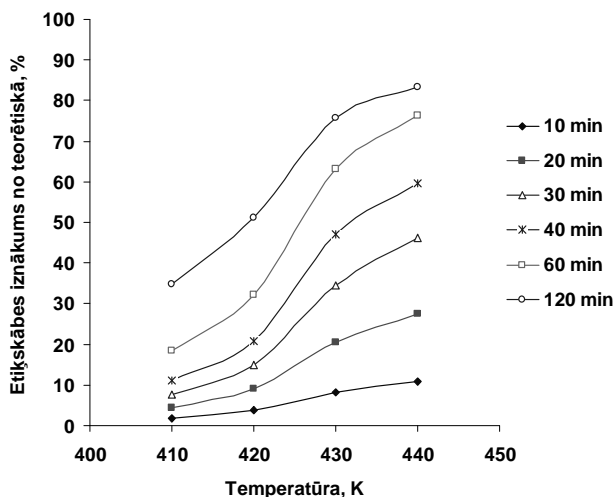
Pie lielākas katalizatora koncentrācijas (att. 13.), visi maksimumi uz etiķskābes veidošanās dinamikas līknēm sasniegti jau pēc 10 min no hemiceluložu deacetilēšanas procesa sākuma, izņemot temperatūru 410 K, pie kuras maksimums bija sasniegts pēc 20 min no procesa sākuma.



16. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras pie katalizatora koncentrācijas 9 %.

Temperatūra lielā mērā ietekmē arī etiķskābes iznākumu. Sevišķi uzskatāmi to var redzēt pie mazākas katalizatora koncentrācijas. Kā var redzēt att. 14., palielinot temperatūru no 410 K līdz 440 K etiķskābes iznākums pēc 120 min no procesa sākuma palielinājās no 34,7 % līdz 83,2 %, tas ir 2,4 reizes. Arī att. 15. maksimālais etiķskābes iznākums, palielinot temperatūru uzrādītajā intervālā, palielinājās no 59,6 % līdz 89,8 %, tas ir 1,5 reizes.

Palielinot katalizatora koncentrāciju šī starpība vēl samazinājās līdz 1,3 reizēm. Bet no tehnoloģijas viedokļa ļoti svarīgi ir ka šinī gadījumā pie temperatūras 440 K etiķskābes iznākums sastāda 86,8 % jau pēc 40 min no hemiceluložu deacetilēšanas procesa sākuma (16. att.). Tas nozīmē, ka var ievērojami samazināt etiķskābes iegūšanas procesa laiku, pie tam, iegūstot augstu šī produkta iznākumu.



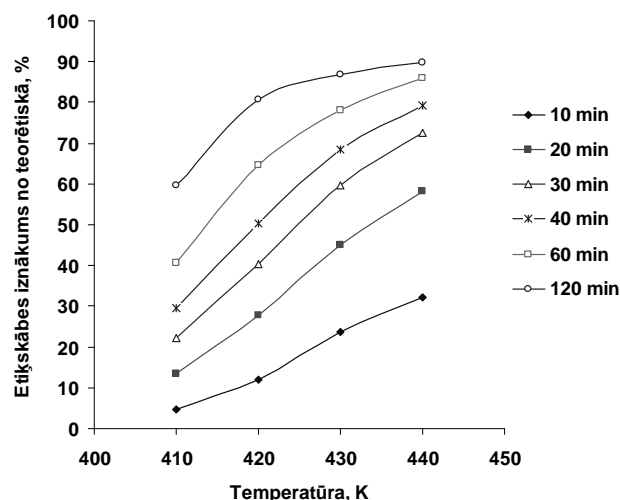
17. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras un procesa ilguma pie katalizatora koncentrācijas 3 %.

Kā mainās etiķskābes iznākums atkarībā no temperatūras dažādos laika periodos var redzēt att. 17.-19. Ja pēc 10 min no procesa sākuma pie visām katalizatora koncentrācijām ir praktiski lineāra likumsakarība starp etiķskābes iznākumu un temperatūras palielināšanu, tad pie lielāka procesa ilguma likumsakarība vairs nav lineāra. Laika posmos no 20 min līdz 120 min jo augstāka procesa temperatūra, jo vairāk tā ietekmē

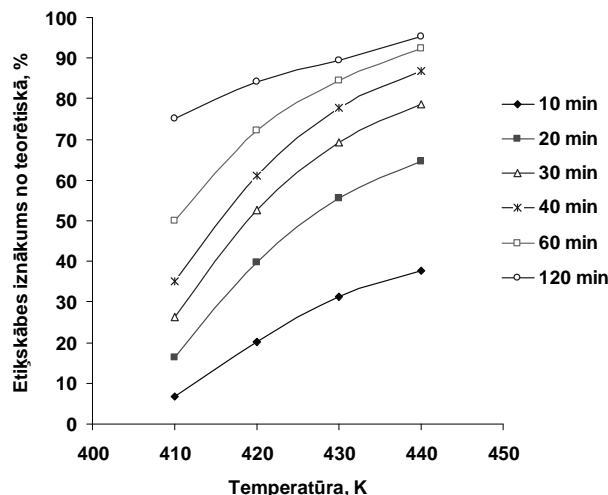
etiķskābes iznākuma palielināšanos. Kā parādīja mūsu eksperimentāli iegūtie rezultāti viena acetilgrupu daļa atšķējas no hemicelulozes makromolekulas viegli, bet citas acetilgrupas atšķējas ar dažādu ātrumu. Acetilgrupas atrodas koksnes sarežģītajā struktūrā un pievienotas hemiceluložu makromolekulām ar dažādām saitēm. Tāpēc etiķskābes iegūšanas procesu ietekmē trīs galvenie faktori: heterogēna vide, hemiceluložu virsmolekulārā struktūra un dažādās acetilgrupu saites hemiceluložu makromolekulā.

Minēto faktoru rezultātā deacetilēšanas process notiek nevienmērīgi un to nevar aprakstīt ar klasiskās kinētikas vienādojumiem.

Lai varētu optimizēt etiķskābes iegūšanas procesu vajadzēs salīdzināt un saskaņot šinī darbā atrastās etiķskābes iegūšanas likumsakarības ar otra svarīgā produkta – furfurola iegūšanas no bērza koksnes likumsakarībām.



18. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras un procesa ilguma pie katalizatora koncentrācijas 6 %.



19. att. Etiķskābes iznākuma no bērza koksnes izmaiņas atkarība no temperatūras un procesa ilguma pie katalizatora koncentrācijas 9 %.

IV. SECINĀJUMI

1. Izmantojot mūsu divos patentos aprakstītās jaunās idejas un oriģinālo stenda iekārtu, kura ļauj modelēt rūpniecisko procesu, pirmo reizi zinātniskajā praksē izpētītas etiķskābes iegūšanas no bērza koka koksnes galvenās likumsakarības.
2. Parādīts, ka galvenie parametri, kuri ietekmē bērza koka koksnes hemiceluložu deacetilēšanas procesu ir katalizatora koncentrācija, temperatūra un deacetilēšanas procesa ilgums. Pie tam visi minētie parametri, palielinot tos izpētītos intervālos, pozitīvi ietekmē etiķskābes veidošanās dinamiku un iznākumu.
3. Palielinot katalizatora koncentrāciju no 3 % līdz 9 % un temperatūru no 410 K līdz 440 K etiķskābes veidošanās dinamikas līknēm ir maksimumi, kuri veidojas laika posmā 10-30 min no procesa sākuma. Pie tam palielinot abus parametrus uzrādītajos intervālos maksimumu sasniegšanas laiks samazinājās.
4. Palielinot augstāk uzrādītajos intervālos katalizatora koncentrāciju un temperatūru, kā arī palielinot procesa ilgumu no 10 līdz 120 min etiķskābes iznākums palielinājās no 1,6 % līdz 95,4% no teorētiski iespējamā.
5. No tehnoloģijas viedokļa etiķskābes iegūšanas no bērza koka koksnes par optimāliem var uzskatīt tādus parametrus: katalizatora koncentrācija 9 %, temperatūra 440 K un procesa ilgums 40 min. Šinī gadījumā etiķskābes iznākums sastāda 86,8 % no teorētiski iespējamā.
6. Sakarā ar to, ka ķīmisko produktu eksports ir daudz izdevīgāks, nekā bērza koka koksnes atlieku izmantošana kā kurināmo, šinī darbā iegūtie rezultāti būs par pamatu jaunai etiķskābes iegūšanas tehnoloģijai, par kuras rūpniecisku realizēšanu jau interesējas SIA „LFK” un citas firmas Latvijā.

PATEICĪBA

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] **N. Vedernikovs**, *Furfurola un etiķskābes ražošanas paņēmieni*, LR patents Nr. 11950, 20.03.1998.
- [2] **N. Vedernikovs**, *Paņēmieni furfurola un etiķskābes ražošanā*, LR patents Nr. 12131, 20.11.1998.
- [3] *Production report*. Chemical Engineering News. July 11, 2005, 83, p. 67-76.
- [4] **Yoneda, Noriyuki, Kusano**, *Application Catalog*. A: Gen., 2001, 290, 253-265.
- [5] *World Market for Acetic Acid Projected to Reach 11.8 Million Tons in 2015*. Report by Global Industry Analysts, [Online]. Available: http://ca.prweb.com/releases/acetica_PTA/acid/prwb1530714.htm
- [6] **C.Richard, R.C. Duncan**, *The peak of world oil production and the road to the Olduvai Gorge*, [Online]. Available: http://www.dieoff.org/page_224.htm. Geological Society of America. Summit 2000. Reno, Nevada, November 13, 2000.
- [7] *Meža apsaimniekošana*, [tiešsaiste]. Rīga : Valsts meža dienests, 2001–[skatīts 18.02.2004.]. Pieejams: <http://vmd.gov.lv/?sadala=2>
- [8] **Богомолов Б. Д.** Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. Москва, Лесная пром., 1973, с.185.
- [9] **Холькин Ю.И.** Технология гидролизных производств. - Москва: Лесная промышленность. – 1989. – с. 54.



Nikolajs Vedernikovs. Professor, Dr. habil. chem. Education: Technical College, 1954. Riga Technical University (Faculty of Chemistry), 1959. Dr.chem. (Candidate of Science in former USSR, Ph.D. in Western countries), Latvian Academy of Sciences, 1965. Dr.habil.chem.(Doctor of Science in former USSR), Latvian Academy of Sciences, 1981.

Experience: Institute of Wood Chemistry: Engineer, 1959 – 1965. Senior Researcher, 1965 – 1971. Deputy Director, 1985 -1987, 1997 – 2000. Deputy Chairman and Chairman of the Scientific

Council, 1997 - 2000 Head of Laboratory of Polysaccharide Chemistry, since 1971. Address: Dzerbenes Str. 27/345, LV-1006, Riga, Latvia.

Research: A theory of differential catalysis of pentosan hydrolysis and pentose dehydration reactions has been elaborated. The regularity of the catalytic activity of cations in pentose dehydration reactions has been elucidated. The mechanisms and kinetics of the hydrolytic and mechano-chemical depolymerization of polysaccharides and the relationships of the changes in the supramolecular structure of cellulose in the furfural obtaining process have been established. Practice: The new technologies of furfural production from hardwood, comcobs as well as cotton, sunflower and rice seed hulls were realized in 7 plants, with the annual profit more than 6 million USD. A licence was sold, and contracts with firms of Slovenia, Hungary and Finland were successfully performed with an increase in the furfural yield by 30 % on the average. Since 1982 was the leading expert in furfural production in the USSR and supervised all the experiments and implementation of state-of-the-art technologies at 6 ethanol and 15 furfural production plants, including the furfural plants constructed by the firms: Escher Wyss (Germany), Rosenlew (Finland), Sunds Defibrator (Sweden), Agrifurane (France). In 2004-2006, consulted on designing and putting in operation a new furfural plant in Iran. For the first time in the world's industrial practice, the problem of the joint production of furfural and ethanol from deciduous wood and agricultural residues was solved and, since 1997, was successfully realized on an industrial scale.

Awards: “Order of the Badge of Honor” (1981), Prize of the Government of the Latvian Republic (1982), Gold Medals of the Exhibition of Economic Achievements of the USSR (1980, 1989), Academic Awards of the Latvian Academy of Sciences (6 times). The World Intellectual Property Organization (WIPO) Award for Outstanding Inventor (2009).

Address: Dzerbenes Str. 27/345, LV-1006, Riga, Latvia, Phone: +371 67553760; E-mail: ved@edi.lv



Maris Puke. Mg. sc. ing. chem. Education: Since 2006 Phd student in Riga Technical University (RTU), Material science and applied chemistry (MSAC) faculty, Chemical technology. 2004-2006 RTU, MSAC, obtained higher education - Master of Science in “Chemical technology of wood”; 2000-2004. RTU, MSAC faculty, obtained higher professional education - engineer in “Wood complex processing” 1998-2000. RTU, MSAC faculty, obtained higher professional education first level in “Wood complex processing”. Jelgava secondary school No.1, secondary education 1997-1998. The Technical Lyceum of Jelgava, specialty of a Joiner and part of secondary education 1994-1997.

Experience: Since 2007. Researcher at the LV Institute of wood chemistry (IWC) in Polysaccharide laboratory under the guidance of prof. N. Vedernikov – the problem investigated – obtaining bioethanol and furfural from hard wood, straw and other biomass. 2003-2007 Engineer at the IWC in polysaccharide laboratory graduation paper - “Obtaining of Furfural From Hardwood Residues, Keeping Lignocellulose For Production of Activated Carbon” 01.2001-03.2003. Technician at the IWC in polysaccharide laboratory. 06-08.2003. Practicing in Joutseno pulp mill Botnia in Joutseno, Finland. Practicing at Research & Development department. 03-09.2001. Södra Cell pulp mill in Mörrum, Sweden, Objective: Study of pulp testing methods and find correlation between them to facilitate pulp quality. Laboratory assistant IWC 03.1999-02.2001. Carpenter in a private enterprise 1996-1998.

Address: Dzerbenes Str. 27/345, LV-1006, Riga, Latvia, Phone: +371 29874322; E-mail: maris.puke@inbox.lv

Irena Kruma, Education: In 1967, was graduated from the Riga Polytechnic Institute, Faculty of Chemistry, in plastics processing technology, qualification – chemical process engineer.

Experience: Since 1967 Engineer Latvian State institute of Wood Chemistry, Laboratory of Polysaccharides.

Research: The main avenue of research was mechano-chemical and hydrolytic depolymerization of deciduous wood and agricultural residues polysaccharides, kinetics of pentoses dehydration and furfural formation depending on the main parameters of the process. Participation in the development of a new technology for obtaining furfural from deciduous wood, corncobs, as well as from cotton, sunflower, rice seed hulls and

bagasse. Investigation of the deciduous wood and agricultural residues hydrolysis process, as well as the chemical composition and properties of the products obtained as a result of this process. Recent studies involve the kinetics and regularities of the deciduous wood hemicelluloses deacetylation process, depending on the main parameters of the process. Practice: Participation in the development of a new technology for furfural production from corncobs, as well as from cotton, sunflower and rice seed hulls, and implementation of this technology in 3 plants. Participation in the implementation of contracts with Slovenia's, Hungary's, and Finland's companies, where the furfural yield increased by 30 % on the average.

Nikolajs Vedernikovs, Maris Puke, Irena Kruma, Prans Brazdausks. Obtaining of acetic acid from birch wood upon its complex processing

Technical acetic acid is produced worldwide by 165 companies in quantities of 8.2 million t per year practically only from petroleum refining products. It is forecasted that the annual volume of production of technical acetic acid will increase up to 11.8 million t by 2015, and it will be necessary to produce its additional quantities from the renewable raw material, including from deciduous wood. According to the data of the department of Forestry of the Forest Service of Latvia, the birch wood resources in Latvia make up more than 150 million m³. Only the processing wastes of this wood make up more than 1 million m³ per year, from which environmental friendly and economically efficient production of 25 000 t of acetic acid is possible. Therefore, the aim of the present work was to develop theoretical principles of the technology for obtaining acetic acid from birch wood, using as the catalyst sulphuric acid, which is commonly used in furfural production. When compiling the program of the studies, technical ideas were employed, described in two new patents. Experiments were performed on an original pilot unit, enabling the modelling of the production process. All this enabled, for the first time in the world's research practice, to investigate the deacetylation of hemicellulose polysaccharides of birch wood, and to find the basic regularities of the acetic acid formation process. It has been shown that the main parameters of the given process are the catalyst concentration as well as the temperature and duration of the process, which have a favourable effect on the formation dynamics and yield of acetic acid. With increasing catalyst concentration and temperature from 3 % to 9 % and from 410 K to 440 K, respectively, the acetic acid formation curves have maxima in the range 10– 30 min from the beginning of the process. With increasing these parameters in the specified ranges, the time of reaching the maximum decreases. With increasing these parameters in the specified ranges and the process duration from 10 to 120 min, the yield of acetic acid increases from 1.6 % to 95.4 %, while, upon decreasing the process duration to 40 min, its yield makes up 86.8 % from the theoretically possible one. Because the export of chemical products is economically much more profitable than the use of waste wood as the fuel, the obtained results may become the basis for the development of a new technology with the aim of organising the production of acetic acid in Latvia.

Николай Ведерников, Марис Пуке, Ирена Крума, Пранс Браздаускс. Получение уксусной кислоты из древесины берёзы при её комплексной переработке

Техническую уксусную кислоту в мире производят 165 компаний в количестве 8,2 млн. т в год практически только из продуктов переработки нефти. Прогнозируется, что объём производства технической уксусной кислоты к 2015 году увеличится до 11,8 млн. т в год и дополнительное её количество нужно будет производить из возобновляемого растительного сырья, в том числе из лиственной древесины. По данным Департамента леса Государственной лесной службы Латвии ресурсы древесины берёзы составляют более 150 млн. м³. Только отходы переработки этой древесины составляют более 1 млн. м³ в год, из которых экологически чисто и экономически эффективно можно производить 25 000 т уксусной кислоты. Поэтому целью данной работы было: разработать теоретические основы технологии получения уксусной кислоты из древесины берёзы с использованием в качестве катализатора серной кислоты, которую обычно применяют в производстве фурфурола. При составлении программы исследований были использованы технические идеи, описанные в двух новых патентах. Эксперименты проводились на оригинальной стендовой установке, позволяющей моделировать производственный процесс. Это всё дало возможность впервые в мировой научной практике изучить деацетилирование гемицеллюлозных полисахаридов древесины берёзы и найти основные закономерности процесса образования уксусной кислоты.

Показано, что основными параметрами этого процесса являются концентрация катализатора, температура и продолжительность процесса, которые положительно влияют на динамику образования уксусной кислоты и её выход. При увеличении концентрации катализатора с 3 % до 9% и температуры с 410 К до 440 К кривые динамики образования уксусной кислоты имеют максимумы в интервале 10 – 30 мин. от начала процесса. При увеличении этих параметров в указанных интервалах время достижения максимума сокращается. При увеличении этих параметров в указанных пределах и продолжительности процесса с 10 до 120 мин. выход уксусной кислоты возрастает от 1,6 % до 95,4 %, а при сокращении продолжительности процесса до 40 мин. выход её составляет 86,8 % от теоретически возможного. Поскольку экспорт химической продукции экономически гораздо выгоднее, чем использование древесных отходов в качестве топлива, полученные результаты могут стать основой для разработки новой технологии с целью организации производства уксусной кислоты в Латвии.