

ENERGETICKÝ PRÍNOS HLAVNÝCH ZLOŽIEK DREVA VŘBY *SALIX VIMINALIS* – KLON RAPP

Jarmila Geffertová – Anton Geffert

Abstract

In the work was followed energy contribution of the wood components – holocellulose, lignin and extractives. By obtained results is possible to state that single wood components have different combustion heat values in dependence of their chemical composition, mainly from oxygen content.

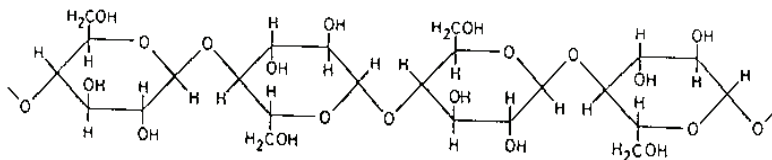
The smallest combustion heat values had polysaccharide fraction (17 519 kJ.kg⁻¹) but in consideration of the highest polysaccharide proportional representation in wood (76,2 %) is their energy contribution in fuel highest (68 %). Lignin energy contribution was 27 % and its combustion heat was 25 830 kJ.kg⁻¹. Energy contribution of others wood components was 5 %.

Key words: *combustion heat value, lignin, holocellulose, extractives*

ÚVOD

Drevo je prírodný materiál, ktorý predstavuje zložitý komplex heterogénnych makromolekulových látok. Pri spaľovaní dreva je rozhodujúci obsah základných prvkov horľaviny (C, H, O, S, N), obsah popola a obsah vlhkosti. Vo všeobecnosti sa pre drevo uvádza priemerný obsah uhlíka 49,5 %, vodíka 6,3 %, kyslíka 44,2 %, dusíka 0,2-1,5 % (BLAŽEJ a i. 1975, BUČKO 2001, DZURENDA 2005, JANDAČKA a i. 2007).

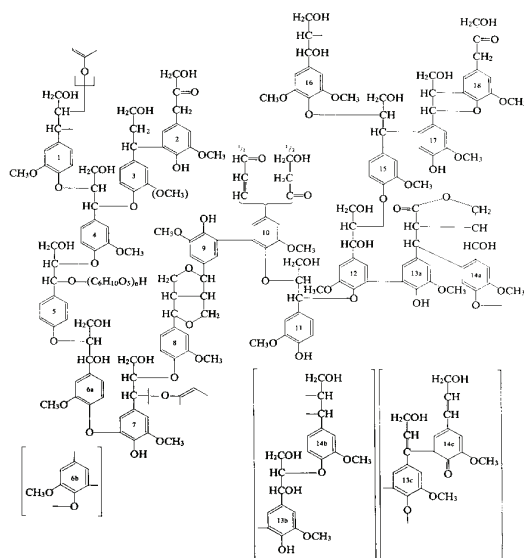
Z uvedených prvkov sú tvorené hlavné a akcesorické zložky dreva. Hlavné zložky dreva tvoria približne 90 až 97 % a predstavujú polysacharidickú časť – holocelulózou, ktorá sa skladá z celulózy (35 – 50 %) a hemicelulóz (20 – 35 %). Holocelulóza predstavuje – polyhydroxyaldehydy s vyšším obsahom kyslíka a nižším obsahom uhlíka oproti drevu. Pri celulóze je to približne 44,4 % C, 6,2 % H a 49,4 % O.



Obr. 1 Chemická štruktúra celulózy (Fengel a Wegener 1984)

Fig. 1 Chemical structure of cellulose

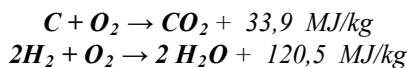
Ďalšou hlavnou zložkou je lignín, ktorý v listnatých drevinách tvorí 15 až 25 % (Bučko a i. 2001) a v ihličnatých drevinách (25 až 36 %). Rozdielmi v chemickom zložení hlavných zložiek dreva a v ich zastúpení v rôznych drevinách je daný aj ich energetický prínos v dreve ako v palive.



Lignín je sieťovaný amorfný polymér zložený z fenylpropánových jednotiek rôzne substituovaných na jadre a bočnom reťazci, pri ktorom uvádza BUČKO (2001) obsah uhlíka 65 %, vodíka 6,0 % a obsah kyslíka 29 %. Obsah lignínu v dreve je variabilný podľa druhu a veku dreviny, podľa polohy miesta odberu a v listnatých drevinách sa pohybuje v rozmedzí 19 až 28 %, zatiaľ čo v ihličnatých drevinách sa pohybuje v rozmedzí 25 až 36 %.

Obr. 2 Štruktúrna schéma lignínu
Fig. 2 Structural scheme of lignin

Vzhľadom na vyšší obsah C a nižší obsah O v ligníne, možno predpokladať vyšší energetický prínos lignínu v dreve ako holocelulózy, nakoľko priebeh spaľovania paliva možno popísať hlavnými chemickými reakciami a výhrevnosťami čistého uhlíka a vodíka (DZURENDA 2005, DZURENDA A JANDAČKA 2010, JANDAČKA a.i. 2007, HUHTINEN 2005, PASTOREK A I. 2004):



Obsah ostatných prvkov je pomerne nízky – napr. obsah síry je v dreve veľmi malý a pohybuje sa v rozmedzí 0,015 až 0,05 %. Obsah dusíka je premenlivý podľa druhu dreviny a Jandačka a i. (2007) uvádza rozmedzie 0,1 až 0,2 % a Dzurenda a i. (2005) pre rýchlorastúce klony RAPP *Salix viminalis* uvádza pre drevo 0,32 % a kôru 1,27 %.

Obsah sprievodných (akcesorických) zložiek dreva sa pohybuje v rozmedzí 5 až 10 % v závislosti od druhu dreviny, miesta odberu, klimatických a pôdnych podmienok. Predstavuje mnohozložkovú zmes rôznych chemických zlúčenín rozmanitej chemickej stavby, ktorá tiež obsahuje C, H, O, N aj anorganické prvky, ktoré negatívne ovplyvňujú hodnoty spaľovacieho tepla, ale ich obsah v dreve sa v našich drevinách pohybuje do 1,0 % (v kôre popol tvorí 5 až 10 %) (BLAŽEJ, A. a.i. 1975).

METODIKA

Pre experimenty bola použitá vzorka rýchlorastúcej vrby dreviny *Salix viminalis* – klon RAPP, ktorá bola odobratá z energetickej štiepky pripravenej z plantážnicky pestovaného porastu, ktorého ročná produkcia dosahuje 12 až 15 t sušiny na 1 ha v našich pestovateľských podmienkach (HABOVŠTIAK, DANIEL, MEDVECKÝ 2009).

Zo vzorky pilín po toluén-etanolovej extrakcii metódou D1107-96 (2001) bol izolovaný:

1. polysacharidický podiel (holocelulóza) metódou podľa Wisea,
2. lignín metódou podľa Klasona štandardnou metódou TAPPI T-13m (ASTM D 11056 a CCA 5).

Zo vzoriek pôvodných pilín, pilín po toluén-etanolovej extrakcii, z holocelulózy a z lignínu boli vylišované tabletky, ktoré sa vysušili do konštantnej hmotnosti ($w = 0\%$) a použili sa na stanovenie spaľovacieho tepla.

Spaľovacie teplo jednotlivých vzoriek sa stanovilo v kalorimetrickom systéme IKA C 200 za použitia softvéru Cal Win v súlade s v súlade s STN ISO 1928 (44 1352).

Cieľom experimentálnej časti práce bolo stanoviť energetický prínos hlavných zložiek dreva, ktoré sú tvorené polysacharidmi (holocelulóza = celulózy + hemicelulózy) a lignínom. Energetický prínos extraktívnych látok vo vzorke sledovanej dreviny sa vypočítal teoreticky z rozdielu hodnôt spaľovacieho tepla pôvodného dreva a pomerných hodnôt spaľovacieho tepla jeho hlavných zložiek.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hodnoty spaľovacieho tepla pripravených vzoriek sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Hodnoty spaľovacieho tepla

Tab.1 Combustion heat values

Vrba <i>Salix viminalis</i>	Hodnoty spaľovacieho tepla [kJ.kg ⁻¹]			
	Pôvodné drevo a.s.	Drevo po T-E extrakcii a.s.	Holocelulóza a.s.	Lignín a.s.
klon RAPP	19 510	19 444	17 519	25 830

Hodnota spaľovacieho tepla plantážnicky vypestovanej rýchlorastúcej dreviny *Salix viminalis*–klon RAPP po vysušení do konštantnej hmotnosti bola 19 510 kJ.kg⁻¹ a po toluén - etanolovej extrakcii, pri ktorej dochádza k odstráneniu extraktívnych látok hlavne voskov, tukov, živíc a niektorých vo vode rozpustných látok (D 1107-96 2001) poklesla na 19 444 kJ.kg⁻¹. Uvedené hodnoty ukazujú, že obsah extraktívnych látok odstránených toluén-etanolom, ktorý predstavoval len 3,5 %, spôsobil pokles spaľovacieho tepla o 66 kJ.kg⁻¹. Vyššie hodnoty výhrevnosti vplyvom extraktívnych zložiek uvádza aj White

(1986) a výraznejší je tento vplyv pri ihličnatých drevinách v dôsledku vyššieho obsahu živice, ktorá obsahuje terpeny, terpenoidy vrátane živičných kyselín), mastné kyseliny, alkoholy, uhľovodíky a iné neutrálne zlúčeniny hydrofóbneho charakteru (BLAŽEJ a i. 1975).

Holocelulóza - polysacharidický podiel izolovaný z dreva mal hodnotu spaľovacieho tepla $17\,519\text{ kJ.kg}^{-1}$, zatiaľ čo pri izolovanom ligníne bolo stanovené spaľovacie teplo $25\,830\text{ kJ.kg}^{-1}$. Podobné hodnoty izolovaných hlavných zložiek dreva boli zistené pri brezovom dreve (GEFFERTOVÁ 2009), kde pre holocelulózu bola stanovená hodnota spaľovacieho tepla $17\,840\text{ kJ.kg}^{-1}$ a pre lignín $25\,800\text{ kJ.kg}^{-1}$.

Z nameraných hodnôt vyplýva, že polysacharidy vďaka svojmu chemickému zloženiu (vyšší obsah kyslíka a nižší obsah uhlíka) majú nižší energetický potenciál ako aromatický lignín, v ktorom je obsah kyslíka oveľa nižší.

V tab. 2 je uvedený obsah holocelulózy a lignínu v sledovanej vzorke vŕby po prepočte na a.s. drevo.

Tab.2 Obsah zložiek dreva

Tab.2 Contents of the wood components

Vzorka	Extraktívne látky [%]	Holocelulóza [%]	Lignín [%]
Vŕba <i>Salix viminalis klon RAPP</i>	3,5	76,2	20,3

Vzhľadom na stanovený obsah holocelulózy a lignínu je možné teoreticky dopočítať energetický prínos aj vedľajších zložiek dreva ako rozdiel spaľovacieho tepla pôvodného dreva (a.s.) a spaľovacieho tepla holocelulózy a lignínu vzhľadom na ich hmotnostné zastúpenie v dreve podľa vzťahu:

$$Q_{s\ DREVO}^d \cdot 1,0 = Q_{EL}^d \cdot \bar{x}_{EL} + Q_{s\ HO}^d \cdot \bar{x}_{HO} + Q_{s\ L}^d \cdot \bar{x}_L$$

$$19\,510 \cdot 1,0 = Q_E^d \cdot 0,035 + 17\,519 \cdot 0,762 + 25\,830 \cdot 0,203$$

$$19\,510 = 918 + 13\,349 + 5\,243$$

Z nameraných a vypočítaných výsledkov vyplýva, že polysacharidický podiel sa na hodnote spaľovacieho tepla sledovaného dreva ($19\,510\text{ kJ.kg}^{-1}$) podieľa hodnotou $13\,349\text{ kJ.kg}^{-1}$, čo predstavuje 68 % energetického obsahu dreva a lignín $5\,243\text{ kJ.kg}^{-1}$, čo je 27 % zo spaľovacieho tepla dreva. Energetický prínos extraktívnych látok predstavuje hodnotou 918 kJ.kg^{-1} , čo je 5 %-ný podiel extraktívnych látok na hodnote spaľovacieho tepla dreva

Vypočítaná hodnota spaľovacieho tepla extraktívnych látok vzhľadom na ich stanovený obsah (3,5 %) vychádza $26\,228\text{ kJ.kg}^{-1}$. Vysoká hodnota je daná rôznorodým chemickým zložením (tuky, vosky, živice...), kde sú významne zastúpené látky uhľovodíkového typu bez kyslíka, alebo látky s veľmi nízkym obsahom kyslíka.

ZÁVER

Plantážnické pestovanie rýchlorastúcich drevín na energetické účely sa intenzívne rozšírilo hlavne po kvotáciách poľnohospodárskej produkcie v Európe a nadobudlo strategický význam pri využívaní poľnohospodárskej pôdy na produkciu biomasy na výrobu energie.

Pre klimatické a pôdne podmienky našej republiky je najvhodnejšie pestovanie vrb a topoľov, pričom je nutné voliť vhodné klony pre konkrétne miesta a regióny (JANDAČKA a i. 2007).

Potenciál obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku je vysoký, ale jeho využívanie je zatiaľ pozvoľné.

V roku 2008 bol vládou SR schválený Akčný plán využívania biomasy na roky 2008–2013. Jeho hlavnými cieľmi bolo poukázať na význam biomasy, jej dostupnosť a možnosti využitia na Slovensku. Efektívna realizácia akčného plánu vyžaduje relevantné úpravy v legislatívno-technickej oblasti. Pôjde o odstránenie prekážok pre ekologicky prijateľné a efektívne zakladanie porastov poľnohospodárskej biomasy, olejní, technických plodín, energetických plodín a rýchlorastúcich drevín na poľnohospodárskej pôde. Okrem toho bude potrebné prijať legislatívne opatrenia v oblasti energetiky, výroby tepla, prenosových a distribučných sústav (MPH SR 2009).

LITERATÚRA

1. BLAŽEJ, A. a i. 1975. Chémia dreva. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1975. 221 s.
2. BUČKO, J. 2001. Chemické spracúvanie dreva v teórii a praxi. 2. vyd. Zvolen: TU, 2001. 427 s. ISBN 80-228-1089-4
3. DZURENDA, L. 2005. Spaľovanie dreva a kôry. 1. vyd. , TU Zvolen, 2005. 124 s. ISBN 80-228-1555-1
4. DZURENDA, L., JANDAČKA J. 2010. Energetické využitie dendromasy. 1. vyd., TU Zvolen, 2005. 162 s. ISBN 978-80-228-2082-0
5. FENGEL, D., WEGENER, G. 1984. Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reaktions. Berlin; New York : Walter de Gruyter, 1984. 613 s. ISBN 0-89925-593-0
6. GEFFERTOVÁ, J. 2009. Spaľovacie teplo hydrolyzovaného brezového dreva. In *Acta Facultatis Xylogiae*, 51(2), TU Zvolen, 2009, s.63-69. ISSN 1336-3824
7. HABOVŠTIK, J., DANIEL, J., MEDVECKÝ, Š. 2009. Pestovanie odrôd rýchlorastúcej vrb (*Salix viminalis*) v podmienkach SR. In *Produkcja bioplynu, pyrolýza a splynovanie – efektívny spôsob zhodnotenia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie*: Zborník odborného seminára. Bratislava: FCHaPT STU, 2010
8. HUHTINEN, M. 2005. Wood properties as a fuel. In European Commission under the Intelligent Energy - Europe, NCP, Finland, 2005
<http://www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/5eures/WoodProperties.htm>
9. JANDAČKA, J., MALCHO, M., MIKULÍK, M. 2007. Biomasa ako zdroj energie. Potenciál, druhy, bilancia a vlastnosti palív. 1. vyd. GEORG Žilina, 2007. 241 s. ISBN 978-80-969161-3-9
10. MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA SR. Zelená správa. Správa o lesnom hospodárstve v SR 2009, 147 s. ISBN 978-80-8093-093-6

11. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. 2004. Biomasa obnoviteľný zdroj energie. FCC PUBLIC 2004, ISBN 80-86534-06-5
12. WHITE, R. 1986. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. In: *Wood and Fiber Science*. 19 (4), 1987. s. 446 - 452, ISSN 0735-6161
13. D 1107 – 96. 2001. Standard Test Method for Ethanol – Toluene Solubility of Wood.
14. STN ISO 1928 (44 1352): 2003. Tuhé palivá. Stanovenie spaľovacieho tepla kalorimetrickou metódou v tlakovej nádobe a výpočet výhrevnosti

Pod'akovanie

Autori ďakujú agentúre VEGA SR za finančnú podporu pri riešení projektu 1/0358/08, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.