



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

240621

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 13 04 84
(21) PV 2841-84

(51) Int. Cl.⁴
A 23 K 1/12

(40) Zveřejněno 16 07 85

(45) Vydáno 15 09 87

(75)

Autor vynálezu

SEIFERT REINER ing. CSc.; BRUTHANSOVÁ ANNA ing.;
RŮŽIČKA VLASTIMIL prof. dr. ing. DrSc., PRAHA;
DLASK JAN, NERATOVICE; MOSTECKÝ JIŘÍ akademik, PRAHA

(54) Způsob přípravy energetického krmiva z těžko stravitelných lignocelulosových materiálů

Způsob přípravy energetického krmiva z lignocelulosových materiálů kyselou hydrolýzou spočívá v tom, že se hydrolýza provádí při teplotě 5 až 130 °C směsí kyselin chlorovodíkové a fosforečné v poměru 1 : 0,2 až 5, přičemž celková hmotnostní koncentrace kyselin ve vodném prostředí se pohybuje v rozmezí 0,5 až 5 % a hmotnostní poměr vodného roztoku kyselin k sušině lignocelulosového materiálu je 2 až 10 : 1.

Vynález se týká způsobu přípravy energetického krmiva z těžko stravitelných lignocelulózových materiálů, např. slámy, obilovin, kukuřičných vršeten a pilin listnatých dřevin, např. buku, topolu, dubu, osiky, břízy.

Nejdůležitější energetickou složkou výživy hospodářských zvířat jsou jednoduché sacharidy, které se buď tvoří v zažívacím traktu hospodářských zvířat z polysacharidických krmiv (obiloviny, objemová krmiva), nebo jsou do krmiv záměrně přidávána (např. melasa). Zatímco v obilovinách převažují snadno stravitelné polysacharidy typu různých škrobů, jsou v objemových krmivech polysacharidy zastoupeny hlavně ve formě různých hemicelulóz a celulózy. Kromě zmíněných dvou polysacharidických složek je v různém množství zastoupena i polymerní složka s aromatickým charakterem, tzv. lignin. Poměr jednotlivých složek, jejich vzájemné propojení a tzv. nadmolekulární struktura složek je do značné míry určující i pro stravitelnost přírodních lignocelulózových komplexů, tj. různých travin a bylin, slámy, různých částí užitkových rostlin a v neposlední řadě i rozmělněných dřevin. Dále uvedené příklady dokumentují kvalitativní podobnost složení různých přírodních lignocelulózových materiálů i jejich značně rozdílnou stravitelnost.

Složka	Obsah složky v % sušiny v	
	dřevinách	travinách
Celulóza	41 až 45	26 až 35
Hemicelulózy	23 až 30	43 až 50
Lignin	19 až 33	7 až 10

Materiál	Obsah celulózy a hemicelulóz v % sušiny	Lignin v % su- šiny	Stravitelnost %
Vojtěžka sušená	67	7	54
Pšeničná sláma	75	13	38
PRO-STEM ^{a/}	67	13	60
Bagasa	81	13	28
PRO-CANE ^{b/}	71	12	60
Topol	79	19	21
Dub	68	26	15
Borovice	67	31	4
Osika	69	15	21
PRO-CELL ^{c/}	50	13	58

Hodnoty v tabulce byly převzaty z materiálu o procesu STAKE II společnosti Compagnie Francaise d'Etudes et de Construction Technique, Paris la Défense, France, prezentované na "Symposium on Biomass Steam Cracking Applications" v Moskvě v únoru 1983.

- a/ sláma upravená parním krakováním v procesu STAKE II
- b/ bagasa upravená parním krakováním v procesu STAKE II
- c/ listnaté dřevo (osika) upravené parním krakováním v procesu STAKE II.

Při trávení lignocelulózových krmiv dochází k narušení lignocelulózového komplexu, jehož hloubka určuje stravitelnost, tj. využitelnost sacharidových složek pro výstavbu a funkci celého zvířecího organismu. Některé rostliny nebo části rostlin, téměř obecně to platí o dřevinách, mají strukturu, která odolává chemickým a biochemickým účinkům zažívacího traktu, jsou tedy pro výživu organismu nevyužitelné.

Omezený rozsah zemědělské půdy nebo její omezená úrodnost v různých zemích vyvolává snahy až nutnost úplného zužitkování zemědělské fytomasy, popřípadě částečného zužit-

kování dendromasy. Tato skutečnost se odráží v různých chemických či biochemických úpravách slámy, resp. obdobných zemědělských odpadů, a v úpravách dřevných odpadů pro krmivářské účely, kterým je společné narušení jednotlivých složek (hemicelulóz a celulózy).

Biochemické cesty spočívají v narušení těžko stravitelné struktury účinkem enzymů, které jsou nejčastěji produktem určitých druhů hub. Protože vynález se tohoto způsobu úpravy nedotýká, není zmíněná biochemická cesta dále diskutována.

Chemické cesty lze hrubě dělit na hydrotermální úpravy, alkalické úpravy, částečně delignifikace louhem až částečná alkalická hydrolyza a úpravy spočívající na principu kyselé hydrolyzy polysacharidického podílu lignocelulózového materiálu (částečná, resp. úplná hydrolyza polysacharidického podílu).

V současné době se nevyužívá kyselá hydrolyza lignocelulózových materiálů k přímé přípravě krmiva. Hydrolyzní závody v SSSR, ve více než 40 závodech se zpracovává několik set kt dřeva a lignocelulózových zemědělských odpadů, připravují tzv. perkolační hydrolyzou (J. J. Korolov: Perkoljacionyj gidroliz rastitel'novo syrja, Izdatel'stvo Lesnaja promyšlenost' Moskva 1968) při vyšších teplotách 130 až 190 °C a tlacích 1,6 až 1,8 MPa zředěné roztoky sacharidů, které slouží jako surovina pro fermentační zpracování na kvasniční biomasu (torulu), příp. na etanol.

Hydrolyza se uskutečňuje v poměrně složitých kyselinovzdorných vázových reaktorech, na který navazuje systém výměníků tepla, příp. dest. kolona pro odstranění furalu. Nerozpustný zbytek přibližně 50 % sušiny výchozího lignocelulózového materiálu je odpad, který se spaluje, příp. používá jako hnojivo nebo má řadu různých objemově menších využití. Z lignocelulózového materiálu se pro krmivářský průmysl využívá tedy jen polovina a to ještě nepřímě až po fermentačním zpracování.

Katalyzátor kyselá hydrolyza-kyselina sírová, které se používá v množství až 0,09 t/t suroviny, se odstraňuje z reakční směsi ve formě CaSO_4 , což vyžaduje spec. filtry (kalolisy) nebo filtrační odstředivky. Vedle uvedených separačních problémů jde o postup energeticky značně náročný. Spotřeba energie na 1 t sacharidů ve formě 3% roztoku je 27 GJ.

Rovněž další průmyslově realizovaný postup kyselá hydrolyza lignocelulózových materiálů nasycenou kyselinou chlorovodíkovou (41 %) nepřipravuje přímo krmivo, ale koncentrovaný roztok cukrů, který je případně možné i přímo zkrmovat. Vedlejším produktem je asi 30 % ligninu, odpad, který lze využít jako zdroj energie. Na 1 t suché výchozí suroviny je třeba cca 1,5 t chlorovodíku, tj. asi 3,5 t 41% chlorovodíkové kyseliny. Postup dává vysoké výtěžky sacharidů, vyšší než 90 % teorie, je však komplikován vysoce korozivním prostředím a nutností nákladně a složitě regenerovat použitou kyselinu chlorovodíkovou. (Ullmans Encyklopädie der technischen Chemie, svazek 23, strana 581, Verlag Chemie Weinheim 1980).

Postupy hydrolyzy se zředěnými kyselinami 0,5 až 2 % H_2SO_4 , resp. 0,5 až 0,2 % HCl za nižších teplot 100 až 130 °C byly použity většinou pro tzv. předhydrolyzu dřeva, většinou před vlastní hydrolyzou celulózy složky lignocelulózového materiálu. Opět se v těchto případech většinou separuje zředěný kyselý roztok sacharidů, po neutralizaci se zpracovává fermentačně na torulu, od nerozpustného zbytku, který je určen k dalšímu zpracování, nikoliv však přímému zkrmování.

Uvedené nevýhody odstraňuje postup hydrolyzy podle vynálezu, který spočívá v tom, že se na lignocelulózový materiál při teplotě 5 až 130 °C působí směsí kyseliny chlorovodíkové a fosforečné ve vzájemném poměru 1 : 0,2 až 5, přičemž celková hmotnostní koncentrace kyselin ve vodném prostředí se pohybuje v rozmezí 0,5 až 5 % a hmotnostní poměr vodného roztoku kyselin k sušině lignocelulózového materiálu je 2 až 10 : 1.

Během doby styku lignocelulózového materiálu s vodným roztokem kyselin dochází postupně k stále hlubšímu stupni narušení lignocelulózového komplexu a rozkladu polysacharidických složek, což se projevuje jednak stoupajícím obsahem látek rozpustných ve vodě, jednak rostoucím obsahem redukcujících sacharidů. Ke zvýšení stravitelnosti nepřispívá jen obsah rozpustných látek, ale například i nerozpustná celulóza uvolněná z lignocelulózového komplexu.

Po zvolené době působení zvoleného roztoku minerálních kyselin na uvedené lignocelulózové substráty lze přítomné kyseliny neutralizovat, a to s výhodou hydroxidy nebo uhličitany kationtů, které jsou fyziologicky žádoucí nebo nezávadné. Nejčastěji se jedná o hydroxid sodný a hydroxid resp. uhličitán vápenatý. S výhodou se ke směsi přidává množství hydroxidu sodného, které je ekvivalentní předloženému množství kyseliny chlorovodíkové, načež se přidá tolik hydroxidu nebo uhličitanu vápenatého, aby bylo dosaženo zvolené hodnoty pH, většinou 4,5 až 5,0.

Takto získaný produkt lze přímo bez další úpravy použít jako složku krmných směsí, takže celý tento jednoduchý proces úpravy je vlastně v pravém slova smyslu bezodpadovou technologií.

Výroba je bezodpadová a všechny složky reakční směsi včetně chemikálií k neutralizaci zůstávají ve výrobku a přispívají k nutriční hodnotě výrobku.

Dojde ke zvýšené stravitelnosti upravovaného materiálu, zvýšením stupně využitelnosti sacharidů v důsledku narušení lignocelulózového komplexu, snadnějším a rychlejším vstřebáváním v zažívacím traktu ve vodě rozpustných sacharidů a dalších organických látek.

Dále jsou výrazně zlepšeny senzorické a organoleptické vlastnosti připraveného krmiva v porovnání s výchozím materiálem. Navíc se z původního lignocelulózového materiálu až 50 % přemění na organické látky rozpustné ve vodě a z rozpustných látek je přibližně polovina tvořena redukcujícími sacharidy.

Směs kyselin - chlorovodíkovou a fosforečnou, která lze obě neutralizovat přímo v reakční směsi po hydrolýze na fyziologicky neškodné soli, naopak přispívají ke zlepšení kvality připraveného krmiva. To znamená, že po hydrolytické úpravě odpadají složité a obtížné separační operace a celý postup se zjednodušuje. Jednoduché je při postupu podle vynálezu i zařízení, kterým je kyselinovzdorný kotel, např. smaltovaný nebo nádoba z polypropylenu či korobonu, opatřený topným pláštěm, topným hadem nebo jiným vyhřívacím tělesem, příp. míchadlem. Na kvalitu výchozí suroviny, obsah vlhkosti, obsah popelovin, není kladen zvláštní důraz. Jak hydrolyzní médium, tak hydrolyzovaná surovina se předloží do reaktoru, po určité době zahřívání se směs neutralizuje ve stejném zařízení a po vypuštění je směs připravená ke krmení nebo se může míchat s jinými složkami krmiv.

V případě drcených odzrnných kukuřičných paliv (kukuřičných vřeten), případně i jiného materiálu, lze připravovat ze zásoby jen množství potřebné pro jedenodenní nebo několikadenní krmnou dávku (čerstvá směs), neboť najíždění a odstavování jednoduchého zařízení je neproblémové.

Přípravu a vlastnosti získaných produktů ilustrují příklady provedení.

P ř í k l a d 1

120 kg šrotu připraveného z kukuřičných vřeten (odzrnných kukuřičných paliv) s průměrným obsahem vlhkosti 20 % hmot. se přidává ke směsi 110 kg vodného roztoku 2% kyseliny chlorovodíkové a 330 kg vodného roztoku 2% kyseliny fosforečné. Za míchání se uvedená směs zahřívá v smaltovaném kotli k varu a při teplotě varu 100 °C se míchá další čtyři hodiny.

Původně heterogenní směs získá kašovitou konzistenci a po schlazení na cca 60 °C se postupně ve formě 25% vodného roztoku přidává 2,41 kg NaOH. Po vnesení veškerého množství NaOH se postupně přidá celkem 5,00 kg hydroxidu vápenatého, pH reakční směsi po neutralizaci je 4,6.

Ze sušiny kukuřičných vřeten vznikne 49,0 % látek ve vodě rozpustných, z toho 28 % redukcujících látek. Tímto způsobem připravená směs obsahuje 8,63 % ve vodě rozpustných organických látek, z toho je 4,9 % redukcujících látek, dále směs obsahuje 0,62 % NaCl a 1,6 % CaHPO_4 .

P ř í k l a d 2

60 kg kukuřičných vřeten (50 kg sušiny) se smísí ve smaltované tlakové nádobě (v pařáku) se 165 kg 2% vodné kyseliny fosforečné a 55 kg 2% kyseliny chlorovodíkové. Po uzavření tlakové nádoby a po vyhřátí na 110 °C se tato teplota udržuje ještě po další 3 hodiny. Po ochlazení na cca 50 °C se směs vypustí do mísící nádrže, ve které se nachází roztok 1,2 kg NaOH a 2,5 kg hydroxidu vápenatého ve 25 litrech vody.

Zneutralizovaná a zhomogenizovaná směs obsahuje 8,8 % rozpustných organických látek, z toho 4,8 % redukcujících látek.

P ř í k l a d 3

125 kg drcených kukuřičných palic s průměrným obsahem vlhkosti 20 % hmot. bylo smícháno ve smaltovaném duplikátorovém kotli se 100 kg 0,5% HCl a 300 kg 0,5% H_3PO_4 . Směs se za míchání zahřívá 8 hodin k varu (100 °C). Během zahřívání směs postupně nabývá kašovité konzistence. Po ochlazení na 60 °C se postupně za míchání přidá 0,55 kg NaOH ve formě 25% vodného roztoku a přibližně v pěti dávkách 1,1 kg hydroxidu vápenatého tak, aby pH výsledné reakční směsi se pohybovala kolem 4,5.

Ze sušiny výchozího materiálu vzniklo 44 % látek rozpustných ve vodě, z toho 25 % redukcujících látek. Takto připravená směs obsahuje 0,80 kg NaCl a 2,1 kg Ca (HPO_4), 44 kg rozpustných organických látek, převážně sacharidické povahy, tj. cca 0,15 % NaCl, 0,4 % $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$ a 8,3 % rozp. mono- a oligosacharidů. V přepočtu na sušinu připraveného krmiva je složení následující 42,76 % mono- a oligosacharidů rozp. ve vodě, 0,78 % NaCl, 2,04 % $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$.

P ř í k l a d 4

125 kg drcených odzrněných kukuřičných palic (kukuřičných vřeten) s průměrnou vlhkostí 20 % hmot. bylo provlhčeno ve smaltovaném autoklávu 200 kg směsí kyselin, která byla připravena smísením 100 kg, 1,0% HCl a 100 kg 1,0% H_3PO_4 . Směs byla během 30 minut zahřívána na 130 °C a na této teplotě udržována dalších 90 minut. Po ochlazení na 80 °C bylo do husté kašovité směsi vmícháno postupně 4 kg 25% roztoku NaOH a 0,75 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$, směs byla po vnesení veškerého $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ještě 20 minut míchána a dosaženo pH 4,8. Podle analýzy obsahovala sušina připraveného krmiva 54,8 % mono- a oligosacharidů rozpustných ve vodě, 1,55 % NaCl a 1,35 % $\text{CaH}(\text{HPO}_4)$.

P ř í k l a d 5

62,5 kg drcených odzrněných kukuřičných palic s průměrným obsahem vlhkosti 20 % hmot. bylo mícháno a zahříváno k varu pod zpětným chladičem po dobu 5 hodin s 200 kg 2% HCl a 300 kg 2% H_3PO_4 . Po ochlazení poměrně řídké kašovité směsi na 60 °C bylo přidáno 17,5 kg 25% roztoku NaOH a 6,2 kg jemně mletého vápence, pH směsi bylo 4,3.

Ze sušiny kukuřičných vřeten přešlo do roztoku 55 % hmotnostních, z toho 32 % představují redukcující sacharidy.

Směs obsahuje 4,89 % organických látek rozpustných ve vodě, z toho 2,84 % redukujících sacharidů, dále obsahuje 1,13 % NaCl a 1,48 % CaHPO_4 .

V sušině připravovaného krmiva to odpovídá 42,5 % mono- a oligosacharidů, 9,9 % NaCl a 12,85 % CaHPO_4 .

P ř í k l a d 6

62,5 kg drcených odzrnných kukuřičných palic (kukuřičných vršeten) bylo smícháno s 250 kg vodného roztoku kyseliny fosforečné a chlorovodíkové s obsahem 0,84 % hmot. HCl a 4,16 % H_3PO_4 (poměr HCl : H_3PO_4 = 1 : 5). Směs byla zahřívána 5 hodin k varu (100 °C) a po zchlazení na 80 °C za míchání neutralizovaného 9,2 kg 25% roztoku hydroxidu sodného a 7,86 kg Ca(OH)_2 , resp. 10,5 kg CaCO_3 do pH 4,5.

Ze sušiny kukuřičných vršeten přešlo do roztoku 52 % hmot. z toho 27 % jsou redukující sacharidy. Složení sušiny připraveného krmiva je pak následující: 38,35 % organických látek rozp. ve vodě (převážně mono- a oligosacharidy), 4,95 % NaCl, 21,25 % CaHPO_4 , zbytek do 100 % je ve vodě nerozpustná část narušeného lignocelulózového komplexu.

P ř í k l a d 7

62,5 drcených odzrnných kukuřičných palic s průměrnou vlhkostí 20 % hmot. bylo smícháno s 300 kg vodného roztoku kyselin s obsahem 0,65 % H_3PO_4 a 3,25 % HCl (poměr HCl : H_3PO_4 je přibližně 1 : 0,2) směs byla zahřívána 4 hodiny k varu (tj. na 100 °C) pod zpětným chladičem ve smaltovaném kotli.

Po uvedené době zahřívání bylo převedeno 57 % sušiny do vodorozpustné formy. Z tohoto podílu je 32 % redukujících látek. Reakční směs je po samovolném ochlazení na 80 °C neutralizována 10,7 kg NaOH (přidává se 42,8 kg 25% roztoku hydroxidu sodného) a 1,5 kg práškovitého Ca(OH)_2 , příp. ve formě řídké vodné suspenze. Po neutralizaci je pH reakční směsi 4,8.

Reakční směs obsahuje 16,8 % sušiny, přičemž složení sušiny je 22,9 % NaCl, 3,95 % CaHPO_4 a 41,71 % vodorozpustných organických látek převážně mono- a oligosacharidů.

P ř í k l a d 8

Drcené kukuřičné oklasky (1 váhový díl) se smísí s 2 váhovými díly, resp. 4 váhovými díly vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové a fosforečné. Obsah kyselin ve vodném roztoku jsou 2 % hmot. a hmotnostní poměr H_3PO_4 : HCl je 3 : 1. V obou případech se přidá vodný roztok prakticky vsákne do upravovaného materiálu. Směs se při teplotě okolí (12 až 16 °C) uchovává v polyetylenové nádobě (případně ji lze uskladnit v silážní jámě vyložené polyetylenovou nebo polypropylenovou fólií) po dobu šesti, devíti, dvanácti až patnácti týdnů.

Přítomné kyseliny brání fermentačním pochodům a napadení plísněmi a narušují i lignocelulózový komplex. Zmíněnou úpravou roste obsah ve vodě rozpustných organických látek i redukujících látek následovně:

Hmotnostní poměr oklasků k vodnému roztoku kyselin	1 : 2		1 : 4	
	A (%)	B (%)	A (%)	B (%)
Doba působení				
6 týdnů	8,5	1,2	13,1	0,9
9 týdnů	11,2	1,1	16,9	1,8
12 týdnů	16,1	1,3	17,0	1,9
15 týdnů	17,2	1,4	17,8	1,9

- A - rozpustné látky v přepočtu na suš. kukuřičných vřeten
 B - redukující látky v přepočtu na suš. kukuřičných vřeten

Takto připravenou siláž lze přimíchat ke krmivu jako složku, čímž dojde ke snížení kyselosti anebo se po suspendování ve vodě neutralizuje roztokem hydroxidu sodného a vápenným mlékem nebo uhličitanem vápenatým.

P ř í k l a d 9

500 kg drcených odzrněných kukuřičných palic (kukuřičných vřeten) s průměrným obsahem vlhkosti 20 % hmot. bylo umístěno do zemní jámy (zemního krechtu) vyloženého polypropylenovou fólií.

Materiál se ukládal v několika vrstvách a každá vrstva vždy byla provlhčena vodným roztokem kyselin chlorovodíkové a fosforečné. Celkem bylo použito 1 600 litrů vodného roztoku kyselin, toto množství se prakticky vsákne do silážovaného materiálu. Vodný roztok kyselin obsahoval 0,5 % hmot. HCl a 1,5 % hmot. H_3PO_4 . Siláž byla mírně upěchována překryta polypropylenovou fólií a analyzována po 4 měsících (listopad až únor). pH silážní směsi byla 1,8. Vysoké pH brání fermentačním pochodům a napadení plísní. Analýzou řady vzorků z různých míst siláže byl zjištěn průměrný podíl hmotnosti sušiny, který přešel na látky rozpustné ve vodě a činí 15,7 %, z toho je 1,7 % redukujících látek.

Takto připravenou siláž lze přimíchávat ke krmivu, čímž dojde ke snížení kyselosti. nebo je jí možné neutralizovat NaOH a $Ca(OH)_2$.

P ř í k l a d 10

100 kg siláže z příkladu 9 se ve smaltovaném kotli míchá se 100 kg vodného roztoku kyselin chlorovodíkové a fosforečné. Obsah kyselin je 0,5 % hmot. HCl a 1,5 % hmot. H_3PO_4 . Ze míchání se směs vaří 4 hodiny (při 100 °C) a po samovolném zchlazení na 80 °C se neutralizuje 0,965 kg NaOH a 2,00 kg $Ca(OH)_2$.

Takto připravené krmivo obsahuje 8,9 % rozpustných org. látek, z toho je 4,7 % redukujících látek, 0,27 % NaCl a 0,7 % $CaHPO_4$. V přepočtu na sušinu připraveného krmiva je složení následující: 54,6 % látek rozp. ve vodě (především mono- a oligosacharidy), 1,6 % NaCl a 4,2 % $CaHPO_4$, zbytek do 100 % jsou ve vodě nerozpustná celulózová vlákna a lignin.

Význam postupů podle příkladů 9 a 10 spočívá především v tom, že kukuřičná vřetena (odzrněná kukuřičná palice), jejichž výskyt je sezónní, lze prakticky celoročně konzervovat formou siláže (viz příklad 9), ze které se postupně ubírá materiál ke zpracování na jednorázovou krmnou dávku. Směs kyselin ke konzervování a k hydrolýze se s výhodou používá stejná.

Uchovávání drcených kukuřičných vřeten formou uvedené siláže (příklad 9) je často výhodnější než konzervace sušením, které může být energeticky náročné. Bez sušení, resp. silážování je vlhká drť kukuřičných vřeten snadno napadána plísněmi, což znehodnocuje výhnozí surovinu a může snižovat i kvalitu připravovaného energetického krmiva.

P ř í k l a d 11

10 kg bukových pilin se smísí s 11 kg 2% roztoku kyseliny chlorovodíkové a 33 kg 2% roztoku kyseliny fosforečné. Směs se ve smaltovaném reaktoru zahřívá 4 hodiny k varu a neutralizuje 244 kg NaOH. Dále se doneutralizuje na pH 4,8 suspenzí hydroxidu vápenatého. Takto se získá směs obsahující 3,6 % rozpustných organických látek, z toho 2,1 % redukujících sacharidů. Ze sušiny bukových pilin přešlo ve formě rozpustných látek do roztoku 19,5 % hmoty. Na 2-furankarbaldehyd se za těchto podmínek nepřeměnilo více než 0,10 % vztaženo k sušině.

P ř í k l a d 12

1 kg pšeničné slámy se smísí s 1,1 kg 2% roztoku kyseliny chlorovodíkové a 2,3 kg 2% kyseliny fosforečné. Vodný roztok kyselin se více méně vsákne do předložené slámy. Směs se zahřívá 4 hodiny k varu a po této době analyzuje. Po uvedené reakční době přejde 12,7 % organických látek vztaženo na sušinu slámy do vodného roztoku. Z toho 8,8 % představují redukující sacharidy a 0,47 % je 2-furankarbaldehyd (furfural), což je přibližně čtyřikrát více než v případě kukuřičných oklasků nebo bukových pilin.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob přípravy energetického krmiva z těžko stravitelných lignocelulózových materiálů kyselou hydrolýzou, vyznačující se tím, že se na lignocelulózový materiál při teplotě 5 až 130 °C působí směsí kyseliny chlorovodíkové a fosforečné ve vzájemném poměru 1 : 0,2 až 5, přičemž celková hmotnostní koncentrace kyselin ve vodném prostředí se pohybuje v rozmezí 0,5 až 5 % a hmotnostní poměr vodného roztoku kyselin k sušině lignocelulózového materiálu je 2 až 10 : 1.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že se získaná kyselá směs po 2 až 8 hodinách v reaktoru nebo po 5 až 15 týdnech při silážní úpravě neutralizuje hydroxidem nebo uhličitánem sodným, draselným nebo vápenatým na pH 4,5 až 5.