

# Chemická úprava slámy pro krmivářské a mikrobiologické účely

631.572:66.093.8 66.093.8:546.226  
636.086.6 547.99 547.458

## I. Biologická charakteristika slámy a její chemická úprava

Ing. JANA PELECHOVÁ, CSc., Ing. DAGMAR FABIÁNOVÁ, RNDr. JAN STANĚK, CSc., Doc. RNDr. JOSEF ŽDÁRSKÝ, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Praha,

Doc. Ing. TOŠKO SOKOLOV, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Sofie, BLR

**Klíčová slova:** sláma, chemická úprava, polysacharidy, mikrobiologická úprava, lignin, hydrolýza, krmivo

Sláma je jednou z důležitých krmných surovin, jejíž význam se v posledních několika letech často diskutuje především v souvislosti s přehodnocením názorů na výživnou hodnotu slámy [1], která je u slámy obilnin téměř dvojnásobná oproti starším údajům z ČSN 96 7007 a kterou lze biologickými, mechanickými, chemickými nebo kombinací těchto postupů dále zvýšit. Slámu je třeba považovat za cennou organickou hmotu se značnou potenciální energií lokalizovanou v hemicelulosách a celulóse, která je vázána na lignin. Poměr těchto komponentů v sušině obvykle bývá 2:4:1, jak je uvedeno v *tabulce 1*.

Kromě běžného upotřebení slámy jako statkového krmiva, je možnost přímého využití energetické složky slámy, celulosy a hemicelulosy (pentosanů) po předchozí chemické hydrolýze.

Z hlediska vhodné aplikace, ať již biologických nebo chemických úprav slámy, je třeba se nejdříve seznámit s morfolologickou a anatomickou strukturou slámy, především stébly, které tvoří největší hmotnostní odpad výmlatu obilí (*tabulka 2*).

*Tab. 1. Obsah polysacharidů a ligninu v různých druzích slámy [2] (g/kg sušiny)*

Druh slámy	Celulosa	Pentosany	Lignin
ječná	444	215	147
ovesná	452	230	132
žitná	466	229	135
pšeničná jarní	434	235	166
pšeničná ozimá	429	231	150

*Morfologická a anatomická struktura slámy.* Hlavní částí slámy je stéblo. Vedle hlavního stébly se z odnožovacího kolénka vytvářejí další stébly, zvané odnože. Jejich typická délka se vytváří v době sloupkování a metání. Stéblo obilnin je článkované (4–5 článků), obvykle duté. V bazální (dolní) části stébly jsou články (internodia) krátké, směrem vzhůru (apikální část) se prodlužují. Články jsou odděleny kolénky, od kterých vy-



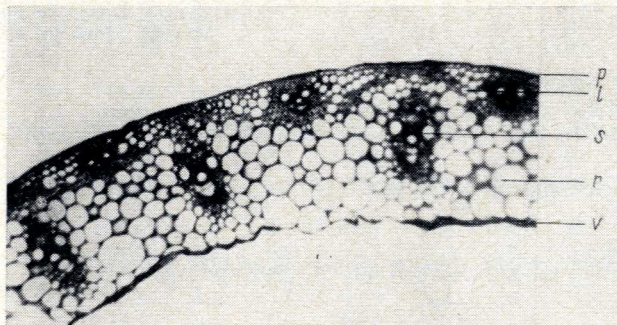
Tab. 2. Hmotnostní podíly u jednotlivých druhů slámy [1] (% hm)

Sláma				
	žitná	pšeničná	ovesná	ječná
stéblo	62,9	53,0	54,5	50,2
list	17,9	27,9	31,1	29,4
klas	12,9	10,2	6,8	13,3
kolénko	6,3	8,2	7,6	7,1

Tab. 3. Chemické složení slámy [2] (g/kg sušiny)

Druh slámy	Hrubý pro- tein	Hrubý tuk	Vláknina	BNVL	Popel
ječná	35	17	435	80	62
ovesná	34	19	445	63	70
žitná	32	18	475	80	41
pšeničná jarní	32	16	454	52	65
pšeničná ozimá	29	16	454	85	60

růstá čárkovitý list. Povrch stébla slámy je kryt jednovrstevnou vnější pokožkou (epidermis) tvořenou protáhlými, vlnitě zprohýbanými buňkami s rovnoběžně probíhající nervaturou. Pokožkové buňky jsou bez mezibuněčných prostor. Poblíž nervatury se nalézají dýchací průduchy, které jsou ve slámě uzavřené. Kromě průduchů se na pokožce nalézají drobné, příčné, půlměsíčkovitě dvojbuňky [3].



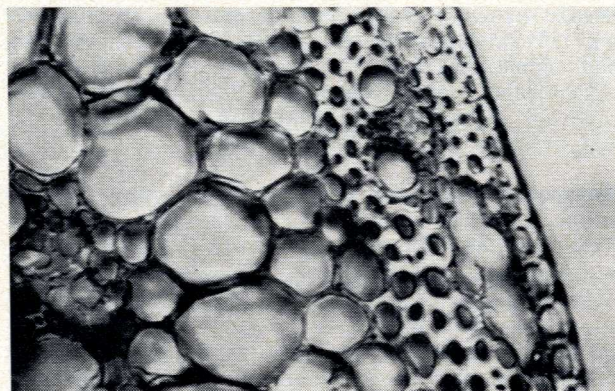
Obr. 1. Příčný řez pšeničnou slámou, celkový pohled, zvětšení 300 X

p — vnější pokožka, l — lignocelulosový komplex, s — svazek cévní, r — parenchymatické pletivo, v — vnitřní pokožka

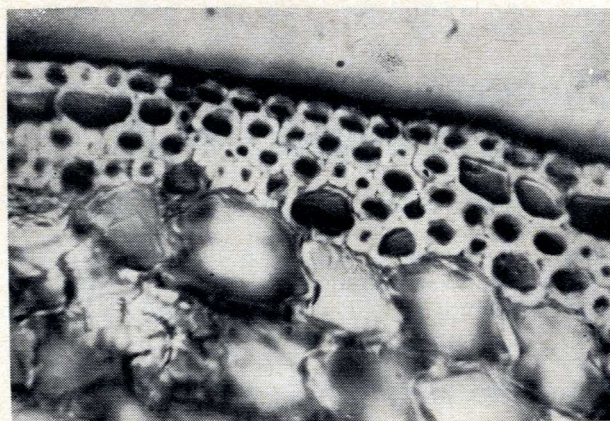
Ná příčném řezu stéblem (obr. 1 a 2) nalézáme vnější pokožku. Pod ní několikavrstevnou část silně zdřevnatělých, sklerenchymatických buněk, jejichž stěna je tvořena převážně celulosou a ligninem. Obě složky jsou do sebe napojeny tak, že vytvářejí pevné, kompaktní mechanické pletivo, tzv. lignocelulosový komplex, který stéblo zpevňuje a současně chrání vodivá pletiva (svazky cévní). Tyto svazky jsou bočního (kolaterálního) typu a jsou umístěny ve dvou řadách. Menší se nalézají v lignocelulosovém komplexu, větší v prostoru tenkostěnných parenchymatických buněk, které vyplňují prostor od sklerenchymu k vnitřní pokožce. Po chemické stránce jsou tyto buňky tvořeny převážně celulosou. U slámy jsou buňky vnitřní pokožky obvykle potrhány a jejich

habitus je shodný s ostatními parenchymatickými buňkami.

Účelem různých úprav slámy je rozrušit lignocelulosový komplex ve stéble a uvolnit celulosu jako substrát pro celulolytické bakterie přítomné v zažívacím traktu přežvýkavců, chemickým štěpením celulosy je možno připravit roztoky monosacharidů pro přímé zkrmování, popřípadě pro zdrojování.



Obr. 2. Příčný řez stéblem pšeničné slámy v oblasti lignocelulosového komplexu, detail, zvětšení 1300krát



Obr. 3. Příčný řez stéblem pšeničné slámy po působení vodního roztoku louhu sodného (5% hm. NaOH) zvětšení 1300krát

Hlavní složkou slámy jsou vysokomolekulární polysacharidy. Tvoří ji dva základní podíly, a to vláknina a bezdusíkaté látky výtahové (tabulka 3).

V obou je zastoupena celulosa a lignin, ve vláknině ve formě nerozpustné, kdežto v bezdusíkatých látkách výtahových ve formě rozpustné [4].

Celulosa je základní stavební látkou rostlinných organismů; skládá se z lineárního řetězce glukopyranosových jednotek, vázaných (1 → 4)-β-D-glykosidickou vazbou [5]. Hemicelulosa jsou směsí lineárních a rozvětvených polysacharidů s obsahem různých cukerných zbytků, nejčastěji D-xylosy, D-glukosy, D-mannosy, D-galaktosy, L-arabiny, kyseliny 4-O-methyl-D-glukuronové. V menší míře se zúčastní stavby také deoxysacharidy L-rhamnosy, L-fukosy a některé methyletery neutrálních sacharidů. Bereme-li v úvahu oba typy polysacharidů, je ve slámě z neutrálních nejvíce zastoupena



[6] D-glukosa (31—39 % hm. počítáno na sušinu slámy), následováno D-xylosou (17—21 % hm.), L-arabinsou (2—4 % hm.), D-galaktosou (0,5—1,0 % hm.) a dalšími monosacharidy s obsahem pod 1 %. Oba polysacharidy jsou formou komplexu vázány na lignin. Ten dodává materiálu pevnost; je složen z různých substituovaných fenylpropanových jednotek. V porovnání např. s celulosou je jedním z nejhůře rozložitelných materiálů; nejen že sám není stravitelný, ale interferuje rovněž se stravitelností celulosy a dalších složek potravin. V slámě jsou dále obsaženy pektin, dusíkaté látky, tuky, oxid křemičitý a minerální látky, které je rovněž zpevňují [5—8].

Celulosa a hemicelulosa představují okolo 65 % hm. sušiny slámy bez ohledu na to, o jaký druh obilnin jde (tabulka 1). Při zkrmování slámy bez jakékoliv úpravy je využití těchto polysacharidů nízké. Jejich komplex s ligninem neumožňuje vyšší stravitelnost než přibližně 30 %.

Z literárních údajů vyplývá, že je poměrně větší variabilita ve složení vzorků různých odrůd v rámci jednoho druhu slámy obilnin; např. u osmi odrůd ze sedmi lokalit se hodnoty pro hemicelulosu pohybovaly v rozmezí 16,7—27,8 % hm. a pro celulosu 40,0—45,0 % hm. Menší rozdíly byly zjištěny mezi jednotlivými druhy [2].

Rozrušením lignocelulosového komplexu slámy působením louhu sodného, amoniaku, páry nebo různých mechanických úprav lze zvýšit stravitelnost slámy takřka na dvojnásobek; v těchto pracích je věnována pozornost především ekonomice sledovaných postupů úpravy [9—18].

Při působení minerálních kyselin na slámu nenastává výraznější zvýšení její krmné hodnoty. Lignocelulosový komplex poměrně značně odolává účinkům kyselin, avšak možnosti využití slámy jako zdroje sacharidů se stále studují [2]. Hydrolýza zředěnou minerální kyselinou, obvykle 0,1—7 % hm. roztok HCl nebo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> za tlaku a teplot okolo 120—160 °C (různé modifikace Schollerova postupu), se používá na výrobu xylosy [19—23]. Celulosa při tomto procesu prakticky není zasažena. Při hydrolýze koncentrovanou minerální kyselinou (nejčastěji nasycenou kyselinou chlorovodíkovou) za normální teploty (variace původního Berglova postupu) je produktem hlavně glukosa z celulosy [24—27]; pentosy z hemicelulosy se rozloží. V obou případech se tedy získá prakticky jen část z obsahu možných monosacharidů.

Zvýšení využitelnosti slámy lze dosáhnout také mikro-

Tab. 5. Zhodnocení hydrolytického štěpení slámy

vz. č.	pH	Produkt reakce g/l kg výchozí slámy			
		I	TK	S	F
1	5,9	4,53	1,60	89,64	0,20
2	2,6	70,13	2,46	112,55	0,47
3	1,6	95,77	4,33	143,06	0,93
4	5,2	4,46	2,66	108,09	0,27
5	2,6	81,18	8,39	203,26	0,93
6	1,5	109,35	10,92	222,31	2,73
7	5,4	8,19	4,53	131,93	0,47
8	2,4	98,43	9,06	211,32	1,33
9	1,4	122,34	11,92	248,28	4,53
10	5,8	18,25	5,53	162,50	0,47
11	2,5	111,08	11,46	199,80	1,80
12	1,6	132,20	14,59	269,80	5,93

biálním způsobem. Výhodou tohoto postupu je nejen narušení obsahu organického dusíku ve slámě. Při výběru vhodného mikroorganismu je důležité, aby během kultivace na slámě se neprodukovaly látky antibiotického nebo toxického charakteru. Těmto požadavkům vyhovují houby z třídy *Basidiomycetes*, jako jsou např. žampiony (*Agaricus hiposorus*), hlíva ústříčná (*Pleorotus ostreatus*) a houby z podčeledi *Coprinoideae* [28].

Využití energetické složky slámy se současným obohacením proteiny by bylo možno dosáhnout záměrnou kultivací kvasinek např. rodu *Candida* na hydrolyzátech slámy získaných kyselou hydrolýzou, kterou je možno připravit roztok monosacharidů kvasinkami utilizovatelnými.

V této práci jsme sledovali chemickou úpravu pšeničné a ječné slámy louhem sodným (4,5—5 % hm.) a hydrolýzu kyselinou sírovou, 0,1—0,5 % hm. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v reakční směsi, v teplotním rozmezí 120—160 °C. V získaném hydrolyzátu byla věnována pozornost zvláště uvolňování jednotlivých monosacharidů z hlediska zvýšení stravitelnosti slámy a možnosti použití získaného sacharidického roztoku jako zdroje uhlíku a energie pro mikroorganismy.

## MATERIÁLY A METODIKA

**Příprava hydrolyzátu slámy.** K pokusům byla používána ječná sláma ze státního statku Běchovice. Hydrolýza byla prováděna v n. p. Spolana Neratovice ve vysokotlakém autoklávu vnitřně smaltovaném, o obsahu 30 l, vyhříváném vysokotlakovou párou za těchto podmínek: koncentrace reakční směsi ... 0,1 a 0,5 % hm. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hydromodul 1:9, teplota 120—160 °C; doba hydrolýzy 10 min; 1—2 cm dlouhé úlomky slámy.

## Analytické metody

Celkové redukující látky byly stanoveny metodou podle *Schoorla*; monosacharidy po úpravě vzorků *Carrezovým* činidlem byly stanoveny kapalinovou chromatografií [29]. Obsah celkových těkavých kyselin byl zjištěn titračně a obsah 2-furankarbaldehydu metodou bromid-bromátovou [30]. Dále byla stanovena v hydrolyzátech sušina a popel.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

**Změny v anatomické struktuře slámy.** Obvykle používaná mechanická úprava slámy řezáním, štípáním nebo mácením ve vodě lignocelulosový komplex nenaruší

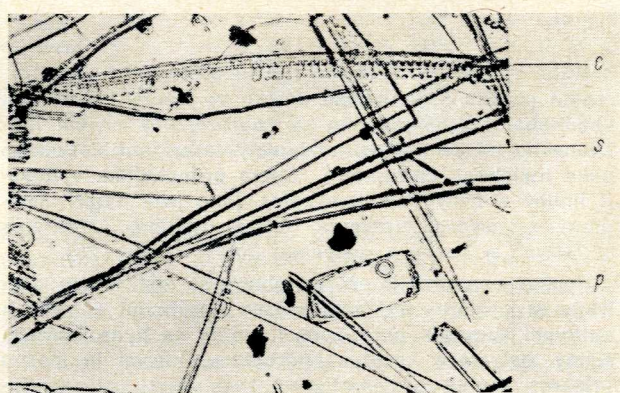
Tab. 4. Podmínky hydrolýzy slámy

vz. č.	Výchozí směs		Podmínky reakce						
	sláma	sušina	voda	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	V	T	t	p
	(g)	(g)	(g)	(% hm.)	(g)	(ml)	(°C)	(min)	(MPa)
1	↓	↓	1350	0	0	↓	120	↓	0,19
2	↓	↓	1349	0,1	1,4	↓	120	↓	0,19
3	↓	↓	1346	0,5	7,0	↓	120	↓	0,19
4	↓	↓	1350	0	0	↓	130	↓	0,27
5	↓	↓	1349	0,1	1,4	↓	130	↓	0,27
6	150	131	1346	0,5	7,0	1350	130	10	0,27
7	↑	↑	1350	0	0	↑	140	↑	0,36
8	↑	↑	1349	0,1	1,4	↑	140	↑	0,36
9	↑	↑	1346	0,5	7,0	↑	140	↑	0,36
10	↑	↑	1350	0	0	↑	160	↑	0,52
11	↑	↑	1349	0,1	1,4	↑	160	↑	0,52
12	↑	↑	1346	0,5	7,0	↑	160	↑	0,52

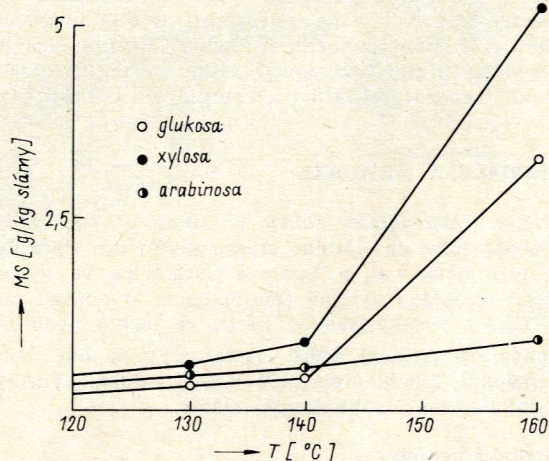


Jedním z vhodných způsobů je alkalická hydrolýza louhem sodným, který způsobuje nabobtnání lignocelulózových stěn buněk způsobem uvolnění fibrilární struktury a tím snížení světelnosti těchto buněk (obr. 3). Pro krmné účely se do řezané slámy vpravuje roztok 45–50 % hm. bezvodého NaOH v množství 10 kg na 100 kg slámy. Tím se dosáhne 4,5–5% účinná koncentrace NaOH na hmotnost slámy. Při vyšších koncentracích nastává totální rozrušení pletiv (macerace) na jednotlivé buňky nebo jejich skupiny (obr. 4). To je však jev v krmivářství nežádoucí. Při aplikaci NaOH není z hlediska nabobtnání buněk podstatné, zda sláma je máčená nebo stříkaná. Podstatná je stejnoměrnost aplikace. Účinek NaOH na destrukci buněk slámy je trvalý a neovlivní jej ani následné vymytí slámy vodou.

Další chemické látky, které jsme zkoušeli, jako např. močovina a ureafosfát, buňky a pletiva slámy destruktivně neovlivnily.



Obr. 4. Macerace pletiv pšeničné slámy, zvětšení 540krát  
p — parenchym, s — sklerenchym, c — céva  
svazku cévního

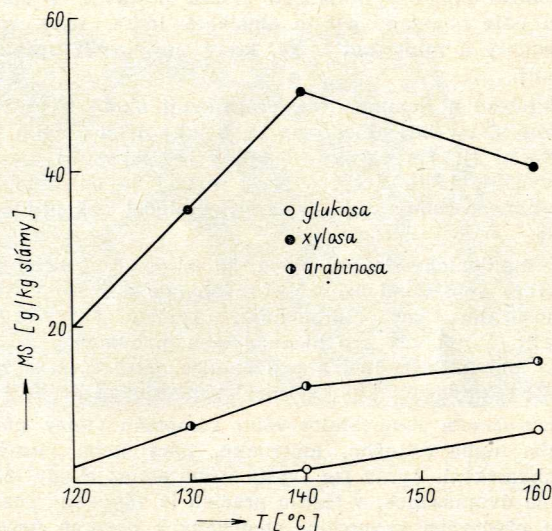


Obr. 5. Uvolňování jednotlivých monosacharidů při hydrolýze slámy — bez katalýzy  $H_2SO_4$ . g monosacharidu/kg výchozí slámy

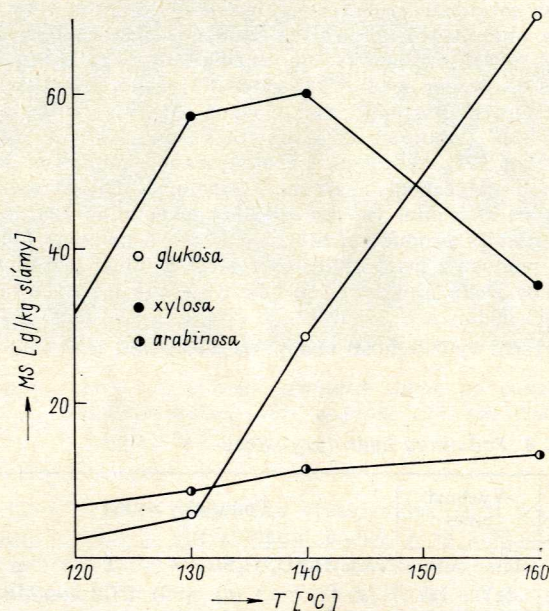
Hydrolýza slámy kyselinou sírovou. Podmínky hydrolýzy u jednotlivých pokusů jsou uvedeny v tabulce 4. V hydrolyzátech slámy byly sledovány tyto hodnoty: koncentrace celkových redukujících látek, množství ve vodě rozpustných netěkavých složek — rozpustná sušina, koncentrace těkavých látek a 2-furankarbaldehyd. Výsledky analytických stanovení jsou uvedeny v tabulce 5. Průběh uvolňování jednotlivých sacharidů, a to

D-glukosy, D-arabiny a D-xylosy v závislosti na teplotě při dané koncentraci kyseliny sírové je znázorněn na obr. 5, 6 a 7.

Při porovnání výsledků stanovení koncentrace celkových redukujících látek přítomných v hydrolyzátu a množství monosacharidů zjištěných kapalinovou chromatografií je zřejmé, že analytické stanovení dává podstatně vyšší údaje v důsledku stanovení i nesacharidických složek než kapalinová chromatografie.



Obr. 6. Uvolňování jednotlivých monosacharidů při hydrolýze slámy — reakční směs 0,1 % hm.  $H_2SO_4$ . g monosacharidu/kg výchozí slámy



Obr. 7. Uvolňování jednotlivých monosacharidů při hydrolýze slámy — reakční směs 0,5 % hm.  $H_2SO_4$ . g monosacharidu/kg výchozí slámy

Z dosažených výsledků je možno konstatovat, že s rostoucí koncentrací kyseliny sírové přechází do roztoku větší množství stěpeného materiálu, avšak s rostoucí teplotou se monosacharidy, vznikající hydrolýzou, začínají rozkládat. Stoupá koncentrace těkavých látek, avšak koncentrace ve vodě rozpustných netěkavých látek se prakticky nemění. Se zvyšující se koncentrací



kyseliny sírové v roztoku a se vzrůstající teplotou nastává tedy intenzivnější uvolňování monosacharidů, současně však i jejich další rozklad až na těkavé složky. Těmto závěrům odpovídají i výsledky analýz složení monosacharidů v hydrolyzátu; koncentrace D-xylozy je při vyšších teplotách (nad 150 °C) přibližně poloviční koncentrace D-glukosy. Stálost pentos za zvýšené teploty je podstatně nižší než stálost hexos. Z literárních údajů vyplývá, že při hydrolyze slámy zředěnými minerálními kyselinami při 100 °C obsahoval hydrolyzátní slámy zhruba desetkrát více D-xylozy než D-glukosy. Koncentrace D-glukosy byla přitom ještě podstatně nižší než koncentrace D-arabiny.

Zatímco při teplotě 100 °C tvoří tedy podstatnou část sacharidického produktu pentosy, je tomu za podmínek tepelně-tlakové, kyselinou katalyzované hydrolyzy, při teplotě 160 °C zdánlivě naopak. Ve skutečnosti dochází rovněž k hydrolytickému rozkladu hemicelulos převážně za vzniku pentos, ty se však velice rychle rozkládají.

Při nízké koncentraci kyseliny v reakční směsi se ze slámy nejprve extrahují hemicelulosa (pentosany) rozpustné ve vodě, které se dále hydrolyzují na příslušné monosacharidy, tedy převážně na D-xylosu. Současně dochází i k pozvolnému štěpení celulosy až na D-glukosu. Odbourávání hemicelulosy ze slámy je ve srovnání s rozkladem celulosy podstatně snazší; totéž lze říci o rozkladu D-xylosy a D-arabiny v porovnání s rozkladem D-glukosy.

Sledujeme-li průběh hydrolyzy v závislosti na koncentraci vodíkových iontů v reakční směsi při reakčních teplotách 120 °C a 160 °C, je zřejmé, že s klesající hodnotou pH nejprve prudce vzrostla koncentrace pentos v roztoku (ve srovnání s kontrolním pokusem), koncentrace D-glukosy vznikající hydrolyzou celulosy roste pomaleji. S dalším zvýšením koncentrace kyseliny sírové [0,5 % hm. v reakční směsi] klesá koncentrace vzniklé D-xylozy (její rozklad je zřejmě rychlejší než její vznik) a stejně tak se pouze poměrně málo zvyšuje obsah D-glukosy. Její rozklad v porovnání s rozkladem D-xylozy je pomalejší.

Shrneme-li výsledky, je patrné, že samotná voda (kontrolní pokusy) i v případě vyšších teplot nevede k prakticky použitelné hydrolyze hemicelulosy na pentosany. Při reakčních teplotách do 160 °C je rozklad hemicelulosy na D-xylosu a D-arabiny nízký. Mají-li být v získaném hydrolyzátní slámy přítomny v odpovídajícím množství (z hlediska vyšší stravitelnosti nebo možnosti fermentačního zpracování) volné monosacharidy, je zapotřebí použít katalýzy minerálními kyselinami — v našem případě kyselinou sírovou — v koncentraci vyšší než 0,1 % hm. v reakční směsi. Koncentraci kyseliny lze měnit v závislosti na použité reakční teplotě tak, aby bylo dosaženo buď optimální konverze lignocelulosového materiálu na D-xylosu (celulosa zůstává nerozložena), nebo optimální konverze celulosy na D-glukosu (pentosy se rozloží). Pro první možnost by se reakční teploty měly pohybovat mezi 120–130 °C, pro druhou variantu by bylo zapotřebí vyšších teplot, a to nad 140 °C. V obou případech je nutná katalýza kyselinou sírovou.

Přes četné nevýhody (nákladné hydrolyzéry, korozivnost kyselin, tvorba vedlejších toxických produktů) zůstává prozatím hydrolyza zředěnou kyselinou sírovou prakticky jedinou realizovatelnou cestou pro potenciální štěpení lignocelulosového komplexu v rostlinných materiálech. V kyselé oblasti vznikají rovněž tzv. předhydrolyzáty. Při určité teplotě a tlaku vzniká ve směsi (lignocelulosový materiál — voda) kyselina octová, která pak působí jako katalyzátor hydrolyzy hemicelulosy. Na tomto principu pracují expanzní způsoby přeměny hemicelulosy na oligosacharidy a monosacharidy. Při tomto po-

chodu je také atakován lignocelulosový komplex a celulosa je pak přístupnější případné enzymové degradaci.

### Použité symboly

<i>V</i>	... objem hydrolyzační směsi (ml)
<i>I</i>	... redukující látky (g/kg výchozí slámy)
<i>TK</i>	... celkové těkavé kyseliny (g/kg výchozí slámy)
<i>S</i>	... sušina rozpustná (g/kg výchozí slámy)
<i>F</i>	... 2-furankarbaldehyd (g/kg výchozí slámy)
<i>MS</i>	... monosacharidy (g/kg výchozí slámy)
<i>BNVL</i>	... bezdusíkaté látky výtažkové

### Literatura

- [1] MALĚR, J.: Novou technikou za lepší využití slámy, SZN, Praha 1977
- [2] FLACHOWSKY, G.: Použití slámy jako tvarovaného krmiva, SZN, Praha 1977
- [3] KLIKA, J.: Příručka technické mikroskopie a nauka o zboží, Praha 1936
- [4] BAUER, B., BOLDISOVÁ, A.: Krmivářství a služby, 10, 1979, s. 238
- [5] KRULL, L. H., INGLETT, G. E.: J. Agric. Food Chem. 28, 1980, s. 917
- [6] NEHRING, K., BEYER, M., HOFFMANN, K.: Futtermitteltabellen werk, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1978
- [7] NIKITIN, V. M.: Chemie dřeva a celulosy, Bratislava, 1956
- [8] BÍRO, D., GERGELY, L.: Krmivářství a služby, 11–12, 1979, s. 257
- [9] PIATKOWSKI, B., BOLDUAN, G., ZWIERZ, P., KAUFFOLD, P.: Arch. Tierernähr., 23, 1973, s. 435
- [10] Swed. Pat. 388 111
- [11] PLASSE, F., FARTEAU, M. L., BELAICH, J. P.: Biotechnol. Lett., 2, 1980, s. 11
- [12] HOFMAN, J., URBÁNEK, J., SEDEK, P.: Krmivářské služby, 12, 2, 1980, s. 11
- [13] HORTON, G. M. J., NICHOLSON, H. H., CHRISTENSEN, D. A., STACEY, G. M.: Proc. Ann. Meet.-Am.Soc. Anim. Sci. West Sect. 30, 1979, s. 247; Chem. Abstr. 92, 5267, 1980
- [14] Ger. Offen. 2 545 222
- [15] U. S. Pat. 4 084 276
- [16] SUNDSTOEL, F., COXWORTH, E., MOWAT, D. N.: World Anim. Rev. 26, 1978, s. 13
- [17] GOTLIEB, V., G., YULIN, B., PETROV, M.: Zhivotnovodstvo, 11, 1980, s. 40
- [18] MEYER, J. H., MUNDT, H. C.: Prakt. Tierarzt, 61, 1980, s. 203
- [19] Brit. Pat. 1 317 003
- [20] Ger. Offen. 2 821 420
- [21] Ger. Pat. 2 729 920
- [22] U. S. Pat. 4 228 638
- [23] Span. Pat. 2 940 547
- [24] Ger. Offen. 2 940 547
- [25] Ger. Offen. 2 814 067
- [26] HIGGINS, F., J., HO, G. E.: Agric. Wastes 4, 1982, s. 97
- [27] Čs. Pat. 170 676
- [28] JÍLEK, K.: Biologická degradace celulózy slámy stacionární kultivací houbou Coprinus spec., Brno 1976
- [29] PELECHOVÁ, J., KADLEC, K., TANĚK, J., KRUMPHANZL, V.: Kvasný průmysl, 3, 1979, s. 56
- [30] DAVÍDEK, J. a kol.: Laboratorní příručka analýzy potravin, SNTL, Praha 1977
- [31] KOMAR, J.: Uporabnost koruznih odpadkov za fermentaciju, 15, Ljubljana, 1958

**Pelechová, J. - Fabiánová, D. - Staněk, J. - Žďárský, J. - Sokolov, T.: Chemická úprava slámy pro krmivářské a mikrobiologické účely. I. Biologická charakteristika slámy a její chemická úprava. Kvas. prům. 30, 1984, č. 1, s. 17–22.**

Alkalickou reakcí louhem sodným bylo zjištěno narušení lignocelulosového komplexu pšeničné a ječné slámy formou nabobtnání buněčných stěn. Takového buňky jsou pak lépe přístupné celulytickým enzymům bacheru přežvýkavců. Hydrolyzou stejných druhů slámy zředěnou kyselinou sírovou při teplotách 120–160 °C byly získány hydrolyzáty slámy s různým obsahem monosacharidů. Průběh uvolňování glukosy, xylozy a arabiny během štěpení hemicelulosy a lignocelulosového komplexu byl sledován kapalinovou chromatografií.

Hydrolyza bez přítomnosti minerální kyseliny nevede,



ani při vyšších teplotách (140—160 °C) k prakticky použitelné hydrolýze hemicelulosa na pentosany. Mají-li být v získaném hydrolyzátu slámy přítomny uvolněné monosacharidy z hemicelulosa a lignocelulosového komplexu ve využitelné koncentraci, je zapotřebí použít katalýzy kyselinou sírovou v koncentraci vyšší než 0,1 % hm. v reakční směsi.

**Пелехова, Я., Фабианова, Д., Станек, Я., Ждярски, Й., Соколов, Т.: Химическая переработка соломы для производства кормов и микробиологических целей. I. Биологическая характеристика соломы и её химическая переработка.** Квас. прум. 30, 1984, № 1, стр. 17—22.

При щелочном воздействии гидроксидом натрия было установлено нарушение лигно-целлюлозного комплекса соломы пшеницы и ячменя в форме набухания клеточных стенок. Такие клетки легче подвергаются действию целлюлолитических энзимов желудка жвачных животных. При гидролизе тех же видов соломы при помощи разбавленной серной кислоты при температурах 120—160 °C были получены гидролизаты соломы с разным содержанием моносахаридов. Протекание выделения глюкозы, ксилозы и арабинозы в течение расщепления гемицеллюлозы и лигноцеллюлозного комплекса исследовалось при помощи жидкостной хроматографии.

Гидролиз без присутствия минеральной кислоты не приводит даже при высших температурах (140—160 °C) к практически применимому гидролизу гемицеллюлозы на пентосаны. Для получения в гидролизате соломы выделенных моносахаридов из гемицеллюлозы и лигноцеллюлозного комплекса в применимой концентрации необходимо использовать серную кислоту с концентрацией выше чем 0,1 вес. % в реакционной смеси.

**Pelechová, J. - Fabiánová, D. - Staněk, J. - Žďárský, J. - Sokolov, T.: Chemical Treatment of Straw for Fooder and Microbiological Aims. I. Biological Characteristics of Straw and its chemical Treatment.** Kvas. prům. 30, 1984, No. 1, p. 17—22.

A partial degradation of lignocellulose from wheat and barley straw was determined using alkaline reaction with sodium lye. The partial degradation of lignocellulose was determined from the swelling of the cell

walls. Such cells are better degraded with cellulolytic enzymes present in ruminants. After hydrolysis of these types of straw with diluted sulphuric acid at the temperatures of 120—160 °C, hydrolyzates with various content of monosaccharides were obtained. The course of a release of glucose, xylose and arabinose during a degradation of hemicellulose and lignocellulose was detected using liquid chromatography. The hydrolysis in the absence of inorganic acid has no practical effect on the degradation of hemicellulose to pentoses regardless of higher temperatures (140—160 °C) used. If monosaccharides from hemicellulose and lignocellulose in utilizable concentrations would be found in hydrolyzate, it is necessary to use sulphuric acid in concentrations exceeding 0,1 % in the reaction mixture.

**Pelechová, J. - Fabiánová, D. - Staněk, J. - Žďárský, J. - Sokolov, T.: Chemische Strohaufbereitung für Futter- und mikrobiologische Zwecke. I. Biologische Charakteristik des Strohs. Hydrolyse des Strohs und ihre chemische Aufbereitung.** Kvas. prům. 30, 1984, Nr. 1, S. 17—22.

Durch alkalische Reaktion mittels Natronlauge wurde die Störung des Lignozellulose-Komplexes des Weizen- und Gerstenstrohs in der Form des Aufquellens der Zellenwände festgestellt. Solche Zellen sind dann den zellulolytischen Enzymen des Pansens der Wiederkäuer leichter zugänglich. Durch Hydrolyse der gleichen Stroharten mittels verdünnter Schwefelsäure bei Temperaturen 120—160 °C wurden Strohhydrolysate mit unterschiedlichen Monosaccharide-Gehalten gewonnen. Der Verlauf der Freisetzung von Glukose, Xylose und Arabinose während der Spaltung der Hemizellulose und des Lignozellulose-Komplexes wurde mittels Flüssigkeitschromatographie verfolgt.

Die Hydrolyse ohne Anwesenheit von Mineralsäure führt auch bei höheren Temperaturen (140—160 °C) nicht zu einer praktisch ausnützbaren Hydrolyse der Hemizellulosen zu Pentosanen. Wenn in dem gewonnenen Strohhydrolysat die aus Hemizellulose und dem Lignozellulose-Komplex freigesetzte Monosaccharide enthalten sein sollen, muß die Katalyse durch Schwefelsäure in einer höheren Konzentration als 0,1 % M. in dem Reaktionsgemisch angewandt werden.