

Využitie slamy a iných zvyškov stoniek v rámci cirkulárneho biohospodárstva

Počas dlhého vývoja poľnohospodárstva sa poľnohospodári snažili čo najlepšie využiť všetko, čo sa na pôde dopestovalo. Popri potravinách pre ľudí a krmív pre zvieratá, aj slama a iné zvyšky stoniek zohrávali dôležitú úlohu ešte aj pred 100 rokmi. V druhej polovici minulého storočia, keď sa v našom regióne rozšírili družstevníci hospodáriaci na veľkých plochách tak, že chov zvierat nebol primeraný produkcii zrnovín, nenašli rozumné využitie celého množstva vyprodukovanej slamy*. Tento problém sa objavil aj u jednotlivcov hospodáriacich na malých plochách bez chovu zvierat. Slama ponechaná na zemi prekážala v ďalšom obrábaní pôdy. Zvyšok plodiny: koreň, nízke strnisko, posekané stonky, list, šupky semena, atď. bolo možné po zbere zrna ľahko zaoarať do pôdy.

Najjednoduchšou metódou odstraňovania slamy je priame spaľovanie, ale oheň sa môže rozšíriť na susedné územia. Po niekoľkých veľkých požiaroch bola preto táto možnosť úradne zakázaná. Druhou najzrejmějšíou metódou, ktorá sa v súčasnosti bežne používa, je sekacie a rozfúkacie slamy pomocou zariadenia montovaného priamo na kombajn. Takto sa okrem zrna, zvyšok zrezanej plodiny vráti na zem a následne sa dostane do pôdy, kde sa po prirodzenom rozklade môže využiť ako zdroj živín a humusu. Pri pestovaní geneticky modifikovaných krátkosteblových obilnín sa prirodzene produkuje menej slamy. Tento typ obilnín je odolnejší aj voči silnému vetru a šetrí aj časť vynaloženej práce a energie.

Zber slamy si vyžaduje špeciálne stroje, palivo, skladovacie priestory a ľudskú prácu, všetko uvedené stojí peniaze. Preto má zmysel len tam, kde sa slama dá zhodnocovať. Žiaľ, čerstvá slama, ktorá vypadáva z kombajnu, má v porovnaní so svojou hmotnosťou veľmi veľký objem, takže sa dá ekonomicky prepravovať a skladovať až po zlisovaní. Na miestne využitie ako podstielka alebo krmivo, stačí lacnejšie lisovanie pod nižším tlakom, pri ktorom lisy dosahujú hustotu slamy približne 200 kg/m³. Pre poľnohospodárov produkujúcich ekologické výrobky (najmä biopotraviny) je používanie slamy ako podstielky nevyhnutnosťou, pretože je to jediný spôsob, ako získať povolené hnojivo. Ak sa má slama predávať, ekonomická preprava si vyžaduje vyššiu hustotu, ktorú možno dosiahnuť len vyšším tlakom, a teda s vyššími nákladmi. Z hľadiska prepravy a použitia je ďalšou možnosťou briketovanie, po ktorom môže hustota slamy dosiahnuť aj 650 kg/m³, slamené brikety možno prepravovať voľne ložené na bežných nákladných autách a dávkovať štandardným zariadením. Žiaľ, v sypkej forme v závislosti od tvaru a veľkosti brikiet, vzhľadom na voľný priestor medzi briketami, priemerná hustota sa výrazne zníži (približne na 350 - 450 kg/m³). Pri briketovaní je bunková štruktúra slamy silne rozrušená, a preto je ľahšie prístupná pre žalúdočné šťavy, bylinožravce potrebujú menej energie na žuvanie. Takáto slama je pre nich ľahšie stráviteľná, a preto je lepším krmivom. Pridaním výživových prísad do slamy v procese briketovania možno získať ešte hodnotnejšie krmivo.



Malé balíky slamy



Veľký balík slamy

* Na zjednodušenie zrozumiteľnosti textu pod slamou budeme rozumieť zvyšky stoniek a listov, ktoré sa po zbere zrna dostanú späť na pôdu a dajú sa pozbierať strojom.



Guľaté balíky slamy



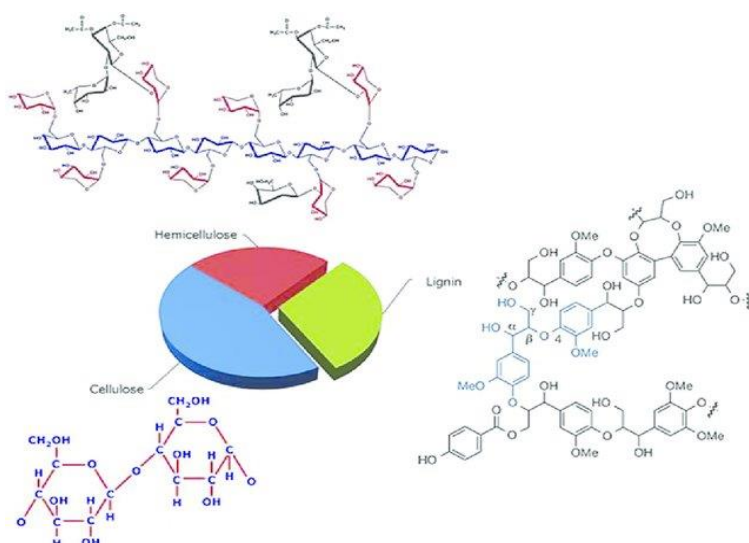
Pelety- brikety slamy



Väčšie brikety slamy

Ak chceme slamu využívať podľa pravidiel cirkulárneho biohospodárstva, musíme si najprv ujasniť hlavné požiadavky cirkulárneho hospodárstva aj biohospodárstva. Najdôležitejšou požiadavkou cirkulárneho hospodárstva je, aby použitý výrobok, teda vypestovaná rastlina alebo jej časť, neskončila na skládke a neznečisťovala životné prostredie, alebo čo je ešte horšie, znečisťovala voľnú prírodu, ale aby sa všetok materiál, ktorý obsahuje, použil v novom produkte bez negatívneho vplyvu na okolitú prírodu a klímu. Predpona "eko" alebo "bio" znamená predovšetkým dodržiavanie všetkých zdravotných a environmentálnych noriem pri výrobe, používaní a likvidácii výrobkov, vrátane noriem týkajúcich sa dobrých životných podmienok zvierat pri chove. Aby sme tieto požiadavky mohli dodržať, je potrebné poznať materiálové zloženie slamy.

Podobne ako väčšina rastlín a ich zvyškov, aj slama má tri hlavné zložky: celulózu, hemicelulózu a lignín. Celulóza a hemicelulóza sú komplexné cukry, ktoré sa pomocou špeciálnych enzýmov a kyselín dajú rozložiť na jednoduché cukry. Využívajú to všetky bylinožravce a iné organizmy, vrátane pôdných mikroorganizmov, pretože cukry sú základnými živinami pre živé organizmy. Lignín je zložitejšia látka. V rastlinách posilňuje štruktúru celulózového skeletu a odolnosť voči vode. Len veľmi malý počet organizmov ho dokáže rozložiť a ešte menší počet ho dokáže následne využiť, takže len výnimočne slúži ako zdroj energie, alebo ako živina organizmov, rovnocenná cukrom. U bylinožravých zvierat sa vylučuje s výkalmi. Väčšina mikroorganizmov ho ponecháva v podstate neporušený, iné ho rozkladajú len čiastočne, aby sa dostali k cukrom, viazaným alebo obaleným lignínom. Výnimkou sú mikroorganizmy spôsobujúce tzv. bielu hnilobu, ktoré dokážu rozložiť lignín biochemickými oxidačnými procesmi a dokonca ho využívať ako zdroj energie (oxidujú ho na oxid uhličitý a vodu, podobne ako väčšina organizmov využíva cukry).



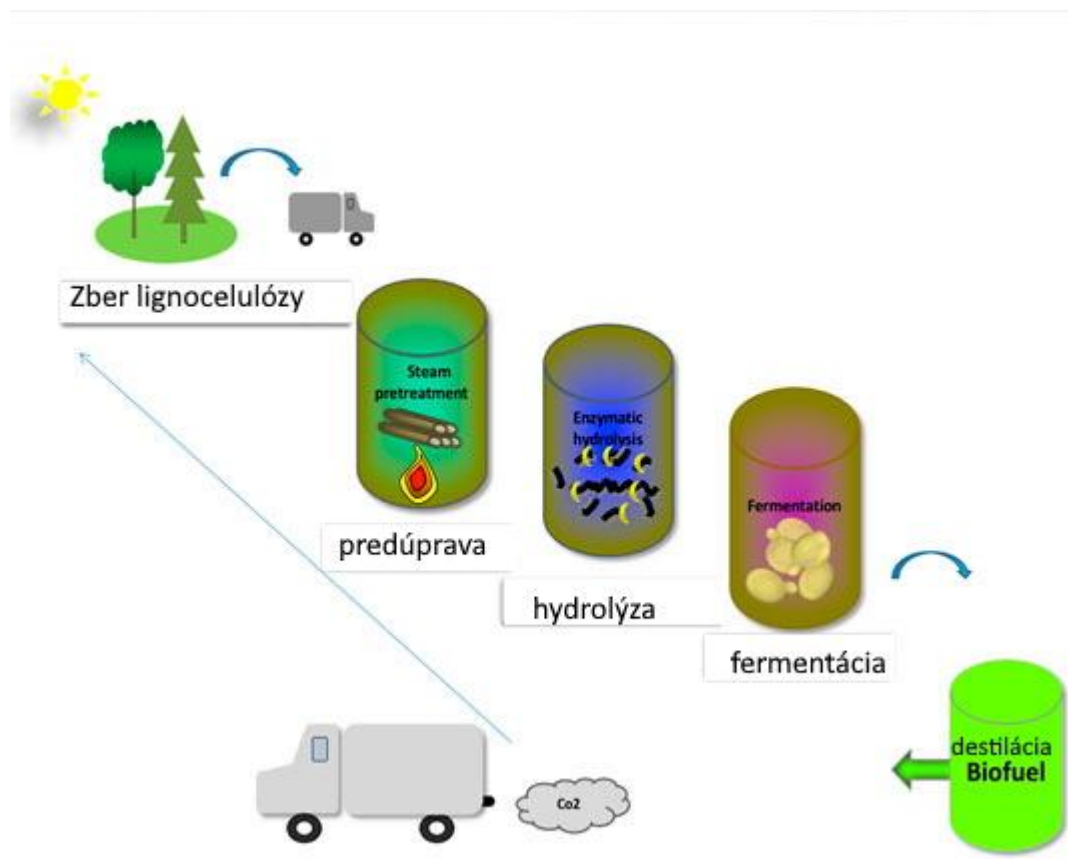
Hlavné chemické látky v slame

Slama okrem hlavných zložiek obsahuje aj ďalšie látky, tie sú však v malej koncentrácii. Nie je možné ich extrahovať a využívať ekonomicky (presnejšie: neexistuje potrebná ekonomicky výnosná technológia).

Na chemické využitie celulózy a hemicelulózy existuje niekoľko spôsobov, z ktorých najdôležitejšie sú uvedené nižšie. Najbližšie k praktickému využitiu je príprava bioetanolu a biometánu, alebo zeleného vodíka.

Bioetanol, vyrábaný zo slamy, patrí k tzv. druhej generácii moderných biopalív. Tieto sa nemajú vyrábať zo surovín vhodných na ľudskú spotrebu, ako je cukor (cukrová trstina, cukrová repa), zemiaky alebo kukurica. Výroba bioetanolu prvej generácie z kukurice je v súčasnosti najrozšírenejšie v Európe a USA, z cukrovej trstiny v tropických častiach Ázie a Ameriky.

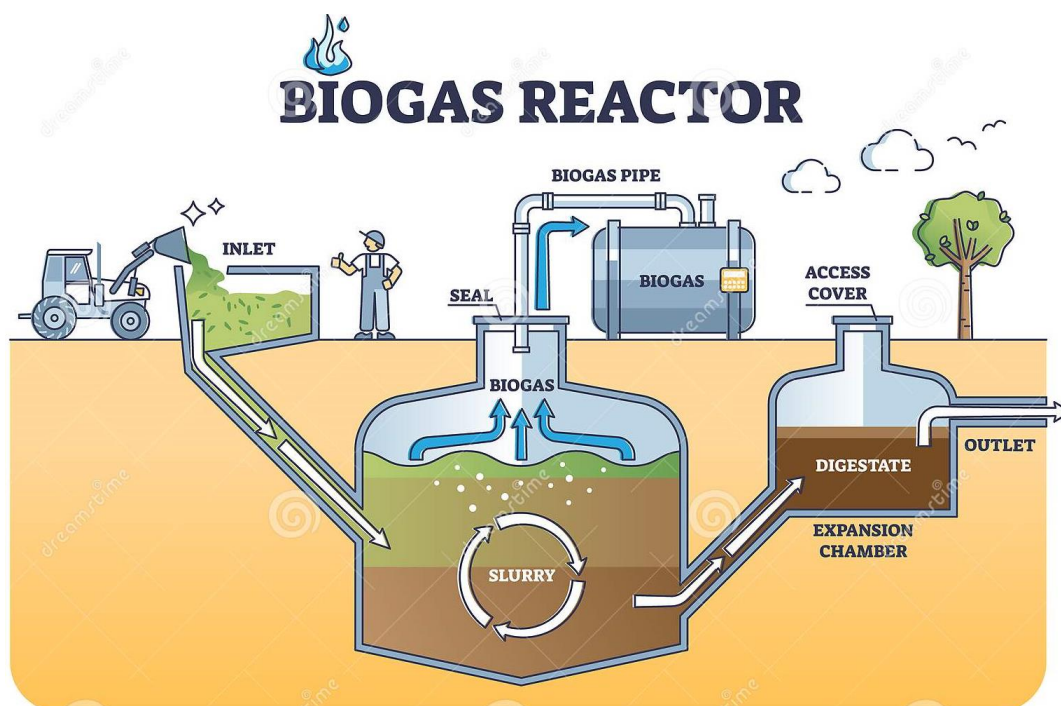
Proces výroby bioetanolu zo slamy sa skladá z troch krokov. Prvým krokom je rozklad celulózy a hemicelulózy na jednoduché cukry, ktoré sa potom v druhom kroku pomocou špeciálnych kvasiniek premenia na bioetanol. Tretím krokom je separácia bioetanolu z fermentačnej zmesi, z vodného roztoku, pretože všetky kroky procesu sú možné len za prítomnosti dostatočného množstva vody. Lignín sa často oddeľuje od "cukrovej vody" po prvom kroku, pretože niektoré jeho zložky môžu brzdiť účinnosť kvasiniek, a tým spomaľovať výrobu bioetanolu.



Pri súčasnom stave výrobných technológií výroba bioetanolu zo slamy je ekonomicky rentabilná len pri použití státisícov ton slamy ročne. Táto metóda si preto vyžaduje zber slamy z veľkej plochy. Výroba bioetanolu je hospodárnejšia, ak poľnohospodári v blízkosti závodu na výrobu bioetanolu spolupracujú, pretože sa tým znižujú náklady na dopravu a skladovanie.

Zelený etanol, zelený metán a zelený vodík zo slamy

Výroba biometánu a zeleného vodíka môže byť ekonomická aj pri použití oveľa menšieho množstva slamy. Biometán je súčasťou známejšieho bioplynu, ktorý sa vyrába z predupravenej slamy v jednej alebo viacerých veľkých nádržiach, známych ako fermentory, viacstupňovou biochemickou reakciou. Konverziu iniciujú vhodné mikroorganizmy schopné rozkladať celulózu a hemicelulózu na jednoduché cukry. Tie sú premieňané na bioplyn (zmes metánu a oxidu uhličitého) inými mikroorganizmami v niekoľkých po sebe nasledujúcich biochemických reakciách. Väčšinu oxidu uhličitého z bioplynu možno odstrániť pod vysokým tlakom studenou vodou a zvyšok pomocou špeciálneho rozpúšťadla. Po odstránení oxidu uhličitého zostane biometán, z ktorého sa dnes už osvedčenou chemickou technológiou dá vyrábať zelený vodík.



Etanol, metán a vodík, vyrobený zo slamy spomenutými metódami, možno z hľadiska ochrany klímy považovať za **pravý zelený etanol, zelený metán a zelený vodík**, pretože mikroorganizmy zo slamy ponechanej na pôde premieňajú na oxid uhličitý práve tú celulózu a hemicelulózu, ktorá sa využíva na výrobu etanolu, metánu a vodíka. Pri spaľovaní takto vyrobeného etanolu a metánu a pri výrobe vodíka vzniká rovnaký oxid uhličitý, aký by vznikol, keby slamu použitú na výrobu rozložili mikroorganizmy v prírode (hlavne v pôde) na oxid uhličitý a humus. Dôležitý rozdiel spočíva v tom, že energia získaná spaľovaním etanolu, metánu alebo vodíka (ako paliva) sa môže využívať a vytvoriť tým hodnotu, zatiaľ čo hodnota celulózy a hemicelulózy v slame, a energia v nich, sa pôsobením mikroorganizmov stráca bez možnosti využitia.

Ďalším dôležitým aspektom je, že bioplyn a zelený metán z neho, sa dajú ekonomicky vyrábať najmä pri dnešných extrémne vysokých cenách zemného plynu. V závislosti od ceny zemného plynu môže byť výroba ekonomická aj z tých zvyškov stoniek, ktoré mikroorganizmy dokážu rozkladať len pomalšie, pretože celulóza a hemicelulóza sú v nich ťažšie dostupné.

Zelený metán ako palivo je rovnocenný so zemným plynom, pretože oba obsahujú z chemického hľadiska rovnaký metán. Prídavné látky sú však v nich odlišné. Zemný plyn obsahuje aj malé množstvo etánu a propánu, ktoré mierne zvyšujú jeho výhrevnosť. Metán v zemnom plyne je však jednoznačne

škodlivý pre klímu, pretože má vysoký skleníkový efekt a oxidáciou produkuje oxid uhličitý. Oxid uhličitý vznikajúci zo zeleného metánu má neutrálny vplyv na klímu, pretože nezvyšuje množstvo oxidu uhličitého v ovzduší o nič viac, ako keby sa slama použitá na jeho výrobu rozložila mikroorganizmami v pôde.

Zelený metán by sa mohol dodávať do miestneho plynovodu, alebo by sa mohla zriadiť čerpacia stanica pre vozidlá pri ceste, ktorá by dodávala zelený metán a z neho vyrobený zelený vodík. Predpokladáme, že financovať sa to dá aj zo štátnych dotácií alebo z verejných zdrojov z EÚ na ochranu klímy. To všetko si samozrejme vyžaduje úspešný schvaľovací proces.

Etanol, metán, príp. vodík sa môžu používať nielen ako palivo, ale aj ako chemická surovina, podobne ako cukry vyrábané ako medziprodukt. Tieto suroviny možno použiť na výrobu širokej škály užitočných materiálov.

Jednou z chemikálií, ktoré sa dajú získať z etanolu, je etylén, surovina napr. aj na výrobu polyetylénu. Druhou je butadién, dôležitá zložka napr. pneumatík, špeciálnych lepidiel, puzdier na mobily a počítače alebo kufrov odolných voči leteckej preprave. Mnohí výskumníci v súčasnosti vyvíjajú vylepšenú verziu starej technológie výroby butadiénu.

Ďalšou dôležitou surovinou je furfural, ktorý sa dá vyrobiť z cukrov a používa sa ako východisková surovina pre mnohé výrobky (viac druhov plastov, palivá, farby, živice, zložky cementu, rôzne cenné chemikálie atď.), V súčasnosti vo svete sa ročne vyrába v množstve státisícov ton. Pri výrobe furfuralu sa celulóza a hemicelulóza môžu rozložiť na cukry a premeniť na furfural v jednej nádrži (autokláve). Dnes sa vyrába najmä z kukuričných stoniek. Keďže množstvo vyrobeného furfuralu je len o niečo viac ako 10 % pôvodnej hmotnosti kukuričnej stonky, na konci procesu zostáva veľa čiastočne rozložených kukuričných stoniek. Využitie tohto vedľajšieho produktu má výrazný vplyv na ekonomiku výroby furfuralu.

Kyselina levulínová, ktorú možno vyrobiť z cukrov, je tiež dôležitou východiskovou látkou, je tzv. bioplatformnou látkou, ako je aj furfural. Materiály z neho vyrobené možno použiť ako prísady do palív a potravín, alebo vo farmaceutickom, poľnohospodárskom a chemickom priemysle, napr. na výrobu rozpúšťadiel, mazív a polymérov.

Lignín, ako tretia zložka, sa tiež môže používať na mnohých miestach. Lignín vznikajúci ako vedľajší produkt výroby celulózy (a papiera), sa používa na výrobu tepelnej energie potrebnej na samotný proces výroby. Len 1 - 2 % tohto lignínu (približne 5 miliónov ton ročne na celom svete) sa používa na iné účely, napr. na výrobu chemikálií na zlepšenie stability farieb a kozmetických výrobkov. Vlastnosti lignínu extrahovaného zo slamy a iných zvyškov stoniek závisia od použitej slamy (rastlinného druhu), metódy extrakcie a jej podmienok. Pre rozličné vlastnosti sa môžu používať viacerými spôsobmi. Môže sa použiť na výrobu paliva (ak je k dispozícii väčšie množstvo, ako napr. pri výrobe bioetanolu), mazív, antioxidantov a uhlíkových vlákien (na zvýšenie odolnosti plastov a pneumatík), ako emulgátor do asfaltu a vodných zmesí na viazanie prachu a ako zložka lepidla na výrobu drevotrieskových dosiek. Pridávaním do mnohých plastov zvyšuje ich pevnosť a odolnosť voči zahrievaniu a dokonca aj plameňu (napr. zvyšuje ohňovzdornosť autosedačiek, matracov atď. vyrobených z PUR peny). V pôde pomáha viazať vodu a udržiavať rastlinné živiny na mieste počas silných dažďov, najmä tie na báze močoviny z hnojív.

Slama sa dá chemicky spracovať aj bez toho, aby sa oddelili jej hlavné zložky. Používa sa na to tepelné spracovanie pri viacerých možných teplotách udržiavaných voliteľné časové obdobia, s prídavkom aditív (najmä katalyzátorov na urýchlenie a riadenie procesu rozkladu). Na konci procesu sa slama premení na plyn, kvapalinu a pevnú hmotu (biouhlie). Pri zvýšených teplotách (približne 1000 °C) v

prítomnosti vodnej pary a vhodného katalyzátora sa vyrába najmä vodík, oxid uhoľnatý a oxid uhličitý, z ktorých sa dá vyrobiť aj zelený vodík. Tento vodík je o niečo menej ekologický ako vodík vyrobený z celulózy, pretože vzniká aj z lignínu, ktorý sa v prírode mení na oxid uhličitý oveľa pomalšie ako celulóza. Zo zmesi uvedených troch plynov sa dá vyrobiť veľmi široká škála materiálov, ale je to ekonomicky výhodné len pre desiatky alebo dokonca stovky tisíc ton ročne.

Ak sa slama zahreje na rovnako vysokú teplotu bez prítomnosti vody a vzduchu (kyslíka), plyny budú okrem zeleného vodíka obsahovať oveľa menej oxidu uhoľnatého a oxidu uhličitého. Väčšina uhlíka v slame sa premení na tzv. biouhlie. Toto biouhlie môže pomôcť zadržiavať vodu a rastlinné živiny v poľnohospodárstve podobným spôsobom ako vyššie uvedený lignín a humus. V skutočnosti má jednu veľkú výhodu: takto zachytený uhlík v prírode sa nikdy nepremení na oxid uhličitý, ktorý by poškodzoval klímu (musel by sa spáliť). Pri tejto technológii sa do ovzdušia vracia len veľmi malá časť oxidu uhličitého zachyteného rastlinami. Použitie slamy s touto technológiou má preto veľmi pozitívny vplyv na klímu.

Ak sa slama zahreje len na 500 - 600 °C, hlavným produktom procesu je kvapalný bioolej. Čím rýchlejšie sa slama zahrieva na 600 °C, tým vyšší je podiel výsledného kvapalného produktu, ktorý sa stáva kvapalným bioolejom (viac ako 90 % pri 100 °C/s). Vedľajší plynový produkt obsahuje podstatne menej vodíka a oxidu uhoľnatého ako vyššie uvedené zmesi plynov, a preto je vhodnejší na výrobu tepla ako na výrobu zeleného vodíka. Na povrchu vytvoreného biouhlia je veľa viazanej kvapaliny, ktorá môže brániť rastu pôdných baktérií, a preto by sa mal pred použitím očistiť horúcou parou. Na prvý pohľad (najmä kvôli svojej farbe) vyzerá bioolej podobne ako ropa, ale v skutočnosti ide o zmes úplne iných látok. Zatiaľ čo ropa sa skladá najmä z organických látok na báze uhlíka a vodíka, takmer všetky zložky biooleja obsahujú aj kyslík. Chemické vlastnosti zložiek biooleja sú úplne odlišné a ľahko vytvárajú medzi sebou väčšie molekuly. To spôsobuje, že bioolej pomerne rýchlo zhustne. Bioolej nemožno spájať s ropou. Pomocou technológií používaných na spracovanie ropy nemožno z biooleja vyrábať paliva ani špeciálne chemikálie, ktoré by spĺňali dnešné požiadavky. Je potrebné vyvinúť nové technológie. Výskumníci na tom pracujú už od konca minulého storočia. Pri dnešných cenách ropy nie sú vyvíjané technológie ešte ekonomicky životaschopné, ale dávajú nádej do budúcnosti.

V súťaži o spracovanie a využitie slamy a iných zvyškov slamy budú mať výhodu tie spoločnosti, ktoré začnú ako prvé. Dnes je to ešte možné.