

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 416 (2016), 94 – 101

THE STUDY OF INFLUENCE OF FEED PRETREATMENT TO IMPROVE THE YIELD OF BIOGAS

¹ZH.N. Kaipova, ¹M.I. Sataev, ²S.N. Redyuk, ³A.V. Garabadzhiu, ¹B.ZH. Mutaliev

(¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, Tauke Khan 5, Shymkent, Kazakhstan

²University of Southern Methodist, State of Dallas, United States

³Saint Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russia

E-mail: ¹zhanar.kaipova@mail.ru)

Key words: biomass, microscopy, straw, silica, lignin.

Increasing pollution, disturbance of the heat balance of the atmosphere gradually lead to global climate change. Deficiency of energy and limited fuel resources with all the growing acuteness show the inevitability of widespread use of alternative and renewable forms of energy.

The purpose of this study was to increase the digestibility of cellulose and lignin waste, such as straw of various plants (wheat, rice, barley, etc.). And increasing the yield of biogas, with a pre-treatment with sodium hydroxide (NaOH), and microwave irradiation. Ligno-cellulose waste pre-treated with NaOH by soaking overnight at the various NaOH concentrations (1,2, 3, 4, 6, 8%) and adding to microwave irradiation (30 min, 720 W, 180 °C). It has been found that the best pre-treatment occurs in 4% NaOH solution and SG 30 minute microwave irradiation, which results in 70.0% reduction in lignin content, and 89% reduction of silicon dioxide. This increased digestibility by reducing the content of lignin and silica, resulting in an increased biogas production to 60%. Electron microscopy revealed the pretreated straw destruction lignocellulosic structure resulting from tearing the various layers of straw and other plant cell wall materials.

БИОГАЗДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ШТКІЗАТТЫ АЛДЫН АЛА ӨНДЕУДІҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

¹Ж.Н. Кайпова, ¹М.И. Сатаев, ²С.Н. Редюк, ³А.В. Гарабаджиу, ¹Б.Ж. Муталиева

(¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Тәуке хан 5, Шымкент қ, Қазақстан;

²Университет Южно-Методистский, штат Даллас, США;

³Санкт-Петербургский государственный технологический институт,

г. Санкт-Петербург Российская Федерация

E-mail: ¹zhanar.kaipova@mail.ru)

Тірек сөздер: биомасса, микроскопия, сабан, кремний диоксиді, лигнин.

Қоршаған ортаның ластануының өсуі, атмосферадағы жылулық балансының бұзылуы климаттың галамдық өзгерісіне біртіндеп алып келуде. Энергияның жетіспеушілігімен жанармай қорларының шектеулілігі дәстүрлі емес және қайта өңделетін энергия түрлерін кеңінен пайдаланудың қажеттілігі күннен күнге арта түсуде.

Қазіргі зерттеудің мақсаты целлюлозамен лигнині бар қалдықтардың, яғни сабан тектес өсімдіктердің (бидай, күріш, арпа және т.б.) сіңірілуін жоғарылату және натрий гидроксидімен (NaOH) және микротолқынды сәулеленудің көмегімен алдын ала өңдеу арқылы биогаздың өнімділігін арттыру болып табылады. Лигно-целлюлозасы бар қалдықтарды алдын ала NaOH көмегімен NaOH-нің түрлі концентрациясында (1,2, 3, 4, 6, 8%) бір күн бойына жібіту арқылы және оны микротолқынды сәулеленумен (30 мин, 720 Вт, 180 °C) толықтырып өңдеді. Белгілі болғандай, қалдықтарды NaOH 4%-дық ерітіндісінде және 30 минут микротолқынды сәулеленуге ұшырату арқылы алдын ала өңдеу қолайлы болып шықты. Нәтижесінде, лигниннің мөлшері 70% -ға, ал кремний диоксидінің мөлшері 89% төмендеуі анықталды.

Лигнинмен кремний диоксидінің мөлшерінің азаюы салдарынан биогаздың өнімділігі 60% дейін көтерілді. Электрөңды микрөскөпия сабандағы және де басқа да өсімдік шикізаттарының жасушалық қабырға қабатының ыдырауынан алдын ала өңделген сабандағы лигнинді целлюлозалық құрылымның бұзылғандығын көрсетті.

Кіріспе

Биомасса – ең арзан және жинақталатын және қайта өңделетін энергияның ірі масштабы кескіні. Жыл сайын жер бетіндегі биомассаның өсуі 200 млрд. т құрайды, ол эквивалентті түрде 3×10^{21} Дж болады. Бұл көрсеткіш жер бетіндегі барша адамзаттың пайдаланатын жылдық энергиясынан шамамен 10 есеге артық. Электр энергиясына, жылу энергиясына қарапайым, табиғи жанармай алу үшін биомасса энергиясын айналдыру жүйесі қажетінше түрлі. Барлық технологиялармен әдістерге қарамастан биомассаның сұйық немесе газ тәріздес жанармайға айналдыруын жетілдіру үшін үлкен қорға ие.

Ауылшаруашылығы үшін пайдалы биогаз өндірісі биогаз қондырғыларында органикалық қалдықтарды арзан өңдеуге мүмкіндігі бар. Бұл технологияның қоршаған ортаға тигізер пайдасын түсінген адамдар арасында күннен күнге жақтастары артуда [1-5].

Биогаз өндірісі үшін түрлі өндірістік және тұрмыстық қалдықтар пайдаланылады.

Қазіргі таңда, көпетеген ғалымдар жанармайдың сұйық және газ тәріздес түрлерін өсімдік тектес шикізаттардан, яғни құрамында лигнинмен целлюлозаның үлкен мөлшері бар қайта өңделетін шикізаттардан алу әдістері жайлы мәселенің маңыздылығын талқылауда. Мұндай шикізаттар микроағзалармен нашар қорытылады, дегенмен оларды биогаз алу үшін пайдалануға болады, себебі мұндай шикізаттардың қоры шектеулі емес. Сондықтан, өңделуі қиын шикізаттардан биогаз сияқты маңызды өнімді алу технологиясын жасау өзекті болып табылады. Сабан лигноцеллюлозаға бай материал болып табылады, ол целлюлоза, гемицеллюлоза және лигнин сияқты органикалық заттарға бай. Әдетте, оларды өртеу арқылы өңдейді, соның салдарынан қоршаған ортаның ластайды. Оның орнына бұл шикізаттарды биологиялық жанармай ретінде пайдалануға болады. Сабанның және басқа да өсімдік тектес шикізаттардың нашар қорытылуы, олардың құрамындағы лигниннің, кремний диоксидінің көп мөлшеріне және де қоректік заттардың микрофлора үшін аздығы үлкен мәселе болып табылады.

Кейбір елдерде, осындай нашар қорытылатын лигноцеллюлозалы шикізаттан өңдеу арқылы сұйық және газ тәріздем жанармай түрлерін, сонымен қатар, басқа да химиялық заттарды алу үшін жаңа технологиялар жасалуда. Өсімдік тектес шикізатты алдын ала өңдеу әдістерін пайдалану және оларды ары қарай ферментативті гидролизді үрдіспен қатар көмірсудан биогазға және басқа да заттарға биотехнологиялық айналдыру әдісі биогаздың құнын шамамен үш есеге төмендетеді.

Энергия алу үшін құрамында лигно-целлюлозасы бар биомассаны пайдалану бойынша технология жасауға деген қызығушылық барынша арта түсуде. Қайта өңдеу арқылы алынатын энергияның басқа да түрлерінің арасында ауыл шаруашылығы малдарымен қалдықтарынан алынуы мүмкін болған биогаз толық басқарылатын және келешегі бар энергияның қайнар көз болып табылады. Биогаз анаэробтық ашу арқылы жинақталады және тиімділігі, құны және қалдықтардан энергияға айналған кезінде қоршаған ортаға тигізер әсері бойынша тиімді болып табылатын жоғары температурасымен (жағу арқылы) бәсекеге қабілетті болуы мүмкін [6].

Биогаздың түзілуі гидролитикалық, аңитогендік және метаногендік бактериялардан құралған микроағзалардың консорциумымен жүзеге асырылады. Биогаздың құрамы келесідей: CH_4 (55–70%), CO_2 (27–45%), H_2 (1–4%), N_2 (1,0–2,0%), H_2S (0,1–1,0%), CO (1–4%), O_2 (0,2–0,4%), H_2S (0,1–1%) және су булары (2–4%) [7, 8].

Өсімдік шикізаты құрамында лигно-целлюлозасы бар биомасса болып табылады, ол барша әлемде биоэнергия өндірісі үшін субстрат ретінде пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, күріш сабанының құрамында лигно-целлюлоза бар: целлюлозасы (32–47%), гемицеллюлозасы (19–27%) және лигнині (5–24%), сонымен қатар, олар бір бірімен кешенді бірігу арқылы байланысқан.

Гемицеллюлоза лигнинмен целлюлоза арасындағы байланыс қызыметін атқарып, барлық целлюлоза-гемицеллюлоза-лигнин желісінің қатандығын қамтамасыз етеді. Сабанның құрамындағы лигниннің мөшері аз, ал кремний диоксидінің мөлшері жоғары [9, 10]. Сондықтан, құрамында лигно-целлюлозасы бар шикізаттар целлюлозаның микробтар бірлестігіне био қол жетімділігін арттыру мақсатында алдын ала өңдеуді қажет етеді. Бұрынырақ шикізатты алдын ала

өңдеу жүргізілген және ұсынылған [11, 12]. Ондай әдістердің бірі – ол, өсімдік негіздегі биомассаның физикалық және химиялық өзгерстеріне алып келетін, алдын ала гидролизбен өңдеу болып табылады [13, 14].

Микротолқындармен өңделген өсімдік шикізатында өңделмеген шикізатпен салыстырғанда глюкозаның өнімділігі 24,5% ұлғаяды [15]. Өсімдік шикізатын алдын ала өңдеудің басқа да түрлері бар, яғни, қышқылдармен, сілтілермен өңдеу арқылы құрамында целлюлозасы бар шикізаттарды ыдыратуға және метанның өнімділігінің арттыруға болады [16, 17]. Кейбір авторлар алдындары атап өткендей, биогаз өндірісінде шикізатты сілтімен өңдеу тиімді болып табылады. Ол метанның өнімділігін шамамен 100% дейін ұлғайтады [18-20]. Сонымен қатар, қоректік заттардың микроағзаларға қол жетімділігін жақсарту мақсатында микротолқынды сәулеленудің әсерін зерттеген жұмыстар болған [21]. Осылайша, шикізатты алдын ала өңдеу үшін түрлі әдістерді ұштастыру арқылы биогаздың өнімділігін айтарлықтай жоғарылатамыз [22, 23]. Сонымен қатар, шикізатты алдын ала өңдеу арқылы биогазды алу бойынша мағлұматтар өте аз, сондықтан, қайта өңделетін энергия көздерінің технологиясын дамыту үшін осы аудандағы зерттеулер өзекті және тиімді болып қала береді.

Зерттеу нысандарымен әдістері

Әр түрлі егіндерді жинаудан қалған сабан қалдықтарды анаэробтық ашыту үшін биогаз қондырғысы пайдаланылды. Ол метандық божу жүзеге асырылатын көлемі 500 мл биореактордан; биореакторға қажетті температураны ұстап тұру үшін арналған ультротермостаттан; ортаның температурасын қадағалап отыратын термометрден; шыны электродтан және рН-метрдің көмегімен рН өлшеп салыстыру үшін салыстырмалы электродтан; қажетті ылғалдылықты ұстап тұру үшін және рН реттеу үшін ерітінділерге арналған ыдыстан құралған.

1. Қалдықтарды ашытуға дайындау. Қалдықтады дайындау үшін ылғалдылығы 50%-ға дейін ылғалдандырылған массасы 200 г сынама алынды.

Ашыту. Дайындалған қалдықтарды және метантүзуші бактериялар мәдениетін биореакторға енгізіледі. Ашыту барысында оңтайлы температурамен рН ұстап тұрады. Қажет болған жағдайда, түзілген қышқылдарға 0,1 мл NaOH ерітіндісін қосып отырады.

2. Қалдықтардың микрофлорасын талдау.

Түрлі топтағы бактериялардың мөлшерін микроскопия арқылы өскен колонияларды санау үшін қатты элективті ортада дайындалған суспензияны сеуін өсіру арқылы анықталған. Қоректік орта ретінде элективтік қоректік орта дайындау және жинақталған мәдениетті алу бойынша әдістемеді келтірілген ортаны пайдаланды.

Метантүзуші бактериялардың мөлшері көмірсуды ашытушы, аммонифицирлеуші және сульфатты қалпына келтіруші жасушалардың мөлшерін есептемегенде шартты түрде микроағзалардың жалпы мөлшерінің қалдығын есептейді.

3. Метандық ашудан кейінгі газды талдау

Метанды ашу үрдісінің қызыметтік ағынын анықтау үшін түзілген газдарға әр түрлі реагенттермен сіңіру әдісі арқылы талдау жүргізілді; метанмен сутектің мөлшерін – қоспадағы барлық газдар алдын ала сіңірілгеннен кейінгі қалдықтардың бөлігін жағу әдісімен. Азотты қоспаның басқа да құрамдас бөлшектерін анықтағаннан кейін анықтайды. Талдау кезіндегі анықталу реттілігі: CO₂ және H₂S сіңірілуі, оттегінің сіңірілуі, газды H₂SO₄ 10% ерітіндісімен NH₃ жуу, қоспаның қалған қалдықтарын ауамен араластыру және H₂, CH₄ өртеу [24].

4. Шикізатты натрий гидроксидімен және микротолқынды сәулеленумен өңдеу.

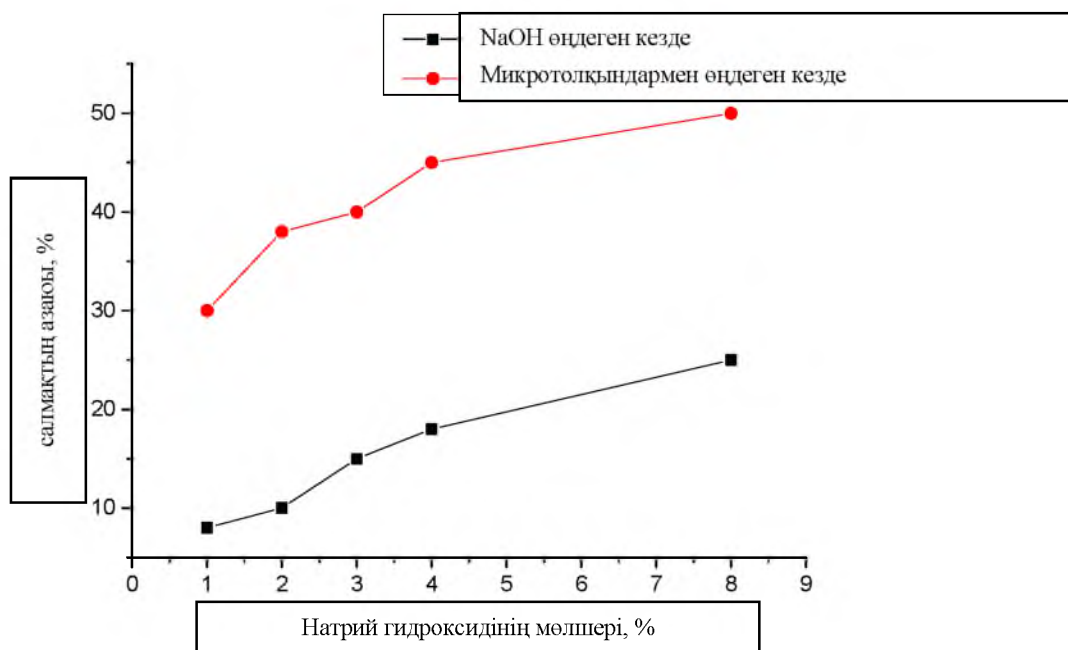
Сабан, қабыршақ және басқа да өсімдік тектес қалдықтар алдын ала натрий гидроксидінің түрлі концентрациясында өңделді, содан соң, микротолқынды пеште 30 минут ішінде 180 °C температурада микротолқындардың әсерімен өңдейді. Өңдеуден кейін шикізатты түссіз болғанша мұқият сумен жуады, рН 7,5, кептіріледі және құрғақ затының, ұшқыш затының, күлдің құрамына талдау жүргізіледі және целлюлозаның, гемицеллюлозаның және кремнийді мөлшерін анықтау үшін химиялық талдау жасалады. Барлық талдаулар бақылаушы материалмен салыстырылады.

5. Түрлі материалдардың морфологиясын зерттеуге арналған электронды микроскопия Микромед 1 электронды микроскопының көмегімен анықталады. (Электронды микроскоп (Микромед 1) көру әдісі.



Сурет 1 – Бинокулярлы микроскоп Микромед 1

Бинокулярлы микроскоп Микромед 1 морфологиялық заттарды жарықтың түсуі бойынша ашық өріс әдісі арқылы зерттеуге арналған. Микроскоп Микромед 1 бейнені нақты уақыт режимінде видеоокуляр арқылы экранға ПК көмегімен шығаруға мүмкіндік береді. Микроскоп Микромед 1 көмегімен эмульсиялардағы капсулаларды объектив-ахромат: 4x/0,1 160/0,17; 10x/0,25 160/0,17 өлшемдері арқылы көріп, суреттерін алдық).



Сурет 2 – Шикізатты алдын ала өңдегеннен кейінгі оның салмағының өзгерісі

Нәтижелері және оларды талқылау

Морфологиялық талдау сабанды алдын ала өңдеуден өткізгеннен кейін байқалатын құрылымының күрт өзгерісін көрсетті. Салмағының азаюы, сынғыштығы және ағаруы алдындары аталып өткендей, лигноцеллюлозаның тозуына алып келетін алдын ала өңдеуден өткеннен кейін байқалды. Электронды микроскопия әдісінің көмегімен алдындары болжамдағандай лигноцеллюлоза құрылымының майда бөлшектерге ыдырауы жүзеге асады. Импульстік

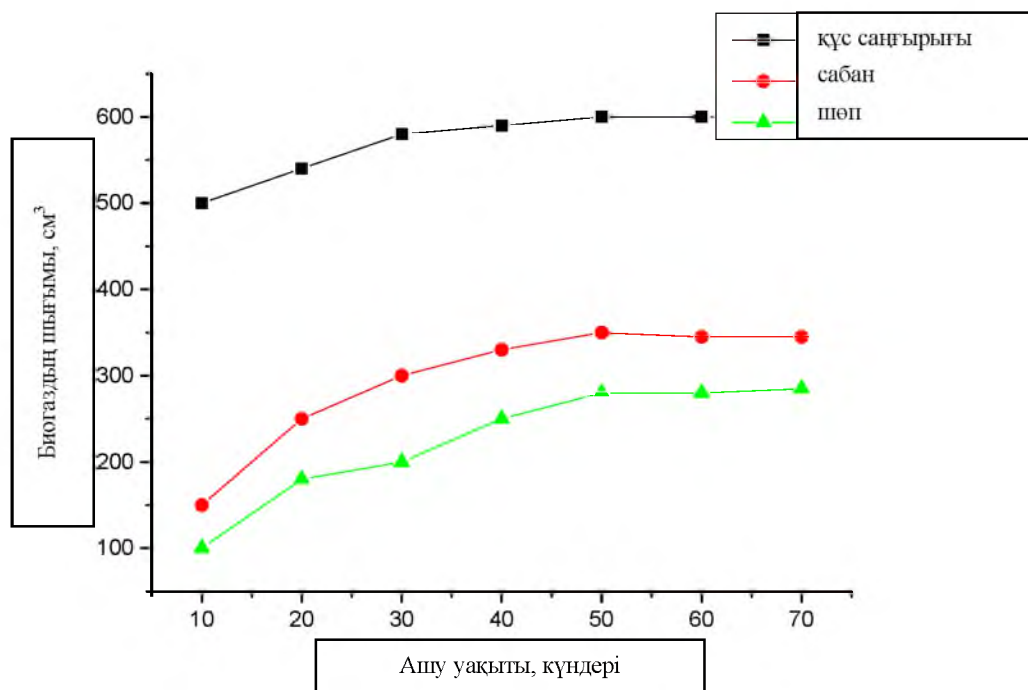
дисперсиядан кейін тезек бөлшектерінің қоректік заттарының метаногенез үрдісіне қатысатын бактериялар үшін қол жетімділігі өсе түседі және ол жылдамдатылады. Атап кететіні, ауыр толқынның әсерінен шикізаттағы бөлшектердің майдалануымен қоса, ондағы микроағзалардың барлығы өледі. Сурет 2 көрсетілгендей, салмақтың азаюы натрий гидроксидінің түрлі концентрациясында 7 ден 50% дейін ауытқиды, ал сілті концентрациясы өседі. Бұл ауыр өңделетін лигноцеллюлозаның құрылымының бұзылатындығын көрсетеді.

Кесте 1 келтірілгендей, бастапқы мөлшеріне қарағанда целлюлозаның мөлшері 24,14% өседі. Бақылаушы сынамалармен салыстырғанда гемицеллюлозаның және лигниннің мөлшері азаяды. Кремнийдің мөлшері де осылайшы 4 есеге күрт төмендейді.

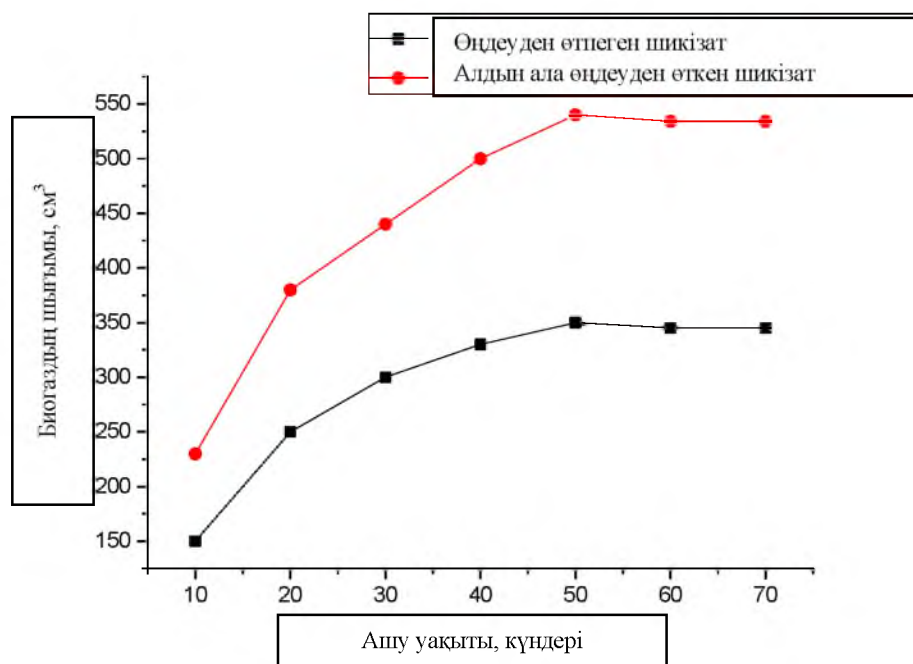
Кесте 1 – Алдын ала өңдеуден өткен шикізаттың мәні

Сабанның құрамы, %	Сынама материал	Натрий гидроксидімен және микротолқынмен өңдеудің әсері, %				
		1	2	3	4	5
Қатты бөлшектері	95	94,51	94,32	94,22	94,12	93,83
Күлі	10	5,09	4,44	4,26	3,98	3,42
Целлюлоза	42,8	51,44	64	65,48	66,7	66,94
Гемицеллюлоза	20,5	20,32	15,2	13,6	12,1	11,2
Лигнин	5,5	3,75	2,84	2,65	2,6	2,29
Кремний	5,0	3,02	2,45	2,07	1,79	1,32

Салыстырмалы түрде биогаздың шығуын анықтау үшін әр түрлі шикізатты пайдалану арқылы зерттеулер жүргізілді, сонымен қатар, өңделмеген және алдын ала өңдеуден өткен лигноцеллюлозасы бар шикізаттар зерттелді.



Сурет 3 – Ашу температурасы 30⁰С кезіндегі ауылшаруашылығы қалдықтарының 1 г құрғақ затынан шығатын биогаз мөлшері



Сурет 4 – Ашу температурасы 30°C кезіндегі алдын ала өңдеуден өткен және өңдеуден өтпеген сабанның 1 г құрғақ затынан шығатын биогаздың салыстырмалы мөлшері

Қорытынды

Биогаздың өнімділігінің жоғарылауы, оны 4%-дық натрий гидроксидімен 30 минут бойына микротолқынды пеште өңдеуден өткізгенде, ондағы күрделі заттардың микроағзалар үшін қол жетімді заттарға айналған кезінде байқалады. Осылайша, шикізатты алдын ала өңдеуді сілтілі гидролизбен жүргізу, сонымен қатар, микротолқындармен импульстік өңдеу ашу кезеңін тиімді әдіспен қысқарту және реактор айналымының уақытын үш есеге азайту болып табылады. Яғни, зерттеу нәтижелері көрсеткендей айналым уақыты 24 күннен 7 күнге дейін қысқаруы мүмкін.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Шеина О.А., Сыроев В.А. // Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии // Вестник ТГУ. – 2009. – Т.14, вып.1. – С. 73-76.
- [2] Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership (REEEP) // Fresh Wind from Kazakhstan: New Renewable Energy Law. - 2009.
- [3] Миндубаев А.З., Белостоцкий Д.Е., Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Алимова Ф.К., Миронова Л.Г., Коновалов А.И. // Метаногенез: биохимия, технология, применение // Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – Т.152, кн.2. – С. 178-191.
- [4] Yang S.S., Liu C.M., Liu Y.L. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during // Chemosphere. – 2003. – V.52, №8. – P. 1381-1388.
- [5] Морозов Н.М. Направления рационального использования энергетических ресурсов в животноводстве // Техника и оборудование для села. – 2004. - №4. – С.3-5.
- [6] Ананиашвили Г.Д. // Основы биоэнергетики и биоэнергетического строительства в сельском хозяйстве: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – М., 1959. – 29 с.
- [7] Pauss, H. Naveau, E.J. Nyns, Biogas production, in: D.O. Hall, R.P. Overend (Eds.), Biomass: Regenerable Energy, Wiley-Interscience Publications, New York, 1987, pp. 273-291.
- [8] Jonas J., Petrikova V. Využití xkrementu hospodarských zvířat / Statní zemědělská a lesnická akademie (In Polish). — Praha, 1988.
- [9] B.L. Maiorella, Ethanol fermentation, in: M. Young (Ed.), Comprehensive Biotechnology, vol. 3, Pergamon Press, Oxford, 1985, pp. 861-914.
- [10] D. Fengel, G. Wegener, Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions, De Gruyter, Berlin, 1984.
- [11] B.C. Saha, Hemicellulose bioconversion, J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 30 (2003) 279-291.

- [12] L. Laureano-Perez, F. Teymouri, H. Alizadeh, B.E. Dale, Understanding factors that limit enzymatic hydrolysis of biomass, *Appl. Biochem. Biotechnol.* 121e124 (2005) 1081-1099.
- [13] P.J. Van Soest, Rice straw, the role silica and treatments to improve quality, *Animal Feed Sci. Technol.* 130 (3e4) (2006) 137-171.
- [14] M.J. Taherzadeh, C. Niklasson, G. Liden, Acetic acid-friend or foe in anaerobic batch conversion of glucose to ethanol by *Saccharomyces cerevisiae*, *Chem. Eng. Sci.* 52 (15) (1997) 2653-2659.
- [15] N. Kosaric, A. Wiczorirek, G.P. Cosentono, R.J. Magee, Ethanol fermentation, in: H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), *Biotechnology*, vol. 3, Verlag-Chemie, Weinheim, 1983, pp. 257-385.
- [16] C.G. Liu, C.E. Wyman, Partial flow of compressed hot water through corn stover to enhance hemicellulose sugar recovery and enzymatic digestibility of cellulose, *Bioresour. Technol.* 96 (18) (2005) 1978-1985.
- [17] K. Kaur, U.G. Phutela, Improving paddy straw digestibility and biogas production through chemical-microwave pretreatments, *Agric. Sci. Dig.* 34 (1) (2014) 8-14.
- [18] N. Moseir, C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapfel, M. Ladisch, Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass, *Bioresour. Technol.* 96 (6) (2005) 673-686.
- [19] U.G. Phutela, K. Kaur, M. Gangwar, N.K. Khullar, Effect of *Pleurotus florida* on paddy straw digestibility and biogas production, *Int. J. Life Sci.* 6 (1) (2012) 14-19.
- [20] S.G. Pavlostathis, J.M. Gossett, Alkaline treatment of wheat straw for increasing anaerobic biodegradability, *Biotechnol. Bioeng.* 27 (1985) 334-344.
- [21] L.Z. Xin, M. Kumakura, Effect of radiation pretreatment on enzymatic hydrolysis of rice straw with low concentrations of alkali solution, *Bioresour. Technol.* 43 (1993) 13-17.
- [22] D. Liu, J.X. Liu, S.L. Zhu, X.J. Chen, Y.M. Wu, Histological investigation of tissues and cell wall of rice straw influenced by pretreatment with different chemicals and rumen degradation, *J. Animal Feed Sci.* 14 (2005) 373-387.
- [23] V.N. Gunaseelan, Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review, *Biomass Bioenergy* 13 (1-2) (1997) 83-114.
- [24] Градова Н.Б. и др. Лабораторный практикум по общей микробиологии. - М., Наука 2001. - 131 с.

REFERENCES

- [1] Sheina O.A., Sysoev V.A. Biokhimiia protsessa proizvodstva biogaza kak al'ternativnogo istochnika energii. *Vestnik TGU.* 2009. T.14, vyp.1. P. 73-76. (in Russ).
- [2] Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership (REEEP). *Fresh Wind from Kazakhstan: New Renewable Energy Law.* 2009. (in Eng).
- [3] Mindubaev A.Z., Belostotskii D.E., Minzanova S.T., Mironov V.F., Alimova F.K., Mironova L.G., Kononov A.I. *Metanogenez: biokhimiia, tekhnologiiia, primeneniye Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennyenauki.* 2010. V.152, book 2. P. 178-191. (in Russ).
- [4] Yang S.S., Liu C.M., Liu Y.L. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during. *Chemosphere.* 2003. V.52, №8. P. 1381-1388. (in Eng).
- [5] Morozov N.M. *Napravleniia ratsional'nogo ispol'zovaniia energeticheskikh resursov v zhivotnovodstve. Tekhnika i oborudovanie dlia sela.* 2004. №4. P.3-5. (in Russ).
- [6] Ananiashvili G.D. *Osnovy bioenergetiki i bioenergeticheskogo stroitel'stva v sel'skom khoziaistve: avtoref. dis. d-ra s.-kh. nauk. M., 1959. 29 p.* (in Russ).
- [7] Pauss, H. Naveau, E.J. Nyns, Biogas production, in: D.O. Hall, R.P. Overend (Eds.), *Biomass: Regenerable Energy*, Wiley-Interscience Publications, New York, 1987, pp. 273-291. (in Eng).
- [8] Jonas J., Petrikova V. *Vyuzitiexkrementuhospodarskychzvirat. Statnizemedelskenak- ladatelstvi* (In Polish). Praha, 1988. (in Polish).
- [9] B.L. Maiorella, Ethanol fermentation, in: M. Young (Ed.), *Comprehensive Biotechnology*, vol. 3, Pergamon Press, Oxford, 1985, pp. 861-914. (in Eng).
- [10] D. Fengel, G. Wegener, *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, De Gruyter, Berlin, 1984. (in Eng).
- [11] B.C. Saha, Hemicellulose bioconversion, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 30 (2003) 279-291. (in Eng).
- [12] L. Laureano-Perez, F. Teymouri, H. Alizadeh, B.E. Dale, Understanding factors that limit enzymatic hydrolysis of biomass, *Appl. Biochem. Biotechnol.* 121e124 (2005) 1081-1099. (in Eng).
- [13] P.J. Van Soest, Rice straw, the role silica and treatments to improve quality, *Animal Feed Sci. Technol.* 130 (3-4) (2006) 137-171. (in Eng).
- [14] M.J. Taherzadeh, C. Niklasson, G. Liden, Acetic acid-friend or foe in anaerobic batch conversion of glucose to ethanol by *Saccharomyces cerevisiae*, *Chem. Eng. Sci.* 52 (15) (1997) 2653-2659. (in Eng).

- [15] N. Kosaric, A. Wiczorirek, G.P. Cosentono, R.J. Magee, Ethanol fermentation, in: H.J. Rehm, G. Reed (Eds.), *Biotechnology*, vol. 3, Verlag-Chemie, Weinheim, 1983, pp. 257-385. (in Eng).
- [16] C.G. Liu, C.E. Wyman, Partial flow of compressed hot water through corn stover to enhance hemicellulose sugar recovery and enzymatic digestibility of cellulose, *Bioresour. Technol.* 96 (18) (2005) 1978-1985. (in Eng).
- [17] K. Kaur, U.G. Phutela, Improving paddy straw digestibility and biogas production through chemical-microwave pretreatments, *Agric. Sci. Dig.* 34 (1) (2014) 8-14. (in Eng).
- [18] N. Moseir, C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzaple, M. Ladisch, Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass, *Bioresour. Technol.* 96 (6) (2005) 673-686. (in Eng).
- [19] U.G. Phutela, K. Kaur, M. Gangwar, N.K. Khullar, Effect of *Pleurotus florida* on paddy straw digestibility and biogas production, *Int. J. Life Sci.* 6 (1) (2012) 14-19. (in Eng).
- [20] S.G. Pavlostathis, J.M. Gossett, Alkaline treatment of wheat straw for increasing anaerobic biodegradability, *Biotechnol. Bioeng.* 27 (1985) 334-344. (in Eng).
- [21] L.Z. Xin, M. Kumakura, Effect of radiation pretreatment on enzymatic hydrolysis of rice straw with low concentrations of alkali solution, *Bioresour. Technol.* 43 (1993) 13-17. (in Eng).
- [22] D. Liu, J.X. Liu, S.L. Zhu, X.J. Chen, Y.M. Wu, Histological investigation of tissues and cell wall of rice straw influenced by pretreatment with different chemicals and rumen degradation, *J. Animal Feed Sci.* 14 (2005) 373-387. (in Eng).
- [23] V.N. Gunaseelan, Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review, *Biomass Bioenergy* 13 (1-2) (1997) 83-114. (in Eng).
- [24] Gradova N.B. i dr. *Laboratoryni praktikum po obshchei mikrobiologii.* M., Nauka 2001. - 131 p. (in Russ).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА БИОГАЗА

¹Ж.Н. Кайпова, ¹М.И. Сатаев, ²С.Н. Редюк, ³А.В. Гарабджигу, ¹Б.Ж. Муталиева

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Тауке хан 5, Шымкент, Казахстан

²Университет Южно-Методистский, штат Даллас, США

³Санкт-Петербургский государственный технологический институт, г. Санкт-Петербург Российская Федерация

Увеличивающееся загрязнение окружающей среды, нарушение теплового баланса атмосферы постепенно приводят к глобальным изменениям климата. Дефицит энергии и ограниченность топливных ресурсов с всё нарастающей остротой показывают неизбежность широкого использования нетрадиционных и возобновляемых видов энергии.

Целью настоящего исследования было повышение усвояемости целлюлозо- и лигносодержащих отходов, таких как солома различных растений (пшеничная, рисовая, ячменная и др.), и увеличение выхода биогаза, с помощью предварительной обработки гидроксидом натрия (NaOH) и микроволновыми облучениями. Лигноцеллюлозосодержащие отходы предварительно обрабатывали с помощью NaOH путем вымачивания в течение суток при различных концентрациях NaOH (1, 2, 3, 4, 6, 8%) и дополняя микроволновым облучением (30 мин, 720 Вт, 180 °C). Было установлено, что наилучшая предварительная обработка происходит в 4% ном растворе NaOH и 30 минутном микроволновом облучении, в результате которого происходит 70,0% -ное снижение содержания лигнина и 89% снижение содержания диоксида кремния. Это увеличило усвояемость за счет сокращения содержания лигнина и кремнезема, что привело к увеличению производства биогаза до 60%. Электронная микроскопия предварительно обработанной соломы выявило разрушение лигноцеллюлозной структуры в результате разрывания различных слоев клеточной стенки соломы и другого растительного сырья.

Ключевые слова: биомасса, микроскопия, солома, диоксид кремния, лигнин.

Поступила 23.05.2016 г.