

ПРОИЗВОДЊА БИОЕТАНОЛА И УПОТРЕБА ТРЕБЕРА КАО ХРАНИВА ЗА МУЗНЕ КРАВЕ

Срђан Б. Сегић¹, Гордана Б. Мауна²

Апстракт

У овом раду разматрана је проблематика мањка енергије и хране, проблеми сагоревања фосилних горива, али и значај кукуруза као сировине. Указано је на значај биоетанола и предности производње биоетанола, као и недостатке. Извршена је упоредна анализа влажног кукурузног требера по подацима из литературе и из производње, наведене су физичке и хемијске особине влажног кукурузног требера. Анализиране су карактеристике влажног кукурузног требера као хранива пре свега за исхрану говеда и то конкретно музних крава

Кључне речи: Биоетанол, влажни кукурузни требер, храниво, говеда.

Увод

Како број људи на планети расте, тако расте и њихова потреба за коришћењем енергије. Енергија је неопходна у свим аспектима човека. Проблем енергетике је нешто што забрињава, с обзиром да су садашњи извори енергије ограничени и поприлично исцрпљени. Може да се сагледа да су резерве нафте лимитиране, резерве угља такође, производња електричне енергије, која није заснована на фосилним горивима (хидроелектране, аероелектране, биогаселектране...) је око 25%, а преосталих 75% се добија из термоелектрана и нуклеарних електрана. Потрошња нафте и нафтних деривата расте свакодневно а велики део нафте се користи за транспорт људи и робе. Транспортна средства користе нафту као енергент. Свакодневним сагоревањем фосилних горива нафте и угља, пред човечанство се стављају све већи проблеми заштите животне средине. Уколико се затрује средина у којој живимо, која је сврха побољшања квалитета живота?

Поред пораста потребе за енергијом, расту и потребе за храном, са сваким новорођеним људским бићем на планети поставља се питање како обезбедити довољну количину хране, нису сви региони подједнако угрожени несташицом хране, најугроженији су региони Азије и Африке,

¹ Срђан Б. Сегић, Мастер инжењер пољопривреде, Биолошки Факултет, Универзитет у Београду, Студентски Трг 16, 11000 Београд, Србија, Е-mail: segicsrdjan@gmail.com

² Гордана Б. Мауна, др. медицине, Биолошки Факултет, Универзитет у Београду, Студентски Трг 16, 11000 Београд, Србија

где дословце мања хране, у Азији услед пренасељености, а у Африци због сиромаштва и неплодности. Мањак хране за последицу има повећање њене цене, што доводи до тога да већ угрожени региони постају све угроженији. Али нису само људи угрожени већ су угрожене и животиње, јер у ситуацијама кад нема довољно за људе, још мање има за животиње. А уколико нема довољно за животиње смањује се њихов број па по принципу повратне спреге, имамо још већи недостатак хране за људе. Ово је проблем којим се бави и бавиће се и наука и политика. Управо сада током писања овог рада дошло је до енормног поскупљења житарица у Европи услед ратне кризе у Украјини. Имамо јасан и очигледан пример како несташица доводи до повећања цена и притиска на земље, које имају хране у вишку, да се та храна откупи од моћних и богатих.

Биоетанол

Када се постави питање, на који начин фосилна горива стварају еколошке проблеме, прво се помисли на киселе кише и глобално загревање. Ове две појаве су најозбиљније последице, али и других последица по животну средину има много (раскопавање земљишта приликом експлатације нафте и земног гаса, као и приликом вађења угља, велике количине „јаловине“ настале приликом експлоатације нафте и угља...). Сагоревањем фосилних горива, ослобађају се различита хемијска једињења односно загађујуће материје-полутанти (*pollutant*), попут оксида, пепела, али и испарљивих органских једињења. Драматично повећање концентрације угљен-диоксида у ваздуху је формирало научне претпоставке, које предвиђају да ће последице глобалног загревања бити поремећене законитости одвијања метеоролошких појава, уз константно отапање глечера и морског леда, са највећим загревањем на Арктику.

Према неким истраживањима из 2015. године, моторна возила се наводе као највећи извор хидрокарбонског загађења, ослобађања угљен-моноксида, емисије моно-азотних оксида и сумпор-диоксида. Смањење негативног утицаја возила на околину остварује се бројним конструкторским и технолошким новинама, које је неопходни имплементирати. Пример технолошког поступка, који има за циљ смањење негативног утицаја сагоревања горива у возилима је чишћење мотора водоником, али свакако да су конструкторска решења далеко важнија, па се већ дужи временски период ради на возилима, која би користила еколошки прихватљиве енергенте - пре свега електричну струју, али и етанол, односно биоетанол. Биоетанол је производ настао ферментацијом од скробних или лигно-целулозних сировина, поступак добијања етанола од скробних сировина се примењује у целом свету ради задовољења потреба за етанолом, који је нашао вишеструку примену у савременој индустрији.

Биљка кукуруза је људима Јужне Америке позната вековима, а у осталим деловима света позната је након открића Америке, али је у свим деловима света нашла разноврсну примену: за храну, крму, безалкохолна и

алкохолна пића, грађевински материјал, сировина за индустрију, као горивни материјал, као лековита биљка и сл. Са развојем индустрије почео је од свих делова кукурузне биљке да се развија велики асортиман производа, којих у овом тренутку има више хиљада. У 21. веку употреба кукуруза је повећана за производњу биоетанола, као алтернативног горива. Пораст тражње за кукурузом за производњу биоетанола довео је до високог пораста цена и угрожавање осталих грана које користе кукуруз. „Површине засејане кукурузом се повећавају из године у годину, па тако посматрано 2007. у односу на 2000. годину, имамо да су површине засејане кукурузом повећане за 14%, а обим производње за 26% , употреба за исхрану животиња је повећана за 16%, а за индустријску прераду за 55%“ (Бекрић, 2008). Порасту производње кукуруза највише доприносе: развој технологије и индустрије семенарства, повећање агротехничке ефикасности, иновације у развоју широког асортимана прехранбених и техничких производа од кукуруза, а посебно иновације у производњи биоетанола и његовој примени као алтернативног биогорива. Повећање приноса кукуруза је последица повећања генетског потенцијала хибрида, побољшања агротехнике и биотехнолошких иновација. Све ове промене су уочљиве како у свету, тако и у Србији и региону, јер на основу података од произвођача семена приноси у Србији у оптималним условима достижу вредности од преко 14 t/ha – што су веома високи приноси.

Кукуруз има веома широку примену, па је познато да преко 1000 артикала које свакодневно срећемо у супермаркетима је изведено од кукуруза (Бекрић, 2008), данас је тај број чак већи, па по неким изворима преко 2500 артикала које свакодневно срећемо на рафовима супермаркета, је изведено од кукуруза. Овако широкој примени кукуруза доприноси сама хемијска структура кукуруза, тј. флексибилност макро молекула скроба, да под дејством реагенаса (база, киселина, ензима и притиска) дају нове облике односно производе и тако отварају нове могућности за коришћење кукуруза

Биоетанол односно етил-алкохол или етанол (познат још и као „ватрена вода“) познат је људима хиљадама година, као моторно гориво се користио када је конструисан први мотор Хенрија Форда - тек касније се прешло на нафтине деривате бензин и дизел. Иако се од многих биљака и плодова биљака може добити етанол, као најповољније сировине за масовну производњу етанола су се показале шећерна трска и кукуруз.

„Алтернативни извори енергије треба да буду обновљиви, одрживи, еколошки прихватљиви и економски исплативи“ (Иветић и Антонов, 2014). Од алтернативних горива ЕУ ставља акценат на земни гас, био-гас, биодизел, биоетанол, BTL (*Biomass to liquid*), GTL (*Gas to liquid*), CTL (*Coal to liquid*), а као дугорочно решење потенцира се водоник.

Биомаса је за сада најприхватљивији обновљиви извор енергије из које је економски исплатива производња квалитетних течних и гасовитих енергената. То се пре свега односи на производњу биоетанола, чија производња у свету је у последњих 30 година повећана неколико десетина

пута. Тренутна светска потрошња биоетанола је око 60 милијарди литара годишње и прогноза удружења произвођача биоетанола САД је да ће за само 5 наредних година бити удвостручена.

У Србији се не производи и не користи биоетанол као гориво или додатак моторним горивима, код нас се биоетанол користи у прехранбеној индустрији, фармацеутској и хемијској, и то се користи као растварач, адитив или сировина. Србија увози значајне количине етанола, иако има добру сировинску базу и савремена технолошка решења у области производње. Постоји 10-ак индустријских погона за производњу биоетанола, а као сировина се користи претежно меласа и произведе се око 40 милиона литара етанола у Србији. Услед пандемије Ковид-а 2020. године поједини погони који нису били у функцији због великих потреба за етанолом као дезинфицијенсом, су реактивирани по хитном поступку, тако да је епидемија Ковид-а поред многоструко већих штетних последица по привреду, донела и једну добру ствар - реактивирање погона за биоетанол. Погони који су били у функцији под притиском тржишта, које је захтевало додатне количине етанола, а увоза није било, јер су земље извознице прво подмиривале своје потребе за етанолом, тако да су повећали производњу и до 250%

Биоетанол је етил-алкохол произведен из биоразградивих сировина који може да се користи као биогориво. Најважније сировине за производњу биоетанола су шећерна репа, шећерна трска, кукуруз, пшеница, сирак, кромпир... Биоетанол произведен из шећерних сировина се назива биоетанол прве генерације, овај вид производње представља „проблем“, јер овај вид производње биоетанола представља трошење ресурса хране, а извори хране полако постају недовољни, јер треба прехранити целокупну светску популацију. Као последица тога развој производње биоетанола је у последње време усмерен ка производњи из нејестивих лигно-целулозних сировина кроз технологије друге генерације. Без икаквих модификација на мотору, у бензин се може додати 5% етанола, док код већих удела етанола мора да се ради модификација мотора. Биоетанол се у ЕУ најчешће користи у измењеном облику – етил терцијарни бутил етар, и то до 15% у минералном гориву.

Производња биогорива расте из дана у дан и прогнозе увођења биогорива као енергента су оптимистичне. Разлога за увођење биогорива уместо фосилних горива има, јер сваким даном расте потрошња фосилних горива, па самим тим и тражња, што је довело до високих цена сирове нафте, а велики произвођачи нафте на свету су у политички нестабилним регионима (Венецуела, Либија, Ирак су велики произвођачи сирове нафте али су политички нестабилни – треба се запитати да ли је можда баш нафта узрок те нестабилности, а битан разлог за увођење био горива је свакако и еколошки аспект и зацртано смањење емисије угљен-диоксида.

Сировине за производњу биоетанола су сви органски супстрати, који се хемијским или биохемијским трансформацијама, могу разградити до простих шећера, које квасац може да користи за свој метаболизам, могу да

послуже као сировина за производњу биоетанола. Постоје три категорије сировине шећерне сировине (шећерна репа, шећерна траска, меласа...), скробне сировине (жита и кртоласти усеви) и лигноцелулозне сировине (дрво, стара хартија, кукурузовина, слама и сл) .

Добар део стручне јавности из области технологије, екологије, социологије се противи производњи биоетанола јер:

- Етанол доноси корист фармерима и великим корпорацијама, али без већег утицаја на еколошку заштиту;
- За гајење кукуруза користе се велике количине хербицида, али и минералних ђубрива и фосилних горива за агротехничке операције и бербу, па се поставља питање сврхе, јер да би се произвео кукуруз троше се фосилна горива па се од кукуруза производи алтернативно гориво;
- Повећана тражња за кукурузом довешће до разоравања до сада некоришћених површина, па ће се угрозити аутохтона флора и фауна,
- Приликом производње етанола добија се и велика количина угљен-диоксида а алтернативна горива теже смањењу емисије угљен-диоксида;
- Нагло повећање производње етанола може угрозити снабдевање храном.

Док се са друге стране истичу предности биоетанола:

- Укупан биланс угљен-диоксида је једнак нули, јер у процесу сагоревања етанола, количина угљен-диоксида је једнака количини коју су биљке утрошиле за фотосинтезу;
- Комплетна постојећа нафтна инфраструктура може се користити за дистрибуцију биогорива и оно може без проблема (или уз минималне модификације) да се сагорева у бензинским моторима;
- Биоетанол у себи не садржи ароматична угљо-водонична једињења, а има већи октански број од бензина, па тако сагоревањем биоетанола до угљен-диоксида и воде животну средину загађујемо у најмањој могућој мери;
- Етанол у свом молекулу садржи кисеоник, па омогућава комплетније сагоревање компоненти бензина, редуковање количине угљен-моноксида и других токсичних супстанци као што је бензен и смањује нив угљо-водоника који не сагоревају;
- Производња биоетанола доприноси развоју сектора пољопривреде и бољем пословању других грана индустрије кроз производњу и примену нуспроизвода;
- Производња биоетанола смањује увозну зависност држава.

Намеће се закључак да је у Србији најпогоднија и најприступачнија сировина за производњу биоетанола кукуруз, кукурузна џибра и сируп који остају након дестилације преводе у квалитетну храну за стоку, а угљен-диоксид треба искористити за газирање напитака и производњу сувог леда (Семенченко, 2010). Управо ова споменута кукурузна џибра је предмет интересовања, (Семенченко, 2013), односно начин на који можемо да искористимо индустријски нуспроизвод за потребе добијања основне животне намирнице – млека. Тиме решавамо дилему да ли од хране производити биоетанол, јер ако прерадом кукуруза (хране) добијамо етанол и високо вредну намирницу анималног порекла - млеко, дилема је решена. Од хране биљног порекла добијамо етанол и храну анималног порекла.

SWOT анализа производње биоетанола

Предности (Strengths)

- Производ је курентан на тржишту и веома тражен
- Већи део производње се продаје са веома кратким роковима плаћања
- На тржишту Србије је мала конкуренција
- Широки спектар купаца (индустрија боја и лакова, хемијска индустрија, козметичка, фармацеутска ...)

Слабости (Weaknesses)

- Део производње се продаје несолвентним купцима
- Комплетна сировина се плаћа авансно
- Кратки рокови плаћања за енергент
- Проблем продаје нуспроизвода - ВКТ

Могућности (Opportunities)

- Проширење капацитета –потребне су додатне количине
- Проширење спектра купаца
- Додатни корак ка финалном производу – нпр. производња и паковање течности за ветробране за аутоиндустрију
- Погон за сушење ВКТ и производња и паковање СКТ
- Употреба ВКТ као хранива за млечне краве на сопственој фарми
- Коришћење угљен-диоксида, који настаје у производњи и продаја тзв. „суви лед“

Претње (Threats)

- Појава додатне конкуренције и „*гужва*“ на тржишту
- Ненаплативост појединих купаца
- Раст цена сировине и енергента
- Мањак сировине

Влажни кукурузни требер

Производња етанола из зрна кукуруза резултира у три правца:

- а) етанол главни производ
- б) неферментабилни састојци зрна кукуруза (протеини, влакна, уље, минерални састојци)
- в) угљен-диоксид

Уобичајено се каже, да се од сваког прерађеног килограма кукуруза добије приближно по 1/3 сваког од ова три производа или нуспроизвода. Процес производње етанола састоји се од неколико фаза: млевење, кување, ликвификација, сахарификација, ферментација и дестиловање. Неферментабилни остаци се уклањају из производног процеса као цела шаржа, која је и убачена у процес кувања. Ови остаци се центрифугирају да би се уклонила вода, па након уклањања дела воде добија се ВКТ (влажни кукурузни требер) или ВКЦ (влажна кукурузна цибра) или усвојени енглески термин DWG (*distillers wet grains*). Осушени производ се назива сува кукурузна цибра или суви кукурузни требер-СКЦ односно DDGS (*distillers dried grains with solubles*), овако добијени DDGS се користи као сточна храна, код локалних потрошача или удаљених потрошача, јер DDGS је материјал који је стабилан и није кварљив, па се може транспортовати на удаљене фарме. Продаја DDGS или DWG доприноси економичности процеса производње етанола.

DWG је материјал који је златно - браон боје, садржај влаге је 50-80%, склон брзом кварењу, специфичне густине 858-975 kg/m³, има малу склоност за примање и транспорт топлоте због високог садржаја влаге, боја материјала се мења током времена у корелацији са присуством гљивица, квасаца и плесни, који брзо насељавају влажан материјал. Боја DWG је последица природне боје сировог зрна кукуруза које се користи, температуре средине, али и температуре током самог процеса производње. Према до сада доступним сазнањима утврђено је да се боја коже и пигментација жуманца код живине поправља додатком кукурузне цибре било суве или сирове у исхрану. Концентрација ксантофила у ВКТ и СКТ је нижа него код кукурузног гриза, она и у тим концентрацијама утиче на пигментацију живине и није потребно додавати вештачке пигменте.

По спроведеним истраживањима 2008. године утврђене су физичке и хемијске особине DWG-а по Розентрејтеру (Rosentrater, 2008)

Табела 1. Физичке и хемијске особине ВКТ

Особина	ј.м.	Минимум	Максимум	Просечно	Стандардна девијација
Садржај влаге	%	53,03	54,02	53,57	0,30
Проводљивост топлоте	W/m°C	0,22	0,53	0,35	0,09
Отпорност провођењу топлоте	m°C/W	1,90	4,48	2,98	0,72
Дифузност	mm ² /s	0,09	0,13	0,10	0,01
Специфична густина	kg/m ³	857,56	974,86	924,03	36,08
pH		4,36	4,39	4,37	0,01
Протеини СМ	%	28,50	29,20	28,93	0,25
Влакна СМ	%	6,20	7,30	6,64	0,39
Уље СМ	%	12,10	12,80	12,44	0,25
Пепео СМ	%	4,84	5,39	5,14	0,14

Извор: Rosentrater, 2008

По спроведеном истраживању физичких особина утврђене су вредности које су наведене у *табели 1*:

влага је у распону 53,03-54,02% и због високог садржаја влаге материјал је веома кварљив, производи који не садрже слободну воду немају ризик од кварења, док су материјали који садрже слободну воду на својој површини веома кварљиви, па је уобичајени рок употребе влажног требера 4-7 дана, зависно од услова чувања, пре него што се поквари услед активности плесни (Rosentrater, 2008). Чување на хладном може да продужи употребљивост материјала за неколико дана. Специфична густина је просечно 924 kg/m³. pH вредност указује да је материјал киселе реакције, што је последица присуства хемикалија али и самог процеса. Садржај протеина у СМ је 28,93%, укупна влакна су 6,64% у СМ, садржај уља је 12,44% у СМ, док је удео пепела 5,14%. Резултати из литературе (Rosentrater, 2008) су слични резултатима других који су проучавали влажни требер.

Како анализа није рађена у лабораторији директно већ је анализу радио Институт за крмно биље - Глободер, а није било могућности да се уради меродаван број узорака, направљен је репрезентативни узорак методом *четвртања*. Узорци влажног требера су узети одмах након изласка из производње у три узастопна дана, из три различите шарже, сваки пут је чистом пластичном кашиком узета приближно иста количина влажног требера, са три места из контејнера, дакле укупно 9 захвата кашиком од приближно 500 g материјала. Сав материјал је измешан руком у пластичној посуди да би се хомогенизовао и тако хомогенизована маса је стављена на сто, обликована у круг, затим руком подељена на приближно једнаке четвртине, узете две четвртине, па поступак понављан више пута

док се маса није смањила тако да $\frac{1}{4}$ има око 100 g материјала. Тако добијени узорци су послати на анализу са резултатима датим у *табели 2*:

Табела 2. Физичке и хемијске особине ВКТ добијеног из погона

Особина	ј.м.	вредност	СМ	%
Садржај влаге	%	77,23		
Специфична густина	kg/m ³	1061,5		
рН		5,43		
Протеини	g/kg	105,7	464,20	46,42
ADF	g/kg	86,8	381,20	38,12
NDF	g/kg	150,6	661,39	66,14
Сирова целулоза	g/kg	29,4	129,12	12,91
Уље	g/kg	20,0	87,83	8,78
Пепео	g/kg	12,0	52,70	5,27
Калцијум	g/kg	1,00	4,39	0,44
Фосфор	g/kg	0,82	3,60	0,36
Натријум	g/kg	0,74	1,32	0,13
Калијум	g/kg	0,30	3,25	0,32
Гвожђе	mg/kg	23,25	102,10	
Цинк	mg/kg	9,75	42,82	
Енергетска вредност	KJ/kg		5280	
Присуство алкохола	mg/kg		2,75	
Концентрација афлатоксина	mg/kg		0,0093	

Извор: Аутори

Боја DWG варира од бледожуте до тамносмеђе, зависно од природне боје сировог зрна које се користи, количине растворљивих материја, али и самих атмосферских прилика којима је изложен, DWG је употребљив неколико дана зависно од спољне температуре, јер је веома кварљив и веома брзо „прокисне“.

У поређењу са резултатима из литературе, уочава се да је влага влажног требера са којим се располагало 77,23% што је знатно више од података из литературе, узрок томе је што се у погону произвођача чији требер се анализирао, не врши центрифугирање влажног требера након изласка из производње, већ само декантовање сувишне воде. Затим се такав материјал пакује у полипропиленске џамбо вреће од приближно 1000 kg, услед тога што су у питању плетене полипропиленске вреће материјал се „деди“, јер вода излази из врећа, тако да је влажност материјала неколико сати након изласка из производне линије знатно нижа. Киселост материјала је нешто мања него по подацима из литературе, услед тога јер се не користи сулфатна киселина у производном процесу, већ само хидролиза на повишеној температури и ензими. Садржај протеина у испитиваном узорку је знатно виши него по подацима аутора (Rosentrater, 2008), али то се објашњава чињеницом, да се не врши центрифугирање и одвајање CCDS-а, па у самом ВКТ остају све растворене материје. Садржај влакана и уља готово да се подудара са подацима из литературе, па ове

вредности можемо сматрати референтним за све даље дискусије и закључке. Утврђена је и енергетска вредност влажног требера, али и присуство алкохола и афлатоксина

Табела 3. Упоредна анализа влажног требера и зрна кукуруза

састојак	јед. мере	требер СМ	кукуруз зрно
Енергетска вредност	МЈ/кг	5280	15293
Протеини	g	29,22	9,42
Уље	g	8,32	4,74
Влакна	g	7,11	7,3
Садржај воде	%	74,21	10,37

Извор: Аутори

Подаци добијени на Институту за крмно биље су нешто бољи од података из литературе по (Rosentrater, 2008), упоредна анализа кукурузног требера и кукурузног зрна дата је у *табели 3*. Како је поступком ферментације скроб готово у потпуности уклоњен из требера, јасно је зашто је његова енергетска вредност значајно мања у односу на кукуруз, а с обзиром да је скроб утрошен, у преосталој маси садржај протеина је скоро 3 пута већи него у кукурузу, садржај уља је дупло већи него у кукурузу, а садржај целулозе је приближно исти у треберу и у кукурузу. Садржај воде у треберу је већи 7,4 пута него у кукурузу, што је очекивано, са обзиром да се у технолошком поступку „кваси“, а и самом ферментацијом се везује додатна влага, као производ метаболизма квасаца. Садржај протеина од 30% указује да је требер веома квалитетно храниво, које може да замени веома скупе компоненте сточне хране, пре свега сојину сачму која има 44% протеина. Уколико узмемо да је цена сојине сачме увек висока (на дан 14.05.2021. године цена је 102,00 дин/kg у veleпродаји односно 0,87 €/kg, и у перспективи не очекује значајнији пад цене зрна соје, а самим тим ни сачме), треба искористити капацитете овог нуспроизвода од индустрије алкохола.

Како је већ појашњено, код WDGS концентрација хранљивих материја је већа него код полазне сировине-кукуруза, смањени унос скроба повећава конзумацију сварљивих влакана, и на тај начин помаже да се смањи или спречи појава ацидозе бурага. Влажни требер односно WDGS по неким истраживањима пружа већу енергију раста од кукурузне прекрупe (Семенченко, 2013). Садржај аминокиселина у DWG-у је дат у *табели 4*.

Табела 4. Садржај есенцијалних аминокиселина (% рачунат на суву материју) у протеинима

Амино киселина	Квасац	Кукуруз	DDGS
Аргини	2,35	0,54	1,05
Хистидин	1,17	0,25	0,70
Изолеуцин	2,37	0,39	1,52
Леуцин	3,45	1,12	2,43
Лизин	3,32	0,24	0,77
Метионин	0,79	0,21	0,54
Фенил аланин	1,96	0,49	1,64
Треонин	2,27	0,39	1,01
Триптофан	0,55	0,09	0,19
Тирозин	1,60	0,43	0,76
Валин	2,52	0,51	1,63

Извор: Семенченко, 2013

Из наведене табеле уочавамо, да је садржај аминокиселина у DDGS-у приближно дупло већи у односу на зрно кукуруза, а то се објашњава тиме да 50% аминокиселина потиче из квасаца. У прилог овоме иде и то да је садржај лизина, кога у кукурузу има мало, у самом DDGS-у већи три пута, што указује да ова аминокиселина потиче од квасаца који су богати лизином, али не само лизин већ и остале аминокиселине.

На основу истраживања (Семенченко, 2010) недвосмислено је утврђано да је садржај протеина у узорцима СКТ, више него удвостручио у односу на кукурузно зрно. Како је већ речено протеини ВКТ или СКТ потичу из два извора – из самог кукуруза али из квасаца, јер током ферментације, квасци ферментишу скроб али и производе ћелијску масу, која је највећим делом изграђена од протеина. У израђеној студији (Семенченко, 2010) сви хибриди института Земун Поље су дали кукурузну цибуру која је задовољила критеријум да цибра сведена на СМ има минимално 25% протеина. Из искуствених података из производње ЕТАНОЛ-ЛАБ Шабац, без обзира на хибрид кукуруза, цибра сведена на СМ испуњава услов из правилника о минималних 25% протеина, а често га далеко надмашује.

Сварљивост СМ кукурузне цибре је у распону 74-82%, што је утврђено пепсин-целулазном методом, а треба напоменути да је утврђено да је сварљивост СМ кукурузне цибре већа код воштаних хибрида, него код класичних хибрида. Већа сварљивост воштаних хибрида се објашњава тиме да они садрже 100% амилопектинску компоненту скроба, а хибриди зубана садрже 28% амилозе, која отежава и успорава сварљивост. Воштане хибриде преферирају сви истраживачи јер има позитивне ефекте у исхрани крава музара, али и других категорија говеда, пре свега товне јунади, а све се објашњава високом сварљивошћу амилопектина у бурагу. Сви коефицијенти сварљивости СМ кукурузне цибре су виши него коефицијенти сварљивости СМ целе биљке кукуруза која се креће 58-66% (Динић и сар., 2010) Сварљивост СМ зрна кукуруза је већа од сварљивости

цибре и у распону је 81-83% (Иветић и Антонов, 2014) нижа сварљивост цибре у односу на зрно кукуруза се објашњава садржајем целулозе и пепела, који су у цибри виши него код целог зрна кукуруза, а садржај лако сварљивих УХ у зрну кукуруза је значајно виши него у цибри.

Садржај уља у узорцима СКЦ је у распону 10,4% до 12,0%, сличне вредности налазимо и у страниј литератури, слична ситуација је и са пепелом, односно минералним остатком. Минерални остатак по резултатима по домаћој литератури (Семенченко, 2010) је у распону 5,65-6,17%, по подацима сајта „www.ddgs.umn.edu“ садржај пепела је нешто нижи 4,4%, а према узорку садржај пепела је 5,27%. Јасно је да садржај пепела и свих осталих елемената (уља, протеина, целулозе и др.) варира зависно од узорка, али и зависно од полазне сировине, тако да се разликује од шарже до шарже.

Цибра која води порекло од кукуруза је богатија по садржају уља, има већу сварљиву и метаболичку енергију, удео аминокиселина лизина, метионина и треонина него цибра од других житарица и зато је погоднија за исхрану домаћих животиња, пре свега свиња.

У погледу садржаја структурних угљених хидрата (УХ), односно у погледу садржаја лигно-целулозних влакана, испитивања кукурузне цибре су показала да је садржај NDF, ADF, ADL, хемицелулозе и целулозе виши него у целом зрну кукуруза. Садржај NDF, ADF, ADL, хемицелулозе и целулозе у појединим хибридим кукуруза дат је у *табели 5*.

Табела 5. Преглед садржаја структурних угљених хидрата и лигнино-целулозе у појединим ЗП хибридим кукуруза

Хибрид кукуруза	Садржај NDF (%)	Садржај ADF (%)	Садржај ADL (%)	Садржај хемицелулозе (%)	Садржај целулозе (%)
ЗП 434	33,81	9,27	1,05	24,54	8,22
ЗП 611к	31,41	8,02	0,64	23,39	7,38
ЗП 633	36,25	9,06	2,20	27,19	6,86
ЗП 704	34,16	8,59	2,16	25,49	6,44
ЗП746	38,27	10,15	1,51	28,12	8,64
ЗП Руменка	31,79	8,99	1,15	22,79	7,84
просек	34,28	9,01	1,45	25,25	7,56

Извор: Семенченко, 2010

Табела 6. Упоредна анализа садржаја структурних УХ и лигно-целулозе у целом зрну кукуруза и СКТ [7]

Зрно кукуруза	Садржај NDF (%)	Садржај ADF (%)	Садржај ADL (%)	Садржај хемицелулозе (%)	Садржај целулозе (%)
Цело зрно кукуруза	17,59-28,84	3,89-4,88	0,34-1,08	13,23-24,64	2,79-4,45
просек	23,21	4,37	0,71	18,94	3,62
СКТ	Садржај NDF (%)	Садржај ADF (%)	Садржај ADL (%)	Садржај хемицелулозе (%)	Садржај целулозе (%)
Просек СКТ	34,28	9,01	1,45	25,25	7,56
Просек цело зрно	23,21	4,37	0,71	18,94	3,62
СКТ у односу на цело зрно	1,48	2,06	2,04	1,33	2,09

Извор: Аутори

Из напред приказане *табеле б* се види да је садржај NDF-а и ADF-а (лигно - целулозна дијетска влакна) повећан у односу на цело зрно кукуруза и да коришћење СКТ и ВКТ у исхрани доводи до побољшања стања у румену преживара. Просечан садржај NDF-а и ADF-а у узорцима је приближан прописаним вредностима садржаја овог хранива у смеша за исхрану свиња. Ако се погледају вредности које прописује Одбор за житарице САД, који је задужен и за контролу квалитета хране за животиње, по њима садржај NDF-а је у распону 20,1-32,9% и садржај ADF-а је у распону 7,2-17,3%.% по подацима сајта „<https://grains.org/buying-selling/ddgs/>“. Ако се узме у обзир утицај садржаја лигноцелулозних влакана на сварљивост СМ, може се закључити да је кукурузна цибра веома квалитетно храниво. Може се користити за исхрану различитих врста и категорија животиња нарочито преживара. Садржај сварљиве енергије је око 17 MJ/kg, а садржај метаболичке енергије је око 16 MJ/kg. Како су сви узорци, којима је испитивана како сварљива тако и метаболичка енергија показали приближно исте резултате, може се са сигурношћу рећи да је кукурузни требер и протеинско и високо енергетско храниво. Предности кукурузне цибре су висок садржај уља и висок садржај искористивог фосфора. Вредности садржаја сварљиве и метаболичке енергије су знатно више од вредности садржаја ових енергија за хранива од кукурузних мекиња и пивског тропа.

Коришћење СКТ у комбинацији са другим хранивима оброка и као компоненте у смешама (потпуне, допунске) доприноси побољшању укуса и искористивости целог оброка, као и саме смеше, која се користи у исхрани домаћих животиња. Употреба кукурузне цибре у исхрани свиња се све више повећава. Препоручене количине СКТ у исхрани свиња су око

20% у смешама за све категорије свиња, а у већем проценту СКТ може да утиче на квалитет (чврстоћу) сланине, па зато удео требера (сувог) треба ограничити на 20%, а такође треба водити рачуна да се задовоље потребе за сварљивим аминокиселинама и усвојивим фосфором, као и за однос лизина и протеина, који би требало да буде нижи од 2,80.

Код јунади у свим фазама това, удео цибре може бити 40% од суве материје оброка. Са оваквим уделом СКТ у тову јунади остварује се већи прираст, бољи квалитет меса и полутки. СКТ се као додаток хранивима оброка за исхрану јунади у тову користи као извор протеина, да би се смањило удео глутенског и сојиног брашна у obroку, нарочито у комбинацији са силажом лошијег квалитета може да послужи као извор NDF влакана, и као замена за кукурузно глутенско брашно и сојине љуспице, као и када треба повећати садржај масти у obroку.

Физичке и хемијске особине СКТ варирају зависно од произвођача и могу имати различите хранљиве вредности, али и особине битне за манипулацију и складиштење СКТ, ово подразумева боју, мирис, величину честица, густину, рН материјала, термичке карактеристике, проточност, хигроскопност и стабилност при сушењу.

Ове особине варирају; зависно од улазне сировине, карактеристика млевења, хемикалија које се користе током процеса, врсте сушаре и услова сушења, као и многих других фактора на које се наилази током процеса производње биоетанола. Боја варира од светложуте до тамнобраон, мирис је слаткасти мирис ферментисане материје код светложуте боје, до мириса на загорелост и дим код тамнобраон боје (Семенченко, 2013). Од осталих физичких карактеристика издваја се влага као најбитнија, што се тиче руковања и лагровања односно чувања СКТ. Садржај влаге преко 12% може угрозити квалитет СКТ, јер је реч о ситним честицама где је проток ваздуха онемогућен, па могућност кварења од стране микроорганизама, пре свега плесни, расте са сваким промилом влаге, поготово ако се СКТ лагерује у дебелим слојевима. СКТ златасте боје има слadak ферментисани мирис, СКТ тамне боје има мирис на загорело и мирис дима (Семенченко, 2013). Величина честица СКТ има утицаја на сварљивост хранљивих материја, ефикасност мешања, запреминску масу, али и на укус. Специфична густина има утицаја код димензионисања складишног капацитета, али и приликом транспорта, јер се СКТ понаша као флуид, па честице веће запреминске масе падају на дно, а честице мање запреминске масе избијају на површину, што је од значаја приликом руковања и мешања. Крупније честице имају мању запреминску масу и обрнуто. Иако СКТ има карактеристике флуида, изражена је његова слаба проточност, што представља проблем приликом утовара, транспорта и истовара. Поједине фабрике сточне хране не желе проблеме приликом руковања СКТ па га избегавају у производњи, јер желе да избегну проблеме приликом манипулације и загушења система за транспорт. Проблеми са проточношћу су нарочито изражени уколико материјал има повећану влагу, односно ако поједини слојеви материјала имају већу влагу од

предвиђене, а ова појава да различити слојеви имају различиту влагу је условљена различитим димензијама, а самим тим и различитим специфичним густинама честица.

У погледу лагеровања, СКТ се може дуго лагеровати уколико је влага 10 - 12%, влага преко 12% већ представља ризик да може доћи до појаве плесни и кварења СКТ приликом лагеровања. Згрудњавање СКТ се може јавити као последица манипулације, поготово уколико није довољно охлађен већ се манипулише са врућим СКТ. Садржај уља у СКТ је око 10%, некада може достићи и до 12% а како је уље које у себи садржи већи проценат незасићених масних киселина, стајањем на ваздуху незасићене масне киселине могу да оксидују у пероксиде који су нестабилни, па се лако може јавити ужеглост. Влага у мастима или у састојцима са високим садржајем масти може појачати ужеглост. СКТ је хигроскопан материјал који упија влагу из ваздуха, па приликом лагеровања зависно од годишњег доба његова влага може отићи преко дозвољених 12%.

Кукурузни требер у исхрани говеда

СКТ је веома укусан за говеда и она га радо конзумирају, што даље резултира високим уношењем СМ а самим тим и енергије. ВКТ даје боље резултате у смислу прираста у поређењу са СКТ-ом. Уколико се 30 - 40% кукуруза у оброку замени са ВКТ-ом, конверзија хране се повећава за 15 - 20%. Ово повећање се јавља јер ВКТ има 120 - 150% енергије кукуруза, јер влакна која су присутна у ВКТ и СКТ за говеда имају велику енергетску вредност, јер преживари варе целулозу, која је за свиње неупотребљива, а за свиње целулоза предствља само влакно које олакшава варење, међутим у потпуности је несварљива. Код говеда максимални дневни прираст се постизао када је у храниво укључено 20 - 30% СКТ, уколико је садржај СКТ преко 30% маскимални дневни прираст почиње да опада. Оброци који садрже СКТ у проценту око 30% смањују ацидозу бурага, јер субакутна ацидоза је чест проблем код говеда која се хране високим садржајем житарица, које садрже брзо разградиви скроб. Код СКТ и ВКТ садржај скроба је низак, а висок је садржај влакана, протеина и масти. Оброци који садрже превише СКТ или ВКТ могу довести до вишка протеина и фосфора, вишак протеина ће резултирати скоком урее у урину и млеку по Ранатунга, Кенет и Кевин (Ranathunga et al., 2019). СКТ и ВКТ могу садржати високе вредности сумпора, што може бити потенцијални проблем за говеда, а сумпор потиче од тога што се у погонима биоетанола користи сумпорна киселина ради регулације киселости раствора. Садржај сумпора може да варира од 0,6 - 1,8%. Микроорганизми у бурагу захтевају одређену количину сумпора, али уколико је садржај сумпора превисок може доћи до полиоенцефаломалације - некрозе коре мозга, опадања уноса СМ у организам, опадања дневног прираста и опадања нивоа бакра у јетри.

У САД највећи потрошачи СКТ и ВКТ су говеда, било товна јунад било млечне краве. Суви или влажни кукурузни требер има високу енергетску вредност, влакна се лако ферментишу, а садржај протеина је веома висок.

Требер је храниво са високим садржајем уља, а садржај сирових протеина је веома висок, преко 30%, од ових 30% више од половине су несварљиви протеини, али зато је нето енергија лактације веома висока 2,25 Mcal/kg суве метерије, садржај сирових уља је око 10% на бази СМ, а садржај NDF влакана је око 39%.

Перформансе сувог и влажног требера код крава музара су веома сличне, али ипак благу предност има влажни требер. Суви или влажни требер се може користити као замена за концентровани део оброка. Рецептатура за исхрану крава музара треба да садржи до 30% требера у односу на СМ и на тај начин се постижу слични или бољи резултати у погледу млечности. Требер се посматра као замена за кукуруз, а његова предност је да значајно редукује проблеме са ацидозом бурага.

Закључак

Повећање производње млека се објашњава у нешто већој енергији и нешто већем садржају масти у оброку. Када се упореде рецептуре, где је садржај протеина и масти подједнак - рецептуре са сојином сачмом, СКТ је дао нешто боље резултате. Бољи резултати су били уколико је СКТ златножуте боје, док се користио СКТ тамнијих нијанси, резултати са СКТ су били нешто лошији него контролна рецептура са сојином сачмом. Претпоставка је да су вероватно протеини и масти из тамнијег требера били оштећени топлотом приликом сушења. Сва истраживања која су рађена била су у кратком временском периоду од 4 - 5 недеља, и оправдана су питања какав одговор ће се добити на дуготрајну примену СКТ у исхрани – у периоду од неколико година. Зато је рађено истраживање где су краве храњене ВКТ током целе лактације и у периоду засушења, а затим и током друге лактације, коришћен је ВКТ који је учествовао 15% у СМ комплетног оброка. Након прве године, разлике у количини млека су биле незнатне, 31,7 kg/дан за контролну рецептуру и 33,6 kg/дан за рецептуру са ВКТ, ипак и у овом случају на страни ВКТ имамо релативно повећање од 6%, разлике у млечној масти су 3,75% за контролну а 4,07% за рецептуру са ВКТ (релативно повећање од 8,5%), а у погледу протеина 3,29% за контролну, а 3,41% за рецептуру са ВКТ (релативно повећање од 3,6%). Оно што је значајно, да је у рецептури са ВКТ смањен унос скроба на неких 20%, али ово није имало значајнијег утицаја на производњу млека, међутим, зато је ефикасност варења поправљена, али и аминокиселински статус. Са сигурношћу се може рећи да употреба ВКТ и СКТ у исхрани млечних крава, доводи до побољшања, како у производњи млека (за пар процената), тако и да доведе до побољшања ефикасности варења и генерално здравственог стања крава.

Производњом биоетанола добија се гориво које задовољава критеријуме као „зелено“ гориво, али и нуспродукт који је вредно храниво за исхрану

говеда односно млечних крава. На овај начин од кукуруза као сировине добијамо и енергент и храну, и то храну за животиње, а како се од тих животиња добијају „више вредни“ производи – пре свега протеини у виду млека и меса, може се рећи да је прерадом кукуруза извршен основни задатак пољопривреде-производња хране али и „нови“ задатак производња енергије.

Литература

1. Бекрић, В. (2008). Савремени приступ употребе кукуруза, Институт за кукуруз „Земун Поље“ Београд
2. Динић Б., Марковић Ј., Терзић, Д. (2010). Квалитет кабасте сточне хране на газдинствима у Србији, Агрономски факултет Чачак
3. Иветић Д., Антонов М. (2014). Биоетанол из лигноцелулозних сировина : обновљиви извори и ензимска технологија за одрживу производњу енергије, Заштита материјала бр 55.
4. Rader D., Buck A., Hatorri T. (2020). Guide to Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS), US Grains Council, USA
5. Ranathunga, S., Kenneth, K. Kevin H. (2019). Ruminant fermentation, kinetics, and total-tract digestibility of lactating dairy cows fed distillers dried grains with solubles in low- and high-forage diets, American Dairy Science Association USA
6. Rosentrater, K. A. (2008). Some physical properties of distillers dried grains with solubles, Applied engineering in agriculture, USA
7. Семенченко, В. (2010). Нови трендови у производњи биоетанола, Технолошко-металуршки факултет, Београд
8. Семенченко, В. (2013). Испитивање различитих хибрида кукуруза као сировине за производњу биоетанола, скроба и хране за животиње, Технолошко металуршки факултет, Београд
9. www.ddgs.umn.edu (Приступљено: 14.09.2022)
10. <https://grains.org/buying-selling/ddgs/> (Приступљено: 14.09.2022)

BIOETHANOL PRODUCTION AND USE OF TREBER AS FEED FOR DAIRY COWS

Srdjan B. Segić¹, Gordana B. Mauna²

Abstract

In this paper is considered problem of shortage in energy and food, problems of burning fossil fuels, but also the importance of corn as a raw material were considered. The importance of bioethanol and the advantages of bioethanol production, as well as the disadvantages, were pointed out. A comparative analysis of distillers wet grains was performed according to data from the literature and from production, the physical and chemical properties of distillers wet grains were listed. The characteristics of distillers wet grains as a feed primarily for feeding cattle, specifically dairy cows, were analyzed

Key words: Bioethanol, Distillers wet grains, Nutritious, Cattle.

¹ Srdjan B. Segić, Master of Agricultural Engineering, Faculty of Biology, University of Belgrade, Studentski Trg 16, 11000 Belgrade, E-mail: segicsrdjan@gmail.com

² Gordana B. Mauna, doctor of medicine, Faculty of Biology, University of Belgrade, Studentski Trg 16, 11000 Belgrade