

TEHNOLOGIE ECOLOGICĂ INTEGRATĂ DE FABRICARE A SPIRTULUI DIN CEREALE, CU VALORIFICAREA BORHOTULUI ÎN BIOGAZ ȘI FERTILIZANT

Ing. Vasilie Nikolić¹, Călin M. Petrușca²

¹ S.C. NIKOLIĆ – URSACHE S.N.C. ² S.C. SIROMEX DRINKS S.R.L.

Rezumat

Fabricarea spirtului, din cereale sau din melasă, a constituit întotdeauna o problemă cu consecințe ecologice nefavorabile. Cauza o constituie subprodusul borhot, produs extrem de poluant pentru mediu. Până în 1989 a existat o rezolvare firească și benefică din toate punctele de vedere prin aceea că borhotul a fost utilizat integral ca furaj pentru animale, ceea ce de fapt și era, fiind astfel transformat în carne și lapte. Odată cu desființarea masivă a marilor complexe zootehnice această posibilitate a dispărut iar producătorii de spirt se confruntă cu mari probleme în raport cu legislația de mediu.

În urma unor investigații preliminare, a rezultat că borhotul de la fabricarea spirtului din cereale, are un potențial metanogen ridicat și că poate fi fermentat anaerob în acest scop. În consecință s-a trecut la conceperea, proiectarea și realizarea unei instalații complexe de producere a biogazului pornind de la borhotul fierbinte, rezultat din procesul de fabricare a spirtului din porumb.

Originalitatea instalației constă și din faptul că fermentatorul a fost realizat prin amenajarea unui pat de uscare din fosta stație de epurare a apelor reziduale a fermei de taurine din comuna Bușag de lângă Baia Mare. În această situație, singurul procedeu care putea fi adoptat a fost cel în *flux orizontal* care și-a dovedit viabilitatea în câteva instalații anterioare Revoluției.

Datele de proiect arată că din borhotul prelucrat prin măcinare coloidală, neutralizare și însămânțare cu sursa de bacterii metanogene (dejecții de vită) se poate obține o cantitate de biogaz care echivalează cu consumul energetic necesar fabricării spirtului. În condițiile creșterii neîncetate a costului gazului metan acest lucru face posibilă recuperarea rapidă a cheltuielilor de investiție.

Pe parcursul fluxului orizontal, procesul de fermentare trece de la sistemul termofil la cel mezofil, pe tot parcursul anului. Nu este necesară încălzirea tehnologică a fermentatorului întrucât borhotul este fierbinte la intrarea în fermentator. O bună izolare termică asigură reducerea la minim a pierderilor de căldură pe parcursul celor cca. 11 zile de fermentare.

Borhotul fermentat, mineralizat în cea mai mare parte, constituie un fertilizant agricol pe care investitorul îl va folosi ca îngrășământ natural, generator de humus, pe suprafața agricolă pe care o deține. În acest fel nu rezultă nici un deșeu din fabricarea spirtului din cereale. Este probabil că o soluție similară să se poată aplica și la fabricarea spirtului din melasă.

TEHNOLOGIE ECOLOGICĂ INTEGRATĂ DE FABRICARE A SPIRTULUI DIN CEREALE, CU VALORIFICAREA BORHOTULUI ÎN BIOGAZ ȘI FERTILIZANT

Ing. Vasile Nikolić¹, Călin M. Petrușca²

¹ S.C. NIKOLIĆ – URSACHE S.N.C. ² S.C. SIROMEX DRINKS S.R.L.

Fabricarea spirtului, din cereale sau din melasă, a constituit întotdeauna o problemă cu consecințe ecologice nefavorabile. Cauza o constituie subprodusul borhot, produs extrem de poluant pentru mediu. Până în 1989 a existat o rezolvare firească și benefică din toate punctele de vedere prin aceea că borhotul a fost utilizat integral ca furaj pentru animale, ceea ce de fapt și era, fiind astfel transformat în carne și lapte. Odată cu desființarea masivă a marilor complexe zootehnice această posibilitate a dispărut iar producătorii de spirt se confruntă cu mari probleme în raport cu legislația de mediu.

Prezenta comunicare se referă la realizarea unei instalații de producere a biogazului adaptată condițiilor concrete găsite pe teren.

În comuna Bușag din județul Maramureș, situată la cca. 20 km vest de Baia Mare, S.C. SIROMEX DRINK'S deține o fabrică de produs alcool etilic. Pe acest amplasament a fost cândva o fermă de vaci compusă din mai multe grajduri precum și dintr-o stație de epurare a dejecțiilor de vită. În prezent unul din fostele grajduri a fost amenajat pentru a cuprinde o fabrică de alcool etilic iar celelalte servesc ca depozit pentru materia primă (porumb) și alte materiale.

Stația de epurare proiectată și realizată în anii 1980, constă din 6 paturi de decantare și uscarea a dejecției de vită, prevăzute cu pante și drenuri de evacuare a fracțiunii lichide și de un bazin colector final al fracțiunii lichide. Paturile de uscarea au fost executate din beton armat, cu pereți înalți de 1,9 m. având o lungime totală de 75 m din care 55 m în poziție orizontală și 20 m sub forma înclinată, cu o pantă de 1:10 pentru accesul mijloacelor mecanizate în vederea golirii periodice a paturilor. Fiecare pat are o lățime de 12,5 m. Peretele din fund, executat tot din beton armat, este prevăzut cu goluri de scurgere pe întreaga sa suprafață. Unul din aceste paturi a constituit punctul de plecare pentru realizarea instalației de producere a biogazului.

Producția de alcool, fie că se face din cereale (porumb) fie că s-ar face din melasa provenită de la fabricile de zahăr, are ca produs secundar borhotul. În cazul porumbului, volumul borhotului reprezintă de 12-13 ori volumul alcoolului produs. La fabrica de spirt din Bușag, cantitatea zilnică de borhot rezultat este, în medie, de 112 m³. Cu toate că acest borhot ar putea constitui un furaj bun pentru animale (vite, porci), din lipsa unui sector zootehnic local, dezvoltat pe măsură, el nu își găsește o astfel de valorificare, constituind o sursă majoră de poluare pentru mediu datorită, mai ales, conținutului ridicat de substanțe organice pe care le conține.

O soluție rațională o constituie continuarea procesării acestui borhot prin fermentație anaerobă metanogenă cu obținere de biogaz combustibil și un produs

fermentat, sărăcit de materie organică și care poate constitui un foarte bun fertilizant agricol.

Procedând astfel, tehnologia ce se va aplica în viitor în fabrica de alcool de la Bușag va intra în categoria *tehnologiilor integrate* moderne, al căror scop este valorificare integrală a materiei prime.

În funcție de tehnologia de fabricare a spirtului, aplicată în cazul porumbului ca materie primă, datele din literatură de specialitate și din analizele efectuate asupra unor borhoturi indigene prezintă o compoziție ce poate varia în anumite limite. Astfel în literatura de specialitate se arată că din substanța uscată a materiei prime (porumb), în borhot trece aproximativ o treime. Conținutul de substanță uscată din borhot variază între 4 și 8% și este formată, în majoritate, din substanțe proteice, hemiceluloze, celuloză, amidon, pentozani etc. Pentru o compoziție medie a borhotului din porumb sunt indicate valorile din tabelul următor:

Compoziția borhotului de spirt din porumb în literatura de specialitate Tabel 1

Părțile componente ale borhotului	Porumb
Apă	93,15
Substanță uscată	6,85
Substanțe solubile	2,49
Substanțe reducătoare (calculate ca maltoză)	0,53
Substanțe reducătoare după hidroliza cu HCl (calculate ca glucoză)	0,55
Amidon	0,47
Pentozani (în filtrat)	0,41
Hemiceluloză	1,78
Celuloză	0,32
Azot total	0,40
Azot în filtrat	0,04
Cenușă totală	0,40
Cenușă în filtrat	0,29
Grăsimi	0,67

Concentrația de substanță uscată din borhot depinde de cantitatea de borhot obținută din prelucrarea a 1 tonă de cereale. Aceasta, la rândul ei, depinde de concentrația în alcool a plămezii fermentate. Cu cât aceasta are un conținut de alcool mai mic (fiind, deci, mai diluată) cu atât cantitatea de borhot rezultată este mai mare dar substanța uscată a lui e mai mică. Astfel, pentru o plămadă cu un conținut de alcool de 6% (volum), cantitatea de borhot este de 18,8 dal/dal de spirt iar în cazul unei plămezi cu un conținut de alcool de 10%, cantitatea de borhot este de 10,8 dal/dal spirt.

De la fabrica de spirt din Buşag au fost trimise spre a fi analizate, într-un laborator din Szarvas (Ungaria), două probe de borhot integral și separat prin sitare. Rezultatele parțiale ale acestor analize (2) sunt prezentate în tabelul următor:

FAZA	PROBA	Substanța uscată %	Substanța organică %	pH
Înainte de separare	1	8,25	91,72	3,77
	2	8,02	96,46	3,76
După separare	1	4,69	94,46	3,79
	2	2,97	92,89	3,81

Analizele borhotului de la fabrica de spirt din Buşag, arată un conținut de S.U. de 8,25% la prima probă și de 8,02% la cea de a doua probă de borhot neseplat. Conținutul de materie organică, raportat la substanța uscată, este de 91,72% la prima probă și de 96,46% la cea de a doua probă.

Din datele de mai înainte se deduce conținutul absolut de substanță organică la cele două probe:

$$\begin{aligned} \text{Proba 1-a} & \quad 8,25 \times 0,9172 = 7,5669 \% \\ \text{Proba a 2-a} & \quad 8,02 \times 0,9646 = 7,7361 \% \end{aligned}$$

Media celor două probe la conținutul de substanță organică (S.O.) este de 7,65 % adică de 76,5 kg S.O./m³ borhot

Din totalul conținutului de substanță organică se poate considera că 90% este materie organică biodegradabilă.

În cazul fermentării metanogene, după sistemul în flux orizontal, se poate conta pe un grad de epuizare a substanței organice biodegradabile în proporție de 90%. De aici se poate deduce conținutul de substanță organică ce va fi transformat în biogaz:

$$7,65 \times 0,9 \times 0,9 = 6,195 \% \text{ adică cca. } 62 \text{ kg. S.O./m}^3 \text{ de borhot.}$$

La un randament de conversie $R = 0,5 \text{ m}^3 \text{ biogaz/kg S.O. degradată}$ și la cantitatea de borhot de $112 \text{ m}^3/\text{zi}$, producția obținabilă de biogaz va fi:

$$62 \text{ kg S.O./m}^3 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{kg S.O.} \times 112 \text{ m}^3/\text{zi} = \mathbf{3472 \text{ m}^3/\text{zi}}$$

Această producție de biogaz, raportată la conținutul total de substanță organică din borhot, conduce la un randament de conversie brut de $0,405 \text{ m}^3/\text{kg}$ care se înscrie în limitele indicate în buletinul de analiză din Ungaria ($0,25 - 0,5 \text{ m}^3/\text{kg}$).

Principalele faze tehnologice de valorificare complexă a borhotului sunt prezentate în schema de principiu alăturată și sunt următoarele:

- Separarea grosierului de faza lichidă
- Măcinarea fracțiunii solide separate
- Reconstituirea borhotului
- Neutralizarea borhotului reconstituit
- Inocularea inițială a borhotului
- Fermentarea borhotului:

În continuarea se vor descrie aceste faze tehnologice cu referire și la Schemele fluxului tehnologic (partea I-a și partea a II-a) alăturate, cu care se vor citi împreună.

Separarea grosierului de faza lichidă

Această operațiune tehnologică se practică și în prezent la fabrica de spirt de la Bușag și ea este necesară în continuare pentru a face posibilă efectuarea următoarei faze tehnologice. Separarea grosierului se face cu ajutorul unei site rotative (poz.1), fracțiunea grosieră fiind depozitată în saci.

Faza lichidă separată se pompează cu ajutorul unei pompe centrifugale (poz. 4a), într-un vas de reconstituire (poz. 3) a borhotului.

În urma acestei separări se obțin zilnic cca. 10 tone fracțiune solidă și cca. 102 m³ fracțiune lichidă.

Măcinarea fracțiunii solide separate

Scopul acestei faze este de a asigura o compoziție granulometrică cât mai uniformă pentru borhotul supus fermentării. Prezența unor suspensii grosiere în substrat ar diminua producția de biogaz și ar putea crea dificultăți la avansul materialului prin canalele fermentatorului fie datorită depunerii excesive fie datorită formării unei cruste exagerat de mari la suprafața lichidului.

Măcinarea se va face cu ajutorul unei mori coloidale (poz.2) care să asigure divizarea fină a grosierului, asemănătoare cu celelalte suspensii rămase în faza lichidă după sitare. Grosierul măcinat se pompează cu ajutorul unei pompe cu șnec (poz. 4b) într-un vas de reconstituire a borhotului (poz. 3).

Reconstituirea borhotului

Reconstituirea compoziției inițiale a borhotului se face, în flux continuu, în vasul poz. 3, prevăzut cu un agitator. Din acest vas, borhotul reconstituit se pompează cu ajutorul unei pompe centrifugale (poz. 5) spre fermentator (poz. 8).

Neutralizarea borhotului reconstituit

Borhotul reconstituit are o aciditate ridicată, caracterizată prin pH=3,7 – 3,8. La această aciditate fermentarea metanogenă nu este posibilă. Din acest motiv borhotul trebuie neutralizat. Neutralizarea acidității se face cu ajutorul laptelui de var, în concentrație de 5-6 %, preparat din var hidratat și apă într-un vas cu agitator (poz. 6) și

se dozează în fluxul de borhot, refulat spre fermentator, de către o pompă dozatoare (poz. 5).

În cadrul cercetării de laborator, efectuată cu prilejul elaborării prezentului proiect, s-a stabilit că pentru aducerea acidității borhotului la $\text{pH}=7,0$ se poate utiliza lapte de var cu o concentrație de 5%, preparat din apă și var hidratat existent în comerț.

Prin titrare potențimetrică, cu ajutorul unui pH-metru cu electrod combinat, s-a fost stabilit că pentru cantitatea zilnică de borhot, necesarul și consumul de lapte de var având concentrația de 5% va fi de $3,8 \text{ m}^3$

Pentru prepararea acestei cantități de lapte de var sunt necesare 190 kg/zi var hidratat și, respectiv, 3700 l/zi apă de la rețea.

Inocularea inițială a borhotului

Borhotul este practic steril la temperatura la care este evacuat din fabrica de spirt (cca. 85°C). Pentru a putea începe procesul de fermentare el trebuie inoculat cu bacterii specifice fermentării care să ducă la producerea biogazului. Aceste bacterii se găsesc în mod natural în tractul digestiv al tuturor rumeștoarelor respectiv în rumenul acestora. Cel mai la îndemână procedeu constă în utilizarea bălegarului proaspăt de vită în calitate de material inoculant.

Pentru inocularea inițială proiectul prevede un vas cu agitator (poz. 13). În acest vas se vor introduce, timp de 10-11 zile consecutiv, aproximativ câte 1000 kg/zi de bălegar de vacă fără paie sau alte substanțe grosiere. Se umple vasul poz. 13 cu borhot prin deschiderea robinetului de admisie. Se introduc, manual cca. 100 kg . bălegar cu agitarea concomitentă a conținutului vasului. Se pompează conținutul vasului în fermentator cu ajutorul unei pompe (poz. 14). Operațiunea se repetă de 10 ori în decursul unei zile. În tot acest răstimp, continuă fluxul principal de introducere a borhotului în fermentator. Întreaga operațiune se repetă timp de 3-4 zile consecutiv. Borhotul se va răspândi în fermentator de a lungul canalelor și, după cca. 11 zile de la începerea încărcării, va umple fermentatorul. În acest fel se asigură inocularea uniformă a borhotului și urmează o perioadă de așteptare pentru apariția biogazului.

Fermentarea borhotului

Fermentarea borhotului începe după inoculare la un interval de timp variabil, necesar adaptării microorganismelor din bălegar la condițiile de temperatură oferite de borhot și care diferă mult de temperatura la care ele sunt obișnuite să lucreze (cca. 37°C).

Începutul fermentării este semnalat de degajarea unui gaz care, la început, conține mai mult dioxid de carbon. Treptat, va crește conținutul de metan în gazul degajat. Când acest conținut depășește 40% biogazul poate fi aprins. E greu de apreciat cât va dura amorsarea completă a fermentației metanogene din două motive : Întâi fiindcă este o premieră națională la care se valorifică borhotul în biogaz și fertilizant și al doilea – nu se cunoaște exact durata de compatibilizare a bacteriilor din inocul cu noul regim termic la care ele sunt obligate să funcționeze.

Regimul termic al fermentării

Borhotul este eliminat din fabrica de spirt la cca. 85°C. Din acest moment are loc o scădere continuă a temperaturii borhotului până la evacuarea lui din fermentator. Dinamica scăderii temperaturii borhotului poate fi urmărită în tabelul de mai jos:

Operațiunea din fluxul tehnologic	Temperatura borhotului, °C	
	La intrare vara/iarna	La ieșire vara/iarna
Pregătirea borhotului : sitare, măcinare coloidală, reconstituire, neutralizare	85	67-68/55-60
Pompare spre fermentator	67-68/55-60	62-65/47-54
Fermentare	62-65/47-54	48/33

Rezultă că fermentarea va avea loc în regim preponderent termofil în timpul verii și mixt, termofil/mezofil în timpul iernii. Din cele de mai sus mai rezultă un lucru foarte important și anume că procesul de fermentare nu mai are nevoie de consum de biogaz pentru asigurarea regimului termic de fermentare, acest fiind asigurat de entalpia inițială, ridicată, a borhotului.

Borhotul fermentat și mineralizat este descărcat printr-un prea-plin amplasat la finele ultimului canal de circulație, odată cu introducerea borhotului proaspăt la începutul primului canal. Lungimea totală a canalelor de circulație este de 385 metri, distanță pe care, în timpul funcționării, borhotul o parcurge în cca. 11 zile.

Agitarea indispensabilă acestui sistem de fermentare este asigurată de biogazul recirculat de către o suflantă și distribuit secvențial pe canalele de circulație de către electroventile conform unui program prestabilit. Uniformitatea agitării este asigurată de o rețea de distribuție așa cum se poate vedea din schema alăturată.

Pentru acumularea biogazului este în curs de achiziție un rezervor de acumulare cu membrană dublă din polietilenă rezistentă și cu echipamentul care asigură menținerea unei presiuni constante de 200 mmCA. Din acest acumulator se alimentează consumatorii de biogaz din centrala termică a unității.

Instalația de biogaz se află în faza finală de execuție, punerea în funcțiune fiind prevăzută pentru trimestrul 4 al acestui an.

Comunicare ținută la Ediția a II-a a Simpozionului Internațional „**BIOCOMBUSTIBILII IN ROMANIA**, organizat de către **CHIMINFORM DATA** și **ICECHIM**, București, 27/28 septembrie, 2006.