

IN VITRO FERMENTABILNOST KUKURUZNOG ZRNA, NEZRNATOG DIJELA KUKURUZNE BILJKE I KUKURUZNE SILAŽE

IN VITRO FERMENTABILITY OF MAIZE GRAIN, NON-GRAIN PART OF PLANT AND MAIZE SILAGE

D. Babnik, J. Verbič

Izvorni znanstveni članak
UDK: 636.085.52.086.15.255.
Primljeno: 25. lipanj 1999.

SAŽETAK

Ispitivana je dinamika tvorbe plina in vitro s buražnim sokom kod inkubacije kukuruznog zrna, nezrnatog dijela kukuruzne biljke i kukuruzne silaže dvaju različitih hibrida. Pomoću izračunatih parametara, tj. maksimalnog stupnja tvorbe plina (MSP) i vremena maksimalnog stupnja tvorbe plina (VMSP), ustanovljene su razlike između kukuruza tipa polutvrđunac i kukuruza tipa zuban. VMSP kod zrna tipa polutvrđunac postignuto je nakon 7.6 sati a kod tipa zuban nakon 6.3 sata. Također MSP veći je u tipa zuban nego u tipa zrna polutvrđunac (22.5 prema 19.7 ml/g suhe tvari/sat). Vrijednosti dakle pokazuju da je razgradljivost suhe tvari, odnosno škroba u buragu kod zrna tipa polutvrđunac niža nego kod tipa zuban. Kakvoća nezrnatog dijela bolja je kod polutvrđunca nego kod zubana. Analizom dinamike in vitro tvorbe plina utvrđeno je da se kod siliranja povećava razgradljivost škroba. Kod silaže je naime prije postignut VMSP (6.5 prema 7.7 sati) te povećan MSP (14.2 prema 13.9 ml/g suhe tvari/sat) nego kod kukuruza za silažu. Kod kukuruzne silaže, odnosno kukuruza za silažu upotrebljivost in vitro tvorbe plina je ograničena jer je teško izdvojiti utjecaj razgradljivosti škroba od utjecaja sadržaja škroba ili kakvoće stabljike. Zbog toga razlike između hibrida potrebno je ispitivati odvojeno za zrno i nezrnati dio kukuruzne biljke.

UVOD

Kukuruzna silaža sve je značajnija u suvremenoj stočarskoj proizvodnji u svijetu. Za proizvodnju kvalitetne kukuruzne silaže između ostaloga značajna je i kakvoća kukuruza za siliranje. Najprikladniji je kukuruz s velikim udjelom klipa i dobrom probavljivošću biljke bez klipa, odnosno stabljike. Varijabilnost u probavljivosti organske tvari klipa između pojedinih hibrida malena je u usporedbi sa stabljikom (Deinum i sur.; 1983./1984.). Kod kreiranja hibrida za silažu

kakvoća zrna bila je zbog toga obično zanemarena. U posljednjem deceniju brojna istraživanja pokazuju da postoje značajne razlike i u kakvoći klipa, odnosno zrna. Unatoč jednakoj probavljivosti kukuruznog zrna u cijelom probavnom traktu preživača, između pojedinih hibrida postoje velike razlike u mjestu probave škroba. In sacco metodom utvrđene su naime velike razlike u razgradljivosti suhe tvari (ST) zrna, odnosno škroba u buragu

Dr. sc. Drago Babnik, doc. dr. sc. Jože Verbič, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, Slovenija.

između različitih hibrida (Flachowsky sur., 1992.; Verbič i sur., 1995.; Philippeau i Michalet-Doreau, 1997.; Philippeau i Michalet-Doreau, 1998.) Sva istraživanja pokazuju da je razgradljivost škroba veća kod kukuruznog zrna tipa zuban nego u zrna tipa tvrdunac. Na razgradljivost škroba, naravno, pored genetskih utjecaja djeluju i drugi utjecaji kao što su zrelost kukuruza, način konzerviranja, obrada i mljevenje zrna i dr.

Zbog različite razgradljivosti škroba u buragu različita je i količina škroba koja se probavi postruminalno. S premještanjem probave škroba iz buraga u tanko crijevo, preživači mogu bolje iskoristiti energiju jer se pri tom smanjuju gubici energije metanom te poboljša učinkovitost iskoristavanja metaboličke energije (Gädeken i sur., 1995.). Kako je kapacitet tankog crijeva za probavu škroba kod preživača ograničen (Kreikemeier i Harmon, 1995. Krehbiel i sur., 1996.; Huntington, 1997), za optimalnu opskrbljenost preživača energijom potrebno je što bolje iskoristiti i kapacitet buraga i tankog crijeva. Velike količine brzo razgradivog škroba u buragu mogu prouzročiti acidozu buraga, a u blagom obliku smanjiti probavljivost strukturnih ugljikohidrata (Verbič i Babnik, 1998). Ti su autori ustanovili da je zbog manje razgradljivosti škroba u buragu kod polutvrdunca veća pH vrijednost u buragu, količina postruminalno probavljivog škroba, te zbog povoljnijih uvjeta u buragu i sinteza mikrobnih bjelančevina u njemu nego kod silaže tipa zuban.

Za manipulaciju probave škroba u preživača nužno je dakle poznavanje razgradljivosti škroba u buragu kod pojedinih krmiva te mogućnost biranja različitih krmiva različite razgradljivosti. Korištenje genetske varijabilnosti u razgradljivosti škroba kod silažnog kukuruza čini se jednim od povoljnijih putova za optimalizaciju opskrbe preživača energijom.

Klasični pokusi probavljivosti ne pružaju nikakvu mogućnost ocjenjivanja razgradljivosti škroba kod kukuruzne silaže, a ni klasične in vitro metode ocjenjivanja probavljivosti organske tvari. Najdostupnija za praktično ocjenjivanje razgradljivosti škroba u buragu je metoda najlonskih vrećica. Međutim, negativna strana in sacco me-

tode je visoka početna razgradljivost škroba, odnosno velika količina škroba koji se ispira iz najlonskih vrećica prije inkubacije u buragu. Fermentabilnost škroba koji se ispire iz najlonskih vrećica in sacco metodom ne može se ocjenjivati. Kod istraživanja svojstava škroba, za rješavanje tih poteškoća određene mogućnosti vjerojatno bi mogla pružiti in vitro metoda zvana test fermentabilnosti, kojom se može ocjenjivati dinamika razgradnje. Metoda se temelji na principu mjerenja plinova koji nastaju prilikom mikrobnog razgradnje krme u soku buraga.

Cilj ovog istraživanja je, dakle, utvrditi in vitro fermentabilnosti suhe tvari, odnosno škroba kukuruza za silažu, odnosno kukuruzne silaže. Ovo istraživanje je dio detaljnijih i opsežnih ispitivanja razlika između dva tipa hibrida. In sacco metodom, naime, istraživana je razgradljivost škroba kukuruznog zrna i kukuruzne silaže cijele biljke (Verbič i sur., 1998.). In vivo ispitivanjima istraživan je i utjecaj hibrida na probavljivost škroba silaže u različitim dijelovima probavnog trakta, uvjeti u buragu za probavu nezrnatog dijela kukuruzne biljke te djelotvornost mikrobnog sinteze bjelančevina u buragu (Verbič i Babnik, 1998.).

MATERIJAL I METODE RADA

Hibridi u pokusu bili su slični po stadiju zrelosti, a različiti po tipu zrna. Jedan hibrid imao je zrno tipa zuban (BC 278; Institut za oplemenjivanje bilja - Zagreb), a drugi tipa polutvrdunac (Dea; Pioneer - Iowa). Uzorci svakog hibrida sakupljeni su na istoj parceli na tri različita mjesta. Nezrnat dio kukuruzne biljke (NZB) sušen je odvojeno od zrna kod 60°C. Oba hibrida silirana su u pokusne silose (0,78 m³), svaki hibrid u dva silosa. Kod otvaranja silosa iz svakog silosa oduzeta su po dva uzorka silaže, a nakon toga sušena. Uzorci kukuruza i silaže mljeveni su u Wiley mlinu s mrežom otvora 1 mm, a dio kukuruzne silaže samljeven je i kroz mrežu otvora 5 mm. Postupak siliranja, kemijski sastav kukuruza i silaže te promjene kod procesa siliranja detaljnije su prikazani u radu Verbiča i sur., 1997a.

In vitro pokus fermentabilnosti proveden je prema metodi Menkey i sur., 1979. Uzorci (150 mg) su izvagani u injekcijske brizge veličine 100 ml. Brizge su zatim dopunjene s 30 ml mješavine puferske otopine i buražnog soka (2:1) te inkubirane u vodenoj kupelji kod 39°C.

Tijekom inkubacije bilježene su količine plina. Izmjerena količina plina korigirana je s količinom plina kod slijepih uzoraka (inkubacija puferske otopine i buražnog soka bez uzoraka). Prvi in vitro pokus proveden je u dva ponavljanja, a kod svakog ponavljanja svaki je uzorak inkubiran u tri paralele. Buražni sok sakupljen je od tri ovna hranjena kukuruznom silažom (1330 g suhe tvari na dan) dopunjenom ureom (14.8 g N na dan) i vitaminsko-mineralnim dodatkom.

U drugom in vitro pokusu, koji je proveden na kukuruznoj silaži mljevenoj kroz mrežu otvora 1, odnosno 5 mm, upotrijebljena je modificirana aparatura (Babnik, 1992.). Umjesto injekcijskih brizga upotrijebljene su Erlenmajerove tikvice spojene plastičnim cjevčicama sa staklenim valjcima za sakupljanje plina. Izvagan je 1 g uzorka i dopunjen sa 150 ml puferne otopine i buražnog soka (2:1).

Dobiveni podaci o tvorbi plina obrađeni su modelom Gompertza (Lavrenčić i sur., 1996.): $Y = B \exp(-C \exp(-At))$, gdje je Y količina plina izmjerena u vrijeme t, B totalna potencijalna tvorba plina, C relativni stupanj tvorbe plina prouzročen konstantnim faktorom mikrobne aktivnosti A. Promjene stupnja tvorbe plina u zavisnosti od vremena inkubacije izračunate su pomoću prvog odvoda (derivacije) funkcije Gompertza ($Y'(t)$). Vrijeme maksimalnog stupnja tvorbe plina (VMSP) za svaki uzorak izračunato je pomoću drugog odvoda funkcije ($Y''(t_0) = 0$) ujednačenog s 0 i riješenog za t. Maksimalan stupanj tvorbe plina (MSP) izračunat je pomoću stavljanja vrijednosti VMSP u prvi odvod funkcije.

Obrada podataka obavljena je statističkim programom Statgraphics Plus (1996.).

REZULTATI I RASPRAVA

Količina plina izmjerena nakon 24 sata inkubacije kukuruznog zrna bila je jednaka u oba hibrida i vrlo slična kod inkubacije oba hibrida kukuruzne silaže (Tablica 2). Rezultati su očekivani u vidu kemijskog sastava zrna, odnosno kukuruzne silaže (Tablica 1). Kod NZB hibrida tipa zuban ustanovljena je nešto veća tvorba plina, što je vjerojatno posljedica veće koncentracije hemi-celuloza kod tog hibrida (296 prema 312 g/kg ST) te manjeg sadržaja sirove vlaknine. Kod silaže razlike između hibrida su male i prouzročene različitim udjelom škroba, kod hibrida tipa polutvrđunac sadržaj škroba u silaži bio je naime veći (342 g/kg ST) nego kod hibrida tipa zuban (290 g/kg ST). Veći sadržaj škroba znači veću probavljivost, odnosno veću tvorbu plina. Međutim, kakvoća NZB bolja je kod hibrida tipa zuban, pa je ukupno razlika između hibrida malena. Rezultati in vitro pokusa prilično se slažu s rezultatima in vivo pokusa u kojem je bila ustanovljena probavljivost organske tvari (75.8 prema 73.9 %) te probavljivost škroba u cjelokupnom probavnom traktu (99.7% prema 98.6%) u oba hibrida (Verbič i sur., 1997b.).

Veće razlike između hibrida u ovom pokusu mogu se djelomično ocijeniti tek praćenjem dinamike tvorbe plina in vitro kod zrna (Tablica 2, Slika 1). Maksimalan stupanj tvorbe plina (MSP) kod zrna tipa zuban bio je veći (22.5 ml/g ST/sat) nego kod zrna tipa polutvrđunac (19.7 ml/g ST/sat). Također, vrijeme u kojem je postignut maksimalni stupanj tvorbe plina (VMSP) kraće je kod zrna tipa zuban (6.3 sata nakon inkubacije) nego kod zrna tipa polutvrđunac (7.6 sati nakon inkubacije). Oba parametra (MSP i VMSP) slažu se s rezultatima razgradljivosti škroba in sacco (Verbič i sur., 1998.). Razgradljivost škroba u buragu preživača kod zrna polutvrđunca bila je naime manja (55.4%) nego kod zrna tipa zuban (68.3%). Razlika u in sacco razgradljivosti škroba između hibrida bila je još veća kod kukuruzne silaže (74.3% prema 91.5%).

Tablica 1. Kemijski sastav kukuruznog zrna, nezrnatog dijela biljke i kukuruzne silaže
Table 1. Chemical composition of maize grain, non-grain parts and maize silage

	Kukuruzno zrno Maize grain			Nezrnati dio biljke Non-grain parts			Kukuruzna silaža Maize silage		
	Zuban Dent	Polutvrdu- nac - Flint	SE	Zuban Dent	Polutvrdu- nac - Flint	SE	Zuban Dent	Polutvrdu- nac - Flint	SE
Udio (u % od ukupne biljke) Proportion (in % of total plant)	45.4 ^a	51.7 ^b	1.1	54.6 ^b	48.3 ^a		/	/	
Suha tvar (%) - Dry matter (%)	/	/		/	/		37.2	37.2	0.3
Sir. bjelančevine (g/kg ST) Crude protein (g/kg DM)	103.7 ^b	93.2 ^a	0.9	54.2	47.8 ^a	1.6	74.4	73.6	0.9
Sir. vlaknina (g/kg ST) Crude fibre (g/kg DM)	25.6	24.8	0.7	336	351	5.8	180.7	172.1	3.7
NDV (g/kg ST) - NDF (g/kg DM)	87.1	87.1	3.8	721	708	6.5	368	342	9.4
KDV (g/kg ST) - ADF (g/kg DM)	31.6	31.9	1.4	409	412	6.1	206	197	5.2
Hemiceluloze (g/kg ST) Hemicelluloses (g/kg DM)	55.5	55.2	2.9	312	296	1.8	162	145	4.6
Škrob (g/kg ST) - Starch (g/kg DM)	688	670	5.5	11.9	15.5	2.1	290	342	14.1

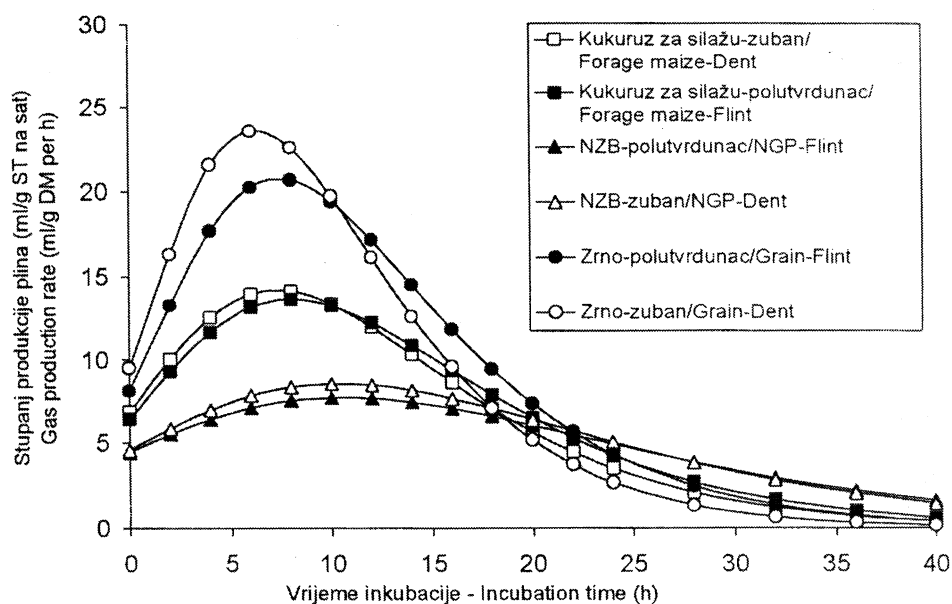
^{a,b} vrijednosti označene različitim slovima unutar vrste uzorka značajno se razlikuju među sobom ($p < 0.05$)

^{a,b} means marked with different letters within the type of sample differ significantly ($p < 0.05$)

SE – standardna pogreška srednje vrijednosti; SE – standard error of the mean

Slika 1. Stupanj tvorbe plina kod in vitro inkubacije kukuruznog zrna, nezrnatog dijela biljke (NZB) i kukuruza za silažu kod dvaju različitih hibrida u zavisnosti od vremena inkubacije

Figure 1. Gas production rate during in vitro incubation of maize grain, non-grain parts (NGP) and forage maize derived from two different maize hybrids in dependence on incubation time



Tablica 2. Utjecaj hibrida i finoće mljevenja na in vitro tvorbu plina i parametre krivulja tvorbe plina prema Gompertzu kod kukuruznog zrna, nezrnatog dijela biljke (NZB), kukuruza za silažu i kukuruzne silaže

Table 2. The effect of hybrid and grinding fineness on in vitro gas production and parameters of gas production curves according to Gompertz in maize grain, non-grain parts (NGP), forage maize and maize silage

	KP _{24 sata} GP _{24 h}	Parametri krivulja prema Gompertzu Parameters of curves according to Gompertz				VMSP TMGPR	MSP MGPR
		A	B	C	SEE		
	ml/g ST ml/g DM		ml/g ST ml/g DM			sati hours	ml/g ST ml/g DM
Prvi pokus - First experiment							
Utjecaj hibrida - Effect of hybrid							
Zrno - polutvrđunac - Grain - flint	317	0.150	358	3.05	10.0	7.58 ^b	19.7 ^a
Zrno - zuban - Grain - dent	317	0.180	346	3.02	11.9	6.31 ^a	22.5 ^b
SE	3.9	0.003	1.75	0.062	0.3	0.201	0.39
NZB - polutvrđunac - NGP - flint	169	0.084 ^a	238	2.45	6.2	10.6	7.35 ^a
NZB - zuban - NGP - dent	179	0.091 ^b	244	2.57	7.5	10.4	8.15 ^b
SE	2.1	0.0003	1.96	0.066	0.28	0.238	0.05
Silaža - polutvrđunac - Silage - flint	247	0.132 ^a	290 ^b	2.42	13.9	6.67 ^b	14.1
Silaža - zuban - Silage - Dent	243	0.137 ^b	284 ^a	2.39	14.7	6.38 ^a	14.3
SE	1.7	0.002	0.18	0.013	0.26	0.092	0.19
Utjecaj siliranja - Effect of ensiling							
Kukuruz za silažu ^{&} - Forage maize ^{&}	245	0.132	286	2.76 ^b	2.52	7.71 ^b	13.9
Kukuruzna silaža - Silage	245	0.134	287	2.41 ^a	2.92	6.53 ^a	14.2
SE	2.9 (1.6) [#]	0.004 (0.002)	2.51 (1.25)	0.084 (0.042)	0.23 0.18	0.22 (0.11)	0.44 (0.22)
Drugi pokus - Second experiment							
Utjecaj mljevenja - Effect of grinding							
Silaža 1 mm - Silage 1mm	203.5	0.190	217.1	2.42	10.4	4.51 ^a	15.5
Silaža 5 mm - Silage 5mm	199.5	0.170	216.9	2.50	8.5	5.40 ^b	13.5
SE	3.3	0.011	2.310	0.140	0.84	0.11	0.75

a,b vrijednosti označene različitim slovima unutar vrste uzorka značajno se razlikuju među sobom (p<0.05)

a,b means marked with different letters within the effect or type of sample differ significantly (p<0.05)

ST - suha tvar; DM - dry matter

SEE - standardna pogreška ocjene; SEE - standard error of the estimate

SE - standardna pogreška srednje vrijednosti; SE - standard error of the mean

VMSP - vrijeme maksimalnog stupnja tvorbe plina, TMGPR - time of maximal gas production rate

MSP - maksimalan stupanj tvorbe plina; MGPR - maximal gas production rate

- SE za silažu - SE for silage

& - količina plina izračunata je na temelju količine plina kod zrna i NZB te njihovih proporcija

& - gas production was calculated on the basis of gas production in grain and NGP taking into account their proportions

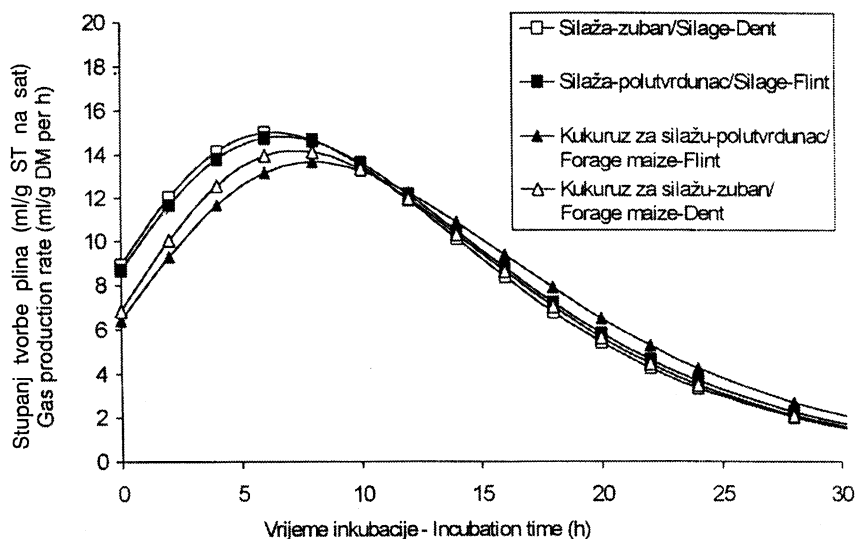
KP_{24 sata} - količina plina izmjerena nakon 24 sata inkubacije; KP_{24h} - the amount of gas produced during the 24 hour period

In vitro metodom moguća je ocjena kakvoće nezrnatog dijela kukuruzne biljke (NZB). Pored veće količine plina nakon 24 sata inkubacije kod NZB kukuruza tipa zuban veći je i MSP (8.15 ml/g ST/sat) nego kod NZB kukuruza tipa polutvrđunac (7.35 ml/g ST/sat), ali vrijednosti za VMSP nisu bile različite (10.4 prema 10.6 sati). Rezultati su usporedivi s in sacco razgradljivošću suhe tvari NZB kukuruza. Verbič i Babnik, 1998. su naime, ustanovili da je in sacco razgradljivost suhe tvari NZB nakon 48 sati inkubacije veća kod hibrida tipa zuban (44.0%) nego kod hibrida tipa polutvrđunac (42.4%). Razlika u kakvoći NZB najvjerojatnije nije vezana za tip zrna nego je to obična varijabilnost između pojedinih hibrida.

Razlike između hibrida ocijenjene in vitro metodom manje su kod silaže nego kod zrna. MSP je u obje silaže vrlo sličan (14.1 prema 14.3 ml/g ST/sat) a VMSP malo je kraće kod silaže tipa zuban (6.4 sati) nego kod silaže tipa polutvrđunac (6.7 sati). In vitro metodom, dakle, ne može se precizno ocjenjivati razgradljivost škroba u kukuruzne silaže jer na tvorbu plina pored razgradljivosti škroba utječu i udio zrna, odnosno škroba u silaži te kakvoća nezrnatog dijela kukuruzne biljke. Sadržaj škroba u silaži zubana bio je naime, dosta niži (290 g/kg ST) nego u silaži polutvrđunca (342 g/kg ST).

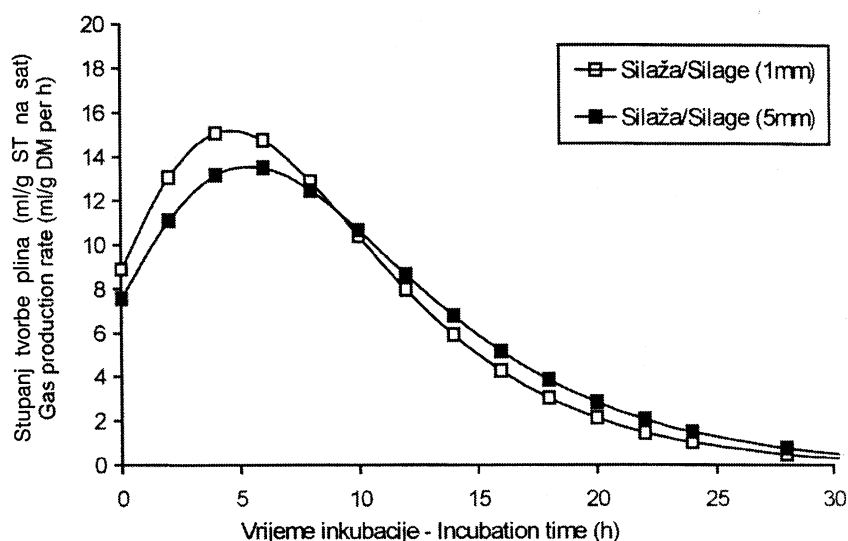
Slika 2. Stupanj tvorbe plina kod in vitro inkubacije kukuruza za silažu i kukuruzne silaže kod dvaju različitih hibrida u zavisnosti od vremena inkubacije

Figure 2. Gas production rate during in vitro incubation of forage maize and maize silage derived from two different maize hybrids in dependence on incubation time



Slika 3. Stupanj tvorbe plina kod in vitro inkubacije kukuruzne silaže kod dviju različitih finoća mljevenja u zavisnosti od vremena inkubacije

Figure 3. Gas production rate during in vitro incubation of maize silage ground at two grinding finesses in dependence on incubation time



In vitro metodom mogu se djelomično ocjenjivati i promjene u razgradljivosti škroba do kojih dolazi prilikom siliranja kukuruza. Kod kukuruza za silažu VMSP bilo je postignuto kasnije (7.7 sati) nego kod kukuruzne silaže (6.5 sati). Pored toga na slici 2 vidljivo je da su razlike između hibrida manje nakon siliranja nego kod kukuruza za silažu. Kod silaže tvorba plina dostigla je prije svoj maksimalni stupanj, a bila je i veća nego kod kukuruza za silažu. Da je razgradljivost škroba veća kod kukuruzne silaže nego kod kukuruza za silažu in sacco metodom ustanovili su već Philippeau i Michalet-Doreau, 1998., te Verbič i sur., 1998., a in vitro rezultati provedenih istraživanja samo potvrđuju te zaključke.

Kod in vitro metoda ocjenjivanja kakvoće krmiva vrlo je značajna i priprema uzorka. Na slici 3 mogu se uočiti razlike između dviju skupina uzoraka mljevenih na različitu veličinu. Uzorci kukuruzne silaže mljeveni kroz mrežu 1 mm brže su postigli maksimalni stupanj tvorbe plina (VMSP = 4.5 sata) nego uzorci mljeveni kroz mrežu otvora 5 mm (VMSP = 5.4 sata). Pored toga MSP bio je veći kod sitnije mljevenih uzoraka u usporedbi s krupnije mljevenima (15.5 prema 13.5 ml/g ST/sat). Utjecaj mljevenja na in sacco razgradljivost škroba kod kukuruza ispitivale su već Philippeau i Michalet-Doreau 1997., i utvrdiše sličan utjecaj mljevenja kao što je ustanovljeno u ovom ispitivanju. Utjecaj finoće mljevenja zrnatih krmiva, naročito žitarica, na uvjete u buragu već je dugo poznat. Veće količine sitno mljevenih žitarica u obrocima za preživače mogu prouzročiti pad pH vrijednosti, odnosno acidozu buraga. In vitro metodom mogu se dakle, do neke mjere ispitivati utjecaji različitih postupaka obrade zrnatih krmiva u vidu poboljšavanja njihove hranjive vrijednosti, odnosno mogućnosti manipulacije probave škroba u preživača.

ZAKLJUČAK

Razlike između hibrida u razgradljivosti škroba, odnosno suhe tvari kukuruznog zrna i nezrnatog dijela biljke kukuruza mogu se ocjenjivati in vitro metodom kojom se može pratiti dinamika tvorbe plina. Pomoću obrade podataka krivuljom prema Gompertzu i izračunatih parametara, tj. maks-

imalnog stupnja tvorbe plina (MSP) te vremena maksimalnog stupnja tvorbe plina (VMSP), pružena je mogućnost ocjene razgradljivosti škroba, odnosno suhe tvari. Kod kukuruza za silažu, odnosno kukuruzne silaže upotrebljivost metode je ograničena, jer je teško izdvojiti utjecaj razgradljivosti škroba od utjecaja sadržaja škroba, te kakvoće kukuruzne stabljike na tvorbu plina. Zbog toga razlike između hibrida treba ispitivati odvojeno za zrno i nezrnati dio biljke. Parametri dobiveni pomoću mjerenja in vitro tvorbe plina pokazuju da je razgradljivost škroba kod kukuruznog hibrida tipa polutvrđunac manja nego kod hibrida tipa zuban, a kakvoća nezrnatog dijela kukuruzne biljke bolja je kod hibrida tipa zuban.

LITERATURA

1. Babnik, D. (1992): Kemijski sastav i razgradljivost talijanskog ljuļa u buragu krava. Zagreb, Disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb, 133.
2. Deinum, B., A. Steg, G. Hof (1983/84): Measurement and prediction of digestibility of forage maize in The Netherlands. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 10, 301-313.
3. Flachowsky, G., P. Baldeweg, G. Schein (1992): A note on the in sacco dry matter degradability of variously processed maize grains and of different maize varieties in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 39, 173-181.
4. Gädeken, D., P. Lebzien, R. Daenicke (1995): Untersuchungen zum Einfluß von Mais- and Weizenstärke auf die energetische Verwertung bei Milchkühen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 4, 96.
5. Huntington, G. B. (1997): Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, 75, 852-867.
6. Krehbiel, C. R., R. A. Britton, D. L. Harmon, J. P. Peters, R. A. Stock, H. E. Grotjan (1996): Effects of varying levels of duodenal or midjejunal glucose and 2-deoxyglucose infusion on small intestinal disappearance and net portal glucose flux in steers. *J. Anim. Sci.*, 74, 693-700.
7. Krekemeier, K. K., D. L. Harmon (1995): Abomasal glucose, maize starch and maize dextrin infusions in cattle: small-intestinal disappearance, net portal glucose flux and deal oligosaccharide flow. *Brit. J. Nutr.*, 73, 763-772.
8. Lavrenčić, A., B. Stefanon, P. Susmel (1996): A new approach to interpreting the rumen degradation of

- fibrous feeds. In: Grassland and Land use systems 16th EGF Meeting 1996-09-15/19, Grado, Italy, 477-482.
9. Menke, K. H., H. Steingass (1987): Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft besimten Gasbildung und der chemischen analyse. Übers. Tierernährg., 15, 59-94.
 10. Menke, K. H., L. Rabb, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, W. Schneider (1979): The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding-stuffs from the gass production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. Agric. Sci. Camb., 92, 499-503.
 11. Philippeau, C., B. Michalet-Doreau (1997): Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. Anim. Feed Sci. Technol., 68, 25-35.
 12. Philippeau, C., B. Michalet-Doreau (1998): Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. J. Dairy Sci., 81, 2178-2184.
 13. Verbič, J., D. Babnik (1998): Physiological investigations of the feed value of forage maize. In: Schaf- und Ziegenhaltung, Milchproduktion, Rinder-mast, Futterbewertung, Züchtung, Silomais. 25. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 1998-05-19/20, BAL Gumpenstein, Irdning, 67-71.
 14. Verbič, J., D. Babnik, V. Žnidaršič-Pongrac (1998): The effect of maize grain type on digestibility of starch in the rumen of sheep. Zb. Biotehniške fak. Univ. v Ljubljani, 72, 51-56.
 15. Verbič, J., D. Babnik, A. Gregorčič, M. Kmetič (1997a): Morfološka in kemična sestava dveh koruznih hibridov in njun vpliv na kakovost silaže. Zb. Biotehniške Fak. Univ. v Ljubljani, 70, 175185.
 16. Verbič, J., D. Babnik, V. Žnidaršič-Pongrac, M. Resnik (1997b): Ruminal starch digestion and microbial protein supply in sheep given maize silage made from dent (*Zea mays indentata*) or flint (*Zea mays indurata*) type hybrid. 48th Annual Meeting EAAP, 1997-08-25/28, Vienna, Austria, 7 pp.
 17. Verbič, J., J. M. A. Stekar, M. Resnik-Čepon (1995): Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. Anim. Feed Sci. Technol., 54, 133-148.

SUMMARY

Dynamics of gas production of maize grain, non-grain maize parts and maize silage of two various maize hybrids was investigated using the in vitro method with rumen liquor. On the basis of calculated parameters, i.e. maximal gas production rate (MGPR) and time of maximal gas production rate (TMGPR) differences between flint and dent type hybrid were observed. TMGPR of flint type grain and dent type grain was achieved after 7.6 and 6.3 hours respectively. MGPR in dent type grain was higher than in flint (22.5 vs. 19.7 ml/g dry matter/hour). The results indicate that ruminal degradability of dry matter or starch in flint type hybrid grain is lower than in dent. The quality of non-grain parts was better in dent type hybrid than in flint type. Based on dynamics of in vitro gas production it was found out that ruminal starch degradation increased during ensiling.

In silage TMGPR was achieved sooner (6.5 vs. 7.7 hours) and MGPR was higher (14.2 vs. 13.9 ml/g dry matter/hour) than in forage maize. In maize silage and in forage maize the use of in vitro gas production is limited since the effect of starch degradation can not be separated from the effects of starch concentration or quality of non-grain parts. Therefore, differences between hybrids should be investigated separately for grain and non-grain part of maize plant.