

## MODUL UJEDNAČENOSTI KAO PARAMETAR KAKVOĆE RADA MLINA ČEKIĆARA

## MODUL OF UNIFORMITY AS A FACTOR OF HAMMERMILLS WORK

V. Kušec, S. Plietić

Izvorni znanstveni članak  
Primljeno: 25. listopada 2006.

### SAŽETAK

U ovom radu istraživana je utjecaj istrošenosti radnih elemenata (čekića) na kakvoću rada mlina pri usitnjavanju zrna kukuruza i sojine sačme do 14% vlage. Radni elementi (čekići) su nakon utvrđivanja istrošenosti sistematizirani u tri skupine, novi, polu-istrošeni i istrošeni. Kakvoća usitnjavanja ispitana je granulometrijskom analizom prema modificiranoj metodi DIN odnosno ASAE S 319 – standarda. Na temelju izračunatih vrijednosti modula ujednačenosti utvrđeno je da veća istrošenost čekića negativno utječe na kakvoću usitnjenog materijala. Osim istrošenosti radnih elemenata, istraživana je i utjecaj fizikalnih svojstava sirovina (vlaga uzorka, hektolitarska masa, masa 1000 zrna) na kakvoću rada mlina.

Ključne riječi: veličina čestica, istrošenost čekića, mljevenje, mlinovi čekićari

### UVOD

Proizvodnja krmnih smjesa temelji se na dobivanju krmnih smjesa s takvim odnosom hranjivih sastojaka koji omogućuju dobru konverziju hrane i na taj način utječu na prirast i kakvoću mesa. Razvoj tehnika usitnjavanja žitarica počeo je nakon što je Fraps (1932.) objavio podatke o poboljšanim karakteristikama usitnjenog zrna sirka u usporedbi s cijelim zrnom. Žitarice kao i druge sirovine koje se koriste u proizvodnji krmnih smjesa potrebno je prije miješanja usitniti kako bi dobili veću homogenost smjese i bolju probavljivost. Za dobivanje homogene smjese potrebno je nakon usitnjavanja dobiti čestice približno istih veličina kao i drugih fizikalnih svojstava (specifična masa, i dr.). Cilj usitnjavanja je povećati efekt sirovina u hranidbi domaćih životinja, odnosno strukturu usitnjenih čestica prilagoditi fiziološkim zahtjevima životinja. Uz to, za tako usitnjene materijale vrijede druga pravila dobrog čuvanja i

transporta. Danas se krmne smjese sastoje od velikog broja komponenata koje se u proizvodnji mješaju u različitim omjerima. Kvaliteta krmnih smjesa ne ovisi samo o kemijskim svojstvima, koja definiraju hranjivu vrijednost, nego su vrlo važna i fizikalno-tehnološka svojstva.

### PREGLED LITERATURE

Kakvoća krmnih smjesa, osim kakvoće sirovina ovisi i o izboru tehnološkog procesa. Iskoristivost hrane nakon usitnjavanja u odnosu na cijelo zrno može se povećati i do 14 % (Katić, 1982.). Različite veličine čestica dovode do razmješavanja (dekomponiranja) krmnih smjesa jer se fine čestice kreću

Vlado Kušec, Visoko gospodarsko učilište - Križevci; Stjepan Plietić, Agronomski fakultet - Zagreb, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Hrvatska – Croatia.

sporije od krupnijih. Razmješavanjem krmnih smjesa mijenja se i njihov kvalitativni sastav (Pliestić, 1985.). Osim usitnjavanja, u proizvodnji krmnih smjesa značajnu ulogu ima miješanje sirovina. Miješanje se smatra završenim kada slučajni raspored čestica zadovoljava zadani uvjet homogenosti. Uz pretpostavku da je sirovinski sastav smjese kvalitetan, ako je doziranje i miješanje ispravno, smjesa kao finalni proizvod mora biti dobra (Krička, 1992.). Goodband i Hines (1998.) kod hranidbe svinja koriste ječam čija je srednja veličina čestica 768  $\mu\text{m}$  i 635  $\mu\text{m}$ . Oni utvrđuju 5 % veći prirast kod svinja koje su hranjene ječmom čije su čestice bile manje. Utjecaj načina usitnjavanja (mlin s čekićima i mlin s valjcima) i veličine čestica (400  $\mu\text{m}$  i 800  $\mu\text{m}$ ) na probavljivost kod svinja istražuje Wondra (1995.) i zaključuje da način usitnjavanja ne utječe na probavljivost, dok su čestice promjera 400 $\mu\text{m}$  povećale probavljivost. Heinrich (2001.) istražuje utjecaj veličine čestica hrane na probavljivost kod mliječnih krava. Zaključuje da u kvalitetnoj krmnoj smjesi treba biti najmanje 10 % čestica veličine do 19,05 mm (0,75 inch).

#### METODE RADA

S obzirom da su ovakva istraživanja vrlo zahtjevna i opsežna, u ovom radu obrađen je samo dio istraživanja problema usitnjavanja kukuruza i sojine sačme, važnih komponenata gotovo svih vrsta krmnih smjesa.

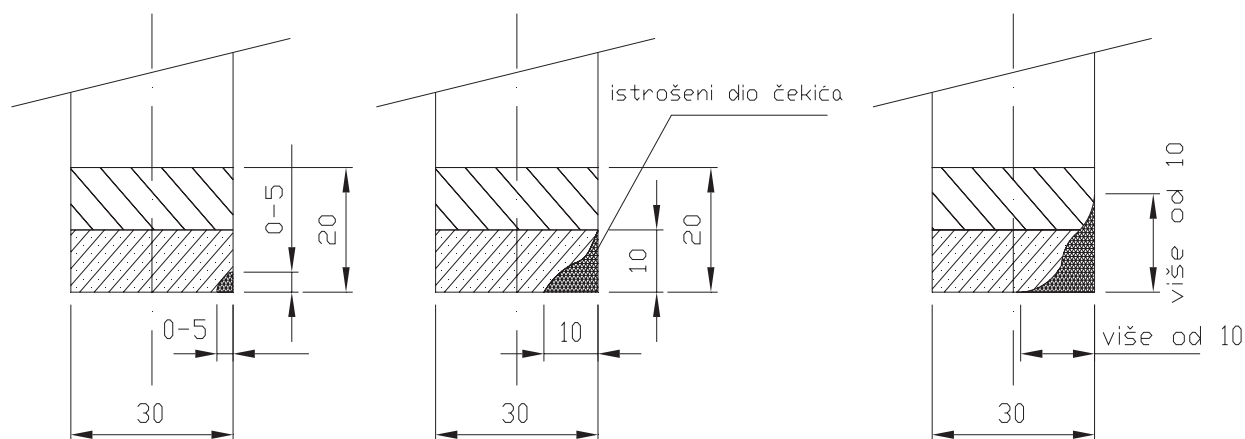
Istraživanje rada mlina čekićara obavljena su u tvornici krmnih smjesa «Mlin Mix» d.o.o u Križevcima tijekom 1999. i 2000. godine. Laboratorijska ispitivanja obavljena su u Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima i Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

Kakvoća rada mlina čekićara pri usitnjavanju zrna kukuruza i sojine sačme, od 11 do 14 % vlage, utvrđivana je pri različitim istrošenostima čekića mlina. Na temelju pretpostavke da bi kod različite istrošenosti čekića trebalo doći do promjene u kakvoći rada mlina izvršena je sistematizacija čekića u tri skupine prema Reutsche, 1989.:

- A. Novi čekići
- B. Polu-istrošeni čekići
- C. Istrošeni čekići

Metoda preslikavanja presjeka čekića na milimetarski papir primjenjena je zbog jednostavnog izračunavanja istrošenog dijela (Reutsche, 1989.). Sistematizacija veličine istrošenog dijela čekića prikazana je na slici 1.

Dakle, površina čekića mlina koja se je tijekom rada istrošila, utvrđena je preslikavanjem presjeka čekića na milimetarski papir. Nakon izračunate istrošenosti, izvršena je sistematizacija čekića u tri navedene skupine.



Slika 1. Utvrđivanje istrošenosti čekića mlina prema Reutsche

U procesu usitnjavanja utvrđivane su:

- vlaga zrna kukuruza i sojine sačme prije usitnjavanja
- hektolitarska masa
- masa 1000 zrna, kod kukuruza
- granulometrijska analiza usitnjenog materijala.

*Vlaga zrna kukuruza i sojine sačme prije usitnjavanja* utvrđena je uzimanjem uzoraka na ulazu mlina. Uzorci su izvagani vagom s točnošću mjerenja 0,01 g. Stavljani u sušnicu tri sata na sušenje kod temperature od 105 °C do stalne mase. Nakon sušenja uzorci su izvagani istom vagom, a rezultati su uvršteni u jednadžbu:

$$(m_1 - m_2) \times 100/m_1$$

Pri čemu je

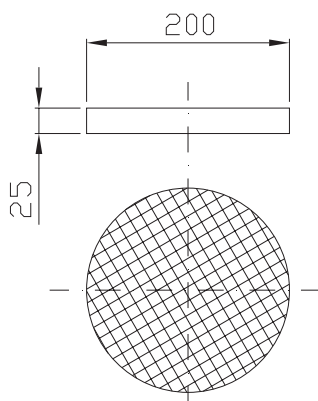
$m_1$  – masa uzorka prije sušenja

$m_2$  – masa uzorka nakon sušenja

*Hektolitarska masa zrna kukuruza i sojine sačme* određena je pomoću hektolitarske vage, Tehnica – HTŽ. Za svaki uzorak izvršeno je 10 mjerenja, u daljnju obradu uzeta je prosječna vrijednost tih mjerenja.

*Masa 1000 zrna* utvrđivana je kod usitnjavanja kukuruza kod uzorka od 1000 zrna.

*Granulometrijska analiza* je utvrđena prema modificiranoj metodi DIN odnosno ASAE S 319 – standarda. Svaki uzorak je mehaničkim razdjeljivačem podijeljen na 5 manjih koji su prosijavani na tresilici pri 220 min<sup>-1</sup>, a prosijavanje je trajalo 10 minuta. U postupku prosijavanja upotrebljavana su sita (slika 2.) s promjerom otvora (rupica) 0,16 mm, 0,32mm, 0,63 mm, 1,25 mm i 2 mm. (Plietić, 1985.).



Slika 2. Tehničke karakteristike sita

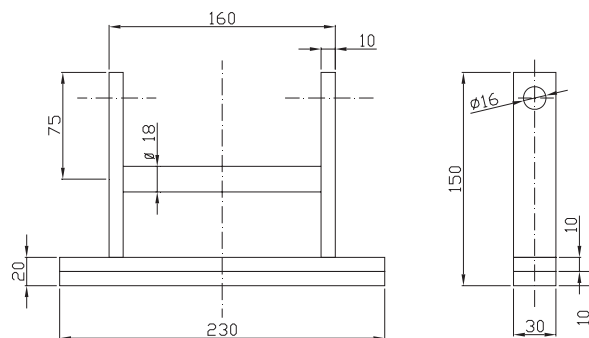
Modifikacija se sastoji u tome što DIN propisuje prosijavanje na tresilici 100 grama uzorka 5 minuta pri 260 min<sup>-1</sup>, dok su Katić i Plietić, 1985. utvrdili da nema razlike u rezultatima analiza, ako se smanji broj okreta tresilice za 40 min<sup>-1</sup>, a poveća vrijeme prosijavanja za 5 min. Time su smanjeni dinamički udari na samoj tresilici i s obzirom da se trešnja odvija pri manjem broju okreta, bliža je realnim uvjetima prosijavanja.

Obradom rezultata dobivenih prosijavanjem, utvrđeno je:

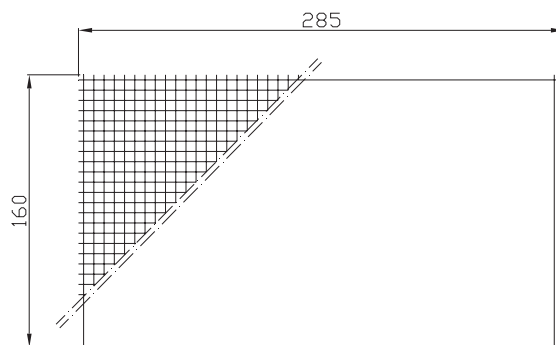
- srednja veličina čestica [mm, μm]
- masa udjela na pojedinom situ [g, %]
- standardno odstupanje, standardna devijacija
- modul ujednačenosti čestica,  $M_u$ .

#### TEHNIČKE KARAKTERISTIKE RADNIH ELEMENATA MLINA ČEKIČARA

Mlin čekičar koji je korišten za usitnjavanje sastoji se od kućišta, radnih elemenata (čekića, slika 3.), sita (slika 4.), regulatora protoka, magneta za odvajanje metalnih čestica i elektro-motora.



Slika 3. Shematski prikaz čekića mlina



Slika 4. Shematski prikaz sita

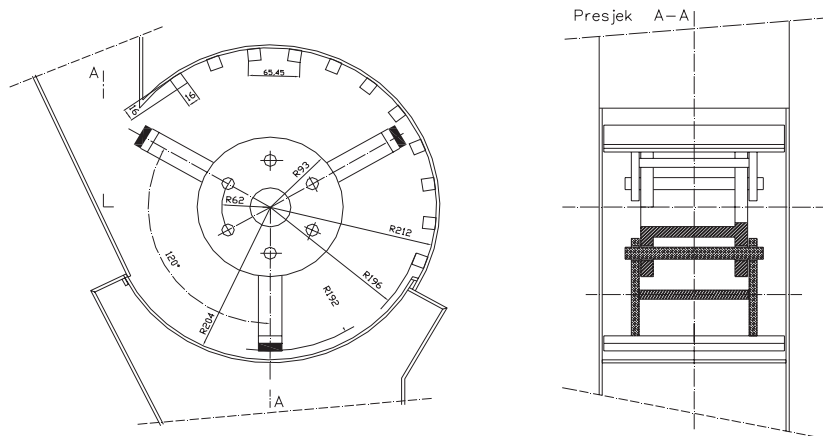
Navedeni mlin posebno je konstruiran kako bi riješio probleme koji se javljaju kod usitnjavanja standardnim mlinovima čekićarima, no to nije tema ovog rada.

Radni elementi mlina (čekići), kao i žičana sita specifičnog su oblika i ne odgovaraju radnim elementima koji se koriste kod većine mlinova čekićara.

Na crtežu 5. prikazane su dimenzije mlina, raspored i broj čekića, raspored i površina protučekića, površina sita, zračnost između čekića i protučekića, zračnost između čekića i sita. Mlin je pokretan elektromotorom snage 11 kW, s brojem okretaja  $2880 \text{ min}^{-1}$  i frekvencijom 50 Hz.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ispitivanjem karakteristika rada mlina čekićara pri usitnjavanju kukuruza i sojine sačme s novim, polu-istrošenim i istrošenim čekićima, utvrđen je utjecaj istrošenosti radnih elemenata mlina na



Slika 5. Shematski prikaz mlina čekićara

kakvoću rada mlina. Istraživanja su obavljena na 5 uzoraka svakog materijala kod usitnjavanja s navedenim stanjima radnih elemenata (čekića), što je rezultiralo s 30 uzoraka (15 uzoraka kukuruza i 15 uzoraka sojine sačme). Na svakom uzorku obavljeno je 5 testiranja, odnosno 150 analiza granulometrije koje zbog velikog broja nisu prikazane u ovom radu.

Na tablici 1, prikazane su prosječne vrijednosti izmjerenih parametara pri usitnjavanju kukuruza.

Tablica 1. Prosječne vrijednosti uzoraka pri usitnjavanju kukuruza

Stanje čekića	Broj uzorka	Hektolitarska masa (kg)	Masa 1000 zrna (g)	Vlaga uzorka (%)	Sred. veličina čestice (mm)
Novi	K – A 1	71,760	308,600	12,95	0,593
	K – A 2	71,212	309,400	12,82	0,535
	K – A 3	70,326	308,115	12,79	0,508
	K – A 4	70,920	309,205	12,90	0,536
	K – A 5	70,508	307,800	12,77	0,523
Polu-istrošeni	K – B 1	71,840	309,120	12,97	0,629
	K – B 2	72,018	309,080	13,08	0,625
	K – B 3	71,652	309,370	12,88	0,583
	K – B 4	71,105	309,104	12,81	0,618
	K – B 5	72,030	308,060	13,10	0,624
Istrošeni	K – C 1	71,218	307,905	12,82	0,658
	K – C 2	71,916	309,460	13,02	0,664
	K – C 3	70,400	307,980	12,75	0,633
	K – C 4	68,920	312,600	11,95	0,679
	K – C 5	72,066	308,605	13,08	0,630

Na tablici 2. prikazane su prosječne vrijednosti izmjerenih parametara pri usitnjavanju sojine sačme.

Prema Krički, 1992. može se smatrati da je usitnjavanje kvalitetno, kada je modul ujednačenosti  $M_u = 10-80-10$ . Ako se uspoređi kakvoća rada istraživanog mlina s navedenim podacima vidljiva su

značajna odstupanja kod usitnjavanja kukuruza i sojine sačme bez obzira na istrošenost čekića. Na tablicama 3, 4 i 5, prikazane su izmjerene vrijednosti modula ujednačenosti ( $M_u$ ) kod usitnjavanja kukuruza pri različitim istrošenostima radnih elemenata (čekića).

**Tablica 2. Prosječne vrijednosti uzoraka pri usitnjavanju sojine sačme**

Stanje čekića	Broj uzorka	Hektolitarska masa - (kg)	Vlaga uzorka - (%)	Sred. veličina čestice - (mm)
Novi	S – A 1	56,916	11,97	0,603
	S – A 2	57,854	12,34	0,508
	S – A 3	57,812	12,42	0,561
	S – A 4	57,998	12,37	0,506
	S – A 5	56,904	12,01	0,623
Polu-istrošeni	S – B 1	57,014	12,15	0,562
	S – B 2	57,932	12,31	0,561
	S – B 3	56,936	11,99	0,578
	S – B 4	57,949	12,40	0,587
	S – B 5	58,005	12,41	0,555
Istrošeni	S – C 1	57,860	12,06	0,715
	S – C 2	57,820	12,32	0,761
	S – C 3	57,670	12,27	0,774
	S – C 4	55,115	11,48	0,770
	S – C 5	57,958	12,22	0,633

**Tablica 3. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju kukuruza s novim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
K – A 1	8	64	28	100
K – A 2	7	65	28	100
K – A 3	8	62	30	100
K – A 4	7	67	26	100
K – A 5	7	65	28	100
$\bar{x}$	<b>7</b>	<b>65</b>	<b>28</b>	100

**Tablica 4. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju kukuruza s polu-istrošenim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
K – B 1	11	56	33	100
K – B 2	11	56	33	100
K – B 3	11	54	35	100
K – B 4	12	55	33	100
K – B 5	11	53	36	100
$\bar{x}$	<b>11</b>	<b>55</b>	<b>34</b>	100

**Tablica 5. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju kukuruza s istrošenim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
K – C 1	17	58	25	100
K – C 2	14	59	27	100
K – C 3	14	58	28	100
K – C 4	16	57	27	100
K – C 5	15	57	28	100
$\bar{x}$	<b>15</b>	<b>58</b>	<b>27</b>	100

Na tablicama 6, 7 i 8, prikazane su vrijednosti  $M_u$  kod usitnjavanja sojine sačme pri različitim istrošenostima radnih elemenata.

**Tablica 6. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju sojine sačme s novim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
S – A 1	3	69	28	100
S – A 2	4	77	19	100
S – A 3	4	76	20	100
S – A 4	4	73	23	100
S – A 5	3	68	29	100
$\bar{x}$	<b>4</b>	<b>73</b>	<b>23</b>	100

**Tablica 7. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju sojine sačme s polu-istrošenim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
S – B 1	5	74	21	100
S – B 2	5	73	22	100
S – B 3	5	71	24	100
S – B 4	5	72	23	100
S – B 5	5	70	25	100
$\bar{x}$	<b>5</b>	<b>72</b>	<b>23</b>	100

**Tablica 8. Modul ujednačenosti –  $M_u$ , pri usitnjavanju sojine sačme s istrošenim čekićima**

Frakcija uzorak	$\leq 2000 \mu\text{m}$ gruba	1250 - 630 $\mu\text{m}$ srednja	315-16-40 $\mu\text{m}$ fina	$\Sigma$
S – C 1	10	78	12	100
S – C 2	9	78	13	100
S – C 3	10	78	12	100
S – C 4	8	77	15	100
S – C 5	6	75	19	100
$\bar{x}$	<b>9</b>	<b>77</b>	<b>14</b>	100

Ako se ovi podaci usporede prema već navedenim podacima modula ujednačenosti  $M_u = 10-80-10$  (Krička, 1992.), pri usitnjavanju kukuruza s novim čekićima dobiveno je 7 % grubih udjela, što je zadovoljavajuće, dok je finih udjela previše (28 %), a srednjih udjela premalo (65 %).

Veći udjel finih čestica osim što smanjuje kakvoću smjese povećava i energetska potrošnju, jer dolazi do nepotrebnog rada mlina.

Pri usitnjavanju kukuruza s polu-istrošenim čekićima dobiveno je 11 % grubih udjela, što je za 4 % više nego pri usitnjavanju s novim čekićima. Srednjih udjela dobiveno je 53 %, što je za 12 % manje nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Finih udjela dobiveno je 35 % što je za 7 % više nego kod usitnjavanja s novim čekićima.

Pri usitnjavanju kukuruza s istrošenim čekićima dobiveno je 15 % grubih udjela, što je za 4 % više nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim i za 8 % više nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Srednjih udjela dobiveno je 57 %, što je za 4 % više nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i za 8 % manje nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Finih udjela dobiveno je 28 %, što je za 7 % manje nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i isto kao kod usitnjavanja s novim čekićima.

Iz navedenih rezultata vidljiv je utjecaj istrošenosti radnih elemenata (čekića) na kakvoću rada mlina čekićara. Odnosno veća istrošenost radnih elemenata daje veću nejednoličnost čestica, što će negativno utjecati na homogenost i lakše dekomponiranje kod ostalih tehnoloških procesa u proizvodnji i uporabi krmnih smjesa.

Pri usitnjavanju sojine sačme s novim čekićima dobiveno je 3 % grubih udjela, dok je previše finih udjela (24 %) i dobar odnos srednjih udjela (73 %).

Usitnjavanje sojine sačme s polu-istrošenim čekićima proizvelo je 5 % grubih udjela, što je za 2% više nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Srednjih udjela dobiveno je 72 %, što je za 1 % manje nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Finih udjela dobiveno je 23 %, što je za 1 % manje nego kod usitnjavanja s novim čekićima.

Pri usitnjavanju sojine sačme s istrošenim čekićima dobiveno je 9 % grubih udjela, što je za 80 % više nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i za 200 % više nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Srednjih udjela dobiveno je 77 %, što je za 7 % više nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i za 5,5 % više nego kod usitnjavanja s novim čekićima. Finih udjela dobiveno je 14 %, što je za 64 % manje nego kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i za 71 % manje kod usitnjavanja s novim čekićima.

Iz navedenih rezultata ispitivanja kakvoće rada mlina čekićara pri usitnjavanju sojine sačme vidljivo je da se najbolja kakvoća usitnjavanja postiže s novim čekićima, a najlošija kakvoća rada kod usitnjavanja s istrošenim čekićima što je bilo i očekivano.

Čuklić (1994.) je u postupku usitnjavanja soje na standardnom mlinu čekićaru postigao modul ujednačenosti  $M_u = 8:76:16$ , a pri usitnjavanju kukuruza  $M_u = 16:59:25$ .

Navedeni mlin imao je veći broj čekića i drugačiju konstrukciju sita.



Usporedbom tih rezultata i rezultata ovog ispitivanog mlina, vidljivo je da je kakvoća rada ispitivanog mlina pri usitnjavanju soje približno jednaka  $M_u = 4:73:23$  – novi čekići,  $M_u = 5:72:23$  - poluistrošeni,  $M_u = 9:77:14$ - istrošeni.

U postupku usitnjavanja kukuruza rad ispitivanog mlina bolje je kakvoće  $M_u = 7:65:28$  – novi čekići,  $M_u = 11:55:34$  - poluistrošeni,  $M_u = 15:58:27$ - istrošeni, također je i s energetskog aspekta ekonomičniji što nije bilo tema ovog rada.

## ZAKLJUČCI

Istraživanjem utjecaja istrošenosti čekića mlina na kakvoću rada može se zaključiti:

1. Veća istrošenost radnih elemenata (čekića) rezultira česticama većeg promjera. Pri usitnjavanju kukuruza s novim čekićima, srednja veličina čestica od 539  $\mu\text{m}$ , povećava se za 14,3 % kod usitnjavanja s polu-istršenim čekićima i do 21,2 %, kod usitnjavanja s istrošenim čekićima. Pri usitnjavanju sojine sačme s novim čekićima, srednja veličina čestica od 560  $\mu\text{m}$ , povećava se za 1,6 % kod usitnjavanja s polu-istrošenim čekićima i za 30,5 % kod usitnjavanja s istrošenim čekićima.
2. Na temelju rezultata vrijednosti modula ujednačenosti kod usitnjavanja kukuruza i sojine sačme vidljivo je da veća istrošenost radnih elemenata negativno utječe na homogenost usitnjenog materijala, odnosno na kakvoću finalnog proizvoda što može rezultirati lakšim dekompoiranjem prilikom manipulacije i transporta, posebice kod dugih transportnih puteva u tvornicama krmnih smjesa.
3. U postupku usitnjavanja kukuruza i sojine sačme dobiveno je više srednjih i finih udjela u odnosu na grube udjele, iz čega se može zaključiti predugo zadržavanje materijala u mlinu.
4. Modul ujednačenosti dobar je pokazatelj stanja (istrošenosti) radnih elemenata mlina čekićara.
5. Neophodno je učestalije provoditi granulometrijske analize i određivati modul ujedna-

čenosti u postupku usitnjavanja sirovina, kako bi se moglo pravodobno pristupiti zamjeni čekića. Time bi se postigla bolja kakvoća usitnjavanja, ali i veća energetska iskoristivost mlina čekićara.

## LITERATURA

1. Čuklić, T. (1994.): Utvrđivanje veličina čestica u radu mlina čekićara, Diplomski rad, Agronomski fakultet Zagreb.
2. Dobričević, Nadica (1992.): Utjecaj veličine čestica na izmješanost krmne smjese. Zbornik radova, VIII. Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja. Stubičke toplice, str. 177-184.
3. Fraps, G. S. (1932.): Digestibility and production coefficients of pig feeds. Texas Agric. Exp. Sta. Bull. 454.
4. Goodband, R. D., Hines, R. H. (1988.): An evaluation of barley in starter diets for swine. J. Anim. Sci. Vol.66. str. 30-86.
5. Goodband, R. D., Tokach, M. D., Nelssen, J. L. (2002.): The Effects of Particle Size on Animal Performance. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extesions Service. MF-2050. str. 8-14.
6. Heinrichs, J. (2000.): Evaluating particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator. Department of Dairy and Animal Science The Pennsylvania State University. str. 83-96.
7. Katić, Z. (1982): Industrijska proizvodnja krmnih smjesa, Skripta za poslijediplomski studij, Agronomski fakultet, Zagreb.
8. Kerep, Nadica (1986.): Homogenost krmnih smjesa i predsmjesa miješanih u horizontalnim i vertikalnim miješalicama. Krmiva, Vol. 28. br. 12. Zagreb, str. 287-298.
9. Krička, Tajana (1992.): Analiza povećanja kapaciteta u TSH dodavanjem kukuruza na kraju tehnološkog procesa. Zbornik radova, VIII. Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja. Stubičke toplice, str. 146-164.
10. Morisse, J. P. (1982.): Taille des particules de l' aliment Utilisé chez le lapin, Revue Méd. Vét. Vol. 133. str. 635-642.
11. Pfost, B. H. (1976.): Grinding and Rolling, Feed Manufacturing Technology, AFMA, Virginia, USA.



12. Pfost, B. H. (1976.): Methods of Determining and Expressing Particle Size, Feed Manufacturing Technology, AFMA, Virginia, USA.
13. Pfost, B. H., Headley, V. (1976.): Method of Determining and Expressing Fineness of feed materials by Sieving, Feed Manufacturing Technology, AFMA, Virginia, USA.
14. Plietić, S. (1985.): Sadržaj osnovnih elemenata krmne smjese u pojedinim frakcijama granulometrijske metode, Krmiva, 8-9, Zagreb. str. 198-203.
15. Plietić, S. (1987.): Izvještaj granulometrijske analize PIK «VINKOVCI» OOOUR «KRMA», Institut za mehanizaciju, graditeljstvo i tehnologiju u poljoprivredi, Zagreb.
16. Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za vlagomjere kojima se mjeri vlažnost zrnja žitarica i sjemenki uljarica. Narodne Novine 44/1996.
17. Reutsche, P. (1989.): Advances in Feed Technology. Grinding/Sieving in the Feed Milling Industry; No 1. Verlag Moritz Schäfer, Detmold.
18. Wondra, K. J. (1995 a.): Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. J. Anim. Sci. Vol.73. str. 7-57.
19. Wondra, K. J. (1995 a.): Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. J. Anim. Sci. Vol.73. str. 7-57.

### SUMMARY

In this paper the effect of worn-out working elements (hammers) on working quality of the mill by grinding corn grains and soybean pellets with up to 14% moisture content, was investigated. Working elements (hammers) were, after determination of worn-out condition, systematized in three groups, new hammers, half worn-out and worn-out hammers. The quality of grinding was investigated by using particle size analysis according to modified DIN, ASAE S 319-standard method. According to calculated values of uniformity module, bigger worn-out condition of the hammers has negative impact to working quality of the mill. The influence of physical properties of raw materials on working quality was also investigated (moisture content, hectoliter mass, 1000 grains mass).

Key words: particle size, worn-out hammer, grinding, hammermills