

## UTICAJ KVALITATIVNIH I KVANTITATIVNIH FAKTORA NA USLOVNI SEKANTNI MODUL ELASTIČNOSTI ZA ZRNA SOJE

*Babić Ljiljana, Babić M., Lazić V., Turan J.<sup>1</sup>*

### REZIME

Istraživanja koja imaju za cilj sticanje informacija o fizičkim osobinama zrnastih poljoprivrednih proizvoda su značajna sa aspekta različitih tehnoloških operacija dorade. Čvrstoća zrna soje, pa i ostalih, je od vitalnog značaja za način podešavanja radnih organa kombajna za berbu kako bi se procenat lomljenih zrna smanjio, a takođe i za njen transport. Za sve tehnološke operacije dorade soje, ovaj podatak je takođe značajan, te su u ovom radu prezentovani rezultati merenja mehaničke čvrstoće zrna soje tri različite sorte i analizirani su preko uslovnog modula elastičnosti.

*Ključne reči:* čvrstoća na pritisak, modul elastičnosti, soja.

### UVOD

Kvalitet zrna soje zavisi od većeg broja kvalitativnih i kvantitativnih faktora. Najznačajniji kvalitativni faktor je sastav zrna, čiji je reprezent sorta. Kvantitativnih faktora ima više, a to su ustvari sve fizičke osobine, koje se za razliku od prethodnih mogu egzaktno meriti. Merenja se rade direktnim ili indirektnim metodama. Valja naglasiti da se merenja većine fizičkih osobina poljoprivrednih proizvoda zasnivaju na istim principima, kao i merenja kod drugih vrsta materijala. Međutim, merenja mehaničkih osobina, kao što se otpornost na pritisak, istezanje, probijanje, smicanje ili uvijanje, se znatno komplikuju, pošto se primena standardizovanih metoda za druge materijale

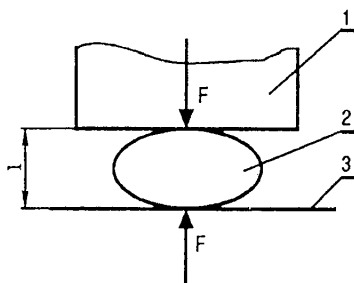
---

<sup>1</sup> Dr Ljiljana Babić, red. prof., dr Mirko Babić, docent, dr Veselin Lazić, red. prof., mr Jan Turan, asistent, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

(mašinske) mora prilagoditi vrsti materijala. Prilagođavanja obavljaju sami istraživači, tako da su ova merenja potpuno autorska, a takođe i aparatura sa kojom se radi.

## METOD RADA

Ispitivanja čvrstoće zrna soje različitih sorti na pritisak je rađeno u Institutu za poljoprivrednu tehniku na specijalizovanim uređaju koji automatski meri dve najvažnije fizičke veličine i to pritisnu silu –  $F$  (N) i promenu dimenzije –  $l$  (mm), to jest  $\Delta l$ , koje nastaje u vrlo kratkom vremenskom trenutku. Na slici 1 je prikazan princip rada aparature.



**Slika 1.** Princip merenja čvrstoće na pritisak – 1. pritiskivač; 2. zрно soje; 3. podloga  
**Figure 1.** Load pressure measurement principle – 1. loading tool; soybean kernel; 3. test specimen base

Dimenzija –  $l$  koja se menja pod dejstvom pritisne sile  $F$  je veličina koja nije standardizovana kada su u pitanju poljoprivredni proizvodi i njihovo ispitivanje čvrstoće na pritisak. Zbog toga su se autori opredelili za jednu referentnu dimenziju, a to je debljina zrna. Specifičan oblik zrna soje je dozvoljavao mogućnost izbora neke od drugih dveju dimenzija (visina, širina). Kakav je uticaj izabrane referentne dimenzije na rezultate merenja, treba tek ustanoviti, pošto se zbog obimnosti eksperimenta ovo nije radilo.

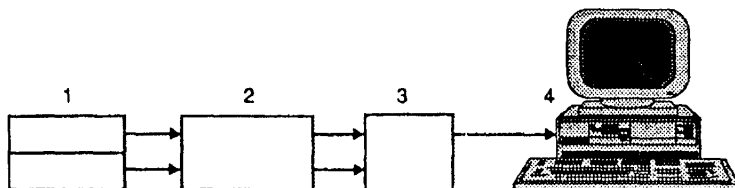
Aparatura je povezana (slika 2) sa PC računarom koji uz pomoć odgovarajućeg softvera registruje promenu merenih veličina – sile i dimenzije. Na osnovu dobijenih parova vrednosti fizičkih veličina, pomoću programa „Microsoft Excel” je urađeno njihovo sređivanje i grafičko predstavljanje, kao sila-deformacija, što je uobičajeno za ovakvu vrstu merenja.

Treba naglasiti da poljoprivredni materijali imaju nelinearnu karakteristiku sila-deformacija, te se zbog toga pribegava definisanju sekantnog modula elastičnosti. Sekantni modul elastičnosti je srednja vrednost za određeni interval. Prilikom ovih merenja postoji izrazita poteškoća u definisanju površine poprečnog preseka zrna na koju deluje sila, jer je ona promenljiva tokom vremena. Zbog toga se pribegava definisanju neke veličine koja je u linearnoj

funkciji od modula elastičnosti. Autori su usvojili veličinu uslovnog sekantnog modula elastičnosti, kao odnos:

$$E'' = F_{0,5} / \Delta l_{0,5} \text{ (N/mm)} \quad (1)$$

gde su:  $F_{0,5}$  i  $\Delta l_{0,5}$  – parovi izmerenih vrednosti sile i deformacije pri promeni dimenzije koja približno iznosi 0,5 mm.



**Slika 2.** Šema merne instalacije – 1. senzori; 2. pojačalo; 3. pretvarač; 4. PC računar  
**Figure 2.** Measuring instruments scheme – 1. sensor; 2. amplifier; 3. transducer; 4. personal computer

Planom eksperimenta je predviđeno da se ispita ponašanje tri sorte soje „vojvođanke”, „afrodite” i „balkana” na mehaničku čvrstoću. Na taj način je obuhvaćen jedan kvalitativan uticajni faktor na rezultate merenja. Drugi kvalitativan faktor koji može da izazove promenu ponašanja je tehnološka operacija sušenja zrna, te je i ona uzeta u razmatranje. Uzorci predviđeni za ispitivanje su u laboratoriji, pod kontrolisanim uslovima sušeni na dva nivoa temperature radnog fluida, i to 100°C i 70°C. Kao uticaj najznačajnijeg kvantitativnog faktora na čvrstoću zrna soje izabrana je vlažnost uzoraka. U tabeli 1. je prikazan plan režima sušenja uzoraka, to jest njihove pripreme za mehaničke analize.

Iz svake grupe laboratorijskih uzoraka izdvojen je uzorak za merenja, koji je iznosio 100 zrna. Na taj način je definisan obim merenja čvrstoće na pritisak, koji se sastojao od 1500 testova.

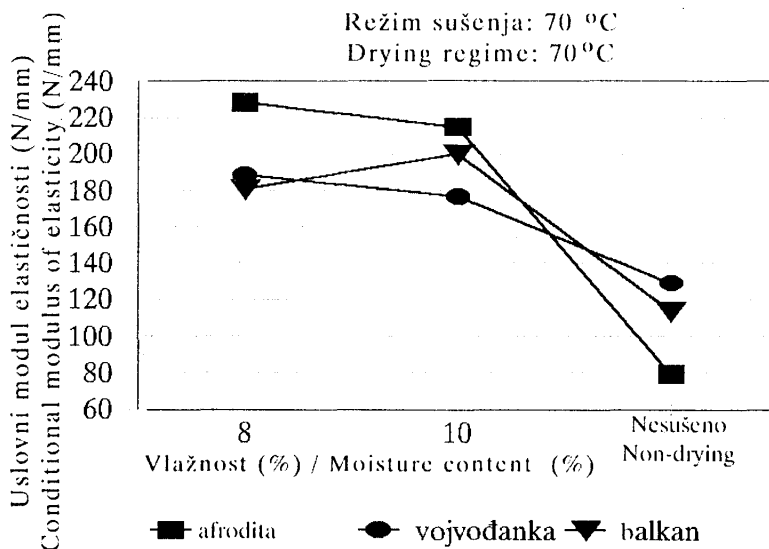
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Izračunata srednja vrednost uslovnog sekantnog modula elastičnosti na osnovu jednačine /1/ za svih 15 grupa uzoraka je data u tabeli 2.

Uticaj režima sušenja na dva nivoa (70 i 100°C) i pri različitim krajnjim vlažnostima uzorka pri kontrolisanim uslovima na modul elastičnosti prikazan je na slikama 3 i 4, a udeo zdrobljenih zrna na slikama 5 i 6.

**Tabela 1.** Plan režima sušenja uzoraka  
**Table 1.** Plan of samples drying regime

Sorta Variety	Temperatura vazduha za sušenje Drying air temperature (°C)	Planirana vlažnost zrna Planning kernel moisture content (%)
„vojvodanka”	100	12,0
„vojvodanka”	100	8,5
„vojvodanka”	70	12,0
„vojvodanka”	70	8,5
„vojvodanka”	nesušeno – <i>undried</i>	16,0
„afrodita”	100	12,0
„afrodita”	100	8,5
„afrodita”	70	12,0
„afrodita”	70	8,5
„afrodita”	nesušeno – <i>undried</i>	16,0
„balkan”	100	12,0
„balkan”	100	8,5
„balkan”	70	12,0
„balkan”	70	8,5
„balkan”	nesušeno – <i>undried</i>	16,0

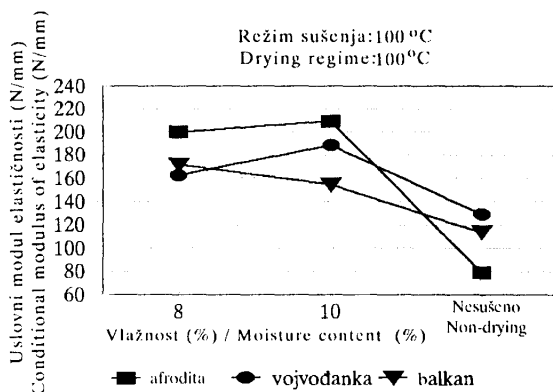


**Slika 3.** Zavisnost uslovnog modula elastičnosti od režima sušenja – 70°C za različite krajnje vlažnosti zrna

**Figure 3.** Conditional modulus of elasticity dependance from drying regime – 70°C for different grain final moisture content

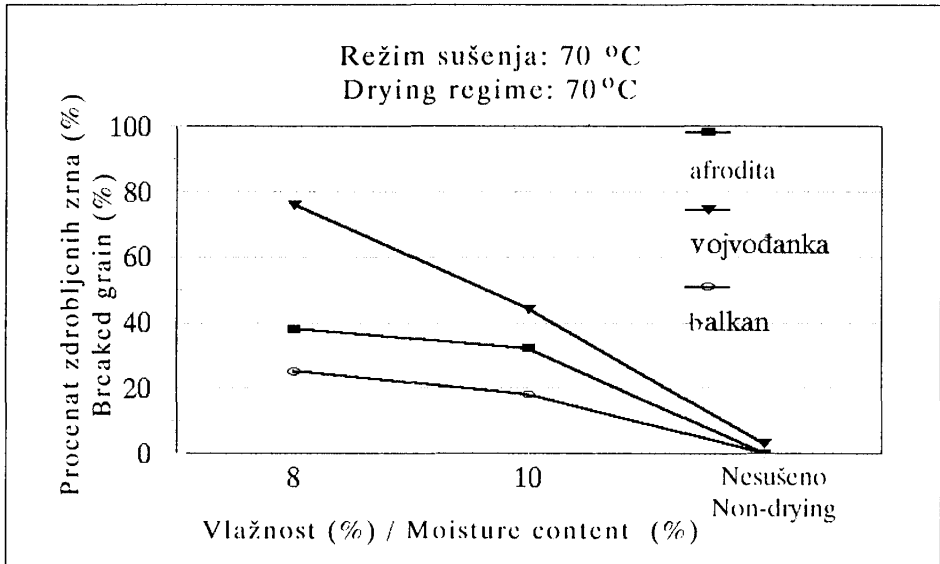
**Tabela 2.** Uslovni modul elastičnosti i sadržaj zdrobljenih zrna za 15 grupa uzoraka  
**Table 2.** Conditional modulus of elasticity and breaking grain content in 15 sample groups

Sorta/Režim sušenja <i>Variety/Drying regime</i>	Vlažnost zrna <i>Grain moisture content (%)</i>	Srednja vrednost uslovnog modula elastičnosti <i>Mean values of conditional modulus of elasticity (N/mm)</i>	Zdrobljena zrna <i>Breaking grain (%)</i>
„vojvođanka” – nesušeno	16,00	128,94	3
„vojvođanka” – 70°C	11,08	176,51	44
„vojvođanka” – 70°C	8,00	188,37	76
„vojvođanka” – 100°C	10,00	188,49	50
„vojvođanka” – 100°C	7,90	162,20	82
„afrodita” – nesušeno	14,06	79,02	0
„afrodita” – 70°C	11,50	214,56	32
„afrodita” – 70°C	8,80	227,84	38
„afrodita” – 100°C	10,00	209,04	39
„afrodita” – 100°C	8,80	199,65	59
„balkan” – nesušeno	16,00	113,48	0
„balkan” – 70°C	10,40	199,86	18
„balkan” – 70°C	8,50	180,39	25
„balkan” – 100°C	11,50	154,06	19
„balkan” – 100°C	8,80	171,19	45



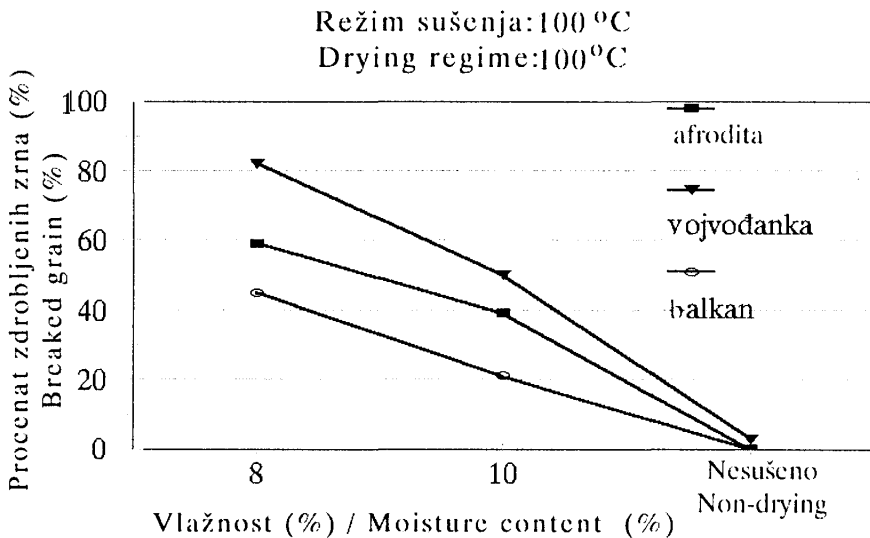
**Slika 4.** Zavisnost uslovnog modula elastičnosti od režima sušenja – 100°C za različite krajnje vlažnosti zrna

**Figure 4.** Conditional modulus of elasticity dependance from drying regime – 100°C for different grain final moisture content



**Slika 5.** Učešće zdrobljenih zrna u zavisnosti od krajnje vlažnosti zrna pri režimu sušenja od 70°C

**Figure 5.** Broken grain percentages versus final moisture content for drying regime of 70°C



**Slika 6.** Učešće zdrobljenih zrna u zavisnosti od krajnje vlažnosti zrna pri režimu sušenja od 100°C

**Figure 6.** Broken grain percentages versus final moisture content for drying regime of 100°C

Analizom varijansi je konstatovano da režim sušenja (temperatura vazduha) ne utiče bitno na uslovni modul elastičnosti, ali da značajan uticaj ima krajnja vlažnost zrna do koje se ono suši. Takođe se izvodi zaključak da sorta, to jest kvalitativan faktor ima bitnog uticaja na drobljenje zrna. Sorta „balkan” je sa aspekta drobljenja zrna najpovoljnija (najmanji udeo), zatim sledi „vojvođanka”, a najnepovoljnija od ispitivanih je „afrodita”.

## ZAKLJUČAK

Zrna soje tri različite sorte su testirana u laboratorijskim uslovima na mehaničku čvrstoću. Plan eksperimenta je postavljen tako da se ispita uticaj vrste sorte, to jest specifičnosti fizičko-hemijskog sastava, bez dubljeg ulaženja u ovu analizu. Pored toga ispitan je uticaj režima sušenja i konačne vlažnosti zrna soje na uslovni modul elastičnosti. Rezultati 1500 testova koji su urađeni na laboratorijskom uređaju analizirani su standardnim statističkim metodama. Konstatovano je da sorta ima uticaja na mehaničku čvrstoću, ali da je krajnja vlažnost zrna pri procesu sušenja takođe od značajnog uticaja. Uočljivo je vrednost uslovnog modula elastičnosti raste sa smanjenjem vlažnosti zrna.

## THE INFLUENCE OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE FACTORS ON CONDITIONAL SECANT MODULUS OF ELASTICITY FOR SOYBEAN KERNELS

by

Babić Ljiljana, Babić M., Lazić V., Turan J.

### SUMMARY

*The study, which has the aim to obtain more information about agricultural grain products physical properties, is important for different processing procedure. The firmness of soybean kernel, and other grain, is of a vital meaning for combine working parts regulation in order to decrease grain crack during harvesting, as well as for grain handling. The firmness of soybean kernel is crucial information for different kind of processing, so the study results about this physical property for three varieties are presented in this paper, and the whole analyze is based on conditional modulus of elasticity.*

*Key words:* load pressure, modulus of elasticity, soybean.

Primljeno: 18.10.2000.

Prihvaćeno: 23.10.2000.