

UTICAJ SUŠENJA NA USLOVNI SEKANTNI MODUL ELASTIČNOSTI ZRNA SOJE

THE INFLUENCE OF DRYING ON CONDITIONAL SECANT MODULUS OF ELASTICITY FOR SOYBEAN KERNELS

Dr Ljiljana BABIĆ, dr Mirko BABIĆ, mr Jan TURAN, dr Veselin LAZIĆ,
Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8

REZIME

Podaci koji doprinose novim saznanjima u vezi mehaničkih osobina soje su značajni za mnoge tehnološke operacije dorade. U radu su prezentovani rezultati merenja mehaničke čvrstoće pojedinačnih zrna soje tri različite domaće sorte i to "vojvodanke", "afrodite" i "balkana". Zbog specifičnosti načina merenja, a i rezultata koji se dobijaju, uveden je pojam uslovnog sekantnog modula elastičnosti. Obavljeno je poređenje ove fizičke osobine za zrna koja su sušena na dva različita režima (70 i 100°C) i pri različitim vrednostima krajnje vlažnosti zrna.

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

SUMMARY

The data which bring new informations about soybean mechanical properties are important during many processing operations. In this paper, the measurement results of mechanical soybean kernel firmness for three different varieties "vojvodanka", "afrodita" and "balkan" are presented. The method of measuring, as well as obtained results, are very specific, so the conditional secant modulus of elasticity was established by the authors. The data about this properties, for individual kernels dried on two air drying temperature (70 and 100°C) and with different final grain moisture contents were compared.

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

UVOD

Najznačajniji kvalitativni faktor soje je sastav zrna, čiji je reprezent sorta. Kvantitativnih faktora ima više (Babić Ljiljana, Babić M. 2000) a to su sve fizičke osobine, koje se za razliku od predhodnih mogu egzaktno meriti. Merenja se rade direktnim ili indirektnim metodama. Valja naglasiti da se merenja većine fizičkih osobina poljoprivrednih proizvoda zasnivaju na istim principima (Babić Ljiljana, 1995), kao i merenja kod drugih vrsta materijala. Međutim, merenja mehaničkih osobina, kao što su otpornost na pritisak, istezanje, probijanje, smicanje ili uvijanje, se znatno komplikuju, pošto se primena standardizovanih metoda za druge materijale (mašinske) mora prilagoditi vrsti materijala. Prilagodavanja obavljaju sami istraživači, tako da su ova merenja potpuno autorska, a takođe i aparatura sa kojom se radi.

MATERIJAL I METOD

U Institutu za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu obavljena su merenja čvrstoće zrna soje (Babić, M, 2000) različitih sorti na pritisak. Za ovu svrhu je napravljen specijalizovani uređaj koji automatski meri dve najvažnije fizičke veličine i to pritisnu silu - F (N) i promenu dimenzije - l (mm), to jest Δl , koje nastaje u vrlo kratkom vremenskom trenutku. Aparatura je već prezentovana u radovima autora.

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 (dužina, širina). Kakav je uticaj izabrane referentne dimenzije na rezultate merenja, treba tek ustanoviti, pošto se zbog obimnosti eksperimenta ovo nije radilo.

Aparatura je povezana sa PC računarnom, 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 (Babić Ljiljana, Babić M 2000).

Treba naglasiti da poljoprivredni materijali imaju nelinearnu karakteristiku sila-deformacija, te se zbog toga pribegava

definisaju sekantnog modula elastičnosti. Sekantni modul elastičnosti je srednja aproksimativna 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:

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

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.

Planom eksperimenta je predviđeno da se ispita ponašanje tri sorte soje "vojvodanke", "afrodite" i "balkana" na mehaničku čvrstoću. Na taj način je obuhvaćen jedan kvalitativan uticajni faktor na rezultate merenja.

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

Sorta Variety	Temperatura vazduha za sušenja Drying air temperature (°C)	Planirana vlažnost zrna Planning final kernal moisture content (%)
"vojvodanka"	100	12,0
"vojvodanka"	100	8,5
"vojvodanka"	70	12,0
"vojvodanka"	70	8,5
"vojvodanka"	nesušeno - undried	16,0
"afrodita"	100	12,0
"afrodita"	100	8,5
"afrodita"	70	12,0
"afrodita"	70	8,5
"afrodita"	nesušeno- undried	16,0
"balkan"	100	12,0
"balkan"	100	8,5
"balkan"	70	12,0
"balkan"	70	8,5
"balkan"	nesušeno - undried	16,0

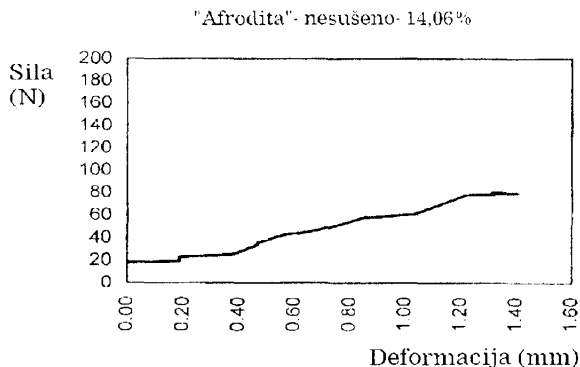
Drugi kvalitativan faktor koji može da izazove promenu ponašanja je tehnološka operacija sušenja zrna, te je i ona uzeta u

razmatranje. Uzorci predviđeni za ispitivanje su u laboratoriji, pod kontrolisanim uslovima sušeni u nepokretnom sloju 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.

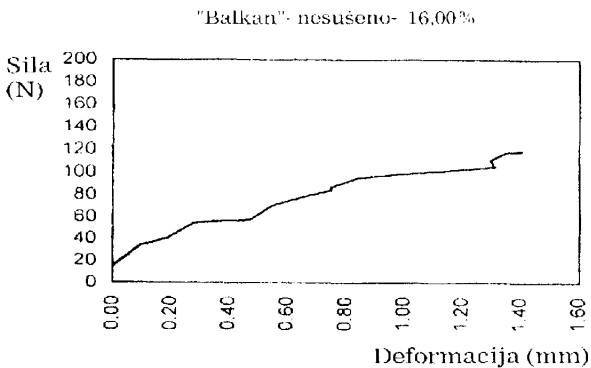
Iz svake grupe laboratorijskih uzoraka nakon sušenja, izdvojen je uzorak za merenja, koji je iznosio 100 zrna. Na taj način je definisan obim merenja čvrstoće na pritisak, koji se sastojao od 1500 testova.

REZULTATI I DISKUSIJA

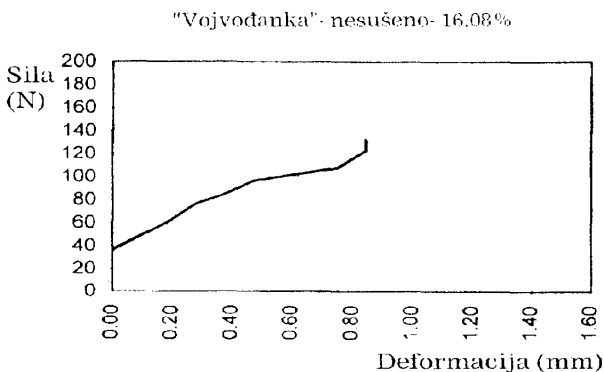
Na slikama od 1 do 6 su prikazani samo neki grafički zapisi zavisnosti sile - F (N) i izmerene deformacije - l (mm) uzorka. Na prve tri slike su veličine koje se odnose na sve tri sorte, ali čiji uzorci nisu sušeni, a na sledeće tri dati su isti podaci za uzorke koji se pre toga sušeni u kontrolisanim uslovima pri režimu sušenja kada je temperatura vazduha bila 100°C.



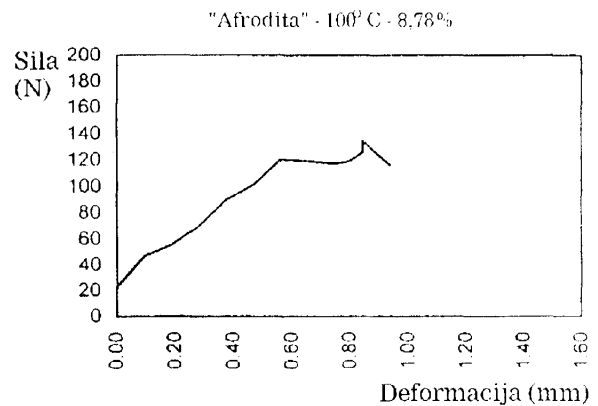
Sl. 1. Zavisnost l-F za nesušeni uzorak "afrodite"
Fig. 1. Dependence of l-F for no dried "afrodite" specimen



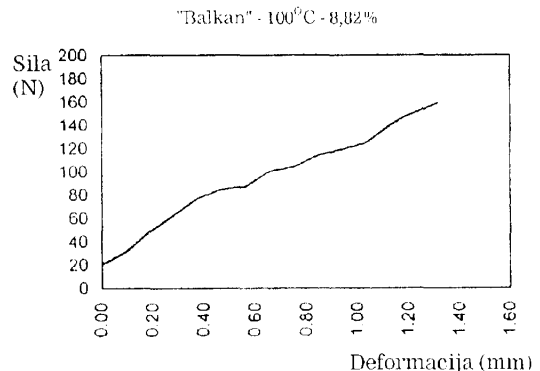
Sl. 2. Zavisnost l-F za nesušeni uzorak "balkana"
Fig. 2. Dependence of l-F for non dried "balkan" specimen



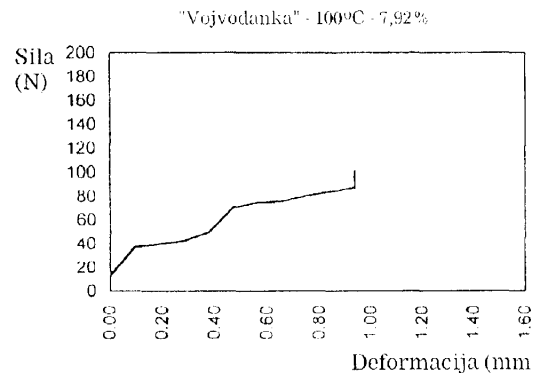
Sl. 3. Zavisnost l-F za nesušeni uzorak "vojvodanke"
Fig. 3. Dependence of l-F for dried "vojvodanka" specimen



Sl. 4. Zavisnost l-F za sušeni uzorak "afrodite"
Fig. 4. Dependence of l-F for dried "afrodite" specimen



Sl. 5. Zavisnost l-F za sušeni uzorak "balkana"
Fig. 5. Dependence of l-F for dried "balkana" specimen



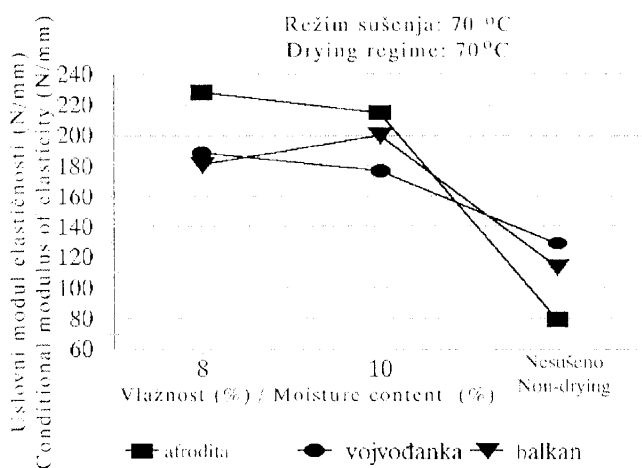
Sl. 6. Zavisnost l-F za sušeni uzorak "vojvodanke"
Fig. 6. Dependence of l-F for dried "vojvodanka" specimen

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

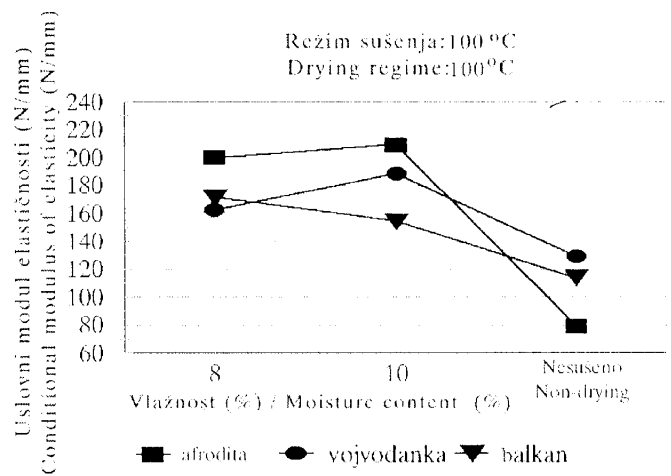
Uticaj režima sušenja na dva nivoa (70 i 100°C) i pri različitim krajnjim vlažnostima uzorka pri kontrolisanim uslovima na modul elastičnosti prikazan je na slikama 7 i 8, a udeo zdrobljenih zrna na slikama 9 i 10.

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

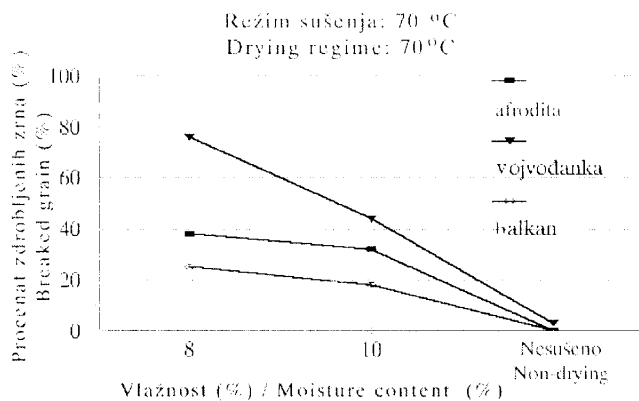
Sorta/Režim sušenja Variety/Drying regime	Vlažnost zrna Grain moisture content (%)	Srednja vrednost uslovnog modula elastičnosti Mean values of conditional modulus of elasticity (N/mm)	Zdrobljena zrna Breaking grain (%)
"vojvodanks"-nesušeno	16,00	128,94	3
"vojvodanka"-70° C	11,08	176,51	44
"vojvodanka"-70° C	8,00	188,37	76
"vojvodanka"-100° C	10,00	188,49	50
"vojvodanka"-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



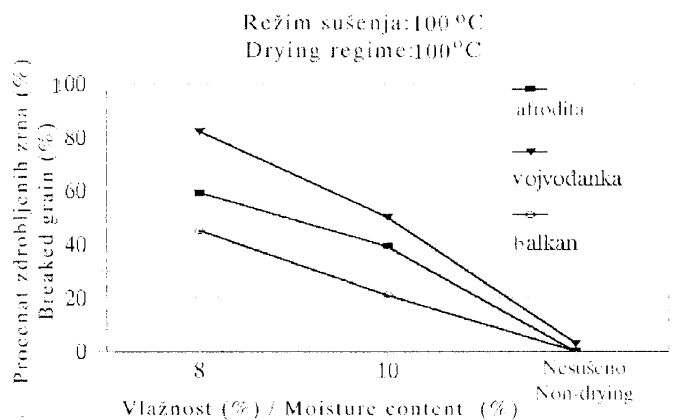
Sl. 7. Zavisnost uslovnog modula elastičnosti od režima sušenja – 70°C za različite krajnje vlažnosti zrna
 Fig. 7. Conditional modulus of elasticity dependance from drying regime – 70°C for different grain final moisture content



Sl. 8. Zavisnost uslovnog modula elastičnosti od režima sušenja – 100°C za različite krajnje vlažnosti zrna
 Fig. 8. Conditional modulus of elasticity dependance from drying regime – 100°C for different grain final moisture content



Sl. 9. Učešće zdrobljenih zrna u zavisnosti od krajnje vlažnosti zrna pri režimu sušenja od 70° C
 Fig. 9. Breaked grain percentages versus final moisture content for drying regime of 70° C



Sl. 10. Učešće zdrobljenih zrna u zavisnosti od krajnje vlažnosti zrna pri režimu sušenja od 100° C
 Fig. 10. Breaked 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 da vrednost uslovnog modula elastičnosti raste sa smanjenjem vlažnosti zrna.

LITERATURA

- [1] Babić, M., Babić Ljiljana, Lazić, V., Turan, J.: Ocena uticaja neravnomernosti kvaliteta flekica soje u fabrici "Sojaprotein" Bečež, Izveštaj, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str.47, 2000.
- [2] Babić Ljiljana, Babić, M., Lazić V., Turan J.: Uticaj kvalitativnih i kvantitativnih faktora na uslovni sekantni modul elastičnosti za zrna soje, Letopis naučnih radova, 24(2000), 1-2, st. 5-11.
- [3] Babić, Ljiljana, Babić, M.: Sušenje i skladištenje, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, s. 306, 2000.
- [4] Babić Ljiljana, Babić, M., Brkić, M.: Sušenje i skladištenje uljanih kultura, poglavlje V u monografiji "Biodizel", Poljoprivredni fakultet Novi Sad, s.74-98, 1995.

Primljeno: 2.3.2001.

Prihvaćeno: 17.03.2001.

Biblid: 1450-5029 (2001) 5; 1-2, p. 6-10
UDK:66.047.1:637.181:633.34

Originalni naučni rad
Original scientific paper

OCENA EFIKASNOSTI SPRAJ SUŠENJA SOJINE BAZE SA ASPEKTA RACIONALIZACIJE POTROŠNJE ENERGIJE

EFFICIENCY EVALUATION FOR SPRAY DRYING OF SOYBEAN BASE FROM THE ASPECT OF ENERGY CONSUMPTION RATIONALIZATION

Dr Mirjana ĐURIĆ*, Nikola VUČKOVIĆ, dipl. ing. **, Tamara ZUBIĆ, dipl. ing.*

* Tehnološki fakultet, Novi Sad, Jugoslavija, Bulevar cara Lazara 1

** "Sojaprotein" AD, Bečež, Jugoslavija

REZIME

Sprej sušenje je proces koji karakteriše velika potrošnja energije. Jedan od mogućih načina njenog smanjenja je izbor optimalne temperature vazduha - agensa sušenja. Istraživanja uticaja temperature vazduha na ulazu u sušnicu izvedena su u laboratorijskom uređaju kapaciteta isparavanja 7,5 kg/h pri ulaznoj/izlaznim temperaturama vazduha od 300°C/90°C. Minimalna i maksimalna temperatura ulaznog vazduha iznosile su 170°C i 240°C, a variran je i broj obrtaja atomizera za formiranje kapi u rasponu od 35220 o/min do 49290 o/min. Merene su temperature (suvog i mokrog termometra) u karakterističnim stanjima za koje su utvrđeni i sadržaj vlage u vazduhu i njegova entalpija. Efikasnost sušenja je ocenjivana određivanjem:

- koeficijenta isparljivosti,
- razlike entalpija vazduha na izlazu iz realne i idealne sušnice i
- specifične potrošnje vazduha i toplote.

KLjučne reči: spraj sušenje, potrošnja energije, sojina baza.

SUMMARY

Spray drying is process characterized with high energy consumption. One of possible ways for reducing energy consumption includes selection of optimum inlet temperature of air - drying agent. Research on influence of inlet air temperature was conducted using laboratory scale equipment, with evaporation capacity 7.5 kg/h, with inlet/outlet air temperatures 300 °C/90 °C. Minimal and maximal inlet air temperatures were 170 °C and 240 °C. Number of rotary atomizer revolutions per minute was varied in a range from 35220 to 49290 rpm. Dry and wet bulb temperatures were measured in characteristic states. Moisture content and enthalpy of air were determined for those states too. Efficiency of drying was evaluated by determination of:

- evaporation coefficient,
- enthalpy difference of outlet air for real and ideal dryer
- specific consumption of air and heat.

Key words: spray drying, energy consumption, soyabean base.

UVOD

Spray sušenje, tj. sušenje raspršene suspenzije, je proces koji se ubraja u energetske veoma nepovoljne, budući da omogućava

dobijanje proizvoda u obliku finog praha. U tim slučajevima nemoguće ga je zameniti nekim od klasičnih procesa sušenja. Ono što nam stoji na raspolaganju jeste pokušaj smanjenja potrošnje energije izborom adekvatnog režima rada postrojenja. Za to je