

Original Scientific paper
Originalni naučni rad
DOI: 10.5937/PoljTeh2404071K

ODREĐIVANJE ČVRSTOĆE PLODA U PROCENI ZRELOSTI VOĆA

**Ranko Koprivica¹, Biljana Veljković^{*1}, Gordana Milosavljević¹, Miloš Božić²,
Vojislav Vujičić², Milovan Živković³, Ivan Glišić¹, Radmila Ilić¹, Dušan Marković¹**

¹*Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Republika Srbija*

²*Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Republika Srbija*

³*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun, Republika Srbija*

Sažetak: Određivanje zrelosti plodova i vremena berbe voća je jedan od činilaca od kojeg zavisi kvalitet i uspešnost berbe. U radu su prikazane mehaničke, senzorne i metode za utvrđivanje stepena zrelosti voća na osnovu čvrstoće plodova. Za potrebe istraživanja korišćen je uređaj sa aplikacijom za utvrđivanje čvrstoće voća direktnom metodom probijanja ploda. U proizvodnim zasadima voća u okolini Čačka (R.Srbija), ubrani su uzorci za ispitivanje čvrstoće plodova višnje (Cigančica), šljive (Čačanska rodna) i borovnice (Duke). Metodom probijanja površine ploda utvrđeno je da je najveću prosečnu čvrstoću ploda imala šljiva 11,74 N, zatim višnja 2,32 N i najmanju borovnica 1,23 N. Granične vrednosti čvrstoće ploda šljive su značajno veće u odnosu na čvrstoću višnje i borovnice, sa vrednostima od minimalnih 7,68 N do maksimalnih vrednosti od 14,92 N. Vrednosti čvrstoće ploda višnje bile su u rasponu od 1,69 N do 2,94 N, a čvrstoća ploda borovnice bila je niža i kretala se u granicama od 0,95 N do 1,56 N.

Prema istraživanju Autora o klasiranju voća, a na osnovu izmerenih rezultata graničnih vrednosti čvrstoće plodova utvrđene metodom probijanja, plodovi šljive, višnje i borovnice po stepenu zrelosti su klasirani u kategoriju mekih plodova.

Ovi rezultati graničnih vrednosti sile probijanja plodova mogu se koristiti za određivanje stepena zrelost voća. Ujedno bi se vršila i klasifikacija voća po čvrstoći plodova u kategorije koje bi mogle biti u upotrebi kao prihvaćeni univerzalni standard. Takođe dobijeni rezultati mogu se koristiti pri predviđanju dužine trajanja transporta i skladištenja voća, a mogu imati primenu pri projektovanju mašina za ubiranje, transportovanje, klasiranje i preradu voća, a sve u cilju smanjenja gubitaka u toku i posle berbe.

^{*}Corresponding Author. E-mail address: biljavz@kg.ac.rs

ORCID: 0000-0002-3825-4183

Ključne reči: zrelost plodova, metode za određivanje čvrstoće voća, sila probijanja ploda, borovnica, višnja, šljiva

UVOD

Jedna od najvažnijih agrotehničkih mera u proizvodnji voća je određivanje vremena berbe plodova, jer od toga zavisi kvalitet, dužina transporta, čuvanja i trajanja plodova. U širokoj proizvodnoj praksi vreme berbe voća namenjeno tržištu se najčešće određuje na osnovu boje pokožice, a plod je zreo kada je cela površina pokožice potpuno iste boje. Vreme berbe i zrelost voća, određena na osnovu indeksa boje ploda, nije dovoljno pouzdana metoda, jer plodovi na istoj grani stabla i sličnom bojom mogu se razlikovati po fiziološkoj zrelosti i kvalitetu. Berač tokom berbe ne može da uoči razliku u boji između plodova, i bere nedovoljno zrele plodove. Već više decenija u upotrebi su različiti instrumenti i metode za brzo i precizno utvrđivanje vremena i početka berbe.

Nažalost, i pored velikog angažovanja naučnika, stručnjaka, komercijalista, menadžera, potrošača, još uvek ne postoji usvojen jedinstven metod za ocenjivanje kvaliteta voća na osnovu čvrstoće ploda. Potrebno je odabrati metodu za utvrđivanje vremena berbe ploda, na osnovu koje će se najbrže i najbolje proceniti kvalitet voća, kako bi se zadovoljili ukusi potrošača i potrebe naučnih radnika istraživača.

U radu su opisane metode za utvrđivanje vremena berbe i zrelosti voća na osnovu čvrstoće plodova koje su do sada primenjivane u praksi i nauci. Ukazano je i na projektovanje i primenu merno akvizicionog uređaja za utvrđivanje graničnih vrednosti čvrstoće voća (višnje, borovnice i šljive) na osnovu testa probijanja plodova.

METODE ZA ISPITIVANJE ČVRSTOĆE PLODA

U naučnim i stručnim istraživanjima poznato je nekoliko mehaničkih metoda za utvrđivanje kvaliteta i zrelosti voća na osnovu čvrstoće ploda, od najjednostavnije senzorne metode gnječenja plodova između prstiju, do softverskih mehaničkih metoda kompresije i probijanja, gde se koriste najsavremeniji instrumenti i oprema za testiranje. U zavisnosti od raspoložive opreme i pribora, same težine i vremena izvođenja testa i analize rezultata, zavisi koja će se metoda za utvrđivanje čvrstoće ploda primeniti u praksi i u naučnim istraživanjima.

Ocenjivanje zrelosti i kvaliteta voća na osnovu čvrstoće ploda određuje se primenom: subjektivnih senzornih i instrumentalnih mehaničkih metoda.

Senzorne metode za određivanje čvrstoće voća

U upotrebi su dve senzorne metode pomoću kojih se zrelost i kvalitet voća određuje i to: na osnovu osećaja u ustima žvakanjem ploda i na osnovu dodira prstiju ruke. Oцена kvaliteta voća na osnovu dodira prstiju ruke obavlja se nežnim stiskanjem ili kotrljanjem ploda između kažiprsta i palca. Na osnovu osećaja dodira i intenziteta pritiskanja prstima, subjektivno se procenjuje čvrstoća i rangiranje plodova voća.

Autori [1,2] su ovom metodom pritiskanjem ploda između palca i kažiprsta, i intenziteta otpora koji pruža plod određivali čvrstoću ploda borovnice.

Prema čvrstoći plod je rangiran u kategoriji od najmekšeg – mekog; do najčvršćeg - čvrstog. Ova senzorna metoda se najviše koristi u komercijalne svrhe, gde se brzo, jednostavno i jeftino određuje kvalitet na terenu gde nema instrumenata za merenje čvrstoće ploda. Zbog jednostavnog utvrđivanja zrelosti ploda i kvaliteta, koji zadovoljava ukuse potrošača, metoda dodira prstiju ima širu primenu u snabdevanju tržišta svežim voćem.

Senzornu ocenu zrelosti i kvaliteta voća na osnovu osećaja ukusa u ustima tokom žvakanja poloda izvodi veći broj ocenjivača, predhodno obučениh ili neobučениh. Ocenjivanje kvaliteta i zrelosti voća vrši se na osnovu navedenih parametara:

- Čvrstoće voća i sile potrebne da zubima odgrizu i usitne mezokarp ploda (od mekog do čvrstog);
- Hrskavosti i jačine zvuka prilikom odgrizanja i žvakanja ploda (kašasta do hrskava ili kruta);
- Sočnosti i količine soka koja se odvaja u ustima prilikom žvakanja (nije sočno do sočno sa sokom);
- Zrnastosti kamenih ćelija ili semena (bez zrnastosti - glatko do zrnasto);
- Osećaja brašnjavosti i suvoće u ustima (brašnjavo i nije brašnjavo);
- Čvrstoće i količine pokožice preostale u toku žvakanja (nežna i tvrda pokožica);
- Ukusa teksture mezokarpa (ocenjivanje na skali).

Prema navedenim autorima [1,3,4], ocenjene karakteristike voća dobijene metodom osećaja u ustima boduju se na osnovu doživljenih subjektivnih osećaja u toku različitih faza procesa žvakanja pri konzumiranju plodova na skali od 0 do 10 ili od 0 do 100.

Senzorne metode ocene kvaliteta voća su direktne metode, ali mogu biti neprecizne i nepouzdanе, jer se zasnivaju na subjektivnom osećaju i zavise od obučенosti i iskustva ocenjivača.

Instrumentalne mehaničke metode za merenje čvrstoće voća

Prema dosadašnjim istraživanjima, za određivanja zrelosti i kvaliteta voća merenjem čvrstoće ploda najviše je korišćen metod kompresije, zatim metod probijanja, a najmanje metod udara i smicanja. Merenje čvrstoće plodova navedenim metodama (testovima) vrši se sa odgovarajućim priborom (penetrometrom), instrumentima i uređajima koji su dosta skupi.

Metod kompresije

Ispitivanje čvrstoće voća metodom kompresije, sastoji se u tome, da se sondom poznatih dimenzija, deluje normalno u odnosu na peteljku i čašicu ploda, to jest na ekvatorijalnu ravan ploda. U istraživanjima mehaničkih osobina kvaliteta voća primenom testa kompresije najviše je ispitivana maksimalna sila deformacije i čvrstoća ploda, a manje granica elastičnosti. Tokom testiranja, snimaju se deformacije nastale na plodu i beleže podaci o maksimalnoj sili deformacije pucanja i čvrstoće ploda trešnje i višnje [5] i borovnice [1,3,4].

Nedostatak metoda kompresije je u tome što je razarajući, pa prilikom merenja čvrstoće voća dolazi do delimične ili do potpune deformacije, narušavanja i oštećenja strukture ploda, i nemogućnosti praćenja promene kvaliteta istog ploda u toku skladištenja i čuvanja posle berbe.

Za ocenjivanje kvaliteta voća merenjem maksimalne čvrstoće, sile pucanja i gnječenja ploda koriste se ravne pločaste sonde prečnika od 15-75 mm ili cilindrične sonde prečnika 20-40 mm. Male cilindrične sonde su manjeg prečnika imaju manju kontaktnu površinu sa plodom u odnosu na pločaste sonde. Zbog toga se u toku merenja sa cilindričnim sondama dobijaju niže vrednosti sile probijanja u odnosu na izmerene vrednosti sile kompresije sa pločastim sondama na istim plodovima.

Metod probijanja

Utvrđivanje vrednosti čvrstoće plodova sa mekim mezokarpom obavlja se metodom probijanja, primenom penetrometra kod kojih se sondom prvo probije pokožica, a zatim prodre u mezokarp. Ovaj metod je korišćen za utvrđivanje kvaliteta grožđa [6], maline [7], borovnice [1,2,3,4], šljive [8,9,10,12,13], višnje [5], trešnje [14,15] i plodova drugog voća.

Određivanje čvrstoće plodova metodom probijanja vrši se instrumentima i uređajima, gde se za merenje maksimalne sile probijanja pokožice i mezokarpa koriste cilindrično igličaste sonde prečnika od 2 mm do 6 mm sa izoštranim ili ravnim vrhom..

Merenje zrelosti i kvaliteta voća na osnovu čvrstoće ploda primenom instrumentalnih metoda je pouzdanije od drugih metoda, jer su dobijeni rezultati konkretni, tačni, precizni i provereni.

Svakako je interes proizvođača voća, trgovaca, menadžera, izvoznika i potrošača da imaju objektivnu i pouzdanu instrumentalnu metodu za određivanje zrelosti i kvaliteta voća na osnovu čvrstoće ploda.

MATERIJAL I METOD RADA

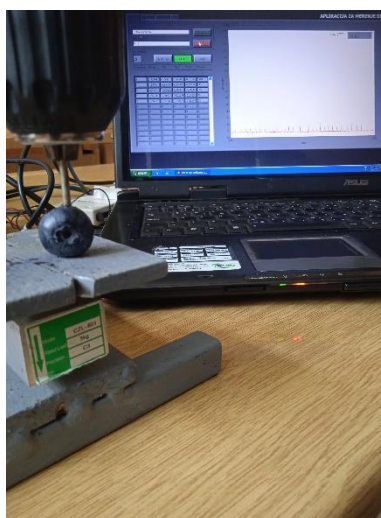
U proizvodnim zasadima u okolini Čačka odabrana su stabla voća i ubrani plodovi višnje (Cigančica), šljive (Čačanska rodna) i borovnice (Duke). Ukupno je za analizu čvrstoće ploda na osnovu sile probijanja uzeto po 10 plodova u 3 ponavljanja za svaku voćnu vrstu.

Uređaj za merenje čvrstoće voća primenom direktne metode probijanja ploda konstruisan je u Laboratoriji za mehatroniku Fakulteta tehničkih nauka u Čačku, a primenjen na Agronomskom fakultetu. Pored merenja čvrstoće plodova različitih voćnih vrsta, uređaj se može koristiti za merenje sile pucanja plodova (uljane repice, soje, pasulja, graška, žutog zvezdana i dr.) i čvrstoće ljuske jaja [16, 17,18].

Detaljan opis merno akvizicionog sistema za merenje mehaničkih osobina, pre svega čvrstoće, sile probijanja, kompresije i rezanja plodova prikazan je u radu [19].

Postupak određivanja čvrstoće voća primenom direktne metode probijanja ploda voća vrši se na taj način što se plod postavi na oslonu ploču u horizontalnom položaju (po dužini) upravno na pravac dejstva sile (Slika 1). Sondom od nerđajućeg čelika sa ravnim vrhom prečnika od 2-5 mm vrši se probijanje pokožice i prodiranje u mezokarp ploda, vodeći računa da ne dođe do kontakta sonde i košpice višnje i šljive.

U momentu probijanja pokožice registruje se sila probijanje koja predstavlja maksimalnu čvrstoću, odnosno silu probijanja voća prikazanu u N. Uređaj registruje i prikazuje u Exel tabeli i grafikonu podatke o izmerenim vrednostima maksimalne sile probijanja ploda, (Slika 1). U tabelarnom izveštaju dati su podaci o maksimalnim silama probijanja ploda sa osnovnim statističkim podacima (prosečna vrednost, maksimum, minimum, koeficijent varijacije, standardna devijacija).



Slika 1. Uređaj za merenje čvrstoće ploda metodom probijanja
Figure 1. Device for measuring fruit firmness using the method of puncture

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Osnovni cilj berbe je da se u optimalnom roku zrelosti uberu zdravi plodovi odgovarajućeg kvaliteta sa najmanje oštećenja, gubitaka, i ekonomski prihvatljive tržišne vrednosti. Jedan od činilaca od koga u mnogome zavisi uspešnost berbe je pravilno određivanje zrelosti plodova i vremena berbe.

Čvrstoća plodova voća borovnice, šljive i višnje je sposobnost ploda da se odupre dejstvu spoljašnih sila koje mogu da oštete i razore pokožicu i mezokarp. Od čvrstoće plodova voća zavisiće dužina čuvanja, transporta i vreme upotrebe voća u svežem stanju.

Prosečna čvrstoća ploda izmerena je silom probijanja i za borovnicu je iznosila 1,23 N, sa variranjem u granicama od 0,95- 1,56 N (Tabela 1, Grafikon 1.)

U poređenju sa sličnim istraživanjima, autori [2] su na kraju berbe borovnice sorte Duke izmerili prosečnu čvrstoću ploda od 1,38 N, što je u opsegu približnih rezultata prikazanih u radu. Minimalne vrednosti sile probijanja borovnice od 0,95 N (Tabela 1), se podudaraju sa vrednostima 1,00 N koje navode [4]. U istraživanjima autora [3] dobijene vrednosti sile probijanja ploda borovnice sorte Duke su 1,89-2,07 N.

Autori [3,4] su ustanovili odnos između vrednosti čvrstoće borovnice izmerene instrumentalnom metodom sa vrednostima utvrđene senzorskom metodom, pri čemu čvrstoća ploda manja od 1,4 kN/m odgovara bobicama „meke“ kategorije.

Prema graničnim vrednostima čvrstoće ploda koju su utvrdili navedeni autori plodovi borovnice u našim istraživanjima pripadaju kategoriji mekih plodova.

Tabela 1. Prosečna čvrstoća (sila probijanja) plodova šljive, višnje i borovnice

Table 1. Average firmness (puncture force) of plum, sour cherry and blueberry fruits

Sila probijanja Puncture force	Šljiva Plum	Višnja Sour cherry	Borovnica Blueberry
1	7,68	2,94	1,12
2	14,92	1,87	1,01
3	8,89	2,3	0,95
4	10,52	1,69	1,47
5	9,9	2,85	1,33
6	12,63	1,98	1,19
7	12,94	2,21	1,24
8	14,92	2,37	1,17
9	13,69	2,56	1,56
10	11,29	2,44	1,28
Prosečno / Average	11,74	2,32	1,23
Minimum	7,68	1,69	0,95
Maximum	14,92	2,94	1,56
Stand. Dev.	2,49	0,40	0,19
CV (%)	21,24	17,40	15,38

Izmerene vrednosti za čvrstoću ploda šljive sorte Čačanska rodna su se kretale od 7,68-14,92 N (Tabela 1). Do sličnih rezultata došli su i autori [9] pri merenju čvrstoće ploda šljive sorte Stanley od 6,66 N, kao i autori [12] za plod divlje šljive 7,85 N. Rezultati navedenih autora o prosečnoj čvrstoći ploda utvrđene metodom probijanja su manji u odnosu na prosečnu vrednost čvrstoće ploda šljive od 11,74 N u Tabeli 1. Autori [8] su kod sorte šljive Yanzhi, Taoli, Oishiwase, Furong i Jinmi izmerili prosečnu silu probijanja pokožice ploda nižu od 10 N.

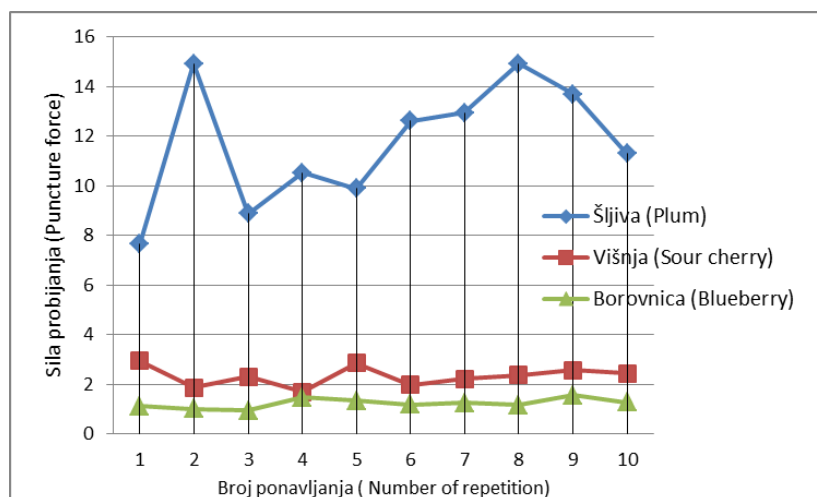
Prosečno izmerena sila probijanja u radu je približna čvrstoći ploda od 10,94 N kod sorte šljive Frenze 90 [9]. Više srednje vrednosti čvrstoće plodova šljive od navedenih u radu utvrdili su i autori [10] kod sorte Valjevka 16,66 N.

Minimalna vrednost čvrstoće ploda šljive od 7,68 N izmerena u radu je kao i kod sorte Oishiwase 7,34 N [8], viša je od 5,0 N kod ukrasne šljive [13], a niža od 12,7 N od sorte Ruth Gerstetter [10].

Maksimalna čvrstoća ploda šljive prikazana u radu od 14,92 N je manja od vrednosti sile za sorte Santa Rosa 39,16 N [11] i sorte Fengtang (44.89 N), Cuimi (41.50 N) i Dabai (40.50 N) [8].

Na osnovu čvrstoće plodova utvrđene merenjem sile probijanja, autori [8] su po stepenu zrelosti plodove šljive klasirali u tri kategorije: jako tvrde, tvrde i meke.

Prema istraživanjima prikazanim u radu i prosečnim vrednostima čvrstoće ploda, šljive pripadaju kategoriji mekih plodova.



Grafikon 1. Čvrstoća ploda šljive, višnje i borovnice utvrđena metodom probijanja
Chart 1. The firmness of plum, sour cherry and blueberry fruit obtained by the method of puncture

Čvrstoća plodova višnje određena metodom sile probijanja varirala je u granicama od 1,69 do 2,94 N, što su niže vrednosti u odnosu na nemačku sortu višnje od 7,01 N do 16,67 N prema istraživanju [5]. Izmerena prosečna vrednost čvrstoće višnje od 2,32 N (Tabela 1) niža je u odnosu na rezultate od 4,34 N koje su dobili za trešnju sorte Regina autori [15] i za sorte Fabiola 8,25 N, Kordia 8,29 N i Jacinta 4,26 N [14].

Rezultati čvrstoće plodova borovnice, šljive i višnje prikazani u Tabeli 1 i Grafikonu 1, razlikuju se od istraživanja drugih autora, zbog agroekoloških uslova gajenja voća, primenjenih agrotehničkih mera, perioda sazrevanja plodova, vremena berbe, različitih sorti, upotrebne namene voća i same metodike ispitivanja.

ZAKLJUČAK

U proizvodnoj praksi se za određivanje zrelosti voća na osnovu čvrstoće ploda koristi više metoda od kojih su u radu opisane: senzorne (metoda valjanja plodova između prstiju ruke i na osnovu osećaja u ustima žvakanjem ploda) i instrumentalne mehaničke metode (metoda kompresije i metoda probijanja plodova). U radu je za određivanje zrelosti šljive, borovnice i višnje na osnovu čvrstoće voća primenjena metoda probijanja ploda.

Iako je u nauci i praksi poznat veliki broj različitih metoda za merenje zrelosti voća na osnovu čvrstoće ploda, ipak još uvek ne postoji jedinstvena standardna metoda koja je opšte prihvaćena. U praksi se za utvrđivanja zrelosti voća na osnovu čvrstoće ploda, najviše koristi metoda probijanja, jer je jednostavna, precizna i brža u odnosu na druge.

Čvrstoća voća utvrđena metodom probijanja plodova kod šljive imala je najveće vrednosti sile probijanja i varirala je u rasponu 7,68 N od 11,74 N, zatim višnje od 1,69 N do 2,94 N i kod borovnice od 0,95 N do 1,56 N.

Na osnovu graničnih vrednosti čvrstoće šljive, višnje i borovnice plodovi su prema stepenu zrelosti klasifikovani u meke plodove. Utvrđene granične vrednosti sile probijanja plodova mogu se koristiti za određivanje stepena zrelosti i klasiranje plodova po čvrstoći voća u 3 standardne kategorije, dobijene na osnovu poređenja senzornih i instrumentalnih metoda, a prema predlogu navedenih autora.

Poznavanje vrednosti čvrstoće ploda pored određivanja zrelosti i kvaliteta plodova, mogu se primeniti u predviđanju dužine trajanja, transporta i čuvanja voća, kao i projektovanju mašina za ubiranje, transportovanje, klasiranje i preradu. Pri tome bi se smanjili gubici voća u toku i posle berbe kao i tokom skladištenja.

ACKNOWLEDGMENT: The research is part of project number 451-03-66/2024-03/200088 supported by Ministry of Science, Technological Development and Innovation of R. Serbia

LITERATURA

- [1] Rivera, S., Giongo, L., Cappai, F., Kerckhoffs, H., Sofkova-Bobcheva, S., Hutchins, D., East, A. 2022. Blueberry firmness-A review of the textural and mechanical properties used in quality evaluations. *Postharvest Biology and Technology*, 192, 112016. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112016>
- [2] Moggia, C., Graell, J., Lara, I., Schmeda-Hirschmann, G., Thomas-Valdes, S., Lobos, G.A. 2016. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 211, pp. 449–457. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.018>
- [3] Lobos, G.A., Bravo, C., Valdes, M., Graell, J., Ayala, I.L., Beaudry, R.M., Moggia, C., 2018. Within-plant variability in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L): maturity at harvest and position within the canopy influence fruit firmness at harvest and postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 146, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111815>
- [4] Blaker, K. M., Plotto, A., Baldwin, E. A., Olmstead, J. W. 2014. Correlation between sensory and instrumental measurements of standard and crisp-texture southern highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. interspecific hybrids). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), pp.2785–2793.
- [5] Sharoba, A. M., Bahlol, H., El-Mansy, H. A., Senge, B. 2005. Effect of varieties, heat treatment and storage at different conditions on mechanical properties of cherry fruits. In *3rd International Conference for Food Science and Technology "Modernizing Food Food Science and Technology "Modernizing Food Industries" February*. pp. 22–24.
- [6] Letaief, H., Rolle, L., Gerbi, V., 2008. Mechanical behavior of winegrapes under compression tests. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59, pp.323–329. <https://www.ajevonline.org/content/59/3/323.article-info>
- [7] Giongo, L., Ajelli, M., Poncetta, P., Ramos-Garcia, M., Sambo, P., Farneti, B., 2019. Raspberry texture mechanical profiling during fruit ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology*, 149, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.021>
- [8] Qiu, X., Zhang, H., Zhang, H., Duan, C., Xiong, B., & Wang, Z. 2021. Fruit textural characteristics of 23 plum (*Prunus salicina* Lindl) cultivars: Evaluation and cluster analysis. *HortScience*, 56(7), pp.816–823.
- [9] Ertekin, C., Gozlekci, S., Kabas, O., Sonmez, S. A. H. R., Akinci, I. 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 75(4), pp.508–514.

- [10] Blažek, J., Pištěková, I. 2009. Preliminary Evaluation Results of New Plum Cultivars in a Dense Planting. *Horticultural Science*, 36(2): pp. 45–54.
- [11] Altuntas, E., Yaldiz, M. (2016). Physical, mechanical and chemical properties of plums (cv. Santa Rosa) affected by aminoethoxyvinylglycine applications. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 13(1), pp.128–133.
- [12] Calisir, S., Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Arslan, D. 2005. Some nutritional and technological properties of wild plum fruits in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 66, pp.233–237.
- [13] Ersoy, H., Altuntaş, E. 2022. Determination of Some Biotechnical Characteristics of Ornamental Plum (*Prunus cerasifera* var. *atropurpurea*) Fruit. *Eurasian Journal of Agricultural Research*, 6(2), pp.74–82.
- [14] Szpadzik Eva, Krupa Tomasz, Molska-Kawulok Karolina, Przybyłko Sebastian. 2022. Fruit Quality and Contents of Some Bioactive Compounds in Selected Czech Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars under Conditions of Central Poland. *Agriculture*, 12 (11), pp. 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111859>.
- [15] Göksel, Z., Aksoy, U. (2014). Sofralık bazı kiraz çeşitlerinin fizikokimyasal özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-2), pp.1856–1862.
- [16] Koprivica, R., Veljković, B., Rakonjac, S., Božić, M., Vujičić, V., Radivojević, D., Marković, D., Topisirović, G. 2021. Direct methods for determination of the egg shell strength. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(2), 1–10. <http://dx.doi.org/10.5937/POLJTEH2102001K>
- [17] Koprivica, R., Veljkovic, B. 2021. Determination of hen eggshell strength by the puncture method. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 25(3), pp.82–85.
- [18] Koprivica, R., Rakonjac, S., Veljković, B., Radivojević, D., Petrović, M. D., Petrović, M. Ž., Mladenović, J. 2021. Determination of external, internal and eggshell quality parameters. *Book of Proceedings of the XII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2021"*, Kovačević D. (ed), pp.1204-1209. East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: Faculty of Agriculture.
- [19] Božić, M., Koprivica, R., Bošković, N., Veljković, B. 2014. Merno akvizicioni sistem za merenje sile otvaranja plodova poljoprivrednih kultura. Traktori i pogonske mašine. 19(4), pp.98–106.

DETERMINATION OF FRUIT FIRMNESS IN ASSESSING THE FRUIT MATURITY

**Ranko Koprivica¹, Biljana Veljković¹, Gordana Milosavljević¹, Miloš Božić²,
Vojislav Vujičić², Milovan Živković³, Ivan Glišić¹, Radmila Ilić¹, Dušan Marković¹**

¹University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Republic of Serbia

²University of Kragujevac, Faculty of technical sciences Čačak, Republic of Serbia

³University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,
Belgrade – Zemun, Republic of Serbia

Abstract: Determining the maturity of the fruits and the time of fruit harvesting is one of the factors on which the quality and success of the harvest depend. The paper presents mechanical sensory and instrumental methods for determining the degree of ripeness of fruit based on the firmness of fruit.

For research purposes, a device with an application was used to determine the firmness of the fruit by direct puncture in the fruit.

In the fruit plantations around Čačak (Republic of Serbia), samples were collected to test the firmness of the fruits of sour cherry (Cigančica), plum (Čačanska rodna) and blueberry (Duke).

The Method of puncture determined that the highest average fruit firmness, 11.74 N was plum, followed by the sour cherry, 2.32 N, and the least blueberry, 1.23 N. Limit values of plum fruit firmness are significantly higher compared to sour cherry and blueberry, with values from a minimum of 7.68 N to a maximum of 14.92 N. Sour cherry fruit firmness values ranged from 1.69 N to 2.94 N, and blueberry fruit firmness was lower and ranged from 0.95 N to 1.56 N.

According to the Author's research on fruit classification, and based on the measured results of the limit values of fruit strength determined by the Method of puncture, plum, sour cherry and blueberry fruits are classified according to the degree of maturity into the category of soft fruits.

These results of the limit values of the puncture force fruit can be used to determine the degree of fruit ripening. At the same time, the classification of fruits according to the firmness of the fruits would be carried out into categories that could be used as an accepted universal standard. Also, these obtained results can be used to predict the duration of transportation and storage. They can also be applied in the design of machines for picking, transporting, classifying and processing fruit, all to reduce losses during and after harvesting.

Keywords: *Fruit maturity, methods for determining fruit firmness, force of puncture fruit, blueberry, sour cherry, plum.*

Submitted: 22.11.2024.

Prijavljen:

Revised: 25.11.2024.

Ispravljen:

Accepted: 10.12.2024.

Prihvaćen: