

## Mehanizacija u uzgoju i posliježetvenim postupcima u proizvodnji bobičastog i jagodičastog voća

### Sažetak

Kakvoća voća ovisi o postupcima prije i poslije berbe, što je naročito izraženo kod bobičastog i jagodičastog voća, koje se ubraja u skupinu voćnih vrsta koje su najosjetljivije na mehanička oštećenja. Uzgoj voća je radno intenzivan i spor proces s visokim troškovima proizvodnje. Uz nedavni napredak u poljoprivrednoj tehnologiji razvijeni su mehanički i robotski strojevi koji, u usporedbi s tradicionalnim uzgojem i postupcima poslije berbe bobičastog i jagodičastog voća, osim što smanjuju troškove proizvodnje smanjenjem potreba za radnom snagom, ostvaruju i značajnu uštedu vremena. Ovaj rad donosi pregled aktualnih znanja o mehanizaciji u uzgoju i postupcima poslije berbe bobičastog i jagodičastog voća, s naglaskom na kratki opis najnovijih mehaničkih i robotskih kombajna dostupnih na tržištu.

**Ključne riječi:** bobičasto i jagodičasto voće, kombajni, mehanizacija, posliježetvena tehnologija

### Uvod

#### Automatizacija i mehanizacija u uzgoju voća

Primjena poljoprivrednih strojeva u svrhu mehanizacije i automatizacije poljoprivrednih radova na poljoprivrednim površinama postala je uobičajeni dio suvremene mehanizirane poljoprivrede koja je s lakoćom revolucionirala poljoprivrednu proizvodnju i zamijenila uporabu radnih životinja poput volova, konja i mazgi. Postojeći sustav mehanizacije u poljoprivredi sastoji se od uporabe traktora, kamiona, kombajna za žetvu, berbu ili vađenje uroda, zrakoplova (zapašivanje), helikoptera itd. Osim toga, suvremena poljoprivredna gospodarstva često upotrebljavaju i satelitske slike dostupne preko računala te GPS navigaciju.

Brz prelazak na primjenu suvremenih mehaničkih tehnologija za uzgoj voćarskih (uključujući bobičasto i jagodičasto voće) i vinogradarskih kultura motiviran je ponajprije troškovima rada, urodom te dostupnošću mehanizacije, a započeo je prije otprilike 50 godina. Ostali značajni čimbenici uključuju poboljšanje svojstava kultivara/sorti, kakvoću i zaštitu voća, zaštitu od bolesti i štetnika, održivi razvoj i zaštitu okoliša te zbivanja na svjetskom tržištu (Zhang i Pierce, 2013.). Koncept učinkovite automatizacije, uzrokovan pritiscima svjetskog tržišta koje troškove automatizacije ograničava na konkurentnu razinu i uvjetuje ekonomsku pravednost trgovine diljem svijeta, postaje ključan za proizvođače voća te grožđa i vina. Stoga je, kada govorimo o pitanjima povezanim s proizvodnjom, poput pomoćnih radnika, konvencionalne mehanizacije, dodatne opreme, polu-autonomnih robotskih sustava za čije je upravljanje i nadzor potreban čovjek, odnosno, u dogledno vrijeme, potpuno neovisnih sustava, iznimno važno u obzir uzeti čitav niz prepreka i njihovih rješenja. Nedostatak radne snage, visoka cijena ljudskog rada i pojačana konkurencija tržišta s niskim troškovima rada potakli su komercijalne poljoprivrednike da se u uzgoju vinogradarskih i voćarskih kultura oslone na automatizaciju i modernizaciju

<sup>1</sup> prof. dr. sc. Tomislav Jemrić, Zavod za voćarstvo, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> mr.sc Mushtaque Ahmed Jatoi, Institut za istraživanje datulja, Sveučilište Shah Abdul Latif, Khairpur, Sindh, Pakistan

<sup>3</sup> prof. dr. sc. Stjepan Sito, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 10000 Zagreb, Hrvatska  
E-mail i telefonski broj autora za korespondenciju: mushtaqjatoi@gmail.com, +385955091760

kako bi mogli učinkovitije sudjelovati u tržišnom natjecanju. Međutim, mehanizacija može predstavljati velika kapitalna ulaganja, pri čemu sveobuhvatna mehanizacija često zahtijeva i visoku razinu upravljačkih vještina (Morris, 2000.).

U posljednjih nekoliko desetljeća zapažena je usredotočenost na promicanje napretka mehaniziranih i automatiziranih rješenja za berbu voća, osobito bobičastog i jagodičastog voća. Međutim, šira uporaba mehanizacije za berbu ponekad je ograničena jer oštećenje plodova tijekom berbe smanjuje njezinu učinkovitost. Glavna pitanja koja robotski sustavi za berbu tek trebaju riješiti uključuju uočavanje i detektiranje ploda te njegovo odvajanje u skladu s propisanim normama, odnosno bez oštećenja ploda i stabla (Sarig, 1993.). Nedavni napredak u računalno potpomognutoj mehanizaciji omogućuje olakšanu berbu uroda, a osigurava berbu plodova s minimalnim oštećenjem, odnosno bez oštećenja plodova. Da bi se osmislio učinkovit sustav za mehanizaciju, nije dovoljno osmisliti samo stroj, nego u obzir treba uzeti i čimbenike poput raznolikosti te uobičajene obrasce postupanja (Sims, 1969.). Uobičajeni obrasci postupanja uvjetovani stanjem poljoprivrednog zemljišta, biljnom populacijom i razmakom te oblikom i veličinom biljaka, uz genetska svojstva stabla za optimalnu berbu (Davis, 1969.; Lapushner i sur., 1983.), fizikalna svojstva i način odvajanja voćke, predstavljaju neke od najznačajnijih čimbenika koji mogu utjecati na strojnu berbu voća (Wolf i Alper, 1984.). Strojna rezidba predstavlja tehnologiju koja se najčešće upotrebljava za održavanje veličine i oblika biljke/stabla. Zato sorte, koje razvijaju uzgajivači bilja, trebaju biti otporne na oštećenja i pucanje tijekom duljeg roka trajanja koji zahtjeva tržište svježeg voća. Plod se treba moći relativno lako odvojiti od biljke i ostati pričvršćen na peteljku (Davis, 1969.; Lapushner i sur., 1983.). Za odvajanje ploda najčešće se primjenjuje zasebna tehnika koja sprječava nastanak oštećenja ploda, osobito u slučaju bobičastog i jagodičastog voća. Kada je dobro osmišljena i učinkovita, minimalizirat će oštećenje ploda tijekom berbe.

Upotreba automatizacije i mehanizacije kod podizanja i održavanja voćnih nasada u svrhu smanjenja troškova proizvodnje danas predstavlja potrebu tijekom uzgoja svake voćarske kulture, uključujući bobičasto i jagodičasto voće. U ovom se preglednom radu razmatra isključivo primjena mehanizacije u uzgoju bobičastog i jagodičastog voća, u postupcima prije i poslije berbe.

### **Bobičasto i jagodičasto voće**

Bobičasto i jagodičasto voće ubrajamo u najneotpornije voće, koje u usporedbi s ostalim vrstama voća ima izrazito kratak rok trajanja nakon berbe. Vrlo je osjetljivo pa se tijekom berbe ili branja može lako oštetiti. Stoga, kako bi se osigurala najveća moguća kakvoća voća nakon berbe, koja će zadovoljiti većinu potrošača, zahtijeva vrlo nježno i pažljivo rukovanje tijekom faze berbe, pakiranja i transporta (Mitcham, 2007.). Općenito, bobice su mali, mesnati ili sočni, šareni plodovi slatkog ili gorkog okusa, koji, za razliku od ostalih plodova, sadrže košticu ili jezgru, imaju nekoliko sitnih sjemenki ili koštica (Wikipedia, 2017a). Međutim, pojam bobica u znanstvenom smislu označava plod koji se razvio iz plodnice jednog cvijeta, pri čemu se vanjski sloj plodnice razvija u jestivi mesnati dio (botanički: usplođe ili perikarp), a biljka koja proizvodi bobice (engl. *berry*) na engleskom se jeziku označava pojmom *bacciferous* (od lat. *baccifer*, koji donosi bobice) ili *baccate* (od lat. *baccātus*, ukrašen bobicama ili biserima) (Wikipedia, 2017.a). U strogom botaničkom smislu, mnogi plodovi koji se diljem svijeta smatraju bobicama, npr. kupine, borovnice, maline itd., zapravo nisu prave bobice (Mitcham, 2007.).

U neke od najuobičajenijih i najčešće uzgajanih vrsta bobica koje se konzumiraju u većim količinama ubrajamo jagodičasto voće poput kupina, malina, crnih malina, duda i jagoda te bobičasto voće poput borovnica i brusnica, dok se acai bobice, crni ribiz, aronija i goji bobice, odnosno kustovnica, vučac ili kineske vučje bobice, konzumiraju nešto rjeđe (Mitcham, 2007.; Hummer i sur., 2012.).

Bobičasto i jagodičasto voće obogaćeno je mnoštvom hranjivih i bioaktivnih spojeva koji blagonaklono djeluju na zdravlje pa se stoga konzumira u većim količinama (Basu i sur., 2010.). Osim hranjivih svojstava, potrošače privlače i čimbenici poput jarke boje, vanjskog izgleda te zdrave i neoštećene vanjske opne. Stoga tijekom procesa berbe plodova bobičastog i jagodičastog voća treba razmotriti i te čimbenike. Tradicionalna berba bez mehanizacije strogo prati pravila koja u obzir uzimaju te čimbenike pa uobičajeno rezultira plodovima s manje oštećenja. No tradicionalna berba zahtijeva ljudsku radnu snagu pa predstavlja spor i dugotrajan proces s visokim troškovima. Međutim, u razvijenim državama trend strojne berbe, zbog svoje brzine i isplativosti, postaje sve popularniji u berbi raznog bobičastog i jagodičastog voća.

Ovaj pregledni rad bavi se najnovijom mehanizacijom u uzgoju i postupcima poslije berbe bobičastog i jagodičastog voća, s naglaskom na prednosti i ograničenja moderne tehnologije povezane sa smanjenjem gubitaka poslije berbe.

### Mehanizacija u uzgoju bobičastog i jagodičastog voća

Uporaba mehanizacije i dodatne opreme za važnije postupke tijekom uzgoja, poput pripreme tla, sadnje ili vegetativnog razmnožavanja, navodnjavanja i gnojidbe te rezidbe, vrlo je važna u određivanju značajki berbe i gubitaka nakon berbe bobičastog i jagodičastog voća. Odgovarajući rast voćaka ključan je za održavanje zdravog i produktivnog voćnjaka. Nadalje, rezidba rezultira olakšanim pristupom/dometom sunčeve svjetlosti biljki, koja pomaže u procesu fotosinteze (Burks i sur., 2013.).

#### Strojna rezidba

Rezidba, odnosno stanjivanje stabala voćaka (uključujući bobičasto i jagodičasto voće) u svrhu smanjenja opterećenja voćke, od presudne je važnosti za povećanje kakvoće proizvedenog voća. Stoga osim što voćkama vršenjem rezidbe pomažemo u prilagodbi oblika, razrjeđivanjem krošnje ujedno omogućavamo potrebnu razinu prodora svjetlosti i osiguravamo ujednačenost plodova (Tucker i sur., 1994.). Strojna se rezidba počela primjenjivati početkom šezdesetih godina prošlog stoljeća na stablima limuna u Kaliforniji, SAD, a vršena je prilagođenim podesivim noževima kosilice postavljenim na vrh stroja (Jutras i Kretchman, 1962.). Ti su strojevi za rezidbu kasnije poboljšani i opremljeni kružnim pilama postavljenim na vodoravni gredelj za rezidbu (Sansavini, 1978.). Strojna rezidba temelji se na unaprijed određenom obliku biljke za rezidbu, npr. vodoravna gornja rezidba (rezidba vrhova) i formiranje „zidova“ okomitom rezidbom ili bočna/površinska rezidba (bočna rezidba u cijelosti, kod koje se može podesiti nagib, pri čemu se u donjim etažama obično ostavlja veća širina krošnje, a u gornjim etažama manja) (Burks i sur., 2013.).

Strojna rezidba većine bobičastog i jagodičastog voća u razvijenim državama predstavlja suvremenu praksu koja se primjenjuje u komercijalnom uzgoju. Stroj za rezidbu, koji je razvilo Sveučilište u Arkansasu, osim što pomaže pravilno oblikovati grmove uspravne kupine za maksimalnu iskoristivost, ujedno smanjuje količinu rada potrebnog za rezid-

bu (Morris i sur., 1978.). Kako bi se potakao rast novih izdanaka i kontrolirala visina grma, danas se za sorte borovnica koje vole umjerenije klimatske uvjete najčešće primjenjuje strojna rezidba vrhova neposredno nakon berbe, s pomoću opreme za rezidbu (Fonsah i sur., 2004.). Gubitak otpalih plodova borovnice prilikom uporabe tradicionalnih kombajna često premašuje 20% (Rohrbach i Mainland, 1989.), a čak i kod pravilne rezidbe grmova može iznositi do 18% (Peterson i sur., 1997.; van Daltsen i Gaye, 1999.). Takeda i sur. (2008.) testirali su kombajn za berbu borovnica V45 (koji je Ministarstvo za poljoprivredu SAD-a razvilo 1994. godine) na specijalno obrezanim Rabbiteye i visokogrmolikim vrstama borovnica koje vole umjerenije klimatske uvjete i utvrdili da su gubitci od otpalih plodova u strojnoj berbi specijalno obrezanih Rabbiteye borovnica smanjeni na manje od 1%.

### **Mehanizacija u posliježetvenim postupcima bobičastog i jagodičastog voća**

Strojna berba voća najznačajniji razvoj bilježi početkom i sredinom 1960-ih (Morris, 2000.), osobito u području vinogradarstva i uzgoja grožđa, za koje su znanstvenici sa Sveučilišta u Kaliforniji iz Davisa osmislili sustav uzgoja namijenjen strojnoj berbi grožđa s pomoću rotirajućih noževa priključenih na traktor, u kojem odrezani grozdovi padaju na pokretnu traku postavljenu usporedno s redom (Winkler i sur., 1957.; Lamouria i sur., 1958.; Winkler i Lamouria, 1960.). Winkler i sur. (1957.) opisali su strojnu tehniku za berbu grožđa koja se, iako nije bila vrlo uspješna, smatra početkom strojne berbe. Osmislili su jedinstveni uzgojni oblik vinove loze namijenjen upotrjebljenom priključku s noževima, u kojem grozdovi vise ispod žice i tako olakšavaju strojno branje. Strojna berba grožđa započela je u vinogradima pokusne poljoprivredne stanice u Arkansasu (SAD) 1966. godine (Morris, 2000.). Danas je na tržištu dostupno nekoliko različitih strojeva za berbu vinograda, a suvremeni uzgojni oblici vinove loze omogućuju maksimalnu dostupnost voća tijekom berbe i učinkovitu strojnu rezidbu (Burks i sur., 2013.). Današnji robotski sustavi za strojnu berbu opremljeni su tehnologijom za automatsko primanje i interpretaciju slike realne scene s dvodimenzionalnim (2D) ili trodimenzionalnim (3D) prikazom koja može detektirati položaj ploda u krošnji (Fujiura, 1997.; Burks i sur., 2005.).

O'Brien i sur. (1983.) berbu smatraju poljoprivrednim postupkom u uzgoju bilo koje vrste voća koji zahtjeva najveću količinu ljudskog rada, a koji je odgovoran za od 30 do 60% ukupnih troškova proizvodnje. U državama (prvenstveno razvijenim državama) s nedostatkom radne snage u poljoprivredi berba voća vrlo je skupa, a u berbi uobičajeno sudjeluje uvozna radna snaga, što pridonosi dodatnim troškovima i podiže druga imigracijska pitanja. Zbog toga se u razvijenim državama u velikoj mjeri primjenjuje strojna berba koja smanjuje ovisnost o uvoznoj radnoj snazi i ostale troškove proizvodnje te povećava kakvoću voćnih nasada. Burks i sur. (2013.) osvrnuli su se na dva najznačajnija ograničenja koja treba uzeti u obzir prije prelaska na strojnu berbu plodova, uključujući bobičasto i jagodičasto voće. Ta se ograničenja odnose na (a) hortikulturne karakteristike biljke i (b) vrstu biljke za berbu, tj. veličinu i oblik biljke, gustoću sadnje, razmještaj i gustoću plodova te radi li se o jednogodišnjoj ili višegodišnjoj vrsti.

Raznolikost voća i povrća otežavaju opću klasifikaciju strojeva za branje. Stoga su Srivastava i sur. (2006.) predložili metodu klasifikacije strojeva za berbu na temelju fizičkog položaja dijela biljke na kojem se nalazi plod. Te su dijelove nazvali proizvodnim zonama biljke, a identificirali su četiri zone: zona korijena biljke, zona površinskog bilja, zona grma i zona krošnje stabla.

Plodovi se kod bobičastog i jagodičastog voća uglavnom nalaze u zoni grma i zoni površinskog bilja, a detaljnije su ih razradili Burks i sur. (2013.).

### **Berba grmolikog bilja**

Plod grmolikog bilja nepravilno je raspoređen po biljci, uglavnom iznad razine ploda površinskih biljaka kod kojih se plodovi uobičajeno nalaze u blizini tla. U grmoliko bilje ubrajamo i većinu bobičastog i jagodičastog voća, na primjer borovnice, grožđe i kupine. Postoje različiti pristupi strojnoj berbi nasada grmolikog bilja, a uključuju uređaje za češljanje, valjanje, berbu s pomoću zračnog toka, primjenu električne struje, uređaja sa zubcima, tresaća s velikom brzinom, drhtećih štapova i uređaja za rezanje (Burks i sur., 2013.).

### **Berba površinskog bilja**

Kod ove vrste berbe, dio biljke uključen u berbu nalazi se tek iznad površine tla, kao kod npr. jagode (Burks i sur., 2013.), a za odvajanje plodova tijekom berbe upotrebljava se pristup povlačenjem ili češljanjem (O'Brien i sur., 1983.).

### **Suvremena mehanizacija za berbu značajnijih nasada bobičastog i jagodičastog voća**

Prije početka strojne berbe bilo kojeg voćnog nasada potrebno je razmotriti nekoliko specifičnih okolnosti koje će osigurati zadovoljenje svih prethodno navedenih ograničenja. Isplativost stroja za branje ovisi o cijeni goriva, radne snage i samoga stroja te vrsti voćnog nasada.

### **Borovnica: strojna i robotska berba**

Borovnica je uspravan, ispružen višegodišnji grm iz porodice *Ericaceae*, prosječne visine od 10 cm do 3 m. Dvije najčešće uzgajane vrste borovnice uključuju niskogrmoliku borovnicu (*Vaccinium angustifolium*), relativno divlju vrstu manjeg rasta i visokogrmoliku vrstu borovnice (*Vaccinium corymbosum*), široko rasprostranjen visoki grm koji dijelimo na sjevernu i južnu visokogrmoliku borovnicu (Wikipedia, 2017.b). Uzgaja se uglavnom u SAD-u i Kanadi te mediteranskim regijama Europe, Kini itd. (Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda, 2014.). Borovnice su, nakon jagoda, druga najčešće konzumirana bobica u SAD-u. Razdoblje berbe borovnice zavisi od regije do regije npr. od početka svibnja do kasnog ljeta u Sjevernoj Americi. Države južne polutke poput Australije, Novog Zelanda i Argentine imaju dulje razdoblje berbe borovnica (Wikipedia, 2017.b).

Borovnice su tradicionalno brane rukom ili grabljama, što zbog mnogo potrebne radne snage predstavlja značajan trošak. Kako bi se postigla bolja ekonomska učinkovitost, počevši od kasnih 1950-tih, za visokogrmoliku su borovnicu razvijeni i testirani različiti strojevi za branje, dok su novi strojevi za branje niskogrmolike borovnice u fazi razvoja (Hedden i sur., 1959.; Peterson i Brown, 1996.; van Daltsen i Gaye, 1999.; Takeda i sur., 2008., 2013.; Yu i sur., 2014.; Casamali i sur., 2016.). Na tržištu su danas dostupni strojevi za berbu borovnice koji vertikalno okružuju grm, pri čemu se tijekom rada vozač i radnici nalaze se na vrhu stroja. U njih ubrajamo, na primjer, kombajn AGH Model 3000 (slika 1.), snažan kombajn berač-jahač s rotirajućom ili klizećom platformom, koja se, po narudžbi, izvodi s ili bez mogućnosti spuštanja i podizanja. Model uključuje niskoprofilni sustav prijenosne trake s limenim hvatačima koji predstavlja vrlo učinkovito rješenje za berbu voća bez oštećenja (AG Harvesters, 2015.).





**Slika 1.** Kombajn berač-jahač AGH 3000 za nasade borovnice

Izvor fotografija: Extension Fruit Educator, Državno sveučilište Michigan (Gao, 2016.) i Harvesters AG

Bočni berač Joanna Premium (slika 2.) vrlo je učinkovit i ekonomičan model koji dolazi s mogućnošću podizanja visokih grana kod berbe grmova visine do 3 m, poput visokogrmolikog bobičastog voća, a osigurava minimalno oštećenje biljke i ploda. Dolazi s trakom za prijenos širine 50 cm i mogućnošću odabira berbe velikog (otprilike 500 kg) ili malog (10 do 20 kg) kapaciteta (Weremczuk FMR Ltd).

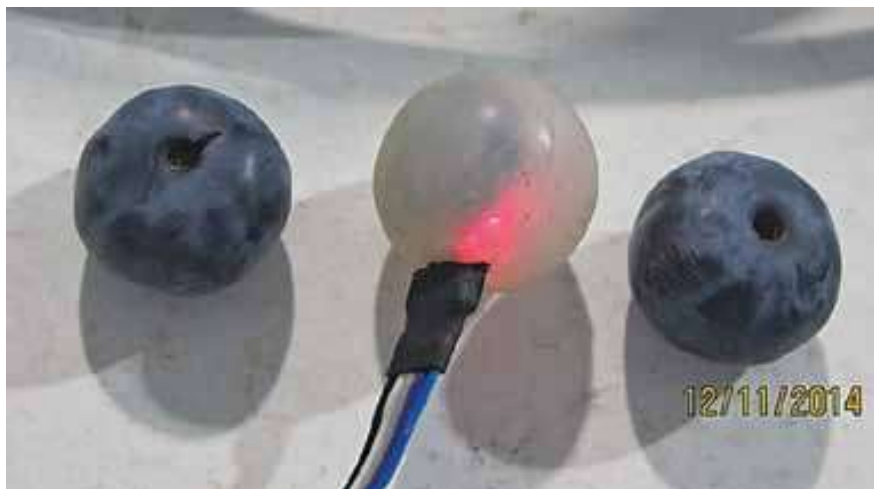


**Slika 2.** Kombajn Joanna Premium tvrtke Weremczuk FMR

Iako proizvodnja borovnica u SAD-u predstavlja višemilijunsko tržište, više od 70% bobica bere se rukom, što pridonosi dodatnim troškovima proizvodnje uzrokovanim visokom cijenom ljudskog rada (Herrick, 2015.). Primjena suvremenih strojeva za berbu često oštećuje vanjski sloj ploda i uzrokuje natisnine pa umanjuje mogućnost učinkovitog plasiranja na tržište, a takva se mehanička oštećenja ne mogu procijeniti tijekom smoga postupka berbe. Zbog toga se u novije vrijeme pojedini uređaji opremaju sa senzorima visoke osjetljivosti koji mogu detektirati natisnine i oštećenja. U njih ubrajamo i uređaj za snimanje natisnina bobica „Berry Impact Recording Device (BIRD)“ (slika 3.) koji je u sklopu projekta razvoja ekonomski učinkovite senzorske tehnologije za poboljšanje učinkovitosti berbe borovnica Inicijative za istraživanje specijalnih hortikulturnih vrsta (engl. *Specialty Crop Research Initiative, SCRI*) Državnog instituta za hranu i poljoprivredu (engl. *National Institute of Food and Agriculture, NIFA*) Ministarstva poljoprivrede SAD-a (engl. *United States*

Department of Agriculture, USDA) osmislila Istraživačka stanica Apalači (engl. *Appalachian Fruit Research Station, USDA-ARS*) iz Kearneysvillea. Senzor radi mjerenja oštećenja putuje s borovnicama kroz čitav postupak rukovanja, od strojne berbe i pakiranja do transporta. Tehnologija BIRD može predvidjeti stupanj gubitka kakvoće uzrokovan natisninama (Herrick, 2015.).

### Brusnica: strojna i robotska berba



**Slika 3.** Izvor fotografije: Inicijativa za istraživanje specijalnih hortikulturnih vrsta (engl. Specialty Crop Research Initiative, SCRI) Državnog instituta za hranu i poljoprivredu (engl. National Institute of Food and Agriculture, NIFA) Ministarstva poljoprivrede SAD-a (engl. United States Department of Agriculture, USDA) (Herrick, 2015.)

Brusnica (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) je pokrovni, niski, drvenasti grm s rjeđim lisnim pokrovom, visine od oko 5 do 20 cm i dužine od 2 metra. Izdanci su drvenasti, sa sitnim zimzelenim listovima (Wikipedia, 2017.c). Uzgaja se uglavnom u SAD-u, koji ostvaruje oko 74% od ukupne svjetske proizvodnje, iako je rasprostranjena i u drugim državama pa se uzgaja i u, na primjer, Kanadi, Argentini, Čileu i Nizozemskoj (Mitcham, 2007.). Brusnica je tijekom većine razdoblja rasta bijele boje, a za vrijeme sazrijevanja poprima tamno crvenu boju. Berba se uobičajeno vrši od kasnog rujna do listopada. Postoje dvije metode branja brusnice: suha i mokra ili vlažna berba (poplavljanjem polja), pri čemu se mokra berba smatra zastupljenijom. Suha berba predstavlja tradicionalnu metodu koja je u uporabi još od 1900-ih godina kada se najprije izvodila s pomoću ručnih grabilica, a kasnije s pomoću najranijih modela berača na guranje (slika 4.). Danas je na tržištu dostupno nekoliko suvremenih modela automatskih berača za suhu berbu (Caruso i sur., 2000.). Mokra berba suvremena je mehanička metoda berbe brusnica u kojoj se vodom poplavljuje čitavo polje nasada brusnice, koje, ispod nekoliko centimetara vode, poprima izgled močvare. Bobice u mokroj berbi plutaju na površini vode, a skupljaju se ili zatvaraju u kut polja s pomoću kotrljača za prikupljanje iz vode, gdje se podižu ili ispumpavaju na prienosnu traku koja ih dovodi do spremnika za transport do jedinica za preradu, gdje se prerađuju ili zamrzavaju (slika 5.). Za razliku od mokre berbe, plodovi prikupljeni suhom berbom mogu se zbog manje sklonosti nastanku oštećenja upotrebljavati i kao svježe voće, ali zbog cijene ljudskog rada i manjeg kapaciteta proizvodnje predstavljaju velik trošak (Wikipedia, 2017.c).





**Slika 4.** Suha berba brusnica: berba s pomoću ručnih grabilica (lijevo) i ranim modelima strojnih berača (desno) (1982.) u Massachusettsu, SAD  
(Izvor fotografija: Caruso i sur., 2000.)



**Slika 5.** Mokra berba brusnica  
Izvor fotografija: Raney, 2015.

#### **Malina: strojna i robotska berba**

Malina je višegodišnja drvenasta grmolika biljka iz porodice *Rosaceae* koja se uglavnom uzgaja u Rusiji, Poljskoj, Srbiji, Meksiku itd. Postoje tri vrste malina: crvena malina (*Rubus idaeus* L.), crna malina (*Rubus occidentalis* L.) i crna malina *Rubus leucodermis* (Mit-cham, 2007.; Wikipedia, 2017.d). Maline koje se uzgajaju kao višegodišnji nasadi najbolje je brati kada poprime jarko crvenu boju, a na temperaturi od 0°C mogu se skladištiti tek nekoliko dana (Nunes, 2008.). Većina malina sadi se na podignutim gredicama s razmakom između redova od oko 300 cm i bočnim žičanim sustavom za oblikovanje. U SAD-u i Kanadi 99% malina bere se mehaničkim metodama. Trenutačno je za berbu malina dostupno više različitih modela strojnih berača. Na primjer, kombajn OXBO 9000 (slika 6.) osmislila je tvrtka Oxbo International Corporation, a opremljen je tunelom za branje širine 140 cm i prilagođen robusnijim sortama malina. Zakrivljeni remeni minimaliziraju pad ploda pa osiguravaju voće najveće kakvoće (Oxbo International Corporation, 2017.).





**Slika 6.** Uporaba kombajna OXBO 9000 u nasadu malina  
Izvor fotografije: Oxbo International Corporation, 2017

### **Jagoda: strojna i robotska berba**

Jagoda (*Fragaria × ananassa*) je višegodišnja zeljasta biljka iz porodice ruža i jedna od najčešće uzgajanih vrsta jagodičastog voća. Postupak berbe se tijekom vremena nije značajnije promijenio. Osjetljiv plod jagode i danas se bere rukom, iako se u razvijenim državama, osobito za nasade u tunelima ili staklenicima, radi uštede troška radne snage, često primjenjuju i strojni te robotski berači poput navođenog robotskog kombajna za berbu jagoda SW 6010 (slika 7) tvrtke Agrobot. Ovim robotskim beračem upravlja iznimno učinkovit sustav navigacije i navođenja kojim upravljaju automatski sustav upravljanja (AGM) i sustav strojnog vida AGvision®, a omogućuje iznimnu preciznost u berbi isključivo zrelih plodova (Agrobot, 2012.).



**Slika 7.** Kombajn ili robotski berač jagoda AGROBOT SW 6010  
Izvor fotografije: AGROBOT, 2012.

### **Crni ribiz: strojna i robotska berba**

Crni ribiz (*Ribes nigrum*) drvenasti je grm srednje veličine (1 do 2 m visine) iz porodice *Grossulariaceae*. Izvorno potječe isključivo iz središnje i sjeverne Europe te sjeverne Azije, a upotrebljava se uglavnom u kulinarstvu, za pripremu sokova, džemova i kompota (Izviješće tvrtke Invenire Market Intelligence, 2008.; Wikipedia, 2017.e). U manjim se količinama može brati uporabom stroja ili rukom, a komercijalna se berba najčešće vrši strojnim

beračima-jahačima. Strojni berač-jahač kontinuirano se kreće niz redove, okružujući red grmova, trese grane i odvaja plodove. Pojedini berači imaju poprečne trake za prijenos koje omogućuju izravno sakupljanje plodova u velike spremnike za transport na obradu. Pluta i Żurawicz (2008.) istražili su berbu plodova crnog ribiza kombajnom (KPS-4b). Najmanju su količinu oštećenja izbojaka i grmlja zabilježili tijekom strojne berbe kultivara 'Ojebyn', 'Ben Lomond', 'Ben Connan' i 'Ores', dok je najveća šteta zabilježena za kultivare 'Titania', 'Tiben' i 'Tisel'.

### **Kupina: strojna i robotska berba**

Kupina je plod koji je popularan diljem svijeta. Poznat je po svom visokom sadržaju hranjivih tvari. U najznačajnije proizvođače kupina ubrajamo SAD, Kinu, Meksiko, Srbiju, Mađarsku, Čile, Novi Zeland itd. (Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda, 2014.). Kupina je samooplodna biljka, a s lakoćom raste i u plitkom tlu. Ovisno o sorti, zahtijeva od 100 do 240 cm prostora između grmova, a sadi se u rano proljeće. Kupina najbolje uspijeva kada je izložena suncu, u dobro navodnjavanom, plodnom tlu. Zdrave biljke kupina proizvode plodove za berbu tijekom čak 15 do 20 godina (Wikipedia, 2017.f). Na tržištu je za berbu kupina dostupno nekoliko vrsta strojnih berača poput višenamjenskih kombajna OXBO 7420 i OXBO 7440, čijom se uporabom u strojnoj berbi ostvaruju ogromne uštede troškova radne snage (korporacija Oxbo International, 2017.).

### **Zaključak**

Uz tradicionalni uzgoj i posliježetvene postupke poslije berbe voćnih nasada, uključujući bobičasto i jagodičasto voće, vežemo ogromne troškove radne snage i proizvodnje, a sam je proces dugotrajan. Uporaba suvremenih mehaničkih alata smanjuje troškove proizvodnje i ovisnost o radnoj snazi te ubrzava cijeli proces. Rad donosi kratak prikaz nekoliko dostupnih strojnih i robotskih berača koji se danas koriste u uzgoju bobičastog i jagodičastog voća, a koji bi mogli biti od koristi uzgajivačima raznih vrsta bobičastog i jagodičastog voća.

### **Zahvala**

Prvi autor zahvaljuje programu za stipendiranje Erasmus Mundus Experts4Asia za sponzoriranje doktorskog studija na Sveučilištu u Zagrebu, Hrvatska. Ovaj rad nije stipendiran potporama agencija za financiranje.

### **Sukob interesa**

Autori izjavljuju da nisu u sukobu interesa.