



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Maximiliano Gregorio BATAGELJ

**VPLIV TEHNOLOŠKIH UKREPOV NA OBARVANOST
JABOLK (*Malus domestica* Borkh.)**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Maximiliano Gregorio BATAGELJ

**VPLIV TEHNOLOŠKIH UKREPOV NA OBARVANOST JABOLK
(*Malus domestica* Borkh.)**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**THE EFFECT OF DIFFERENT TECHNOLOGICAL APPROACHES ON
THE COLOUR OF APPLES (*Malus domestica* Borkh.)**

B. Sc. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2011

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega projekta imenovala izr. prof. dr. Roberta VEBERIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Borut BOHANEČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Robert VEBERIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 26. 9. 2011

Diplomski projekt je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Maximiliano Gregorio BATAGELJ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du 1
- DK UDK 634.11:631.5(043.2)
- KG jabolka / *Malus domestica* / tehnologija pridelave / obarvanost / antociani
- AV BATAGELJ, Maximiliano Gregorio
- SA VEBERIČ, Robert (mentor)
- KZ SI- 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2011
- IN VPLIV TEHNOLOŠKIH UKREPOV NA OBARVANOST JABOLK (*Malus domestica* Borkh.)
- TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
- OP VII, 16 str., 1 pregl., 7 sl., 41 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI S sodobnimi tehnologijami pri pridelavi jabolk lahko vplivamo na njihove lastnosti. Za trženje jabolk je zelo pomembna njihova barva. Ta vpliva tako na določitev cene kot na odločitev kupca za nakup jabolk. Antociani imajo ključno vlogo pri obarvanosti povrhnjice rdečih jabolk. Večjo intenzivnost barve dosežemo z vnašanjem klonov z izboljšanimi lastnostmi kot sta intenzivnost barve plodov in večja rodnost. V mladih nasadih to upoštevamo že pri načrtovanju. V starejših nasadih pa poleg pomlajevanja z izboljšanimi kloni pri nas uporabljamo še nekatere druge ukrepe za večanje intenzivnosti barve kot so rez, redčenje plodov, uporaba reflektivne folije in gnojenje. Obstajajo še nekateri drugi tehnološki ukrepi kot na primer pokrivanje plodov z vrečkami, hlajenje ali ogrevanje nasadov, ki pa so v naših vremenskih razmerah zaradi velikih stroškov manj primerni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDK 634.11:631.5(043.2)
- CX apple / *Malus domestica* / tecnology measures / coloration / anthocyanins
- AU BATAGELJ, Maximiliano Gregorio
- AA VEBERIČ, Robert (mentor)
- PP SI- 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2011
- TY THE EFFECT OF DIFFERENT TECHNOLOGICAL APPROACHES ON THE COLOUR OF APPLES (*Malus domestica* Borkh.)
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VII, 16 p., 1 tab., 7 fig., 41 ref.
- LA sl
- AI sl/en
- AB Modern technologies can have great effect on the quality of apples. Their colour is of great importance when they are put on market and consequently affects the market price as well as the consumer's decision about which apples to buy. The anthocyanins are crucial for the colour of red apples. The intensity of colour is reached by the insertion of genetically modified cells - clones. When it comes to planning new orchards, previously mentioned clones are already incorporated in the orchard plan but the renewal of the old ones demands the use of additional techniques to reach higher intensity of colour, such as cutting, thinning, the use of reflective foils and fertilization. The use of some other technical approaches such as covering the fruit with bags, cooling or heating of orchards is also possible, but due to our climate they are less suitable for us and consequently also very costly.

KAZALO VSEBINE

| | |
|---|-----------|
| Kazalo preglednic | str. VI |
| Kazalo slik | VI |
| Kazalo vsebine | V |
| Key words documentation | IV |
| Ključna dokumentacijska informacija | III |
| Ključna dokumentacijska informacija (KDI) | III |
| | |
| 1 UVOD | 1 |
| | |
| 2 OBARVANOST PLODOV IN RASTLINSKA BARVILA | 2 |
| 2.1 ZUNANJI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA SINTEZO ANTOCIANOV | 4 |
| 2.1.1 Svetloba | 4 |
| 2.1.2 Temperatura zraka | 5 |
| 2.1.3 Vlaga / nadmorska višina | 5 |
| 2.1.4 Tla | 5 |
| 2.1.4.1 Hranila | 5 |
| 2.1.4.2 Vlaga v tleh | 6 |
| 2.1.5 Pomen drevesa | 6 |
| 2.1.5.1 Asimilacijska površina - listi | 6 |
| | |
| 3 TEHNOLOGIJA PRIDELAVE IN NJIHOV VPLIV NA OBARVANOST PLODOV | 7 |
| 3.1 REZ | 7 |
| 3.2 POKRITJE PLODOV Z VREČKAMI | 7 |
| 3.3 REDČENJE | 8 |
| 3.4 HLAJENJE ALI OGREVANJE ZRAKA OKOLI PLODOV | 9 |
| 3.5 REFLEKTIVNA FOLIJA | 10 |
| 3.6 OROŠEVANJE | 10 |
| | |
| 4 SKLEPI | 13 |
| | |
| 5 VIRI | 14 |
| | |
| ZAHVALA | |

KAZALO PREGLEDNIC

| | str. |
|---|------|
| Preglednica 1: Povprečna temperatura nasada in različnih delov rastline, ki pripadajo 157 urah zalivanja z oroševanjem v letu 1969 v primerjavi s kontrole (Unrath, 1972) | 11 |

KAZALO SLIK

| | str. |
|---|------|
| Slika 1: Strukturna formula antocianidina (Glicósidos ..., 2005) | 2 |
| Slika 2: Absorbcija spekter antocianov (Leaf ..., 2004) | 3 |
| Slika 3: Bujna rast jablane po močni zimski rezi (Posadimo ..., 2009) | 7 |
| Slika 4: Prikaz pokritja plodov z vrečkami (Empacamos ..., 2008) | 8 |
| Slika 5: Prikaz ogrevanja zraka v nasadu v Novi Zelandiji (RedHotGen ..., 2010) | 9 |
| Slika 6: Prikaz ohlajevanja zraka v nasadu v Španiji (RedHotGen ..., 2010) | 10 |
| Slika 7: Prikaz zalivanja nasada s kapljičnim namakanjem (Cordón ..., 2009) | 11 |

1 UVOD

Obarvanost kožice rdečih jabolk je zelo pomembna, saj je ravno ta lastnost eden izmed dejavnikov, ki pri potrošniku vplivajo na odločitev za nakup. Od barve je odvisna tudi cena. Slaba obarvanost je lahko vzrok za nižjo ceno.

Standardi kakovosti v državah, ki so nosilke pridelave sadja, določajo, da mora imeti sadje prve kakovosti krovno barvo, ki je značilna za sorto. Tu ne gre le za atraktivnost sadeža. Kupec ve, da je na splošno obarvanost ploda povezana s trdoto jabolk, z večjo vsebnostjo sladkorjev, z boljšim okusom. Razne raziskave so potrdile te povezave. Nezažadna obarvanost rdeče sorte jabolk je glavni razlog za razvrednotenje sadja na trgu (Smith in Frye, 1964).

Trenutno je eden najbolj zanimivih načinov za doseg primerne obarvanosti ta, da se v pridelavo vnaša boljše obarvane klone oz. mutante.

Pri načrtovanju novih nasadov je zato izbira sort, ki so bolj prilagojene klimi, ključnega pomena za doseg kakovostne pridelave. Zato je v zadnjih časih prišlo do zamenjave sort v nasadih. Kot primer lahko omenimo sorto 'Gala', kjer novi mutanti 'Mondial Gala', 'Scarlet Gala' in 'Galaxy', ki so bolj obarvani, zamenjujejo standardno sorto (Iglesias, 1989).

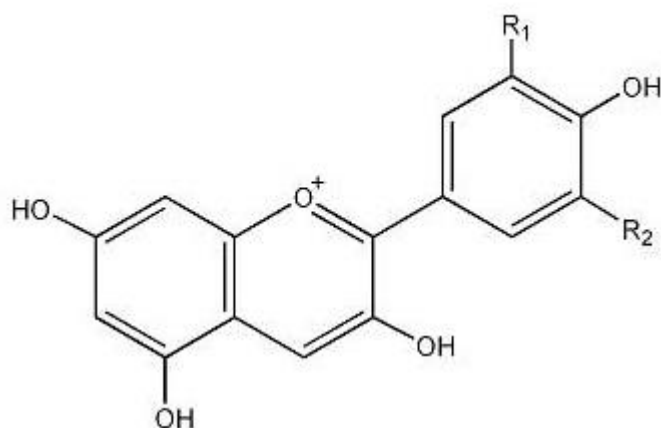
Obnova nasadov je neprekinjen proces. V pridelavi je še veliko zemljišč, kjer so zastopane starejše sorte, ki so manj obarvane. V teh nasadih je treba poseči po tehnoloških ukrepih za izboljšanje obarvanosti jabolk.

Cilj naloge je podati pregled možnih tehnoloških ukrepov s katerimi lahko v pridelavi jabolk vplivamo na obarvanost plodov.

2 OBARVANOST PLODOV IN RASTLINSKA BARVILA

Fenolne skupine so sekundarni metaboliti, ki so prisotne v vseh rastlinah. Spoznamo jih po aromatskem obroču z eno ali več hidroksilnih skupinami. V tej skupini so zelo razširjeni flavonoidi. To so spojine, ki so topne v vodi in imajo skupaj 15 C-atomov in osnovno strukturo (C6 – C3 – C6). Ločijo se po stopnji oksidacije obroča C (Robards in sod., 1999). Lahko delujejo kot zaščita procesov fotosinteze, kot zaščita integritete membrane, zaščita DNA in beljakovin pred škodljivimi vplivi sevanja, še posebej ultravijoličnega. Ključna je njihova vloga pri razmnoževanju rastlin, posebej pri opraševalcih, saj dajejo vidni signal opraševalcem (Yamasaki in sod., 1996). Za sintezo flavonoidov je značilno, da jih stimulira svetloba, napad patogenov in nizke temperature (Dixon in Paiva, 1995).

V to skupino spadajo tudi antociani. Antociani so rdeča in modra barvila, ki so v venčnih listih, v celicah povrhnjice listov in v plodovih. V rastlinah obstajajo kot glikozidi, ki so sestavljeni iz sladkorja in barvne komponente antocianidina. Antociani so občutljivi na spremembo pH. Pri pH 2–4 so lahko rumeni, rdeči, modri ali vijoličasti, pri pH 4–4,5 so pa modri ali vijoličasti. Pri reakciji s tanini se oborijo iz vodne raztopine, oksidativne snovi pa jih razbarvajo (Kranjčič, 2001).



| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| R ₁ = H; | R ₂ = H: | Pelagonidin |
| R ₁ = OH; | R ₂ = H: | Cyanidin |
| R ₁ = OH; | R ₂ = OH: | Delphinidin |
| R ₁ = OCH ₃ ; | R ₂ = OH: | Petunidin |
| R ₁ = OCH ₃ ; | R ₂ = OCH ₃ : | Malvidin |

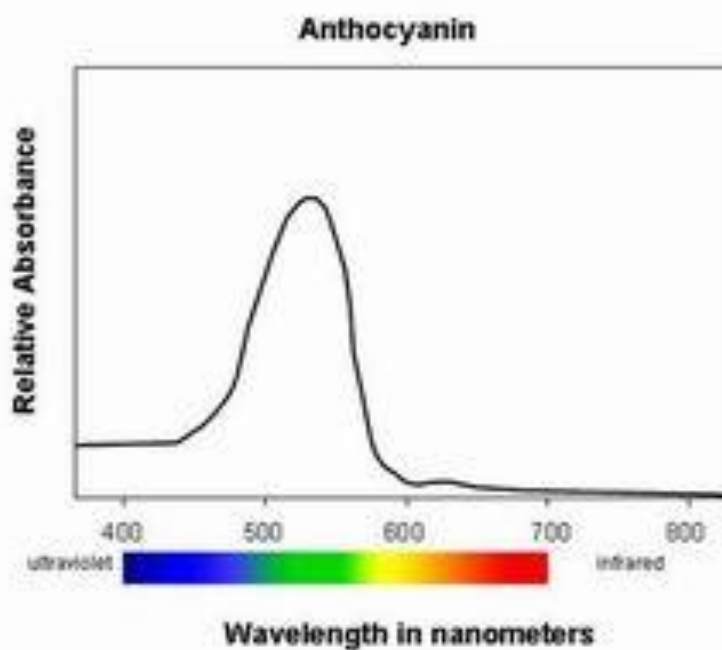
Slika 1: Strukturna formula antocianidina (Glicósidos ..., 2005)

Antocianidini (slika 1) so kemijsko fenolni derivati flavana. Jedro je sestavljeno iz dveh benzenovih obročev A in B, ki ju povezuje reducirana gama pironski obroč. Vsi antociani imajo v položajih 3, 5, 7 vezane hidroksilne skupine, ločijo pa se po substituentih v obroču B. Z večanjem števila hidroksilnih skupin v obroču B in molekularne mase substituentov postaja barva temnejša (Kranjčič, 2001).

V jabolkih so vsi antociani derivati cianidina. Glavni glikozid cianidina v kožici jabolk je cianidin-3-galaktozid (Honda in sod., 2002).

Osnovna zelena barva kožice jabolk izhaja iz barvil klorofila, predvsem klorofila a in b, ki sta v razmerju 3:1. Med zorenjem prehaja zelena barva v rumeno in rdečo, to je zaradi nastanka karotenoidov in antocianov (Hribar, 1989).

Klorofil je magnezijev organski kompleks, pri katerem porfirinski obroč predstavlja obarvano komponento. Vsebuje štiri pirollove obroče, ki so med seboj povezani v porfirinski sistem z Mg ionom v sredini (Polanec, 2008). Klorofil a absorbira več zelene barve, klorofil b pa več modre barve (Saure, 1990). Značilna zelena barva nezrelih plodov z dozorevanjem izginja zaradi sprememb v strukturi klorofila, kar je posledica sprememb pH zaradi delovanja organskih kislin, ki se sproščajo iz vakuol, oksidacijskih procesov in delovanja encima klorofilaze, ki razgrajuje klorofil v brezbarvni fitol (Hribar, 1989).



Slika 2: Absorbcijski spekter antocianov (Leaf ..., 2004)

Antociani (slika 2) se v kožici jabolk najbolj intenzivno kopičijo v dveh obdobjih. Prvič med zgodnjo rastno dobo, ko se še delijo celice. Takrat se tudi pri nekaterih nerdečih sortah v lupini plodov pojavljajo antociani, kot je to pri sortah 'Zlati delišes' in 'Granny Smith'. Malo se ve o biološkem pomenu tega zgodnjega obarvanja. Njihova biosinteza je odvisna od pogojev osvetlitve in jo pospešujejo nižje temperature zraka. Nato se koncentracija antocianov zniža, včasih celo popolnoma izgine. Dolžina obdobja nizkih koncentracij antocianov je pogojena s prisotnostjo rastnih hormonov (giberelinov). Dušik je tisti, ki pospešuje tvorbo giberelinov, zato je od njega odvisno daljše obdobje razgradnje barvil. Če pa primanjkuje dušika, je posledično manj giberelinov, ki bi razgradili pigmente in so zato plodovi močnejše obarvani, vendar se njihova notranja kakovost poslabša (Polanec, 2008).

Sladkor, škrob in sadne kisline so viri energije, potrebne za sintezo antocianov. Plodovi, ki imajo večje količine ogljikovih hidratov, imajo tudi več sadnih kislin, več vitamina C, več aromatskih snovi, plodovi so boljši po okusu in barva plodov je izrazitejša (Chalmers in Faragher, 1977).

Sledi še drugo formiranje antocianov ob koncu rastne dobe in je sortno pogojena. Koncentracija teh antocianov se uporablja kot pokazatelj zrelosti (Lancaster, 1992). V tem obdobju se koncentracija klorofila zniža, koncentracija karotenoidov se pa za štirikrat poveča (Polanec, 2008).

V odvisnosti od sorte se osnovna barva plodov lahko spremeni na naslednje načine:

- zelena barva popolnoma izgine, osnovna barva plodu postane blede rumena ('Gala')
- zelena ne zbledi v celoti, dobimo zeleno rumene ali rumeno zelene plodove ('Zlati delišes')
- zelena ne zbledi ('Granny Smith') (Knee, 1972).

Razvoj krovne barve pri posamezni sorti je genetsko pogojena lastnost, na katero vplivajo tudi dejavniki okolja.

2.1 ZUNANJI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA SINTEZO ANTOCIANOV

Različni zunanji dejavniki imajo posredno ali pa neposredno vlogo pri nastanku antocianov. Ni še dosti znano, kako vplivajo na notranje mehanizme. Kljub temu pa lahko trdimo, da se na splošno nezadostna obarvanost pripisuje pomanjkanju zunanjih ali pa notranjih predpogojev (Yamasaki in sod., 1996).

Zunanji dejavniki so: svetloba, temperatura zraka, vlaga, nadmorska višina, struktura tal...

2.1.1 Svetloba

Biosinteza antocianov v tkivu rastlin potrebuje svetlobo in se s to tudi poveča, saj so antociani del zaščitnega mehanizma proti sončnemu sevanju.

Antociani se v plodovih vežejo s sladkorji v glikozide antocianov. Monoglukozidi so svetlejši, diglukozidi so temnejši in nastanejo na dobro osvetljenih delih krošnje. To razloži dejstvo, zakaj so plodovi iz bolj osvetljenega dela krošnje slajši in močnejše obarvani, kot plodovi notranjosti krošnje (Saure, 1990).

Svetloba je ključni regulator biosinteze antocianov v lupini jabolk, saj se lahko pri primerni osvetlitvi plodov koncentracija antocianov v lupini jabolk poveča do 50 % (Jackson, 1980).

Pomanjkanje svetlobe zmanjša tvorbo barve plodu. Senca enega lista lahko zmanjša moč svetlobe za 90 % in fotosintetsko aktivnost za 28 %. Del plodu, kjer ga prekriva list, ostane zelene barve, ostali deli pa pridobijo barvo (Saure, 1990).

Pomembna ni le moč svetlobe, temveč tudi kakovost svetlobe, ki vpliva na sestavo antocianov. Raziskave opravljene na jabolkih v višje ležečih krajih in v podeževnem obdobju so pokazale, da je vzrok hitrejšega in izrazitejšega obarvanja večja prisotnost ultravijoličnih žarkov, ki lahko spodbudijo sestavo antocianov tudi v notranjosti drevesne krošnje. Tudi

modro-vijolična je učinkovita svetloba, medtem ko je dolgovalovna rdeča svetloba pa najmanj učinkovita ali pa celo preprečevalna (Jakopič in sod., 2009).

2.1.2 Temperatura zraka

Nizke temperature pospešijo transkripcijo regulacijskih in strukturnih genov antocijanina, post transkripcijske spremembe, ki vodijo do sinteze antocijanov pa potrebujejo višje temperature. Zato je obarvanje najboljše, če hladnim nočem (10 – 15 °C) sledijo topli (20 - 25 °C), sončni dnevi. Večja je temperaturna razlika med dnevom in nočjo, intenzivnejša bo obarvanost (Vidrih in Hribar, 2002).

V jasnih, sončnih dneh, vendar ne nad 32 °C, se poveča fotosintetska aktivnost, medtem ko hladne noči blagodejno posredno vplivajo s tem, ko se zmanjša poraba ogljikovih hidratov med dihanjem. Čez noč se ogljikovi hidrati uporabijo za dihanje, ki je bolj intenzivno pri višjih temperaturah. Na ta način ostane zelo malo ali pa nič ogljikovih hidratov na razpolago za sintezo pigmentov. Vroči dnevi (>32 °C) in hladne noči, čeprav ustvarjajo boljše pogoje, niso najugodnejši za razvoj barve. Pod temi pogoji se fotosintetska aktivnost zelo zmanjša. Posledično nastopi pomanjkanje ogljikovih hidratov, ki so potrebni za sintezo pigmentov, kljub temu, da je ponoči manjša dihalna aktivnost (Faragher, 1983).

Nizke temperature naj bi imele večji vpliv na obarvanost jabolk kot pa nihanje temperature. Nočne temperature med 3 in 11 °C naj bi bile najbolj primerne za obarvanje (Iglesias in sod., 2008).

2.1.3 Vlaga / nadmorska višina

Nizka relativna vlaga je povezana s povečanjem rdeče barve plodov, zmanjšanjem tvorbe lenticel in z lepšim videzom plodu. Višina vpliva predvsem na obliko sadežev, ki so bolj podolgovati in z večjimi izboklinami, predvsem pri sortah 'Rdeči delišes'. Nadmorska višina vpliva tudi na večjo količino UV svetlobe, ki pripomore, skupaj z nočnimi nižjimi temperaturami, k sintezi antocijanov v hribovitih krajih (Honda in sod., 2002).

2.1.4 Tla

2.1.4.1 Hranila

Med talnimi faktorji je dostopnost dušika najpomembnejši parameter za tvorbo antocijanov. Pri ugotavljanju vplivov dušika na kakovostne parametre so ugotovili, da količina topnih snovi ni bila odvisna od količine dušika. Obstaja pa tesen negativni odnos med slabo obarvanimi plodovi in okusom. Tako imajo plodovi, ki so bolj preskrbljeni z dušikom, slabši okus in so bolj občutljivi na grenko pegavost (Link, 2000).

Pri poizkusu, ki sta ga izvedla Raese in Drake (1997) sta ugotovila, da sta bili koncentracija dušika in magnezija v plodovih sorte 'Fuji' najnižji pri najmanjšem gnojenju. Vendar so plodovi pri takem gnojenju (28,4 kg N/ha) najboljše kakovosti. Barva plodov je bila povezana s trdoto plodov, količino topnih suhih snovi in tudi s količino fruktoze. Barva je bila bolj rdeča pri drevesih, ki so jih gnojili z manjšimi količinami dušika.

Prekomerno gnojenje z dušikom je povezano z manjšim odstotkom dobro obarvanih sadežev v času obiranja, neposredno zaradi večje gostote listov. Zato se dušik lahko uporablja za preprečevanje tvorbe antocianov na sortah zelenih jabolk, kot na primer 'Granny Smith', kjer rdečkasta barva ni zaželjena (Iglesias in sod., 2008).

Prehranski stres, kot je pomanjkanje P, N, Mn in B, poveča akumulacijo flavonoidov, tudi antocianov (Awad, 2001).

2.1.4.2 Vlaga v tleh

Težko bi določili direktno povezavo med vlago v tleh s tvorbo antocianov. Kaže pa, da vlaga spodbudi tvorbo, predvsem v času suše ali v suhem podnebju, med rastjo plodov. V nasprotnem primeru, če pride do hipoksije (kratkotrajno povečanje vode v tleh, ko so korenine v vodi in jim zaradi tega primanjkuje kisika), se tvorba antocianov ustavi. Posredni vpliv prevelike vlage v tleh je dokazan preko interakcij s sprejemom hranil in posledičnem stimuliranju bujne rasti. To, negativno učinkuje na tvorbo antocianov osenčenih plodov (Awad, 2001).

2.1.5 Pomen drevesa

Razvoj plodov se dogaja na drevesu. Vendar je Uota (1952) dognal, da visoke temperature bolj negativno vplivajo na tvorbo barve jabolk 'McIntosh', ki so na drevesih, kot pa na barvo teh, ki so bila prej pobrana. Dejavniki, ki pomembno vplivajo na rdečo barvo, niso isti pri jabolkih na drevesu kot na odtrganih plodovih.

Tudi starost drevesa vpliva na barvo jabolk. Z leti se zmanjša obarvanost plodov predvsem zaradi večje osenčenosti krošnje. Svetloba, ki prihaja do plodov, ni tako enakomerno porazdeljena (Stopar in sod., 2003).

2.1.5.1 Asimilacijska površina - listi

Število listov je pomembno za razvoj barve. Razmerje 10-20 listov na sadež je pri večini sort premajhno za razvoj barve, kljub temu da dobijo zadostno svetlobo (Faragher, 1983).

Pri sortah 'Rdeči delišes' naj bi bilo potrebno vsaj 40 listov za produkcijo srednje-velikih in dobro obarvanih plodov, od 20 do 25 listov na plod pa pri sorti 'Jonatan'. Čim več je listov na posamezen plod, tem bolj se razvije obarvanje plodov (Faragher, 1983).

3 TEHNOLOGIJA PRIDELAVE IN NJIHOV VPLIV NA OBARVANOST PLODOV

Tehnika pridelave lahko posredno vpliva na razvoj antocianov tako, da poudarja ali pa preprečuje učinke zunanjih faktorjev. Lahko pa tudi neposredno vpliva na razvoj plodov.

3.1 REZ

Rez lahko zmanjša rodnost in rast drevesa in na ta način poveča razpoložljivost hranil za ostale plodove.

Močna zimska rez, v glavnem, zmanjša barvo plodov, ker se poveča vegetativna aktivnost in se s tem poveča osenčenost (slika 3). Ta se opravlja med popolnim mirovanjem, od odpadanja listja do brstenja. Poletno rez pa opravljamo v poletnih mesecih. Ta rez pa povzroči, v večji ali manjši meri, povečanje tvorbe antocianov, zaradi boljšega dostopa svetlobe do sadežev. Pri sortah 'Fuji' zelena rez konec avgusta znatno izboljša obarvanost plodov. Pri toplejših podnebnih lahko povzroči ožige, če rez ni opravljena v pravem času. Pri nas poletna rez ni dovoljena zaradi nevarnosti okužbe hruševega bakterijskega ožiga (Štampar, 2006).



Slika 3: Bujna rast jablane po močni zimski rezi (Posadimo ..., 2009)

3.2 POKRITJE PLODOV Z VREČKAMI

Tehnika, kjer se plodove ovije v vrečke, je učinkovita pri pospeševanju obarvanosti. Ta postopek se izvrši mesec dni po polnem cvetenju.



Slika 4: Prikaz pokritja plodov z vrečkami (Empacamos ..., 2008)

Sadeže je potrebno pokriti s papirnatimi vrečkami ali z vrečkami iz drugih materialov (slika 4). Potem ko vrečke odstranimo iz plodov, se barva na njih hitro razvije. Ta barva je v večini sort močnejša od barve sadežev, ki niso bili pokriti. Tako kritje sadežev povrne in poveča zmožnost tvorbe antocianov v rdečih sortah, ker se poveča vsebnost fitokromov. Znano je, da etiolirana tkiva vsebujejo precej več in druge vrste svetlobnega receptorja fitokroma kot zelena tkiva in da svetloba povzroči razgradnjo fitokroma. Poleg tega pa kritje preprečuje ožige in napad žuželk in s tem prispeva k lepšemu videzu plodu (Wang in sod., 2000).

3.3 REDČENJE

V poskusu, kjer so ugotavljali učinek oveska na kakovost plodov sorte Jonagold/M9, so prišli do rezultatov, da so bili plodovi, pri katerih je bil ovesek najmanjši, lepše obarvani, v mesu je bilo več topnih snovi in večja je bila trdota mesa v primerjavi s plodovi večjega oveska. Če je ovesek padel s 157 na 30 plodov na krošnjo, se je skupna količina polifenolov povečala s 1300 na 1680 mg/kg sveže mase (+29 %) (Stopar in sod., 2003).

Poznamo tri vrste redčenja: ročno, mehansko in kemično.

Ročno redčimo plodiče pri drevesih v nasadih, mlajših od četrtega leta, in dodatno redčimo v nasadih, kjer kemično redčenje ni bilo dovolj učinkovito ali pa jih z rezjo nismo uspeli dovolj razredčiti. Najprimernejši čas za ročno redčenje plodičev je po končanem junijskem trebljenju plodičev. Takrat je tudi viden uspeh naših kemičnih redčenj in naravnega trebljenja plodičev (Črnko in sod., 1995).

Kemično redčenje se v državah z razvitim sadjarstvom vedno bolj širi, dopolnjujejo pa ga z ročnim redčenjem (Črnko in sod., 1995).

Poizkus na sorti 'Fuji' je pokazal, da med različnimi sredstvi za redčenje, s citokininom, benziladeninom (BA) ali v kombinaciji z avksinom, alfa-naftil očetno kislino (NAA) dosežemo najboljše obarvanje plodov.

Uporaba etefona (2-kloroetilfosfonska kislina) je pri tem poizkusu pokazala najslabše rezultate obarvanosti (Vrhovnik, 2009). Njegov nanos povzroča nastajanje etilena. Problem nastane zaradi velike temperaturne odvisnosti, ki lahko v določenih letih preveč razredči plodiče (Stopar, 1999).

Mehansko redčenje je nadomestilo za kemično in ročno redčenje plodov. Stroj ima nosilno ogrodje, na katerem je nasajeno navpično rotirajoče vreteno. Na to vreteno so napeljene plastične nitke. Zaradi vrtenja vretena na navpični osi plastične nitke odlomijo oz. sklatijo posamezne cvetove ali cvetne šope, zlasti na obrobju krošnje. Intenzivnost redčenja določajo hitrost vožnje, število vrtljajev vretena in število plastičnih nitk. Pomanjkljivosti takega redčenja so, da se pospešuje in prenaša boleznj ter škodljivce, stroj je uporaben samo za nekatere gojitvene oblike, poškoduje les, uporabiti ga moramo zelo zgodaj (težave zaradi spomladanskih pozeb) (Lind in sod., 2001).

3.4 HLAJENJE ALI OGREVANJE ZRAKA OKOLI PLODOV

Kot je bilo že prej omenjeno, je temperatura ključnega pomena pri tvorbi barve. Zato v nekaterih nasadih ukrepajo tako, da ogrevajo zrak okoli plodov, če so prenizke temperature (slika 5), če pa so pretople noči ali pa celo dnevi, jih pa hladijo (slika 6). Ta način uravnavanja temperature zelo učinkovito deluje na tvorbo barve. Predstavlja pa velik izdatek, saj se veliko energije izgubi, da se segreje ali pa ohladi zrak okoli plodov, ker prostor ni zaprt (Unrath, 1972).



Slika 5: Prikaz ogrevanja zraka v nasadu v Novi Zelandiji (RedHotGen ..., 2010)



Slika 6: Prikaz ohlajevanja zraka v nasadu v Španiji (RedHotGen ..., 2010)

3.5 REFLEKTIVNA FOLIJA

Pri raznih poizkusih so ugotovili, da prekrivanje tal z reflektivno folijo izboljšuje osvetlitev v krošnji, s tem pa pozitivno vpliva na vsebnost številnih glikozidov cianidina. Posebno pomembno je pri plodovih, ki so v notranjosti krošnje. Za povečanje teh pozitivnih lastnosti je pomemben material (Jakopič in sod., 2007). Najboljše dosežke dobimo pri aluminijasti foliji (ALF – aluminium laminated film).

Protitočna mreža pa zmanjša direktno svetlobo, zaradi česar se krovna barva razvije nekoliko slabše in plodovi vsebujejo nekoliko manj cianidin-3-galaktozida, ki je glavni antocian v jabolkih (Jakopič in sod., 2010).

V poizkusu so ugotovili, da se je z uporabo protitočne mreže in odbojne folije povečalo fotosintetsko aktivno sevanje (PAR) za 20 % v primerjavi s kontrolo. Samo z reflektivno folijo se poveča za 10 % PAR, samo pod protitočno mrežo se pa zmanjša za 30 %. To pomeni, da je v kombinaciji protitočne mreže in reflektivne folije največ sevanja, ki se uporablja pri fotosintezi in je s tem povezana večja produkcija (Jakopič, 2011).

3.6 OROŠEVANJE

V nekaterih krajih imajo sadjarji probleme z visokimi temperaturami, saj se poveča transpiracija drevesa in sledi posledično upočasnena rast ploda, manjši premer in slabša obarvanost. To je zato, ker je čez dan po navadi visoka temperatura in zmožnost izhlapevanja atmosfere in dihanja visoka. V času vodnega stresa in visoke transpiracije je premik vode proti plodu zmanjšan ali se celo obrne, tako da deluje plod kot rezervoar vlage, iz katerega črpajo listi, ko jo potrebujejo (Iglesias in sod., 2008).



Slika 7: Prikaz zalivanja nasada s kapljičnim namakanjem (Cordón ..., 2009)

Ko nastopijo visoke temperature, lahko vodni stres in ustavljanje rasti sadežev preprečimo z vzdrževanjem visokega vodnega potenciala drevesa ves dan. To dosežemo tako, da vzdržujemo vodo na poljski kapaciteti, da korenine dobijo hitro dostopno vodo (slika 7) ali pa da povečamo vlažnost zraka in s tem zmanjšamo transpiracijo dreves. To vlažnost običajno dosežemo z oroševanjem (Iglesias in sod., 2002).

Z oroševanjem se v urah z najvišjo temperaturo pri jablanah povzroči spremembo v stanju okolja, predvsem vlage (jo zviša) in temperature (jo zniža), kar pripomore k večji rasti in večjemu razvoju ploda. Posredno pa se izboljša obarvanost plodu. Zaradi znižanja stresa, ki ga je povzročila previsoka temperatura, zaradi znižanja nivoja transpiracije in temperature, je celična rast optimalna, kar bo v končni fazi najvažnejši dejavnik pri rasti ploda. V spodnji preglednici (preglednica 1) je razvidno, kako se zniža temperatura drevesa (Iglesias, 1999).

Preglednica 1: Povprečna temperatura nasada in različnih delov rastline, ki pripadajo 157 urah zalivanja z oroševanjem v letu 1969 v primerjavi s kontrole (Unrath, 1972)

| Način zalivanja | Temperatura (°C) | | | |
|-----------------|------------------|------|------|------|
| | Zrak | Les | List | Plod |
| Oroševanje | 29,7 | 25,6 | 26,1 | 27,6 |
| Kontrola | 31,6 | 31,9 | 31,2 | 34,3 |
| RAZLIKA | 1,9 | 6,3 | 5,1 | 6,7 |

Običajno se ti sistemi oroševanja aplicirajo po več ur, ali v ciklih, zaradi česar se priporoča avtomatizacija. Naprave, ki uravnavajo zagon-izklop in načrt za inštalacijo, so iste, kot jih uporabljamo pri zaščiti pred slano. Če ga uporabljamo po večkrat, sistem deluje v kratkih intervalih (npr. 10 minut od 40 minut) večkrat na dan. Začetek in konec zalivalnega intervala se določi na podlagi parametrov, iz katerih je razvidno stanje ploda, kot sta lahko temperatura

zraka in/ali ploda. Ta način zalivanja, celo z majhnimi količinami vode, lahko zelo hitro osveži nasad. Nizka relativna vlaga okolja z visokimi temperaturami so pogoj za optimalno osvežitev z izhlapevanjem. Za izhlapevanje vode je potrebna velika količina toplote (584cal/g pri 10⁵ Pa in 25 °C; 539,5cal/g pri 10⁵ Pa in 100 °C), ki prihaja direktno iz sončne energije in/ali katere koli snovi, ki je v kontaktu z vodo, vključno zrak in vlažne rastline. Obstajajo tri tehnike, ki jih uporabljajo za ublažitev temperature dreves. Razvrščene so po učinkovitosti:

-Izhlapevanje vode v zrak in kasnejše kroženje osveženega zraka z namenom, da se zniža temperatura ploda.

-Stalna aplikacija vode na listje in plodove, da se doseže znižanje temperature preko vode po poti »run off«, tudi imenovanega »hidro cooling«; količina nanosa je velika in lahko povzroči zadušitev korenin ter razkroj hraniv.

-Aplikacija vode na listje in plodove, da se toploto direktno izvzame preko izhlapevanja, tudi imenovanega »evaporative cooling« ali osvežitev preko izhlapevanja (Iglesias in sod., 2002).

4 SKLEPI

Antociani spadajo med najpomembnejše pigmente, ki vplivajo na obarvanost plodov. Zato uporabo tehnoloških ukrepov povezujemo z ustvarjanjem najboljših pogojev za tvorbo le teh.

Preko zimske rezi lahko izboljšamo obarvanost, ker uravnavamo svetlobni režim v krošnji in zmanjšamo število plodov glede na razpoložljivost hranil. V Sloveniji poletna rez ne pride v poštev zaradi hruševega bakterijskega ožiga.

Na podoben način kot pri rezi, lahko izboljšamo obarvanost, če redčimo. Najbolj učinkovito je ročno redčenje, vendar je tudi najdražje. Najhitrejše redčenje je mehansko, vendar ima veliko pomanjkljivosti. Učinek kemičnega redčenja je močno odvisen od zunanjih pogojev.

Pokrivanje plodov z vrečkami je zelo učinkovit tehnološki ukrep. Barva plodov se po odstranitvi vrečk intenzivno in hitro obarva. Največja pomanjkljivost takega ukrepa je cena, ki jo predstavlja ročno nastavljanje vrečke na vsak plod posebej.

Temperatura v nasadu je tudi zelo pomemben zunanji dejavnik za kvalitetno obarvanost plodov, zato je priporočljivo, da se zrak okoli plodov ohlaja oziroma ogreva. Je pa to drag postopek.

Plodove lahko ohlajamo z oroševanjem. Ta tehnološki ukrep je pokazal zelo dobre rezultate v Španiji, kjer so višje temperature. V Sloveniji bi prišel v poštev edino na Primorskem.

Plodovi v notranjosti ali v spodnjem delu krošnje so lahko premalo obarvani. To lahko izboljšamo, če na tla položimo reflektivno folijo.

Raziskave so pokazale, da ti tehnološki ukrepi lahko izboljšajo obarvanost plodov, s tem torej kakovost plodov in posredno njihovo prodajno ceno. Pridelovalec pa mora ugotoviti, kako višja cena pridelave pokrije stroške. S tem pa postane jasno, kateri tehnološki ukrepi in v kolikšni meri je uporaba le teh upravičena.

5 VIRI

- Awad M.A. 2001 The apple skin: colourful healthiness: developmental and environmental regulation of flavonoids and chlorogenic acid in apples. PhD thesis. Proefschrift, Wageningen University: 146 str.
- Chalmers D.J., Faragher J.D. 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. *Australian Journal of Plant Physiology*, 4, 1: 111-121
- Cordón manzanos con sistema de riego por superficie. 2009.
http://es.123rf.com/photo_4808164_cord-n-manzanos-con-sistema-de-riego-por-superficie.html (4.7.2011)
- Črnko J., Gutman-Kobal Z., Soršak A. 1995. Redčenje cvetja in plodičev jablan. Krško, Tron d.o.o.: 54 str.
- Dixon R.A., Paiva N.L. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7: 1085-1097
- Empacamos la manzana más limpia de la tierra. 2008.
http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=13126 (14.7.2011)
- Faragher J. D. 1983. Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. *Journal of Experimental Botany*, 34, 10: 1291-1298
- Glicósidos flavonoides. 2005.
<http://www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33c4.htm> (20.08.2011)
- Honda C., Kotoda N., Wada M., Kondo S., Kobayashi S., Soejima J., Zhang Z., Tsuda T., Moriguchi T. 2002. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40, 11: 955-962
- Hribar J. 1989. Spremembe kemičnih in mehaničnih lastnosti jabolk sorte Jonagold pri različnih pogojih skladiščenja. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 93 str.
- Iglesias I. 1989. Nuevas variedades. Ensayos 'B' de manzano y peral. *Fruticultura profesional*, 21: 2-5
- Iglesias I. 1999. Effect of irrigation system on fruit color, anthocyanin content, and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity in 'Starking Delicious' apples. *Produccion y Proteccion Vegetales*, 14: 157-172
- Iglesias I., Salvia J., Torguet L., Cabús C. 2002. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit colour and quality of 'Topred Delicious' apples. *Scientia Horticulturae*, 93, 1: 39-51

- Iglesias I., Echeverría G. Soria Y. 2008. Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains. *Scientia Horticulturae*, 119, 1: 32-40
- Jackson J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard systems. *Horticultural Reviews*, 2: 208-267
- Jakopič J. 2011. Antociani, kvercetini in druge fenolne spojine pri jablani (*Malus domestica* Borkh.) sorte 'Fuji' med dozorevanjem. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 45 str.
- Jakopič J., Veberič R., Štampar F. 2007. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*, 115: 40-46
- Jakopič J., Štampar F., Veberič R. 2009. The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*, 123, 2: 234-239
- Jakopič J., Štampar F., Veberič R. 2010. Influence of hail net and reflective foil on cyanidin glycosides and quercetin glycosides in 'Fuji' apple skin. *HortScience*, 45, 10: 1447-1452
- Knee M. 1972. Athocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in the peel of Cox Orange Pippin apples during ripening on and off the tree. *Journal of Experimental Botany*, 23: 184-196
- Krajncič B. 2001. Botanika: razvojna in funkcionalna morfologija z anatomija. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 452 str.
- Lancaster J.E. 1992. Regulation of skin color in apples. *Critical reviews in plant sciences*, 10, 6: 487-502
- Leaf pigments. 2004.
http://harvardforest.fas.harvard.edu/research/leaves/leaf_pigments.html (15.9.2011)
- Lind K., Lafer G., Schloffer K., Innerhofer G., Meister H. 2001. Ekološko sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 314 str.
- Link H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation*, 31: 17-26
- Polanec S. 2008. Dinamika razvoja barve jabolk glede na položaj plodov v krošnji in klimatske razmere. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 45 str.
- Posadimo drevesa! 2009.
<http://www.rtvsllo.si/blog/lepavtrnarija?&page=0> (01.09.2011)
- Raese J.T., Drake S.R. 1997. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of Fuji apples. *Journal of plant nutrition*, 20, 12: 1797-1809

- RedHotGen: la regulación del color rojo de la manzana. 2010. http://www.infoagro.com/noticias/2010/10/16946_redhotgen_regulacion_color_rojo_manzana.asp (14.07.2011)
- Robards K., Prenzler P.D., Tucker G., Swatsitang P., Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 4: 401-436
- Saure M.C. 1990. External control anthocyanin formation in apple. *Scientia Horticulturae*, 42, 3: 181-218
- Smith H.M., Frye R.E. 1964. How color of 'Red Delicious' apples affects their sales. USDA Marketing research report. Washington, Marketing Economic Division: 11 str.
- Stopar M. 1999. Sredstva za kemično redčenje plodičev jablane in njihovo delovanje. *Sad*, 5, 5: 2-5
- Stopar M., Bolčina U., Vanzo A., Vrhovšek. 2003. Kakovost in polifenolni sestav jabolk je odvisen od obremenitve krošnje dreves. *Sodobno kmetijstvo*, 11, 12: 35-39
- Štampar F. 2006. Rez sadnih rastlin. Ljubljana, Kmečki glas: 135 str.
- Unrath C.R. 1972. The evaporative cooling effects of overtree sprinkler irrigation on 'Red delicious' apples. *Jurnal of American Society for Horticultural Science*, 97: 55-58
- Uota M. 1952. Temperature studies on the development of anthocyanin in 'Mc Intosh' apples. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, 59: 231-237
- Vrhovnik G. 2009. Učinek etefona, NAA, NAD, BA in njihovih kombinacij na redčenje jablane (*Malus domestica* Borkh.) sorte 'Fuji'. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Kmetijstvo: 29 str.
- Vidrih R., Hribar J. 2002. Optimalni rok obiranja sadja. *Brdstika. Priloga tednika Kmečki glas za sadjarje in vinogradnike*, 1, 3: 4-5
- Wang H., Arakawa O., Motomura Y. 2000. Influence of maturity and bagging on the relationship between anthocyanin accumulation and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity in 'Jonathan' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 2: 123
- Yamasaki H., Uefuji H., Sakihama H. 1996. Bleaching of the red anthocyanin induced by superoxide radical. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 332: 183-186

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Robertu Veberiču, recenzentu dr. Dominiku Vodniku in dr. Maji Mikulič Petkovšek za pomoč, spodbudo in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij in verjeli vame.