



UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Pia KOLARIČ

**RAZVOJ PLODOV PRI KAKIJU**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Pia KOLARIČ

**RAZVOJ PLODOV PRI KAKIJU**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**FRUIT DEVELOPMENT OF PERSIMMON**

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, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Francija ŠTAMPARJA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Borut BOHANEČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Franci ŠTAMPAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Franc BATIC  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Pia KOLARIČ

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 634.45: 631.547.5 (043.2)
- KG sadjarstvo/kaki/razvoj ploda
- AV KOLARIČ, Pia
- SA ŠTAMPAR, Franci (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2011
- IN RAZVOJ PLODOV PRI KAKIJU
- TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
- OP VII, 17, [1] str., 1 sl., 12 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Kaki je sadna vrsta, ki izvira iz jugovzhodne Azije in razvije rumeno oranžne plodove. Je dokaj nezahtevna in se zlahka prilagodi različnim podnebnim in talnim razmeram, zato dobro uspeva tudi pri nas. Od drugih sadnih vrst se razlikuje predvsem po nastanku plodov, ki se ponavadi razvijejo partenokarpno, lahko pa tudi z oploditvijo. Drevo kakija lahko tvori samo ženske cvetove, ženske in moške cvetov ter hermafroditne in ženske in moške cvetove, zato je med sadnimi vrstami prava posebnost. Komerzialno najpomembnejše sorte pa razvijejo samo ženske cvetove. Razvoj plodov pri kakiju poteka po dvojni sigmoidni krivulji in pri običajnih sortah razvoj ploda poteka približno 5 mesecev od cvetenja do zorenja. Pri plodovih, ki se razvijejo z oploditvijo, so najpomembnejši oprasovalci čebele in čmrlji. Kakijeve plodove razvrščamo v 4 skupine glede na trpkost, in sicer v skupino PCNA (Pollination Constant Non Astringent), PVNA (Pollination Variant Non Astringent), PCA (Pollination Constant Astringent) in PVA (Pollination Variant Astringent). Kaki odlikuje bogata vitaminska in mineralna vsebnost, velika vsebnost prehranskih vlaknin ter majhna vsebnost beljakovin in maščob. Njegovi plodovi so bogat vir primarnih metabolitov, antioksidantov, karotenoidov in polifenolnih spojin. Plod kakija vsebuje velike količine sladkorjev, znano pa je tudi, da ima kaki veliko antioksidativno aktivnost na proste radikale.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDC 634.45: 631.547.5 (043.2)
- CX fruit growing/persimmon/fruit development
- AU KOLARIČ, Pia
- AA ŠTAMPAR, Franci (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2011
- TY FRUIT DEVELOPMENT OF PERSIMMON
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VII, 17, [1] p., 1 fig., 13 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Persimmon is a relatively undemanding plant and can be easily adapted to different climatic and soil conditions, therefore, whatever its origin is, it grows well in our country. In fruit development, parthenocarpic development is very common, but fruit can also develop with fertilization. Persimmon tree can form only pistillate flowers, both pistillate and staminate flowers, and hermaphroditic flowers in addition to pistillate and staminate flowers, therefore is a real speciality among fruit species. Most commercially important cultivars produce only pistillate flowers. The growth pattern of persimmon fruit has a double sigmoid curve, and fruit development takes about 5 months from flowering to ripening, with normal cultivars. The most important pollinators for fruits that develop with fertilization, are bees and bumblebees. Persimmon fruits are classified into four groups according to the astringency, in group PCNA (Pollination Constant Non Astringent), PVNA (Pollination Variant Non Astringent), PCA (Pollination Constant Astringent) and PVA (Pollination Variant Astringent). Persimmon feature rich vitamin and mineral content, high levels of fiber and low in protein and fat content. Its fruits are a rich source of primary metabolites, antioxidants, carotenoids, and polyphenol compounds. Persimmon fruit contains large amounts of sugars and it is also known to have high antioxidant activity on oxygen free radicals.

## KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
<b>2 KAKI (<i>Diospyros kaki</i> Thunb.)</b>	<b>2</b>
2.1 IZVOR	2
2.1.1 Izvor znanstvenega imena	2
2.2 BOTANIČNA RAZVRSTITEV	2
2.3 PODNEBNE IN TALNE ZAHTEVE	3
2.4 MORFOLOGIJA DREVESA	3
2.5 SVETOVNA PRIDELAVA KAKIJA	4
<b>3 RAZVOJ PLODOV PRI KAKIJU</b>	<b>5</b>
3.1 RAZVRSTITEV CVETOV	5
3.2 BIOLOGIJA RAZMNOŽEVANJA	6
3.2.1 Trebljenje	6
3.3 RAST IN RAZVOJ PLODA	7
3.3.1 Vegetativna rast	7
3.3.2 Generativni razvoj	7
3.3.3 Razvoj ploda	8
3.3.4 Opraševalci	8
3.3.5 Vsebnost suhe snovi in dušika med razvojem ploda	8
3.3.6 Vpliv temperature na rast in razvoj ploda	9
3.4 DELITEV PLODOV	9
3.4.1 Mehanizmi izgube trpkosti	10
3.5 FENOLOŠKE FAZE PRI KAKIJU	11
3.5.1 Značilnosti lestvice	12
3.5.2 Opis glavnih fenoloških faz pri kakiju	12
<b>4 UPORABA PLODOV IN NJIHOVA HRANILNA SESTAVA</b>	<b>14</b>
4.1 PRIMARNI IN SEKUNDARNI METABOLITI	14
4.1.1 Sladkorji	14
4.1.2 Organske kisline	14
4.1.3 Razmerje med sladkorji in organskimi kislinami	15
4.1.4 Fenolne spojine	15
4.1.5 Karotenoidi	15

<b>5 SKLEPI</b>	16
<b>6 VIRI</b>	17
<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO SLIK

Slika 1: Plod kakija	Str. 5
----------------------	-----------



## 1 UVOD

### 1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Kaki (*Diospyros kaki* Thunb.) izhaja iz vzhodne Azije, kjer ga imenujejo zlato jabolko. Nekateri ga opisujejo kot paradižnik z okusom po medu, pravimo pa mu tudi božji oziroma kraljevski sadež.

Poleg odličnega okusa se kaki ponaša s številnimi koristnimi snovmi ter velja za sredstvo proti dehidraciji in za izboljšanje imunskega sistema. Še posebej slastni so povsem zreli sadeži, saj šele takrat razvijejo sladek in kremast okus. Užitna sta tako lupina kot notranjost, ki vsebuje pravo bogastvo provitamina A, vitamina C in B ter baker, kalij in železo.

Redno uživanje kakija pomaga pri čiščenju ledvic in izboljšanju prebave, posušeni koščki pa se uporabljajo pri zdravljenju bronhitisa. Nezrele sadeže zaradi vsebnosti fluora in čreslovin ponekod uporabljajo pri zdravljenju krvavečih dlesni in parodontoz, sok iz kakijev pa naj bi preprečeval previsok krvni tlak. Kaki pa se uporablja tudi v kozmetični industriji, in sicer njegova kožica, kot sestavina za pripravo hranilnih in sproščujočih mask za obraz.

V diplomskem projektu smo želeli predstaviti razvoj plodov pri kakiju.

## 2 KAKI (*Diospyros kaki* Thunb.)

Kaki, eksotični sadež, je pri nas še vedno premalo poznan. Že od nekdaj so cenili njegovo prehransko in zdravilno vrednost ter uživali v njegovem sladkem okusu. O tem nam govori tudi pomen njegovega botaničnega imena *Diospyros* – hrana bogov. Odlikuje ga bogata vitaminska in mineralna vsebnost, velika vsebnost prehranskih vlaknin ter majhna vsebnost beljakovin in maščob.

### 2.1 IZVOR

Domovina kakija je Kitajska, kjer naj bi bil pomemben vir hrane že v prazgodovinskih časih. Prvi zapisi o kakiju so se pojavili približno dva stoletja pred našim štetjem, kjer je opisan kot divji sorodnik kakija, ki je rasel v kitajski gozdovih. Zapisi o kakiju kot gojeni kulturi pa se pojavijo v začetku petega oziroma šestega stoletja našega štetja (Janick in Paull, 2007).

Kaki se je iz kitajskega gen centra najprej razširil v Korejo in na Japonsko, nato pa je dosegel še druge države Daljnega vzhoda. Na ameriški kontinent so ga prinesli Kitajci in Japonci, ki so se selili v severno in južno Ameriko. Njegovo širjenje v Sredozemlju pa naj bi potekalo šele zadnja dva stoletja, čeprav obstajajo Plinijeve zapisi o prisotnosti kakija na tem ozemlju že v antičnem Rimu. V zadnjih letih se je kaki razširil po večini držav, ki imajo zmerno klimo (Bellini in Giordani, 2002).

#### 2.1.1 Izvor znanstvenega imena

Znano je, da je njegovo znanstveno ime *Diospyros kaki*, vendar pa raziskovalci niso prepričani o njegovem izvoru oziroma avtorju. Nekateri izmed raziskovalcev menijo, da je avtor imena *Diospyros kaki* Carl Linné (L.), medtem ko drugi trdijo, da je vir tega poimenovanja Linnéjev sin (L.f.) ali pa Carl Peter Thunberg (Thunb.). V delu *Index Kewensis* (Jackson, 1893, cit. po Janick in Paull, 2007) so našeta imena *Diospyros kaki* Blanco, *Diospyros kaki* (L.f.) in *Diospyros kaki* (Thunb.). *Diospyros kaki* Blanco je naveden kot sinonim za *Diospyros discolor* in *Diospyros kaki* (Thunb.) naj bi bil sinonim za *Diospyros kaempferi*. Po teh navedbah se zdi, da je najprimernejše znanstveno ime za kaki *Diospyros kaki* (L.f.), vendar pa je dr. Koidzumi na univerzi Uppsala opravil obsežno analizo vzorcev iz Thunbergovega herbarija in ugotovil, da je *Diospyros kaki* (Thunb.) dejansko pravi japonski kaki. Njegove nadaljnje raziskave so pokazale, da je Thunberg uporabil ime *Diospyros kaki* pred Linnéjevim sinom, in sicer v *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, vol. 3, p. 208, ki je izšla leta 1780. Po tej raziskavi naj bi bilo jasno, da je pravilno znanstveno ime za kaki *Diospyros kaki* (Thunb.) (Koidzumi, 1925, cit. po Janick in Paull, 2007).

### 2.2 BOTANIČNA RAZVRSTITEV

Kaki uvrščamo v rod *Diospyros* in družino Ebenaceae. Rod *Diospyros* L. zajema približno 400 različnih vrst, ki so porazdeljene predvsem v tropskem pasu Azije, Afrike in centralne Amerike. Obstaja pa nekaj vrst, vključno s kakijem, ki so doma v zmernem pasu. Čeprav je navadni kaki najbolj pomembna kultivirana vrsta, pa obstaja še kar nekaj drugih vrst iz tega rodu, ki uspevajo v zmernem pasu in so pomembne v hortikulturi. *Diospyros lotus* (L.) in

*Diospyros oleifera* (Cheng in Ling) sta bila vzgojena na Kitajskem kot sadni vrsti, vendar se je *Diospyros oleifera* uporabljala predvsem za pridobivanje kakijevega olja (velika vsebnost taninov), *Diospyros lotus* ali dateljev kaki pa je precej razširjen v deželah Mediterana, kjer se danes uporablja le kot podlaga za intenzivne nasade ali pa v okrasne namene (Sancin, 1988).

*Diospyros rhombifolia* (Hemsley) je pritlikavo drevo, ki jeseni obrodi majhne atraktivno obarvane plodove in uporablja predvsem v okrasne namene. Virginijski kaki ali *Diospyros virginiana* (L.) je še ena pomembna vrsta, ki se goji zaradi pridelka in izvira iz Amerike. Rod *Diospyros* pa zajema še kar nekaj tropskih vrst in vrst zmernega pasu, ki razvijejo užitne plodove, kot so na primer *Diospyros discolor* (Willd.) imenovan žametno jabolko, ki je avtohton na Filipinih, *Diospyros ebenaster* (Retz.) in *Diospyros decandra* (Lour.), ki ga najdemo na Tajskem in razvije dišeče plodove (Janick in Paull, 2007). Vse današnje sorte, ki se pridelujejo zaradi plodov naj bi nastale iz navadnega kakija (*Diospyros kaki*), dateljevega kakija (*Diospyros lotus*) in virginijskega kakija (*Diospyros virginiana*), prav tako pa se te tri omenjene vrste dandanes uporabljajo za podlage (Štampar in sod., 2009).

### 2.3 PODNEBNE IN TALNE ZAHTEVE

Kaki je rastlina, ki se zlahka prilagodi različnim podnebnim in talnim razmeram. Glede tal kaki ni najbolj zahtevna sadna vrsta. Dobro uspeva v srednje težkih ali tudi težkih tleh, če je na razpolago dovolj vode, pa tudi na lahkih tleh. Ustreza mu pH 6,5 – 7,5. Tla morajo biti dobro založena s hranili in humusom. Slabo prenaša zastajanje vode v tleh in prevelike količine kalcija. Uspešno ga gojimo na območjih, kjer raste vinska trta in breskev. Starejše rastline prenesejo med globokim mirovanjem do -18 °C, mlajše pa pozebejo že pri višjih temperaturah. Med brstenjem so kritične temperature od -1 do -2 °C. Cvetovi ne pozebejo, ker cveti šele konec maja. Če temperature v juliju padejo pod 10 °C, se velikokrat tvori abscizinsko tkivo in plodiči predčasno odpadejo (Štampar in sod., 2009).

Med rastno dobo in zlasti jeseni pred zorenjem plodov so močni in stalni vetrovi zelo škodljivi. Poleg tega, da v sušnih poletnih mesecih izsušujejo ozračje in pospešujejo prekomerno izhlapevanje vode iz rastlin, poškodujejo tudi plodove, saj se le-ti drgnejo ob veje v krošnji in na ta način zgubljajo vrednost (Sancin, 1988).

### 2.4 MORFOLOGIJA DREVESA

Sadno drevo ima podzemne in nadzemne organe. Podzemni organi so korenine, nadzemni pa koreninski vrat, deblo in krošnja, ki jo sestavljajo veje, brsti, cvetovi, listi in plodovi (Jazbec in sod., 1995).

Korenine opravljajo fiziološko in mehanično funkcijo. Najpogostejša naloga korenin je oskrba sadnega drevja z vodo in v njej raztopljenimi rudninskimi snovmi. Služijo tudi za shranjevanje, kjer se od začetka junija do odpadanja listja kopičijo rezervne hranilne snovi, ki jih drevo rabi za rast spomladi. Zelo pomembna pa je tudi učvrstitev drevesa v zemlji.

Rastline kakija, vzgojene iz semena, razvijejo globoke korenine in imajo malo stranskih koreninskih izrastkov. Korenine so krhke in se zlahka poškodujejo oziroma prelomijo.

Starejše rastline razvijejo bolj plitve korenine, ki se razrastejo do nekaj metrov od debla. Iz teh plitvih korenin se lahko razvijejo številni koreninski izrastki (Sancin, 1988).

Deblo pri kakiju je ravno in prekrito s temno sivo rjavo skorjo, ki je značilno razpokana. Mlade rastline, stare štiri do pet let, pa imajo gladko, nerazpokano skorjo (Sancin, 1988).

Kakijevo drevo razvije krošnjo, ki je po naravi piramidaste oblike. Veje so najprej pokončne, kasneje se pod težo plodov povesejo. Pogostokrat so spodnje veje zelo dolge. Ker je les zelo krhek, se veje pod težo pridelka rade lomijo, zato jih moramo podpirati (Sancin, 1988).

Listi pri kakiju so eliptične oblike, bleščeči in temno zeleni na zgornji ter nekoliko svetlejši na spodnji strani. V jeseni pred odpadanjem postanejo z rdečkasto rumenimi do rjavimi odtenki zelo slikoviti. Oblika in velikost lista je različna in odvisna od starosti rastline. Dolgi so med 7 – 15 cm (Sancin, 1988).

Pri kakiju se brsti razvijejo v listnih pazduhah. Mešani brsti so stožčaste oblike, vegetativni (leseni) pa nekoliko bolj šilasti. Vegetativni (lesni) brsti so opazni zlasti na mladih rastlinah, in sicer na bujnih vejah. Iz lesnega brsta se razvijejo le lesni poganjki. Mešani brsti se razvijejo na rodnih vejah in nosijo cvetove (Sancin, 1988).

## 2.5 SVETOVNA PRIDELAVA KAKIJA

V letu 2009 je celotna svetovna pridelava kakija znašala 4,015,752 ton. Vodilne svetovne pridelovalke kakija po podatkih iz leta 2009 so Kitajska z 2.871.202 tonami, Koreja s 450.000 tonami in Japonska z 258.000 tonami. Precej velike pridelovalke so tudi Brazilija s 171.555 t, Azerbajdžan s 135.549 t, Italija z 52.518 t, Izrael s 36.324 t in Uzbekistan s 34.000 t. Sledijo pa jim manjše pridelovalke kot so Nova Zelandija, Iran, Avstralija, Nepal in Mehika. Kaki se goji predvsem v azijskih državah. Pridelava Kitajske, Koreje in Japonske obsega kar 90 % celotne svetovne pridelave.

V Sloveniji je bilo leta 2009 zabeleženih 41 ha kakijevih nasadov, pridelek pa je znašal 569 ton (FAOSTAT, 2011).

### 3 RAZVOJ PLODOV PRI KAKIJU

Pri kakiju se plodovi razvijejo na dva načina: s partenokarpijo in z oploditvijo. Zelo pogosta je partenokarpija. Ženski cvetovi lahko razvijejo plodove brez predhodnega opraševanja in oploditve. Plodovi, ki nastanejo na ta način, nimajo semen in zato imajo na trgu večjo tržno vrednost kot plodovi s semeni in so bolj okusni. Plodovi, ki pa nastanejo po oploditvi, vsebujejo eno do osem semen (Sancin, 1988).



Slika 1: Plod kakija

#### 3.1 RAZVRSTITEV CVETOV

Drevo kakija lahko razvije tri tipe izražanja spola in je med sadnimi plemeni prava posebnost. Drevo lahko tvori samo ženske cvetove, ženske in moške cvetov ter hermafroditne in ženske in moške cvetove. Tako poznamo pri kakiju enodomne, dvodomne in poligamno dvodomne rastline. Kaki svoje cvetove razvije v listnih pazduhah na poganjkih trenutne sezone. Ženski cvetovi so veliki in jih zlahka ločimo od moških, saj imajo v času cvetenja veliko štiridelno zeleno čašo. Cvet ima štiri venčne liste belo rumene barve, ki so pri osnovi zrasli, pri vrhu pa odprti.

Moški cvetovi so navadno združeni v grozdih po trije skupaj. So manjši od ženskih in imajo podobno razvito čašo in cvetni venec kot ženski cvetovi. V sredini je povprečno 20 prašnikov z dobro razvitimi prašnicami, ki vsebujejo veliko cvetnega prahu. Plodnica je pri moških cvetovih zakrnela.

Hermafroditni ali popolni cvetovi se na rastlini razvijejo posamezno ali v socvetjih po trije skupaj, kjer je običajno le sredinski cvet hermafroditen, ostala dva pa sta moška.

V populaciji rastlin, ki jih razmnožujemo s semenom, lahko dobimo rastline s takimi kombinacijami cvetov (Janick in Paull, 2007; Sancin, 1988):

- a) rastline s samo ženskimi cvetovi,
- b) rastline s samo moškimi cvetovi,
- c) rastline s samo hermafroditnimi cvetovi,
- d) rastline z ženskimi in moškimi cvetovi (a+b),
- e) rastline z ženskimi in hermafroditnimi cvetovi (a+c),
- f) rastline z moškimi in hermafroditnimi cvetovi (b+c),
- g) rastline z ženskimi, moškimi in hermafroditnimi cvetovi (a+b+c).

Tip spola, ki se izrazi na drevesu je določen genetsko. Spol drevesa se lahko spreminja iz leta v leto, čeprav sorte z ženskimi cvetovi zelo redko razvijejo moške cvetove (Janick in Paull, 2007; Sancin, 1988).

### 3.2 BIOLOGIJA RAZMNOŽEVANJA

Komercialno najpomembnejše sorte razvijejo samo ženske cvetove, zato so enodomna drevesa v nasadu posajena samo kot opráševalci za sorte z majhno sposobnostjo partenokarpije. Poznamo kar nekaj sort, ki so priporočene za sajenje v nasade kot opráševalci, saj imajo veliko sposobnost proizvodnje cvetnega prahu v moških cvetovih, poleg tega pa njihovo cvetenje sovпада s cvetenjem glavnih oziroma komercialno pomembnih sort.

Mehanizem, ki nadzoruje izražanje spola cveta na enodomnih rastlinah je zelo zapleten. Izražanje spola cveta, ki se razvije na enodomni rastlini je najverjetneje povezano s stanjem hranil v poganjkih, saj šibki poganjki običajno razvijejo moške cvetove, medtem ko vitalnejši poganjki razvijejo ženske cvetove. Dobra preskrbljenost rastline s hranili lahko povzroči diferenciacijo ženskih cvetov, saj se bo terminalni brst razvil v ženski cvet in bo s tem močno vplival na razvoj lateralnih poganjkov med organogenezo. Na starejših in manj vitalnih drevesih se pogosteje razvijejo moški cvetovi (Janick in Paull, 2007).

Obstajajo podatki, da je drevo sposobno pretvoriti moške cvetove v ženske, če ga pred in med cvetenjem tretiramo z benzilaminopurinom (BA). Enodomno drevo, ki je bilo med 2. junijem in 6. julijem šestkrat tretirano z benzilaminopurinom je imelo v naslednji sezoni veliko več ženskih cvetov, kot pa drevo v kontroli (Yonemori in sod., 1990, cit. po Janick in Paull, 2007).

Ugotovljeno je bilo, da so poganjki, ki so v trenutni sezoni razvili ženske cvetove, tudi za naslednje leto diferencirali ženske brste oziroma mešane brste, v katerih so se pojavili ženski cvetovi. In enako, poganjki, ki so v trenutni sezoni razvili moške cvetove, so prav tako diferencirali moške oziroma mešane brste, iz katerih so se v naslednji sezoni razvili moški cvetovi (Janick in Paull, 2007).

#### 3.2.1 Trebljenje

Razvoj plodu je pomemben fenomen v pridelavi sadja. Pri pridelavi kakija je odpadanje plodov velik problem, saj se občasno pojavi tako zgodnje kot tudi pozno odpadanje plodov.

Zgodnje odpadanje plodov, to je takoj po cvetenju, se pojavlja pri mnogih sortah kakija, medtem ko se kasnejše odpadanje plodov (ob zrelosti) pojavlja je pri določenih sortah. Zgodnje odpadanje plodov je povezano z dvema dejavnikoma – partenokarpijo in razvojem semena. Večja je sposobnost rastline za partenokarpen razvoj plodov, manjše je zgodnje odpadanje in prav tako je zgodnje odpadanje manjše, če plodovi vsebujejo veliko semen. Plod kakija ima štiri karpele oziroma plodne liste z osmimi plodničnimi predali, kar pomeni dve jajčne celice v enem plodnem listu, zato plod lahko vsebuje največ osem semen. Če sorta nima velike sposobnosti za tvorjenje partenokarpnih plodov, zahteva semena in s tem opráševanje, da se izognemo zgodnjemu odmetavanju plodov. Če so na drevesu mešani plodovi, taki s semeni in brez semen, bodo tisti brez semen odpadli zaradi konkurence. Pokrivanje drevesa z veliko mrežo med cvetenjem prepreči oprášitev, za to so vsi razviti plodovi brez semena, to pa zmanjša zgodnje odmetavanje plodov in drevo običajno obdrži plodove vse do zorenja. Taki plodovi so primerno veliki in brez semen ter so komercialno zelo zanimivi (Janick in Paull, 2007).

### 3.3 RAST IN RAZVOJ PLODA

Razvoj plodov pri kakiju poteka po dvojni sigmoidni krivulji. Razvoj ploda po dvojni sigmoidni krivulji obsega tri faze. Plod v dveh obdobjih hitro raste (fazi I in III), ti dve fazi pa sta med sabo ločeni z obdobjem počasne rasti, in sicer s fazo II. Pri običajnih sortah plod potrebuje približno pet mesecev od cvetenja do zorenja.

#### 3.3.1 Vegetativna rast

Kambijska aktivnost stebela in vej se prične z brstenjem in traja 24 tednov. Poganjki se pojavijo iz brstov, ki so se razvili v prejšnji sezoni in prenehajo s rastjo pred polnim cvetenjem. Pogoji, ki stimulirajo rast (mladostno obdobje, majhni pridelki, močna rez, presežek dušika in vlage v zemlji) lahko zmanjšajo sekundarno bujno rast terminalnih brstov trenutne rastne sezone. Poganjki, ki nastajajo iz starejših brstov, kot rezultat močnega zimskega obrezovanja, zloma vej ali poškodbe zmrzali, so običajno bolj vitalni in svojo rast zaključijo kasneje v rastni sezoni. Razvoj krošnje doseže svoj maksimum približno 75 dni po brstenju, listi pa so prisotni na drevesu od 170 do 200 dni.

Sekundarna debelitev debla in vej se pojavi v drugi polovici rastne sezone. Sekundarna debelitev debla je obratno sorazmerna s količino plodov. Lahko se zgodi, da po odpadanju listov v sezonah z veliko pridelka drevo nima priložnosti za pozoritveno akumulacijo rezerv. Bujna rast korenin pri drevesih v rodnosti se pojavlja v enem ali dveh obdobjih od sredine poletja do jeseni (Mowat in George, 1996).

#### 3.3.2 Generativni razvoj

Cvetna indukcija se začne, ko so formirani terminalni brsti na poganjkih te sezone in je nastanek nove zasnove lista v brstu že prenehal. Poganjki, ki zaključijo rast zgodaj v rastni sezoni, imajo večje možnosti za diferenciacijo cvetnih brstov od tistih poganjkov, ki zaključijo z rastjo v sredini ali na koncu rastne sezone. Pred zimskim mirovanjem se v brstu

razvijejo venčni in čašni listi, razvoj vseh ostalih cvetnih delov pa se pojavi šele spomladi (Mowat in George, 1996).

### **3.3.3 Razvoj ploda**

Plod kakija je botanično jagoda, ki je sestavljena iz parenhimatskega mezokarpa obdanega z eksokarpom in pokritega s kutikulo. Krivulja mase in velikosti ploda sledi dvojni sigmoidni krivulji sestavljeni iz dveh aktivnih faz rasti (faza I in III) in ločeni z manj aktivno fazo II. Razvoj ploda traja od 120 do 190 dni, odvisno od sorte in okolja. Faza I traja od 60 do 100 dni, faza II od 20 do 40 dni in faza III od 40 do 50 dni. Prva faza je povezana s celično delitvijo, zadnja pa s širitvijo celic. Pomen druge faze ni čisto jasen, ampak zdi se, da ni v povezavi z razvojem semen, ker sta rastni krivulji pri plodovih s semeni in pri tistih brez njih enaki. Razvoj semen je zaključen ob koncu prve faze, po katerem se pojavijo fiziološke spremembe povezane z barvanjem semenske lupine in trdenjem endosperma. Rast čaše se začne pred cvetenjem in se zaključi ob koncu druge faze. Ob polnem cvetenju čaša predstavlja več kot 50 % mase cveta. Čeprav lahko čaša asimilira ogljikov dioksid ni znano, če je časa pomemben vir fotosinteze za razvoj ploda. Jasno pa je, da je čaša pomemben organ za dihanje, čeprav nima veliko listnih rež in je pokrita s plastjo voska. Ima velik učinek na rast in razvoj ploda. Odstranitev čašnih krp, poškodbe zaradi fitofarmaceutskih sredstev ali bolezni lahko povečajo odpadanje plodičev in zmanjšajo velikost ploda in vsebnost suhe snovi v plodu (Mowat in George, 1996).

Čašni mešički oziroma čašne krpe so zelo pomembni pri rasti in razvoju kakijevega ploda. Ugotovljeno je bilo, da odstranitev čašnih mešičkov pred začetkom faze III v razvoju ploda, zavira hitro rast ploda v fazi III. Če pa čašne krpe na plodu odstranimo v zgodnejših fazah razvoja plodu ali pa, da odstranimo vse naenkrat, je zaviralni učinek na razvoj ploda še večji. To nam pove, da je zelo pomembno, da v zgodnjih fazah rasti, čašni mešički oz. čašne krpe niso poškodovane. Zaviralni mehanizem pri odstranitvi čašnih krp naj bi bil povezan z zmanjšanjem dihanja ploda, kar pa se odraža v tretji fazi rasti. Plod nima moči za zadnje nabrekanje oziroma polnjenje. Odstranitev čašnih krp ob koncu prve faze rasti, zmanjša izmenjavo ogljikovega dioksida in ta ostane na nizki ravni tudi skozi celotno tretjo fazo rasti ploda. To nakazuje, da je veliko dihanje skozi tretjo fazo rasti ploda zelo pomembna za vzdrževanje moči ob koncu razvoja ploda (Janick in Paull, 2007).

### **3.3.4 Opraševalci**

Ker so cvetovi kakija zvončaste oblike, visijo navzdol in brazda redko kdaj preraste venčne liste, obstaja zelo majhna možnost za opraševanje z vetrom. Ker pa so kakijevi plodovi bogat vir nektarja, jih čebele in čmrlji pogosto obiskujejo in zdi se, da so zelo zanesljiv vektor pri raznašanju cvetnega prahu.

### **3.3.5 Vsebnost suhe snovi in dušika med razvojem ploda**

Podatki o meritvah sveže mase ploda kažejo na dvojno sigmoidno krivuljo za tipično botanično jagodo, z rahlim odstopanjem. Določitev absolutne suhe mase ploda kaže na postopno in stalno povečevanje suhe snovi v plodu skozi celotno obdobje razvoja ploda.



Odstotek suhe mase se zmanjšuje postopoma skozi prvo polovico rastne sezone in na koncu doseže približno 17,5 % snovi v zrelem plodu. Vsebnost vlage v plodu tesno sledi krivulji vzorca za svežo maso.

Analiza dušika v plodu kaže, da skupni dušik variira med razvojem plodov približno tako kot sveža masa, vendar z nekaj nepravilnostmi. V drugi polovici julija in v začetku avgusta povečevanje skupnega dušika rahlo pade, vendar pa se strmo dviga, ko plod začne zoreti.

Plod kakija ima dve glavni obdobji razvoja. Med prvim obdobjem se sveža masa in premer povečujeta, medtem ko se odstotek dušika hitro zmanjšuje. Nato sledi drugo obdobje razvoja, ki traja približno dva meseca in pol, med katerim je povečanje premera ploda nekoliko počasnejše. Sveža masa ploda se med drugim obdobjem razvoja povečuje nekoliko manj, kot v prvem obdobju razvoja ploda. Odstotek dušika v plodu se skozi drugo stopnjo razvoja nekaj časa počasi zmanjšuje, ko pa se plod približuje zrelosti se odstotek dušika nenadoma poveča. Suha masa ploda se skozi drugo obdobje razvoja poveča razmeroma hitro, saj se v tem obdobju tvori kar 70 do 75 % celotne suhe mase ploda (Schroeder, 1960).

### 3.3.6 Vpliv temperature na rast in razvoj ploda

Ekstremno visoke temperature poleti zavirajo rast ploda in zelo razširijo drugo fazo rasti, v nasprotju pa nizke temperature jeseni spodbudijo zadnje polnjenje ploda v njegovem razvoju in izboljšujejo njegovo dozorevanje.

Ugotovljeno je bilo, da so imele sorte, ki so rastle v mestu Tsuruoka na severu Japonske krajšo drugo fazo razvoja plodov v primerjavi s tistimi sortami, ki so bile posajene v centralni Japonski v mestu Kyoto. Vzrok je v hladnejšem poletnem vremenu mesta Tsuruoka. V tej raziskavi so bile povprečne temperature skozi celotno rastno sezono višje v Kyotu kakor v Tsuruoki in polno cvetenje je nastopilo 2 – 3 tedne prej kot v Kyotu, toda zrelost je nastopila skoraj hkrati zaradi skrajšane druge faze razvoja plodov. Kljub večji končni intenzivnosti barve plodov v Kyotu se je barvanje plodov začelo prej v mestu Tsuruoki. V plodovih iz obeh lokacij, pa je bilo ob končni zrelosti plodov, skoraj enaka količina sladkorja (Zheng in sod., 1990, cit. po Janick in Paull, 2007).

Poskusi uravnavanja temperature na drevo med tretjo rastno fazo so pokazali izjemen učinek temperature na rast in zorenje plodov (Sugiura in sod., 1991). Ko je bila temperatura konstantno nastavljena na 14, 22 ali 30 °C med tretjo rastno fazo, sta se rast in zorenje plodov pospešila pri 22 °C, v primerjavi s kontrolnimi plodovi, ki so bili izpostavljeni lokalni temperaturi zraka (od 9,3 do 28,5 °C). Temperatura 14 °C je imela minimalen učinek na rast in zorenje plodov (Janick in Paull, 2007).

## 3.4 DELITEV PLODOV

Trpkost sadja pri kakiju ob zorenju je glavna lastnost delitve plodov pri kakiju. Delimo jih na štiri skupine:

1. skupina PCNA – Pollination Constant Non Astringent: plodovi sort te skupine so v tehnološki zrelosti vedno užitni, ne glede na oploditev; njihovo meso je svetlo obarvano,

redko se pojavljajo majhni rjavi madeži. Plodovi ob zrelosti niso trpki ne glede na prisotnost semen.

2. skupina PVNA – Pollination Variant Non Astringent: plodovi te skupine so v tehnološki zrelosti užitni, če so oplojeni. Neoplojeni (partenokarpni) plodovi so trpki in jih je potrebno omediti. Trpkost je lahko odvisna od števila semen ob zrelosti, toda običajno nekaj semen zagotavlja užitnost ploda. Meso je rjavo in pogosto bogato obarvano s temnimi madeži. Plodovi ob zrelosti niso užitni, če so se razvili partenokarpno, ampak postanejo užitni po naravni umeditvi ali po tretiranju za odstranitev trpkosti.

3. skupina PCA – Pollination Constant Astringent: plodovi sort te skupine so v tehnološki zrelosti vedno trpki, ne glede na oploditev, užitni so le omedeni plodovi. Njihovo meso je svetlo obarvano.

4. skupina PVA – Pollination Variant Astringent: plodovi sort te skupine kljub oploditvi ne izgubijo popolnoma trpkosti. Število semen ob zrelosti ne vpliva na trpkost, ker je plod z osmimi semeni še vedno trpek. Plodovi te skupine niso trpki samo okoli semen, kjer so prisotni rjavi madeži.

Delitev plodov glede na vsebnost tanina v mesu in sposobnost semen za sproščanje hlapnih spojin skozi razvoj ploda (Bellini in Giordani, 2002):

1. Volatile Independent Group (VIG) – skupina plodov, v kateri naravni procesi izgube trpkosti niso odvisni od tvorbe in vsebnosti hlapnih spojin v mesu. Ta skupina obsega PCNA skupino.

2. Volatile Dependent Group (VDG) – skupina plodov, v kateri so naravni procesi izgube trpkosti odvisni od tvorbe in vsebnosti hlapnih spojin v mesu. Ta skupina obsega:

-PVNA skupino, ki tvori semena z veliko sposobnostjo sproščanja hlapnih spojin,

-PVA skupino, ki tvori semena z majhno sposobnostjo sproščanja hlapnih spojin,

-PCA skupino, ki tvori semena z zelo majhno sposobnostjo sproščanja hlapnih spojin ali pa te sposobnosti sploh nima.

### **3.4.1 Mehanizmi izgube trpkosti**

Plodovi kakija so trpki zaradi vsebnosti taninov, ki so nakopičeni v vakuolah parenhimskih celic v mesu, ki jih imenujemo taninske celice. Tanine, ki se nahajajo v plodovih kakija uvrščamo med tako imenovane kondenzirane tanine. Obstaja možnost, da se kemijska struktura taninov, ki se nahajajo v PCNA tipih plodov razlikuje od tistih, ki se nahajajo v drugih tipih plodov.

Sinteza etanola in acetaldehida v semenih je povezana z izgubo trpkosti, izjema so PCNA tipi plodov. Semena plodov tipa PVNA sintetizirajo velike količine etanola in acetaldehida skozi drugo fazo razvoja ploda. Ti dve hlapni spojini, predvsem acetaldehid, povzročita koagulacijo taninov v taninskih celicah, ki se nahajajo v mesu ploda, kar pa vodi v popolno izgubo trpkosti. Po koagulaciji taninov taninske celice postanejo rjave zaradi nadaljnje oksidativne reakcije, ki povzroči temno obarvanje mesa v plodovih tipa PVNA.

Tudi semena plodov tipa PVA skozi svoj razvoj sintetizirajo ti dve hlapni spojini, ampak v omejenih količinah. Zato je koagulacija taninov v teh plodovih omejena samo na območje,

kjer se nahajajo semena, ostalo meso ploda pa ostaja trpko. Pri teh plodovih je barva mesa rjava samo v neposredni bližini semen.

Semena plodov tipa PCA pa skoraj ne sintetizirajo etanola in acetaldehida skozi svoj razvoj, zato plodovi tipa PCA naravno ne izgubijo trpkosti. Zaradi sposobnosti semen za tvorjenje hlapnih spojin, ki je velika pri tipu PVNA, majhna pri tipu PCA in srednja pri tipu PVA, potrebujejo plodovi tipa PCA in PVA tretiranje z etanolom ali ogljikovim dioksidom, da se trpkost odstrani.

Semena večine sort, ki so v skupini PCNA ne sintetizirajo teh hlapnih snovi, vendar pa obstajajo tudi izjeme. Izjema je sorta 'Fuyu', ki sintetizira razmeroma velike količine teh dveh hlapnih spojin. Kakorkoli, plodovi iz skupine PCNA izgubijo trpkost na drevesu ne da bi tvorili semena, kar kaže, da etanol in/ali acetaldehid nista odgovorna za izgubo trpkosti pri tipu plodov iz skupine PCNA. Mehanizem izgube trpkosti pri plodovih iz skupine PCNA je drugačen kot pa mehanizem izgube trpkosti pri drugih treh skupinah. Tanini v plodovih iz skupine PCNA, če jih tretiramo z etanolom, ne koagulirajo v nezreli fazi, medtem ko plodovi iz ostalih treh skupin to storijo brez težav. V skladu s temi ugotovitvami, so bili plodovi kakija razvrščeni v dve skupini in sicer v skupino VIG (Volatile Independent Group) oziroma hlapno neodvisna skupina in skupino VDG (Volatile Dependent Group) oziroma hlapno odvisna skupina. Razlike med skupino VIG (PCNA skupina) in skupino VDG (skupine PVNA, PVA in PCA) so kvalitativne narave. Kemične značilnosti taninov in razvojni vzorec taninskih celic je med skupinama VIG in VDG precej različen. Značilna razlika med tema dvema skupinama je v sposobnosti kopičenja oziroma sinteze taninov skozi rast ploda. Plodovi tipa PCNA prenehajo s kopičenjem taninov v taninskih celicah v že zelo zgodnji fazi razvoja, medtem ko druge tri skupine (PVNA, PVA in PCA) kopičijo velike količine taninov vse do druge faze razvoja plodov. Ta razlika v sposobnosti kopičenja taninov je odgovorna za lastnost naravne izgube trpkosti v plodovih tipa PCNA. Drevesa kakija, ki spadajo v skupino PCNA zahtevajo visoke temperature za izgubo trpkosti že na drevesu, medtem ko drevesa ostalih treh tipov lahko rastejo tudi v hladnejših območjih. V naših razmerah sorte, ki spadajo v skupino PCNA trpkosti ne izgubijo popolnoma, zato se morajo urediti, da postanejo užitni (Janick in Paull, 2007).

### 3.5 FENOLOŠKE FAZE PRI KAKIJU

Proučevanje ponavljajočih bioloških dogodkov, kot je sezonska rast, brstenje, cvetenje in razvoj plodov v povezavi s klimo in sezonskimi spremembami imenujemo fenologija. Poznavanje fenologije rastlin je pomembno zaradi predvidevanja, kakšen bo odziv rastlin na določeno mikroklimo, poleg tega pa je poznavanje fenoloških faz pomembno tudi iz ekonomskega vidika, saj nam to znanje omogoča napoved morebitnega izbruha škodljivcev in bolezni, dodatne potrebe po gnojenju in tako dalje. Kljub očitni pomembnosti prepoznavanja fenoloških faz do začetka devetdesetih let prejšnjega stoletja ni bilo skupnega poimenovanja za opisovanje razvojnih faz gospodarsko pomembnih rastlin. Potrebno je bilo vzpostaviti številski sistem, ki bi omogočal standardizacijo v opisovanju homolognih faz razvoja različnih gospodarsko pomembnih rastlin z enakimi kodami za isto stopnjo v razvoju. Razvit je bil BBCH sistem, ki opisuje faze v razvoju rastlin z dvomestnim številski kodami. Kode so sestavljene iz dveh števk. Prva izraža primarno oziroma glavno fazo, medtem ko nam druga

opiše sekundarno fazo, ki je v okviru specifične glavne faze. Pri nekaterih rastlinskih vrstah je imel BBDH sistem omejitve, zato ga je bilo potrebno razširiti. Dodali so še tretjo številko, ki opisuje vmesni stadij med glavno in sekundarno fazo. To je omogočilo boljši opis fenoloških faz pri določenih rastlinskih vrstah. Sedaj se ta sistem opisovanja fenoloških faz uporablja skoraj pri vseh gospodarsko pomembnih rastlinskih vrstah. Za kaki se je dolgo uporabljal Fleckingerjev sistem (kombinacija črk in števil), ki je opisoval predvsem razvoj socvetja, ni pa zajemal procesa razvoja brsta, lista, poganjkov, cveta in ploda, kar je zelo pomembno (Garcia-Carbonell in sod., 2002).

### 3.5.1 Značilnosti lestvice

Za sadna drevesa BBCH lestvica uporablja osem od desetih glavnih faz. Lestvica se začne z rastjo poganjkov oziroma fazo 0 in se konča z začetkom mirovanja drevesa ali fazo 9. Tri glavne faze razvoja so dodeljene vegetativni rasti in opisujejo razvoj brsta (faza 0), razvoj lista (faza 1) in rast poganjkov (faza 3). Sledi faza 5, ki opisuje razvoj cveta. Cvetenje opisuje faza 6, rast ploda faza 7 in zorenje ploda faza 8.

Sekundarne faze so prav tako označene s številkami od 0 do 9 in so povezane z zaporednimi ali odstotnimi vrednostmi rasti. Zato vrednost 1 v povezavi z glavno fazo 6 oziroma s cvetenjem predstavlja 10% odprtih cvetov, to pa skupaj označimo kot fazo 61. Prav tako vrednost 5 v glavni fazi 7 (razvoj ploda) predstavlja plodove, ki so dosegli približno 50 % svoje končne velikosti, označimo z 75. V drugem primeru pa vrednosti sekundarnih faz kažejo kakovostno drugačne stadije v danih glavnih fazah, kot na primer v fazi cvetenja – 60 pomeni, da je odprt prvi cvet, 67 pa, da cvetovi izginjajo (Garcia-Carbonell in sod., 2002).

### 3.5.2 Opis glavnih fenoloških faz pri kakiju

Opis glavnih fenoloških faz smo povzeli po Garcia-Carbonell in sod. (2002).

Glavna faza rasti 0: Razvoj brsta

- 00 Listni brsti so zaprti in pokriti z zelenkastimi luskami in sivo belim puhom
- 01 Začetek nabrekanja listnih brstov: krovne luske se začnejo z podaljševanjem
- 02 Podaljševanje listnih brstov. Terminalni brst počí
- 03 Konec nabrekanja listnih brstov: zeleno rjave luske se razmaknejo
- 07 Brst počí: Vidni so prvi vrhovi listov
- 08 Listi rastejo in razmikajo luske
- 09 Konice listov so približno 5 mm nad luskami

Glavna faza rasti 1: Razvoj lista

- 10 Prvi listi se ločijo: rjavkaste luske se počasi odprejo
- 11 Prvi list se razpre
- 15 Razpre se več listov, vendar ne v polni velikosti
- 16 Razprti so vsi listi, vendar ne v polni velikosti
- 19 Listi so popolnoma razviti

## Glavna faza rasti 3: Razvoj poganjkov

- 31 Začetek rasti poganjkov: vidne so osi za razvoj poganjkov
- 35 Poganjki dosežejo približno 50 % končne dolžine
- 39 Poganjki dosežejo približno 90 % končne dolžine

## Glavna faza rasti 5: Nastanek cvetov

- 51 Nabrekanje cvetnih brstov: brsti so zaprti, vidne so zeleno rjave luske
- 52 Konec nabrekanja cvetnih brstov: podaljševanje lusk z puhastimi robovi
- 53 Brstenje: luske se ločijo; začetek podaljševanja peclja
- 54 Vidni čašni listi, še vedno združeni
- 55 Cvetovi še vedno zaprti; čašni listi se ločujejo
- 56 Podaljšujejo se venčni listi in pecelj
- 57 Čašni listi se odprejo
- 59 Balonski stadij: cvetovi so tik pred tem, da se odprejo

## Glavna faza rasti 6: Cvetenje

- 60 Odpre se prvi cvet
- 61 Začetek cvetenja: odprtih je približno 10 % cvetov
- 65 Polno cvetenje: odprtih je 50 % cvetov
- 67 Pojemanje cvetenja
- 69 Konec cvetenja

## Glavna faza rasti 7: Razvoj ploda

- 71 Začetek rasti plodnice
- 72 Plodiči velikosti 20 % končne velikosti ploda
- 73 Začetek fiziološkega trebljenja
- 75 Plodovi dosežejo polovico končne velikosti
- 77 Plodovi dosežejo 70 % končne velikosti
- 79 Plodovi dosežejo 90 % končne velikosti

## Glavna faza rasti 8: Zorenje plodov

- 81 Začetek barvanja ploda
- 85 Tehnološka zrelost
- 87 Nadaljevanje zorenja; povečanje intenzivnosti vrstno specifične barve
- 89 Polna zrelost; plodovi imajo tipičen okus in čvrstost; plodovi izgubijo trpkost; Začetek staranja plodov

## Glavna faza rasti 9: Staranje; Začetek dormance

- 91 Poganjki zaključijo z rastjo; listje je temno zeleno
- 93 Začetek staranja listov; listje odpade
- 97 Vsi listi odpadejo; začetek zimskega mirovanja

## **4 UPORABA PLODOV IN NJIHOVA HRANILNA SESTAVA**

Kaki odlikuje bogata vitaminska in mineralna vsebnost, velika vsebnost prehranskih vlaknin ter majhna vsebnost beljakovin in maščob. Njegova energijska vrednost je primerljiva z energijsko vrednostjo grozdja, mandarin in banan. Odlikuje ga velika vsebnost vitamina A, ki ga vsebuje le malo manj kot najbogatejše sadje marelica in kar trideset krat več kot jabolko. Vsebuje pet krat več vitamina C kot jabolko in le tretjino manj kot agrumi. Pomembna je vsebnost pektinov in taninov, od mineralov pa kalij, kalcij, fosfor in železo. Zanimanje zanj se povečuje, cenijo ga sladokusci in ljubitelji zdrave prehrane. Zaradi bogate sestave in naravi prijazne pridelave si prav gotovo zasluži večjo prisotnost v naši prehrani.

### **4.1 PRIMARNI IN SEKUNDARNI METABOLITI**

Kaki se je na Kitajskem in Japonskem tradicionalno uporabljal v zdravilne namene. Uporabljali so ga za zdravljenje kašlja, paralize, povišanega krvnega tlaka, ozeblin, opeklín in za preprečevanje krvavitev. Plod kakija so uživali v sveži in posušeni obliki, uporabljali pa so ga tudi v okrasne namene ter izkoriščali njegov les. Njegovi plodovi so bogat vir primarnih metabolitov, antioksidantov, karotenoidov in polifenolnih spojin.

V Evropi se kaki uživa predvsem v sveži obliki, saj dandanes potrošniki ne iščejo le sladkega okusa, ampak precej veliko pozornost posvečajo tudi spojinam, ki blagodejno delujejo na organizem, kot so polifenoli in karotenoidi. Nekateri raziskovalci so potrdili, da se kaki uvršča med najbolj bioaktivno sadje. Njegova kožica vsebuje velike koncentracije polifenolov in karotenoidov, zaradi katerih ima kaki ob zrelosti plodov živo oranžno barvo. Ugotovljeno je bilo, da ima kaki veliko antioksidativno aktivnost na proste radikale. Med trpkimi in netrpkiimi sortami pa obstaja razlika v vsebnosti polifenolov, katehina in taninov, saj jih netrpke sorte vsebujejo veliko manj kot sorte, ki spadajo v skupino trpkih plodov (Veberič in sod., 2010).

#### **4.1.1 Sladkorji**

Plod kakija vsebuje velike količine sladkorja, in sicer največ glukoze, ki ji sledi fruktoza in nato še saharoza. Ugotovljeno je bilo, da sorta 'Tone Wase' vsebuje največje vsebnosti glukoze in skupnih sladkorjev od vseh sort. Najmanjše vsebnosti sladkorjev so v plodovih sorte 'O'Gosho', 'Cal Fuyu' in 'Hana Fuyu', in sicer v povprečju je bila vsebnost okoli 107 g/kg. Vsebnost sladkorjev v kakiju je primerljiva z vsebnostjo sladkorjev v jabolku, kjer je vsebnost od 115 do 183 g/kg. Sorte kakija z največjo vsebnostjo sladkorjev lahko primerjamo tudi s češnjo, ki v povprečju vsebuje 150 – 230 g/kg sladkorjev (Veberič in sod., 2010).

#### **4.1.2 Organske kisline**

Plodovi kakija v večjih količinah vsebujejo jabolčno kislino, sledi ji citronski in na zadnjem mestu je fumarna kislina. V primerjavi z jabolkom, ki vsebuje citronske kisline med 70 in 520 mg/kg sveže mase in s češnjo, pri kateri je vsebnost citronske kisline okoli 110 – 540 mg/kg sveže mase, je zrel kakijev plod bogat v vsebnosti organskih kislin. Vendar v primerjavi z bezgom, ki povprečno vsebuje od 3080 do 4810 mg/kg citronske kisline, ima kaki značilno

manjšo vsebnost citronske kisline. Večjo vsebnost citronske kisline kot kaki imajo tudi nekatere druge tropske sadne vrste, kot so papaja in ananas.

#### **4.1.3 Razmerje med sladkorji in organskimi kislinami**

Razmerje med analiziranimi sladkorji in organskimi kislinami pri kakiju v užitni zrelosti je običajen indeks kakovosti. Med sortami kakija se to razmerje razlikuje, je pa ključnega pomena za harmoničen okus ploda. Čeprav so organske kisline v plodu kakija prisotne v manjših količinah kot sladkorji, je njihov učinek na okus ploda zelo velik. Večje je razmerje med sladkorji in organskimi kislinami bolj je plod sladek in obratno, manjše je to razmerje bolj je plod trpek.

Največje izmerjeno razmerje je bilo v plodovih sorte 'Amankaki', ki imajo veliko vsebnost sladkorjev in majhno vsebnost organskih kislin. V nasprotju ima sorta 'O'Gosho' majhno vsebnost sladkorjev in precej veliko vsebnost organskih kislin in s tem najmanjše razmerje med sladkorji in organskimi kislinami.

#### **4.1.4 Fenolne spojine**

V zrelem plodu kakija sta bili med fenolnimi spojinami v največji meri prisotna katehin in galna kislina. V sledovih so bili odkriti še epikatehin, kavna kislina, kvercetin-3-rutinozid, kvercetin-3-galaktozid in kvercetin-3-glukozid. Vsebnost katehina v zrelih plodovih kakija je primerljiva z vsebnostjo v figah, vendar je značilno manjša od vsebnost katehina v pulpi in kožici jabolka, ki ga vsebuje od 52,8 do 205,0 mg/kg sveže mase. Ker je galna kislina zelo močan antioksidant, ki ima antimutagene in antikancerogene učinke, je njegova velika vsebnost v plodovih kakija zelo pomembna. V plodovih kakija jo je značilno več kot v figah, saj jo fige vsebujejo od 1,4 do 3,8 mg/kg, medtem ko jo plodovi kakija sorte 'Triumph' vsebujejo okoli 24,3 mg/kg sveže mase (Veberič in sod., 2010).

#### **4.1.5 Karotenoidi**

Kaki v svoji pulpi in kožici vsebuje zeaksantin,  $\beta$ -kriptoksantin,  $\alpha$ -karoten in  $\beta$ -karoten. Ugotovljeno je bilo, da kaki v svojem mesu vsebuje veliko manj vseh karotenoidov, kot pa v svoji kožici. V kožici plodov vseh analiziranih sort so bili v najmanjši koncentraciji prisotni zeaksantini. Analize so pokazale, da enake količine karotenoidov kot kaki vsebuje tudi jabolčna kožica ter belo in rdeče grozdje. Če pa kaki primerjamo z rdečo papriko, je očitno, da kaki vsebuje značilno manjše vsebnosti karotenoidov kot rdeča paprika. Vsebnost zeaksantinov v pulpi kakija je večja kot njihova vsebnost v jabolku, v primerjavi z pomarančo pa je vsebnost zeaksantinov manjša kot v plodovih kakija (Veberič in sod., 2010).

## 5 SKLEPI

Kaki je med sadnimi vrstami prava posebnost, tako v razporeditvi cvetov na drevesu, kot tudi pri razvoju plodov. Drevo kakija lahko razvije tri tipe izražanja spola, ki pa se lahko spreminjajo iz leta v leto. Na drevesu se lahko razvijejo samo ženski cvetovi, ženski in moški cvetovi ter hermafroditni in ženski in moški cvetovi, zato lahko pri razmnoževanju rastlin s semenom dobimo sedem različnih kombinacij cvetov. Tako pri kakiju poznamo enodomne, dvodomne in poligamno dvodomne rastline.

Pri kakiju pa je posebnost tudi ta, da se plodovi razvijejo na dva načina. Prvi način je z oploditvijo, tako kot pri vseh ostalih sadnih vrstah, drugi način pa je partenokarpen razvoj plodov, ki je pri kakiju zelo pogost. Ženski cvetovi lahko razvijejo plodove brez predhodne oprasitve in oploditve. Plodovi, ki nastanejo na ta način, nimajo semen in so bolj okusni, zato imajo na trgu večjo tržno vrednost, kot plodovi s semeni.

Kakijeve plodove delimo v štiri skupine glede na trpkost sadja ob zorenju. Plodovi, ki spadajo v skupino PCNA so v tehnološki zrelosti vedno užitni, ne glede na oploditev, medtem ko so plodovi sort, ki spadajo v skupino PVNA v tehnološki zrelosti užitni le če so oplojeni, če pa so plodovi nastali partenokarpno, so trpki in jih je potrebno omediti. Plodovi iz skupine PCA so v tehnološki zrelosti vedno trpki, ne glede na oploditev, užitni so le omedeni. Plodovi, ki jih uvrščamo v skupino PVA, pa kljub oploditvi ne izgubijo popolnoma trpkosti.

Poleg vseh teh posebnosti, ki so navedene, pa je kaki tudi hranilno zelo bogat sadež, ki blagodejno vpliva na naše zdravje. Kakijeve plodove odlikuje velika vsebnost vitamina A in vitamina C, vsebnost pektinov in taninov, ter precejšnje količine kalija, kalcija, fosforja in železa. Cenijo ga tako sladokusci kot ljubitelji zdrave prehrane. Zaradi bogate sestave in naravi prijazne pridelave si prav gotovo zasluži večjo prisotnost v naši prehrani.



## 6 VIRI

- Črnko J., Lekšan M., Smole J., Oblak M., Peric V., Solar A., Modic D., Vesel V., Adamič F. 1990. Naš sadni izbor: najustreznejše sorte za vaš sadovnjak. Ljubljana, Kmečki glas: 244 str.
- FAOSTAT. 2011.  
<http://faostat.fao.org> (5. 8. 2011)
- Garcia-Carbonell S., Yagüe B., Bleiholder H., Hack H., Meier U., Agusti M. 2002. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*). Association of Applied Biologists, 141: 73-76
- Bellini E., Giordani E. 2002. First Mediterranean symposium on Persimmon. V: Varietal assortment of persimmon in the countries of the Mediterranean area and genetic improvement. Mediterranean Symposium on Persimmon, Firenze, 23. in 24. november 2001: 23–37
- Janick J., Paull R. 2007. The Encyclopedia of Fruit and Nuts. London, CAB International: 954 str.
- Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Babnik M., Koron D., Juvanc D., 1995. Sadni vrt. Ljubljana, Kmečki glas, Svet knjig: 375 str.
- Mowat A.D., George A.P. 1996. Environmental Physiology of Persimmons. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand.  
<http://www.hortnet.co.nz/publications/science/perphys1.htm>
- Sancin V. 1988. Sadje z našega vrta. Trst, Založništvo tržaškega tiska: 376 str.
- Schroeder C.A. 1960. Fruit growth in the oriental Persimmon. California Avocado Society, Yearbook, 44: 130-133
- Sugiura A., Zheng G. H., Yonemori K. 1991. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. HortScience, 26: 574-576
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2009. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Veberič R., Jurhar J., Mikulič-Petkovšek M., Štampar F., Schmitzer V. 2010. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L). Food Chemistry, 119: 477-483

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svojemu mentorju prof. dr. Franciju ŠTAMPARJU za nasvete in pomoč pri izdelavi diplomskega projekta.

Zahvaljujem se tudi prof. dr. Metki HUDINA za pomoč pri oblikovanju diplomskega projekta.

Za pomoč in podporo med študijem se zahvaljujem svoji mami.