

# Upotreba različitih krmiva s povećanim sadržajem antocijana u hranidbi životinja

---

Đurin, Mihael

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:743767>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-14**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Mihael Đurin

Diplomski studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

**Upotreba različitih krmiva s povećanim sadržajem antocijana u hranidbi životinja**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Mihael Đurin

Diplomski studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

**Upotreba različitih krmiva s povećanim sadržajem antocijana u hranidbi životinja**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Mihael Đurin

Diplomski studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

**Upotreba različitih krmiva s povećanim sadržajem antocijana u hranidbi životinja**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof.dr.sc. Zvonko Antunović, predsjednik
2. Izv.prof.dr.sc. Josip Novoselec, mentor
3. Prof.dr.sc. Zvonimir Steiner, član

Osijek, 2020.

# SADRŽAJ

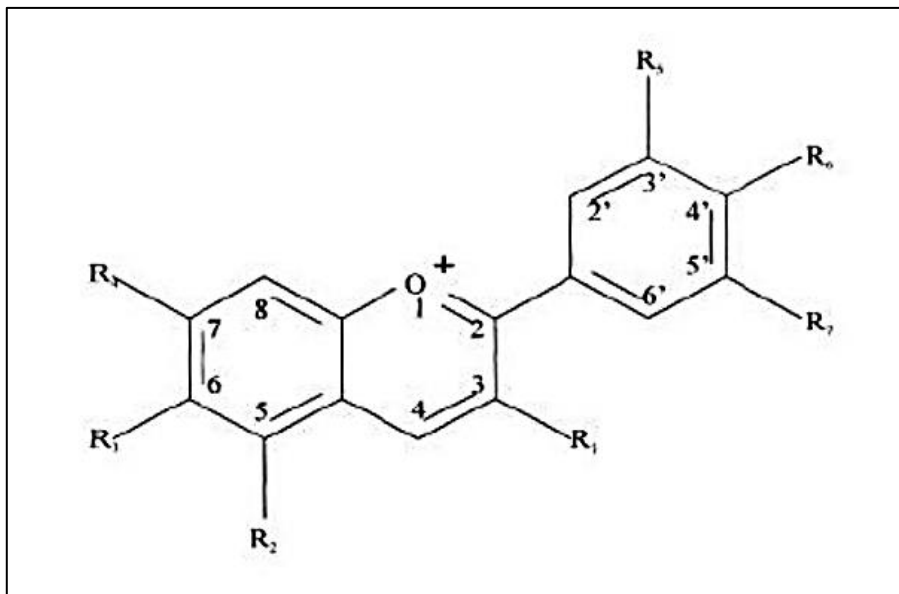
1. UVOD.....	1
2. ANTOCIJANI .....	2
2.1. Apsorpcija, metabolizam i ekskrecija .....	6
3. KORIŠTENJE ANTOCIJANA U HRANIDBI ŽIVOTINJA.....	9
3.1. Korištenje antocijana u hranidbi nepreživača .....	9
3.2. Korištenje antocijana u hranidbi preživača .....	11
3.3. Korištenje u hranidbi ostalih životinja .....	14
4. KRMIVA S POVEĆANIM SADRŽAJEM ANTOCIJANA.....	15
4.1. Ljubičasti kukuruz.....	15
4.2. Ljubičasta pšenica .....	21
4.3. Ječam .....	23
4.4. Sirak .....	23
4.5. Ostala krmiva bogata antocijanima koja se mogu koristiti u hranidbi domaćih životinja .....	23
5. ZAKLJUČAK .....	25
6. SAŽETAK .....	27
7. SUMMARY .....	28
8. LITERATURA .....	29
9. POPIS TABLICA .....	37
10. POPIS SLIKA .....	38
11. POPIS GRAFIKONA .....	39
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	40
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	41

## 1. UVOD

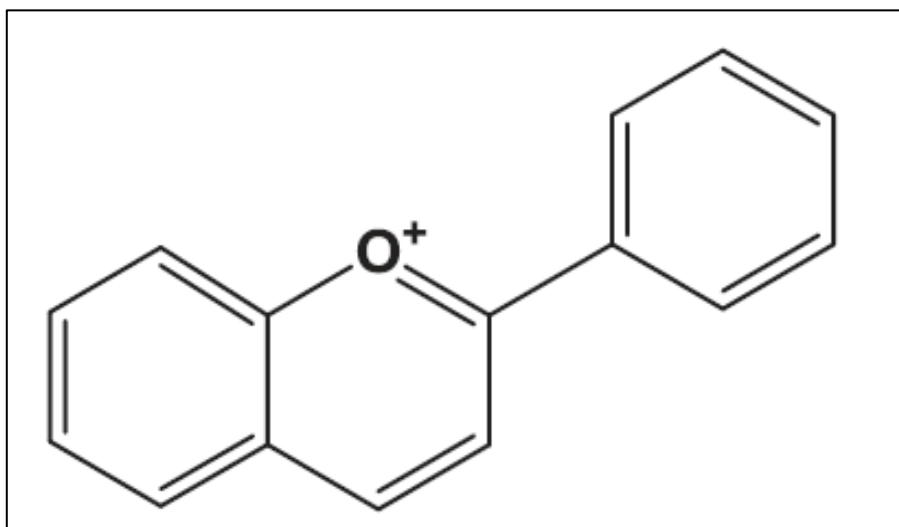
Današnji užurbani način života, i populacija ljudi na Zemlji veća od 7 milijardi, sve više pridonosi intenzivnom načinu proizvodnje hrane za ljudsku populaciju, ali i životinjsku. Takav, intenzivan način poljoprivredne proizvodnje s velikom gustoćom jedinki unutar proizvodnih objekata za životinje vrlo često pridonosi pojavi poremećaja i bolesti životinja koje ugrožavaju tu proizvodnju. Preventivno djelovanje na očuvanje zdravlja i proizvodnosti životinja imaju razni dodaci u hrani životinja, poput, antibiotika. Međutim, posljednjih nekoliko desetljeća postoje kontroverzni, proturječni stavovi o posljedicama konzumacije mesa i mesnih proizvoda te mlijeka i mliječnih proizvoda životinja dobivenih iz takvih uzgoja na ljudski organizam. Jedna od mnogobrojnih posljedica je rezistentnost patogenih bakterija na antibiotike (Gheishar i Kim, 2017.). Veliki problem za organizam životinja je učinak i posljedice oksidacijskog stresa, koji je kod krava primarni uzročnik metaboličkih poremećaja u razdoblju tranzicije, gdje antioksidansi mogu imati funkciju prevencije ili barem umirivanja tih stanja (Castillo i sur., 2013.). S ciljem rješavanja tog problema znanstvenici provode razna istraživanja koja bi omogućila prevenciju patoloških stanja i poremećaja u životinja, a posljedično i lošeg djelovanja mesa i proizvoda takovih životinja na krajnje potrošače ljude. Provode se značajna istraživanja na razvitku upotrebe fitogenih aditiva u hrani za životinje, koja su potaknuta i zabranom upotrebe antimikrobnih sredstava kao promotora rasta prema propisima Europske unije 2006. godine (Karaskova i sur., 2015.). Od tada se mnogi hranidbeni aditivi, poput flavonoida u koje spadaju i antocijani, preporučaju kao alternativa terapiji antibioticima (Kalantar, 2018.). S obzirom na navedeno cilj ovog rada je istražiti i objediniti spoznaje o korisnosti upotrebe antocijana u hranidbi životinja, potaknuti kritičko razmišljanje te donjeti zaključak koji bi poslužio kao odgovor na pitanje da li korištenje antocijana iz prirodnih izvora može poslužiti kao alternativa korištenju određenih bioaktivnih komponenata (antibiotika) koji se redovno koriste kao dodaci u hranidbi domaćih životinja, i mogu potencijalno imati štetan utjecaj na organizam krajnjih potrošača (ljudi). S obzirom na skromne spoznaje o antocijanima, cilj ovoga istraživanja je i opisati antocijane, njihova svojstva, tijekom apsorpcije, metabolizma i ekskrecije. Također, cilj je opisati djelotvorni učinak koji antocijani imaju na uzgoj određenih domaćih životinja, ali i ostalih životinja te krmiva koja se mogu koristiti kao dobar izvor antocijana u hranidbi istih.

## 2. ANTOCIJANI

Riječ antocijan dolazi od grčkih riječi *anthos*, što označuje cvijet te *kyanose* što označuje plavu boju. Nalazimo ih u biljkama, posebno u cvijeću, voću i gomolju. Antocijani spadaju u najveću skupinu pigmenata topivih u vodi koje nazivamo flavonoidima, koji čine najveći dio polifenola. Slika 1. prikazuje osnovnu kemijsku strukturu antocijana. Antocijan je derivat flavonola te posjeduje osnovnu strukturu flavilijum kationa iona prikazanu na Slici 2.

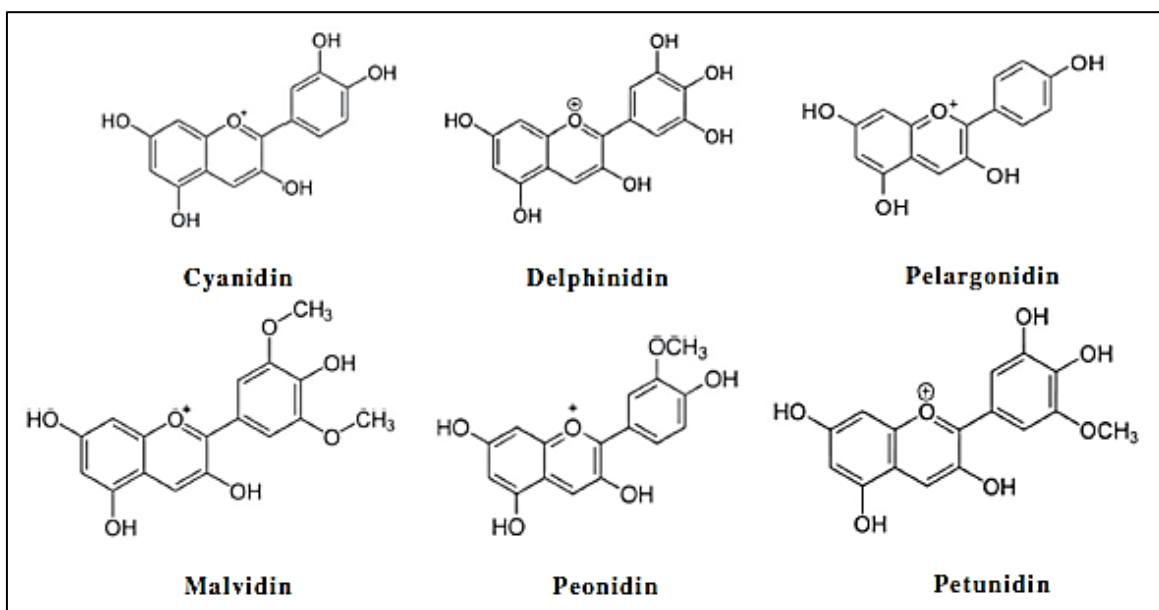


Slika 1. Osnovna struktura antocijana  
Izvor: Delgado-Vargas i sur. (2000.)



Slika 2. Dvodimenzionalna struktura flavilijum iona  
Izvor: Khoo i sur. (2017.)

Antocijani biljkama daju crvenu, ljubičastu i plavu boju (Escribano-Bailón i sur., 2004.). U kiselim uvjetima se pojavljuje kao crveni pigment, a u lužnatim kao plavi pigment. Molekularna struktura antocijana ionske je prirode. Crveno obojani pigmenti antocijanina su pretežno u formi flavilium kationa pa su oni stabilniji kod nižih pH vrijednosti otopine (Khoo i sur., 2017.). Spadaju u jednu od podvrsta fenolnih fitokemikalija. Antocijani su glikozidi polihidroksi i polimetooksi derivati 2-fenilbezopirilium ili flavilijum soli, koji se hidrolizom razlažu na antocijanidine i šećere (Amić, 2008.). Antocijan je u formi glikozida dok je antocijanidin u formi aglikona. Antocijanidini pronađeni u biljkama klasificiraju se prema broju i poziciji hidroksilnih grupa na jezgri flavana. Najznačajnije vrste antocijanidina su cijanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin i malvidin, a njihove kemijske strukture su prikazane na Slici 3. Razlike između njih ovise o: poziciji i broju hidroksilnih (OH) skupina, te stupnju metilacije OH skupina, poziciji, broju i prirodi šećernih veza molekule, ali i o prirodi i broju aromatskih ili alifatskih kiselina vezanih za šećer (Mazza i Miniati, 1993.).



Slika 3. Antocijanidini u biljkama  
Izvor: Khoo i sur. (2017.)

Povezivanjem antocijanidina glikozidnim vezama, nastaju antocijani. U prirodi umjesto tipičnih antocijana nalazimo i acilirane antocijane (Khoo i sur., 2017.). Stabilnost antocijana ovisi o kemijskoj strukturi antocijana, pH vrijednosti otopine, temperaturi, prisutstvu kisika, svjetlosti, metalnim ionima, enzimima, i ostalim antioksidansima (askorbinska kiselina) (Khoo i sur., 2017.).

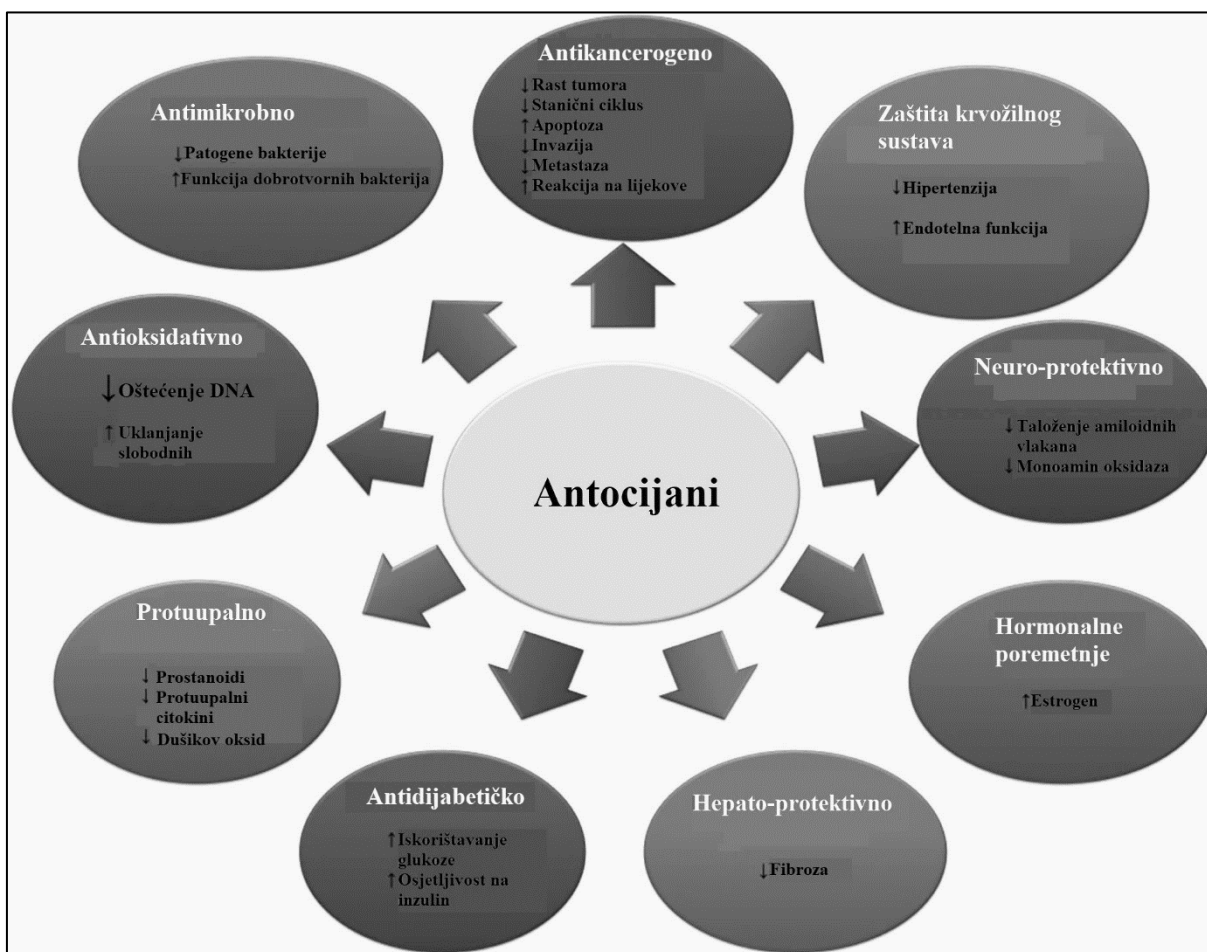


Prema istraživanjima Giusti i sur. (1999.) razlike u kemijskoj strukturi imaju veliki utjecaj na boju antocijanina. Što se tiče pH, antocijani su stabilniji pri niskim pH vrijednostima nego u otopinama s visokim pH vrijednostima pa tako pokazuju raznolikost boja u pH rasponu od 1-14 (von Elbe i Schwartz, 1996.). Brzina degradacije antocijana povećava se s porastom temperature (Maccarone i sur., 1985.). Djelovanje kisika na stabilnost antocijana se očituje reagiranjem antocijana s peroksi radikalima, gdje antocijani djeluju kao antioksidansi, što se pripisuje kao glavni atribut djelovanja antocijana u sprječavanju kardiovaskularnih bolesti. Izlaganje svjetlu ima jako velik učinak na većinu flavonoida zbog toga što je svjetlost neophodna za biosintezu antocijana, ali ubrzava njihovu razgradnju (Ćujić, 2013.). Enzimi glikozidaze cijepaju kovalentnu vezu između glikozilnih jedinica i aglikona, što dovodi do vrlo nestabilnog antocijanidina (Huang, 1955.). Fenolaza može direktno oksidirati antocijane, ali je češći mehanizam kada je na početku substrat neka druga fenolna komponenta. Stabilnost aciliranih antocijana raste u prisutnosti askorbinske kiseline (Poei-Langston i Wrolstad, 1981.) Kopigmenti su spojevi s obiljem elektrona koji se vežu s antocijanima. Povezuju se sa flavilium ionima i stabiliziraju ih pa boja proizvoda može biti stabilizirana i poboljšana dodavanjem različitih biljnih ekstrakata bogatih kopigmentima (Rein, 2005.). Antocijanini imaju nekoliko funkcija u biljaka, i to: antioksidativno djelovanje, fotozaštita, obrambeni mehanizam, i reproduktivne funkcije kao što su oprašivanje i širenje sjemena (Fernandes i sur., 2018.).

Antocijani kao aktivne biokomponente imaju dvojaku ulogu. Prva je tehnološka, njihov utjecaj na senzorske karakteristike prehrambenih proizvoda, a druga je biološka, odnosno utjecaj na zdravlje, među kojima je najvažniji kardioprotektivni učinak (De Pascual i Sanchez, 2008.). Antocijani kao jedan od bioaktivnih komponenti funkcionalne hrane, tradicionalno se koriste kao dio biljne medicine, kod stimuliranja apetita, stimuliranja jetre na izlučivanje žuči i kod liječenja mnogih drugih bolesti (Khoo i sur., 2017.). Do sada su brojna istraživanja dokazala da polifenoli imaju različita svojstva koja pozitivno djeluju na ljudski i životinjski organizam. Neka od tih svojstava su: antioksidativno, protuupalno, protuvirusno, antimikrobno, antiproliferativno, antimutageno, antikarcenogeno svojstvo (Ghosh i Konishi, 2007.), te antialergijsko svojstvo i prevencija osteoporoze (Fernandes i sur., 2018.). Isti autor navodi da polifenoli imaju ulogu u prevenciji periferne krhkosti kapilara te prevenciji dijabetesa, ali i poboljšanju i očuvanju sposobnosti vida.

Njihova antioksidativna aktivnost vrlo je važna u prevenciji živčanih i kardiovaskularnih bolesti (Patras i sur., 2010.).

Zhu, (2018.) tvrdi da antioksidacijsku aktivnost, ali i biološke aktivnosti poput zaštite mrežnice i regulacije profila lipida, potvrđene su *in vitro* i *in vivo* istraživanjima. S druge strane, neke od bioloških aktivnosti poput neuroprotekcije, regulacije glikemije i antikancerogena svojstva su potvrđene samo *in vitro* istraživanjima. Shematski pregled terapijskih učinaka i mehanizama djelovanja antocijana prikazan je na Slici 4.



Slika 4. Shematski pregled terapijskih učinaka i mehanizama djelovanja antocijana, prilagođeni

Izvor: Changxing i sur. (2018.)

Vrlo su jaki antioksidansi *in vitro*, ali ne može se sa sigurnošću reći da li konzumacija hrane bogate antocijanima znatno povećava antioksidativni učinak *in vivo*, u organizmu (Walton i sur., 2006.).

Antocijani kao izvor prirodnih antioksidanata imaju važnu ulogu u povećavanju antioksidacijskog potencijala koji štiti stanicu protiv oksidacijske štete (Tian i sur., 2018.).

Mješavina biljnih flavonoida bogatih antocijanima pokazuju potencijalni učinak na zaštitu DNK (deoksiribonukleinske kiseline) od oštećenja, inhibiciju enzima, aktivnost estrogena (mijenjajući razvoj bolesti koje su posljedica aktivnosti hormona), jačaju imunitet (okidač proizvodnje citokinina), peroksidaciju lipida, smanjenje propusnosti kapilara te lomljivosti i robusnosti membrana (Lefevre i sur., 2004.). Kompleks antocijan-DNA mogao bi biti mogući obrambeni mehanizam protiv oksidativnog oštećenja DNA i mogao bi imati normalne fiziološke funkcije *in vivo* (Fernandes i sur., 2018.). Antocijanini ekstrahirani iz biljaka koriste se kao aditivi u industriji hrane za ljude i životinje. Utvrđeno je da polifenoli, uključujući antocijane, imaju izvrsnu *in vitro* antioksidativnu aktivnost, koja ovisi o strukturi polifenola (Cai i sur., 2006.). U istraživanjima je utvrđeno da na antioksidativnu aktivnost žitarica utjecaj mogu imati genotip i stupanj dozrijevanja žitarica (Harakotr i sur., 2014.). U novije vrijeme se acilirani antocijani više koriste kao aditivi u industriji hrane i to zbog veće stabilnosti naspram neaciliranih antocijana (Khoo i sur., 2017.). Važno je napomenuti da Sugiharto i sur. (2019.) tvrde da prekomjerna upotreba sintetičkih antioksidansa može djelovati kancerogeno i mutageno u potrošača.

## **2.1. Apsorpcija, metabolizam i ekskrecija**

Nakon konzumacije hrane bogate antocijanima, dug je put kojega bioaktivni sastojci moraju proći da bi mogli imati svojstvo koje pomaže zdravlju potrošača. Moraju proći kroz usnu šupljinu, gastrointestinalni trakt, biti podvrgnuti metabolizmu, proći kroz staničnu barijeru i na kraju pokrenuti određenu aktivnost (Fernandes i sur., 2018.).

Antocijani su velike, vodotopive molekule za koje se smatralo da će se teško apsorbirati u stanice ili u krvožilni sustav životinja i ljudi. Novija istraživanja o apsorpciji pokazuju da se antocijani apsorbiraju iz gastrointestinalnog trakta, prenose se u krvožilni sustav, a zatim se izlučuju putem mokraće. Iako su postojala brojna istraživanja koja su ispitivala apsorpciju i bioraspoloživost antocijana, u usporedbi s drugim flavonoidima, relativno je malo poznato o apsorpcijskim i transportnim mehanizmima antocijana (McGhie i Walton, 2007.). Nekoliko istraživanja je pokazalo da apsorpcija antocijana može početi već u želucu s time da se antocijani pojavljuju u krvi nedugo nakon uzimanja zalogaja i to već 6 do 20 minuta nakon uzimanja, a najveću razinu antocijana u krvi utvrđena je nakon 15 do 60 minuta (Changxing i sur., 2018.).

Biodostupnost antocijana je relativno niska iz razloga što je apsorpcija u probavnom sustavu slaba, a ovisi o vrsti spoja, kemijskoj strukturi, opsegu konjugacije te individualnosti crijevne mikroflore (Fumić, 2016.). Mikropopulacija crijeva igra važnu ulogu u bioraspoloživosti antocijana (Fernandes i sur., 2018.).

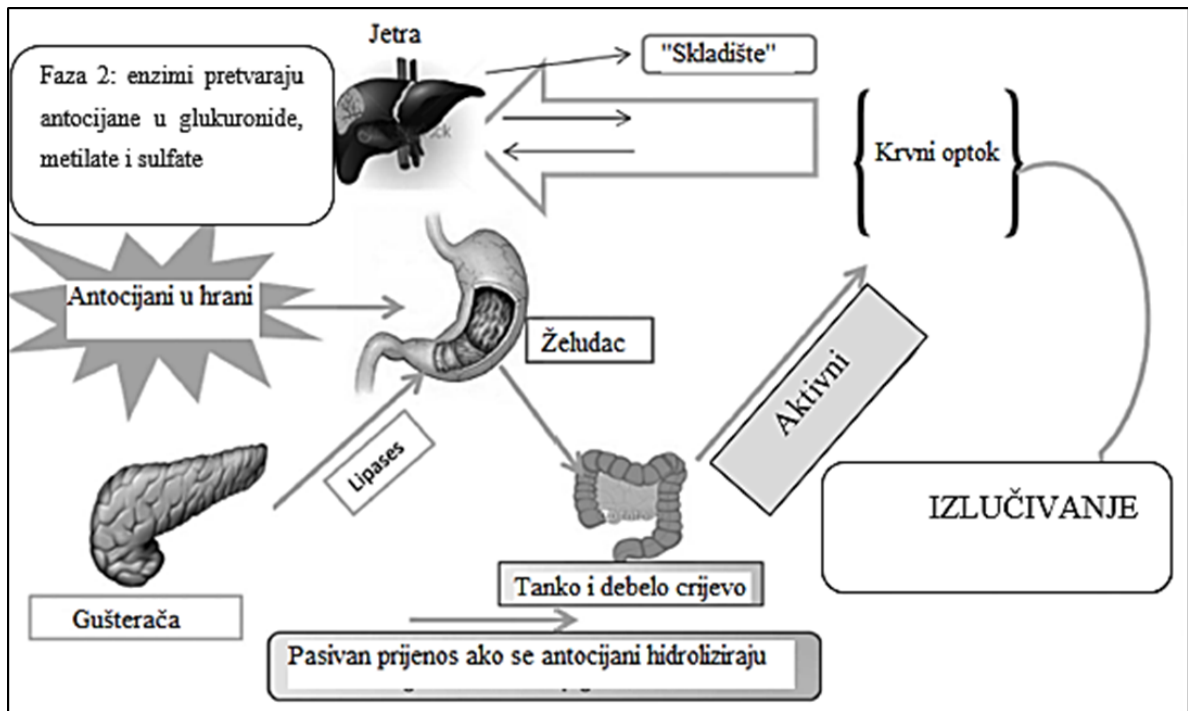
Ostali čimbenici o kojima ovisi apsorpcija antocijana u organizam su: priroda i kemijska struktura hrane, razina prerađenosti hrane i priprema, interakcija s drugim fitonutrijentima, ali i patofiziološke, nutritivne i genetske odlike pojedinca (Riaz i sur., 2016.). U nekoliko je istraživanja utvrđeno da je tanko crijevo glavno mjesto apsorpcije antocijana (Changxing i sur., 2018.). Apсорpcija antocijana se općenito postiže kroz mehanizam aktivnog transporta, inače bi se te relativno velike molekule, prije apsorpcije morale hidrolizirati u  $\beta$ -glikozide (Riaz i sur., 2016.). Mehanizam aktivnog transporta označuje način transporta cijelih molekula kroz membranu stanice uz pomoć membranskih enzima. Drugi mogući mehanizam prijenosa uključuje prijenos netaknutih glukozida preko ko-transportera natrijeve glukoze ili izvanstanične hidrolize glikozida, nakon čega slijedi pasivna difuzija konačnog proizvoda. Također, valja napomenuti da antocijani ne mogu biti apsorbirani pasivnom difuzijom zbog njihovog hidrofilnog svojstva i veličine molekula (Changxing i sur., 2018.). Isti autor smatra da je svakako mehanizme apsorpcije antocijana i čimbenike djelovanja farmakokinetike antocijana od iznimne važnosti potrebno dalje istraživati.

Nakon što se antocijani apsorbiraju kroz sluznicu gastrointestinalnog trakta, enzimi ih pretvaraju u metilate, sulfate i glukuronide u bubrezima i jetri (Changxing i sur., 2018.).

Ti oblici mogu se prenijeti sa žuči u jejunum i reciklirati enterohepatičkim cirkulacijskim sustavom u tanko crijevo ili kolon. Jedan dio antocijana može ponovno ući u jejunum uz pomoć žuči, i biti reapsorbiran kroz kolon i ući u enterohepatičku cirkulaciju, ili biti izlučen s fecesom. Glavni put ekskrecije antocijana je putem mokraće (McGhie i sur., 2003.).

Walle, (2004.) smatra da su pluća glavni ekskretorni organ za mnoge flavonoide, ali Changxing i sur. (2018.) navode da u literaturi ne postoji tvrdnja koja bi ukazala na ekskreciju antocijana iz organizma putem disanja. Pokazalo se da je biodostupnost antocijana vrlo mala pa tako razmjer apsorbiranog i izlučenog u mokraći može biti i manji od 0,1 % uzete doze antocijana.

Shematski prikaz puta antocijana kroz probavni sustav, absorpcije i ekskrecije antocijana prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz probave i ekskrecije antocijana

Izvor: Changxing i sur. (2018.)

### 3. KORIŠTENJE ANTOCIJANA U HRANIDBI ŽIVOTINJA

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja se često susreće s mnogim problemima tijekom proizvodnog ciklusa. Javljaju se razne bolesti kao posljedica loših okolišnih uvjeta, toplinskog stresa, pojave virusa, bakterija i ostalih patoloških stanja. Stoga, potrebno je preduhitriti takve poremećaje i patološka stanja čija posljedica mogu biti značajni ekonomski gubitci.

#### 3.1. Korištenje antocijana u hranidbi nepreživača

Antocijani su pokazali preventivni i terapijski učinak protiv različitih i brojnih bolesti (Changxing i sur., 2018.). Uključivanjem pogače sjemenki čička (*Silibum marianum L.*) koje posjeduju 129,83 mg/kg cijanidin-3-glukozida, u hranu brojlera znatno se poboljšala nježnost, boja, okus, ali i ostale senzorne karakteristike mesa bataka i prsa tih brojlera (Stastnik i sur., 2016.). Dodavanje ljubičastog kukuruza u obroke nesilica, japanskih prepelica poboljšava se kvaliteta ljuske jaja, nesivost, ali i kakvoća trupa (Amnueysit i sur., 2010.). Antocijani pozitivno djeluju na toplotni stres. U istraživanju su Hajati i sur. (2015.) koji su dodavali u obroke brojlera ekstrakt koštica grožđa utvrđen je značajan doprinos u poboljšanju performansa rasta. Također, navedeni autori su u ptica utvrdili potisnut štetan učinak toplinskog stresa na način da je ekstrakt koštica grožđa smanjio nivo glukoze, kolesterola u krvi te gensku ekspresiju bjelancevine toplotnog šoka (HSP70, eng. *Heat Shock Protein*).

U pokusu *in vivo* Pashtetsky i sur. (2019.) navode da su istraživači otkrili da ekstrakt sjemenki grožđa inhibira oksidaciju lipida u peradi tijekom probave u želucu. U istraživanju provedenom na štakorima hranjenih s obrocima sastavljenih od plave pšenice sa sadržajem cijanidin-3-glukozida u količini od 47.63 mg/kg, Št'asnik i sur. (2016.b) su utvrdili značajno smanjenje kolesterola u plazmi pokusnih nasuprot kontrolne skupine štakora. Isti autori Št'asnik i sur. (2016.a) su u drugom istraživanju utvrdili kako dodatak ljubičaste pšenice (cijanidin-3-glukozida 36,66 mg/kg) u količini od 60 % obroka ne pokazuju pozitivan, ali ni negativan učinak u brojlera. U istraživanju Amnueysit i sur. (2010.) s dodatkom ljubičastog kukuruza u količini od 30 % i 40 % u obrocima brojlera utvrđena je manja masa srca brojlera 0,48 g i 0,44 g nasuprot kontrolne skupine 0,55 g. Isti autori navode da u skupinama brojlera s 20 % i 60 % dodatkom ljubičastog kukuruza u obrocima nisu utvrđene značajne razlike u masi srca (0,52, odnosno 0,53).

Također, autori su utvrdili znatno smanjenje abdominalne masti u brojlera hranjenih ljubičastim kukuruzom u odnosu na skupinu hranjenu samo sa žutim kukuruzom. Rezultati istraživanja pokazuju da ljubičasti kukuruz u ima potencijal smanjenja postotnog udjela mase srca u odnosu na masu trupa, a isto tako i stupanj zamašćenja trupa abominalnom masti. Autori nisu utvrdili da ljubičasti kukuruz ima utjecaj na kvalitetu trupa. U istraživanju kojeg su proveli Mrkvicova i sur. (2016.), s brojlerima hranjenih samo sa pšenicom koja je imala različit sadržaj antocijana, utvrdili su nakon 15 dana veću konzumaciju ali manji individualni prirast u skupina hranjenih ljubičastom pšenicom u odnosu na kontrolnu hranjenu s običnom pšenicom. Surai, (2013.) navodi da proantocijanidini iz ekstrakta graha značajno inhibiraju probavne enzime poput tripsina,  $\alpha$ -amilaze te lipaze u mladih kokoši. U Tablici 1. prikazane su značajke djelovanja polifenola u hranidbi peradi.

Tablica 1. Djelovanje polifenola na organizam peradi

Djelovanje	Polifenoli
Sastav	Mnogo različitih spojeva s razlikama u strukturi
Apsorpcija	Slaba apsorpcija
Metabolička transformacija u tkivu	Brza transformacija u različite metabolite
Dostava do ciljanog tkiva	Koncentracija u tkivu neznatna
Utjecaj na probavu nutrijenata	Smanjena probava mnogih nutrijenata uključujući bjelančevine i lipide
Utjecaj na reprodukciju	Nema dokazanog utjecaja
Imunosni efekti	Utjecaji na imunost nisu konstantni
Antioksidativa svojstva	Ovisno o uvjetima, mogu biti antioksidansi ili pro- oksidansi
Toksičnost	Mogli bi biti štetni pri većoj konzumaciji

Izvor: Surai, (2013.)

Hosoda i sur. (2012.) navode da antocijani imaju učinak na povećanje aktivnosti superoksid dismutaze (SOD) u monogastričnih životinja.

Superoksid dismutaza je važan antioksidativni enzim čija je uloga prevencija pojave oksidacijskog stresa (Hosoda, 2012.). Isti autor navodi da konzumacija obroka bogatog antocijanima u nepreživača dovodi do povećanja ukupne antioksidativne sposobnosti organizma.

Dnevna suplementacija flavonoidima povećava sposobnost ptica za primarni odgovor imunosnog sustava na nove antigene (Faehrich i sur., 2015.).

### **3.2. Korištenje antocijana u hranidbi preživača**

Mnogobrojna istraživanja ukazuju da bioaktivni spojevi iz skupine flavonoida mogu utjecati na proizvodnju hlapljivih masnih kiselina te također, utjecati na smanjenje koncentracije metana u buragu što za krajnji rezultat ima poboljšanje performansi rasta i proizvodnje. Flavonoidi mogu također, pospješiti rast i razvoj životinja, kao i poboljšati kvalitetu životinjskih proizvoda. Stoga se ovi spojevi naširoko koriste kao dodaci hrani za životinje umjesto antibiotika (Kalantar, 2018.).

Postoji značajan interes istraživača za proučavanjem potencijala bioaktivnih komponenti koje bi bile sposobne modificirati buražnu mikropopulaciju i potaknuti poželjne promjene u uvjetima fermentacije poput promjena pH, proizvodnju propionata, razgradnje bjelančevina, kontrolu nutritivnog stresa kao što su nadimanje i acidoza. U zadnje vrijeme je sve više primjetna upotreba flavonoida i ostalih polifenolnih spojeva kao aditiva u hranidbi preživača (Kalantar, 2018.).

Suprotno od monogastričnih životinja, u preživača se pokazalo da mogu ostvariti korist od jakih antioksidativnih svojstava polimernih proantocijanidina na način da ih metaboliziraju u biodostupne komponente s epikatehinom kao netaknutom strukturom flavonoidnog prstena (Kalantar, 2018.).

Biodostupnost proantocijanidina u preživača je veća u odnosu na ostale razrede flavonoida, što je suprotno od monogastričnih životinja gdje je biodostupnost isoflavona i flavonola veća u odnosu na antocijane (Kalantar, 2018.). Tian i sur. (2018.) smatraju da su mali preživači poput koza skloniji oksidativnom stresu zbog svojih intenzivnih metaboličkih prohtjeva u držanju i proizvodnji. Pojava oksidativnog stresa pospješuje pojavu oboljenja, koje vode prema pojavi mastitisa, reproduktivnih smetnji, ali i mogućih zaraza parazitima, a kao krajnji rezultat dolazi do smanjenja proizvodnje mlijeka.



Antocijani pozitivno utječu na sustav antioksidativne obrane preživača. Pozitivan učinak flavonoida i fenolnih spojeva na proizvodnju i zdravlje životinja, fermentaciju u buragu, smanjenje proizvodnje metana, kao i prevenciju stresa uzrokovanog hranidbom poput nadma buraga ili acidoze, dokazani su u nekoliko slučajeva (Kalantar, 2018.).

Hosoda i sur. (2012.) proveli su istraživanje u kojem su ovce hranili antocijana iz ljubičastog kukuruza (*Zea mays L.*) s ciljem da istraže njihov učinak. Ovce su podijelili u dvije jednake skupine te jednu skupinu hranili obrokom s ljubičastim kukuruzom dok je kontrolna skupina hranjena s običnim kukuruzom. Uzimanjem uzoraka urina i krvi te mjerenjem parametara oksidativnog statusa utvrdili su da je skupina hranjena s ljubičastim kukuruzom imala značajno povećanje aktivnosti superoksid dismutaze u plazmi, iako su ukupan sadržaj antioksidansa i koncentracija glutaciona u plazmi obje skupine bile podjednake prilikom ispitivanja oksidacijske rezistentnosti. Također, su utvrdili da je razina oksidacije u krvnoj plazmi skupine hranjene ljubičastim kukuruzom značajno manja u odnosu na kontrolnu skupinu. Brojnim istraživanjima provedenim na malim preživačima poput koza i ovaca, utvrđeno je da oksidacijski stres može biti izazvan s nekoliko čimbenika poput hranidbe s velikom količinom masti, fiziološke zrelosti, godišnje sezone, i graviditetom (Hosoda, 2012.). Neke vrste antocijana mogu imati pospješujući učinak na ekspresiju mRNA i aktivnost superoksid dismutaze, a on je važan antioksidacijski enzim u živih organizama (Hosoda, 2012.).

Visoko proizvodne mliječne krave podložne su oksidativnom stresu kojeg uzrokuje aktivni kisik, a taj stres je još izraženiju kod povećane proizvodnje mlijeka i u uvjetima toplinskog stresa (Matsuba i sur., 2019.). Aktivni kisik je neophodan za zaštitu životinja od patogena, ali također oštećuje životinjska tkiva ukoliko se pravilno ne ukloni; nužno je uključivanje antioksidansa u hranidbu mliječnih krava. Antocijanin, polifenol iz biljaka, djeluje antioksidativno i in vitro (Tsuda i sur., 1994.; 1996.; Gabrielska i sur., 1999.) i in vivo (Seeram i sur., 2006.; Cimino i sur., 2007.). Razina ukupnog antioksidativnog statusa u mliječnim krava pada tijekom perioda laktacije (Castillo i sur., 2006.). Do oksidativnog stresa dolazi nakon što proizvodnja slobodnih radikala suzbije kapacitiranu razinu antioksidativnog sustava organizma (Sies, 1911.). U istraživanju Matsuba i sur. (2019.) su primijetili da su mliječne krave hranjene silažom ljubičastog kukuruza imale veću koncentraciju superoksid dismutaze te povećanu proizvodnju mlijeka u usporedbi sa kontrolnom skupinom koja je hranjena sa silažom konvencionalnog kukuruza.

Kako je u tom pokusu primijećena veća proizvodnja mlijeka skupine krava hranjenih silažom ljubičastog kukuruza i to bez povećanja konzumacije suhe tvari obroka, došli su do zaključka da je to barem djelomično rezultat povećanja antioksidacijskog kapaciteta, odnosno povećane koncentracije superoksid dismutaze u krvi.

Tian i sur, (2012.) su primijetili povećani udio laktoze u mlijeku skupine koza hranjenih silažom ljubičastog kukuruza, naspram skupine koza hranjenih silažom običnog kukuruza. U navedenom istraživanju autori pretpostavljaju da je to povećanje rezultat djelovanja silaže ljubičastog kukuruza na fermentaciju u buragu, posebice inhibiranja octene kiseline i povećanja udjela propionske kiseline u buragu. Također, smatraju da šećeri u antocijanima mogu biti razloženi u probavnom traktu pa kao takvi biti uključeni u sintezu laktoze. U cilju razumijevanja stabilnosti antocijanina tijekom spremanja silaže, treba utvrditi odnos između postojanosti antocijanina i mliječne fermentacije tijekom siliranja, jer se antocijan sastoji od antocijanidina i šećera pa postoji mogućnost da se šećeri antocijana koriste kao supstrat za mliječnu fermentaciju. Da bi mogli pružiti preživačima silažu s točno poznatom količinom antocijana, važno je shvatiti kretanje kvantitativnih promjena količine antocijana tijekom skladištenja (Hosoda i sur., 2009.). Inkubacija ljubičastog kukuruza s buražnom tekućinom nije uzrokovala degradaciju antocijana pa s time zaključuju da je antocijan u ljubičastom kukuruza zaštićen od probave u buragu pa u preživača kao takvi mogu biti apsorbirani (Hosoda i sur., 2009.). Prema istraživanjima čini se da je antocijanin u kukuruza bogatom antocijanima zaštićen od probave preživača i stoga ga mogu apsorbirati preživači. Štoviše, čini se da je kukuruz bogat antocijaninom prikladan za pružanje antioksidativne tvari mliječnim govedima zbog stabilnosti njegovog antocijanina u buražnom soku. Međutim, potrebno je provjeriti potencijalni učinak kukuruza bogatog antocijanima *in vivo* pokusom na preživačima.

Tian i sur. (2018.) preporučuju korištenje silaže ljubičastog kukuruza kao voluminoze u hranidbi preživača zbog 3 razloga:

- Nema štetnog djelovanja na sastavnice mlijeka
- Poboljšava oksidativnu otpornost
- Sastav antocijana može u koza biti prenesen u mlijeko.

### **3.3. Korištenje u hranidbi ostalih životinja**

Istraživanja su pokazala da konji u čiji obrok se dodaje određena količina antocijana imaju nižu razinu enzima alanin aminotransferaze i kreatin kinaze u mišiću nakon rada, što dokazuje zaštitni učinak antocijana na mišiće konja (www. Ranvet. com, 2018.). Isto tako povećano davanje antocijana kroz hranidbu, utječe na smanjenje razlaganja leukocita. Ekstrakt sjemenki grožđa koji obiluje antocijanima i proantocijanima, mogao bi imati značajnu ulogu u prevenciji acidoze koja može dovesti do pojave kolika (Oke, 2020.).

U pokusu na kunićima Stasnik i sur. (2019.) su u skupini hranjenoj sa smjesom s 15 % ljubičaste pšenice, primijetili su smanjenu prosječnu konzumaciju hrane te smanjenu masu trupa. Matsumoto i sur. (2005.) su intravenoznim putem unijeli antocijane crnog ribizla u organizam kunića te tako dokazali da sva četiri različita antocijana koji se nalaze u crnom ribizlu dolaze do očnog tkiva netaknuti.

Hsieh i sur. (2016.) tvrde da antioksidansi, poput fenolnih spojeva i antocijana, u sjemenskom omotaču crne soje, mogu imati blagotvoran učinak na rast ribe.

#### 4. KRMIVA S POVEĆANIM SADRŽAJEM ANTOCIJANA

Uz hranidbenu vrijednost nekog krmiva i antinutritivnih tvari, istraživači u današnje vrijeme proučavaju biološki aktivne tvari sa svojstvima zaštite i preventive protiv degenerativnih bolesti i ostalih zdravstvenih problema u cilju produženja životnog vijeka (Ficco i sur., 2014.). Osim genetskih odlika žitarica, fizioloških i okolišnih uvjeta uzgoja, ekstrakcija, metode identifikacije i kvantifikacije mogu uvelike utjecati na rezultate kvalitativnih i kvantitativnih ispitivanja antocijana različitim studijama razvoja biljke (Zhu, 2018.). U zadnje vrijeme obojeno zrnje žitarica privuklo je veliku pažnju zbog atraktivnih nutritivnih vrijednosti. Glavna vrsta pigmenata odgovornih za boje, ali isto tako i zdravstvene koristi žitarica su antocijani (Zhu, 2018.). Najvažnije žitarice od globalnog značaja s povećanim sadržajem antocijana su kukuruz (*Zea mays*), riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum spp.*), ječam (*Hordeum vulgare*) i sirak (*Sorghum bicolor*). Žitarice od lokalnog značaja s povećanim sadržajem antocijana su proso (*Panicum miliaceum*), zob (*Avena sativa*), raž (*Secale cereale*) i druge.

##### 4.1. Ljubičasti kukuruz

Ova vrsta kukuruza ima sposobnost akumuliranja mnogo više antocijana nego komercijalne sorte običnog kukuruza, pa se kao takve smatraju dobrim izvorom antioksidansa u hranidbi životinja (Hosoda i sur., 2009.). Postoji velika genetska raznolikost u boji zrnja kukuruza, pa tako postoji crna, plava, ružičasta, crvena pa i smeđa boja zrna kukuruza (Zhu, 2018.). Na Slici 6. prikazan je klip ljubičastog kukuruza.



Slika 6. Klip ljubičastog kukuruza

Izvor: [www.freepik.com](http://www.freepik.com)

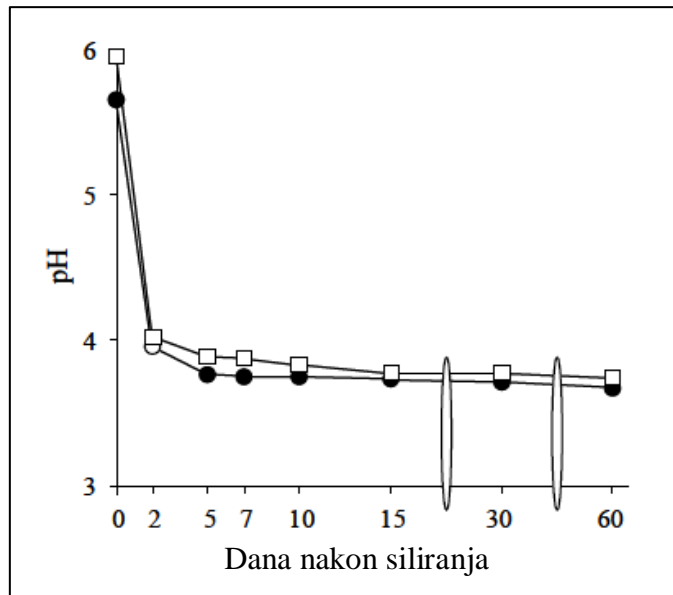
U nekoliko posljednjih desetljeća funkcionalna svojstva ljubičastog kukuruza postaju sve zanimljivija znanstvenicima pa time više postaju i predmet istraživanja (Lao i sur., 2017.). Još nije razvijen genotip kukuruza s endospermom bogatim antocijanima, ali kukuruz je na prvom mjestu po sadržaju količina antocijana (Zhu, 2018.). Zrnevlje ljubičastog kukuruza ima veći sadržaj antocijanina [891-3.312 CGE (cijanidin 3-glukozid ekvivalent)  $\mu\text{g} / \text{g}$ , db (suha osnova)] od plave (do 540 CGE  $\mu\text{g} / \text{g}$ , db) i crveni (do 127 CGE  $\mu\text{g} / \text{g}$ , db) (Collison i sur., 2015.). U Tablici 2. prikazani su usporedni parametri hranidbenog sastava silaže ljubičastog kukuruza i komercijalne sorte kukuruza.

Tablica 2. Kemijski sastav kukuruznih silaža

Čimbenik	Običan kukuruz	Ljubičasti kukuruz
Suha tvar (%)	28,7	27,1
Organska tvar (% ST)	96,1	94,4
Sirove bjelančevine (% ST)	7,4	8,3
Eter ekstrakt (% ST)	2,7	2,3
KDV (% ST)	22,9	20,6
NDV (% ST)	40,6	38,9
Sirovi pepeo (% ST)	3,9	5,6
Antocijanin (% ST)	0,04	0,34

Izvor: Hosoda i sur. (2009.)

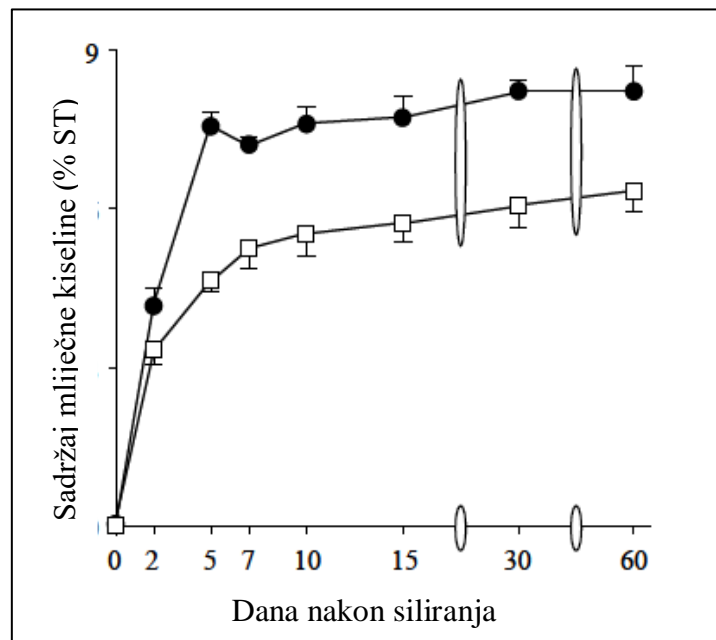
Hosoda i sur. (2009.) su istražili kvalitetu fermentacije i kvantitativne promjene antocijana u ljubičastom kukuruza tijekom skladištenja te *in vitro* buražne fermentacije. Skladištenje silaže je bilo u silo - vrećama, silo – bačvama i okruglim silo – balama. U obje silaže, pH vrijednost je brzo padala u prva 2 dana, ali od 5 do 60 dana vrijednost nije prelazila 4, a značajna je razlika između pH vrijednosti tih dviju silaža upravo u tim danima. Razlike u pH vrijednosti silaže u silažnim vrećama u vremenu nakon siliranja prikazane su na Grafikonu 1.



Grafikon 1. Promjene u pH vrijednosti tijekom fermentacije silaže, □ silaža običnog kukuruza, ○ silaža ljubičastog kukuruza

Izvor: Hosoda i sur. (2009.)

U silaži ljubičastog kukuruza, naspram silaže običnog kukuruza, primijećena je značajno viša koncentracija mliječne kiseline i to u svim danima nakon siliranja. Na Grafikonu 2. prikazane su promjene u koncentraciji pokusnih silaža u silo vrećama.



Grafikon 2. Promjene u sadržaju mliječne kiseline tijekom fermentacije silaže, □ silaža običnog kukuruza, ○ silaža ljubičastog kukuruza

Izvor: Hosoda i sur. (2009.)

Pokazalo se da silaža ljubičastog kukuruza (u silo – bačvama) nakon 60 dana skladištenja pH vrijednost i koncentracija amonijaka je značajno manja, dok je koncentracija mliječne kiseline značajno veća naspram silaže običnog kukuruza. Fermentacijske karakteristike silaže čuvane u silo – balama skladištene 80 i 370 dana prikazane su u Tablici 3. Vidljivo je da su sve silaže imale pH manji od 4, dok su koncentracije mliječne, octene i propionske kiseline u obje silaže za svaki period slične.

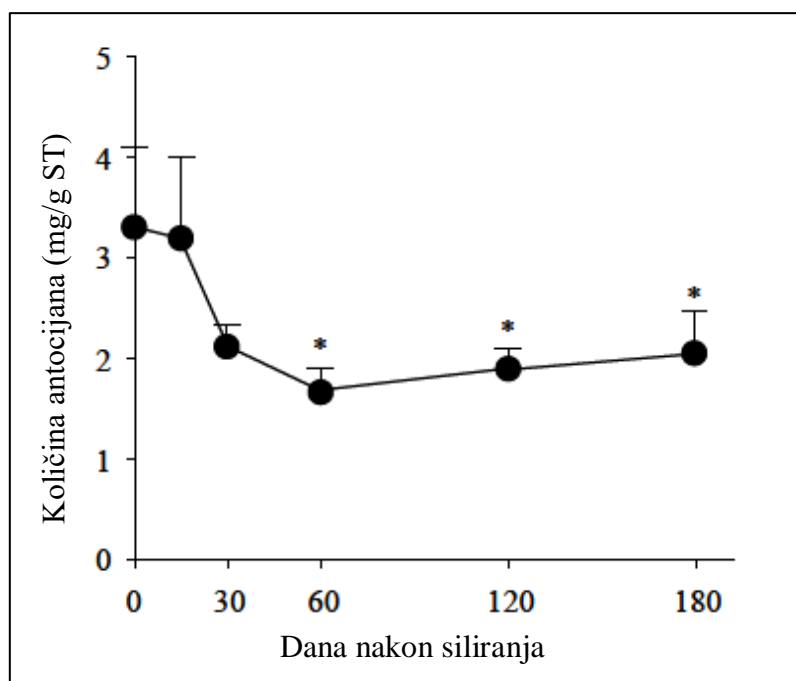
Tablica 3. Fermentativne karakteristike kukuruznih silaža, 80 i 370 dana.

Čimbenik	80 dana		370 dana	
	Obični kukuruz	Ljubičasti kukuruz	Obični kukuruz	Ljubičasti kukuruz
Suha tvar, %	27,0 <sup>a</sup>	23,9 <sup>b</sup>	28,4 <sup>a</sup>	27,8 <sup>a</sup>
pH	3,73	3,70	3,63	3,69
Mliječna kiselina, %	6,3 <sup>ab</sup>	7,7 <sup>a</sup>	5,4 <sup>b</sup>	5,7 <sup>ab</sup>
Octena kiselina, %	1,2 <sup>b</sup>	1,4 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>a</sup>	1,4 <sup>ab</sup>
Maslačna kiselina, %	ND	ND	ND	ND
Propionska kiselina, %	0,0	0,0	0,2	0,1
Amonijak – N, %	0,08 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>

ND- nije utvrđeno; <sup>ab</sup> = P<0,05

Izvor: Hosoda i sur. (2009.)

Količina antocijana prilikom siliranja, odnosno nulti dan spremanja bila je u pokusu 3,34 mg/g suhe tvari silaže ljubičastog kukuruza. Značajno je padala količina do 60-og dana nakon toga do 180-og dana skladištenja se održavala stalna razina u silaži i to 1,88 mg/g suhe tvari, odnosno oko 45 % prvotno izmjerene količine antocijana. Kvantitativne promjene antocijana u silaži ljubičastog kukuruza su prikazane u Grafikonu 3.



Grafikon 3. Promjene u sadržaju antocijana u silaži ljubičastog kukuruza

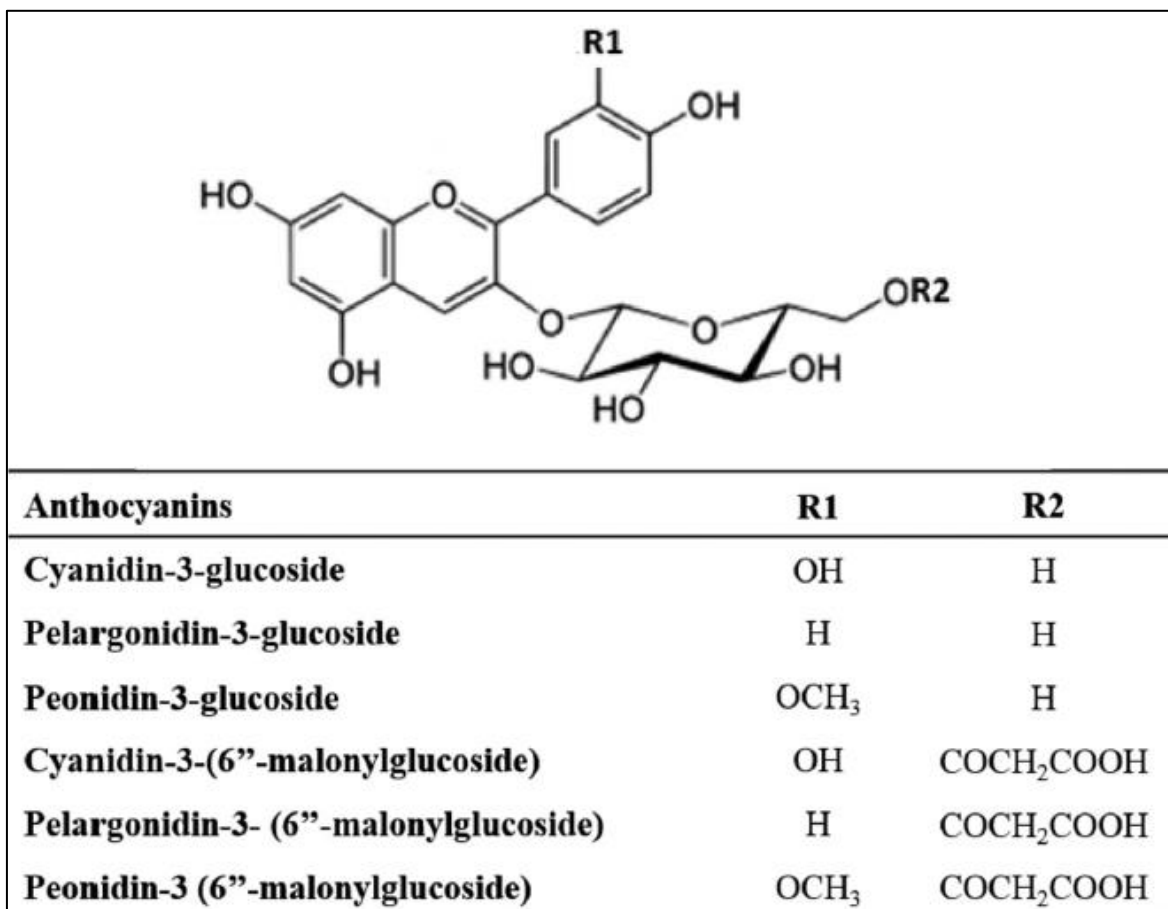
*Izvor:* Hosoda i sur, (2009.)

Ljubičasti kukuruz je rodnom iz područja današnjeg Perua. Bio je uzgajan na cijelom području regije Anda, posebice u Peru, Ekvadoru, Boliviji i Argentini (Lao i sur., 2017.). S obzirom na bogatstvo ljubičaste boje, dugo vremena se koristio kao bojilo za hranu i napitke. U posljednjem desetljeću zamjetno je povećanje korištenja ljubičastog kukuruza u svrhe dodavanja hrani i napitcima, a kao dokaz tome služe podaci o uvozu ljubičastog kukuruza u zemlje Europske unije poput Njemačke, Francuske, Italije ali i ostalih zemalja svijeta poput Japana (Lao i sur., 2017.). Zbog svojih iznimnih učinaka na zdravlje konzumenta, različite komercijalne kompanije su 2013. godine predložile da ljubičasti kukuruz dobije status "super hrane" (Lao i sur., 2017.).

Kemijskim sastavom, ali i hranidbenim vrijednostima ljubičasti kukuruz je sličan, više korištenom, običnom kukuruzu po visokom udjelu škroba (61 % do 78 % suhe tvari), neškrobnih polisaharida (oko 10 % suhe tvari), bjelančevina (6 % do 12 % suhe tvari), masti (3 % do 6 % suhe tvari), minerala i vitamina (Ai i Jane, 2016.). Količina antocijana u ljubičastom kukuruzu varira od 6,8 do 82,3 mg/g, ovisno o dijelu biljke koji se promatra (Cevallos-Casals i Cisneros-Zevallos, 2003.).



Sastav antocijana u ljubičastom kukuruзу dobro je proučavan pa je identificirano 6 značajnijih i čak 17 manje značajnih antocijana (Lao i sur., 2017.). Na Slici 7. prikazano je 6 značajnijih antocijana te njihova kemijska struktura.



Slika 7. Kemijske strukture 6 najvažniji antocijana u ljubičastom kukuruзу

*Izvor:* Lao i sur. (2017.)

Fenoli ljubičastog kukuruза su nasuprot iste količine fenola borovnice pokazali veću antioksidativnu sposobnost i bržu kinetičku reakciju što dokazuje da fenoli ljubičastog kukuruза imaju veći broj aktivnih hidroksilnih skupina i povoljniju konfiguraciju za bolju interakciju za slobodnim radikalima (Cevallos-Casals i Cisneros-Zevallos, 2003.).

Antioksidativna sposobnost ljubičastog kukuruза je ostala na visokom stupnju nakon industrijske prerade (Del Pozo - Insfran i sur., 2006.). Više od 20 bioaktivnih fenolnih komponenti poput fenolnih kiselina, antocijana i ostalih flavonoida su nađeni u ljubičastom kukuruзу (Lao i sur. 2017.)

U mnogim istraživanja su dokazana svojstva koja mogu doprinijeti zdravlju potrošača pa tako Lao i sur. (2017.) navode neke od njih :

- Antikancerogena svojstva
- Antimutagena svojstva
- Antioksidativna svojstva
- Protuupalna svojstva
- Antidijabetska svojstva
- Regulacija krvnog tlaka i otkucaja srca
- Prevencija pretilost

#### 4.2. Ljubičasta pšenica

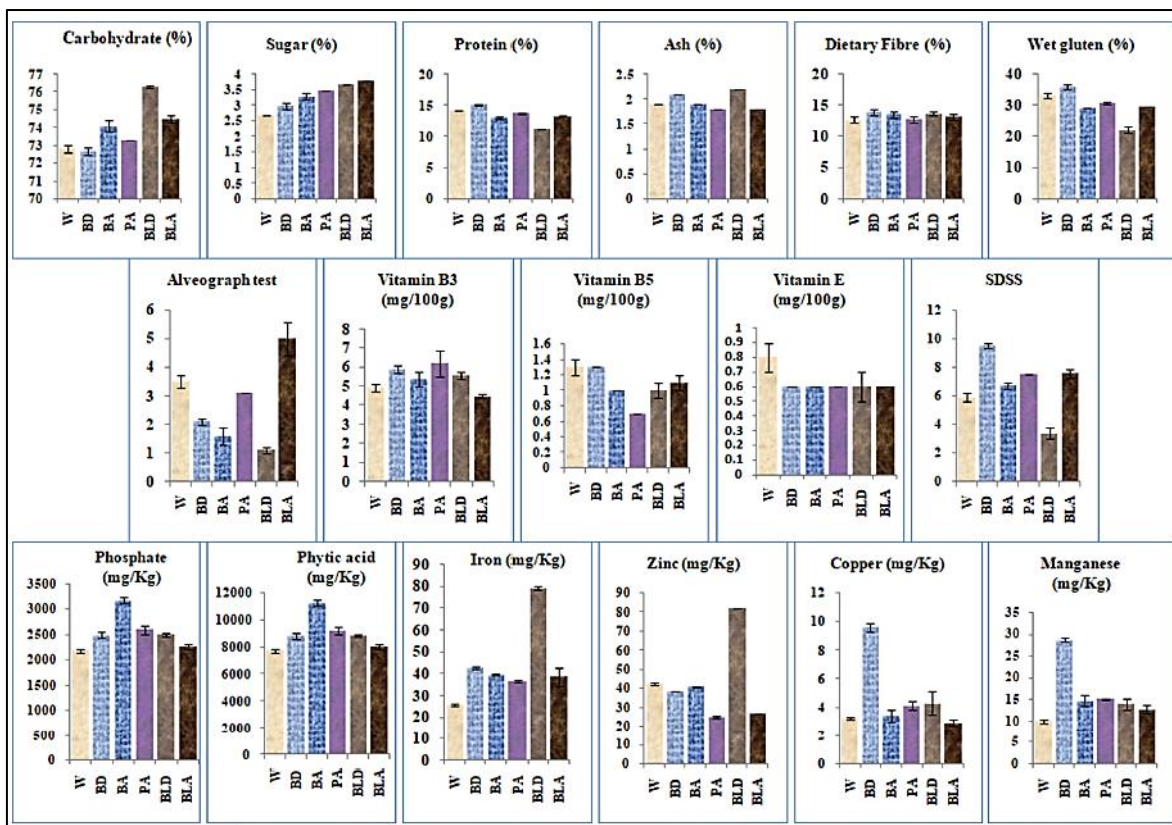
Obojana pšenica, bogata antocijanima zanimljiva je znanstvenicima ali i prehrambenoj industriji zbog potencijalne upotrebe kao prehrambenog bojila, hranjivog sastojka, ali i funkcionalne hrane (Manach i sur., 2003.). Uobičajeni kultivari pšenice koje nalazimo su obično bijele boje. Nalaz obojene pšenice je prilično rijedak. Ljubičasta boja se nalazi u perikardu zrna dok se plava boja nalazi u aleuronu zrna (Abdel-Aal i sur., 2008.). Postoji zanimanje za uzgoj obojene pšenice, međutim njen glavni problem je niski prinos (Sharma i sur., 2018.). Različite varijacije u bojama zrna pšenice prikazani su na slici 8.



Slika 8. Raznolikost boja zrna pšenice

*Izvor: Garg i sur. (2016.)*

Ukupan sadržaj antocijana najmanji je u bijeloj pšenici, viši je u obojenim sortama pšenice a, značajno najviši je u crnoj pšenici (Sharma i sur., 2018.). Vrijednosti hranjivih tvari te mineralna i vitamina u obojanih sorti pšenica nalazi se na Slici 9.



Slika 9. Hranjivi, mineralni i vitaminski sastav obojanih sorata pšenice

Izvor: Sharma i sur. (2018.)

Antioksidativna aktivnost bijele pšenice najvećim dijelom se povezuje s njezinim fenolnim kiselinama dok u obojenoj pšenici dodatan učinak na njenu antioksidativnu aktivnost ima njezin visoki sadržaj antocijana (Sharma i sur., 2018.). Iako ljubičasta pšenica ima manji ukupan sadržaj antocijana naspram plave i crne pšenice, pokazalo se da ima veći inhibitorski utjecaj na proizvodnju protuupalnih citokina, čemu je možda razlog sadržaj većih količina aciliranih antocijana s boljom stabilnošću i biodostupnošću (Abdel-Aal i sur., 2006.). Mrkvicova i sur. (2016.) navode da hranidba pšenicom s povećani sadržajem antocijana nema negativnih ni pozitivnih utjecaja na konzumaciju hrane niti na rast životinja.

### **4.3. Ječam**

Ječam posjeduje veliku genetsku varijabilnost u boji (crvena, plava, ljubičasta) i sadržaju antocijana. Prosječni sadržaj antocijana u sedam skupina ječma (ukupno 127 genotipova) koji se razlikuju u boji iznosi od 60–350 µg/g (Kim i sur., 2007.). U istraživanjima Lee i sur. (2013.) u mekinjima jednog genotipa ječma utvrđeno je čak 1,66 g/kg antocijana. U brojnim istraživanjima utvrđeni su različiti spojevi antocijana u jezgri ječma kao: delphinidin 3-glukozid, cijanidin 3-glukozid, delphinidin 3-malonilglukozid, cijanidin 3-malonilglukozid, cijanidin 3- (6 " - sukcinil) glukozid i peonidin 3- (6 " - sukcinil) glukozid (Diczházi i Kursinszki, 2014.; Lee i sur., 2013.).

### **4.4. Sirak**

Kao i u ječma, u sirka je utvrđena velika varijabilnost u boji jezgre (Rhodes i sur., 2014.) i sadržaju antocijana. Navedeni autori analizirali su 381 genotipa siraka i otkrili veliku varijaciju u sadržaju antocijana (0-149 apsorbancija / mL / g, proizvoljni jedinica). Dykes i sur. (2009.) analizirali su 13 genotipova sirka i utvrdili sadržaj 3-deoksiantocijanina do 680 µg/g. Osim jezgre, odnosno zrna u sirka se istražuje obojeno lišće kao potencijalan izvor antocijana (Petti i sur., 2014.). Kayodé i sur. (2012.) analizirali su sadržaj antocijana u ovojnici lišća 6 genotipova sirka u boji i pronašli su vrijednosti od 14 do 35 CGE mg/g (db). Stoga se lisni materijal, koji je obično otpad, može koristiti za ekstrakciju antocijana i daljnju upotrebu. U sirka je utvrđena velika genetska različitost u vrsti antocijana. Na primjer, u jezgri sirka (13 genotipova) utvrđeni su luteolinidin (0-282 µg/g), apigeninidin (0-166 µg/g), 5-metoksiluteolinidin (0 - 154 µg/g) i 7-metoksiapigeninidin (0–137 µg/g). Također, u lišću sirka utvrđeni su apigeninidin (17-46 mg/g), luteolinidin (0,4–2,4 mg/g) i malvidin (0,6–1,0 mg/g) (Kayodé i sur., 2012.).

### **4.5. Ostala krmiva bogata antocijanima koja se mogu koristiti u hranidbi domaćih životinja**

Iako se na našem području kao izvor antocijana u hranidbi domaćih životinja ponajviše može koristiti ljubičasti kukuruz, ljubičasta pšenica i raž, valja spomenuti i crnu i crvenu rižu.

Poput kukuruza, i riža pokazuje veliku genetsku raznolikost u boji zrnja. Antocijani su uglavnom koncentrirani u mekinjama neoljuštene riže (Zhu, 2018.). Uz ugljikohidratnu vrijednost, obojana riža posjeduje vrlo dobar sadržaj antocijana i proantocijana (Abdel-Al i sur., 2006.). Varijacije u količini antocijana u različito obojanim kultivarima mogu biti od 700 do 5000  $\mu\text{g/g}$ , a proantocijana od 750 do 3000  $\mu\text{g/g}$  (Hosoda i sur., 2018.). Problem stvara činjenica da je riža gotovo neprobavljiva u buragu ukoliko se ne podvrgne procesu mljevenja ili ljuštenja (Hosoda i sur., 2018.).

Crna soja, u omotaču zrna sadrži visoku količinu antioksidansa, poput fenolnih spojeva i antocijanina (Hsieh i sur., 2016.). Crna soja ima protuupalni i antiproliferativni učinak te znatnu antioksidativnu aktivnost (Kim i sur., 2006.).

## 5. ZAKLJUČAK

Brojna su istraživanja dokazala da antocijani imaju različita pozitivna djelovanja na ljudski i životinjski organizam. Neka od tih djelovanja su: antioksidativno, protuupalno, antialergeno, protuvirusno, antimikrobno, antiproliferativno, antimutageno te antikarcinogeno svojstvo. Antocijani djeluju antioksidativno i *in vitro* i *in vivo*. Iako istraživanja govore o značajnim pozitivnim zdravstvenim učincima, korisnost hranidbe nepreživača i preživača krmivima bogatim antocijanima, u značajnoj mjeri je ograničena smanjenom apsorpcijom antocijana u probavnom sustavu životinje, a ovisi o vrsti spoja, kemijskoj strukturi, opsegu konjugacije te individualnosti crijevne mikroflore

Kako se pokazalo, istraživanjem hranidbe krmivima bogatim antocijanima u preživača i nepreživača nisu se uvidjeli negativni učinci dok je za sada poznato nekoliko benefita. Pa se tako u istraživanjima utjecaja takve hranidbe na perad primijetilo poboljšanje kvalitete ljuske jajeta te bolja nesivost, doprinos u poboljšanju performansi rasta, smanjivanje razine glukoze te kolesterola u krvi. Rezultati istraživanja pokazuju da ljubičasti kukuruz ima potencijal smanjenja postotnog udjela mase srca u odnosu na masu trupa, a isto tako i zamašćenja trupa abominalnom masti. Antocijani imaju učinak na povećanje aktivnosti superoksid dismutaze u monogastričnih životinja.

Antocijani u preživača utječu na proizvodnju hlapljivih masnih kiselina, utječu na smanjenje koncentracije metana u buragu i kao rezultat ima poboljšanje performansi rasta i proizvodnje. Za razliku od monogastričnih životinja, u preživača se pokazalo da mogu ostvariti korist od jakih antioksidativnih svojstava polimernih proantocijanidina tako da ih metaboliziraju u biodostupne komponente. Pozitivan učinak flavonoida i fenolnih spojeva na proizvodnju i zdravlje životinja, fermentaciju u buragu, smanjenje proizvodnje metana, kao i prevenciju stresa uzrokovanog hranidbom. Primijećeno je da mliječne krave hranjene silažom ljubičastog kukuruza imaju veću koncentraciju superoksid dismutaze te povećanu proizvodnju mlijeka. U istraživanju utjecaja takove hranidbe na koze primijetio se povećani udio laktoze u mlijeku skupine koza hranjenih silažom ljubičastog kukuruza. Prema istraživanjima čini se da je antocijanin u kukuruzu bogatom antocijanima zaštićen od probave preživača i stoga ga mogu apsorbirati preživači.

Proučavane su mnoge vrste i genotipovi žitarica i većina teži jedinstvenom sastavu antocijana. Najveći potencijal korištenja krmiva bogatih s antocijanima ima ljubičasti kukuruz zbog efikasnosti prinosa hranjivih tvari zajedno sa antocijanima u vidu korištenja zrnja ili siliranog materijala.

Unatoč velikom potencijalu, krmiva bogata antocijanima nisu zastupljena u dovoljnim količinama u hranidbi domaćih životinja u našem podneblju. Također, utvrđena je genetska različitost u sastavu antocijana koja ovisi o uvjetima rasta, fiziologiji usjeva i dijelovima biljke. Potrebna su još značajna istraživanja da bi se došlo do konkretnih podataka i znanstvenog razumijevanja. Dosadašnji rezultati istraživača po tom pitanju daju vjetar u leđa budućim istraživanjima na temu hranidbe domaćih životinja krmivima bogatim antocijanima.

## 6. SAŽETAK

Riječ antocijan dolazi od grčkih riječi *anthos*, što označuje cvijet te *kyanose* što označuje plavu boju. Antocijani biljkama daju crvenu, ljubičastu i plavu boju. U kiselim uvjetima se pojavljuje kao crveni pigment, a u lužnatim kao plavi pigment. Antocijani kao izvor prirodnih antioksidanata imaju važnu ulogu u povećavanju antioksidacijskog potencijala koji štiti stanicu protiv oksidacijske štete. Visoko proizvodne mliječne krave doživljavaju oksidativni stres koji je uzrokovan aktivnim kisikom. Biodostupnost antocijana je relativno niska iz razloga što je apsorpcija u probavnom sustavu slaba. Neke vrste antocijana mogu imati pospješujuće učinke na ekspresiju mRNA i aktivnost superoksid dismutaze. Na našem području kao izvor antocijana u hranidbi domaćih životinja ponajviše se može koristiti ljubičasti kukuruz, ljubičasta pšenica, ljubičasti ječam te ljubičasti sirak, ali valja spomenuti i crnu soju, raž te crnu i crvenu rižu koji također posjeduju značajni sadržaj antocijana. Ljubičasti kukuruz ima sposobnost akumuliranja mnogo više antocijana nego komercijalne sorte običnog kukuruza.

**Ključne riječi:** antocijani, proantocijani, preživači, krmiva, oksidacijski stres



## 7. SUMMARY

The word anthocyanin comes from the Greek words *anthos*, which means flower, and *kyanose*, which means blue. Anthocyanins gives plants red, purple and blue colors. In acidic conditions it appears as a red pigment, and in alkaline form as a blue pigment. Anthocyanins as a source of natural antioxidants plays an important role in increasing the antioxidant potential that protects the cell against oxidative damage. Highly produced dairy cows experience oxidative stress that is caused by active oxygen. The bioavailability of anthocyanins is relatively low due to poor absorption in the digestive system. Some anthocyanin species may have enhancing effects on mRNA expression and superoxide dismutase activity. In our area, purple corn, purple wheat, purple barley and purple sorghum can be mostly used as a source of anthocyanins in the diet of domestic animals, but it is also worth mentioning black soy, rye and black and red rice, which also have a significant content of anthocyanins. Purple corn has the ability to accumulate much more anthocyanins than commercial varieties of ordinary corn.

**Key words:** anthocyanins, proanthocyanidins, ruminants, feeds, oxidative stress

## 8. LITERATURA

1. Abdel-Aal E - S., M., Rabalski, I., Young, J., C. (2006.): Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *J Agric Food Chem*, 4, 13: 4696-4704.
2. Abdel-Aal, E-S., M., Young J., C., Rabalski, I. (2006.): Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *J Agric Food Chem*, 54: 4696-704.
3. Abdel-Aal, E - S., M., Abou-Arab, A., A., Gamel, T., H., Hucl, P., Rabalski, I., Young, J., C. (2008.): Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties. *J Agric Food Chem* 56, 23: 11171-11177.
4. Ai, Y., Jane, J. (2016.): Macronutrients in corn and human nutrition. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 15: 581–98.
5. Amić., D. (2008.): *Organska kemija: za studente agronomske struke. Školska knjiga. Zagreb. Str. 328-334.*
6. Amnueysit, P., Tatakul, T., Chalermisan, Nitima, Amnueysit, K. (2010.): Effects of purple field corn anthocyanins on broiler heart weight. *As. J. Food Ag-Ind.* 3,0 3: 319-327
7. Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., Corke, H. (2006.): Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sciences*, 78: 2872–2888.
8. Castillo, C., Hernandez, J., Valverde, I., Pereira, V., Sotillo, J., Alonso, M., L., Benedito, J., L. (2006.): Plasma malonaldehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 80:133-139.
9. Castillo, C., Pereira, V., Abuelo, A., Hernández, J. (2013.): Effect of Supplementation with Antioxidants on the Quality of Bovine Milk and Meat Production, Hindawi Publishing Corporation, The Scientific World Journal,
10. Cevallos-Casals, B., A., Cisneros-Zevallos, L. (2003.): Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *J Agric Food Chem* 51:3313–9.
11. Changxing, L., Chenling, M., Alagawany, M., Jianhua, L., Dongfang, D., Gaichao, W., Chao, S. (2018.): Health benefits and potential applications of anthocyanins in poultry feed industry. *World's Poultry Science Journal*, 74, 2: 251-264.

12. Cimino, F., Sulfaro, V., Trombetta, D., Saija, A., Tomaino, A. (2007.): Radical-scavenging capacity of several Italian red wines. *Food Chem.* 103:75–81.
13. Collison, A., Yang, L., Dykes, L., Murray, S., Awika, J., M. (2015.): Influence of genetic background on anthocyanin and copigment composition and behavior during thermoalkaline processing of maize. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 5528–5538.
14. Čujić, N., Kundaković, T., Šavikin, T. (2013.): Antocijani-Kemijska analiza i biološka aktivnost. *Lekovite sirovine*, 33: 19-37.
15. Delgado – Vargas, F., Jiménez, A., R., Paredes-López, O. (2000.): Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains-Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Journal of Food Science and Nutrition*, 40, 3: 173–289.
16. Del Pozo-Insfran, D., Brenes, C.,H., Serna, Saldivar, S.,O., Talcott, S.,T. (2006.): Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *Food Res Intl* 39: 696–703.
17. De Pascual, T., Sanchez, B., S. (2008.): Anthocyanins, from plant to health. *Phytochem. Rev.*7: 281–299.
18. Diczházi, I., & Kursinszki, L. (2014.): Anthocyanin content and composition in winter blue barley cultivars and lines. *Cereal Chemistry*, 91: 195–200.
19. Dykes, L., Seitz, L. M., Rooney, W. L., & Rooney, L. W. (2009.): Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chemistry*, 116: 313–317.
20. Faehnrich, B., Lukas, B., Humer, E., Zebeli, Q. (2015.): Phytogetic pigments in animal nutrition: potentials and risks. *Phytogetic pigments in animal nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture.* 96.
21. Fernandes, I., Marques, C., Evora, A., Faria, A., Calhau, C., Mateus, N., de Freitas, V. (2018.): Anthocyanins: Nutrition and Health. In: Mérillon JM., Ramawat K. (eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry.* Springer, Cham.
22. Ficco, D., B., M., Mastrangelo, A., M., Trono, D., Borrelli, G., M., De Vita, P., Fares, C., Beleggia, R., Platini, C., Papa, R. (2014.): The colours of durum wheat: a review. *Crop Pasture Sci* 65: 1-15.

23. Fumić, M. (2016.): Biodostupnost i antioksidacijski potencijal bioaktivnih komponenti iz pokožice grožđa u C57BL/6 miša. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb.
24. Gabrielska, J., Oszmianski, J., Komorowska, M., Langner, M. (1999.): Anthocyanin extracts with antioxidant and radical scavenging effect. *Z Naturforsch C J Biosci.* 54,5-6:319-324.
25. Garg, M., Chawla, M., Chunduri, V., Kumar, R., Sharma, S., Sharma, N., K., Kaur, N., Kumar, Kaur Munday, J., Kaur Saini, M., Pal Singh, S. (2016.): Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science.* 71: 138-144.
26. Gheisar, M., M., Kim, I., H. (2017.): Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Italian Journal of Animal Science*, 17, 1: 92-99.
27. Ghosh, D., Konishi, T. (2007.): Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts: role in diabetes and eye function. *Asia Pac J Clin Nutr*, 16, 2: 200-208.
28. Giusti, M., M., Rodriguez-Saona, L., E., Wrolstad, R., E. (1999.): Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated pelargonidin-based anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4631-4637.
29. Hajati, H., Hassanabadi, A., Golian, A., Nassiri-Moghaddam, H. and Nassiri, M., R. (2015.): The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplementation on some blood parameters and HSP70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress. *Italian Journal of Animal Science* 14, 3: 415-423.
30. Harakotr, B., Suriharn, B., Tangwongchai, R., Scott, M. P., Lertrat, K. (2014.): Anthocyanins and antioxidant activity in coloured waxy corn at different maturation stages. *Journal of Functional Foods*, 9: 109–118.
31. Hosoda, K., Eruden, B., Matsuyama, H., Shioya, S. (2009.): Silage Fermentative Quality and Characteristics of Anthocyanin Stability in Anthocyanin-rich Corn (*Zea mays* L.). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22, 4 : 528 – 533.
32. Hosoda, K., Eruden, B., Matsuyama, H., Shioya, S. (2012.): Effect of anthocyanin-rich corn silage on digestibility, milk production and plasma enzyme activities in lactating dairy cows. *Animal Science Journal*, 83: 453-459.

33. Hosoda, K., Miyaji, M., Matsuyama, H., Haga, S., Ishizaki, H., Nonaka, K. (2012.): Effect of supplementation of purple pigment from anthocyanin-rich corn (*Zea mays* L.) on blood antioxidant activity and oxidation resistance in sheep. *Livestock Science*. 145. 266–270.
34. Hosoda, K., Sasahara, H., Matsushita, K., Tamura, 4., Miyaji, M., Matsuyama, H. (2018.): Anthocyanin and proanthocyanidin contents, antioxidant activity, and in situ degradability of black and red rice grains. *Asian-Australas J Anim Sci*. 31, 8:1213-1220.
35. Hsieh, M., C., Huang, C., H., Yang, H., Chen, J., C., Hsu, C., K. (2016.): Black soybean seed coat containing diet enhancing the growth performance of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis nitoticus* × *O. aureus*. *Aquaculture Research*, 48: 2593–2601.
36. Huang, H., T. (1955.): Decolorization of anthocyanins by fungal enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3: 141-146.
37. Kayodé, A. P. P., Bara, C. A., Dalodé-Vieira, G., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R. (2012.): Extraction of antioxidant pigments from dye sorghum leaf sheaths. *LWT-Food Science and Technology*, 46: 49–55.
38. Kalantar, M. (2018.): The Importance of Flavonoids in Ruminant Nutrition. *Arch Animal Husb & Dairy Sci*. 1,1: 2018
39. Karásková, K., Suchý, P., Straková, E. (2015.): Current use of phytogetic feed additives in animal nutrition: A review. *Czech Journal of Animal Science*. 60: 521-530.
40. Khoo, H., E., Azlan, A., Tang, S., T., Lim, S., M. (2017.): Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res.*, 61,1:1361779.
41. Kim, M. J., Hyun, J. N., Kim, J. A., Park, J. C., Kim, M. Y., Kim, J-G., Lee, S-J., Chun, S.C., Ghung, I-M. (2007.): Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 4802–4809.
42. Kim J., M., Kim J., S., Yoo, H., Choung M., G., Sung M., K. (2008.): Effects of black soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed coats and its anthocyanins on colonic inflammation and cell proliferation in vitro and in vivo. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 56: 8427–8433.

43. Lao, F., Sigurdson, G., T., Giusti, M., M. (2017.): Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16: 234-246.
44. Lee, C., Han, D., Kim, B., Baek, N., & Baik, B. K. (2013.): Antioxidant and anti-hypertensive activity of anthocyanin-rich extracts from hullless pigmented barley cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 48: 984–991.
45. Lefevre, M., Howard, L., Most, M., Ju, Z., Delany, J. (2004.): Microarray analysis of the effects of grape anthocyanins on hepatic gene expression in mice. *FASEB J.*, 18:A851.
46. Maccarone, E., Maccarrone, A., Rapisarda, P. (1985.): Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. *Journal of Food Science*, 50: 901-904.
47. Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Reemeesy, C., Jimenez, L. (2003.): Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 79, 5: 727-747.
48. Matsumoto, H., Nakamura, Y., Iida, H., Ito, K., Ohguro, H. (2006.): Comparative assessment of distribution of blackcurrant anthocyanins in rabbit and rat ocular tissues. *Experimental eye research*. 83, 2: 348-56.
49. Matsuba, T., Kubozono, H., Saegusa, A., Obata, K., K. Gotoh, K., K. Miki, K., T. Akiyama, T., Oba, M. (2019.): Short communication: Effects of feeding purple corn (*Zea mays* L.) silage on productivity and blood superoxide dismutase concentration in lactating cows, *Journal of Dairy Science*, 102, 8: 7179 – 7182.
50. Mazza, G. and Miniati, E. (1993.): *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains* (CRC press).
51. McGhie, T., K., Ainge, G., D., Barnett, L., E., Cooney, J., M. and Jensen, D., J. (2003.): Anthocyanin glycosides from berry fruit are absorbed and excreted unmetabolised by both humans and rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4539-4548.
52. McGhie, T., K., Walton, M., C. (2007.): The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding. *Molecular Nutrition and Food Research* 51: 702-713.
53. Miyaji, M., Nonaka, K., Matsuyama, H., Hosoda, K., Kobayashi, R. (2010.): Effects of cultivar and processing method of rice grain on ruminal disappearance characteristics. *Jpn J Grassl Sci*, 56:13-9.

54. Mrkvicova, E., Pavlata, L., Karasek, F. et al. (2016.): The influence of feeding purple wheat with higher content of anthocyanins on antioxidant status and selected enzyme activity of animals. *Acta Veterinaria Brno*, 85: 371-376.
55. Oke, S. (2020.): Nutrients for Horses: What's Trending? Dostupno na: <https://thehorse.com/190473/nutrients-for-horses-whats-trending/> [Pristupljeno 24.08.2020.]
56. Pashtetsky, V., Ostapchuk, P., Il'yazov, R., Zubochenko, D., Kuevda, T. (2019.): Use of antioxidants in poultry farming (review). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 341: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development 18–19 April 2019, Kurgan, Russian Federation
57. Patras, A., Brunton, N., P., O'Donnell, C., Tiwari, B., K. (2010.): Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 1: 3-11.
58. Petti, C., Kushwaha, R., Tateno, M., Harman-Ware, A.E., Crocker, M., Awika, J., DeBolt, S. (2014.): Mutagenesis breeding for increased 3-deoxyanthocyanidin accumulation in leaves of *Sorghum bicolor* (L.) Moench: A source of natural food pigment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 1227–1232.
59. Poeschl, M., S., Wrolstad, R., E. (1981.): Color degradation in an ascorbic acid anthocyanin/flavanol model system. *Journal of Food Science*, 46:1218-1236.
60. Rhodes, D. H., Hoffmann, J. L., Rooney, W. L., Ramu, P., Morris, G. P., Kresovich, S. (2014.): Genome-wide association study of grain polyphenol concentrations in global sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] germplasm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 45: 10916–10927.
61. Rein, M., J. (2005.): Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. *Disertacija*. Sveučilište Helsinki, Helsinki.
62. Riaz, M., Zia-Ul-Haq, M., Saad, B. (2016.): Anthocyanins absorption and metabolism. In *Anthocyanins and Human Health: Biomolecular and therapeutic aspects*. pp. 57-69. Springer, Cham.
63. Seeram, N. P., Lee, R., Scheuller, H. S., Heber, D. (2006.): Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chem.* 97,1: 1–11.

64. Sharma, S., Chunduri, V., Kumar, A., Kumar, R., Khare, P., Kondepudi, K., K., Bishnoi, M., Garg, M. (2018.): Anthocyanin bio-fortified colored wheat: Nutritional and functional characterization. *PLoS ONE* 13(4): e0194367
65. Sies, H. (1991.): *Oxidative Stress: Oxidants and Antioxidants*. Academic Press, San Diego, CA.
66. Surai, P.F. (2014.): Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from the past to the future. *J. Anim Physiol Anim Nutr*, 98: 19-31.
67. Stastnik, O., Karasek, F., Roztocilova, A., Dolezal, P., Mrkvicova, E., Pavlata, L. (2016.): The influence of feeding wheat with purple grain to performance and biochemical parameters of broiler chickens. *MendelNet*, 23: 284-288.
68. Stastnik, O., Mrkvicova, E., Karasek, F., Trojan, V., Vyhnanek, T., Hrivna, L., Jakubcova, Z. (2016.a): The influence of coloured wheat feeding on broiler chickens performance parameters. *Proceedings of the International Ph.D. Students Conference on Mendelnet*.
69. Stastník, O., Karásek, F., Štenclová, H., Martinek, P., Mrkvicová, E., Pavlata, L. (2016.b): The effect of feeding wheat with blue aleurone to the blood biochemical profile of rats. In *Proceedings of reviewed scientific papers NutriNET*, 109–114.
70. Stastnik O., Mrkvicova E., Pavlata L., Anzenbacherova E., Prokop J., Roztocilova A., Umlaskova B., Novotny J., Metnarova E., Vyhnanek T., Trojan, V. (2019.): Purple wheat as a source of anthocyanins and its effect on the metabolism of rabbits. *Veterinarni Medicina*, 64: 539-546.
71. Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., Widiastuti, E., Wahyuni, H.,I., Sartono, T.,A. (2019.): Fermented Feed as a Potential Source of Natural Antioxidants for Broiler Chickens – A Mini Review. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 313-318.
72. Tian, X., Z., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Chumpawadee, S., Ban, C., Thongpea S. (2018.): Short communication: Purple corn (*Zea mays* L.) stover silage with abundant anthocyanins transferring anthocyanin composition to the milk and increasing antioxidant status of lactating dairy goats. *J. Dairy Sci.* 102: 1-6.



73. Tsuda, T., Watanabe, M., Ohshima, K., Norinobu, S., Choi, S. W., Kawakishi, S., & Osawa, T. (1994.): Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O-beta-D-glucoside and cyanidin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42,11: 2407-2410.
74. Tsuda, T., Shiga, K., Ohshima, K., Kawakishi, S., Osawa, T. (1996.): Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. *Biochem Pharmacol.*, 52, 7: 1033-1039.
75. Von Elbe, J., H., Schwartz, S., J. (1996.): *Colorants. U Food Chemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 651-722.
76. Walle, T. (2004.): Absorption and metabolism of flavonoids. *Free Radical Biology Medicine* 36, 7: 829-837.
77. Walton, M., C., Lentle R., G., Reynolds G., V., Kruger, M., C., McGhie, T., K. (2006.): Anthocyanin Absorption and Antioxidant Status in Pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 20: 7940-7946.
78. Zhu, F. (2018.): Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. *Food Research International*, 109: 232-249.
79. www. Freepik, (2020.): [https://www.freepik.com/premium-photo/purple-corn-white-wall\\_8596038.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/purple-corn-white-wall_8596038.htm) [Pristupljeno 24.08.2020.]
80. www. Ranvet. Com (2018.): Tying-Up Ration. Dostupno na: <https://www.ranvet.com.au/tying-up-ration/#:~:text=Research%20has%20shown%20horses%20supplemented,the%20protective%20effect%20on%20muscle>. [Pristupljeno 24.08.2020.]

## 9. POPIS TABLICA

Tablica	Naziv tablice	Stranica
1	Djelovanje polifenola na organizam peradi	10
2	Kemijski sastav kukuruznih silaža	16
3	Fermentativne karakteristike kukuruznih silaža, 80 i 370 dana	18

## 10. POPIS SLIKA

Slika	Naziv slike	Stranica
1	Osnovna struktura antocijana	2
2	Dvodimenzionalna struktura flavilium iona	2
3	Antocijanidini u biljkama	3
4	Shematski pregled terapijskih učinaka i mehanizama djelovanja antocijana, prilagođeni	5
5	Shematski prikaz probave i ekskrecije antocijana	8
6	Klip ljubičastog kukuruza	15
7	Kemijske strukture 6 najvažniji antocijana u ljubičastom kukuruзу	20
8	Raznolikost boja zrna pšenice	21
9	Hranjivi, mineralni i vitaminski sastav obojanih sorata pšenice	22

## 11. POPIS GRAFIKONA

Grafikon	Naziv grafikona	Stranica
1	Promjene u pH vrijednosti tijekom fermentacije silaže	17
2	Promjene u sadržaju mliječne kiseline tijekom fermentacije silaže	17
3	Promjene u sadržaju antocijana u silaži ljubičastog kukuruza	19

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika, smjer Hranidba domaćih životinja

### Upotreba različitih krmiva s povećanim sadržajem antocijana u hranidbi životinja

Mihael Đurin

#### Sažetak

Riječ antocijan dolazi od grčkih riječi *anthos*, što označuje cvijet te *kyanose* što označuje plavu boju. Antocijani biljkama daju crvenu, ljubičastu i plavu boju. U kiselim uvjetima se pojavljuje kao crveni pigment, a u lužnatim kao plavi pigment. Antocijani kao izvor prirodnih antioksidanata imaju važnu ulogu u povećavanju antioksidacijskog potencijala koji štiti stanicu protiv oksidacijske štete. Visoko proizvodne mliječne krave doživljavaju oksidativni stres koji je uzrokovan aktivnim kisikom. Biodostupnost antocijana je relativno niska iz razloga što je apsorpcija u probavnom sustavu slaba. Neke vrste antocijana mogu imati pospješujuće učinke na ekspresiju mRNA i aktivnost superoksid dismutaze. Na našem području kao izvor antocijana u hranidbi domaćih životinja ponajviše se može koristiti ljubičasti kukuruz, ljubičasta pšenica, ljubičasti ječam te ljubičasti sirak, ali valja spomenuti i crnu soju, raž te crnu i crvenu rižu koji također posjeduju značajni sadržaj antocijana. Ljubičasti kukuruz ima sposobnost akumuliranja mnogo više antocijana nego komercijalne sorte običnog kukuruza.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** Izv.prof.dr.sc. Josip Novoselec

**Broj stranica:** 41

**Broj grafikona i slika:** 3, 9

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 80

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** antocijani, proantocijani, preživači, krmiva, oksidacijski stres

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof.dr.sc. Zvonko Antunović, predsjednik
2. Izv.prof.dr.sc. Josip Novoselec, mentor
3. Prof.dr.sc. Zvonimir Steiner, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, Zootechnique**

**Graduate thesis**

### **Use of various feeds with increased anthocyanin content in animal feeding**

**Mihael Đurin**

#### **Abstract:**

The word anthocyanin comes from the Greek words *anthos*, which means flower, and *kyanose*, which means blue. Anthocyanins gives plants red, purple and blue colors. In acidic conditions it appears as a red pigment, and in alkaline form as a blue pigment. Anthocyanins as a source of natural antioxidants plays an important role in increasing the antioxidant potential that protects the cell against oxidative damage. Highly produced dairy cows experience oxidative stress that is caused by active oxygen. The bioavailability of anthocyanins is relatively low due to poor absorption in the digestive system. Some anthocyanin species may have enhancing effects on mRNA expression and superoxide dismutase activity. In our area, purple corn, purple wheat, purple barley and purple sorghum can be used as a source of anthocyanins in the feeding of domestic animals, but it is also worth mentioning black soy, rye and black and red rice, which also have a significant content of anthocyanins. Purple corn has the ability to accumulate much more anthocyanins than commercial varieties of ordinary corn.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Associate professor, Josip Novoselec

**Number of pages:** 41

**Number of figures:** 3, 9

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 80

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** anthocyanins, proanthocyanidins, ruminants, feeds, oxidative stress

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Full professor Zvonko Antunović, president
2. Associate professor, Josip Novoselec, mentor
3. Professor, Zvonimir Steiner, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.