

# Kakaovac - Theobroma cacao L.

---

**Tudor, Tonka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:420227>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Science](#)



Sveučilište u Splitu  
Prirodoslovno - matematički fakultet  
Odjel za biologiju

Tonka Tudor

**Kakaovac - *Theobroma cacao* L.**

Završni rad

Split, 2024.

Ovaj rad, izrađen u sklopu preddiplomskog programa Biologija, pod vodstvom mentorice prof. dr. sc. Valerije Dunkić i komentorice dr. sc. Marije Nazlić predan je na ocjenu Odjelu za biologiju Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu radi stjecanja zvanja prvostupnica biologije (*univ. bacc. biol.*).

## Izjava

Izjava kojom izjavljujem s punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam završni rad s naslovom „Kakaovac-*Theobroma cacao* L.“ izradila samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Valerije Dunkić i komentorstvom dr. sc. Marije Nazlić. U radu sam primijenila metodologiju znanstveno-istraživačkog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u završnome radu na uobičajen, standardan način citirala i povezala fusnotama s korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Studentica Tonka Tudor

# Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Odjel za Biologiju  
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Završni rad

## Kakaovac - *Theobroma cacao* L.

Tonka Tudor

### SAŽETAK

Vrsta *Theobroma cacao* L. pripada tropskim biljkama koje žive u uvjetima visoke temperature i vlage. Sadrži veliki broj spojeva, od kojih su najznačajniji polifenoli, alkaloidi i flavonoidi, koji pokazuju jaki antioksidativni učinak. Danas nalazi sve veću primjenu u medicini, zahvaljujući svom pozitivnom djelovanju na krvni tlak, vaskularne bolesti i normalnu funkciju trombocita. Koristi se još od davnih vremena u raznim obredima i kao lijek, a danas je najčešće nalazimo u obliku čokolade. Prilikom obrade i proizvodnje čokolade gubi se dio spojeva iz kakaovca, pa time i zdravstvenih prednosti koje on nudi.

**Ključne riječi:** *Theobroma cacao* L., polifenoli, alkaloidi, kardiovaskularne bolesti, čokolada

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Rad sadrži:** 23 stranice, 9 slika, 2 tablice, i 14 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

**Mentor:** prof. dr. sc. Valerija Dunkić

**Komentor:** dr.sc. Marija Nazlić

**Ocjenjivači:** prof. dr. sc. Valerija Dunkić

dr. sc. Marija Nazlić

dr. sc. Ivana Vrca

**Rad prihvaćen:** Rujan, 2024.

## Basic documentation card

University of Split

Thesis

Faculty of Science

Department of Biology

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

### **Cacao - *Theobroma cacao* L.**

Tonka Tudor

#### **ABSTRACT**

The species *Theobroma cacao* L. belongs to tropical plants that live in conditions of high temperature and humidity. It contains many compounds, the most important of which are polyphenols, alkaloids and flavonoids, which show a strong antioxidant effect. Nowadays has been used, more often, in medicine, thanks to its positive effect on blood pressure, vascular diseases and the normal function of platelets. It has been used since ancient times in various ceremonies and as medicine, and today it is most often found in the form of chocolate. During the processing and the production of chocolate, part of the compounds from the cocoa tree is lost, and thus the health benefits it offers.

**Keywords:** *Theobroma cacao* L., polyphenols, alkaloids, cardiovascular diseases, chocolate.

Thesis deposited in the library of the Faculty of science, University of Split

**Theseis consists of:** 23 pages, 9 figures, 2 tables and 14 references. Original language: Croatian.

**Supervisor:** Full prof. Valerija Dunkić, PhD

**Assistant supervisor:** Marija Nazlić, PhD

**Reviewers:** Valerija Dunkić, PhD. Full professor

Ivana Vrca, PhD. Senior assistant

Marija Nazlić, PhD. Senior assistant

**Thesis accepted:** September, 2024.

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	2
2. RAZRADA TEME.....	4
2.1. KLASIFIKACIJA VRSTE <i>Theobroma cacao</i> L. ....	4
2.2. MORFOLOGIJA.....	4
2.2.1. SORTE.....	5
2.3. BIOLOŠKI SASTAV.....	7
2.3.1. POLIFENOLI.....	10
2.3.2. FENILPROPANOIDI.....	10
2.3.3. FLAVONOIDI.....	10
2.3.4. ALKALOIDI.....	11
2.4. UTJECAJ NA ZDRAVLJE.....	12
2.4.1. UTJECAJ ALKALOIDA.....	12
2.4.2. SUPLEMENTI I EKSTRAKTI KAKAOVCA.....	13
2.4.3. PSIHOLOŠKI UTJECAJ.....	14
2.4.4. UČINAK NA KRVNI TLAK I KARIOVASKULARNI SUSTAV.....	15
2.5. PROCES I PROIZVODNJA ČOKOLADE.....	15
2.5.1. FERMENTACIJA I SUŠENJE.....	17
2.5.2. PROIZVODNJA ČOKOLADE.....	18
2.6. POVIJEST.....	19
3. ZAKLJUČAK.....	20
4. LITERATURA:.....	21

## 1. UVOD

*Theobroma cacao L.* poznatija kao kakaovac (slika 1), biljka je koja u današnje vrijeme okupira sve veću pažnju na nacionalnim i međunarodnim tržištima. Pripada porodici Malvaceae koja je dio popisa ljekovitih biljaka i stoga je značajna za kemijska i farmakološka istraživanja jer sadrži nekoliko značajnih tipova kemijskih spojeva. Ističe se rod *Theobroma* zbog ekonomske vrijednosti, višestruke primjene u prehrani i medicini. Ovaj rod sadrži visoke razine masti koje se sastoje od stearinske, oleinske, palmitinske i linolne masne kiseline. Steroli, vlakna, minerali i metilksantinski spojevi poput teobromina, teofilina i kofeina, spojevi su koji su podigli interes u istraživanju (1). Kakaovac karakteriziraju brojni djelotvorni učinci koji doprinose ljudskom zdravlju. Danas nalazi sve veću primjenu u medicini, zahvaljujući svom pozitivnom djelovanju na krvni tlak, vaskularne bolesti i normalnu funkciju trombocita, ali i mnogim drugim faktorima. Uzgaja se u vlažnim i toplim područjima u preko 50 država Afrike, Azije, Amerike i Oceanije, a najistaknutije su Bolivija, Peru i Kolumbija. Države koje uzgajaju kakaovac za komercijalne svrhe, čine ovu biljku od velike ekonomske važnosti (2). Najpoznatiji proizvod je zasigurno čokolada koju danas možemo naći gotovo svugdje, a u prošlosti je imala bitnu ulogu u kulturi starih Maja gdje se koristila i kao valuta (3). Cilj ovoga rada je dati pregledni opis ove biljke, stvari koje sadržava te pozitivne aspekte njihovog utjecaja na ljudsko zdravlje.





Slika 1. *Theobroma cacao* L. – kakaovac (web 1)

## 2. RAZRADA TEME

### 2.1. KLASIFIKACIJA VRSTE *Theobroma cacao* L.

Carstvo: Plantae

Koljeno: Magnoliophyta

Razred: Magnoliopsida

Podrazred: Dilleniidae

Red: Malvales

Porodica: Malvaceae

Rod: *Theobroma*

Vrsta: *Theobroma cacao* L.

(web 9)

### 2.2. MORFOLOGIJA

*Theobroma cacao* L. poznatija je pod nazivom kakaovac. Gospodarski je važno drvo visine 4 - 8 metara (slika 2), porijeklom iz tropskih dijelova Amerike (4). Raste u sjeni i pripada porodici Malvaceae, zajedno sa smokvom i murvom koje, za razliku od ove tropske biljke, samoniklo rastu kod nas. Zimzelene je prirode s velikim, sjajnim lišćem, čija krošnja radi hlad za njegove plodove koji rastu iz grana i debla. Plod je mahuna, a njena veličina i broj sjemenki varira ovisno o morfološkoj podskupini (2). Može sadržavati od 20 do 40 zrna prekrivenih vanjskom ljuskom, uronjenih u bijelu pulpu (slika 3). Građena je od pigmentirane epiderme, debelog epikarpa koji može varirati u svojoj tvrdoći, tankog, tvrdog i više ili manje drvenastog mezokarpa, te u unutrašnjosti endokarpa (5). Pigmentne stanice epiderme sadrže veliku količinu polifenola pa još nose naziv polifenolna skladišta, a ovisno o količini antocijanina mogu varirati u boji od bijele do tamnopurpurne (6). Endokarp se sastoji od velikih cjevastih stanica između kojih se nalazi veliki međustanični prostor koji svojim urušavanjem gradi bijelu pulpu u zrelim sjemenkama. Pulpu karakterizira niski pH, te je ispunjena hranjivim tvarima, šećerom i vodom. Niski pH odgovoran je za razvoj okusa, jer ima ulogu u fermentaciji sjemenke (5). Svaka sjemenka sadrži značajnu količinu masti 40-50%, koja je ujedno i kakao maslac, te 10% polifenola (4). Može rasti na različitim tipovima tla te visinama do 1000 metara nadmorske

visine, ali jako bitan uvjet za dobar rast je dobra drenaža tla. Preferira temperature od maksimalno 30-32 °C te minimalno 18-21 °C dok je potrebna vlažnost zraka preko dana 100%, padajući na 70-80% preko noći. To je ujedno jedan od razloga zašto nakon donošenja u Europu, isprva, nije doživjela veliku slavu. Uvjeti u Europi tada nisu odgovarali kakaovcu da neometano raste i daje plodove koji bi se dalje mogli koristiti (7).

### 2.2.1. SORTE

Tri su glavne sorte kultivara zrna kakaovca koje se koriste za dobivanje kakaa i čokolade. Kultivar Criollo je vrlo cijenjeno i rijetko stablo koje daje najaromatičnija i najfinija zrna te se koristi za proizvodnju visokokvalitetne čokolade. Karakterizira ga voćna aroma, koju daju razni hlapljivi spojevi poput aldehida, pirazina i 1, 3-butandiola, a od kiselina dominira limunska. Za fini okus zaslužni su reducirajući šećeri i slobodne aminokiseline koje se nakupljaju u zrnu tijekom fermentacije. Ti spojevi migriraju iz pulpe u samo zrno gdje se zadržavaju i nakon sušenja, dajući karakterističnu aromu kakau (12).

Kultivar Forastero najrasprostranjenija je sorta s nekoliko podvrsta te je znatno otpornija od Criolla. Iako se koristi za proizvodnju 80% čokolade, daje manje fina i aromatična zrna u odnosu na Criollo. Karakterizira ju kiselija pulpa, gdje je najzastupljenija mliječna kiselina te manji udio kofeina i veći udio teobromina od Criolla (4, 12).

Hibrid Criolla i Forastera koji se koristi za proizvodnju 10-15% čokolade nazvan Trinitario aromatičniji je i finiji od Forastea, ali ne i od Criolla. Ima veći udio flavonoidnih spojeva što mu daje jača antioksidativna svojstva, no time i gorči okus (4).



Slika 2. Stablo *Theobroma cacao* s plodovima (web 2)



Slika 3. Unutrašnjost ploda (web 3)

### 2.3. BIOLOŠKI SASTAV

Vrsta *T. cacao* pripada skupini „super hrane“ radi visoke hranjivosti i bogatstva spojeva dokazanih zdravstvenih prednosti, raznim ugljikohidratima, proteinima, mastima, vlaknima i mineralima (1).

Biološki aktivne tvari koje nalazimo u kakaovcu imaju potencijalnu zdravstvenu uporabu te se danas sve više istraživanja vrši na ovoj biljci u tu svrhu. Bogata je raznim antioksidansima poput polifenola i flavonoida, a glavne komponente ekstrakta kakaovca su antocijanini, leukocijanidi, epikatehin i katehin (3). Zahvaljujući njima ove biljke imaju široki raspon farmakoloških učinaka, od kojih su najznačajnija antivirusna, antibakterijska, antialergijska, antitrombocitna i protuupalna svojstva. Visoka razina flavonoida koji su ujedno i odgovorni za gorčinu kakaa glavni su dio u karakterističnom okusu čokolade i samog zdravstvenog djelovanja kakaovca (5). Njihova kemijska struktura (slika 5) je odgovorna za njihovu antioksidativnu aktivnost, jer hvataju slobodne radikale i metale (3). Jedan od najznačajnijih polifenola u kakaovcu je katehin (slika 5), koji zajedno s taninima, uslijed strukturnih promjena, daje karakterističnu boju kakau. Također je primijećeno kako zrno kakaovca sadrži dva cijanidna glikozida kao i najmanje tri spoja leukocijanida koji ujedno čine i 60% ukupnih polifenola u svježem zrnu (3). Sadrži 3% mineralnih elemenata (tablica 1.) od kojih su najzastupljeniji kalij, magnezij i fosfor, 5% aminokiselina (tablica 2) te 1% čine vlakna bjelančevine i masti (1) (slika 4).

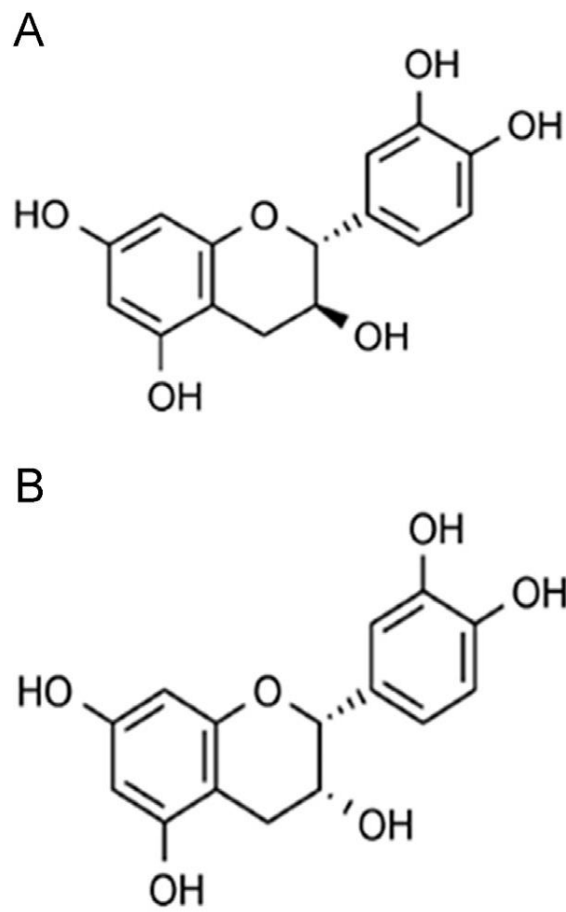
Tablica 1. Nutritivni sastav 1 g zrna kakaovca – mineralni elementi

Nutritivni sastav 1 g zna kakaovca	
Mineralni element	količina (mg)
Bakar	0,04
Željezo	0,14
Mangan	0,04
Magnezij	4,99
Fosfor	7,34
Cink	0,07
Kalij	15,24

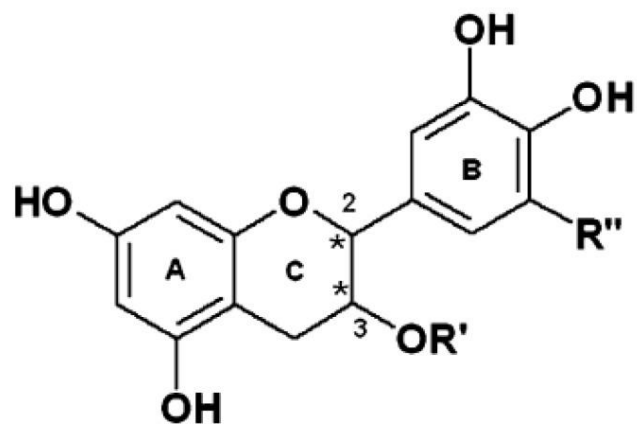
Kalcij	1,28
Selen	0,00014

Tablica 2. Nutritivni sastav 1 g zrna kakaovca – aminokiseline

Nutritivni sastav 1 g zrna kakaovca	
Aminokiseline	Količina (mg)
Valin	11,77
Izoleucin	7,6
Triptofan	2,93
Treonin	7,76
Leucin	11,9
Lizin	9,83
Histidin	3,4



Slika 4. Kemijska formula katehina (A) i epikatehina (B) (web 4)



Slika 5. Osnovna struktura flavonoida (3)

### 2.3.1. POLIFENOLI

Polifenoli i njihovi spojevi čine jedan od najbrojnijih i najrasprostranjenijim spojeva u biljnom svijetu s više od 800 različitih, trenutno poznatih, struktura. Polifenoli su spojevi koji pripadaju sekundarnim biljnim metabolitima. Nastali su sekundarnim reakcijama iz primarnih biljnih metabolita - aminokiselina, proteina i lipida. Nalazimo ih u voću, povrću i orašastim plodovima. U posljednje vrijeme okupiraju sve veću pažnju radi svojih zdravstvenih učinaka. Pokazuju antikancerogena, antiteratogena, antimikrobna svojstva, pomažu u liječenju čira na želucu te služe kao antialergijsko, imunomodulirajuće sredstvo (1). Ukupna količina topivih polifenola u osušenom zrnu kakaovca je 15 do 20% te se mogu razlikovati tri skupine polifenola: katehini ili flavan-3-oli (37%), antocijani (4%) i proantocijanidini (58%) (6). Polifenoli u kakaovcu aktiviraju sintezu endotelnog dušikovog monoksida (NO) koja uzrokuje vazodilataciju, a time i kardioprotektivne učinke. Također dovode do rasta crijevne mikroflore koja pomaže u aktivaciji protuupalnih procesa u tijelu (1). Kako bi se procijenio zdravstveno zaštitni potencijal polifenola prisutnih u čokoladi potreban je integrirani pristup jer su njihovi zaštitni potencijali složeni problemi (3).

### 2.3.2. FENILPROPANOIDI

Fenilpropanoidi nastaju deaminacijom L-fenilalanina, a pridaje im se sve veća pažnja zbog svojih medicinskih svojstava kao jakih antioksidansa. Rod *Theobroma* ima dvije glavne klase fenilpropanoida. Prvi je cimetna kiselina čija su dva uobičajena derivata *p*-kumarinska kiselina i kafeinska kiselina, te dva derivata izolirana iz *T.cacaoa*, kumaroilkininska kiselina i klorogenska kiselina (1).

### 2.3.3. FLAVONOIDI

Flavonoidi su važna skupina polifenolne strukture koji daju karakterističnu boju i aromu cvijeća, ali također imaju svoju ulogu u oprašivanju i širenju sjemena. Flavonoidi ove porodice uključuju flavone, flavonole i njihove derivate. Jednostavni flavonoidi poput katehina i epikatehina zastupljeni su u *T. cocoa*. Kakao ima najveću zabilježenu količina fenola i



flavonoida u usporedbi s crnim čajem (124 mg GAE i 34 mg ECE), zelenim čajem (165 mg GAE i 47 mg ECE) i crnim vinom (340 mg GAE i 163 mg ECE). Obavljeno je nekoliko antioksidativnih testova na ovim namirnicama te je kakaovac pokazao najjači antioksidativni učinak (1). Flavonoidi su građeni od dva prstena povezana mostom od tri ugljikova atoma (6).

#### 2.3.4. ALKALOIDI

Alkaloidi, kao i polifenoli, pripadaju sekundarnim metabolitima. To su organski spojevi s dušikom, a njihova primarna uloga je obrana od biljojeda i patogenih organizama. U velikoj dozi su otrovi i mogu biti smrtonosni, no u manjoj dozi djeluju kao sedativi i stimulatori živčanog sustava. U kakaovcu, od alkaloida, najčešće nalazimo kofein, teobromin i teokrin u sjemenkama i lišću (1). Primarni alkaloid u kakaovcu je teobromin. Djeluje stimulativno na središnji živčani sustav te, zajedno s kofeinom, poboljšava raspoloženje. Ima blagi diuretski učinak i pomaže u eliminaciji viška tekućine iz organizma (3).

## 2.4. UTJECAJ NA ZDRAVLE

Zadnjih nekoliko godina primijećen je značaj antioksidansa u preventivnoj medicini. Oksidativni stres uzima se za krivca raznih kardiovaskularnih bolesti, cerebrovaskularnih bolesti, nekih oblika raka te raznih drugih poremećaja kao što su dijabetes i reumatorne bolesti. Sve veći razlog ovih bolesti pripisuje se zapadnjačkom načinu života gdje nalazimo mnogo rafinirane hrane, šećera i zasićenih masnih kiselina. Zbog brojnih nuspojava korištenja sintetičkih lijekova, javlja se sve veći interes za prirodnim spojevima koji su se dugo vremena smatrali ne-nutritivnim, no pokazalo se upravo suprotno. Najveći broj ovakvih tvari pripada sekundarnim biljnim metabolitima koji služe za obranu od mikroorganizama. Takvi spojevi mogu spriječiti mnoga stanja, od raka do zubnog karijesa, a mogu se koristiti kao dodatci prehrani, biti uključeni u proizvodnju hrane ili jednostavno već postojati u sastavu određenih namirnica (6).

Proteklih desetljeća vrše se sve češća istraživanja na kakaovcu i njegovim proizvodima, s velikim naglaskom na degenerativne bolesti, te pozitivan učinak na krvni tlak, vaskularne bolesti, bolju funkciju trombocita i inzulinsku rezistenciju. Za njegov učinak mogle bi biti najodgovornija količina flavonoidnih jedinica poput katehina i epikatehina, te polifenoli (8). Većina ranijih studija utjecaja kakaovca izvršena je na ljudima što se pokazalo dobro, jer svi polifenoli imaju jaki antioksidativni učinak *in vitro* dok *in vivo* nužno ne pokazuju takvo djelovanje. Zato je jako važno naglasiti sinergijsko djelovanje komponenti ove biljke, budući da sadrži veliku mješavinu biološki aktivnih komponenti. Većina studija ispitala je utjecaj flavonoida u kakaovcu na ljudsko zdravlje, no ne smiju se zanemariti drugi spojevi koje u njemu nalazimo: metilksantini, od kojih su najznačajniji teobromin i kofein. (3)

### 2.4.1. UTJECAJ ALKALOIDA

Različitim istraživanjima uočeno je kako metilksantini imaju i pozitivno i negativno djelovanje na ljudsko zdravlje. Jedan od primjera je kofein koji negativno utječe na reproduktivni sustav, ali povećava neto unos glukoze u jetru povećanjem proizvodnje glukoza-6-fosfata (3).

Teobromin je psihoaktivna tvar koja nema diuretički učinak, a iako se smatra prooksidativnom tvari, u fiziološkim uvjetima je pokazala antioksidativna svojstva i zaštitnu sposobnost (3). Koristi se za opuštanje glatkih mišića, vazodilataciju i kao stimulans miokrada. Novija

istraživanja provedena na štakorima su pokazala kako bi teobromin mogao ubrzati razvoj kostura kod štakora. Dok kod ljudi pokazuje sposobnost poticanja rasta kostiju stimulirajući osteogene sposobnosti čovjekovih mezenhimskih matičnih stanica. Također je pokazao neuroprotektivna svojstva sprječavajući oštećenja neurona, poboljšanje motoričkog pamćenja i kognitivne regulatorne funkcije. Dao je rezultate u poboljšanju pamćenja u hipokampusu i bolju aktivnost njegovih neurona, štiteći ih od oštećenja. Zbog male količine nuspojava i štete na ljudsko zdravlje, u prikladnim dozama, teobromin i njegovi derivati imaju potencijal kao djelotvorna sredstva na zdravlje i funkciju mozga, a time i većih primjena u području medicine. No još se vode debate oko zdravstvenog učinka ovih tvari zbog kontradiktornih rezultata raznih istraživanja (1).

#### 2.4.2. SUPLEMENTI I EKSTRAKTI KAKAOVCA

Suplementi kaka (slika 7) pokazali su se kao obećavajući dodatci prehrani s pozitivnim zdravstvenim svojstvima, međutim, postoje i studije koje nisu potkrijepile te rezultate. Prema studiji Surekha Mathur i sur. suplementacija kakaom kroz period od četiri tjedna pokazala je značajno poboljšanje funkcije trombocita, no u plazmi se nije mogla pratiti korelacija unosa kakaovca i antioksidativnog potencijala. Slični rezultati dobiveni su i prilikom ispitivanja smanjenja oksidacije LDL-a i povećanja HDL-a kod ispitanika koji su uzimali suplemente kaka (9). Ove studije pokazale su kako primjena kaka nije pokazala svoja antioksidativna svojstva u plazmi ispitanika, iako se zdravstveno stanje ispitanika poboljšalo, to bi se moglo pripisati njihovim dobrim prethodnim zdravstvenim stanjem (3). U drugoj studiji, male količine tamne čokolade, s 30 mg polifenola, pokazale su se djelotvorne kod osoba koje su je konzumirale u periodu od 18 tjedna, a prethodno su bolovale od prehipertenzije. Došlo je do smanjenja sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka (10). Polifenoli aktiviraju endotelnu sintezu dušikovog oksida (NO) potičući tako vazodilataciju i sniženje krvnog tlaka (7). No jedna je studija pokazala povećani rizik od kardiovaskularnih bolesti kod žena u menopauzi koje su konzumirale tamnu čokoladu. Dok je jedna od velikih japanskih studija pokazala povezanost između smanjenja rizika od moždanog udara kod žena, ali ne i kod muškaraca prilikom konzumacije čokolade (7).

Studije su također pokazale kako ekstrakt kaka ima i antikancerogena svojstva u *in vivo* uvjetima. Istraživanja su provedena na štakorima, a pokazalo se kako ekstrakt kakaovca

smanjuje aktivnost tumorskih markera tijekom hepatokarcinogeneze, te se produžuje životni vijek životinjama s tumorom, kao i kognitivne funkcije starijih jedinki (11).

Trideset postotni (30%-tni) vodeni ekstrakt *T. cacao* bio je vrlo učinkovit protiv velikog broja izoliranih gram-negativnih i gram-pozitivnih bakterija (*Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella typhimurium*, *S. typhi*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprofiti* i *Streptococcus pyogenes*), s učinkovitijim ponašanjem od komercijalno dostupnog antibiotika ciprofloksacina, uz dobru inhibicija adherenta i stvaranja biofilma (1).



Slika 6. Dodatci prehrani od kaka (web 5)

### 2.4.3. PSIHOLOŠKI UTJECAJ

Društveni i psihološki život mogu utjecati na odabir izbora prehrane. Tako se konzumacija čokolade može povezati s oblikom depresije nazvanim histeroidna disforija. Karakterizira je osjećaj neadekvatnosti i odbačenosti što često rezultira napadajima bulimije za slasticama pogotovo čokoladom. Prava ovisnost o čokoladi može sličiti alkoholizmu i ovisnosti o nikotinu. Pogađa 40% žena i 15% muškaraca u zapadnim zemljama. Glavni razlog ove ovisnosti je lučenje serotonina uzrokovano čokoladom, tj. njenom ulogom u središnjim putevima

serotonina. Konzumacija ugljikohidrata povećava razliku između triptofana i neutralnih aminokiselina u plazmi. Time se transportira triptofan kroz moždano krvnu barijeru uz povećanje cerebralne sinteze serotonina, što daje osjećaj energičnosti i zadovoljstva (7).

#### 2.4.4. UČINAK NA KRVNI TLAK I KARIOVASKULARNI SUSTAV

Mala sniženja krvnog tlaka mogu uvelike utjecati na zdravlje krvožilnog sustava, a kakao se pokazao kao jako djelotvoran u tome. Smanjenje sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka s 4,7 mmHg na 2,8 mmHg uočeno je nakon uzimanja kakaa isto kao i dilatacija krvnih žila. Konzumacija kakaa povezana je s korisnim učincima na endotelnu disfunkciju, krvni tlak i inzulinsku rezistenciju. Pokazalo se da kakao i čokolade uzrokuju 37% manji rizik od kardiovaskularnih bolesti i 29% manji rizik od moždanog udara. Također se pokazalo da konzumacija kakaa smanjuje rizik od bolesti koronarnih arterija i zatajenja srca. Preporučena doza je 45 g/tjedno, dok je veća doza izazvala štetne učinke radi velike količine šećera (13).

Kakaovac je također bogat mikronutrijentima poput bakra, fosfora, željeza, cinka i magnezija koji su nužni za normalno funkcioniranje ljudskog organizma (7). Čimbenici koji utječu na kvalitetu i količinu tijekom proizvodnje od velike su važnosti za postizanje najboljih zdravstvenih učinaka, jer značajno mogu smanjiti sadržaj polifenola. Nedavno je dokazano da čokolada zajedno s čajem i vinom ima veći postotak polifenola od ijedne druge namirnice. Većina studija pokazala je pozitivan odnos između flavonoida u čokoladi i kakau na kardiovaskularni sustav. No valja naglasiti kako su učinci istraživanja bili kratkotrajni (3).

#### 2.5. PROCES I PROIZVODNJA ČOKOLADE

Počevši od zrna kakaovca prehrambena industrija proizvodi, nizom procesa transformacije, različite vrste čokolade (slika 7). Tamna čokolada (slika 8) sadrži najveći postotak krute tvari zrna kakaovca i do 80% ukupne težine. Većina pozitivnih zdravstvenih učinaka povezana je upravo s konzumacijom ove vrste čokolade. Karakterizira je postojana aroma kakaa, koja se topi u ustima ostavljajući ugodan, gorki okus, a kvaliteta čokolade ovisi o postotku kakaovca. Druga vrsta čokolade, koja je ujedno i najpopularnija, je mliječna čokolada. Kod nje nalazimo

postotak kakaa manji nego u tamnoj čokoladi, no još uvijek veći od 20-25%, zajedno s kakao maslacem, šećerom, mlijekom i lecitinom. S druge strane bijela čokolada uopće ne sadrži krute tvari kakaa i kod nje nalazimo šećer, mlijeko i kakao maslac (7). Zrno kakaovca, kako je i prije spomenuto, ima jedan od najvećih sadržaja polifenola od ijedne druge namirnice. Međutim upravo njihova gorčina čini neprerađena zrna kakaovca poprilično nekusnima. Proizvođači su stoga našli načine kako preraditi ovu namirnicu za uklanjanje gorčine i dobivanje što boljeg okusa, no posljedica je smanjenje sadržaja polifenola i do 10 puta, te dodavanje drugih tvari kako bi se popravio okus (šećeri, emulgatori...) (4).

Ključni korak u preradi kakaovca su fermentacija i sušenje zrna. Stijenke pigmentnih stanica se razgrađuju i njihove komponente stupaju u reakciju s drugim komponentama unutar zrna. Dobro fermentirana zrna poprimaju ljubičaste i smeđe boje za koje su odgovorni tanini. Oni nastaju difundiranjem epikatehina iz svojih skladišnih stanica čime dolazi do njegove oksidacije i nastanka ovih spojeva karakteristične boje (4).



Slika 7. Plod kakaovca, svježe i osušeno zrno i čokolada (web 6)



Slika 8. Tamna čokolada (web 7)

### 2.5.1. FERMENTACIJA I SUŠENJE

Kako bi se razvile prikladne arome, zrna kakaovca treba prikladno sušiti i fermentirati. Nakon odvajanja kore od pulpe zrna se fermentiraju u posebnim spremnicima 5-6 dana. Tijekom prvog dana prijanjajuća bijela pulpa postaje tekuća i otječe. Nakon 24-48 h, u anaerobnim uvjetima, mikroorganizmi proizvode octenu kiselinu i etanol inhibirajući tako enzime i samo klijanje sjemena. Nakon 3 dana masa zrna postaje ravnomjerno zagrijana na 45-50 °C i tako se ostavlja do kraja uz povremeno miješanje. Nakon završenog procesa fermentacije zrna se stavljaju na sušenje u plitku posudu, a u nekim zemljama pogodno je sušenje na suncu. Proces fermentacije i sušenja završava kada je postotak vlage 5-7 %, sve iznad 8% najvjerojatnije će razviti plijesan i smatrat će se neadekvatnim.

Tijekom fermentacije polifenoli se povežu sa staničnom tekućinom i oksidiraju u kondenzirane tanine, što pokazuje veliko smanjenje epikatehina drugog i trećeg dana fermentacije. Sadržaj epikatehina i topivih polifenola se prilikom fermentacije reducira za 10-20%. Istraživanja su pokazala da sušenjem nefermentiranog zrna kakaovca gubimo čak 50% polifenola, što je gotovo 5 puta više gubitka u odnosu na sušenje fermentiranog zrna (6).



Tijekom fermentacije antocijanini hidroliziraju u antocijanide polimerizirajući se s katehinom dajući složene tanine. Antocijani gotovo nestaju (93%) tijekom prvih nekoliko dana fermentacije što ih čini dobrim indeksom za određivanje stupnja fermentacije. Postoji negativna korelacija između sadržaj procijanidina sa stupnjem fermentacije i promjena boje od bijele preko ljubičaste do smeđih zrna (6).

## 2.5.2. PROIZVODNJA ČOKOLADE

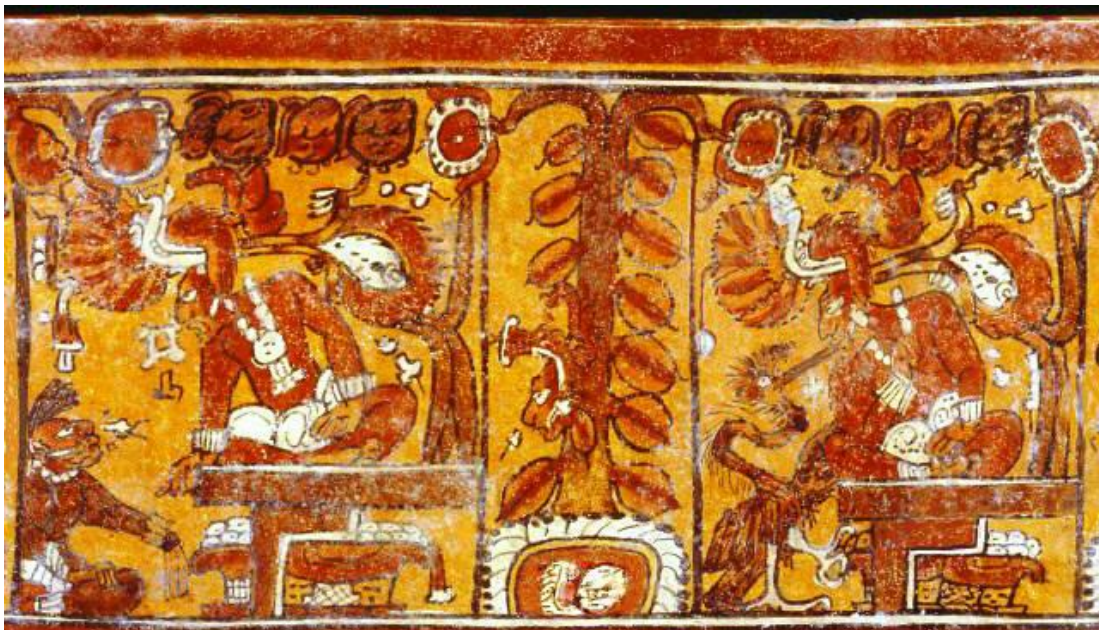
Prvi korak u postupku je čišćenje zrna uz pomoć specijaliziranog stroja koji uklanja vlakna, kamenje, pijesak, grozdove i nezrela zrna. Tako pročišćena smjesa ide dalje na pečenje koje je bitan korak obrade kakaovog zrna. Pečenjem se postiže jača aroma i prepoznatljiv okus čokolade. Pomaže lakšem odvajanju ljuske od zrna za daljnju obradu, no za tu svrhu moguće je koristiti i toplinski šok zrna koji se vrši vrućim zrakom, parom ili infracrvenim zračenjem. Stupanj prženja može varirati ovisno o vremenu prženja koje traje od 5-120 min te o temperaturi koja varira od 120-150 °C. uobičajeno je prženje na nižim temperaturama za mliječnu čokoladu i neke vrste tamne čokolade. Idući korak uključuje brušenje vrha. Obično se odvija u dvije faze gdje kod prve imamo pretvorbu čvrstog vrha u tekuću pastu, a potom mljevenje kako bi dobili željenu veličinu praha kakaovca. Tekuća pasta nastaje kao mješavina kakao „likera“ i kakao maslaca. Postoji još jedna vrsta obrada kakaovca koja uključuje upravo odvajanje ove dvije komponente hidrauličkom prešom. Druga faza je alkalizacija zrna, likera ili praha s otopinom i suspenzijom lužine koja dovodi do promjene boje.

Osnovni sastojci za proizvodnju čokolade su komadići kaka, kakao liker i maslac, šećer, razni zaslađivači, ulje mlijeko u prahu i emulzije. Njihovim miješanjem dobiva se gruba plastična masa koja se potom još jednom prokuhava kako bi se dobila glatka pasta. No posljednji proces u proizvodnji čokolade je končiranje. Njime se postiže konačni okus i tekstura. Prvo se uklanja vlaga, a zatim dodaje lecitin koji homogenizira smjesu. Ovisno o vrsti čokolade ostavlja se 10-24 h na temperaturi od 50-80 °C, nakon čega se izlijeva u kalupe te periodično hladi i zagrijava na 30 °C za dobru kristalizaciju. Svi ovi procesi uzrokuju razne promjene u polifenolima no znanje o tim promjenama je još ograničeno i slabo istraženo (6).



## 2.6. POVIJEST

Riječ „kakao“ izvedena je iz Olmeckog i kasnijih majanskih jezika – „kakaw“, dok pojam povezan s čokoladom potječe od starog aztečkog jezika nahuatl i glasi „cacahuatl“. Ova biljka ima dugu povijest raznolike uporabe od samih početaka ljudske civilizacije. Vrsta *Theobroma cacao* prvi put je kultivirana prije 7500 god u Amazoni i srednjoj Americi, a Maje su bile prve koji su uzgajali kakaovac (slika 10). Prvi zabilježeni ostatci nađeni su u Latinskoj Americi u maloj dolini Ulua u Hondurasu gdje nalazimo ostatke tanjurića i čaša iz vremena 2000 godina prije Krista, tu je kakaovac imao baznu ulogu. Kasnije u razdoblju od 200. do 900. godine naše ere, kakao je imao središnje mjesto u religiji i poljoprivredi starih Majanskih naroda. Koristio se kao dar visoko pozicioniranim preminulima, na njihovim pogrebnim ceremonijama, te kao valuta (3). 1737. godine Carl Linne daje ovoj biljci ime *Theobroma cacao*, u kojem nalazimo i njegovu mitsku podlogu jer u prijevodu znaci hrana bogova-Theobroma i xocolatl (xococ-gorko, atl-voda) (7). Kakaovac se koristio i za liječenje te u medicinske svrhe, gdje je, prateći meksičke (aztečke) izvore, zabilježeno preko 150 upotreba kakaovca u liječenju. U Europu je donesen početkom 16. stoljeća kada se s njim po prvi put susreo C. Columbus, a sve do sredine 17. stoljeća koristio se isključivo kao lijek. Utvrđeno je da blagotvorno djeluje na slezenu i probavni sustav te se koristio za liječenje svih vrsta probavnih tegoba, kašlja, prehlade, pa čak i kao antidepresiv (3, 14).



Slika 9. Prikaz uporabe kakaovca na posudi starih Maja (web 8)

### 3. ZAKLJUČAK

*Teobromia cacao* L. je tropska biljka s bogatim asortimanom spojeva koji u novije vrijeme zadobivaju sve veću pažnju radi svojih blagotvornih djelovanja na ljudsko zdravlje. Raste u toplim i suhim područjima te daje plodove kakaa, koji se koriste u prehrani te kemijskoj i farmaceutskoj industriji. Antioksidativno djelovanje kakaa jedno je od njegovih najvećih dobro dokumentiranih i značajnih atributa. Kakao je bogat raznim bioaktivnim spojevima, posebice polifenolima i flavonoidima, koji doprinose njegovom snažnom antioksidativnom te antikancerogenom djelovanju. Visoka razina flavonoida, koji su ujedno i odgovorni za gorčinu kakaa, glavni su dio u karakterističnom okusu čokolade, ali i njegovim zdravstvenim benefitima. Polifenoli kao jaki antioksidansi, igraju vitalnu ulogu u tijelu neutralizirajući štetne slobodne radikale te pridonose normalnoj funkciji kardiovaskularnog sustava. Ekstrakt kakaovca pokazao se djelotvoran u regulaciji krvnog tiska i antikancerogenim svojstvima smanjenjem tumorskih markera kod istraživanja na štakorima. Najčešći i najpoznatiji doticaj s ovom biljkom imamo u čokoladi. Nizom procesa, fermentacije i sušenja zrna kakaa dobivamo karakterističnu namirnicu - čokoladu. Prilikom obrade i proizvodnje dolazi do znatnog smanjenja sadržaja polifenola i flavonoida, što utječe na njegova antioksidativna svojstva i zdravstvene benefite. Kakao se danas pretežito koristi kao slastica no i drugi njegovi proizvodi, s nizom zdravstvenih benefita, počinju dolaziti u centar pozornosti.

#### 4. LITERATURA:

1. J. M. Mar, E. Queiroz da Fonseca Júnior, R. Corrêa, P. H. Campelo, E. A. Sanches, J. de Araújo Bezerra (2024.) *Theobroma* spp.: A review of its chemical and innovation potential for the food industry. *Food Chemistry Advances*. Vol.4. doi: 10.1016/j.focha.2024.100683.
2. J. Vásquez-García, J. C. Santos-Pelaez, R. Malqui-Ramos, C. N. Vigo, W. Alvarado, L. G. Bobadilla (2022.) Agromorphological characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) accessions from the germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation, Peru. *Heliyon*. 8(10). doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10888.
3. Jalil A. M., Ismail A. (2008.) Polyphenols in cocoa and cocoa products: is there a link between antioxidant properties and health? *Molecules*. 13(9): 2190–2219. doi: 10.3390/molecules13092190.
4. M. Rusconi (2010.) *Theobroma cacao* L., the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological research*, 61(1):5-13. doi: 10.1016/j.phrs.2009.08.008.
5. M. Cerri, L. Reale, C. Zadra (2019.) Metabolite Storage in *Theobroma cacao* L. Seed: Cytological and Phytochemical Analyses. *Plant science*. 10:1599. doi: 10.3389/fpls.2019.01599.
6. J. Wollgast, E. Anklam (2000.) Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research Internacional*. 33:423-447. doi: 10.1016/S0963-9969(00)00068-5.
7. M. T. Montagna, G. Diella, F. Triggiano, G. R. Caponio, O. De Giglio, G. Caggiano, A. Di Ciaula, P. Portincasa (2019.) Chocolate, “Food of the Gods”: History, Science, and Human Health. *Int J Environ Res Public Health*. 16(24):4960. doi: 10.3390/ijerph16244960
8. Francisco A Tomas-Barberan (2007.) A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *J Agric Food Chem*. 55(10):3926-35. doi: 10.1021/jf070121j.
9. S. Mathur, S. Devaraj, S.M. Grundy, I. Jialal (2002.) Cocoa products decrease low density lipoprotein oxidative susceptibility but do not affect biomarkers of inflammation in humans. *J Nutr*. 132(12):3663-7. doi: 10.1093/jn/132.12.3663.

10. D.Taubert, R. Roesen, C. Lehmann, N.Jung, E. Schömig (2007.) Effects of low habitual cocoa intake on blood pressure and bioactive nitric oxide. *JAMA*. 298(1):49-60. doi: 10.1001/jama.298.1.49.
11. J. F. Bisson, M.A. Guardia-Llorens, S. Hidalgo, P. Rozan, M. Messaoudi (2008.) Protective effect of Acticoa powder, a cocoa polyphenolic extract, on prostate carcinogenesis in Wistar-Unilever rats. *Eur J Cancer Prev*. 17(1):54-61. doi: 10.1097/CEJ.0b013e3280145b33.
12. D. Velásquez-Reyes, J. Rodríguez-Campos, C. Avendaño-Arrazate, A. Gschaedler, M. Alcázar-Valle<sup>1</sup>, E. Lugo-Cervantes (2023.) *Forastero* and *Criollo* cocoa beans, differences on the profile of volatile and non-volatile compounds in the process from fermentation to liquo., *Heliyon*. 9(4):e15129. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15129.
13. M. A. Martin , S. Ramos (2021.) Impact of cocoa flavanols on human health. *Food and chemical Toxicology*. 151:112121. doi: 10.1016/j.fct.2021.112121.
14. T L Dillinger, P. Barriga, S. Escárcega, M. Jimenez, D. Salazar Lowe, L.E. Grivetti (2000). Food of the gods: cure for humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. 130(8S Suppl):2057S-72S. doi: 10.1093/jn/130.8.2057S.

#### WEB STRANICE:

1. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.prints-online.com%2Fnew-images-august-2021%2Fcacao-cocoa-tree-theobroma-cacao-23152466.html&psig=AOvVaw1fWhub9grzjTH4B6Z3BHDX&ust=1721625808274000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKixjtq\\_t4cDFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.prints-online.com%2Fnew-images-august-2021%2Fcacao-cocoa-tree-theobroma-cacao-23152466.html&psig=AOvVaw1fWhub9grzjTH4B6Z3BHDX&ust=1721625808274000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKixjtq_t4cDFQAAAAAdAAAAABAE); Datum pristupa: 06.08.2024.
2. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.istockphoto.com%2Fphoto%2Fcacao-tree-with-fruit-for-chocolate-agriculture-gm475095911-35537338&psig=AOvVaw2yXI-l0v5SD0V\\_OGr7ZoAF&ust=1726485566625000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCIiyhdP3xIgDFQAAAAAdAAAAABAV](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.istockphoto.com%2Fphoto%2Fcacao-tree-with-fruit-for-chocolate-agriculture-gm475095911-35537338&psig=AOvVaw2yXI-l0v5SD0V_OGr7ZoAF&ust=1726485566625000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCIiyhdP3xIgDFQAAAAAdAAAAABAV); Datum pristupa: 06.08.2024.
3. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.foto-grafo.de%2FCocoa%2Fcocoa\\_2.html&psig=AOvVaw2mXydzP5s3duBvCdlszOLM&ust=1721626439769000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKDUIYHCt4cDFQAAAAAdAAAAABAR](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.foto-grafo.de%2FCocoa%2Fcocoa_2.html&psig=AOvVaw2mXydzP5s3duBvCdlszOLM&ust=1721626439769000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKDUIYHCt4cDFQAAAAAdAAAAABAR); Datum pristupa: 06.08.2024.
4. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FChemical-structures-of-catechin-CAT-and-epicatechin-EPI-adapted-from-14\\_fig2\\_309383962&psig=AOvVaw14Wk2kv2BPvIRxPTuYcm5C&ust=1721626646053000&so](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FChemical-structures-of-catechin-CAT-and-epicatechin-EPI-adapted-from-14_fig2_309383962&psig=AOvVaw14Wk2kv2BPvIRxPTuYcm5C&ust=1721626646053000&so)

urce=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCPjA1ePCt4cDFQAAAAAdAAA  
AABAE; Datum pristupa: 06.08.2024.

5. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.marscocoascience.com%2Fwho-we-are%2Fcocoa-flavanol-products&psig=A0vVaw39laSbdooRVResETFqOQuR&ust=1721627684611000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCODAsdbGt4cDFQAAAAAdAAAAAABAE;>  
Datum pristupa: 10.08.2024.
6. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.walmart.com%2Fip%2FChocolate-Tree-Theobroma-cacao-6-Pot-Fruit-of-the-Gods%2F152890172&psig=A0vVaw1fWhub9grzjTH4B6Z3BHDX&ust=1721625808274000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKixjtq\\_t4cDFQAAAAAdAAAAABAJ;](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.walmart.com%2Fip%2FChocolate-Tree-Theobroma-cacao-6-Pot-Fruit-of-the-Gods%2F152890172&psig=A0vVaw1fWhub9grzjTH4B6Z3BHDX&ust=1721625808274000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKixjtq_t4cDFQAAAAAdAAAAABAJ;)  
Datum pristupa: 15.9.2024.
7. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.adiva.hr%2Fzdravlje%2Fzanimljivi-osti-i-savjeti%2Fkoliko-tamne-cokolade-treba-jesti-za-dulji-zivot%2F&psig=A0vVaw2yVyQ1-VQIqaUcw4brmC5B&ust=1721627070086000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNCZtK3Et4cDFQAAAAAdAAAAAABAE,](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.adiva.hr%2Fzdravlje%2Fzanimljivi-osti-i-savjeti%2Fkoliko-tamne-cokolade-treba-jesti-za-dulji-zivot%2F&psig=A0vVaw2yVyQ1-VQIqaUcw4brmC5B&ust=1721627070086000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNCZtK3Et4cDFQAAAAAdAAAAAABAE;)  
Datum pristupa: 15.9.2024.
8. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fchocolateclass.wordpress.com%2F2015%2F02%2F19%2Fhistory-of-chocolate-establishing-differences-between-mayans-and-aztecs%2F&psig=A0vVaw2YXQ-mH1v3QKgY2bUGwN3\\_&ust=1721627556384000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCOjWx5nGt4cDFQAAAAAdAAAAABAJ;](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fchocolateclass.wordpress.com%2F2015%2F02%2F19%2Fhistory-of-chocolate-establishing-differences-between-mayans-and-aztecs%2F&psig=A0vVaw2YXQ-mH1v3QKgY2bUGwN3_&ust=1721627556384000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCOjWx5nGt4cDFQAAAAAdAAAAABAJ;)  
Datum pristupa: 07.08.2024.
9. [https://en.wikipedia.org/wiki/Theobroma\\_cacao;](https://en.wikipedia.org/wiki/Theobroma_cacao)  
Datum pristupa: 01.08.2024.