Maketa vakuumske sušare

Ambrinac, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:218236

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Stručni studij

MAKETA VAKUUMSKE SUŠARE

Završni rad

Filip Ambrinac

Osijek, 2018. godina

SADRŽAJ:

1. UVOD ... 3
1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA ... 4
2. SUŠENJE VOĆA U VAKUUM SUŠARI ... 5
2.1. Oblik komore za sušenje ... 8
2.2. Upravljanje sušarom ... 9
3. REALIZACIJA ... 10
4. OSNOVNI DIJELOVI SUŠARE ... 12
4.1. Konstrukcijski okvir- stalak ... 12
4.2. Vakuum crpka – kompresor ... 13
4.3. Vakuum komora (staklenka) ... 14
4.4. Razvodna kutija i upravljačko relejna ploča ... 15
4.5. Grijači ... 16
4.6. Senzori ... 17
4.7. Sustav ispuštanja kondenzata ... 19
4.8. Električna shema sustava ... 20
5. UPRAVLJAČKI ALGORITAM ... 23
6. TESTIRANJE ... 25
6.1. Metodologija testiranja ... 25
6.2. Rezultati testiranja ... 25
6.3. Problemi ... 31
7. ZAKLJUČAK ... 32
8. LITERATURA ... 33
9. SAŽETAK: ... 34
10. SUMMARY: ... 35
11. ŽIVOTOPIS: ... 36
PRILOG 1 – PROGRAMSKI KOD PROJEKTA ... 37
PRILOG 2- RASPORED PINOVA NA RASPBERRY PI 3 ... 38
PRILOG 3- FUNKCIONALNA SHEMA SUSTAVA ... 38
PRILOG 4 – PROGRAMSKI KOD STRANICE ... 39

1. UVOD

U današnje doba razvijenih tehnologija i u svakodnevnom životu pa i u domaćinstvima primjenjuju se mnogi prehrambeni proizvodi koji su određenim tehnološkim procesima sačuvani izvan njihovog normalnog sezonskog upotrebljavanja.

Tako se i voće i povrće također mogu sačuvati s približno istim svojstvima kako kvalitete tako i okusa bilo da se radi o zamrzavanju ili o sušenju.

Zavisi od načina njihovog češćeg konzumiranja odlučujemo se i za način trajnijeg čuvanja. Tako se voće često čuva kao „osušeno voće“ koje se kao takvo može jednostavno i dugo sačuvati za upotrebu.

Jedan način brzog sušenja je u sušarama koje imaju različita tehnička rješenja kao npr. atmosferska sušara i vakuumska sušara.

Sušeno voće dobiveno iz ovakvih sušara je upotrebljivo kroz duže vrijeme i može se čuvati na približno sobnim temperaturama bez nekakvih posebnih mikroklimatskih i termičkih uvjeta, a da ne dođe do fermentiranja tj. njegovog propadanja.

Razlika navedene dvije sušare je u principu rada tj. u energetskim bilancama utrošene energije za sušenje od kojih je vakuumska sušara u prednosti te ćemo istu u obradi ovoga rada dalje i opisati.

1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Zadatak nam je projektirati, izraditi i evaluirati maketu vakuumske sušare za sušenje prehrambenih namirnica. Opisat ćemo pojedine dijelove sušare i objasniti njene režime rada.

2. SUŠENJE VOĆA U VAKUUM SUŠARI

Voće se može sušiti i u vakuumskim sušarama koje za razliku od ostalih imaju neke bitne prednosti ali i neke nedostatke koje ćemo nastojati u ovom radu opisati.

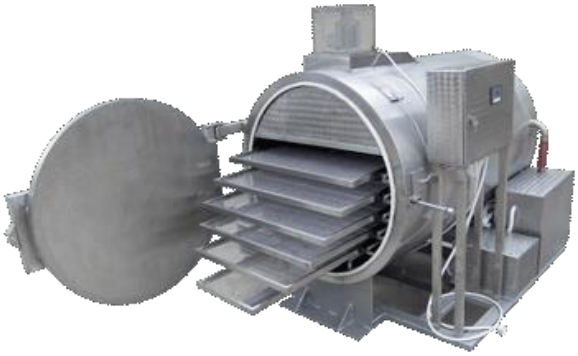
Mnoge vrste voća se suše u vakuumskim sušarama, a krajnji cilj je dehidracijom smanjiti truljenje voća uz zadržavanje koezgistentnosti materije. U zavisnosti o vrsti voća tj. o njegovoj strukturi i teksturi materije tj. rasporedu biljnih vlakana i količini vode u voću, odabire se i režim sušenja koji mora odgovarati navedenoj strukturi. Nikako se ne smije dozvoliti da se pri navedenom tehnološkom procesu struktura voća toliko promijeni da dođe do raspadanja (lomljenja, mrvljenja i pretvaranja u sitni prah), nego je smisao da voće zadrži željeni oblik i strukturu i ako je moguće da pri tome što manje mijenja boju.

Sam proces sušenja znači izvlačenja vode iz strukture materijala, a ovdje iz tkiva voća, što će isto učiniti daleko otpornijem na učinak mikroorganizma koji su uzrok truljenja i ostalog načina propadanja materijala, a time omogućiti njegovo daleko dulje čuvanje kao i manipuliranje s istim.

Da bi se iz voća izvuklo što više vezane vode koja je u voću u vrlo visokom postotku pa i preko 90% ukupnog sadržaja, voće moramo podvrgnuti sušenju tj. dehidraciji. Dehidraciju odnosno oduzimanje vode obavljamo pomoću sušara tako da u zatvorenim prostorima u kojem smo smjestili određenu količinu voća u određenom obliku sušimo dovođenjem višeg stupnja topline.

Istu toplinu možemo dovoditi u različite tipove komora i iz različitih energetskih izvora. Tako imamo sušare s atmosferskih tlakom, s povišenim tlakom i sa sniženim tlakom tj. vakuumske sušare.

Zna se da je vrelište vode na atmosferskom tlaku na 100°C, a na povišenom tlaku je iznad 100°C, a na sniženom tlaku je ispod 100°C. Da bi se neki medij zagrijao na određenu temperaturnu razinu moramo dovesti iz nekog izvora određenu količinu toplinske energije.



Slika 1. Primjer vakuum sušare

(izvor: http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html)



Slika 2. Primjer vakuum sušare

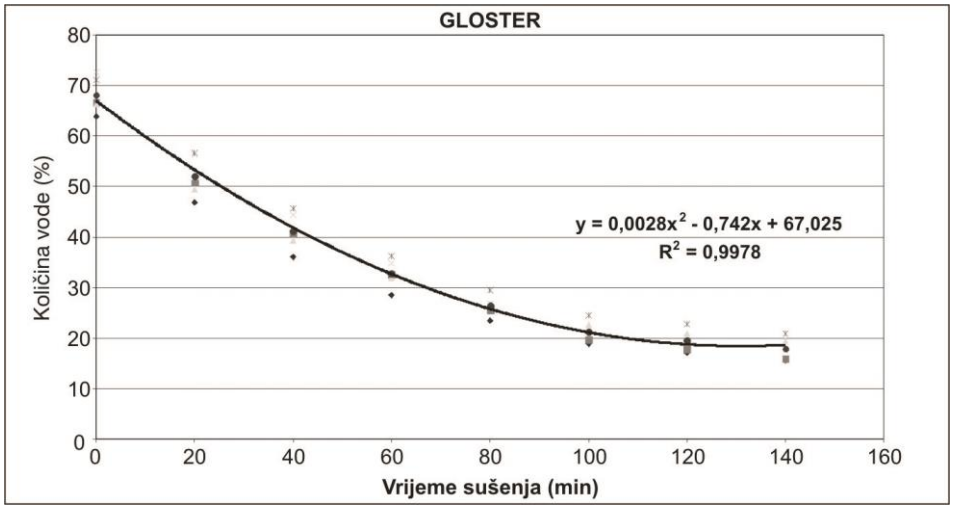
(izvor: http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html)

Zna se da je energija dosta skupa te se uvijek orijentiramo ka korištenju što jeftinije energije tako i tražimo što učinkovitiji način i tehnička rješenja kako bi se dobio optimalni učinak, tako se iz navedenih razloga korištenje vakuumske sušare voća i povrća čije će prednosti i konstrukcija pri sušenju voća biti opisana.

Sušenje voća u vakuum sušari prakticira se iz osnovna dva razloga: manji utrošak toplinske energije i kraće vrijeme sušenja.

S obzirom da se spuštanjem tlaka ispod atmosferskog na razinu od otprilike 150-300 mBar u hermetički zatvorenom sustavu vrelište vode se spušta na otprilike između 55 i 60°C. To ujedno znači da bi došlo do isparavanja molekularne vode iz molekula materijala tj. strukture voća. Dovoljno je voće zagrijati na temperaturu od 55 do 60°C kako bi voda isparila u prostor sušare.

Jasno je da se ista količina zraka i materijala tj. voća u istom prostoru na upola nižoj temperaturi dostigne i s upola manjom količinom toplinske energije.



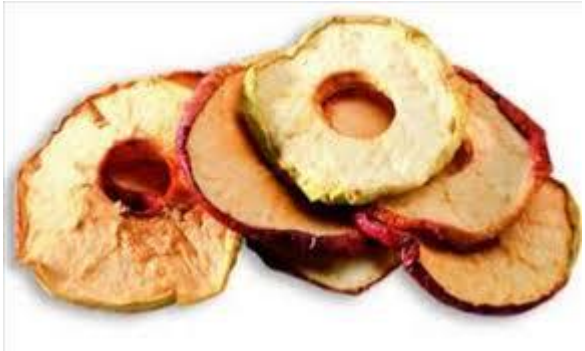
Slika 3. Krivulja sušenja Gloster jabuke

(izvor: Primjena nove tehnike sušenja za proizvdnju čipsa od jabuke (PDF)

Također vezane molekule vode u strukturi voća lakše i brže se oslobađaju na podtlaku nego na atmosferskom odnosno višem tlaku, pa samom tom pojavom također se pridonosi i bržem sušenju, tj.kraćem vremenu početka isparavanja vode.

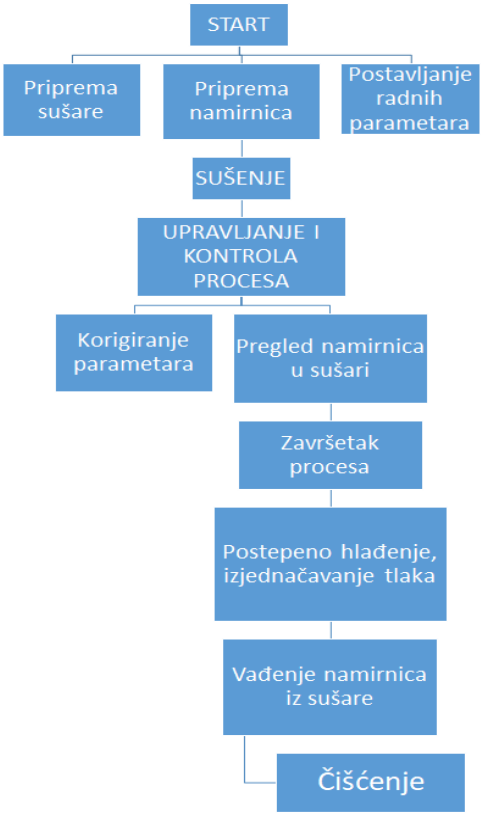
Isparena voda, tj. vodena para se kondenzira na stijenkama sušare te se prikuplja na najnižoj točki koja se posebnim sustavom za ispuštanje vode odstrani, kako se ne bi opet isparavanjem podizala vlaga u prostoru. Kada se postignu određeni zadani parametri u sušari, a to su temperatura, tlak i vlaga proces sušenja je završen te se voće koje je osušeno tj. dehidrirano do niskih postotaka vlage koji se kreću od nekoliko posto do dvadesetak posto koji osiguravaju dugotrajno čuvanje voća.

Takvo osušeno voće moguće je konzumirati kao takvo ili se ponovno može pristupiti procesu hidratizacije tj. ponovnog djelomičnog ovlaživanja računajući na hidrofilnost materijala voća kako bi se opet isto dovelo do približno onog stanja, tj. izgleda, okusa i konzistentnosti koje je imalo prije sušenja.



Slika 4. Primjer voća nakon sušenja

(Izvor: http://m.metro-portal.rtl.hr/susene-jabuke-za-zdravo-srce-i-dobru-krvnu-sliku/57709)



Slika 5. Blok dijagram procesa sušenja u vakuum sušari

(izvor: vlastita fotografija)

2.1. Oblik komore za sušenje

Navedena sušara izrađuje se najčešće kao komora cjevastog oblika kako bi se što manje smanjile pojave i djelovanje unutarnjih sila koje se stvaraju pojavljivanjem podtlaka koji na stijenke djeluje

implodirajuće tj. znatnom deformacijom stijenke komore. Kako bi se najjednostavnije navedene sile rasporedile po cijelom oplošju odabrani su kružni oblici stijenki.

U navedeni prostor koji mora biti hermetički zatvoren ugrađuju se potrebni elementi i uređaji kao što su: police za prihvat posuda ili neposredno na njih voća ili povrća, sustavi grijaća tj. dovođenja topline, sustavi prikupljanje i odvođenje kondenzata, sustav za stvaranje podtlaka, elementi za mjerenje podtlaka, mjerenje unutarnje vlage i mjerenje unutarnje temperature s navedenim uređajima upravlja se izvan vakuumske komore, a upravljanje može biti ručno ili automatizirano.



Slika 6. Prikaz pravokutnog oblika komore



Slika 7. Prikaz cjevastog oblika komore

(izvor: http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html)

2.2. Upravljanje sušarom

Ručno upravljanje vrši se pomoću sklopnika obaziruć se na instrumente koji kazuju na stvarne izmjerene veličine. Automatsko upravljanje vrši se mikrokontrolerima koji prema unaprijed zadanim parametrima, stalno ih provjeravajući upravljaju navedenim agregatima kako bi se isti parametri osigurali. Iz ovog kratkog prikaza konstrukcije vakuum sušare vidljiva je njena prednost koja se prioritetno odnosi na niži utrošak energije i kraće vrijeme sušenja ali se vide i njeni nedostatci, a to je zahtjevnost njene izgradnje i slabija mogućnost vizualne kontrole unutrašnjosti jer se ista komora u radu ne može često otvarati jer otvaranjem iste urušava se ukupan režim rada i sušenje se vraća dobrim dijelom unazad prema početku, što vrlo negativno utječe kako na energetsku bilancu tako i na vrijeme sušenja pa se time i anuliraju sve očekivane prednosti navedene sušare.

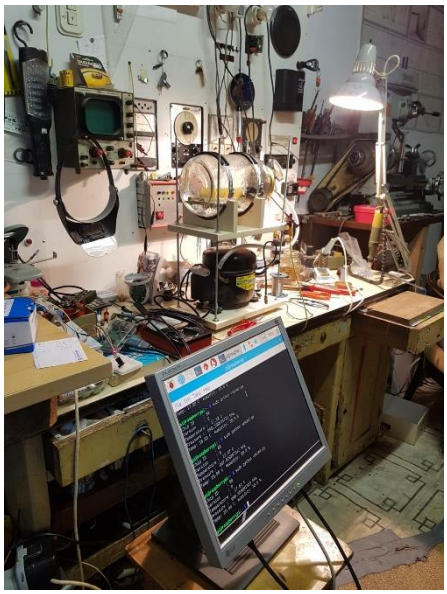
3. REALIZACIJA

Sušara koja se realizirala, realizirala se u staklenci koja ima funkciju komore za sušenje, a ista se vakuumira pomoću kompresora 240W/230V. U istu je ugrađen drveni stalak na koji je pričvršćen elektro grijač, a na gornju stranu iste poslažu se ploške sirovog voća kojeg će se sušiti. U navedenu komoru tj. staklenku također su ugrađeni senzori za mjerenje unutarnje vlage, temperature i tlaka koji su preko hermetički postavljenog poklopca vodičima spojeni na upravljačku ploču mikrokontrolera (Raspberry PI), koji ima zadatak da u zadanom vremenskom ciklusu uspoređuje prethodno zadane parametre koji su u memoriji s izmjerenim veličinama koje su u prostoru sušare.



Slika 8. Testiranje realizirane sušare

(izvor: vlastita fotografija)



Slika 9. Pračenje rada sušare

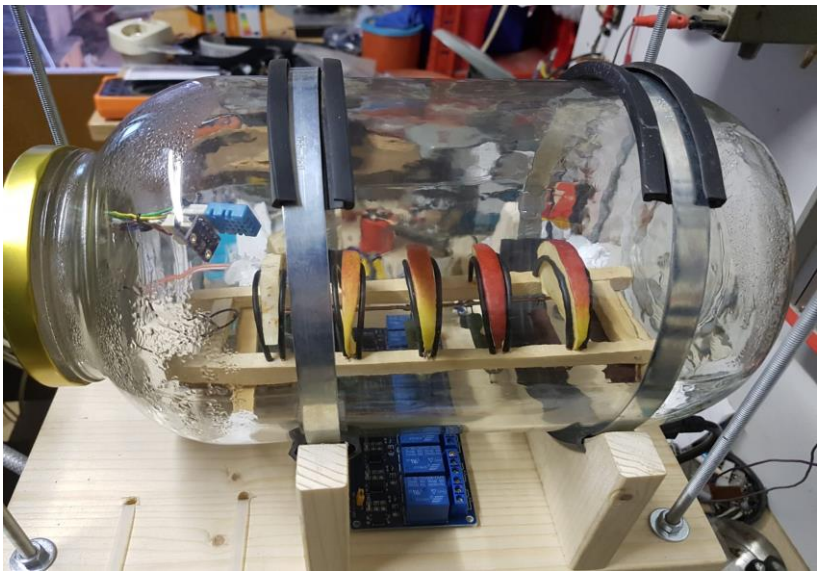
(izvor: vlastita fotografija)

Komparativnom metodom ustanovljene razlike prenose se u obliku električne veličine putem analogno digitalnih pretvornika na relejnu ploču koja upravlja kako s grijačem tako i s kompresorom, a moguće i s drugim uređajima kao što su elektro ventili za ispuštanje kondenzata, a ako je potrebno i povremenim uključivanjem vanjskih ventilatora za hlađenje vakuum komore izvana kako bi se bolje odvijao proces kondenzacije na stijenkama komore tj. sakupljanje vode za ispuštanje.

Navedeni proces upravljanja moguće je programirati i kontrolirati daljinski putem interneta priključenjem LAN sustava koji priključenjem na internet i određivanjem stalne IP adrese se s udaljenog mjesta priključujemo na mikrokontroler te iščitavamo kako trenutne tako i prethodno

spremljene izmjerene parametre koje također i s udaljene konzole možemo mijenjati. Takvi sustavi se upotrebljavaju u industrijskim postrojenjima koji služe u visoko profesionalne svrhe.

Ovdje je važno napomenuti da ispuštanjem kondenzata treba paziti da se bitno ne smanji podtlak jer isti treba opet dovesti brzo na željenu razinu kako bi se proces isparavanja odvijao pri što nižim unutarnjim temperaturama, a to je moguće jedino pri što većem podtlaku koji omogućuje nižu točku vrelišta vode. Po završenom ciklusu se otvaranjem ispušnih ventila za kondenzat vrati lagano izjednačavanje tlaka sa atmosferskim što će omogućiti i lagano otvaranje hermetički zatvorenog poklopca te tako bez oštećenja vršiti otvaranje komore i izmjenu sadržaja.



Slika 10. Prikaz sušenja

(izvor: vlastita fotografija)



Slika 11. Proizvod nakon sušenja

(izvor: vlastita fotografija)

4. OSNOVNI DIJELOVI SUŠARE

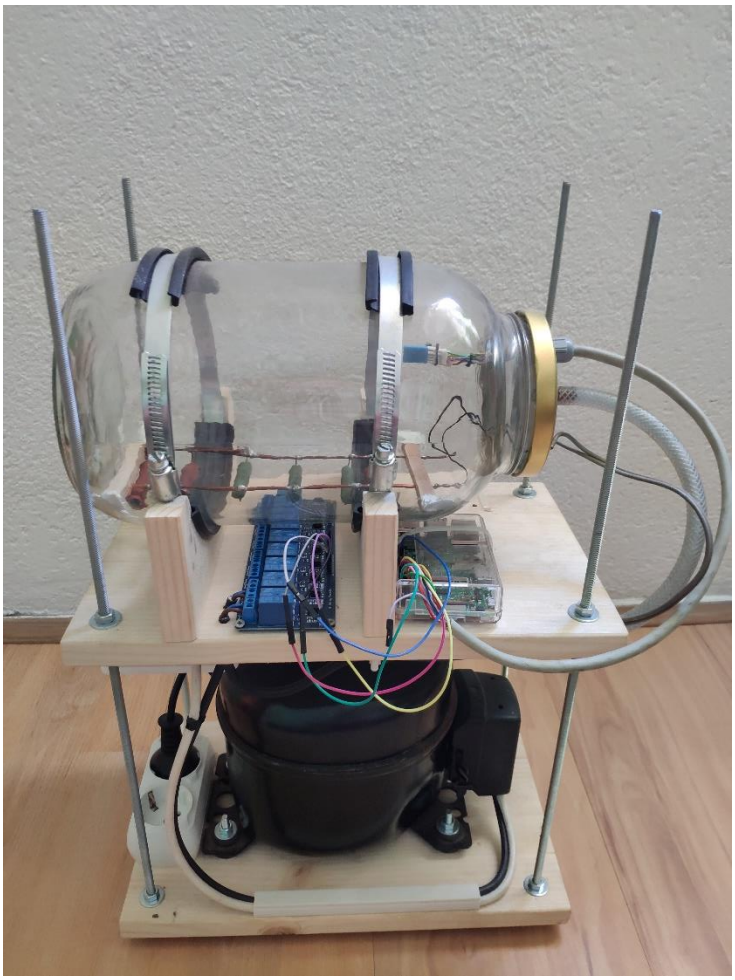
Osnovni dijelovi sušare su:

- konstrukcijski okvir- stalak;
- vakuum crpka tj. kompresor;
- vakuum komora (staklenka);
- razvodna kutija i upravljačko relejna ploča;
- grijači;
- senzori;
- sustav ispuštanja kondenzata i
- mikrokontroler s AD i DA pretvornikom.

4.1. Konstrukcijski okvir- stalak

Za ovu priliku stalak je izgrađen na dva nivoa i to pomoću daščane podloge učvršćene sa željeznim dugi navojnim šipkama. Na gornjem dijelu učvršćeni su drveno oblikovani nosači s obujmicama za učvršćivanje vakuumske komore u ovom slučaju staklenke.

Na donjoj etaži postavljena je vakuum crpka u našem slučaju uljni kompresor iz kućanskog hladnjaka koji radi u inverznom modu tj. vrši isisavanje zraka iz vakuum komore tj. staklenke. Međusobna povezanost navedenih daščanih podloga izvedeno je pomoću beskonačnih vijčanih šipki što omogućuje željenu regulaciju razmaka, a i potpunu stabilnost i čvrstinu. Na staklu je učvršćena priključno razvodna kutija također pričvršćen je mikrokontroler i pričvršćena je upravljačko relejna pločica.



Slika 12. Prikaz konstrukcijskog okvira

(izvor: vlastita fotografija)

4.2. Vakuum crpka – kompresor

Kompresor je hermetički klipni 240W/230V uljni korišten u kuhinjskom hladnjaku koji ovdje radi inverznom modu tako da vrši isisavanje zraka iz postojećeg prostora u atmosferu. Isisavanje vrši do mogućeg podtlaka od -900 milibara što je za naše prilike nepotrebno jer rad naše komore se zasniva na podtlaku od 150 do 300 milibara. Ovdje je potrebno objasniti da se spominjanjem navedenih podtlaka radi o relativno negativnim tlakovima jer se još uvijek nalaze iznad vakuuma ili totalnog bestlačno prostora što bi iznosilo apsolutno 0 bara što uopće nije jednostavno realizirati te se ovo smatra relativnim negativnim tlakom jer je navedeni tlak ispod razine atmosferskog tj u granici između 0 bar i 1 bar koji se podrazumijeva kao atmosferski tlak.



Slika 13. Vakuum crpka-kompresor, prednja strana

(izvor: vlastita fotografija)



Slika 14. Vakuum crpka-kompresor, zadnja strana

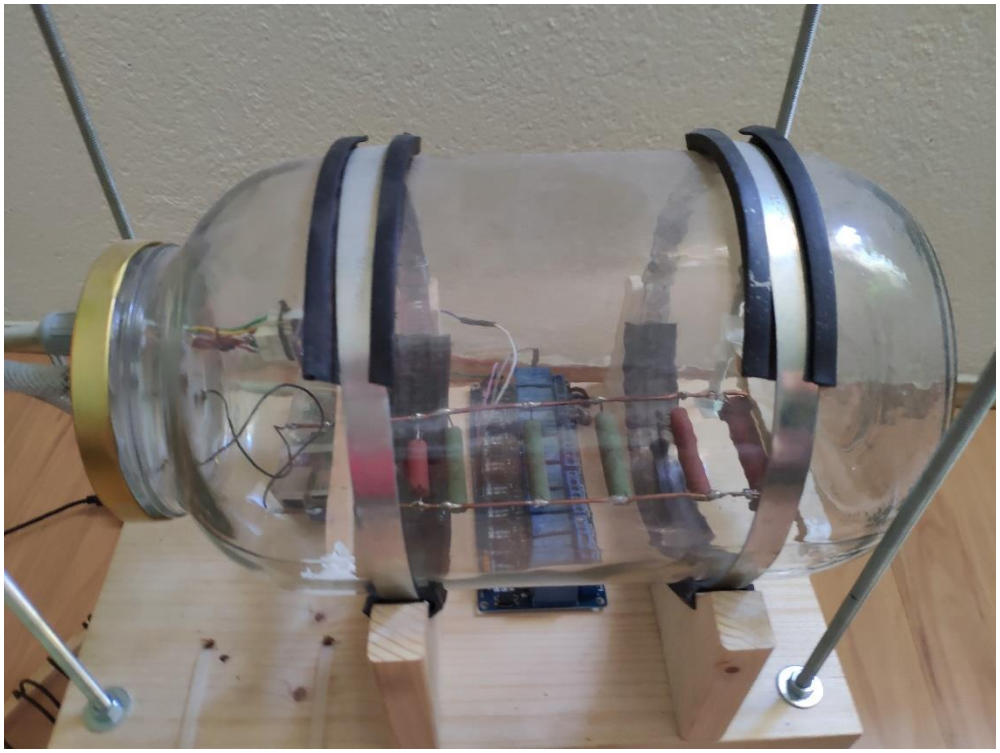
(izvor: vlastita fotografija)

4.3. Vakuum komora (staklenka)

Vakuum komora je prostor koji je zrakonepropusno zatvoren tj. nije moguća izmjena tlaka zraka iz okruženja u prostor i obratno. U navedenom prostoru nalazi se sniženi tlak tj. tlak koji je za 500 do 700 milibara niži od atmosferskog tlaka zraka. Tako smanjeni tlak unutrašnjosti bitno utječe na mehaničku stabilnost stijenki komore te iste teže podnose pritisak atmosferskog tlaka izvana koje mu se sada ne suprotstavlja jednaki li viši unutarnji tlak nego je sada znatno niži pa se iste često

deformiraju u skladu s procesom implozije tj. stlačivanja ili deformiranja prema unutra. Ova pojavnost se najčešće očituje na ravnim plohama pa se upravo iz toga razloga navedene obloge izvode cilindrično jer se djelovanje vanjskih sila raspoređuje i reflektira na drugi način koji umanjuje okomite pritiske i manje gura stijenku prema unutra tj. ublažava silu deformacije.

Ovdje je važno napomenuti da zatvaranje manipulativnog otvora (vrata) je obavezno ostvariti zrakonepropusno kako bi se osiguralo trajno djelovanje podtlaka što se također najčešće i reflektira na ravnu plohu vrata odnosno poklopca koji pokazuje lagane deformacije. Upravo navedena pojava djelovanja sila deformacije je ta koja sprječava postizanja još većeg negativnog tlaka u prostoru kojim bi se znatno pospješio proces isparavanja vode tj. spustila točka vrelišta i na 20-ak stupnjeva celzijevih, a to bi u velikom pridonijelo ekonomičnosti procesa sušenja.



Slika 15. Vakuum komora

(izvor: vlastita fotografija)

4.4. Razvodna kutija i upravljačko relejna ploča

Priključni kabel je duljine cca 1.5m tipa PPL 3x1.5mm koji počinje sa šuko utikačem, a priključen je u PVC OG (za vanjsku montažu) razvodnu kutiju na rednu stezaljku. Na istu rednu stezaljku priključen je ispravljač za napajanje elektroničkih sklopova, i kompresora.

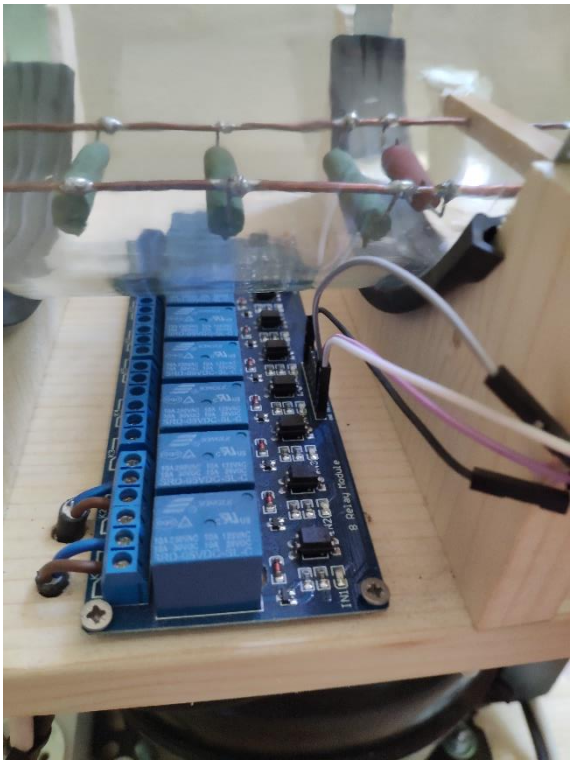
Upravljačka relejna ploča je elektronička ploča koja od između ostalih elektroničkih komponenti ima za nas nekoliko važnih i presudnih elektroničkih elemenata kao što su optokapler ili optički galvansko razdvajanje dva različita strujna kruga, zener diode kao strujna zaštita i prenaponska zaštita i relej kao prekidački element. Ova ploča služi kako bi se putem njenih sklopova prenosila informacija iz mikroprocesora na izvršitelje tj. upravljanje kompresorom, grijačima, ventilima i sl.

Na navedenoj ploči imamo neovisnih 8 strujnih krugova sa 8 releja kao elektromagnetski prekidači koje omogućuje u potpunosti servisiranje servo izvršitelja na sušari.



Slika 16. Razvojna kutija

(izvor: vlastita fotografija)



Slika 17. Relejna ploča

(izvor: vlastita fotografija)

4.5. Grijači

Grijači su energetski elementi koji služe kao izvori toplinske energije. Mogu biti korisnici različitih energija, a mi ovdje koristimo električne grijače. Električni grijači najčešće rade na principu Ohmovog zakona i oslobađanjem Juleove topline. Tako se ovdje koristi navedeni princip pa se s

obzirom na sigurnost pri radu i manipulaciji navedene sušare koriste grijači izrađeni od žičanih otpornika koji su 10 do 12W i spojeni u paralelu koje smo napojili nižim naponom u rasponu od 30V koji je ispod granice napona dodira (63V). Njihovim radom upravlja termometar koji uključuje i isključuje relej na upravljačkoj ploči.

Dobivena temperatura u realiziranoj komori se može postići do 60°C što osigurava željeni režim rada.



Slika 18. Grijači (žičani otpornici)

(izvor: vlastita fotografija)

4.6. Senzori

Senzori su osjetila koja su ugrađena u prostor sušare te reagiraju na djelovanje određenih parametara u njihovom okruženju tako da u sebi mijenjaju određene električne veličine koje šalju vanjskom upravljačkom elementu koji iste uspoređuje i obrađuje. Veličina očitanih parametara

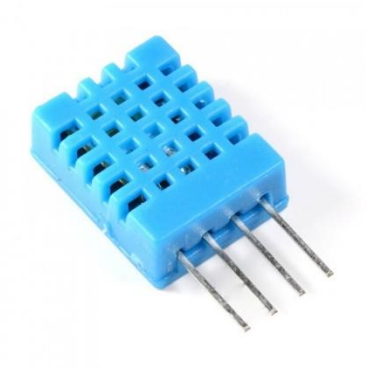
djeluje na rad servo izvršitelja koji mijenjaju uvijete koji djeluju u komori i tako rad sušare dovode u potreban režim.

Ovdje upotrebljavamo senzore za mjerenje vlage (DHT11) tj. elektronički higrometar izveden u SMD tehnologiji, termometar (BME280) koji radi na principu termistora i senzor za mjerenja tlaka (BME280) koji može raditi na principu piezo elementa, kapacitivnog i mehaničkog (putem dijafragme ili oscilirajućih cilindara i sl.).

Ključna važnost senzora kao referalnih elemenata koji u kontinuiranom radu prate i izvještavaju o situaciji u komori.

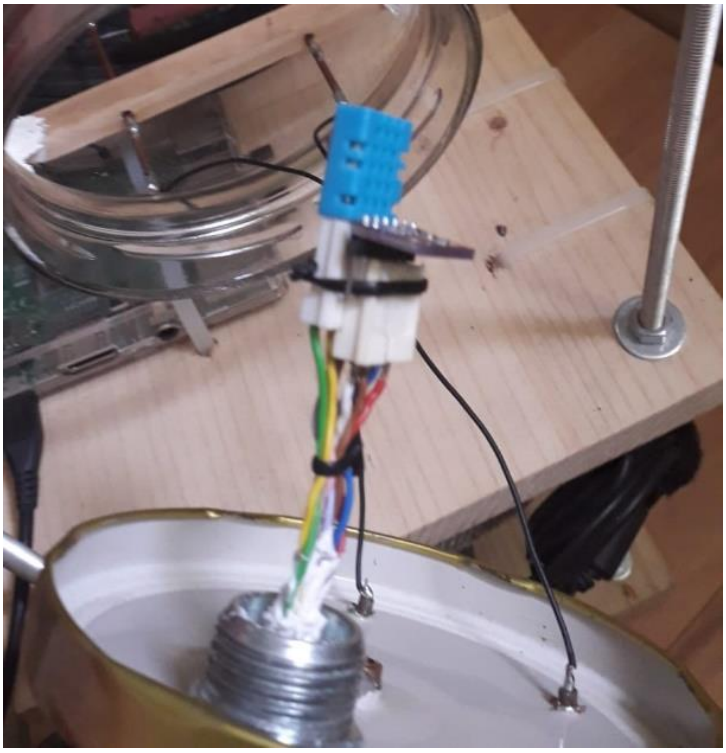


Slika 19. BME280 senzor



Slika 20. DHT11 senzor

(izvor: https://e-radionica.com/hr/dht11-senzor-temperature-i-vlage.html)



Slika 21. Spoj senzora u komori

(izvor: vlastita fotografija)

Karakteristike DHT11 senzora:

Raspon mjerenja temperature: 0° - 50° C

Raspon mjerenja vlage u zraku: 20% - 90%

Odstupanje pri mjerenju temp: +/- 2 °C

Odstupanje pri mjerenu vlage: +/- 5%

Napon: 3V - 5V

Struja: 100uA(standy), 2.5mA(mjerenje)

Karakteristike BME280 senzora:

Napon: 3.3V

Raspon mjerenja tlaka: 30kPa - 110kPa

Pogreška u mjerenju tlaka: +-12Pa

Raspon mjerenja temperature: -40C - 80C

Pogreška u mjerenju temperature: +-1C

Raspon mjerenja vlage: 0% - 100%

Pogreška u mjerenju vlage: +-2%

Potrošnja prilikom mjerenja: 1mA

Potrošnja u stanju mirovanja: <5uA

4.7. Sustav ispuštanja kondenzata

Sustav za ispuštanje kondenzata je važan dio na vakuum komori. Dva osnovna razloga za ispuštanje kondenzata su: 1. odvođenje vlage iz prostora kako se ne bi odvijao reverzibilni proces vlaženja i 2. kako bi se smanjila vlažnost zraka kojeg isisava kompresor te tako izbjegao hidraulički udar kapljice na klip kompresora te oštetio kompresor. Kod vakuum komore ovaj sustav treba pažljivo izvesti i to tako da između kaskadno postavljenih dva ili tri ventila postoje potopljeni međuspremnici u koje ćemo privremeno ispustiti kondenzat, a po osiguranju stalnog tlaka u komori isti ispustiti iz sustava za ispuštanje kondenzata.

Kada bi se na primjer jednostavno otvorila slavina i pustila da kondenzat teće slobodno u atmosferu došlo bi do naglog smanjenja podtlaka time i do naglog izjednačavanja tlakova iz atmosfere i u komori, a time bi se ponovo u komoru pustio atmosferski tlak visoke vlage, uveo pothlađeni tlak

i opet ponavljao cijeli proces vakuumiranja tj. iscrpljivanja unutarnjeg zraka s kompresorom što u krajnosti čini gubitak energije i vremena.

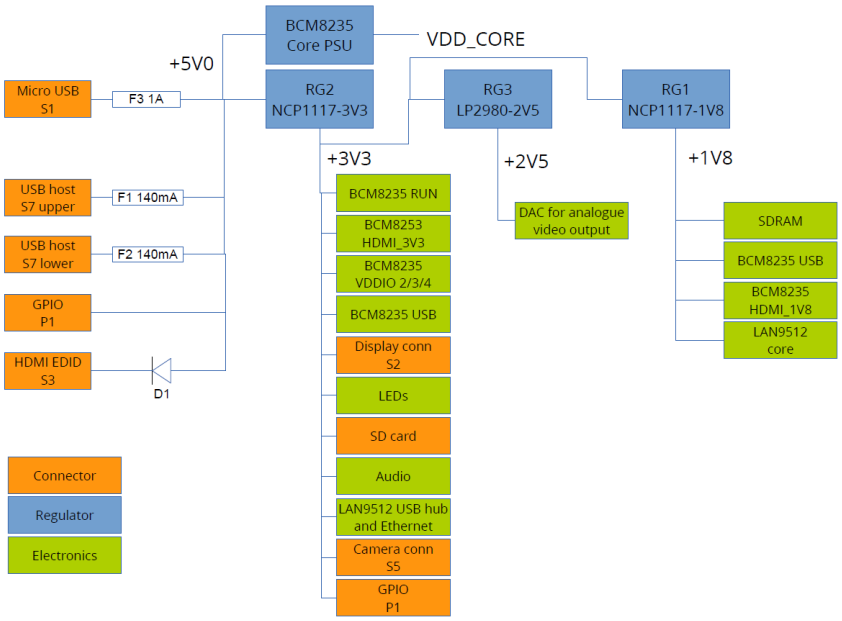


Slika 22. Ispuštanje kondenzata

(izvor: vlastita fotografija)

4.8. Električna shema sustava

Mikrokontroler tipa Raspberry Pi 3 je mikroprocesorsko upravljačka ploča koja na sebi sadrži CPU, EPROM, AD i DA konverter, priključno ulazne sklopove za prihvaćanje i slanje električnih parametara te prihvaćanje stabiliziranog napona napajanja kao i oscilator vremenske baze te interfejs za LAN i WiFI mrežu. Procesori su najčešće 32 ili 64 bitni programirani u pseudo kodovima. Kod je pisan u pythonu.



Slika 23. Raspberry pi 3 arhitektura

(izvor: https://martin-jones.com/2013/04/19/raspberry-pi-power-architecture/)

Karakteristike raspberry pi3:

Čipset: Broadcom BCM8235,

Arhitektura: 64 bita, ARMv8-A,

Procesor: 900 MHz, 4 Cortex-A53 jezgre,

Grafička kartica: VideoCore IV @ 400 MHz,

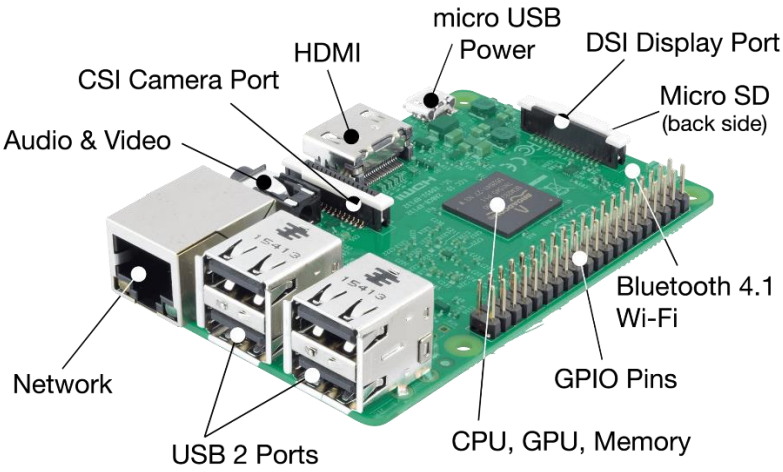
RAM: 1 GB,

USB: 4,

Mogućnosti povezivanja: Ethernet, Wifi b/g/n, Bluetooth 4.1, Bluetooth LE,

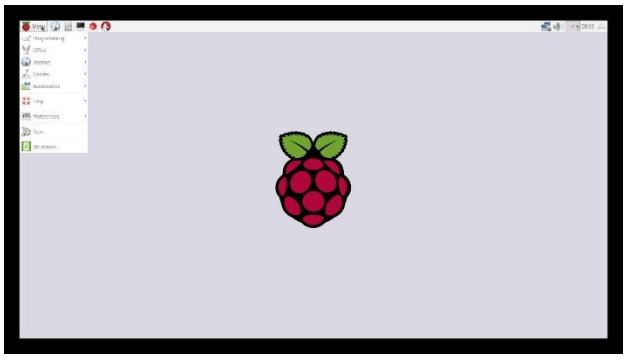
Vrijeme uključivanja (s): 40,8

Vrijeme isključivanja (s): 17,9

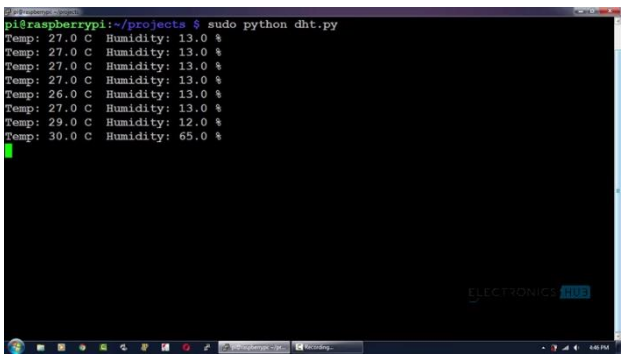


Slika 24. Raspberry pi3

(izvor: https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/)



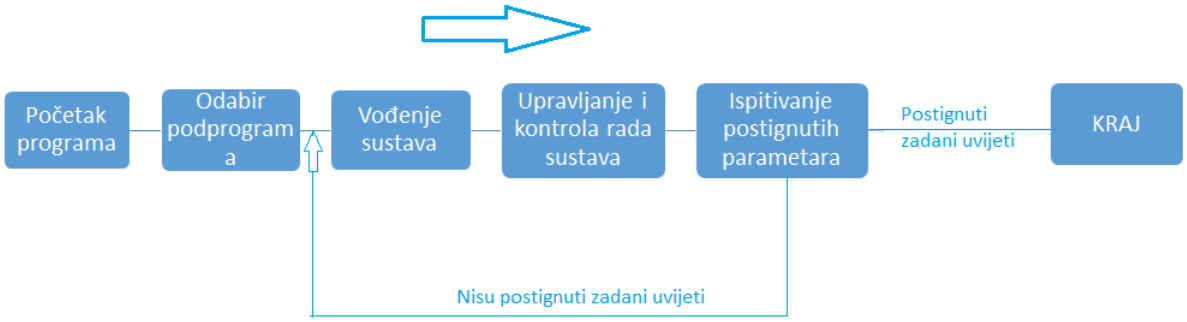
Slika 25. Izgled raspberry pi 3 softwera



Slika 26. Pokretanje python koda za DHT11

(izvor: vlastite fotografije)

5. UPRAVLJAČKI ALGORITAM



Slika 27. Blok shema upravljanja

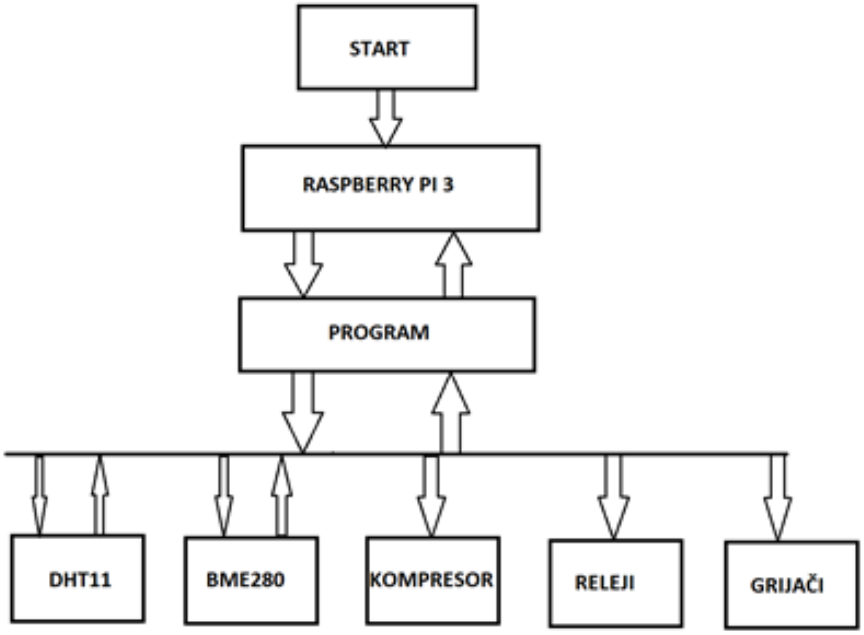
(izvor: vlastite fotografije)

Početak programa je podizanje operativnog sustava mikrokontrolera te uspostavljanje komunikacijskih veza s priključenim senzorima i očitanje trenutnih vrijednosti što ujedno pokazuje i funkcionalnost sustava, tj. samo testiranje sustava.

Odabirom programa ulazi se u podprogram u kojem su određeni parametri prilagođeni konkretnim namirnicama koje želimo sušiti. Po odabranom podprogramu utvrđuje se opće fizikalno stalno sirove namirnice, te se procjenjuje optimalno vrijeme trajanja procesa sušenja, te se isto prednamjesti.

Potom se sušara pusti u rad i promatra se postizanje mjerenih parametara za vrijeme tijeka sušenja, te ukoliko se procjeni da određene parametre treba promijeniti, isto se učini (poveća temperatura ili poveća vakuum). Tijekom rada uspoređuje se proteklo vrijeme i postignuti izmjereni parametri u sušari, te u koliko proces ide željenim tokom, nastavlja se vođenje procesa, te se čeka da se u narednom vremenu postignu zadani parametri, a prioritetno je dostizanje zadanog sniženog stupnja vlažnosti namirnice.

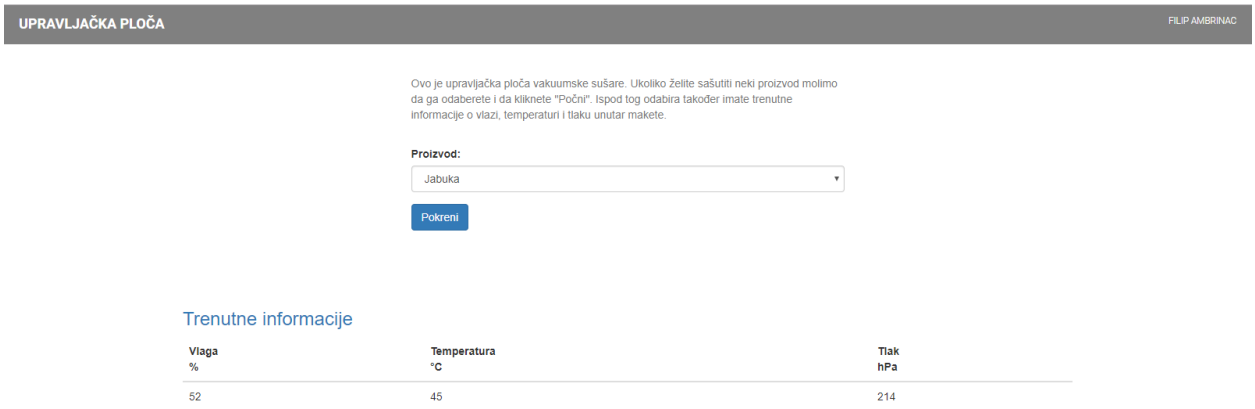
Kada se postigne očekivana temperatura u sušari, očekuje se u sljedećem vremenu postići i zadana vlažnosti, te se proces završava. Prvo se isključe grijači, te se zatim nakon nekog vremena isključuje kompresor, a nakon postepenog prirodnog hlađenja sustava otvara se pristup unutrašnjosti vakuum komore, te se vade osušene namjernice. I za kraj ukoliko ima u komori bilo kakvih nečistoća (mrvica ili otpada od sušene namirnice) se odstrane i komora je ponovno spremna za ponovni ciklus.



Slika 28. Struktura pokreteanja i komunikacije

(izvor: vlastite fotografije)

Programski kod izveden je tako da upravlja radom kompresora i grijača preko releja. Program vrši regulaciju zadanih parametara, te održava vakuumsku sušaru u zadanom režimu rada, odnosno zadanim parametrima optimalnim za sušenje voća. Komunikacija s raspberry pi-om 3 i pokretanje programa se izvodi preko web stranice bežičnim putem.



Slika 29. Prikaz web stranice

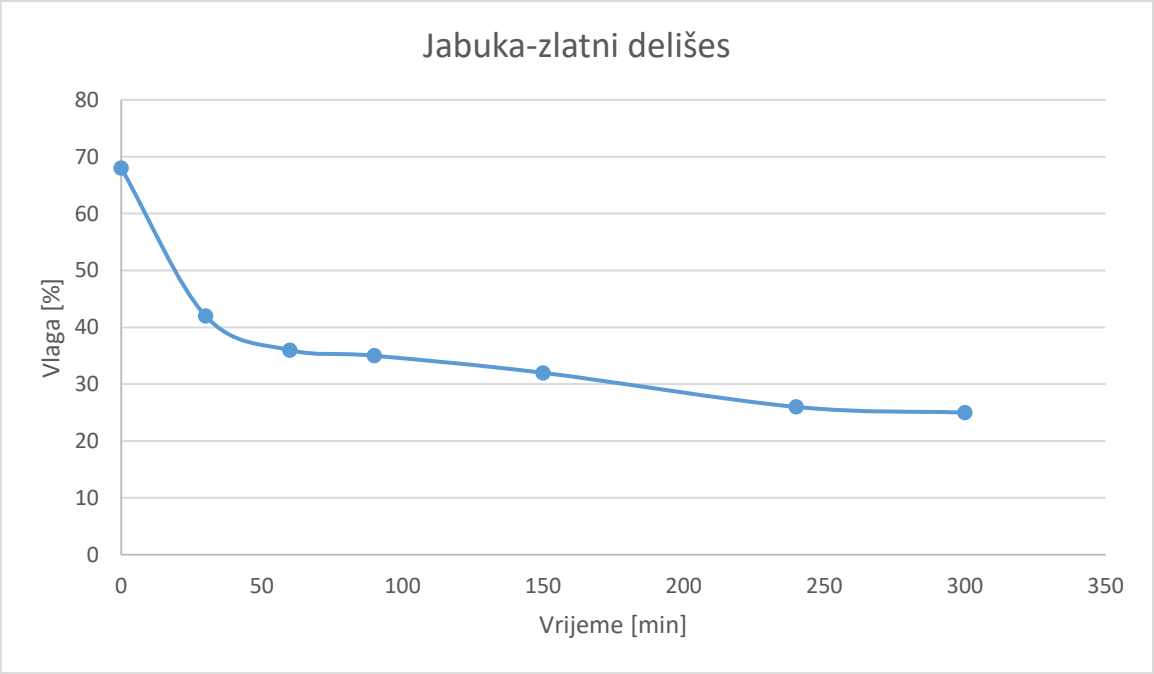
(izvor: vlastite fotografije)

6. TESTIRANJE

6.1. Metodologija testiranja

Da bi se moglo odrediti krajnje eksploatacijske uvijete rada sušare potrebno je izvršiti određena testiranja. Primjer testiranja komore s jabukom zlatni delišes. Jabuka se nareže na potrebnu veličinu kriški, te se složi na određenu policu za sušenje i uloži u komoru sušare. Komora se zatvori, te se starta mikrokontroler s programom. Potom se odabere podprogram sušenje jabuke, te se uključi kompresor i vrši vakuumiranje komore. Zatim se uključe grijači i sada se postavi vrijeme trajanja sušenja koje za ovu jabuku iznosi oko 300 minuta. Vrijeme sušenja je podijeljeno u 6 vremenskih ciklusa od kojih su prva 3 po 30 minuta, 4. je 60 minuta, 5. je 90 minuta i 6. je 60 minuta. Vremenski ciklusi su odabrani jer se bitne promjene na sušenoj jabuci najviše događaju u navedenim vremenskim razmacima. Na kraju se dobila vlažnost od 25% koje je u potpunosti zadovoljilo traženu kvalitetu. S obzirom na to da se dopuštena vlaga za čips od jabuke dopušta između 20 i 30 % vlage, smatramo da je u potpunosti postignut uvjet za sušenje ploda jabuke.

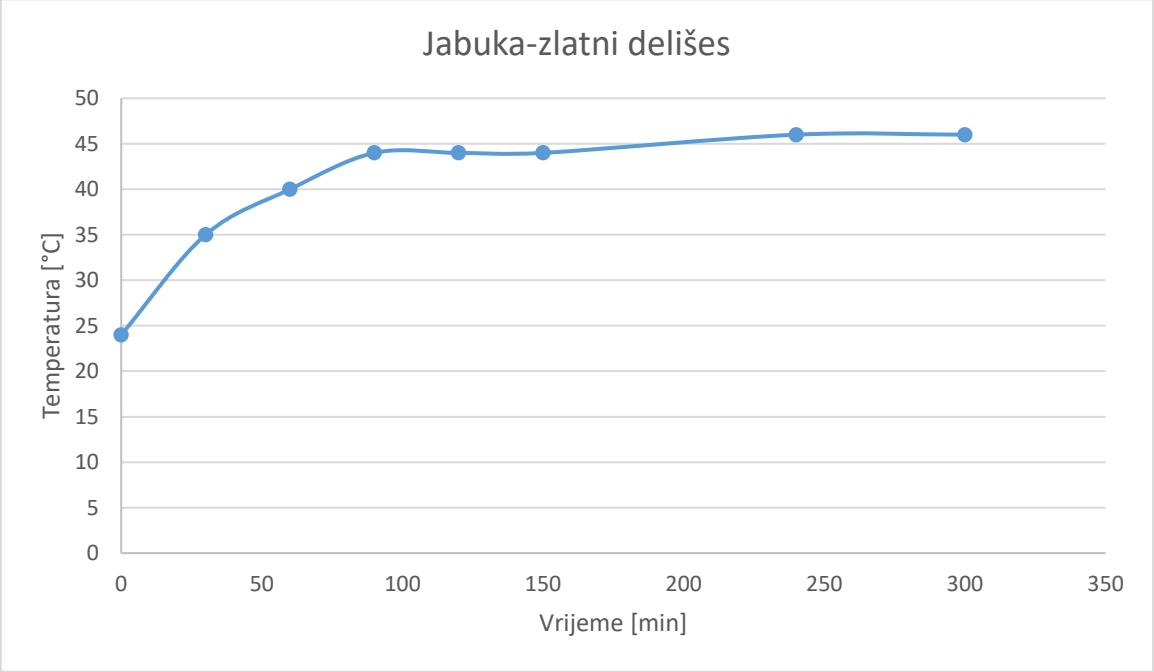
6.2. Rezultati testiranja



Slika 30. Graf vlaga-vrijeme

(izvor: vlastite fotografije)

Graf sa slike 30. pokazuje kretanje parametra vlage kroz proteklog vremena. Vidi se da se u prvih 30 minuta naglo počne spuštati postotak vlage sa 68% na 43% . Tada se komora najviše orosi jer je isparavanje najbrže i najveće. U sljedećim vremenskim razmacima po 30 minuta vidi se da je smanjenje vlage znatno sporije i za 60 minuta od prethodnog mjerenja je došlo na 35% vlage. U sljedećem satu unatoč porastu temperature između 90 i 150 minuta vlaga se snizila na svega 32% , te do kraja ciklusa sljedećih 150 minuta vlaga se spustila na željenih 25%. Sušenje je potrebno nastaviti poslije 240 proteklih minuta (da se pređe područje hidrofilnosti jabuke), iako je postignuta željena vlaga jabuke, sušenje je potrebno produžiti kako bi se stabilizirala struktura jabučnog tkiva na postojećoj spuštenoj vlazi, jer bi u slučaju naglog prekida jabuka ponovno upila dobar dio vlage iz zraka, te bi izašla iz željenog područja dehidriranosti.

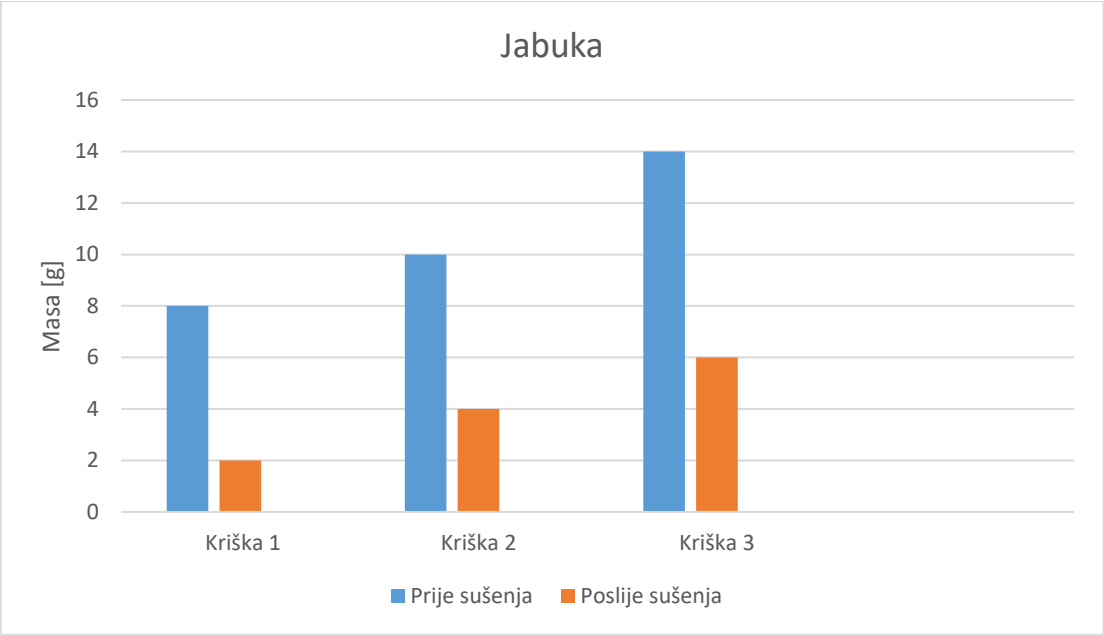


Slika 31. Graf temperatura-vrijeme

(izvor: vlastite fotografije)

Iz ovog grafa sa slike 31. vidi se kretanje temperature unutar vakuum komore, koje se kreče u prvih 90 minuta od 24 °C do 44°C i potom do kraja ciklusa odnosno 300 minuta temperatura se kretala u granici 44-46 °C. Iz ovog grafa je vidljivo da vakuum komora omogućava da pri znatno nižim temperaturama dolazi do isparavanja vezane vode iz tkiva sušene namirnice, ovom slučaju jabuke, što na atmosferskom tlaku to biva na dvostruko i višim temperaturama. Ovaj ciklus je kod nekih namirnica vremenski moguće nešto smanjiti povećanjem dopuštene snage grijača (paziti da

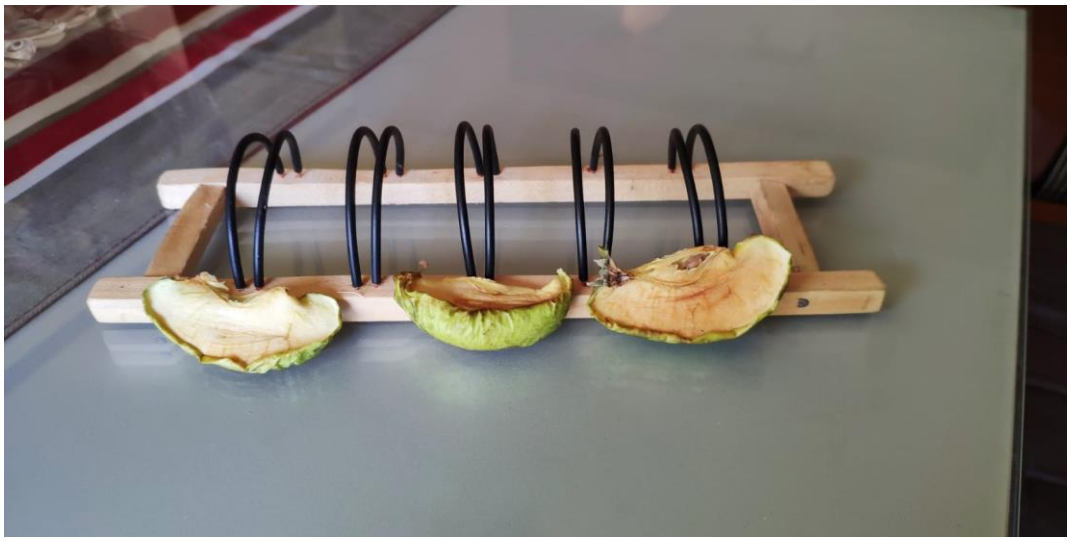
ne dođe do razaranja-raspadanja tkiva sušenog voća). Također dopuštenim povećanjem negativnog tlaka, tj. vakuuma u komori sušare može se ubrzati proces sušenja (paziti da ne dođe to fizičke-tehničke deformacije komore). Stoga je u vakuum sušari i utrošak energije znatno manji i vrijeme sušenja kraće.



Slika 32. Graf razlike u masi nakon sušenja

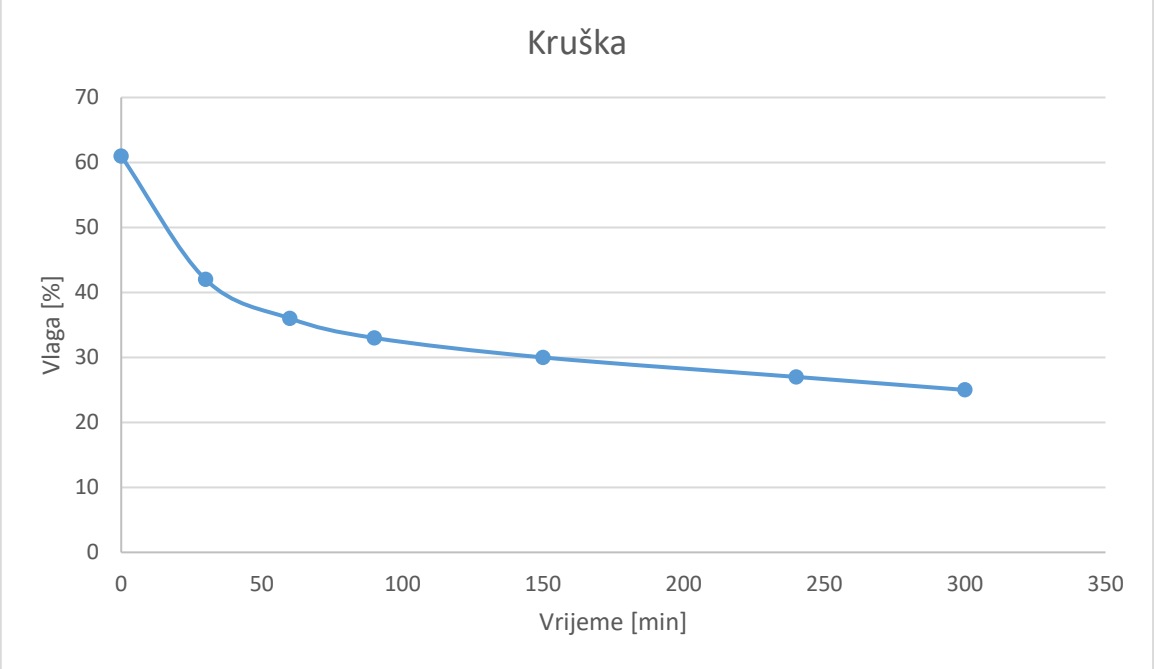
(izvor: vlastite fotografije)

Iz dijagrama sa slike 32. koji prikazuje mase kriške jabuke u sirovom i sušenom stanju. Promatrane su 3 debljine kriške iste jabuke. Kriška 1 je bila debljine 4 milimetra i 8 grama prije sušenja, a na kraju sušenja 2 grama, što čini 75% smanjenja mase. Kriška 2 je bila debljine 7 milimetara i 10 grama prije sušenja, a 4 grama poslije sušenja, što čini 60% smanjenja mase. Kriška 3 je bila debljine 12 milimetara i 14 grama prije sušenja, a 6 grama poslije sušenja, što čini 57% smanjenja mase. Iz ovog grafa je vidljivo da je potrebno optimizirate i debljinu kriški jabuke. To znači da je puno ekonomičnije sušiti tanje kriške.



Slika 33. Gotovi proizvod

(izvor: vlastite fotografije)

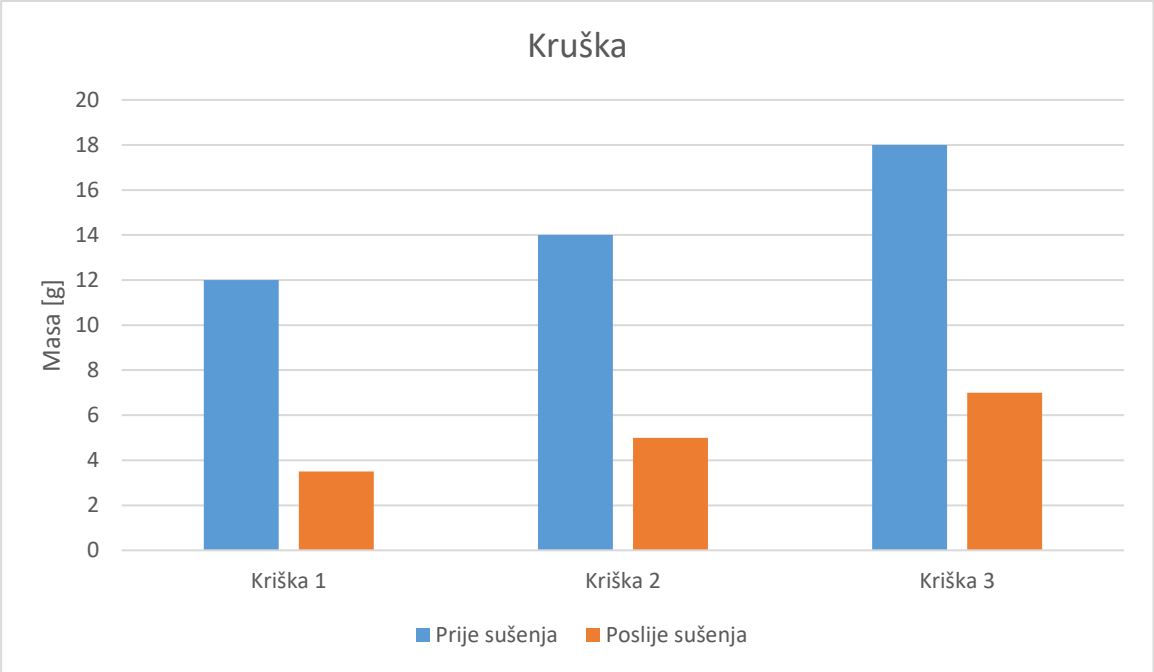


Slika 34. Graf vlaga-vrijeme

(izvor: vlastite fotografije)

Graf sa slike 34. pokazuje promjenu vlage u odnosu na vrijeme za krušku. Vidljivo je da se vlaga u prvih 30 minuta sa 61% spusti na 42% vlage. U drugom i trećem vremenskom razmaku od po 30 minuta vidi se promjena vlage koja iznosi 32%. Dok u narednih 210 minuta vlaga spusti u zadanih 25% što je i dalje u dopuštenom kriteriju.

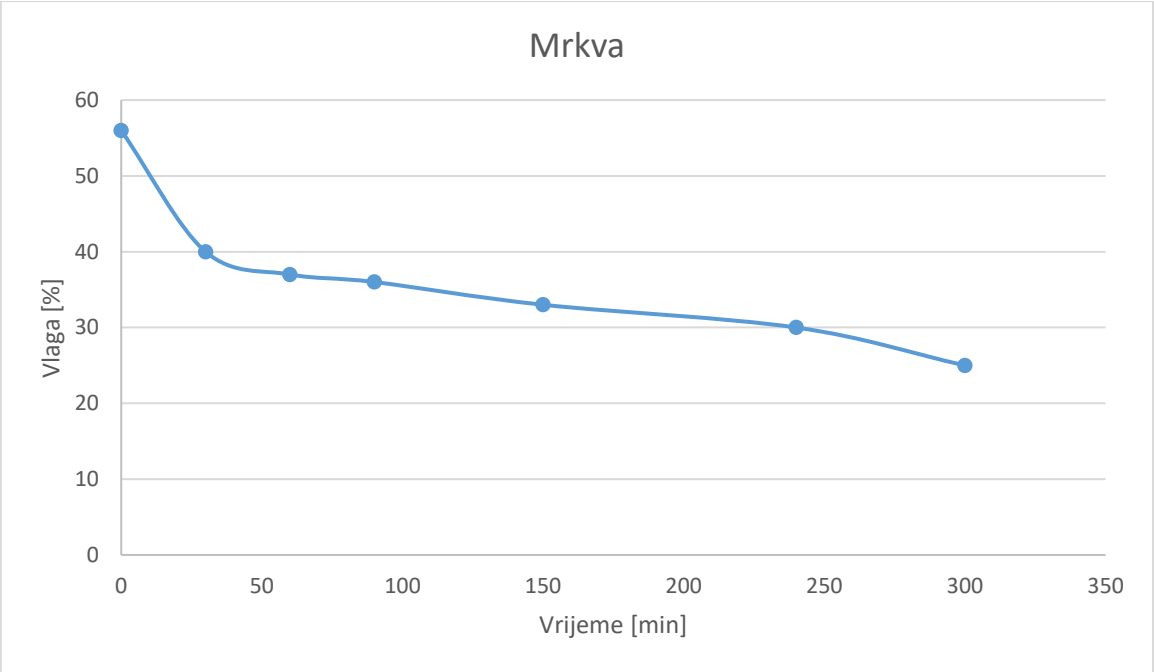
Temperaturni graf u odnosu na vrijeme za krušku je identičan onome za jabuku sa slike 31. Grijači jednakom brzinom postignu zadanu temperaturu.



Slika 35. Graf razlike u masi nakon sušenja

(izvor: vlastite fotografije)

Dijagram sa slike 35. prikazuje izgubljenu masu u odnosu prije sušenja i poslije sušenja. Vidljivo je da kriška 1 ima debljinu 5 milimetara i masu 12 grama prije sušenja, a poslije sušenja 3,5 grama. Kriška 2 debljine 6 milimetara ima masu 14 grama prije sušenja, a poslije sušenja 5 grama. Kriška 3 debljine 7 milimetara ima masu 18 grama prije sušenja, a poslije sušenja 7 grama. Najviše izgubljenog postotka ima kriška 1, kao i u prethodnom slučaju za jabuke. Postotak izgubljene mase za krišku 1 iznosi 70%.

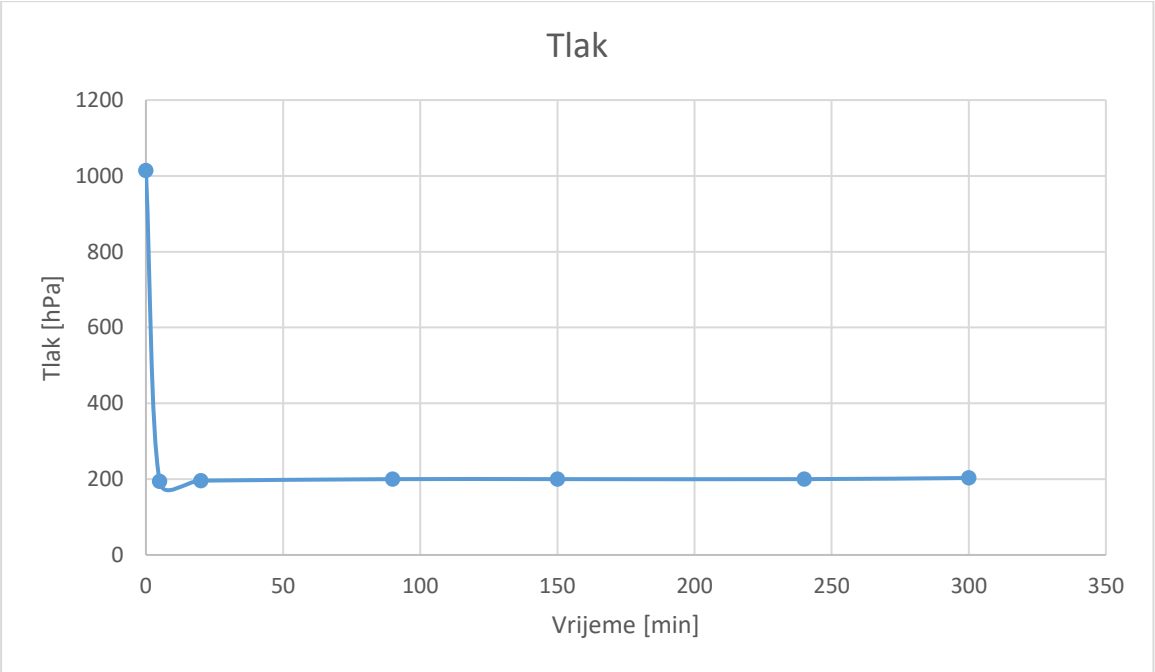


Slika 36. Graf vlaga-vrijeme

(izvor: vlastite fotografije)

Graf sa slike 36. opisuje promjenu tlaka u odnosu na vrijeme za sušenje tankih šnita mrkve. Kao i u prethodnim slučajevima vlaga smo uspjeli spustiti na 25% kroz 300 minuta. U prvih 60 minuta su vidljive najznačajnije promjene kada se vlaga s 56% spustila na 36%.

Dijagrama mase u odnosu prije sušenja i poslije sušenja nema. Iz razloga sto su šnite mrkve tanke i sitne, da mjerenja nisu izvediva. Isto tako je i graf temperature u odnosu na vrijeme jednak kao u prošla dva slučaja.



Slika 36. Graf vlaga-vrijeme

(izvor: vlastite fotografije)

Tlak je za sva testiranja jednak. U prvih 5 minuta kompresor spusti tlak na 200 hPa i zadrži tu vrijednost do kraja sušenja s odstupanjem od ±5 hPa. Vidi se na samome početku propad tlaka ispod 200 hPa na 190 hPa. Uzrok tome je zalet kompresora, ali u kratkom vremenu se vrati na 200 hPa.

6.3. Problemi

Opisana i predočena sušara je rađena u kućnom izdanju od starih dijelova i uređaja kao što su kompresor i grijači. To je ujedno i najveći nedostatak ove sušare. Kompresor je star, vrlo brzo se ugrija i ne može postići podtlak koji bismo željeli. Grijači su žičani otpornici koji relativno dobro griju, al im treba malo više vremena da postignu odgovarajuću temperaturu. Još jedan od problema su senzori kupljeni preko interneta za vrlo malo novca i njihovi vodiči koji su vrlo tanki i povremeno gube kontakt.

7. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog u ovom radu možemo zaključiti da je i ova sušara jedan od tehnološko naprednijih elektroničkih upravljanih i kontroliranih uređaja koji su u širokoj upotrebi današnje suvremene tehnologije prerade i čuvanja voća i povrća kao i mogućnosti korištenja istog principa i u drugim tehnologijama sušenja kao što su : sušenje drveta, kože i drugih sirovinskih materijala. Vidimo da je proces sušenja u potpunosti moguće automatizirati i podiči na vrlo sofisticiranu razinu kontrole što omogućuje komforan i siguran te u krajnosti jeftiniji rad uređaja.

Ovako objašnjenu konstrukciju i principi rada u elementarnom razmatranju i opisu moguće je dograđivati u svim smjerovima kako tehničkim, tehnološkim i znanstvenim, a što ovisi o svrhovitosti zadatka.

8. LITERATURA

[1] Hajro Vahif, Jakob Danon, Električne mašine, Tehinčka knjiga, Beograd 1972.

[2] Otto Limann, Horst Pelka, Elektronika na lak način, Tehnička knjiga, 1987.

[3] Babić Lj., Babić M., Pavkov I., Osmotsko i konvektivno sušenje voća. Suvremena poljoprivreda. 2007.

Internetski izvori:

[1] Primjena nove tehnike sušenja za proizvdnju čipsa od jabuke (PDF izvor: https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwikiKiv2MLdAhUNCuwKHciCDeQQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F239919&psig=AOvVaw21LcRuZZf-lu67aeqwR5Hi&ust=1537296079619736), pristupljeno: 13.07.2018.

[2] (https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/), pristupljeno: 24.05.2018.

[3] (http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html), pristupljeno: 24.05.2018.

[4] (https://martin-jones.com/2013/04/19/raspberry-pi-power-architecture/), pristuljeno: 24.05.2018

9. SAŽETAK:

Pri tehnološkoj obradi namirnica najčešće voća i povrća koriste se određeni fizikalni procesi, a između ostalih najčešći je sušenje, a točnije rečeno djelomično sušenje ili dehidracija, kako bi se namirnica što duže očuvala, tj. održala s konzumnim svojstvima i što izvornijeg oblika. Jedan on načina sušenja voća kojeg smo ovdje obradili je u vakuumskoj sušari.

Vakuumska sušara u usporedbi sa atmosferskom sušarom ima određene prednosti koje se najviše očituju u manjem utrošku energije i kraćem vremenu sušenja pri jedinci mase [W/h/kg]. Iz navedenog proizlazi da zavisni troškovi obrade namirnice u velikoj mjeri otpadaju na pripremu za čuvanje i čuvanje namirnice koja je znatno povoljnija pri obradi namirnice sušenjem i to u vakuumskoj sušari. Ovako osušena namirnica lakše se održava na sobnim ili nešto nižim temperaturama u tamnim, hladnijim suhim skladištima i u vakuumiranim vrećicama, jer je znatno manje podložna oksidacijskim procesima, tj. truljenju.

Ovim radom smo htjeli pokazati, a nadam se i uspjeli kako funkcionira vakuumska sušara u kojoj smo osušili nekoliko kriški svježe jabuke, do razine dehidrirane iste, koju je znatno lakše i jednostavnije sačuvati za duže vrijeme, a pri konzumaciji ju je moguće upotrijebiti u vrlo sličnim uvjetima kao i svježu jabuku.

10. SUMMARY:

When fruits and vegetables are technologically processed some kind of physical process is included. A physical process usually used is drying or more exactly partial drying and dehydration which helps to preserve food for longer period of time. In this thesis, vacuum fruit drying is elaborated in detail.

Comparing vacuum drier with atmospheric one it is clearly visible that the vacuum one uses much less energy and it needs less time to dry the fruit. This brings the conclusion that food processing expenses are mostly caused by food storing preparation and storing alone. This costs alone are more affordable when a vacuum drier is used. Food dried with a vacuum drier is easier to store at room temperatures, lower temperatures in cold and dark warehouses and also in a vacuum bag because it is less susceptible to oxidation which causes rotting.

This thesis is made for a purpose to show how vacuum drier should function. For example, few apple slices have been dried to a level of dehydration. Apple slices in that state are easier to store for a longer period of time, and a consummation can be conducted in same conditions as a fresh apple.

11. ŽIVOTOPIS:

Filip Ambrinac rođen je 10. siječnja 1997. godine u Vinkovcima. Osnovnu školu Vladimira Nazora u Vinkovcima pohađao je u razdoblju od 2003. do 2011. te iste godine upisao Tehničku školu Ruđera Boškovića u Vinkovcima, smjer računalni tehničar u strojarstvu. Tehničku školu je završio s vrlo dobrim uspjehom. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer Automatike upisao je 2015. godine. Trenutno je student treće godine spomenutog studijskog programa. U slobodno vrijeme bavi se sportom i proučava elektro simulacijska odjela s elektrodama za vježbanje. Srednje poznavanje engleskog i njemačkog jezika, te ima vozačku dozvolu B kategorije.

PRILOG 1 – PROGRAMSKI KOD PROJEKTA

```
#!/usr/bin/python
import sys
import Adafruit_DHT

while True:

    humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(11, 4)

    print 'Temp: {0:0.1f} C  Humidity: {1:0.1f} %'.format(temperature, humidity)
```

Slika 34. Programski kod za senzor DHT11

(izvor: vlastite fotografije)

```
from Adafruit_BME280 import *

sensor = BME280(t_mode=BME280_OSAMPLE_8, p_mode=BME280_OSAMPLE_8, h_mode=BME280_OSAMPLE_8)

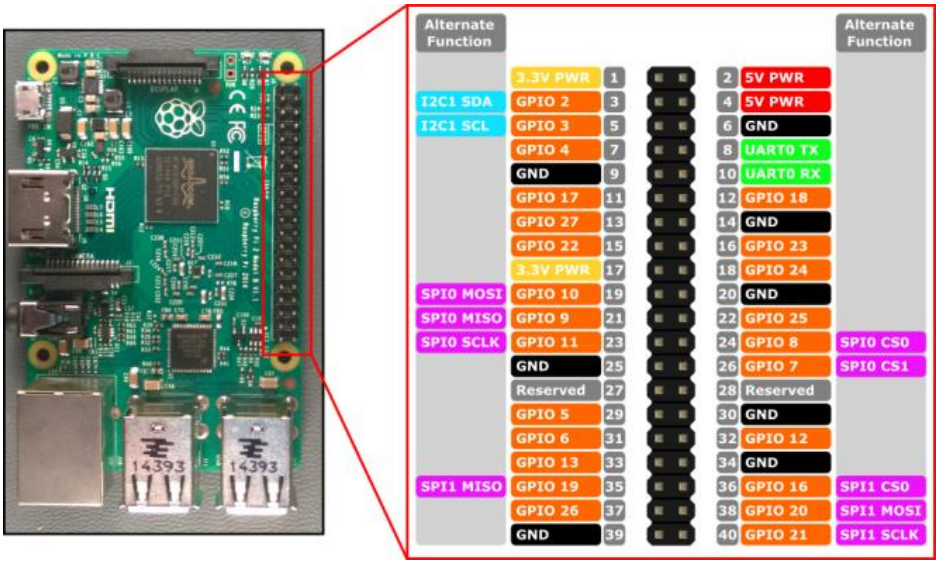
degrees = sensor.read_temperature()
pascals = sensor.read_pressure()
hectopascals = pascals / 100
humidity = sensor.read_humidity()

print 'Temp      = {0:0.3f} deg C'.format(degrees)
print 'Pressure  = {0:0.2f} hPa'.format(hectopascals)
print 'Humidity  = {0:0.2f} %'.format(humidity)
```

Slika 35. Programski kod za senzor BME280

(izvor: vlastite fotografije)

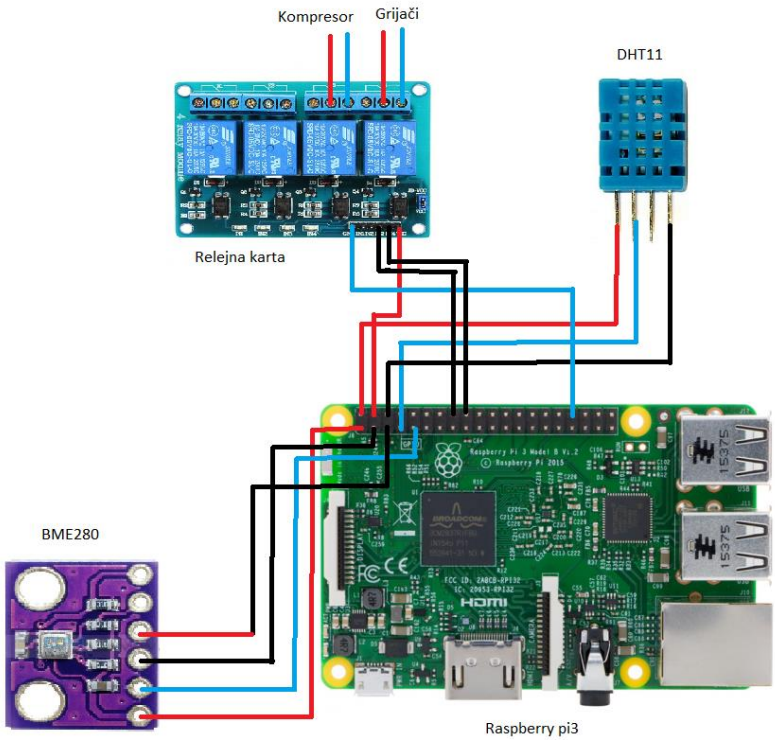
PRILOG 2- RASPORED PINOVA NA RASPBERRY PI 3



Slika 36. Raspberry pi 3 gpio

(izvor: https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/)

PRILOG 3- FUNKCIONALNA SHEMA SUSTAVA



Slika 37. Shema spoja senzora, releja, kompresora i grijača

(izvor: vlastite fotografije)

PRILOG 4 – PROGRAMSKI KOD STRANICE

```
<!DOCTYPE html>
<html>
	<head>
		<meta charset="UTF-8">
		<title>Vakuumska sušara</title>
		<link rel="stylesheet" type="text/css" href="style.css">

		<!-- Latest compiled and minified CSS -->
		<link rel="stylesheet"
href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/css/bootstrap.min.css">
		<!-- jQuery library -->
		<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
		<!-- Latest compiled JavaScript -->
		<script
src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/js/bootstrap.min.js"></script>
	</head>

	<body>
		<nav class="nav-bar">
			<p style="float:left;margin-left:20px;font-size:large"><b>Upravljačka
ploča</b></p>
			<p style="float:right;margin-right:20px;font-size:smaller;line-height:3.6;">Filip
Ambrinac</p>
		</nav>

		<div class="container">
			<br><br>
			<div class="row justify-content-md-center">
				<div class="col-md-6 col-md-offset-3">
					<p class="text-muted">
						Ovo je upravljačka ploča vakuumske sušare. Ukoliko
želite sašutiti neki proizvod molimo da ga odaberete i da kliknete "Počni".
						Ispod tog odabira također imate trenutne informacije o
vlazi, temperaturi i tlaku unutar makete.
					</p>
				</div>
			</div>
			<br>
			<div class="row">
				<div class="col-md-6 col-md-offset-3">
					<form action="/action_page.php">
						<div class="form-group">
							<label for="proizvod">Proizvod:</label>
							<select class="form-control" name="proizvod">
								<option
value="jabuka">Jabuka</option>
								<option
value="kruska">Kruška</option>
								<option
value="banana">Banana</option>
								<option value="sljiva">Šljiva</option>
							</select>
						</div>
						<input type="submit" class="btn btn-primary"
value="Pokreni">
					</form>
				</div>
			</div>
			<br><br><br><br>
			<h3 class="text-primary">Trenutne informacije</h1>
			<table class="table">
			 <thead class="thead-dark">
				<tr>
				 <th scope="col">Vlaga<br>%</th>
				 <th scope="col">Temperatura<br>°C</th>
				 <th scope="col">Tlak<br>hPa</th>
				</tr>
			 </thead>
			 <tbody>
				<tr>
				 <td>52</td>
				 <td>45</td>
				 <td>214</td>
				</tr>
			 </tbody>
			</table>
		</div>
	</body>
</html>
```

Slika 38. Programski kod za izgled web stranice

(izvor: vlastite fotografije)