

# Utjecaj tvrdoće zrna kukuruza na in vivo probavljivost u golubova

---

Čavlek, Elena

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:455690>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**UTJECAJ TVRDOĆE ZRNA KUKURUZA NA *IN VIVO*  
PROBAVLJIVOST U GOLUBOVA**

DIPLOMSKI RAD

Elena Čavlek

Zagreb, rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Hranidba životinja i hrana

**UTJECAJ TVRDOĆE ZRNA KUKURUZA NA *IN VIVO*  
PROBAVLJIVOST U GOLUBOVA**

DIPLOMSKI RAD

Elena Čavlek

Mentor:

doc. dr. sc. Marija Duvnjak

Zagreb, rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Elena Čavlek**, JMBAG 0178110888, rođen/a 02.12.1997. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**UTJECAJ TVRDOĆE ZRNA KUKURUZA NA *IN VIVO* PROBAVLJIVOST U GOLUBOVA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Elena Čavlek**, JMBAG 0178110888 naslova

**UTJECAJ TVRDOĆE ZRNA KUKURUZA NA *IN VIVO* PROBAVLJIVOST U GOLUBOVA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Doc. dr. sc. Marija Duvnjak mentor
2. Doc. dr. sc. Kristina Kljak član
3. Izv. prof. dr. sc. Mirna Mrkonjić Fuka član

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Zahvala

*Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Mariji Duvnjak na mogućnosti izrade i realizacije ovoga rada te na strpljenju, razumijevanju i pomoći.*

*Ovime zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji, posebno roditeljima i bratu što su mi uvijek pružali potporu, nadu i vjeru da je sve u životu moguće uz malo rada i truda. Što su uvijek vjerovali u mene kada sama nisam bila svjesna svojih sposobnosti i vrlina.*

*Zahvaljujem ocu što je "posudio" golubove za pokus i na pomoći.*

*Također, zahvaljujem svojim prijateljima što su teške, naporene i usamljene dane studiranja učinili lakšima i veselijima.*

## *Hvala!*

# Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
1.1. Cilj istraživanja .....	2
<b>2. Razrada literature.....</b>	<b>3</b>
2.1. Kukuruz.....	3
2.1.1. Klasifikacija kukuruza .....	4
2.1.2. Struktura zrna.....	6
2.2. Karakteristike probavnog sustava golubova.....	8
2.2.1. Feces golubova - fizikalno-kemijske i mikrobiološke karakteristike .....	11
2.3. Hranidba i hranidbene potrebe golubova .....	11
2.3.1. Hranjivost kukuruza.....	14
2.3.2. Tvrdća zrna .....	15
2.4. Probavljivost kukuruza u peradi.....	18
2.4.1. Metode određivanja probavljivosti.....	20
<b>3. Materijali i metode.....</b>	<b>21</b>
3.1. Opis pokusa .....	21
3.1.1. Fizikalne analize zrna kukuruza .....	23
3.1.2. Hranidbeni tretmani.....	25
3.2. Sakupljanje podataka.....	26
3.2.1. Masa goluba .....	26
3.2.2. Konzumacija hrane .....	27
3.2.3. Masa fecesa.....	28
3.4. Probavljivost suhe tvari .....	29
3.3. Svojstva fecesa .....	30

3.3.1. pH fecesa .....	30
3.3.2. Mikrobiologija fecesa .....	30
3.5. Statistička obrada podataka .....	30
<b>4. Rezultati i rasprava .....</b>	<b>32</b>
4.1. Fizikalna svojstva hibrida kukuruza .....	32
4.2. Utjecaj hibrida na probavljivost i proizvodne parametre .....	35
4.3. Utjecaj hibrida na svojstva fecesa .....	37
<b>5. Zaključak .....</b>	<b>40</b>
<b>6. Popis literature .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Životopis .....</b>	<b>46</b>



## Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Elena Čavlek**, naslova

### **UTJECAJ TVRDOĆE ZRNA KUKURUZA NA *IN VIVO* PROBAVLJIVOST U GOLUBOVA**

Kukuruz predstavlja primarno krmivo u hranidbi životinja, ali su podaci o probavljivosti zrna kukuruza u golubova minimalni, pogotovo hibrida kukuruza koji se razlikuju u svojim fizikalnim karakteristikama. Stoga je cilj rada bio istražiti utjecaj tvrdoće kukuruzana *in vivo* probavljivost, proizvodne parametre, pH fecesa i mikrobiotu fecesa u golubova. U 15 odvojenih kaveza 15 golubova bilo je podijeljeno u 3 skupine te je svaka skupina golubova hranjena s jednim od triju hibrida kukuruza koji su se razlikovali u tvrdoći zrna. Rezultati istraživanja pokazali su da tvrđi hibrid ima signifikantno višu probavljivost u odnosu na najmekši hibrid (88,40 % vs 84,69 %), ali ne i u odnosu na hibrid koji je pokazivao srednju tvrdoću i srednju probavljivost (87,55 %). Dodatno, hranidba s najtvrđim hibridom ukazala je na povoljnije karakteristike fecesa: niži, ali ne preniski pH (7,11) i veći broj laktobacila u fecesu ( $1,25 \times 10^{10}$  CFU/g) u odnosu na ostala dva hibrida (pH: 7,77 i 7,36; laktobacili:  $3,9 \times 10^8$  CFU/g i  $9,2 \times 10^8$  CFU/g). Salmonela nije pronađena niti u jednom fecesu golubova. Ovo istraživanje ukazuje na važnost fizikalnih karakteristika hibrida u odabiru odgovarajućeg hibrida kukuruza u hranidbi golubova pri čemu tvrđi hibridi imaju bolju probavljivost i daju povoljnije karakteristike fecesa.

**Ključne riječi:** golub, tvrdoća kukuruza, probavljivost ST, mikrobiota fecesa

## Summary

Of the master's thesis – student **Elena Čavlek**, entitled

### **THE INFLUENCE OF CORN GRAIN HARDNESS ON *IN VIVO* DIGESTIBILITY IN PIGEONS**

Corn is the primary feed in animal nutrition and is therefore important in pigeon feeding, but data on the corn digestibility in pigeons is minimal and insufficient for modern pigeon feeding, especially of corn hybrids that differ in their physical characteristics. Therefore, the aim of this study was to investigate the influence of corn grain hardness on the *in vivo* digestibility, consumption, growth, and fecal pH and fecal microbiota in pigeons. In 15 separate cages 15 pigeons were divided into 3 groups where each group of pigeons was fed with one of three corn hybrids differing in grain hardness. The results of the study showed that hybrid showing the highest hardness has a significantly higher digestibility compared to the softest hybrid (88.40% vs. 84.69%), but not with the third hybrid of medium hardness and digestibility (87.55%). In addition, feeding with the hardest hybrid resulted in more favorable fecal characteristics: lower but not low pH (7.11) and higher number of lactobacilli in the feces ( $1.25 \times 10^{10}$  CFU/g) compared to the other two hybrids (pH: 7.77 and 7.36, lactobacilli:  $3.9 \times 10^8$  CFU/g and  $9.2 \times 10^8$  CFU/g). Salmonella was not found in any feces of pigeons regardless of hybrid pigeons consumed. This study indicates the importance of the physical characteristics of hybrids in selecting the appropriate corn hybrid in pigeon nutrition where hard hybrids resulted in higher digestibility and more favorable fecal characteristics.

**Keywords:** pigeon, corn hardness, ST digestibility, fecal microbiota

## 1. Uvod

Prvi kontakt čovjeka i goluba zabilježen je još u starijem kamenom dobu, kada je čovjek živio u pećini te lovio golubove i sakupljao njihova jaja u svrhu prehrane obitelji. Kako je vrijeme odmicalo tako su ljudi sve više boravili s golubovima i njihovim mladuncima u svrhu pripitomljavanja i uzgoja životinja kao dragocjen izvor mesa i jaja. Prvi uzgoj golubova zabilježen je u starom vijeku između rijeke Eufrata i Tigrisa, a ubrzo se proširio Sirijom i Ciprom. Iz Sirije je pitomi golub prenijet u Grčku gdje je dobio svoju ulogu u prijenosu pošte. Kako su golubovi služili u prijenosu pisama, tako se brzo proširio njihov uzgoj na područje Italije odnosno na područje grada Rima te se iz Rima postepeno širio na ostala područja Europe. Rimljani su izrazito brzo napredovali u uzgoju tadašnjih golubova i prvi vodili matične knjige svojih jedinki. Umaticeni golubovi su imali dodatku vrijednost i svoju cijenu.

Razvoj suvremenog golubarstva se grana uglavnom u dva pravca, a to je uzgoj golubova za sport, zabavu i izložbe, uglavnom kao hobi ili za ekonomski uzgoj odnosno proizvodnju mesa. Danas ima veći značaj uzgoj golubova za meso jer je poznato da golublje meso ima povoljne dijetalne osobine, koriste ga osobe s dijabetesom i osobe koje imaju probavne poremećaje. Kako bi se postigao maksimalan uspjeh u uzgoju golubova (ili hobi ili za meso), uzgajivači trebaju poznavati osnove reprodukcije, uvjete smještaja, selekciju i što je najznačajnije, hranidbu goluba.

Kukuruz je najviše korištena žitarica u hranidbi golubova u Hrvatskoj te je i jedan od najvažnijih sastojaka konzumnih smjesa za golubove. Najviše se koristi zato što kukuruz dobro uspijeva u našem podneblju te ga ljudi mogu sami uzgojiti bez financijskih opterećenja kupovne hrane. Dodatno, korištenje kukuruza u hranidbi životinja proizlazi i iz njegovih izvrsnih nutritivnih karakteristika. U prosjeku kukuruz u usporedbi s ostalim žitaricama sadrži u najvećoj mjeri škrob (64 % ST) te je jedna od energijom najbogatijih žitarica kojom se mogu hraniti sve vrste i kategorije domaćih životinja. Škrob se nalazi u granulama u endospermu zrna koje su obavijene skladišnim proteinima zeinima koji utječu na dostupnost škroba, ali i na fizikalno-kemijske karakteristike zrna. Tvrdća zrna je jedna od važnijih fizikalnih karakteristika koja upućuje na tip endosperma zrna, ali i na moguću hranjivost zrna kukuruza. Iako se izrazito često koristi, kukuruz u hranidbi golubova nije detaljno istražen, nema podataka o njegovoj hranjivoj vrijednosti, probavljivosti i utjecaju na kvalitetu mesa i zdravlje golubova ili mikrobiotu probavila. Općenito, mikroorganizmi u probavilu životinja ovise o tipu hranidbe te imaju značajan utjecaj na proizvodna svojstva životinja.

## 1.1. Cilj istraživanja

Domaći golubovi uzgajaju se već dugi niz godina, ali je vrlo malo poznato o njihovoj hranidbi i hranidbenim potrebama. Kukuruz danas čini najvažnije energetske krmivo u hranidbi životinja pa tako i u hranidbi golubova, ali podaci o probavljivosti zrna kukuruza kod golubova su minimalni i za suvremenu hranidbu golubova nedostatni. Prema dostupnim literaturnim podacima vidljivo je kako fizikalna svojstva zrna ukazuju na tip endosperma zrna, a koji izravno utječe na probavljivost zrna u monogastričnih i poligastričnih životinja dok su podaci za golubove nedostupni. Na temelju navedenog formirane su sljedeće hipoteze i cilj istraživanja:

1. Različiti hibridi kukuruza koji se razlikuju u tvrdoći zrna značajno će se razlikovati u *in vivo* probavljivosti suhe tvari u golubova pri čemu će tvrđi hibridi imati višu *in vivo* probavljivost suhe tvari
2. Povećanje tvrdoće zrna različitih hibrida utjecat će povoljno na proizvodne parametre u golubova

Cilj rada je ustanoviti utjecaj tri različita hibrida kukuruza koji se razlikuju u tvrdoći zrna kukuruza na *in vivo* probavljivost suhe tvari i proizvodne parametru golubova. Usporedno će se ispitati i utjecaj hranidbe različitim hibridima kukuruza na pH fecesa i mikrobiotu fecesa u golubova.

## 2. Razrada literature

### 2.1. Kukuruz

Kukuruz (*Zea mays L.*) je ratarska kultura koja potječe iz Srednje Amerike gdje se uzgaja još od 7,000 godina prije naše ere. Iz Meksika, koji se smatra pradomovinom kukuruza, proširio se na sjever prema Kanadi i na jug prema Argentini. Otkrićem američkog kontinenta prenesen je u Europu, gdje se iz Španjolske proširio na Francusku, Njemačku, Austriju te na istok Europe, a zatim i na druge kontinente. Na područje Balkana kukuruz je donesen u 17. stoljeću, a u naše područje za vrijeme Habsburške Monarhije. Danas se kukuruz uzgaja u cijelom svijetu; područje uzgoja vrlo mu je veliko, što mu omogućava različita duljina vegetacije, raznolika mogućnost upotrebe i izvrsna prilagodljivost, tako se kukuruz može uzgajati i na lošijoj kvaliteti tla i u lošijim klimatskim uvjetima (Grbeša 2016.).

Od svih žitarica kukuruz se najviše proizvodi u svijetu (988 milijuna tona godišnje). Proizvodnja kukuruza iznimno je važna privredna djelatnost, primjerice u SAD-u je u 2014. godini ostvarila prihod od gotovo 62 milijarde dolara, što je više nego u proizvodnji svih ostalih žitarica zajedno (Grbeša 2016.). SAD je glavni proizvođač kukuruza te ga slijede Kina, Europska Unija i Brazil. Europska Unija proizvodi više nego dovoljno pšenice (127 %) i ječma (124,4 %) i nedovoljno kukuruza (87,3 %) za zadovoljenje hranidbenih potreba vlastite animalne proizvodnje. Točnije, u hranidbi životinja potroši se najviše ili 67 % svjetske proizvodnje kukuruza pa on od svih ratarskih i industrijskih kultura najviše ili 33 % podmiruje energetske i čak 13 % proteinskih potreba svjetske animalne proizvodnje (Grbeša 2016.). U Europskoj Uniji proizvede se 78 milijuna tona kukuruza i još se uveze 11,5 milijuna tona žitarica za hranidbu životinja. Najveća je proizvodnja (u milijunima tona u 2014.) kukuruza u Francuskoj (18,5) pa Rumunjskoj (12), slijede Italija i Mađarska (9,2). Iako Hrvatska proizvodi 2,1 milijun tona ili 2,7 % europske proizvodnje, mi smo 10. po redu proizvođač kukuruza među 28 država Europske Unije (Grbeša 2016.).

Gospodarski značaj kukuruza proizlazi iz svojstava same biljke, raznovrsnosti upotrebe i obima proizvodnje. Gotovo svi dijelovi biljke kukuruza, osim korijena, mogu poslužiti za preradu pa upravo to daje kukuruzu poseban ekonomski značaj. Već dugi niz godina biljka kukuruza je poznata po raznovrsnoj upotrebi kao hrana, krma, bezalkoholno, alkoholno piće, građevinski materijal, gorivo, kao ljekovita i ukrasna biljka. Kako je napredovala industrija tako se od svih dijelova biljke počeo stvarati veliki asortiman proizvoda koji se sada broje na više stotina (Bekrić i Radosavljević 2008.). Prema Grbeši (2016.), 60–80 % proizvedene količine kukuruza potroši se u hranidbi životinja, a ostatak kukuruza se upotrebljava u proizvodnji bioetanola i motornog goriva. Pored bioetanola, posljednjih nekoliko godina, veliku pažnju privukao je i novorazvijeni biopolimer PLA (engl. polylactic acid, PLA) koji se proizvodi iz kukuruza (Bekrić i Radosavljević 2008.).

### 2.1.1. Klasifikacija kukuruza

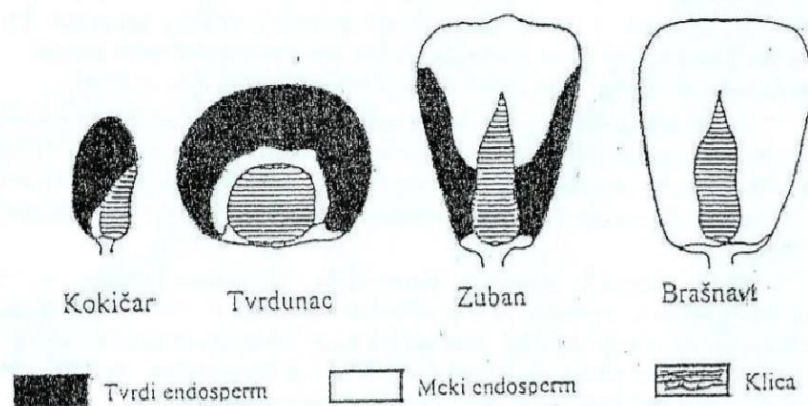
Kukuruz ima širok areal rasprostranjenosti. U Hrvatskoj je najzastupljeniji usjev, a prosječan prinos je oko 9 tona po hektaru (FAOSTAT, 2019.). U razvijenim zemljama siju se hibridi kukuruza visokog i stabilnog uroda te dobre otpornosti na određene bolesti, dok je u nerazvijenim zemljama upotreba hibrida vrlo rijetka. Svi europski hibridi nastali su klasičnim metodama oplemenjivanja bez manipulacije genima, dok se na američkom tržištu nalazi i genetski modificirani kukuruz. Bio kukuruz hibrid ili ne, postoje različite karakteristike zrna. Kukuruz je izrazito varijabilna biljka, tako na temelju karakteristika zrna postoji 9 različitih tipova ili podvrsta kukuruza (Grbeša 2008.).

Prema Kovačević i Rastija 2014. (Efinger, 2020.) kukuruz se prema karakteristikama zrna dijeli na:

1. *Zea mays indentata* (zuban)- ima najveće gospodarsko značenje. Stvara visok i debeli klip cilindričnog oblika s obično 16 do 18 redova zrna. Zrno je žute, bijele ili crvene boje i relativno krupno te plosnato. Rub zrna je staklaste građe, a vrh i unutrašnjost su brašnavi. Zuban ima visoke prinose zrna, ali je slabije kvalitete u kontekstu ljudske prehrane (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
2. *Zea mays indurata* (tvrđunac)- ima veliki gospodarski značaj i širok areal rasprostranjenosti. Ima najveću botaničku raznolikost na razini podvrste. Klip je manji i tanji nego kod zubana i obično ima 8 do 12 redova zrna. Visina biljke je u pravilu manja nego kod zubana, a sklon je stvaranju zaperaka. U usporedbi sa zubanom zrna su manja, bijele, žute, narančaste i crvene boje, okruglasta i tvrda te sjajnije površine jer sadrže više bjelančevina (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
3. *Zea mays saccharata* (šećerac)- nastao je mutacijom zubana i tvrđunca (pojava recesivnih gena tzv. sugary gena). Stabljika je niža s više zaperaka i klipova, sklona je polijeganju i slabije otpornosti na bolesti i štetnike. U gospodarskoj zriobi zrna su smežurana, a endosperm je caklav i poluproziran sa malo škroba a puno vodotopivih proteina i masti. Šećerac se koristi u ljudskoj prehrani u fazi mliječne i mliječno-voštane zriobe (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
4. *Zea mays everta* (kokičar)- je jedna od najstarijih podvrsta kukuruza. Sklon je stvaranju više klipova na jednoj stabljici pri čemu su klipovi sitniji. Zrno je također puno sitnije te može biti okruglo i izduženo, a prinos zrna je nizak u usporedbi s većinom ostalih podvrsta. Zagrijavanjem zrna oslobađa se vodena para iz škrobnih zrnaca te se povećava volumen zrna koje dovodi do pucanja perikarpa. Povećanje volumena zrna jedan je od kriterija kvalitete kokičara. Zrno je izduženog, zaoštrenog i ekstremno tvrdog endosperma. Endosperm je skoro u potpunosti caklav osim malog dijela oko klice gdje je brašnast (Jurišić 2008., Aleuš, 2011.);

5. *Zea mays amylacea* (mekunac)- je podvrsta koja ima mekano zrno bez sjaja i brašnasti endosperm bogat škrobom te je pogodan u prehrambenoj industriji kao sirovina za dobivanje škroba. Ima krupno zrno bijele, plave i ljubičaste boje, a klica se lako odvaja od endosperma te se iz njega dobiva škrob visokog stupnja čistoće. Slabije je otpornosti prema bolestima pa se stoga uzgaja u područjima sa suhom klimom (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
6. *Zea mays ceratina* (voštani kukuruz ili voštanac)- je podvrsta kukuruza koja nema osobito gospodarsko značenje i uskog je areala rasprostranjenosti. Nastao je mutacijom odnosno pojavom waxy gena na devetom kromosomu. Zrno je slično tvrduncu, ali ima mutan sjaj po čemu je i dobio ime. Unutrašnjost endosperma je mekana i brašnasta, a vanjski dio je tvrd, neproziran i podsjeća na vosak (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
7. *Zea mays semidentata* (poluzuban)- je vrlo sličan zubanu, ali ima manje izražena udubljenja na zrnu u odnosu na zubane te ima nešto veći sadržaj endosperma (Jurišić 2008., Aleuš, 2011.);
8. *Zea mays amylo-saccharata* (škrobni šećerac)- je podvrsta sa svojstvima između šećerca i škrobnog kukuruza. Zrno je klinasto, donji dio je brašnast, a gornji je caklav i smežuran te sadrži staklasti poluprozirni endosperm s malim sadržajem škroba. Nema veliko gospodarsko značenje, a uglavnom se uzgaja na području Južne Amerike (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.);
9. *Zea mays tunicata* (pljevičar)- je specifična i vrlo rijetka podvrsta kukuruza kod koje su zrna na klipovima obavijena pljevicama. Nema veliko gospodarsko značenje, a nastala je mutacijom odnosno pojavom tunica (Tu) gena na četvrtom kromosomu pri čemu je svako zrno umotano u pljevicu (Kovačević i Rastija 2014., Efinger, 2020.).

Prema Grbeša 2008., najviše su zastupljene podvrste kukuruza zubana (*Zea mays indentata*) i tvrdunca (*Zea mays indurata*) te im pripada najveći broj kultivara i hibrida, radi njihove namjene u hranidbi životinja gdje se i najviše kukuruz upotrebljava. Bitno je prilikom sjetve odvojiti vremena za odabir sjetvenog kukuruza s obzirom na karakteristike zrna i njegove kasnije namjene (hranidba životinja, prehrana ljudi, bioetanol itd.). Odabir hibrida kukuruza za sjetvu određuje njegova pogodnost da se ostvare visoki prinosi i otpornost na bolesti u agroekološkim uvjetima (FAO grupa) sjetvenog područja, a zatim se gleda njegova namjena. U RH se za hranidbu životinja siju hibridi različitih udjela caklavog i brašnastog endosperma (slika 2.1.1.1.), dok su za prehrambenu industriju najvažniji šećerac i hibridi s caklavim endospermom. U proizvodnji etanola koriste se hibridi s visokim udjelom škroba, zrnima velikih dimenzija i srednje gustoće (Paulsen i sur. 2003., Aleuš 2011.).



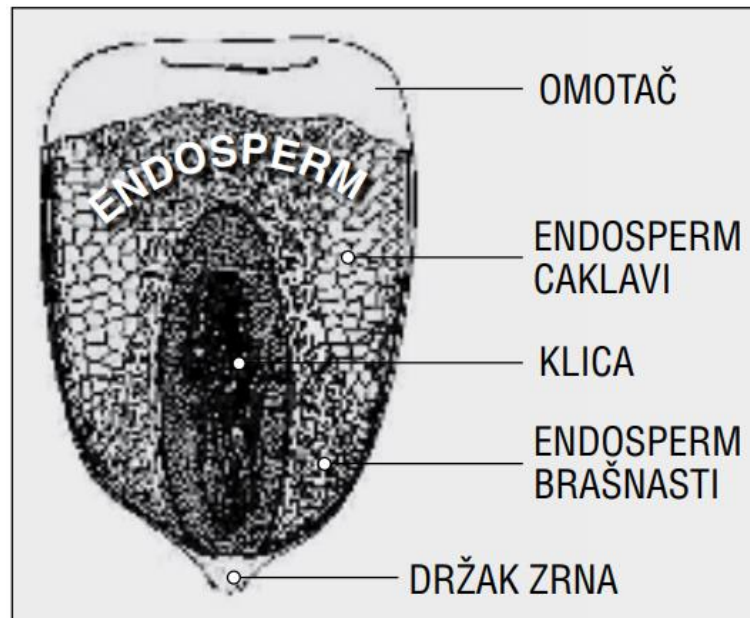
Slika 2.1.1.1. Položaj i odnos tvrdog i mekog endosperma te oblik zrna kod četiri podvrste kukuruza

Izvor: [https://www.bib.irb.hr/799429/download/799429.Andrej\\_Medvecki\\_diplomski.pdf](https://www.bib.irb.hr/799429/download/799429.Andrej_Medvecki_diplomski.pdf)

## 2.1.2. Struktura zrna

Poznavanje građe i strukture zrna kukuruza važno je kako bi se razumio kemijski sastav i hranidbena vrijednost kukuruza. Kao što je vidljivo iz slike 2.1.2.1. četiri osnovna dijela zrna kukuruza su endosperm, klica, omotač (perikarp) i drška zrna (Grbeša 2016., Vlajsović, 2020.). Građa zrna farmeru je odličan pokazatelj hranidbenih i fizikalnih svojstava zrna. Najveći dio mase zrna 83,77 % čini endosperm, slijedi klica s 11,35 %, pa košuljica ili omotač s 5 % i s manje od 1 % drška (Grbeša 2008.). Škrob čini 86–89 % ukupne težine endosperma (Watson 2003., Aleuš, 2011.).





Slika 2.1.2.1. Građa zrna kukuruza

Izvor: [https://www.researchgate.net/profile/Darko-](https://www.researchgate.net/profile/Darko-Grbesa/publication/266217637_Bc_hibridi_kukuruza_u_hranidbi_zivotinja/links/594010d9a6fdcce5723384c8/Bc-hibridi-kukuruza-u-hranidbi-zivotinja.pdf)

[Grbesa/publication/266217637\\_Bc\\_hibridi\\_kukuruza\\_u\\_hranidbi\\_zivotinja/links/594010d9a6fdcce5723384c8/Bc-hibridi-kukuruza-u-hranidbi-zivotinja.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Darko-Grbesa/publication/266217637_Bc_hibridi_kukuruza_u_hranidbi_zivotinja/links/594010d9a6fdcce5723384c8/Bc-hibridi-kukuruza-u-hranidbi-zivotinja.pdf)

Endosperm se sastoji od dugih stanica u kojima se nalaze granule škroba omotane proteinima u kojima dominira skladišni protein kukuruza (zein). U endospermu se nalazi 98 % škroba kukuruza pa njegov udjel pokazuje sadržaj škroba. Zrno kukuruza sastoji se od različitog udjela caklavog i brašnastog endosperma te njihov omjer određuje fizikalna i kemijska svojstva hibrida (Grbeša 2008.).

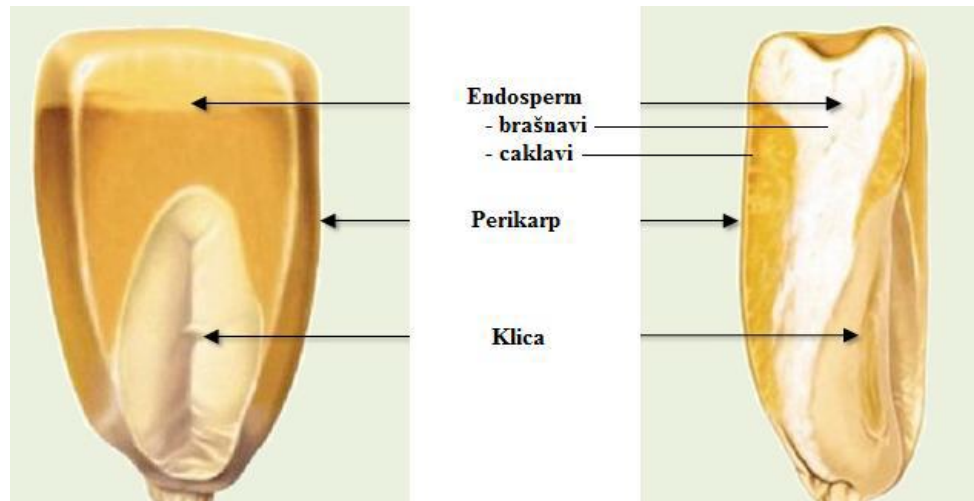
Brašnasti endosperm se nalazi u unutrašnjosti zrna gdje obavija klicu. Sastavljen je od krupnih i okruglih granula škroba, obavijenih tankom proteinskom ovojnicom koje su okružene zračnim džepovima (Zhang i Xu 2019., Vlajsović, 2020.). Sastoji se od preko 90 % škroba te malo proteina i ulja. Brašnasti endosperm je skloniji lomu, ima manju hektolitarsku težinu, manje proteina i ulja, ali više škroba od caklavog endosperma (Grbeša 2008.).

Caklavi ili rožnati endosperm se nalazi odmah ispod perikarpa te je odgovoran za čvrstoću samoga zrna. Sastavljen je od granula škroba obavijenih debljim proteinskim omotačem nego granule škroba kod brašnastog endosperma te se on ne mijenja tijekom sušenja. Osim škroba u caklavom endospermu možemo naći proteine i ulje. Caklavi endosperm sadrži više amiloze u škrobu i proteina koji obavijaju granule škroba. Proteinska tijela su veća i brojnija u caklavom nego brašnastom endospermu (Zhang i Xu 2019., Vlajsović, 2020.). Količina caklavog endosperma u zrnu određena je genetski i raste sa sazrijevanjem i gnojidbom dušikom.

Prema omjeru brašnastog i caklavog endosperma kukuruzno zrno se dijeli na: tvrdunce, polutvrdunce, poluzubane i zubane. Zrna s višim udjelom brašnastog endosperma su mekanija i daju sitniju meljavu, a s višim udjelom caklavog su tvrđa i daju krupniju meljavu pa se škrob iz zubana brže probavlja od škroba iz tvrdunaca. Komercijalni hibridi sadrže od 20 do 80 % škroba u caklavom endospermu. Tvrdunci sadrže pretežito zbijeni teški caklavi

endosperm pa im je kruna zrna zbijena, okrugla i bez udubljenja (Grbeša 2008.). Slika 2.1.2.2. prikazuje smještaj caklavog i brašnog endosperma u zrnju kukuruza.

Hibridi koji sadrže više caklavog endosperma sadrže više proteina, ulja, imaju veću čvrstoću (manje lomova), veću hektolitarsku masu i veću masu 1000 zrna. Perad bolje iskorištava (polu)tvrdunce, hibride s višim udjelom caklavog nego brašnog endosperma. Hibridi s visokim sadržajem caklavog endosperma su ukusniji zbog višeg sadržaja ulja i za probavni sustav zdraviji zbog visokog udjela rezistentnog škroba (Grbeša 2008.).



Slika 2.1.2.2. Smještaj caklavog i brašnog endosperma u zrnju  
Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/The-corn-kernel-structure\\_fig1\\_49176833](https://www.researchgate.net/figure/The-corn-kernel-structure_fig1_49176833)

Klica se nalazi iznad drške te čini 10–12 % mase zrna kukuruza. Sastoji se od skuteluma i embrija te ima ulogu skladišta hranjivih tvari i hormona za embrio. Uglavnom se sastoji od ulja (33 %) i proteina (18,4 %) te šećera i pepela (10,8 %). Protein klice je znatno boljeg aminokiselinskog sastava nego protein endosperma, čak je hranjiv kao animalni protein (Grbeša 2008.). Od ukupne količine ulja u zrnju, najveći postotak se nalazi upravo u klici (82,1 %). Isto vrijedi za minerale i šećere, što potvrđuje činjenicu da je klica skladište hranjivih tvari za razvoj embrija (Grbeša 2016., Vlajsović, 2020.).

Vanjski tanki omotač ili košuljica sjemena kukuruza čini 5 % suhe mase zrna i pri mljevenju se izdvaja kao kukuruzne posije. Sastoji se skoro isključivo od vlakana (90 %) i štiti unutrašnjost zrna od mehaničkih i bioloških oštećenja (Grbeša 2008.).

## 2.2. Karakteristike probavnog sustava golubova

Prema Pavičić (2002.), probavni sustav ptica se bitno razlikuje od probavnog sustava sisavaca. Samo uzimanje hrane različito je od uzimanja hrane u sisavaca pa su se u tom smjeru probavni organi i razvili. U probavni trakt ptica ubrajamo: usta, ždrijelo, jednjak, želudac, crijeva, jetru i gušteraču (slika 2.2.1.). Usne i obrazi u golubova nisu razvijeni, a

sjekutične i donjovilične kosti oblikovane su u koštanu podlogu kljuna. Kljun golubova je zašiljen na vrhu. Osnovu mu čine kosti gornjeg i donjeg kljuna te su presvučene rožnatom navlakom. Meko nepce nije razvijeno, a granicu između usne i ždrijelne šupljine označava red bradavičastih tvorevina na stražnjem dijelu tvrdog nepca i korijenu jezika. U ustima se nalazi jezik koji je na kraju zašiljen i slabo pokretan.

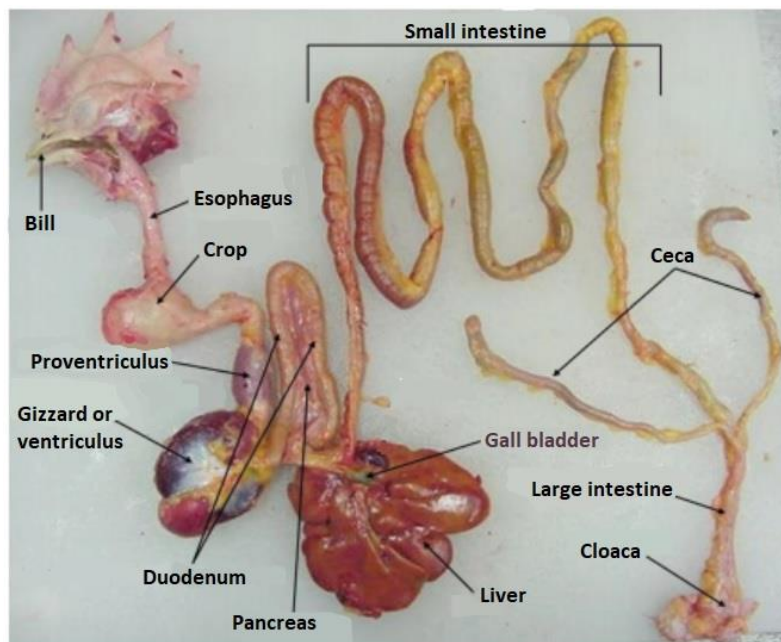
Transport hrane kroz usta može se izvršiti putem nekoliko mehanizama, a sam način ovisi o veličini i težini hrane. Postoje dva mehanizma transporta hrane kroz usta: prvi mehanizam je "uhvati i baci" za velika zrna, a drugi mehanizam je "klizni i slijepi" koji se koristi za transport sitnih zrna. Transport velikih zrna se naziva još i pravi mehanizam jer golubovi uzimaju hranu tako da zrno bace u visinu pomoću trzaja glave te pritom otvore kljun kako bi zrno ušlo u usta. Mehanizam "klizni i slijepi" se događa nakon mehanizma "uhvati i baci" kada zrnca nisu dobro smještena u kljunu te se ona moraju premjestiti u odgovarajući dio kljuna. Zrnca se mogu pomaknuti pomoću pokreta jezika ili opet trzajem glave (Zweers 1982.).

Jednjak predstavlja dio probavnog trakta koji se može jako širiti, a pruža se od ždrijela do žljezdanog želuca. Pred ulaz u tjelesnu šupljinu jednjak se vrećasto širi i stvara voljku. Voljka je kod golubova simetrično podijeljena u dvije vrećice i nalazi se ispod kože, s lijeve i desne strane vrata. Iznutra je presvučena sluznicom u kojoj ima dosta mukoznih žlijezda. Golubima služi kao mjesto sakupljanja hrane. Zbog prisutnih mukoznih žlijezda koje luče enzim mucin dolazi do razmekšavanja hrane. Kod golubova voljka je karakteristična zato što se nakon sedmog dana sjedenja na jajima počinje naglo razvijati, što se nastavlja sve do nekoliko dana poslije izlaska mladunca iz jajeta. Voljka tijekom perioda sjedenja na jajima odeblja za 3 mm te se stanice pune mašću. Nakon toga se epitelne stanice postepeno ljušte i padaju u šupljinu voljke. Na taj način nastaje takozvano golublje mlijeko. Golublje mlijeko proizvode oba spola te služi kao hrana mladuncima u njihovim prvim danima života. Pražnjenje voljke ovisi o njejoj ispunjenosti hranom. Ako se u voljci nalazi hrana različite čvrstoće tada će u želudac ići prvo najmekša hrana (Pavičić 2002.).

Želudac u ptica pa tako i u golubova je podijeljen na žljezdani želudac i mišićni želudac koji su spojeni kratkim suženjem (*isthmus*). U žljezdanom želucu se luče želučani enzimi i klorovodična kiselina te se tako pomiješani sadržaj potiskuje u mišićni želudac. U epitelu žljezdanog želuca nalazimo dva tipa stanica: epitelijalne koje luče sluz i parietalne koje luče klorovodičnu kiselinu i pepsin. Mišićni želudac ima oblik diska te je građen od četiri mišića koji su posloženi tako da se rotacionim kretnjama vrši mehanička razgradnja hrane (Harrison i Lightfoot 2006., Vlašić, 2019.). Sluznica mu je pokrivena čvrstom rožnatom membranom koja je sekret žlijezda sluznice mišićnog dijela želuca. Uz pomoć kamenčića koji se nalaze u njemu i vlastitih kontrakcija u želucu se melje zrnasta hrana. Sitni kamenčići koji potpomažu mehaničko usitnjavanje hrane i izazivaju refleksni nadražaj, potpuno se troše i postaju glatki. Odstranjuju se iz organizma u obliku sitne, fine prašine preko usta ili kloake (Pavičić 2002.).

Anatomski razlikujemo tri dijela tankog crijeva: dudenum, jejunum i ileum. Dudenum se uzdiže iz pilorusa mišićnog želuca i čini dvostruku petlju na desnoj strani oko gušterače te prelazi u jejunum. Pri završetku, ulijevaju se dva žučovoda i odvodni kanali

gušterače. Najviše crijevnih resica nalazimo u duodenumu. Jejunum se razlikuje svojom dužinom i zelenosivom bojom od ostalih dijelova crijeva. Ileum je kraće i nešto deblje crijevo od jejunuma. Između jejunuma i ileuma nema vidljive granice. Cijelo tanko crijevo pokriveno je jednostavnim cilindričnim epitelom s mnogo vrčastih stanica (Pavičić 2002.). Debelo crijevo je znatno kraće nego u sisavaca te je otprilike iste debljine kao i tanko crijevo (O'Malley 2005., Vlašić, 2019.). U golubova postoje dva vrlo kratka slijepa crijeva, duga svega nekoliko milimetara. Kolon nalazimo s donje strane kralježnice. Ono završava proširenjem, koje na kraju prelazi u kloaku (Pavičić 2002.). Crijeva i crijevne resice pomažu u apsorpciji hranjivih tvari u tijelo. Ostatak koji se nije apsorbirao ide kao otpad u debelo crijevo te se izlučuje kroz kloaku. Prema Vazačova i Münzbergova (2013.), vrijeme prolaska hrane kroz crijeva kreće se od 55 do 140 minuta kod golubova. Međutim vrijeme prolaska ovisi o mnogobrojnim faktorima kao što su: sastav hrane, konzistencija, tvrdoća, sadržaj vode ili količina konzumirane hrane. Probavni sustav ptica završava nečisnicom ili kloakom (*cloaca*) u koju se ulijevaju izvodni kanali probavnog, spolnog i mokraćnog sustava (Klasing 1999., Vlašić 2019.).



Slika 2.2.1. Probavni sustav peradi

Izvor: <http://people.eku.edu/ritchisong/birddigestion.html>

Jetra je najveća žlijezda u organizmu i ima neobično važnu ulogu u cjelokupnoj hranidbi. Njezine stanice izlučuju žuč koja se pomoću malih žučnih kanala sakuplja i preko žučovoda izravno, u golubova, odvodi u crijevo gdje sudjeluje u probavi hrane. Ona leži u donjem dijelu tjelesne šupljine. Sastoji se od dva dijela i to desnog i lijevog režnja. U golubova je desni režanj dva puta teži i veći od lijevog. Žučne vrećice u golubova nema, nego se žuč pomoću dva žučovoda neprestano ulijeva u duodenum (Pavičić 2002.). U odnosu na masu tijela znatno je veća nego kod sisavaca (Klasing 1999., Vlašić, 2019.).

Gušterača se nalazi između oba kraka duodenuma. Iz gušterače izlaze tri tanka odvodna kanalića koji ulijevaju gušteračin sadržaj pored žučovoda u duodenum. Gušterača je duga, uska i žućkastocrvenkasta (Pavičić 2002.).

Eksperimentalna procjena probavnog sustava goluba pokazala je da je prosječna brzina prolaska hrane između 5,3 i 8,6 sati, ovisno o prirodi upotrijebljenog markera. Ukupna dnevna proizvodnja fecesa, ovisno o količini konzumirane hrane se kreće u rasponu od 11 g do 26 g u razdoblju od 24 sata te jedan golub godišnje može proizvesti 4-12 kg izmeta (Spennemann i Watson 2017.).

### **2.2.1. Feces golubova - fizikalno-kemijske i mikrobiološke karakteristike**

Prema Spennemann i Watson (2017.), golubovi koji su hranjeni s većim postotkom proteina u smjesi i golubovi koji su pili *ad libitum* vodu u kavezu izlučivali su feces s više mokraćne kiseline odnosno bio je niži pH fecesa. Isto tako, zabilježili su razlike pH fecesa u odnosu na spol goluba. Kada ženka goluba iskorištava hranu za proizvodnju jaja, kalcij se taloži u ljusci te se ne izlučuje putem fecesa pa je feces ženke tada nešto niže pH vrijednosti od mužjaka. Isto tako, prema Spennemann i Watson (2017.), pH fecesa se može razlikovati za dvije pH jedinice unutar jedne vrste ovisno o hrani koju konzumiraju životinje. Životinje koje su hranjene potpunom krmnom smjesom su izlučivale kiseliji feces (pH 5,5), dok su životinje koje su bile na dijeti izlučivale blago lužnati feces (pH 7,9).

Prema Martin i sur. (1972.), najčešće anaerobne bakterije izolirane iz fecesa goluba su: *Eubacterium lentum* i *Clostridium perfringens*. Tijekom bakteriološke analize otkriven je nedostatak anaerobnih gram negativnih bakterija u fecesu. Od fakultativno anaerobnih bakterija zabilježene su: *Lactobacillus* sp., *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus* sp. i *Streptococcus* sp..

### **2.3. Hranidba i hranidbene potrebe golubova**

U prirodnim uvjetima golubovi konzumiraju hranu biljnog podrijetla, uzimaju više vrsta sjemena velikog broja poljoprivrednih biljaka i korova, isto tako konzumiraju velike količine mahunarki i sjemena trave tijekom razdoblja kada su one dostupne. Prema Moon i Zeigler (1979.), broj dostupnih sjemenki i način prezentacije hrane može utjecati i na apsolutni unos ponuđenog sjemena i na njegov doprinos ukupnom dnevnom unosu hrane. Također, dokazali su da golubovi koji imaju ponuđene tri različite vrste sjemena konzumiraju uvijek jednu vrstu najmanje, a kada se samo ta vrsta sjemena ponudi pojest će gotovo sve za podmirenje vlastitih potreba. Isto tako, zabilježili su da golubovi prilikom svih 30 dana pokusa konzumiraju istu vrstu sjemena bez obzira na ponuđene ostale vrste. Golubovima su ponudili različite veličine sjemena te su zabilježili kako je najmanje sjeme najmanje konzumirano, a najveće sjeme najviše.

Potvrđeno je da perad preferira određene žitarice što je najvjerojatnije povezano s njihovim oblicima, veličinom ili nekim drugim razlogom (Xie i sur. 2016.). Danas se u

proizvodnji golubova mesnog tipa koriste dva tipa hranidbe. Jedna metoda koristi cjelovite žitarice uz dodatak dopunske krmne smjese, a druga koristi metodu hranjenja samo s tri različite vrste sjemena (grašak, kukuruz i pšenica). Mladunci golubova rastu brže od svih ostalih vrsta peradi što zahtjeva velike potrebe za energijom i proteinima koje pruža mlijeko golubova. U eksperimentu Xie i sur. (2016.), mjerena je masa golubova 7. dana i 14. dana nakon valjenja te su utvrdili da se masa golubova gotovo udvostručila prilikom drugog vaganja. Golubovi hranjeni kukuruzom i pšenicom imali su najveći napredak u razvoju i tjelesnoj masi u odnosu na golubove koji su hranjeni jednom vrstom žitarica i dopunskom krmnom smjesom. Prema Xie i sur. (2016.), golubovi najbolje napreduju na *ad libitum* hranidbi cjelovitim zrnima kukuruza i pšenice u odnosu na komercijalnu hranu.

Prema Sales i Janssens (2003a.), mladunci se prva tri dana života hrane samo golubljom mlijekom. Golubovi proizvode mlijeko najčešće do 14. dana od valjanja, a "laktacija" se može produljiti najkasnije do 28. dana ovisno o prirodnim uvjetima i dostupnosti hrane. Mladunci prva tri dana konzumiraju čisto golublje mlijeko, zatim dobivaju za hranu zrna koja su prethodno bila u voljci roditelja gdje su natopljena mlijekom. Kako mladunci rastu zrna se sve manje natapaju mlijekom te mladunci počinju samostalno uz roditelje konzumirati krutu hranu. Preporuča se mladunce hraniti s 20–22 % proteina i 13,4–13,39 MJ/kg metaboličke energije. S druge strane, potrebe odraslog goluba za proteinom i energijom su varijabilnije te se za proteine kreću od 12 do 18 %, a energijom 11,1–13,2 MJ/kg metaboličke energije (Sales i Janssens 2003a.). Potrošnja hrane po jednom mladuncu u toku u mjesec dana iznosi od 3,55 do 4,83 kg (Pavičić i sur. 2002.).

Prema Kabir (2019.), pravilna hranidba i držanje golubova sprječava sve bolesti. Većina ljudi ne shvaća hranidbu golubova te golubove hrani s potpunim smjesama za tovne piliće, što ima za posljedicu veću tjelesnu masu i sterilitet golubova. Isto tako, postoji problem hranidbe s pšenicom. Naime, pšenica se tretira s mnoštvom insekticida te ako nije prije uporabe oprana i posušena na prirodnom svjetlu ona uzrokuje negativni takozvani labavi hod u golubova. Voda bi se trebala mijenjati dva puta dnevno zbog zadržavanja svježine i zbog inhibicije uzročnika bolesti.

Prirodna hrana golubova uglavnom se sastoji od sjemenki, međutim njihova hranidba danas se pomiče prema kokicama, kikirikiju, kruhu, odnosno uglavnom onome što golubovi nađu u gradskim sredinama i ljudskom otpadu. Prema Biedermann i sur. (2012.), od svih tipova sjemena laboratorijski golubovi najviše odabiru suncokret i kikiriki zbog njihove slične kemijske građe. Oba sadrže visoki udio ulja s polinezasićenim i mononezasićenim masnim kiselinama. Sljedeća najodabranija hrana su sjemenke kukuruza i sirka, radi visokog sadržaja ugljikohidrata odnosno škroba. Najmanje konzumirana hrana je grašak, koji sadrži visoki udio jednostavnih šećera. Od konzumirane hrane suncokret, kikiriki, kukuruz i sirak sadrže najviše kalorija i imaju veliku energetska dostupnost. Dodatno, golubovi preferiraju veća zrna što je vidljivo iz njihovog odabira, dok su mrvice kruha ostale potpuno netaknute (Biedermann i sur. 2012.).

Dilks (2012.) s druge strane pokazuje da je grašak najvažnija hrana, čineći 4 % godišnje hranidbe, divljih golubova. Osim graška, divlji golubovi konzumiraju kukuruz te u nestašici

graška grah. Isti autor bilježi također i konzumaciju raži, ječma, djeteline i kukaca. Grašak i leća su najvažniji izvor proteina ali sadrže nisku razinu energije koja se nadomješta s energetskim krmivom poput kukuruza. Suncokret i konoplja su također dobar izvor proteina, ali i energije zbog visokog sadržaja ulja. Od svih krmiva, žitarice pokazuju visoku probavljivost. Nasuprot tome, probavljivost leće i konoplje bila je nešto niža (Hullar i sur. 1999.).

Redovito se promatraju populacije gradskih golubova koje ukazuju na ovisnost golubova o čovjeku. Golubovi se danas hrane najčešće prosipanom hranom odnosno otpadnom hranom koju ljudi bacaju i hranom koju ljudi ostave u svrhu hranjenja ptica (sjemenke i kruh). Prema Spennemann i Watson (2017.), divlji golubovi postali su potpuno ovisni o hrani za ljude, gdje je većina golubova jela „umjetnu“ hranu koju su ljudi davali ili odbacivali, od kojih je većina hrane bila kruh i kolač.

Kukuruz je najviše korištena žitarica u hranidbi golubova, pogotovo golubova u uzgoju (slika 2.3.1.). Njegov udio u obroku treba iznositi 25 %, iako golubovi dobro podnose i veće količine kukuruza u hranidbi (35–45 % pa čak i do 65 % zimi). No u takvim slučajevima obrok treba nadopuniti proteinskim krmivima i mineralima jer je kukuruz siromašan proteinima i mineralnim elementima. Uzgajatelji golubova najradije koriste žuti kukuruz. Ako se golubovima daje bijeli kukuruz, onda to treba učiniti tako da u obroku bude bijelog i žutog kukuruza u omjeru 1:2. Tome je razlog što bijele sorte ne sadrže karotenoide odnosno nemaju A provitaminske spojeve. Golubovi radije uzimaju krupnija zrna, no u vrijeme hranidbe mladunaca su poželjnija manja zrna. Hranidba većim količinama kukuruza nije poželjna jer kod mladih golubova uzrokuje usporavanje rasta, a kod odraslih pretjerano debljanje pa i sterilitet. Hranidba golubova vlažnim i pljesnivim kukuruzom uzrokuje probavne poremećaje (Pavičić 2002.).



Slika2.3.1. Hranidba golubova

Izvor: vlastita slika

### 2.3.1. Hranjivost kukuruza

Kukuruz je najzastupljeniji sastojak obroka životinja. U početnoj hrani za mlade životinje kukuruz sudjeluje sa 55–60 %, a u tovu 60–70 % (Grbeša 2008.).

Zrno kukuruza ima najviše škroba u odnosu na ostale žitarice (60–65 %). Najviše škroba sadrži endosperm (87,6 %), a malo se nalazi u klici (8,3 %) i u omotaču (7,3 %). Škrob iz zrna kukuruza je skoro potpuno probavljiv za svinje (98 %) i perad (98 %) te preživače (97 %) (Grbeša 2019.).

Kukuruz sadrži više (3–5 %) ulja nego pšenica, ječam i tritikale, ali ne više od zobi. U zrnu kukuruza najviše masti je smješteno u klici (82,6 %) pa u endospermu (15,4 %) i najmanje u omotaču (2 %). Ulje zrna je bogato nezasićenim masnim kiselinama, a najviše ima esencijalne linolne kiseline i oleinske kiseline te palmitinske (Grbeša 2019.).

Kukuruz sadrži malu (oko 10 % SP u ST) i vrlo varijabilnu (8–14 % u ST) koncentraciju proteina. Pored niskog sadržaja loša je i kvaliteta proteina koji sadrži nedovoljno esencijalnih aminokiselina, osobito lizina i triptofana. Najvišu koncentraciju proteina sadrži klica (17–20 %), osrednju endosperm (8–9 %) i najmanje omotač (4–6 %). Protein klice (sastoji se od mješavine globulina, glutelina i albumina) je boljeg aminokiselinskog sastava od proteina endosperma (sadrži zein koji je siromašan esencijalnim aminokiselinama), ali kako je endosperm najzastupljenija komponenta u zrnu, iz njega potječe 75 %, a iz klice 25 % proteina zrna (Grbeša 2007., Aleuš, 2011.).

Zrno kukuruza sadrži najmanje sirovih vlakana (oko 2–3 %) među žitaricama te je to jedan od razloga njegove visoke probavljivosti, konzumacije i energetske vrijednosti. Više od polovice vlakana potječe iz omotača i drške zrna kojih je najmanje (5 %) u zrnu, a samo 12 % iz endosperma kojega je najviše (84 %) u zrnu kukuruza. Zrno kukuruza sadrži malo svih frakcija vlakana, a osobito lignina koji smanjuje hranjivu vrijednost i konzumaciju krmiva jer ograničava probavu (Grbeša 2019.).

Šećera, osim škroba ima u prosjeku 1,5 % na 88 % suhe tvari. Sastoji se od saharoze, glukoze i fruktoze, koji su brzo i potpuno probavljivi. Oni pospješuju uzimanje hrane u svinja, fermentaciju silaža i suhe tvari u buragu, a nemaju bitan utjecaj na proizvodnju pilića u tovu. Šećer sadrži manje energije od škroba pa svakih 1 % više šećera smanjuje sadržaje energije za svinje i perad (Grbeša 2007., Aleuš, 2011.).

Sadržaj pepela pokazatelj je sadržaja minerala u zrnu kukuruza. Mineralni sastav vrlo je promjenjiv jer je odraz sadržaja i dostupnosti minerala iz tla i još više zaprljanosti zrna česticama tla odnosno prašinom. Zrno kukuruza jako je siromašno kalcijem. Kukuruz sadrži značajniju količinu fosfora koji je zbog povezanosti s fitinskom kiselinom (79 %) slabo (28 %) iskoristiv za perad i svinje. Od makroelemenata sadrži najviše kalija. Koncentracija mikroelemenata cinka, bakra i mangana u zrnu kukuruza je mala i ne zadovoljava potrebe životinja za njima, pa se potrebna količina podmiruje kroz vitaminsko mineralne dodatke (Grbeša 2019.).

Kukuruz je značajan izvor vitamina A, E i vitamina B grupe, osim B12. Žuto/narančasti kukuruz je bogat karotenoidima koji se sastoje od karotena i ksantofila. Zrno sadrži više (20



mg/kg) ksantofila nego karotena (0.8 mg/kg). Karotenoidi su smješteni u endospermu, a njihov sadržaj je razmjern sadržaju ulja. Žuta boja potječe i od ksantofila koji nemaju provitaminska ali imaju pigmetacijska svojstva. Provitaminsko djelovanje imaju karoteni, uglavnom  $\beta$  karoten. Zrno kukuruza ima vitamin A djelovanje koje iznosi 2400 IJ/kg i značajno opada, a pigmetacijsko se ne mijenja, s trajanjem skladištenja kukuruza. Žuti pigmenti kukuruza daju boju jajima i koži u peradi te boju slanini u svinja (Grbeša 2019.).

Sadržaj vitamina E proporcionalan je sadržaju ulja u zrnu kukuruza te se kreće u rasponu 7–40 mg/kg, tipična vrijednost je 17 mg/kg. Među vitaminima B grupe kukuruz sadrži najviše niacina 21 mg/kg, ali je on nedostupan monogastričnim životinjama i ljudima (Grbeša 2019.).

Istraživanja pokazuju da postoje razlike od 2 MJ/kg ME za perad između uzoraka konvencionalnog kukuruza. Ilustrativna su istraživanja u Engleskoj gdje su uvezli kukuruz iz 15 država i hranili piliće do 28 dana s hranom koja je sadržavala 55 % kukuruza. Na kraju tova pilići su imali masu od 680–1,301 g i konzumirali su 1,43 do 2,67 kg hrane za kilogram prirasta. Ovi rezultati jasno pokazuju vrlo različitu hranjivost kukuruza. Danas se smatra da su razlike u kemijskom sastavu i fizikalnim svojstvima između hibrida kukuruza dovoljno velike da hranidba različitim hibridima dovodi do različitih proizvodnih rezultata životinja (Grbeša 2008.). Različiti proizvodni rezultati se mogu dobiti korištenjem različitih hibrida kukuruza u hranidbi životinja. Tvrđunac sadrži više caklavog ili rožnatog endosperma što čini zrno tvrđim od zubana, isto tako prilikom njegove probave se slabije otpušta škrob (sporija probava) što ima za posljedicu bolje iskorištenje energije. S druge strane, zuban sadrži više brašnog endosperma koji čini zrno nešto mekšim i dolazi do brzog otpuštanja škroba i njegove brže probave. Tvrdoća zrna uskoje povezana s odnosom tvrdog (caklavog) i mekog (brašnog) endosperma (Milašinović i sur. 2003.).

### 2.3.2. Tvrdoća zrna

Tvrdoća zrna je pojam koji se najčešće odnosi na količinu caklavog (tvrdog) endosperma u odnosu na količinu brašnog (mekog) endosperma zrna kukuruza. Osim odnosa udjela caklavog i brašnog udjela, tvrdoća zrna ovisi i o debljini košuljice te staničnoj strukturi. To je važno fizikalno svojstvo zrna kukuruza jer utječe na količinu energije koja je potrebna kod mljevenja, na hranjivost zrna kukuruza, količinu praškastog dijela meljave, hektolitarsku masu i stvarnu gustoću zrna, sposobnost prerade u posebnu vrstu hrane te pokazuje kvalitetu kukuruznog zrna (Paulsen i sur. 2003., Aleuš, 2011.).

Hibridi kukuruza s višim udjelom caklavog endosperma tijekom manipulacije manje se lome od zrnja s višim udjelom brašnog endosperma pa su samim time manje prikladan medij za rast plijesni. Odnos između fizikalnih i mehaničkih svojstava zrna kukuruza i zaraze *Fusarium* plijesnima pokazuju da su hibridi s višim udjelom mekanog endosperma skloniji zarazama plijesnima i mnogo lakše u njih prodiru insekti koji potpomažu zarazi (Grbeša 2016.). Hranjiva vrijednost kukuruza je usko povezana s tvrdoćom zrna. Ako je zrno veće tvrdoće znači da ima više caklavog endosperma što ima za posljedicu sporiju probavu i bolje

iskorištenje energije iz škroba. Isto tako, zrna veće tvrdoća imaju manja mehanička oštećenja i manje stvaraju prašinu. Također zrna s većom tvrdoćom su otpornija na insekte i mikroorganizme (Kljak 2020.). Tvrdoća zrna je izrazito bitan pokazatelj kvalitete te se danas koriste mnoge metode kako bi se ona utvrdila.

1. Indeks veličine čestica je jedna od najjednostavnijih i najčešće korištenih metoda kod određivanja tvrdoće zrna kukuruza. Tom metodom uzorak kukuruza se samelje te se pomoću odjeljivanja na sitima različitih veličina pora određuje veličina čestica. Prednosti ove metode je istovremena upotreba više sita, dobivanje podataka na temelju varijacija tvrdoće unutar uzorka kao i mogućnost izračunavanja srednje geometrijske veličine čestica. Također se može izračunati udio finih i krupnih čestica i njihov odnos pri čemu veća vrijednost ukazuje na uzorak s većom tvrdoćom zrna. Osim toga, zahvaljujući većoj količini frakcija uzorak se može upotrijebiti za proučavanje strukture i sastava endosperma (Fox i Manley 2009., Aleuš, 2011.).

2. U Stenvertovom testu, tri parametra se koriste za procjenu tvrdoće: vrijeme potrebno da se samelje 17 mL meljave, visina stupca nakon meljave cijelog uzorka i omjer krupnih prema sitnim česticama u meljavi. Uzorak se melje na mlinu čekićaru s promjerom sita 2 mm (slika 2.3.2.1.). Što je duže vrijeme mljevenja to je veća tvrdoća uzorka. Ako je veća visina mljevenog stupca znači da je manja tvrdoća zrna (manje čestice meljave). Isto tako, prati se omjer krupnih ( $> 0,8$  mm) i sitnih ( $< 0,5$  mm) čestica meljave. Što je veći omjer između čestica, to je veća tvrdoća zrna (Kljak 2020.).



Slika 2.3.2.1. Stenvert mlin (Kljak 2020.)

3. Floatacijski indeks određen je brojanjem zrna kukuruza koji plivaju u otopini natrijeva nitrata. Broj zrna koja plutaju upućuje na neposrednu tvrdoću. Viši udio plutajućih zrna upućuje na manju tvrdoću (Lozano-Alejo i sur. 2007, Aleuš, 2011.).

4. Tangencijalno abrazivno struganje je metoda tijekom koje se zrno struže određeno vremensko razdoblje. U obzir se uzima količina materijala koji je uklonjen sa zrna. Više ostruganog materijala upućuju na manju tvrdoću zrna (Kljak 2020.).

5. NIR spektroskopija je jedna od metoda utvrđivanja tvrdoće zrna kukuruza koja se koristi već 20 godina. Princip rada zasniva se na apsorpciji svjetlosti određene valne dužine elektromagnetskog spektra molekula koje sadrže analizirani uzorak, u ovom slučaju valne duljine karakteristične za tvrdoću. Nakon kalibracije uređaja mogu se vidjeti sve prednosti ove metode koje se očituju u brzini, upotrebi bezopasnih kemikalija, kratkoj i jednostavnoj pripremi uzoraka, kao i ekonomskoj pristupačnosti te jednostavnosti upotrebe (Fox i Manley 2009., Aleuš, 2011.).

6. Hektolitarska masa je brza i jednostavna metoda primjenjiva za sva krmiva. Upućuje na sadržaj hranjivih tvari. Viša hektolitarska masa upućuje na veću hranjivu vrijednost (Kljak 2020.). Viša hektolitarska masa povezana je s nižim sadržajem pepela, sirovih vlakana i sirovog proteina te višom caklavosti endosperma. Izrazito niske vrijednosti hektolitarske mase (< 62 kg/hL) upućuju na niži sadržaj škroba i ulja te caklavog endosperma. Isto tako, hektolitarska je masa pokazatelj zrelosti, tvrdoće zrna i loma. Tako primjerice tvrdunci imaju hektolitarsku masu >77 kg/hL. Međutim, klimatski ekstremi mijenjaju hektolitarsku masu. Sušno i vruće vrijeme povisuje udjel caklavog endosperma, a vlažno i hladno vrijeme povisuje udjel brašnog endosperma i tako smanjuje hektolitarsku masu. Kao što je već istaknuto, hektolitarska masa pokazatelj je udjela caklavoga i brašnog endosperma. Hibridi više hektolitarske mase sadržavaju više caklavog, a hibridi manje hektolitarske mase više brašnog endosperma (Grbeša 2016.).

7. Prava gustoća zrna je gravimetrijska metoda koja se bazira na određivanju mase zrna u definiranom volumenu pomoću piknometara s etanolom kao otapalom. Na temelju gustoće etanola pri temperaturi prostorije i mase praznog piknometra, piknometra sa zrnom te piknometra sa zrnom i etanolom, izračuna se gustoća zrna, a konačan rezultat prikazuje se kao srednja vrijednost gustoće zrna svih repeticija po 10 zrna. Viša prava gustoća upućuje na veću hranjivu vrijednost (Kljak 2020.).

8. Test kompresije je jedna od metoda kojom se može mjeriti tvrdoća zrna. Metoda se temelji na otporu koje pruža zrno kukuruza pri pritisku mjerne šipke na zrno. Ovom metodom može se mjeriti tvrdoća pojedinačnog zrna (Fox i Manley 2009., Aleuš, 2011.).

9. Masa 1000 zrna dobar je pokazatelj veličine zrna, volumena i specifične mase zrna. Prema američkim istraživanjima, hibridi s višim udjelom caklavog endosperma teži su od hibrida s više brašnog endosperma (Grbeša 2016.).

## 2.4. Probavljivost kukuruza u peradi

Probava je proces kojim se razgrađuju hranjive tvari do elemenata koji se mogu apsorbirati i treba ju razlikovati od probavljivosti određene hranjive tvari. Probavljivost je mjera probave i karakteristika krmiva koja pokazuje koliki se dio konzumiranog krmiva probavi (Domaćinović i sur. 2015., Vlajsović, 2020.). Probavljivost škroba pokazuje koliki dio (%) od pojedene količine škroba se u probavnom traktu apsorbira (upije) kao glukoza u organizam životinje. Probavljivost škroba kukuruza u cijelom probavnom traktu peradi je skoro pa potpuna i nema veće razlike između hibrida kukuruza (Grbeša 2008.).

Suvremena istraživanja pokazuju da je za proizvodnju i osobito zdravlje životinja od presudne važnosti ne samo koliko se škroba kukuruza probavi u cijelom, već koliko ga se probavi u pojedinim dijelovima probavnog trakta. Tako je za perad važno koliko se škroba probavi u pojedinim dijelovima tankog crijeva i u debelom crijevu. Mjesto probave škroba određuje brzina probavljivosti u crijevima monogastričnih životinja pa se prema brzini probave škrob dijeli na: brzoprobavljivi, sporoprobavljivi i rezistentni škrob (Grbeša 2008.).

Mjesto probave brzoprobavljivog škroba je u duodeumu te se on probavi unutar prva dva sata od ulaska u tanko crijevo. Važnost brzoprobavljivog škroba je u njegovoj ulozi osiguravanja energije za duodeum i vito crijevo (srednji dio tankog crijeva). Nakon što dio glukoze, nastale probavom brzorazgradljivog škroba, podmiri potrebe za energijom tankog crijeva, ostatak odlazi u krvotok te snažno podiže razinu glukoze u krvi te se ona ne može u potpunosti iskoristi za stvaranje jaja ili mesa. Iz tog razloga se navodi kako je poželjno da škrob kukuruza sadrži 82 % brzoprobavljivog škroba, 14 % sporoprobavljivog i da se 4 % škroba ne probavi te služi kao hrana poželjnim bakterijama u debelom crijevu peradi (Grbeša 2016., Vlajsović, 2020.). Prema Grbeši (2008.) brzoprobavljivi škrob se za 2 sata potpuno probavi do glukoze u gornjem dijelu crijeva, pa donji dio crijeva nema dovoljno energije i zato se koriste aminokiseline kao izvor energije. Naime, crijeva prva koriste glukozu i tek kada se ona namire, propuštaju je u metabolizam pa životinje hranjene s puno brzoprobavljivog škroba sporije rastu.

Sporo probavljivi škrob se za 2-4 sata probavi u donjem dijelu tankog crijeva (ileumu) i stalno opskrbljuje metabolizam životinje glukozom. Pilići hranjeni istom količinom škroba od kojega je jedan dio sporoprobavljivi bolje rastu od onih hranjenih samo brzoprobavljivim škrobom. Naime, ako se sav škrob brzo probavlja, sva oslobođena glukoza se ne može apsorbirati, pa životinja dobije manje energije (Grbeša 2008.). Prema Grbeši (2016.) poželjno je da krmne smjese ili potpuna brašnasta hrana sadržavaju 50 g/kg umjereno probavljivog škroba, što znači da kukuruz koji sudjeluje u hrani s 60 % treba sadržavati 83 g/kg ove frakcije.

Prema Grbeši (2008.), rezistentni škrob je škrob koji izbjegne probavu u tankom crijevu te dolaskom u debelo crijevo postaje hrana poželjnim mliječno-kiselim bakterijama. Bakterije fermentacijom, iz dospjelog škroba, stvaraju kratkolančane masne kiseline (acetat, propionat i butirrat) koje opskrbljuju debelo crijevo energijom. Jedan od benefita stvaranja kratkolančanih masnih kiselina je u tome što one smanjenjem pH debelog crijeva, inhibiraju

razvoj patogenih mikroorganizama te povećavaju apsorpciju hranjivih tvari. Četiri su razloga rezistencije škroba: fizička nedostupnost probavnim enzimima zbog kompaktne molekularne strukture što je slučaj kod žitarica, sjemenki i gomolja; građa granula škroba koja ne dopušta da ih enzimi probave razgrade što je prisutno kod krumpira, banana te kukuruza s velikim udjelom amiloze; termička obrada nakon koje slijedi hlađenje te genetski modificirani škrob. Kao što je već navedeno, najoptimalnija količina rezistentnog škroba u hranidbi peradi je 4 %.

U posljednje vrijeme probavljivost škroba i proteina kod peradi prikazuje se kao ilealna probavljivost (u %) jer se glukoza i aminokiseline apsorbiraju u tankom crijevu, dok u debelom crijevu neprobavljeni škrob bakterije razgrađuju do spojeva koji su energetski slabiji u odnosu na glukozu. Vrijeme trajanja probave škroba u tankom crijevu peradi je do četiri sata. Škrob koji nije probavljen u tankom crijevu se fermentira u debelom crijevu (Grbeša 2016., Deliće-Jović, 2019.).

Ugljikohidrati se kod nepreživača razgrađuju djelovanjem amilolitičkih enzima probavnih sokova vlastitog organizma. Kada se razgrade do monosaharida, najveći dio se resorbira aktivnim transportom kroz stijenku tankog crijeva u krv, a manji se dio resorbira u limfu. Brzina resorpcije monosaharida je različita, tako se glukoza i galaktoza resorbiraju brže u odnosu na ostale monosaharide koji se resorbiraju sporije procesom difuzije (Domaćinović 2006., Deliće-Jović, 2019.).

Vlakna su neškrobni ugljikohidrati, uglavnom celuloza, hemiceluloza, pektin te lignin koji su neprobavljivi dio krmiva za enzime peradi pa ona nisu izvor energije za mlade životinje te oni i ograničavaju iskorištenje energije iz organske tvari (Grbeša 2008.).

Prema Grbeši (2016.), probavljivost škroba žitarica u tankom crijevu određuje sadržaj vlakana, amiloze i zeina u zrnu. Kako endosperm kukuruza sadrži vrlo malo vlakana (ispod 2 %), a najveći dio škroba (do 98 %) i proteina zrna (74 %), tako probava kukuruznog škroba ovisi znatno više od zeina nego od same strukture škroba. Zein se nalazi oko zrnca škroba u endospermu pa tako što je deblji proteinski omotač to je i sporija probava škroba. I sam zein manje je i sporije probavljiv te tako doprinosi i usporavanju probavljivosti škroba. U endospermu građa granule škroba i zeina određuje probavu škroba. Što je veći udio caklavog endosperma u hrani, probava škroba je sporija. Smatra se da hrana sa sporijom hidrolizom škroba osigurava ravnomjerniju razinu glukoze u krvi.

Perad odabire hranu na temelju njenih taktilnih (dodirnih) i optičkih svojstava kao što su veličina, oblik i gustoća čestica kukuruza. Kako kukuruz čini 55–60 % hrane pilića, njegova taktilna svojstva određuju uzimanje cijele smjese. Kada se pilići hrane brašnastom hranom, kukuruz bi trebalo samljeti na krupnoću od 0,7–0,9 mm jer oni lošije probavljaju veće ili sitnije čestice hrane. Naime, sitne čestice smanjuju razvoj mišićnog želuca peradi, a on je glavni regulator kretanja hrane. Što je kukuruz finije samljeven to je brži prolaz hrane kroz probavni sustav peradi pa je manja probavljivost hranjivih tvari (Grbeša 2008.).

### 2.4.1. Metode određivanja probavljivosti

Probavljivost hrane ili određene hranjive tvari može se odrediti pokusima te različitim matematičkim izračunima. Za najtočnije podatke koriste se pokusi koji mogu biti *in vivo* i/ili *in vitro*. *In vivo* pokusi podrazumijevaju pokuse na životinjama te se u njima prati količina hrane koju životinja pojede i količina fecesa (urina) koju životinja izluči. Postoji više metoda koje uključuju *in vivo* način određivanja probavljivosti, poput metode eutaniziranja, metode kanuliranja ili ugradnje katetera (Zhang i sur. 2015., Vlajsović, 2020.).

U vidu određivanja probavljivosti, sva probava se odvija u organizmu životinje te se njihove izlučevine analiziraju (feces/urin). U pokusu se koristi veći broj životinja zbog utjecaja razlike u dobi, spolu i sposobnosti probavljivosti. Manje životinje se mogu držati u metaboličkim kavezima te sita na dnu omogućavaju odvajanje fecesa i urina. Veće životinje su na vezu te se feces sakuplja pomoću vreća i urin pomoću odvojenih kolektora. Pokusi se odvijaju u pripremnom i pokusnom periodu. Pripremni period se provodi u cilju privikavanja životinja na nove uvjete držanja i hranidbe te čišćenja probavnog trakta od prethodne hrane. Pripremni period za perad iznosi sedam dana (Kljak 2020.) dok pokusni varira. Kod golubova pripremni period iznosi sedam dana a pokusni tri dana (Sales i Jansen 2003b.). No, pokusi na živim životinjama su skupi, etički ograničeni te specijalizirani za hranidbena ili klinička istraživanja.

*In vitro* metode podrazumijevaju pokuse u kojima se sva probavljivost odvija u laboratorijskim uvjetima djelovanjem smjese komercijalnih enzima (umjetno stvoreni sistem probave). Uzimajući u obzir vrstu životinje (monogastrične ili preživači) određuje se metoda ispitivanja. Tako se za perad koristi enzimatska metoda određivanja probavljivosti uz pomoć koje se dobivaju podaci o ukupnoj probavljivosti, ali i podaci za određivanje kinetičkih parametara (Zhang i sur. 2015., Vlajsović, 2020.).

Metoda određivanja probavljivosti škroba za monogastrične životinje uključuje smjesu komercijalnih enzima. Pokus se provodi u 2 koraka. Prvi dio oponaša uvjete u želucu gdje se koristi mješavina klorovodične kiseline i enzima pepsina. U drugom dijelu oponašaju se procesi koji se odvijaju u tankom crijevu koristeći pankreasni sok koji sadrži smjesu enzima amilaze, lipaze i proteaze - pankreatin. Probavljivost škroba se određuje prateći nastajanje glukoze (produkta razgradnje škroba). Glukoza se potom detektira spektrofotometrijski te se mjeri apsorbancija koja je u ovisnosti s koncentracijom produkta u otopini (Zhang i sur. 2015., Vlajsović, 2020.).

Isto tako postoji i treća metoda određivanja probavljivosti koja se zove *in situ* metoda. *In situ* metoda podrazumijeva da se dio određivanja događa na mjestu gdje se on prirodno događa. Kod preživača se odvija u buragu, a kod monogastričnih životinja u ileumu (Kljak 2020.).

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Opis pokusa

U istraživanju je ukupno korišteno 15 golubova pasmine strasser ili kako je poznati hrvatski naziv golub cestar. Štraser pripada mesnoj pasmini golubova koja potječe iz Njemačke. U pokusu su korišteni golubovi starosti od 2 do 3 godine. Prije nego što je pokus počeo, objekt i sva oprema koja se koristila prilikom pokusa bili su detaljno oprani i dezinficirani. Za držanje golubova korišteni su boksevi unutar golubinjaka gdje golubovi inače borave (slika 3.1.1.), samo što su sada bili zatvoreni u boksu, a ne na slobodnom držanju. Boksevi su drvene konstrukcije s drvenim podom, no u svaki boks stavljena je folija radi lakšeg sakupljanja fecesa. Folija se ručno mijenjala svaki dan u isto doba dana. Golubovi su po potpuno nasumičnom blok dizajnu raspodijeljeni u 15 bokseva, po pet bokseva (ponavljanja) po tretmanu (tablica 3.1.2.1). U svakom tretmanu bio je ispitan određeni hibrid kukuruza. Ukupno su se ispitivala tri hibrida kukuruza koji su se razlikovali u tvrdoći zrna. Temperatura objekta u zoni boravka golubova iznosila je  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , dok je svjetlost bila prirodna. Istraživanje je provedeno u selu Knežinec pored Varaždina u ožujku 2021. godine.



Slika 3.1.1. Smještaj golubova tijekom pokusa

Izvor: vlastita slika

Golubovi su dobivali hranu ograničeno, a vodu *ad libitum*. Hranjeni su iz glinenih posudica koje su namijenjene za hranidbu ptica. Punjenje hranilica se vršilo svakog dana u isto vrijeme, no prije nego što se hranilica napunila, hrana se vagala na određenu gramažu za sve golubove. Napajanje se također vršilo pomoću glinenih posudica te je svaki golub u svom boksu imao zasebnu glinenu posudu, jednu za vodu i jednu za hranu. Voda se mijenjala svaki dan, po potrebi i više puta dnevno kako bi golubovi stalno imali pristup svježoj vodi.

Neposredno prije početka pokusa svi golubovi su izvagani. Zatim su smješteni u bokseve čije dno je prekriveno folijom. U svaki boks smješten je jedan golub. Hrana je bila smještena blizu rešetkastog zida od kuda je golub dobivao svježi zrak, a voda je smještena dalje od hrane kako bi se reducirala moguća defekacija u vodu. Golubovi su se postepeno privikavali na nove uvjete držanja u golubinjaku (slika 3.1.2.). Prvo su zatvoreni u boks kako bi se prilagodili na zatvoreni način držanja tijekom pokusnog perioda. Prilikom perioda privikavanja na zatvoren sustav golubovima je ponuđena krmna smjesa koju su golubovi konzumirali prije pokusa odnosno koju konzumiraju u uzgoju. Nakon 10 dana privikavanja na zatvoren boks golubovima je stavljena folija kako bi se priviknuli i na novu podlogu.



Slika 3.1.2. Privikavanje golubova na nove uvjete držanja

Izvor: vlastita slika

Konzumacija hrane u zatvorenom sustavu bila je u porastu iz dana u dan. Kada je konzumacija hrane počela lagano stagnirati ponuđena je nova hrana. Nakon što se golub priviknuo i konzumacija stabilizirala, ponuđen je određeni hibrid kukuruza koji se davao golubovima 7 dana prije pokusnog perioda, a kako bi se probavilo potpuno očistilo od prethodno korištene krmne smjese. Pokusni period je trajao 3 dana prilikom kojeg su praćeni sljedeći parametri: masa životinje, konzumacija hrane i masa fecesa. Masa životinja je praćena prije pripremnog perioda te prije i nakon pokusnog perioda. Konzumacija kukuruza kao i masa fecesa bilježena je svaki dan tijekom pokusnog perioda. Nakon opisa fizikalnih metoda svaki korak pokusa bit će detaljnije prikazan.



### 3.1.1. Fizikalne analize zrna kukuruza

Uzorci sva tri hibrida kukuruza (Andromeda, proizvođač Syngenta; P9911, proizvođač DuPont Pioneer; Tomasov, proizvođač Poljoprivredni Institut Osijek ) koji su korišteni u *in vivo* pokusu probavljivosti uzorkovani su i za fizikalne analize. Kukuruz je uzgojen tijekom 2020. godine.

Vlaga zrna određena je sušenjem uzoraka u sušioniku u skladu s normom HRN ISO 6496:2001 (DZNM, 2001). U prethodno izvaganu posudicu izvagan je uzorak kukuruza od oko 10 grama te je zapisana masa. Uzorak je osušen u sušioniku (UFE 400, Memmert, Njemačka) na temperaturi od  $103 \pm 20$  °C kroz 24h. Nakon 24 sata posudica je ohlađena u eksikatoru pri sobnoj temperaturi te je posuda s kukuruzom izvagana nakon sušenja. Vlaga je izračunata iz razlike u masi uzorka prije i nakon sušenja, prema niže navedenoj formuli. Suha tvar zrna kukuruza je izračunata oduzimanjem vlage zrna od 100 %.

$$\text{vlaga (\%)} = \frac{m_{\text{vlage}}}{m_{\text{uzorak}}} \times 100$$

$$\text{suha tvar (\%)} = 100 - \text{vlaga}$$

Hektolitarska masa zrna je određena tako da je izvagano 250 zrna kukuruza te mu je određen volumen u staklenoj menzuri. Dijeljenjem mase zrna kukuruza s njegovim volumenom izračunata je hektolitarska masa, prema niže navedenoj formuli. Masa zrna je određena tako da su ručno prebrojana zrna i izvagana na analitičkoj vazi.

$$\text{hektolitarska masa } \left( \frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{\text{masa}_{250\text{zrna}}}{\text{volumen}_{250\text{zrna}}}$$

Gustoća zrna kukuruza je određena pomoću piknometra. Po svakom hibridu 50 zrna je podijeljeno u 5 skupina po 10 zrna. Svaka skupina bila je jedno ponavljanje. Prvo je izvagan prazan piknometar, nakon čega se izvagao piknometar sa zrnima, zatim piknometar s destiliranom vodom, a zatim sa zrnima i destiliranom vodom. Na temelju odnosa mase i volumena istisnute destilirane vode iznaručnata je gustoća zrna kukuruza prema formuli:

$$\text{gustoća zrna } \left( \frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{\text{masa}_{\text{piknometar+zrna}} - m_{\text{piknometar}} \text{ (g)}}{\text{volumen istisnute vode (mL)}}$$

Floatacijski indeks je određen brojanjem zrna kukuruza koji plutaju ili brojanjem zrna koji su potonuli na dno ovisno o ukupnoj količini zrna prema metodi opisanoj u radu Fox i Manley (2009). Ukratko, 100 zrna je usipano u otopinu pripremljenu od 41 g NaNO<sub>3</sub> i 100 mL vode. Nakon što su dodana zrna, čaša je stavljena na magnetnu miješalicu na 60 sekundi. Nakon miješanja su prebrojena zrna koja plutaju ili koja su potonula ovisno o količini ukupno stavljenih zrna te je izračunat % zrna koja plutaju ili floatacijski indeks prema formuli:

$$\text{flotacijski indeks (\%)} = \frac{\text{broj plutajućih zrna}}{100} \times 100$$

Stenvert metoda (Pomeranz i sur. 1985) koristi tri parametara za određivanje tvrdoće zrna kukuruza: vrijeme potrebno da se samelje zrno kukuruza do određenog volumena meljave, visinu stupca svježe samljevenog zrna kukuruza u mm te odnos krupnih i sitnih čestica u meljavi (C/F). Ukratko, mlinom čekićarom (Polymix system PX MFC 90D, Kinematica, Švicarska) je samljeno 20 g zrna kukuruza u određenom vremenu kroz sito 2 mm. Dodatno je praćeno i vrijeme koje je potrebno da se samelje zrno do 17 mL sabirne epruvete. Odnos krupnih i sitnih čestica prosijavanjem svježe samljevenog zrna na sitotresilici (AS 200, retsch, Njemačka) kroz sita 2, 0,8 i 0,5 mm, a na temelju masa na sitima 2 mm (krupna) i dnu (čestice >0,5 mm) izračunat je omjer C/F).

Dimenzije zrna određene su pomoću pomične mjerke (slika 3.1.1.1.). Izmjerena je visina, širina i debljina zrna kukuruza u mm. Koristeći Mohseninovu formulu, na temelju visine, širine i debljine izračunat je koeficijent sferičnosti prema navedenoj formuli koji može biti od 0 do 1, što je rezultat bliže 1 to je zrno više okruglo.

$$\text{sferičnost} = \frac{(\text{visina} \times \text{širina} \times \text{debljina})^{1/3}}{\text{visina}}$$



Slika 3.1.1.1. Pomična mjerka

Izvor: <https://shop.reca.hr/precizna-pomicna-mjerka-s-momentnim-podesavanjem-mjerno-podrucje-200-mm.html>

Potencijalna lomljivost zrna određena je pomoću testa ispusta opisanom u radu Kim i sur. (1990). Zrno kukuruza je stavljeno na metalnu površinu na koju je ispuštena šipka poznate mase s određene visine koja može izazvati lom zrna kukuruza. Zatim je lomljeno zrno prosijano kroz sito veličine pora (4,75 mm). Potencijalna lomljivost je vrijednost udjela mase loma (> 4,75 mm) u ukupnoj masi zrna, izračunata prema formuli:

$$\text{lomljivost (\%)} = \frac{m_{\text{dno sita}}}{m_{\text{ukupno}}} \times 100$$

### 3.1.2. Hranidbeni tretmani

Tijekom pokusa životinje su podijeljene u tri skupine po potpuno nasumičnom blok dizajnu te je svaka skupina hranjena sjednim od tri različita hibrida kukuruza (Andromeda, Tomasov i P9911) koji se razlikuju po tvrdoći zrna.



Slika 3.1.2.1. Hibridi kukuruza korišteni u pokusu

Izvor:vlastita slika

Tablica 3.1.2.1. prikazuje broj golubova u pokusu te kako su golubovi tijekom eksperimenta podijeljeni u tri skupine po pet golubova i hibride koje su konzumirali.

Tablica 3.1.2.1. Nasumičan blok dizajn hranidbenog pokusa s golubovima

Obs	Block	trt
1	4	Tomasov
2	4	P9911
3	4	Andromeda
4	2	P9911
5	2	Tomasov
6	2	Andromeda
7	3	Andromeda
8	3	P9911
9	3	Tomasov
10	5	Andromeda
11	5	P9911
12	5	Tomasov
13	1	Andromeda
14	1	Tomasov
15	1	P9911

## 3.2. Sakupljanje podataka

### 3.2.1. Masa goluba

Golubovi su tijekom pokusa vagani tri puta. Prvo vaganje se održalo neposredno prije pokusa. Prilikom prvog vaganja izvagani su svi golubovi u golubinjaku, a od početnih 60 golubova, izabrano je 15 za sudjelovanje u pokusu slične tjelesne mase i dobi. U drugom i trećem vaganju izvagano je tih odabranih 15 golubova. Drugo vaganje je provedeno neposredno prije pokusnog perioda, a treće vaganje nakon završetka pokusnog perioda kako bi izračunali prirast golubova tijekom pokusa. Jedan po jedan golub se uzimao za vaganje te je stavljen u kavez za prilagodbu kako bi što mirnije stajao na vazi. U kavezu su najčešće bili smješteni dva goluba po 20 minuta kako bi se prilagodili na novonastalu situaciju (slika 3.2.1.1.).



Slika 3.2.1.1. Golubovi u kavezu neposredno prije vaganja

Izvor: vlastiti



Slika 3.2.1.2. Vaganje golubova

Izvor: vlastita slika

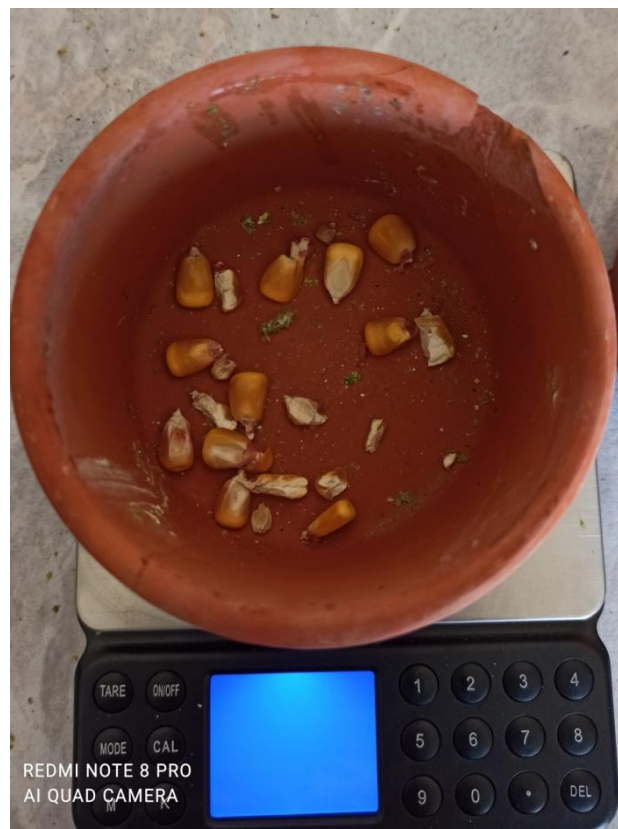
Zatim nakon što su se golubovi primirili stavljeni su na vagu te je tri puta izmjerena tjelesna masa svakog goluba (slika 3.2.1.2.). Finalna masa goluba je izračunata kao srednja vrijednost ta tri mjerenja. Nakon vaganja golub je smješten natrag u golubinjak.

### 3.2.2. Konzumacija hrane

Konzumacija hrane je bitan parametar istraživanja te je ona praćena svaki dan. Svaki golub je dobivao  $40 \pm 0,5$  g kukuruza u svoju glinenu posudicu za hranu. Golubovi su hranjeni s 40 g kukuruza zato što je prethodna konzumacija bila ustaljena na toj vrijednosti. Nakon 24 sata uvijek je u posudici ostalo barem par grama kukuruza. Hranjenje se odvijalo svaki dan u isto doba dana. Sljedeći dan je izvagan kukuruz koji je ostao te mu je masa oduzeta od ponuđene mase (slika 3.2.2.1. i slika 3.2.2.2.).



Slika 3.2.2.1. Vaganje kukuruza prije

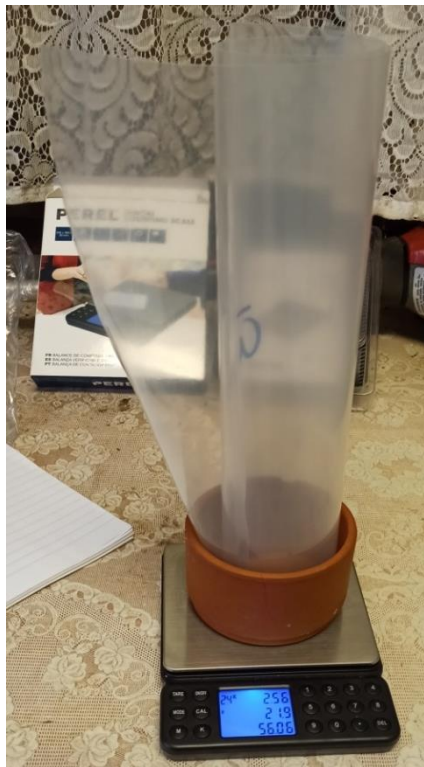


Slika 3.2.2.2. Vaganje kukuruza nakon hranjenja

Izvor: vlastite slike

### 3.2.3. Masa fecesa

Kao podloga korištena je jednokratna folija koja je svaki dan tijekom pokusa mijenjana. Prije nego što je folija bila stavljena u boks kao podloga bila je izvagana. Na vagu je stavljena glinena posudica u koju se zatim stavila zarolana folija radi lakšeg vaganja same folije. Nakon što je izvagana stavljena je kao podloga u boks. Svaka folija je označena s brojem boksa kojem pripada (vidljivo na slici 3.2.3.1.). Sljedeći dan iz boksa je odstranjena posudica s vodom, posudica s hranom i rasipana hrana, a zatim folija s fecesom.



Slika 3.2.3.1. Vaganje folije



Slika 3.2.3.2. Vaganje folije i fecesa

Izvor: vlastite slike

Folija je iz boksa uzimana pažljivo kako ne bi došlo do rasipanja fecesa. Prije nego što je folija s fecesom vagnuta, sav feces koji je ostao na posudici za hranu ili u njoj je sakupljen i stavljen na foliju. Nakon vaganja folije i fecesa (slika 3.2.3.2.), feces je ostrugan s folije u jednokratne vrećice kako bi se lakše skladištio i transportirao (slika 3.2.3.3.). Svaka vrećica bila je označena i na njoj je napisan: dan uzimanja fecesa, broj boksa, prsten životinje i vrsta hibrida s kojim se taj golub hranio.



Slika 3.2.3.3. Odstranjivanje fecesa sa folije

Izvor: vlastita slika

Feces je skupljan i vagan tri konsektivna dana nakon čega je skladišten na 4 °C te je u najkraćem vremenu transportiran u laboratorij Zavoda za hranidbu životinja na Agronomskom fakultetu za daljnje analize. Dio fecesa je korišten za određivanje mikrobiote u fecesu, dok je u drugom dijelu određen pH i suha tvar fecesa.

### 3.4. Probavljivost suhe tvari

Metoda potpune kolekcije fecesa se koristila za izračun probavljivosti suhe tvari. Probavljivost (%) je izračunata pomoću navedene formule, pri čemu je A masa pojedenog zrna kukuruza, a B masa izlučenog fecesa (Kljak, 2020.):

$$\text{probavljivost (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Kao što je već ranije spomenuto, svaki dan tijekom pokusnog perioda je bilježena masa pojedene hrane za svakog goluba pojedinačno. Praćena je masa kukuruza koja je bila ponuđena golubu i masa hrane koju je golub rasipao i nije pojeo, te jena temelju navedenih masa izračunata konačna masa pojedene hrane. Isto tako, masa folije je uzeta na početku pokusa te se oduzela od mase folije i fecesa, kako bi izračunali masu fecesa izlučenog tijekom svakog dana pokusnog perioda (poglavlje 3.2.2. i 3.2.3.).

### 3.3. Svojstva fecesa

#### 3.3.1. pH fecesa

Nakon što je feces transportiran u laboratorij, u fecesu je izmjerena pH vrijednost prema prilagođenoj metodi za određivanje pH u fecesu kokoši neselica (Choe i sur., 2012). Ukratko, u falcon epruveti od 50 mL je izvagan što točnije 1 g fecesa koji je zatim homogeniziran u 9 mL deionizirane destilirane vode pomoću homogenizatora (ULTRA-TURRAX® T 10 basic, Ika-Werke, Njemačka). Po potrebi je volumen korigiran u odnosu na odvagu (uvijek je bio odnos 1 g fecesa : 9 mL destilirane vode). Tako homogeniziran feces ostavljen je stajati na sobnoj temperaturi 30 minuta nakon čega je izmjeren pH pomoću pH-metra InoLab 720 (InoLab 720, WTW, UK.). Prije mjerenja, pH-metar je kalibriran u dvije točke, puferskim otopinama pH 4 i 7.

#### 3.3.2. Mikrobiologija fecesa

Za određivanje mikrobiote primarno razrjeđenje fecesa rađeno je u omjeru 1:9 s puferiranom peptonskom vodom (BPW) kao i decimalna razrjeđenja. Za određivanje broja laktobacila korištena su razrjeđenja  $10^{-6}$  do  $10^{-8}$ . Volumen od 0,1 mL nacijepljen je u duplikatu na MRS (De Man, Rogosa i Sharpe agar) agar (Merck, Njemačka) i disperziran sterilnim L štapićem. Inokulirane ploče inkubirane su na 37 °C kroz 72 sata u mikroaerofilnim uvjetima u Anaerocult loncima uz primjenu AnaeroGen compact vrećica (Oxoid, Engleska). Broj laktobacila izražen je u CFU/g.

Za određivanje broja sulfitreducirajućih bakterija korištena su razrjeđenja  $10^{-2}$  do  $10^{-4}$ . Volumen od 1,0 mL nasađen je u duplikatu metodom zalijevanja TSC (Tryptose Sulfite Cycloserine) agarom (Merck, Njemačka). Inokulirane ploče inkubirane su u anaerobnim uvjetima u Anaerocult loncima pomoću AnaeroGen vrećica na 37 °C kroz 20 sati. Broj sulfit reducirajućih bakterija iskazan je u CFU/g.

Izdvajanje salmonele provodilo se u skladu s Izmjenom norme HRN EN ISO 6579-1:2017. Primarno razrjeđenje nakon 20 sati inkubacije na 37 °C precijepljeno je u volumenu od 0,1 mL u RVS (Rappaport Vassiliadis soja pepton) bujonu te inkubiran daljnjih 24 sata na 42 °C. Volumen od 10 µL nacijepljen je na XLD (Xylose Lysine Deoxycholate agar) i Rambach agar (Merck, Njemačka). Nakon inkubacije na 37 °C kroz 24 sata očitani su rezultati porasta bakterija. Mikrobiološke analize provedene su na Veterinarskom institutu u Zagrebu.

### 3.5. Statistička obrada podataka

Pokus je bio postavljen kao potpuno nasumičan blok dizajn s pet ponavljanja (golubova) po hibridu. Obrada podataka prije statističke analize i obrada za fizikalna svojstva ispitanih hibrida kukuruza obavljena je pomoću računalnog paketa MS Office, točnije upotrebom Excel programa. Razlika korištenih hibrida u probavljivosti ST, konzumaciji, prirastu, pH i mikrobioti fecesa u golubova ispitana je analizom varijance koristeći Tukey



proceduruuz signifikantnost ako je  $P < 0,05$ . Za navedenu obradu koristio se statistički programski paket SAS 9.3 (2008.).

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Fizikalna svojstva hibrida kukuruza

U tablici 4.1.1. prikazana su određena fizikalna svojstva triju hibrida kukuruza koji su korišteni u hranidbi golubova tijekom pokusa (Andromeda, P9911 i Tomasov).

Tablica 4.1.1. Fizikalne karakteristike hibrida kukuruza

Fizikalne analize	Andromeda	P9911	Tomasov
<b>Suha tvar(%)</b>	87,98	88,04	87,75
<b>Dimenzije zrna</b>			
-Visina (mm)	13,78	12,07	12,02
-Širina (mm)	8,07	9,04	8,62
-Debljina (mm)	5,04	5,18	5,32
-Sferičnost	0,598	0,685	0,682
<b>Hektolitarska masa(kg/hL)</b>	70,51	72,18	70,07
<b>Stenvert</b>			
-Vrijeme (s)	2,03	2,91	2,94
-Visina (mm)	109	101	106
-C/F	0,308	1,005	0,499
<b>Lomljivost (%)</b>	76,65	70,16	88,94
<b>Floatacijski indeks (%)</b>	97	53	94
<b>Gustoća (g/mL)</b>	1,18	1,24	1,19

Ispitivanja fizikalnih svojstava triju hibrida kukuruza izvršena su na osušenom zrnju kukuruza.

Hektolitarska masa ispitanih hibrida kretala se od 70,07 do 72,18 kg/hL. Hektolitarska masa hibrida Tomasov iznosila je 70,07 kg/hL, dok je sličnu vrijednost imao hibrid Andromeda s 70,51 kg/hL. Najvišu hektolitarsku masu imao je hibrid P9911 koja je iznosila 72,18 kg/hL. Na temelju navedenoga vidljiva je razlika između hibrida Tomasov i Andromeda u odnosu na hibrid P9911. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (BC Institut, Dekalb, KWS, LG, Maisadour, NS seme, DuPont Pioneer, Poljoprivredni Institut Osijek (PIS), RWA, te Syngenta) (Jareš i sur. 2018) koji su u prosjeku imali hektolitaru masu 72,92 kg/hL vidljivo je da hektolitarske mase hibrida Andromeda (70,51 kg/hL), P9911 (72,18 kg/hL) i Tomasov (70,07 kg/hL) imaju vrlo slične vrijednosti kao i prosjek 30 hibrida kukuruza. Međutim, hektolitarske mase triju ispitanih hibrida su znatno veće od minimalne hektolitarske mase u radu Jareš i sur. (2018) koja je iznosila 64,77 kg/hL, ali su istovremeno i niže od maksimalne hektolitarske mase koja je iznosila 79,82 kg/hL. Prema Aleuš (2011.) jako niska ili visoka hektolitarska masa dobar su pokazatelj energetske vrijednosti zrna kukuruza. Zrna lakša od 60 kg/hL imaju manje energije

jer sadrže manje ulja koje je bogato energijom i sitnija su pa je proporcionalno veći udjel vlaknastog omotača u zrnu, a vlakna smanjuju probavljivost energije i obrnuto. Također, hektolitarska masa je pokazatelj udjela caklavog i brašnog endosperma. Hibridi više hektolitarske mase sadrže više caklavog, a hibridi manje hektolitarske mase više brašnog endosperma.

Gustoća zrna ispitanih hibrida kretala se od 1,18 do 1,24 g/mL. Najveća gustoća zrna zabilježena je kod hibrida P9911 koja je iznosila 1,24 g/mL, dok su slične i nešto niže vrijednosti zabilježene kod hibrida Andromeda (1,18 g/mL) i hibrida Tomasov (1,19 g/mL). Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (Jareš i sur. 2018) pokazalo je da je gustoća zrna ispitanih triju hibrida manja od prosjeka (1,23 g/mL) u navedenom istraživanju, dok je veća od najmanje vrijednosti gustoće zrna koja je iznosila svega 0,93 g/mL kod hibrida P0216 (DuPont Pioneer). Najveću gustoću zrna su imala zrna hibrida Kitty (KWS) koja je iznosila 1,64 g/mL. Prava gustoća je niža kod mekših zrna, dok je viša kod tvrdih zrna koja sadrže više caklavog endosperma.

Floatacijski indeks ispitanih hibrida kretao se od 53 do 97 %. Najviša vrijednost zabilježena je kod hibrida Andromeda 97 % te je slična vrijednost zabilježena i kod hibrida Tomasov 94 %. Najmanju vrijednost floatacijskog indeksa imala su zrna hibrida P9911 koji je iznosio 53 %. Utvrđena razlika hibrida P9911 u odnosu na hibrid Andromeda i Tomasov ukazuje na tvrđa zrna kod hibrida P9911. Po klasifikaciji tvrdoće zrna prema floatacijskom indeksu hibrid P9911 ne pripada u skupinu vrlo tvrdih zrna radi većeg broja plutajućih zrna u odnosu na tvrde hibride (53 % vs 8 %) (Kljak, 2020.). Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (Jareš i sur. 2018) pokazalo se da hibridi Andromeda i Tomasov imaju veći floatacijski indeks od prosjeka koji iznosi 74,45 %. Najveći floatacijski indeks imao je hibrid PR35F38, proizvođača DuPont Pioneer koji iznosi 100 %, što nije velika razlika s obzirom na hibrid Andromedu. Navedene visoke vrijednosti FI povezane su s mekšim hibridima. S druge strane, hibrid P9911 imao je manji floatacijski indeks od prosjeka hibrida u radu Jareš i sur. (2018.), ali ima veću vrijednost od minimalnog floatacijskog indeksa koji je zabilježen kod hibrida Bc 462, proizvođača Bc Institut koji je iznosio samo 8 %.

Dužina zrna ispitanih hibrida kretala se od 12,02 do 13,78 mm. Najduže zrno (13,78 mm) je bilo zrno hibrida Andromeda, dok su zrna hibrida P9911 (12,07 mm) i zrna hibrida Tomasov (12,02 mm) imala slične vrijednosti. Širina zrna kretala se u rasponu od 8,07 do 9,04 mm. Najvišu vrijednost su imala zrna hibrida P9911 (9,04 mm), zatim zrna hibrida Tomasov (8,62 mm), dok su najnižu vrijednost imala zrna hibrida Andromeda (8,07 mm). Debljina zrna kretala se od 5,04 do 5,32 mm. Najviša vrijednost debljine zrna zabilježena je kod hibrida Tomasov čija je debljina zrna iznosila 5,32 mm, dok je debljina zrna hibrida P9911 iznosila 5,18 mm. Najmanja vrijednost debljine zrna zabilježena je kod hibrida Andromeda koja je iznosila 5,04 mm. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (Jareš i sur. 2018) utvrđeno je da hibrid Andromeda ima najveću dužinu zrna od svih 30 hibrida, najveća dužina hibrida iznosila je 13,13 mm dok je kod hibrida Andromede iznosila 13,78 mm. Hibridi P9911 i Tomasov prema dužini

pripadaju prosjeku. Prosjek širine zrna 30 hibrida iznosio je 8,25 mm, što nam pokazuje da hibridi Tomasov i P9911 su širi od prosjeka, a Andromeda nešto uža od prosjeka 30 hibrida. Tomasov hibrid ima najdeblje zrno od svih hibrida, najveća debljina 30 hibrida izmjerena je kod NK Helico proizvođača Syngenta (5,13 mm), dok je kod hibrida Tomasov debljina iznosila 5,32 mm. Isto tako nakon zrna hibrida Tomasov slijedi zrno P9911 s 5,18 mm koje je također deblje od hibrida NK Helico. Andromeda ima veću debljinu zrna od hibrida Bc 572 proizvođača Bc Institut (4,07 mm).

Na temelju rezultata dimenzije zrna izračunata je sferičnost koja je varirala od 0,598 do 0,685. Najveća sferičnost zabilježena je kod zrna P9911, a najmanja kod hibrida Andromeda. Prema Aleušu (2011.) sferičnosti zrna korelira s njegovom dužinom i debljinom: duža i tanja zrna su plosnatija, a sam primjer tome je hibrid Bc 678 (0,567) što je nešto manji rezultat od rezultata hibrida Andromeda. Hibrid Bc 38w ima veću sferičnost (0,687) u odnosu na Bc 678, dok ima sličnu vrijednost kao hibridi P9911 (0,685) i Tomasov (0,682). U pravilu manja i više zaobljena zrna su ujedno i veće tvrdoće. Najčešće zubani imaju manju sferičnost od tvrdunca (Paulsen 2003.).

Stenvertovo vrijeme mljevenja ispitivanih hibrida kretalo se u rasponu od 2,03 do 2,94 s. Najduže vrijeme mljevenja zrna imao je hibrid Tomasov (2,94 s), dok je slično vrijeme mljevenja hibridu Tomasov imao hibrid P9911 (2,91 s). Najkraće vrijeme mljevenja imao je hibrid Andromeda čije je vrijeme iznosilo 2,03 s. Stenvertovo vrijeme je usko povezano s tvrdoćom zrna. Mlinu treba duže vrijeme mljevenja za usitnjavanje tvrdih zrna. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima različitih Bc hibrida (Aleuš 2011.) utvrđena je razlika u vremenima mljevenja. Od svih ispitanih hibrida u navedenom istraživanju, hibrid Bc 678 je imao najkraće vrijeme mljevenja koje je iznosilo 3,794 s, što je duže vrijeme mljevenja od svih hibrida u ovom istraživanju (raspon od 2,03 do 2,94 s). U istraživanju Aleuš (2011) najduže vrijeme mljevenja imao je Bc hibrid 244 koje je iznosilo 7,124 s. Navedeni rezultati upućuju na to da su sva tri ispitana hibrida manje tvrdoće od Bc hibrida u istraživanju Aleuš (2011.).

Ukupna visina svježe samljevenog zrna u sabirnoj epruveti kretala se od 101 do 109 mm. Najviša visina stupca zabilježena je kod hibrida Andromeda s 109 mm, zatim 106 mm kod hibrida Tomasov, a najmanja visina svježe samljevenog zrna zabilježena je kod hibrida P9911 (101 mm). Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (Jareš i sur. 2018) utvrđeno je kako Andromeda zrno ima visinu stupca svježe samljevenog zrna (109 mm) višu od svih ispitanih hibrida u navedenom istraživanju. Najniža visina stupca svježe samljevenog uzorka (76,5 mm) izmjerena je kod hibrida PR35F38 proizvođača DuPont Pioneer, a najviša (107,5 mm) kod hibrida Sy Ulises proizvođača Syngenta.

Odnos krupnih i sitnih čestica zrna (C/F) ispitivanih hibrida kretao se u rasponu od 0,308 do 1,005. Najmanji odnos čestica zrna zabilježen je kod hibrida Andromeda čiji je odnos iznosio 0,308, dok je odnos čestica kod hibrida Tomasov iznosio 0,499. Najviši zabilježeni odnos krupnih i sitnih čestica bio je kod zrna hibrida P9911 čiji je odnos iznosio 1,005. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih proizvođača (Jareš i sur. 2018) pokazalo se da svi hibridi u navedenom istraživanju imaju

manji omjer krupnih prema sitnim česticama u meljavi zrna u odnosu na najviši omjer kod hibrida P9911 koji je određen u ovom istraživanju. Omjer krupnih prema sitnim česticama u meljavi zrna istraživanih 30 hibrida varirao je od 0,28 (P9494, DuPont Pioneer) do 0,86 (Bc 462, Bc Institut). Hibridi Andromeda i Tomasov su imali veći omjer čestica od hibrida P9494 proizvođača DuPont Pioneer koji je imao najniže vrijednosti u istraživanju Jareš i sur. (2018.). S druge strane Bc hibridi (Aleuš 2011.) su imali veće omjere krupnih prema sitnim česticama u odnosu na sve do sada spomenute hibride. Najmanji odnos je imao Bc hibrid 572 (1,198), dok je najveći omjer imao hibrid Bc 38w čiji je omjer iznosio 2,117. Tvrđa zrna imaju veći C/F, što čini hibrida P9911 najtvrdim, a hibrid Andromedu najmekšim uz minimalne razlike u usporedbi s hibridom Tomasov. Hibridi Andromeda i Tomasov su slični po fizikalnim svojstvima, dok P9911 iskače i razlikuje se od prethodna dva hibrida.

Potencijalna lomljivost zrna hibrida kretala se od 70,16 do 88,94 %. Najmanja vrijednost zabilježena je kod hibrida P9911 čija je lomljivost zrna iznosila 70,16 %, zatim slijedi hibrid Andromeda čija je lomljivost zrna iznosila 76,65 %, a najveća vrijednost je zabilježena kod hibrida Tomasov s 88,94 %. Što je zrno tvrđe ono nakon sušenja često ima veću sklonost lomu, što za rezultati ima i viši udio lomljenih zrna (Kirleis i Stroshine 1990.). Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima 30 hibrida kukuruza različitih (Jareš i sur. 2018) utvrđena je znatno veća potencijalna lomljivost zrna u ovom istraživanju. Lomljivost zrna 30 različitih hibrida kukuruza prosječno je iznosila 43,27 %, što upućuje na veću tvrdoću zrna u ovom istraživanju u odnosu na hibride kukuruza obrađenih u istraživanju Jareš i sur. (2018.).

## 4.2. Utjecaj hibrida na probavljivost i proizvodne parametre

U tablici 4.2.1. prikazana je probavljivosti suhe tvari i proizvodni parametri (konzumacija kukuruza i prirast golubova) tijekom pokusnog perioda. Pokusni period kod golubova iznosio je tri dana.

Tablica 4.2.1. Utjecaj hibrida kukuruza na probavljivost ST i proizvodne parametre u golubova

Hibrid	Probavljivost ST(%)	Konzumacija (g/dan)	Prirast (g)
Andromeda	84,69 <sup>b</sup>	28,95	26,80
P9911	88,40 <sup>a</sup>	29,58	-14,20
Tomasov	87,55 <sup>a</sup>	30,12	10,60
<i>P</i>	0,014	0,949	0,162

Probavljivost ST kod ispitanih hibrida se kretala od 84,69 do 88,40 % uz utvrđenu signifikantnu razliku. Kao što je vidljivo iz tablice 4.2.1., najveća probavljivost ST zabilježena je kod hibrida P9911 (88,4 %) te se ona signifikantno razlikovala od najmanje probavljivosti zabilježene kod hibrida Andromeda (84,69 %). Probavljivost suhe tvari kod hibrida Tomasov (87,55 %) nije se signifikantno razlikovala od probavljivosti ST kod hibrida P9911. Možemo reći da je najviša probavljivost suhe tvari hibrida P9911 povezana s njegovim fizikalnim svojstvima i tvrdoćom zrna. Prema Hullaru i sur. (1999.), probavljivost suhe tvari kukuruza u golubova iznosi 89,89 %, ali su i druge žitarice također imale visoku probavljivost ST, dok je probavljivost leće i konoplje bila srednje vrijednosti. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima Hullara i sur. (1999) utvrđena je sličnost između probavljivosti ST u hibrida P9911 i Tomasov i navedenog istraživanja. S druge strane, Sales i Janssens (2003b.) bilježe niže probavljivost ST kukuruza koja se kretala od 83,72 do 84,49 % ovisno o periodu praćenja probavljivosti. Kada je period bio tri dana onda je vrijednost probavljivosti ST kukuruza u navedenom istraživanju bila 83,73 % što je usporedivo s probavljivošću kukuruza kod hibrida Andromeda. Niža probavljivost u hibridu Andromeda je za čak 5,2 % manja od najveće probavljivosti zabilježene u pokusu Hullara i sur. (1999). Navedena različita probavljivost ST kukuruza u golubova između hibrida u ovom istraživanju i kao i njihova usporedba s prijašnjim istraživanjima ukazuju na to da fizikalno-kemijske karakteristike zrna uvelike utječu na probavljivost ST u golubova te da je potrebno prilikom odabira pogodnog kukuruza u hranidbi golubova razmišljati i o njegovim fizikalno-kemijskim karakteristikama. Najtvrdi hibrid u ovom istraživanju, hibrid P9911, imao je najvišu probavljivost (88,40 %). Međutim, hibridi Andromeda i Tomasov, iako su pokazivali slične fizikalne karakteristike imali su signifikantno različite probavljivosti (87,55 vs 84,69 %) što ukazuje na to da je osim fizikalnih parametara potrebno utvrditi i ostale parametre kvalitete zrna kukuruza kao što su sadržaj proteina ili detaljnije sadržaj skladišnih proteina zeina i/ili sadržaj škroba te njegovu strukturu i dostupnost kako bi odabrali adekvatan hibrid u hranidbi golubova.

Konзумacija hibrida kukuruza po danu se kretala od 28,95 do 30,12 g/d ali bez utvrđene statistički značajne razlike između navedenih konzumacija. Prema istraživanju Pusteta i sur. (1928.) nakon što golubovi gladuju jedan dan mogu pojesti 15 do 45 g kukuruza. Najčešće tijekom jednog hranjenja pojedu 20 g kukuruza, no ako golubovi imaju afinitet prema kukuruzu mogu pojesti i do 30 g tijekom hranjenja. Prema Zeigleru i sur. (1971.) golubovi u 25 dana pojedu 575 g hrane, što je po danu 23 g. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima Pusteta i sur. (1928.) utvrđeno je kako su golubovi tijekom eksperimenta konzumirali do 30,12 g/d, što pripada prosjeku (15–45 g/d). S druge strane, su golubovi tijekom eksperimenta konzumirali više hrane od golubova u istraživanju Zeihner i sur. (1971.). Razlika u konzumaciji se može objasniti korištenjem mesnih pasmina golubova tijekom pokusa koji imaju veće tjelesne mase i veći afinitet prema kukuruzu.

Tijekom pokusnog perioda se također bilježio prirast golubova. Prirast golubova je izrazito varirao između golubova hranjenih različitim hibridima kukuruza ali bez utvrđene statističke značajnosti. Međutim, treba napomenuti da je unatoč neutvrđenoj značajnosti, raspon vrijednosti ispitivanih hibrida bio velik. Brojčano najveći prirast su ostvarili golubovi

koji su bili hranjeni s hibridom Andromeda te je on iznosio 26,80 g, zatim slijede golubovi koji su hranjeni s hibridom Tomasov , njihov prirast je iznosio 10,60 g. Golubovi koji su bili hranjeni hibridom P9911 nisu ostvarili nikakav prirast, već je došlo do gubitka njihove mase koji je iznosio 14,20 g. Golubovi su prije pokusa hranjeni potpunom krmnom smjesom za golubove koja je sadržavala kukuruz, bob, grašak i suncokret pa su golubovi naviknuti na selektivnu hranidbu. Tijekom pokusa nisu imali tu mogućnost te su golubovi koji su najčešće izbacivali kukuruz iz hranidbe sad morali jesti samo kukuruz što objašnjava njihov gubitak mase radi manjeg afiniteta prema krmivu. Prema Pavičići sur. (2002), mladunci udvostruče svoju živu vagu gotovo svakih 48 sati, a 10. dan dostižu gotovo deseterostruko veću tjelesnu masu od početne. Najveće dnevno povećanje tjelesne mase od 49 g zabilježeno je od 12. do 13. dana, a od trećeg tjedna prinosi tjelesne mase su se znatno počeli smanjivati i najnižu vrijednost su dostigli od 26. do 27. dana. Golubovi nakon 27.dana imaju dnevne priraste od 17 g ili manje. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima Pavičić i sur. (2002.) utvrđena je razlika u prirastu. Najveći prirast u ovom istraživanju bio je zabilježen kod golubova hranjenih Andromeda kukuruzom (26,80 g), ali je on puno manji od prirasta definiranog u Pavičić i sur. (2002., maksimalan prirast u 3 dana od 51 g). Dodatno, golubovi hranjeni s Andromeda hibridom su dnevno ostvarivali prirast od 8,93 g, dok su kod Pavičića i sur. (2002.) ostvarivali dnevni prirast od 17 g koji se sa starenjem golubova smanjivao. Razlika u rezultatima se može objasniti kao razlika u dobi golubova između dva navedena eksperimenta, razlika u hranidbenom režimu ali i u vremenskim uvjetima.

### 4.3. Utjecaj hibrida na svojstva fecesa

U tablici 4.3.1. prikazani su sva praćena svojstva fecesa (pH i mikrobiota) tijekom pokusnog perioda.

Tablica 4.3.1. Utjecaj hibrida kukuruza na parametre fecesa

Hibrid	pH	<i>Lactobacillus</i> sp. (CFU/g)	Sulfitreducirajuće bakterije (CFU/g)	<i>Salmonella</i> sp. (CFU/g)
Andromeda	7,36 <sup>b</sup>	9,2x10 <sup>8</sup>	1,5025x10 <sup>4</sup>	< 10
P9911	7,11 <sup>b</sup>	1,25x10 <sup>10</sup>	4,77x10 <sup>2</sup>	< 10
Tomasov	7,77 <sup>a</sup>	3,9x10 <sup>8</sup>	1,39x10 <sup>3</sup>	< 10
p	0,001	0,078	0,290	< 10

Vrijednost pH fecesa signifikantno je varirala između hibrida te se kretala od 7,11 do 7,77. Najviša pH vrijednost zabilježena je kod golubova hranjenih hibridom Tomasov, a iznosila je 7,77 te se ova vrijednost signifikantno razlikovala od pH fecesa u golubova koji su hranjeni hibridom Andromeda (7,36) i hibridom P9911 (7,11). Utvrđena signifikantna razlika između vrijednosti pH u fecesu golubova hranjenih različitim hibridima ukazuje na to da tvrdoća zrna utječe na različitu proizvodnju kiselina od strane mikroorganizama. Naime,

bakterije fermentacijom, iz dospjelog rezistentnog škroba zrna kukuruza, stvaraju kratkolančane masne kiseline (acetat, propionat i butirat) koje za rezultat imaju snižavanje pH fecesa. Tvrđa zrna su povezana s većim sadržajem rezistentnog škroba tj. većim sadržajem škroba koji će izbjeći probavu u tankom crijevu i biti dostupan mikroorganizmima u debelom crijevu. Dodatno, tvrđa zrna daju i višu proizvodnju jaja i bolju konverziju kod kokoši nesilica (Moore i sur., 2008). Najtvrđi hibrid u ovom istraživanju imao je i najniži pH (pH 7,11 kod hibrida P9911). Uspoređivajući rezultate s istraživanjem Spennemann i Watson (2017.), pH fecesa se može razlikovati za dvije pH jedinice unutar jedne vrste ovisno o hrani koju životinja pojede. Golubovi koji su konzumirali potpune krmne smjese su izlučivali kiseliji feces (pH 5,5), dok su životinje koje su konzumirale laganiji obrok odnosno nepotpune krmne smjese izlučivale blago lužnati feces (pH 7,9). Golubovi hranjeni hibridom Tomasov imali su najviši pH odnosno najbliži lužnatoj sredini (7,77), dok je najniži pH bio u golubova hranjenih hibridom P9911 (7,11). Kiselost fecesa se znatno razlikuje ovisno o količini konzumirane vode na dan, proizvedenim kiselinama, o količini izlučene mokraćne kiseline i o udjelu proteina u hranidbi. Isto tako pH znatno ovisi o spolu goluba. Ženke goluba iskorištavaju hranu za proizvodnju jaja, kalcij se taloži u ljusci te se ne izlučuje putem fecesa čime je feces ženke nešto niže pH vrijednosti od mužjaka (Spennemann i Watson 2017.).

Broj laktobacila u fecesu golubova kretao se od  $3,9 \times 10^8$  do  $1,25 \times 10^{10}$  CFU/g, ali bez značajne razlike između hibrida. Međutim, utvrđena je značajna tendencija razlike između hibrida. Feces golubova hranjenih hibridom P9911 imao je tendenciju najvišeg broja laktobacila ( $1,25 \times 10^{10}$  CFU/g), zatim je slijedio feces golubova hranjenih s hibridom Andromeda ( $9,2 \times 10^8$  CFU/g), a feces golubova hranjenih hibridom Tomasov je imao tendenciju najmanjeg broja laktobacila ( $3,9 \times 10^8$  CFU/g). Iako su svi golubovi hranjeni kukuruzom, razlike u količini laktobacila variraju s korištenjem različitih hibrida, što bi moglo biti povezano s tvrdoćom kukuruza i dostupnosti rezistentnog škroba mikroorganizmima crijeva. Naime, rezultati pokazuju da hibrid P9911 koji ima najveću tvrdoću zrna ima i veći broj laktobacila u odnosu na ostala dva hibrida kukuruza.

U fecesu golubova sojevi *L. ingluvies* (31 %), *L. salivarius* (28 %) i *L. agilis* (23 %) su dominantne izolirane vrste (Dec i sur. 2020.).

Tablica 4.3.1. također prikazuje broj sulfitreducirajućih bakterija s obzirom na hibrid kojima su golubovi hranjeni. Količina sulfitreducirajućih bakterija varira od  $4,77 \times 10^2$  do  $1,5025 \times 10^4$  CFU/g, ali je ta varijabilnost bez statističke značajnosti ( $P > 0,05$ ). Međutim, utvrđena je značajna tendencija razlike između hibrida. Feces golubova hranjenih hibridom Andromeda imao je tendenciju najvišeg broja sulfitreducirajućih bakterija ( $1,5025 \times 10^4$  CFU/g), zatim je slijedio feces golubova hranjenih hibridom Tomasov ( $1,39 \times 10^3$  CFU/g), a feces golubova hranjenih hibridom P9911 je imao tendenciju najmanjeg broja sulfidoreducirajućih bakterija ( $4,77 \times 10^2$  CFU/g), što može biti povezano s povoljnijim karakteristikama hibrida P9911 i njegovom većom tvrdoćom u odnosu na ostala dva hibrida. Prema Martin i sur. (1972.), *Clostridium perfringens* je jedna od najčešće izoliranih sulfitreducirajućih bakterija iz fecesa golubova.



Laktobacili, očito zbog svoje sposobnosti stvaranja mliječne kiseline, mogu inhibirati rast drugih mikroorganizama u gastrointestinalnom traktu. Prisutnost laktobacila u voljci kod peradi rezultira manji broj koliformnih bakterija u njoj (Tannock 2006.). Također laktobacili kao što je vidljivo iz rezultata reduciraju broj sulfitreducirajućih bakterija u fecesu golubova.

Salmonela nije pronađena niti u jednom uzorku fecesa golubova bez obzira koji su hibrid golubovi konzumirali. Odsutnost salmonele je izrazito bitan i dobar pokazatelj higijenske ispravnosti hrane i objekta u kojem golubovi borave. Salmoneloza je jedna od najvažnijih bakterijskih bolesti golubova. Prema Kaczorek-Łukowska i sur. (2020.) od testiranih 585 golubova, 5,47 % se pokazalo pozitivnima na salmonelu. Golubovi su najveći rezervoari *Salmonella enterica* ser. *Typhimurium*. U proizvodnji danas, nažalost povećava se otpornost salmonele na različite antibiotike te se pojavljuju novi sojevi veće patogenosti. Poznato je kako je salmoneloza zoonoza te nije nepoznato širenje bakterije salmonele s goluba na čovjeka. *Salmonella enterica* ser. *Typhimurium* je prema Osman i sur. (2013.) jedini serotip salmonele koji je često povezan s ozbiljnim simptomima i značajnim brojem uginulih životinja. Isto tako treba napomenuti da *Salmonella* ser. *Braenderup* i *Salmonella* ser. *Lomita* nikada prije nisu otkriveni kod golubova.

## 5. Zaključak

Na temelju rezultata istraživanja utjecaja tvrdoće hibrida kukuruza na *in vivo* probavljivost ST, proizvodne parametre i kvalitete fecesa u golubova provedenih na poljoprivrednom gospodarstvu Čavlek u selu Knežinec pored grada Varaždina i u laboratoriju Zavoda za hranidbu životinja Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet izvedeni su sljedeći zaključci:

- Hranidba tvrđim/caklavijim hibridom kukuruza dovela je do veće probavljivosti ST u golubova pri čemu nije samo tvrdoća parametar koji ukazuje na obujam probavljivosti nego bi za adekvatno korištenje hibrida kukuruza u hranidbi golubova trebalo utvrditi ostala fizikalno-kemijska svojstva zrna kukuruza kao što su građa škroba i njegova dostupnost te sadržaj zeina.
- Za utvrđivanje utjecaja tvrdoće zrna na ostale parametre proizvodnje golubova kao što su konzumacija i prirast potrebno je provesti dodatna istraživanja koja bi uključivala veći broj hibrida. Naime, iako su utvrđene neke razlike između hibrida one nisu ukazale na određeni trend između ispitanih hibrida.
- Svojstva fecesa (pH i mikrobiloška kvaliteta) ukazuju na važan utjecaj tvrdoće i karakteristika hibrida na feces u golubova. Pri tome je hranidba s tvrđim hibridom rezultirala povoljnijim karakteristikama fecesa kao što je niži, ali ne preniski pH, i povoljniji broj laktobacila te reduciran broj sulfitreducirajućih klostridija.

Dobiveni rezultati istraživanja potvrdili su očekivane hipoteze o utjecaju tvrdoće zrna na *in vivo* probavljivost ST u golubova pri čemu tvrđi hibrid ima viši obujam probavljivosti kao i povoljnija svojstva fecesa. Međutim, treba naglasiti da je tvrdoća zrna samo dio fizikalno-kemijskih karakteristika hibrida kukuruza te da bi za pravilniju uporabu hibrida u hranidbi golubova trebalo provesti dodatna istraživanja koja bi sadržavala veći broj hibrida, ali i više utvrđenih fizikalno-kemijskih karakteristika hibrida.

## 6. Popis literature

1. Aleuš D. (2011.). Utjecaj fizikalnih svojstava zrna bc hibrida kukuruza na proizvodnost nesilica. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
2. Bekrić V., Radosavljević M. (2008.). Savremeni pristupi upotrebe kukuruza. PTEP. 12(3): 93-96.
3. Biedermann T., Garlick D., Blaisdell P. A. (2012.). Food choice in the laboratory pigeon. Behavioural Processes. 91: 129-132.
4. Choe D. W., Loh T. C., FooL. H., Hair-Bejo M., Awis Q. S.(2012.). Egg production, faecal pH and microbial population, small intestine morphology, and plasma and yolk cholesterol in laying hens given liquid metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* strains. British Poultry Science. 53(1): 106-115.
5. Dec M., Stepień-Pysniak D., Nowaczek A., Puchalski A., Urban-Chmiel R. (2020.). Phenotypic and genotypic antimicrobial resistance profiles of fecal lactobacilli from domesticated pigeons in Poland. Anaerobe. 65: 102251.
6. Delić-Jović M. (2019.). Primjena caklastog endosperma kukuruza u tovu pilića na proizvodne rezultate, oksidativni status i kilaonička svojstva. Doktorska Disertacija. Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
7. Domaćinović, M. (2006.). Hranidba domaćih životinja, Osnove hranidbe. Krmiva, Poljoprivredni fakultet u Osijek. Osijek
8. Domaćinović, M., Antunović Z., Džomba E., Opačak A., Baban M. (2015.). Specijalna hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
9. DZNM. (2001.). HRN ISO 6496:2001. Stočna hrana - Određivanje vode i udjela drugih hlapljivih tvari
10. Efinger I. (2020.). Prinos i agronomska svojstva različitih FAO skupina kukuruza. Diplomski rad. Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019.) FAOSTAT- <http://www.fao.org/faostat/en>. - pristup: 24.09.2021.
12. Fox G., Manley M. (2009.). Hardness Methods for Testing Maize Kernels. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57: 5647-5657

13. Grbeša D. (2008.). Bc hibridi kukuruza u hranidbi životinja. Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d.d. Zagreb. Zagreb
14. Grbeša D. (2016.). Hranidbena svojstva kukuruza. Bc Institut d.d. Zagreb
15. Grbeša D. (2019.). Krepka-koncentratna krmiva. Interna skripta za Diplomski studij "Hranidba i hrana životinja" Modul "Hrana za životinje". Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
16. Harrison, G. J., T. L. Lightfoot (2006.). Clinical Avian Medicine. Palm Beach, Spix publishing, pp. 412-438.
17. Hullar I., Meleg I., Fekete S., Romvari R. (1999.). Studies on the Energy Content of Pigeon Feeds I. Determination of Digestibility and Metabolizable Energy Content. Poultry Science. 78: 1757-1762.
18. Jareš M., Novaković K., Pamić S., Zurak D. (2018.). Evaluacija fizikalnih svojstava zrna za predikciju caklavosti. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
19. Jurišić M. (2008.): AgBase – Priručnik za uzgoj bilja, I. Tehnologija (agrotehnika) važnijih ratarskih kultura; VIP-V-10-9/06., Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
20. Kabir A. M. (2018.). Pigeons' Feed at their Various Stages. International Journal of Research Studies in Zoology. 4(2): 21-24.
21. Kaczorek-Łukowska E., Sowińska P., Franaszek A., Dziewulska D., Małaczewska J., Stenzel T. (2020.). Candomestic pigeon be a potential carrier of zoonotic *Salmonella*? Transbound Emerg Diseases. 68: 2321-2333.
22. Kim, T. H., Opara, L. U., Hampton, J. G., Hardacre, A. K., MacKay, B. R. (2002.). The effects of grain temperature on breakage susceptibility in maize. Biosystems Engineering, 82(4): 415-421.
23. Kirleis, A. W., Strohshine, R. L. (1990.). Effects of hardness and drying air temperature on breakage susceptibility and dry-milling characteristics of yellow dent corn. Cereal Chemistry. 67(6): 523-528.
24. KLASING, C. K. (1999.). Avian gastrointestinal anatomy and physiology. Semin Avian Exot Pet Med, 8(2): 42-50.
25. Kljak K. (2020.). Interna skripta Metode vrednovanja hrane za životinje. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
26. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.). Žitarice, sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

27. Lozano-Alejo, N., Vázquez Carillo, G., Pixley K., Palacios-Rojas, N. (2007.). Physical properties and carotenoid content of maize kernels and its nixtamalized snacks. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 8: 385-389.
28. Martin W. J., Subbiah Ravi T. M., Kottke B. A., Birk C. C., Naylor C. M. (1972.). Nature of Fecal Sterols and Intestinal Bacterial Flora. *Lipids*. 8(4): 208-215.
29. Matanović I. (2012.). Podvrste kukuruza (*Zea mays L.*). Diplomski rad. Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
30. Medvečki A. (2015.). Agrotehnika uzgoja kukuruza kokičara. Diplomski rad. Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
31. Mikrobiologija hrane i hrane za životinje– Horizontalna metoda za otkrivanje *Salmonella* spp. –Izmjena 1.: Prilog D: Otkrivanje *Salmonelle* spp. u fekalijama životinja i uzorcima okoliša u primarnoj fazi proizvodnje”.
32. Moon R., Zeigler H. (1979.). Food Preferences in the Pigeon (*Columba livia*). *Physiology & Behavior*. 22: 1171-1182.
33. Moore, S. M., Stadler, K. J., Beitz, D. C., Stahl, C. H., Fithian, W. A., Bregendahl, K. (2008). The correlation of chemical and physical corn kernel traits with production performance in broiler chickens and laying hens. *Poultry Science*. 87: 665-676.
34. O'MALLEY, B. (2005.): Clinical anatomy and physiology of exotic species. Elsevier Saunders.
35. Osman M. K., Mehrez M., Erfan M. A., Nayerah A. (2013.). *Salmonella enterica* Isolated from Pigeon (*Columba livia*) in Egypt. *Foodborne Pathogens And Disease*. 10(5): 481-483.
36. Paulsen M.R., Watson S.A., Singh M. (2003.). Measurement and maintenance of corn quality. In: *Corn: Chemistry and Technology* (White P.J., Johnson L.A.), Amer Assn of Cereal Chemists, Minnesota USA. 159-219
37. Paulsen, M. R., Watson, S. A., Singh, M. (2003.). Measurement and maintenance of corn quality. U: *Corn: Chemistry and Technology* (ur: White, P. J., Johnson, L. A.) American Association of Cereal Chemists. St. Paul, str. 159-220
38. Pavičić Ž. (2002.). Golubarstvo. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
39. Pavičić Ž., Vučemilo M., Tofant A., Hađina S., Matković K. (2002.). Utjecaj hranidbe na komercijalnu proizvodnju golubova za meso. *Krmiva*. 44: 233-236.

40. Pomeranz, Y., Czuchajowska, Z., Martin, C. R., Lai, F. S. (1985.). Determination of corn hardness by Stenvert hardness tester. *Cereal Chemistry*. 62: 108-112.
41. Pustet A., Berger B. (1928.). Gedachtnis und Lernvermogen der Tauben. U:Versuche UBER Das Gedachtnis Und Das Lernvermogen Der Tauben. Aus der Bayrisehen Landesanstalt fur Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Munchen, str. 668-683.
42. Radosavljević M., Božović I., Bekrić V., Jakovljević J., Jovanović R., Žilić S., Terzić D. (2008.). Savremene metode određivanja kvaliteta i tehnološke vrednosti kukuruza. *PTEP*. 5(3): 85-88.
43. Sales J., Janssens G. P. J. (2003b.). Methods to Determine Metabolizable Energy and Digestibility of Feed Ingredients in the Domestic Pigeon (*Columba livia domestica*). *Poultry Science*. 82: 1457-1461.
44. Sales J., Janssens G.P.J. (2003a.). Nutrition of the domestic pigeon (*Columba livia domestica*). *Poultry Science*. 59 (2): 221-232.
45. Spennemann D., Watson J M. (2017.). Dietary habits of urban pigeons (*Columba livia*) and implications of excreta pH – a review. *European Journal of Ecology*. 3(1): 27-41.
46. Šimić A. (2018.). Povezanost fizikalnih svojstava zrna kukuruza i prirasta u tovu pilića. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
47. Tannock W. G. (2006.). The Microecology of Lactobacilli Inhabiting the Gastrointestinal Tract. *Agricultural Science*. 12: 63-114.
48. Thamaraiselvi V., Nirmala T. (2015.). Influence of Food grains on the Growth of Pigeon (*Columba livia*), Periyakulam, Theni District, Tamil Nadu, India. *International Research Journal of Environment Sciences*. 4(4): 26-29.
49. Vazačová K., Münzbergová Z. (2013.). Simulation of Seed Digestion by Birds: How Does It Reflect the Real Passage Through a Pigeon's Gut? *Folia Geobotanica*. 48: 257-269.
50. Vlajšović D. (2020.). Čimbenici koji utječu na kinetiku probavljivosti škroba kukuruza. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
51. Vlašić M. (2019.). Morfološke osobitosti probavnog sustava u ptica s osvrtom na moguće bolesti. Diplomski rad. Veterinarski fakultet Sveučilište u Zagrebu. Zagreb
52. Watson S.A. (2003.). Description, development, structure, and composition of the corn kernel. In: *Corn: Chemistry and Technology* (White P.J., Johnson L.A.), Amer Assn of Cereal Chemists, Minnesota USA. 69-106

53. Xie P., Jiang Y., Bu Z., Fu Y., Zhang S., Tang P. (2016.). Free choice feeding of whole grains in meat-type pigeons I. Effect on performance, carcass traits, and organ development. *British Poultry Science*. 1466-1799.
54. Zhang, B., Dhital, S., & Gidley, M. J. (2015.). Densely packed matrices as rate determining features in starch hydrolysis. *Trends in Food Science & Technology*. 43(1): 18-31.
55. Zhang, H., & Xu, G. (2019.). Physicochemical properties of vitreous and floury endosperm flours in maize. *Food science & nutrition*. 7(8): 2605-2612.
56. Zweers A. G. (1982.). Pecking Of The Pigeon (*Columba Livia L.*). *JOURNAL ARTICLE*. 81(2): 173-230.

## 7. Životopis

Elena Čavlek rođena je 02.12.1997. godine u gradu Varaždinu. Srednjoškolsko obrazovanje pohađala je od 2012. do 2016. godine u *SŠ Arboretum Opeka* Marčan gdje je završila svoje obrazovanje za veterinarskog tehničara. Bila je dugogodišnji član školskog i crkvenog zbora „*Agape*“ gdje je nastupala u županijskim događanjima i koncertima. Bila je član ženskog nogometnog kluba *Trnje i Varaždin* te dugo godina držala prvo mjesto u „*Prva hrvatska nogometna liga za žene*“. Dvije godine je bila predsjednik razreda u srednjoj školi i sudjelovala na školskim natjecanjima iz odbojke. Trenirala nogomet i dostizala prosjek od 5.0 tijekom svog srednjoškolskog obrazovanja. Isto tako, ima vrlo dobro znanje njemačkog jezika kojeg usavršavala cijeli svoj život. Volontirala je u „*KK Garestin*“ i *Veterinarskoj ambulanti Jalžabet*. Tijekom prve dvije godine fakulteta bavila se streljaštvom i postizala vrhunske rezultate. 2018. godine volontirala je u Dubrovniku na događaju *69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science* i primila certifikat za sudjelovanje. Zatim je 2019. godine upisala diplomski studij *Hranidba životinja i hrana* te je sudjelovala u *International Symposium on Agriculture 2020*. godine u Vodicama te dobila certifikat za sudjelovanje.