

# Utjecaj ambalažnih materijala na kvalitetu prehrambenih proizvoda

---

Nemec, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:866651>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

Diplomski rad br. 56/ARZO/2023

**UTJECAJ AMBALAŽNIH MATERIJALA NA  
KVALITETU PREHRAMBENIH  
PROIZVODA**

**Martina Nemeč, 0253032109**

Koprivnica, rujan 2023 godine



**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša**

Diplomski rad br. 56/ARZO/2023

**UTJECAJ AMBALAŽNIH MATERIJALA NA  
KVALITETU PREHRAMBENIH  
PROIZVODA**

Student:

Martina Nemec, 0253032109

Mentor:

Prof.dr.sc. Božo Smoljan

Komentor:

Izv. prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek


Koprivnica, rujan 2023. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Martina Nemeč	MATIČNI BROJ	0253032109
DATUM	28.08.2023.	KOLEGIJ	Ambalažni materijali za pakiranje hrane
NASLOV RADA	Utjecaj ambalažnih materijala na kvalitetu prehrambenih proizvoda		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Influence of packaging materials on the quality of food products		
MENTOR	dr.sc. Božo Smoljan	ZVANJE	redoviti profesor u tr. zv.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Izv. prof. dr. sc. Dean Valdec - predsjednik 2. Izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj - član 3. Prof. dr.sc. Vladislav Brkić - član 4. Prof. dr. sc. Božo Smoljan - mentor 5. Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek - komentor 6. Doc. dr. sc. Robert Geček - z		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	56/ARZO/2023		
OPIS	<p>Pakiranje je praktički postalo neizostavan dio procesa u modernoj proizvodnji hrane. Glavna svrha pakiranja hrane je zaštititi sadržaj hrane od kontaminanata i oštećenja uzrokovanih izlaganjem vanjskom okruženju. Posebna pozornost posvećuje se održanju kvalitete zapakiranog proizvoda kroz određeni period. Kako bi se poboljšala učinkovitost materijala za pakiranje, dodatno su razvijeni aditivi, kao što su antioksidanti, stabilizatori, maziva i antistatici. Međutim nerijetko se ustvrdilo da i ambalaža sama po sebi može predstavljati izvor kontaminacije migracijom tvari iz ambalaže u zapakiranu hranu. Pred prehrambenu industriju postavljaju se sve stroži kriteriji za kvalitetu hrane, što direktno implicira potrebu za novim materijalima, novim postupcima proizvodnje i posebno, potrebna je primjena visokosofisticirane opreme u ispitivanju kvalitete ambalaže.</p> <p>U radu je potrebno opisati i proanalizirati vrste i funkcije ambalaže s posebnim naglaskom na funkcije ambalaže u očuvanju kvalitete prehrambenih proizvoda. Također, potrebno je opisati pojedine ambalažne materijale i prikazati prednosti i nedostatke pojedinih ambalažnih materijala u pakiranju određenih vrsta prehrambenih proizvoda. Poseban značaj treba posvetiti analizi mogućnosti očuvanja kvalitete zapakiranog prehrambenog proizvoda primjenom adekvatnih materijala. Pritom treba voditi računa i o prihvatljivosti pojedinih materijala s aspekta kružnog gospodarstva.</p> <p>U multičlanom dijelu potrebno je prikazati postupak ispitivanja pojedinih vrsta i oblika u ispitivanju</p>		
ZADATAK URUČEN	31.08.2023.	POTPIS MENTORA	

## **ZAHVALA!**

Ovim putem se zahvaljujem svim profesorima na Sveučilištu Sjever, odjela Ambalaže, recikliranja i zaštite okoliša, jer su posvetili veliku pažnju na kvalitetu predavanja i dostupnost materijala. Pri tome su mi pružili mogućnost da postanem članica Rektorove nagrade i budem među najuspješnijim studentima Sveučilišta Sjever u akademskoj godini 2021./2022. Izdvojila bi jednu rečenicu koja glasi ovako: „Vi ste najbolji od najboljih, a ova nagrada vas izdvaja iz prosjeka, priznanje je za vaš uspjeh te pokazatelj da uloženi trud donosi rezultate koji su prepoznati“, istaknuo je rektor Sveučilišta Sjever prof. dr. sc. Marin Milković.

Posebno se zahvaljujem prof. dr. sc. Boži Smoljanu i izv. prof. dr. sc. Krunoslavu Hajdeku što su me vodili tijekom cijelog mog školovanja, te su mi pomogli kod izrade ovog rada, dali mi jasne preporuke i pokazali kako je svatko jedinstven i da najviše inspiracije leži u nama.

Naposljetku, zahvaljujem svojoj obitelji, svojim prijateljima i kolegama na motivaciji za rad i uspjeh, bez njih bi ovo bilo puno teže!

## **SAŽETAK:**

*Pakiranje je praktički postalo neizostavan dio procesa u modernoj proizvodnji hrane. Glavna svrha pakiranja hrane je zaštititi sadržaj hrane od kontaminanata i oštećenja uzrokovanih izlaganjem vanjskom okruženju. Posebna pozornost posvećuje se održanju kvalitete zapakiranog proizvoda kroz određeni period. Kako bi se poboljšala učinkovitost materijala za pakiranje, dodatno su razvijeni aditivi, kao što su antioksidanti, stabilizatori, maziva i antistatici. Međutim nerijetko se ustvrdilo da i ambalaža sama po sebi može predstavljati izvor kontaminacije migracijom tvari iz ambalaže u zapakiranu hrenu. Pred prehrambenu industriju postavljaju se sve stroži kriteriji za kvalitetu hrane, što direktno implicira potrebu za novim materijalima, novim postupcima proizvodnje i posebno, potrebna je primjena visokosofisticirane opreme u ispitivanju kvalitete ambalaže.*

*Ambalaža mora štiti sadržaj koji posjeduje u čitavom procesu od početka pakiranja, pa sve do transporta, skladištenja i prodaje do očekivane upotrebe od strane potrošača. Ujedno treba omogućiti besprijekornost proizvoda, sačuvati ga od rasipanja, degradacije i drugih oblika oštećenja, zaštititi od kemijskih i mikrobioloških promjena, mijenjanja organoleptičkih svojstava i sastava hrane. Također ne smiju dolaziti do štetnih migracija koje predstavljaju opasnost za potrošače i okolinu.*

*U praktičnom dijelu prikazan je postupak ispitivanja sadržaja kositra i olova u limenoj ambalaži atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijom kojom se osigurava sigurna primjena metalne ambalaže u proizvodnom procesu visoko razvijenih tehnologija u prehrambenoj industriji.*

*Ključne riječi: ambalaža, funkcija ambalaže, kvaliteta proizvoda, atomska apsorpcijska spektrofotometrija (aas), štetnost ambalaže, teški metali*

## **ABSTRACT:**

*Packaging has practically become an indispensable part of the process in modern food production. The main purpose of food packaging is to protect the food content from contaminants and damage caused by exposure to the external environment. Special attention is paid to maintaining the quality of the packaged product over a certain period. In order to improve the efficiency of packaging materials, additives such as antioxidants, stabilizers, lubricants and antistatics have been additionally developed. However, it has often been asserted that the packaging itself can be a source of contamination through the migration of substances from the packaging into the packed horseradish. The food industry faces increasingly strict criteria for food quality, which directly implies the need for new materials, new production procedures and, in particular, the use of highly sophisticated equipment in packaging quality testing.*

*The packaging must protect its contents throughout the entire process, from the beginning of packaging, to transportation, storage and sale until the expected use by the consumer. At the same time, it should enable the flawlessness of the product, preserve it from wastage, degradation and other forms of damage, protect it from chemical and microbiological changes, changing the organoleptic properties and composition of the food. Also, harmful migrations that pose a danger to consumers and the environment must not occur.*

*In the practical part, the procedure for testing the content of tin and lead in tin packaging by atomic absorption spectrophotometry is presented, which ensures the safe use of metal packaging in the production process of highly developed technologies in the food industry.*

*Keywords: packaging, function of packaging, product quality, atomic absorption spectrophotometry (aas), harmfulness of packaging, heavy metals*

## **POPIS KORIŠTENIH KRATICA:**

***E*** - energija ukupnog elektromagnetskog zračenja

***E<sub>r</sub>*** - Energija reflektiranog elektromagnetskog zračenja

***E<sub>p</sub>*** - Energija propuštenog dijela elektromagnetskog zračenja

***E<sub>a</sub>*** - Energija apsorbiranog dijela elektromagnetskog zračenja

**AAS** - Atomska apsorpcijska spektrofotometrija

**CH<sub>4</sub>** - Metan

**CO<sub>2</sub>** - Ugljični dioksid CO<sub>2</sub>

**PET** - Polietilen tereftalat

**LDPE** - Polietilen niske gustoće

**HDPE** - Polietilen visoke gustoće

**PP** - Polipropilen

**PVC** - Polivinil klorid

**PS** - Polistiren

**FAO** - Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija

**ISO** - Međunarodna organizacija za standardizaciju

**GAP** - Dobra poljoprivredna praksa

**GMP** - Dobra proizvođačka praksa

**HACCP** - Proces analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka

**GMO** - Genetski modificirani organizmi

**ICM** - Integrirano upravljanje usjevima

**RFID** - Bežična tehnologiju koja koristi radio valove za razmjenu informacija

**MDK** - Maksimalno dozvoljena količina



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. AMBALAŽA.....</b>	<b>3</b>
2.1.    Funkcije ambalaže .....	4
2.1.1.    Zaštitna funkcija ambalaže .....	4
2.1.1.1.    Mehaničko fizikalna zaštita ambalaže .....	5
2.1.1.2.    Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja kisika.....	5
2.1.1.3.    Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja vlage .....	6
2.1.1.4.    Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja elektromagnetskog zračenja .....	7
2.1.1.5.    Zaštitna funkcija od djelovanja mikroorganizama i vanjskih utjecaja .....	8
2.1.2.    Skladišno-transportna funkcija ambalaže .....	10
2.1.3.    Prodajna funkcija ambalaže.....	10
2.1.4.    Uporabna funkcija ambalaže .....	11
2.1.5.    Zaštita ambalaže od krivotvorenja i zlouporabe proizvoda.....	11
<b>3.    PODJELA AMBALAŽNIH MATERIJALA PREMA VRSTI .....</b>	<b>13</b>
3.1.    Polimerna ambalaža .....	13
3.2.    Papirnata i kartonska ambalaža .....	15
3.3.    Staklena ambalaža .....	18
3.4.    Metalna ambalaža .....	20
3.4.1.    Teški metali.....	22
3.5.    Višeslojna ambalaža .....	23
3.6.    Tekstilna ambalaža .....	25
<b>4.    ODABIR AMBALAŽE ZA PAKIRANJE HRANE .....</b>	<b>27</b>
<b>5.    KVALITETA PROIZVODA.....</b>	<b>28</b>
5.1.    Sustavi upravljanja kvalitetom .....	28
<b>6.    INTERAKCIJE HRANE I AMBALAŽE .....</b>	<b>32</b>
6.1.    Interakcije hrane i metalne ambalaže .....	33
<b>7.    ZRAVSTVENA ISPRAVNOST PROIZVODA.....</b>	<b>35</b>
<b>8.    PRAKTIČNI DIO .....</b>	<b>36</b>
8.1.    Atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS).....	37
8.2.    Postupak istraživanja .....	39
8.2.1.    Određivanje sadržaja kositra AAS metodom.....	39
8.2.2.    Određivanje sadržaja olova AAS metodom .....	41
8.3.    Rezultati istraživanja.....	44
<b>9.    ZAKLJUČAK.....</b>	<b>46</b>
<b>10.    LITERATURA.....</b>	<b>49</b>

## 1. UVOD

Pakiranje čini hranu praktičnijom i daje joj određenu sigurnost od mikroorganizama, bioloških i kemijskih promjena, tako da zapakirana hrana ima duži rok trajanja i sigurna je za ljudsku potrošnju. Kao rezultat toga, ambalaža je postala neizostavan element u procesu proizvodnje hrane, ali i u drugim procesima proizvodnje. Kako bi se zadovoljila ogromna potražnja prehrambene industrije, u proteklim desetljećima došlo je do značajnog porasta u razvoju ambalaže za hranu. Također, razvijene su i različite vrste aditiva kako bi se poboljšala izvedba bilo tijekom obrade i proizvodnje ili u upotrebi materijala za pakiranje hrane. Sa sve većom potražnjom raste i zabrinutost o zdravstvenoj ispravnosti i sigurnosti hrane koja je u posljednje je vrijeme dramatično porasla.

Pakiranje može pružiti pozitivno iskustvo ako se koristi dobar dizajn, grafika i informacijska oznaku o svom sadržaju. Očito je da neki proizvodi nisu najzdraviji, ali dizajn ambalaže nezdrave hrane može je učiniti privlačnijom potencijalnim potrošačima od zdravog proizvoda u loše dizajniranoj ambalaži. Zapravo, današnje industrije pakiranje ne koriste samo za zaštitu i prekrivanje proizvoda, već i kao alat za oglašavanje i prenošenje marke svojim kupcima. Pakiranje proizvoda za potrošnju postalo je prepoznato u smislu njegove marketinške vrijednosti jer proizvodi stoje na policama pored sličnih proizvoda i natječu se za pozornost potencijalnih kupaca. U diplomskom radu temeljito se analizira uloga ambalaže, istražujući njezinu prodajnu funkciju, te druge važne funkcije kao što su mehaničko-fizikalna zaštita, zaštita od kisika, vlage, elektromagnetskog zračenja, mikroorganizama i vanjskih utjecaja. Također se proučava funkcija ambalaže u kontekstu skladištenja i transporta, te njezina praktična uporabna vrijednost. Posebna pažnja posvećena je i zaštiti ambalaže od krivotvorenja i zloupotrebe proizvoda, zbog toga što je izuzetno važna u današnjem poslovnom okruženju, posebno u sektorima gdje krivotvoreni proizvodi i zlouporaba proizvoda mogu uzrokovati ozbiljne financijske i reputacijske štete tvrtkama.

Kod odabira materijala za oblikovanje i proizvodnju ambalaže, istražuju se različiti kriteriji koji su usko povezani s karakteristikama materijala od kojeg je ambalaža izrađena. Ambalažni materijali bitne su komponente u dizajnu i proizvodnji različitih vrsta ambalaže za proizvode široke potrošnje. Odabran materijala za pakiranje pruža ključnu ulogu za postizanje funkcionalnosti, sigurnosti i vizualne privlačnosti pakiranja. Kod odabira materijala za realiziranje ambalaže postoji nekoliko kriterija koji se obavezno moraju ispuniti, najbitnije je odabrati odgovarajući ambalažni materijal koji sa svojim svojstvima odgovara proizvodu i

obrnuto. Današnja ambalaža za namirnice pomno je birana prema upakiranom sadržaju i vrlo je često sastavljena od nekoliko materijala da bi se iskoristile funkcionalne i estetske prednosti svakog od materijala. Prema tome cilj ovog rada je razgranati ambalažu prema vrsti ambalažnih materijala, opisati ulogu i sastav svakog ambalažnog materijala zasebno, te istog pridružiti određenoj vrsti hrane, te proučiti njihove karakteristike, prednosti i nedostatke.

Senzorske promjene u prehrambenim proizvodima proizlaze iz namjernih ili nenamjernih interakcija s materijalima za pakiranja, te zbog toga što materijali ne ispunjavaju funkcije ambalaže, ne štite cjelovitost ni kvalitetu proizvoda. Prema tome je u radu definirana kvaliteta, te koraci koje organizacija mora poduzeti kako bi pokazala svoju sposobnost kontrole opasnosti za sigurnost hrane i osigurala sigurnost proizvoda za ljudsku prehranu.

Kada je riječ o interakcijama proizvoda i ambalažnih materijala glavni naglasak se u većini slučajeva odnosi na interakciju migracijama. Teški metali su česti kontaminanti proizvoda koji se u njoj nalaze kao onečišćivači iz okoliša, migranti iz ambalažnih materijala ili nastaju kao nusprodukti u procesu proizvodnje. Jedan od takvih kontaminanata je kositar koji često migrira iz ambalaže u proizvod, osobito kada je riječ o konzervama i tzv. žutom voću koje je pakirano u limene konzerve bez unutarnje zaštite. Korištenje teških metala u ambalaži može dovesti do kontaminacije proizvoda koji dolaze u kontakt s takvom ambalažom, što može predstavljati ozbiljan problem za ljudsku potrošnju i naposljetku ugroziti zdravlje. Kroz rad je proanaliziran utjecaj teških metala, te su definirane maksimalno dozvoljene količine u pojedinim vrstama proizvoda za određene kontaminante.

U ovom diplomskom radu bio je cilj odrediti količinu teških metala koji kontaminiraju kiselu sredinu otopine u limenoj ambalaži. Metoda koja je korištena za određivanje kositra i olova u limenoj ambalaži je atomska apsorpcijska spektrofotometrija. Način primjene i shema osnovnih dijelova opisani su u praktičnom djelu. Atomska apsorpcijska spektrofotometrija se upotrebljava za analizu tragova metala u prehrambenim proizvodima, vodi za piće, analizi minerala i praćenju zagađenja okoliša. U praktičnom dijelu je ispitano da li sadržaj ambalaže kao takav odgovara unutar zakonski propisanih granica, te jesu li uzorci zdravstveno ispravni ili neispravni za tržište i konzumaciju.

## 2. AMBALAŽA

Ambalaža je svaki proizvod, bez obzira na prirodu materijala od kojeg je izrađen, a koristi se za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe, od sirovina do gotovih proizvoda, od proizvođača do potrošača. Ambalaža je također bilo koja vrsta materijala koji služi za izradu čitave ili samo neke komponente ambalaže, a naziva se ambalažni materijal. [1]

*Ambalaža je zbog njezine višestruke uloge podjela na:*

- PRIMARNU – drugi termin koji se često koristi za primarnu ambalažu je prodajna ambalaža, a ona predstavlja ono što se nalazi unutar nje. U ovu kategoriju spadaju svi elementi koji dolaze u izravan i neposredan kontakt s proizvodom. Prodajna ambalaža obuhvaća sve oblike ambalaže koji su sadržani unutar jednog proizvoda, čineći jedinicu za prodaju. Ova ambalaža treba sadržavati sve bitne informacije koje su relevantne za kupce, uključujući podatke o alergenima, neto količini, uvjetima skladištenja, rokovima trajanja, načinu pripreme, te ambalažne oznake.
- SEKUNDARNU – uključuje grupno pakiranje koje u sebi objedinjuje nekoliko pojedinačnih proizvoda, tj. sadrži određen broj primarnih proizvoda koji su zapakirani u sekundarnu ambalažu (pr. shelf ready kutije) u kojima su proizvodi ponuđeni grupno.
- TERCIJARNU AMBALAŽU – uključuje sve što služi za manipulaciji proizvoda, sigurnom transportu i distribuciji od proizvodnje do prodajnog mjesta. Drugi izraz koji se koristi je transportna ambalaža, zato što uglavnom pruža lakši transport i rukovanje. To su uglavnom stretch folije, drveni kontejneri, palete i dr. Na slici br. 1 prikazana je podjela ambalaže s obzirom na namjenu upotrebe.



Primarna  
ambalaža



Sekundarna  
ambalaža



Tercijarna  
ambalaža

Slika br. 1 - Primjer prodajne, skupne i transportne ambalaže

## **2.1. Funkcije ambalaže**

Prva funkcija ambalaže je zaštitna funkcija, pri čemu se štiti sadržaj, tj. upakirani proizvod. Zbog čestih i novih zahtjeva potrošača, marketinga, razvoja tehnologije i konkurentnosti, ambalaža je, gotovo svakodnevno inovativnija u pogledu svoje funkcionalnosti. No, bez obzira koliko funkcija ambalaže autori prepoznavali i kako ih nazivali, sve one imaju poseban značaj i međusobnu povezanost. Ambalaža sa loše dizajniranom sadržajnom funkcijom će loše obaviti funkciju zaštite i otežavat će upotrebu proizvoda. Da bi se postigla optimalna funkcionalnost ambalaže tijekom njenog dizajniranja, ključno je angažirati stručnjake iz različitih disciplina kao što su grafički dizajn, marketing, prehrambena tehnologija, grafička tehnologija, ekonomija, komunikacija, ekologija i druge relevantne oblasti. Također, važno je primjenjivati najnovija dostignuća i inovacije iz tih područja.

### **2.1.1. Zaštitna funkcija ambalaže**

Ambalaža je ključan dio lanca opskrbe, a cilj je zaštitne funkcije da proizvodi stignu do potrošača u idealnom stanju. Zaštitna funkcija ambalaže ima ključnu ulogu u tom procesu jer je odgovorna za očuvanje sadržaja i osiguranje njegove sigurnosti. Zaštitna funkcija ambalaže u osnovi uključuje zaštitu sadržaja od utjecaja okoline i obrnuto. Proizvođač i potrošač ne žele da se proizvod ošteti, kontaminira, rasipa, naruši mu se sigurnost ili da dođe do promjene svojstva proizvoda unutar ambalaže. Ambalaža mora spriječiti i gubitak proizvoda, oštećenje tijekom manipulacije te krađu. Ovaj aspekt zaštitne funkcije ambalaže posebno je važan za proizvode visoke vrijednosti ili one koji su podložni krađi. Do svega od navedenog može doći ako proizvod nije pravilno upakiran. Korištenje izdržljivijih, zaštitnih materijala za pakiranje proizvoda očuvat će proizvode adekvatno prekrivene i neoštećene. [2]

Osim toga, ambalaža također mora pouzdano izdržati mnoge različite statičke i dinamičke sile kojima je izložena. Proizvod također često zahtijeva zaštitu od klimatskih uvjeta, kao što su temperatura, vlaga, padaline i sunčevo zračenje, što može zahtijevati „mjere unutarnjeg pakiranja“ uz sve „mjere vanjskog pakiranja“. Vanjska zaštita koju pruža ambalaža mora spriječiti bilo kakvu degradaciju ili oštećenje. Ovaj zahtjev je od posebne važnosti u prijevozu opasnih materijala, pri čemu je zaštita ljudi od primarne važnosti. Ambalaža u velikoj mjeri mora štiti proizvod od oštećenja, kontaminacije, degradacije ili drugih negativnih utjecaja. Unutarnja i vanjska zaštitna funkcija prvenstveno postavlja zahtjeve na čvrstoću, otpornost i nepropusnost transportne ambalaže. [3]

### 2.1.1.1. Mehaničko fizikalna zaštita ambalaže

Razne mehaničke nečistoće kao što su prašina, pijesak i slično mogu narušiti kvalitetu namirnice, pri čemu se dovodi u pitanje prodaja tj. upotreba iste. Ambalaža je jedina mogućnost koja može pružiti zaštitu proizvoda od mehaničkih nečistoća, a pri tome biti adekvatno zatvorena. Sama ambalaža također štiti proizvod od insekata kao što su leptiri, moljci, muhe, mravci, pčele i sl. Zadnji, ali ne i manje bitan aspekt mehaničko - fizikalne zaštitne funkcije ambalaže je zaštita od glodavaca. Glodavci su vrlo poznati štetnici. Ako im se pruži prilika, uništavaju ambalažni materijal samo da se domognu proizvoda koji ih privlači. Ako se radi o neodgovarajućoj ambalaži, naravno proizvod koji je bio zapakiran će nestati, a mogući preostali sadržaj nije upotrebljiv zbog kontaminacije. Fizikalne (mehaničke) sile djeluju na upakiran proizvod tijekom transporta, manipulacije (utovar i pretovar) ali i kod skladištenja (roba je posebice u donjim redovima izložena djelovanja statičkih sila). Osjetljive i lomljive namirnice kao što su jaja, kolači, konditorski i snack proizvodi, te svježe voće i povrće traže posebnu zaštitu, prema tome je odgovarajuća ambalaža od iznimne važnosti. Također upotreba posebnih vrsta zatvarača onemogućuje pristup opasnim ili izrazito opasnim proizvodima od djece. [4]

### 2.1.1.2. Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja kisika

Kad se radi o djelovanju kisiku, postoje namirnice kojima prisutnost kisika ne predstavlja problem, pa se mogu pakirati slobodno, bez obzira na prisustvo ili odsutnost kisika (npr. sol i šećer). One kod kojih je njegova prisutnost poželjna, to je slučaj kod pakiranja hladnog mesa gdje kisik sudjeluje u kemijskim procesima zbog kojih meso poprima poželjnu crveno-ružičastu boju. Također postoje namirnice kod kojih kisik uopće nije poželjan jer izaziva nepoželjne kemijske promjene, tj. dolazi do oksidacije. Posljedice oksidacije mogu se manifestirati na različite načine, a najčešće se detektira promjenom boje, okusa i/ili mirisa. Zbog toga je vrlo bitno eliminiranje kisika koje se može odvijati na nekoliko načina. (Slika br.2) [4]



Slika br. 2 - Zaštita proizvoda od djelovanja kisika vakuumom

S ciljem smanjenja prisutnosti kisika u određenim namirnicama, mogu se primijeniti različite strategije. Jedan pristup uključuje dodavanje specifičnih antioksidansa koji imaju izraženiji afinitet prema kisiku u usporedbi s komponentama prisutnima u samom proizvodu. Druga metoda eliminiranja kisika je pakiranje pod vakuumom, gdje se kisik djelomično uklanja iz ambalaže, rezultirajući njenom hermetičkom zatvorenosti ili djelomičnom propusnošću za plinove. Treća metoda zaštite od prisutnosti kisika uključuje pakiranje u modificiranoj (inertnoj) atmosferi. U ovom slučaju, nakon uklanjanja kisika iz ambalaže, zamjenjuje se s ugljičnim dioksidom ili dušikom, koji djeluju kao inertni plinovi u odnosu na proizvod, sprječavajući oksidacijske procese. Važno je napomenuti da u svim ovim slučajevima ambalaža mora biti projektirana kako bi bila nepropusna ili djelomično propusna za ugljični dioksid, kisik ili dušik. [4]

### **2.1.1.3. Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja vlage**

Kad su ambalažni materijali izloženi vlazi, mogu potpuno promijeniti svoja svojstva, što može dovesti do raspadanja. Primjeri takvih ambalažnih materijala uključuju papir, karton i tekstil. S druge strane, ostali ambalažni materijali su otporni na oštećenja uzrokovana vlagom, uključujući staklo, metalnu ambalažu, polimerne materijale te kombinirane ambalažne materijale, osim ako vanjski sloj nije od papira ili kartona. Stoga se ambalažni materijali mogu podijeliti na dva glavna tipa, tj. one koji su osjetljivi na vlagu i one koji su otporni na vlagu. Kada se govori o osjetljivosti na vlagu, misli se na sposobnost ambalažnog materijala da upija vlagu, što može dovesti do promjena u njihovim fizičkim svojstvima. Stoga se od ambalažnog materijala očekuje da štiti zapakirani proizvod od razmjene vlage s okolinom, kako bi se očuvala stabilnost količine vlage u samom proizvodu. Ovo je ključno kako bi se spriječile nepoželjne promjene u proizvodu. [5]

Postotak vlage u proizvodima mora biti u standardnim granicama za određeni proizvod. Prema tome suhi praškasti proizvodi kao što su šlagovi, kreme, pudinzi, brašno, šećer u prahu i sl. u kontaktu sa vlagom se djelomično slijepe, dolazi do pojave grudica i tako nestaje svojstvo sipljivosti koje ih karakterizira. Snack proizvodi, biskviti, keksi, krekeri i sl. uz prisustvo vlage gube svojstvo hrskavosti. Ako aktivnost vode poraste iznad kritične točke može doći i do mikrobiološkog narušavanja proizvoda. U takvim slučajevima potrebna je ambalaža s niskom propusnosti vodene pare i dobrim zatvaranjem. Svježe voće i povrće diše i nakon berbe te koristeći kisik, proizvodi vodenu paru. Kao rezultat toga, vlažnost unutar paketa se povećava. Ako se razvije visoka vlažnost može doći do kondenzacije unutar paketa kada temperatura oscilira. U takvim slučajevima, neophodno je omogućiti prolaz vodene pare iz paketa. [6]

#### 2.1.1.4. Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja elektromagnetskog zračenja

Ultraljubičasto zračenje predstavlja elektromagnetsko zračenje. Elektromagnetsko zračenje valnih duljina od 200 do 750 nm bi se moglo odraziti na kemijske promjene prehrambenih proizvoda. Istina je, da je energija obrnuto proporcionalna valnoj duljini, točnije ona je dio vidljivog spektra koji je manje štetan od ultraljubičastog elektromagnetskog zračenja. Ukupna energija elektromagnetskog zračenja ( $E$ ) kad stigne na površinu ambalažne jedinice raspoređuje se na reflektirani dio ( $E_r$ ), propušteni dio ( $E_p$ ) i apsorbirani dio ( $E_a$ ), a formula kojoj se izračunava izražava se kao:

$$E = E_r + E_p + E_a$$

*Koji dio zračenja će ambalažna jedinica propustiti, reflektirati tj. apsorbirati ovisi o:*

- Karakteristikama materijala (struktura, boja, površina, glatkoća, sjaj i sl.)
- Vrsti samog zračenja, odnosno njegovoj valnoj duljini

Oksidacija hrane izazvana UV zračenjem važan je čimbenik odgovoran za kvarenje hrane. Stoga je kod pakiranja važna UV zaštita i izravan kontakt sa sastojcima proizvoda. Prehrambena industrija naširoko koristi kemijske konzervanse u hrani kako bi spriječila kvarenje hrane. Usprkos tome što su ti konzervansi certificirani kao jestivi i sigurni, potrošači diljem svijeta rapidno mijenjaju stavove o dodavanju kemijskih konzervansa u hranu zbog dugotrajnih nuspojava kod nekih pojedinaca. Neki materijali za pakiranje kao što su papir, smeđe staklene boce, aluminijske folije i karton blokiraju UV zrake i sprječavaju opadanje kvalitete hrane uslijed fotooksidacije. Energija koja se apsorbira iz elektromagnetskog zračenja pretvara se u toplinu i može potaknuti određene kemijske reakcije u proizvodima. Ovdje ključnu ulogu preuzima ambalaža, koja ima zadatak zaštititi proizvod od takvih utjecaja. Posebno je važno zaštititi proizvode koji su osjetljivi na elektromagnetska zračenja koja potiču i pružaju energiju za kemijske reakcije, posebno oksidaciju. S obzirom na svoju sposobnost da propuštaju elektromagnetsko zračenje unutar raspona od 200 do 750 nm, materijali se mogu podijeliti na one koji su prozirni i one koji to nisu. Staklo i polimerni ambalažni materijali spadaju među prozirne materijale, dok su drvo, papir, karton, metali i višeslojni ambalažni materijali neprozirni. Izuzetno je važno da svaki potrošač ima mogućnost vidjeti proizvod u svom izvornom stanju prije nego ga kupi. Ambalaža ima prozirne dijelove koji omogućuju prolaz vidljivog dijela elektromagnetskog zračenja, koji se proteže od 380 do 750 nm.[6]



***Ukoliko neki ambalažni materijal mora sadržavati svojstvo propusnosti, odnosno nepropusnosti moraju se poduzeti sljedeće mjere:***

1. Uvođenje UV apsorbera u samu strukturu ambalaže
2. Izrada nove, kombinirane ambalaže
3. Grafička obrada površine ambalaže
4. Prevlačenje ambalaže nepropusnim slojevima
5. Bojanje ambalaže

#### **2.1.1.5. Zaštitna funkcija od djelovanja mikroorganizama i vanjskih utjecaja**

Mikroorganizmi koji stvaraju najviše problema za ambalažu i prehrambene proizvoda nalaze se u obliku plijesni, kvasca i bakterija. Mikroorganizmi se dijele na aerobne i anaerobne. Aerobni oblici jesu oni koji za svoj rast i razvoj koriste kisik, dok se anaerobni mikroorganizmi razvijaju bez prisustva kisika i zbog toga se mogu pojaviti unutar ambalaže koja je nepropusna na kisik. Najveću razinu zaštite od mikroorganizama važno je izvršiti na ambalažnim materijalima koji dolaze u doticaj sa hranom. Temperatura koja je najpovoljnija za rast i razvoj mikroorganizama varira od 20 do 40°C. [6]

***Kada se razmatra utjecaj mikroorganizama, važno je istaknuti da se prehrambeni proizvodi mogu podijeliti u dvije kategorije s obzirom na sadržaj vode:***

- Lakopokvarljive - namirnice s velikim postotkom vode (meso, riba, povrće, mlijeko)
- Mikrobiološki stabilne - namirnice s malim postotkom (vode; med, sol, šećer, brašno)

Izuzetno je da ambalaža osigura zaštitu za proizvode koji su skloni brzom kvarenju zbog prisutnosti mikroorganizama. Ovo se posebno odnosi na situacije kada je potrebno konzumirati proizvod u relativno kratkom vremenskom razdoblju. Drugim riječima, ambalaža je ključna u slučajevima gdje postoji potreba da se proizvodi iskoriste prije nego što se mikroorganizmi razviju i time potencijalno postanu štetni za ljudsku konzumaciju. Ovaj princip također se primjenjuje na lakopokvarljive namirnice. U takvim slučajevima, postupak zamrzavanja često se koristi kako bi se spriječilo širenje mikroorganizama. Stoga je presudno zaštititi lakopokvarljive namirnice, posebno kada mikroorganizmi mogu biti prisutni unutar samih namirnica, ući u njih iz okoline, ili se pojaviti tijekom procesa prerade i konzumacije. U ovom kontekstu, ambalaža ima ključnu ulogu. Njena svrha je osigurati kontinuiranu zaštitu od moguće kontaminacije, počevši od trenutka pakiranja pa sve do konačne upotrebe namirnica. [6]

***Stoga, ambalaža mora zadovoljavati sljedeće zahtjeve:***

- nepropusnost na mikroorganizme
- hermetičku zatvorenost
- mogućnost konzerviranja

Kada se raspravlja o zaštiti od mikroorganizama u kontekstu ambalaže, ključno je ne samo obratiti pažnju na samu prisutnost mikroorganizama, već i na eventualne kontaminirane tvari. Da bi ambalaža ostvarila potpunu hermetičku zaštitu, neophodno je da materijal bude nepropustan ili djelomično nepropustan prema t tvarima. To znači da ambalaža mora spriječiti prodiranje mikroorganizama, vlaženje, te također biti nepropusna ili djelomično propusna na vodenu paru. Također, treba posvetiti posebnu pozornost ispravnom zatvaranju ambalaže, jer se često upravo u nedostatku pravilnog zatvaranja javlja kvarenje proizvoda i moguća mikrobiološka kontaminacija. Na slici br. 3 su prikazani mikroorganizmi koji nastaju zbog neadekvatne ambalaže. [6]



Slika br. 3 - Prikaz mikroorganizama na hrani

Konzerviranje ima ključnu ulogu u zaštiti prehrambenih proizvoda od mikroorganizama, a postupci konzerviranja variraju ovisno o vrsti upakirane hrane. Uobičajeni postupci uključuju pasterizaciju pri 100 °C i sterilizaciju pri 125 °C. Kada je potrebno primijeniti proces konzerviranja, odabire se ambalaža koja može izdržati visoke temperature, a to je metalna i staklena ambalaža, ambalaža od kombiniranih materijala ili polimera. Također je bitno osigurati da odabrani materijal za ambalažu neće mijenjati svoja svojstva tijekom procesa konzerviranja. Kada se definira odgovarajući materijal, važno je da osim otpornosti na visoke temperature, također štiti proizvod od oscilacija u temperaturi. Promjene u temperaturi proizvoda mogu znatno utjecati na njegovu kvalitetu i smanjiti njegov rok trajanja. [6]

### 2.1.2. Skladišno-transportna funkcija ambalaže

Ambalažni materijali za pakiranje proizvoda potrebni za proizvodnju prije pakiranja skladište se na mnogo različitih lokacija, ali i nakon što se sadržaj iskoristi. Ambalaža stoga mora ispunjavati i funkciju skladištenja. Tijekom skladištenja, otpreme ili čak izlaganja, pakiranje je tu radi zaštite. Ambalaža mora minimizirati rizik od lomljenja, nudeći osnovu tijekom prijevoza. Jednako tako, gornji sloj zaštitne ambalaže uglavnom od kartona ili polimera štiti proizvod od prljavštine, vlage i drugih potencijalno štetnih čimbenika. Neki su proizvodi osjetljivi na svjetlost i temperaturu. Stoga, zapakirani proizvod treba izdržati sva okruženja i doći isporučena do potrošaču u savršenom stanju. [7]

### 2.1.3. Prodajna funkcija ambalaže

Svrha prodajne funkcije odnosi se na povećanje opsega prodaje i olakšavanje samog postupka prodaje. Da bi se povećala prodaja pomoću ambalaže važno je pridobiti pažnju potencijalnog kupca i utjecati na njega da bi se odlučio da kupi odabrani proizvod. [8]

Prodaja je vrlo važan cilj, a funkcija pakiranja u takvu vrstu ambalaže je poticanje prodaje proizvoda. Ako je proizvod lijepo upakiran u atraktivan materijal, igra važnu ulogu u unapređenju prodaje. Zadaće prodajne funkcije prikazane su na slici br. 4. Atraktivna ambalaža privlači pažnju kupaca, potiče njihov interes za proizvodima i motivira ih na kupnju. [9]

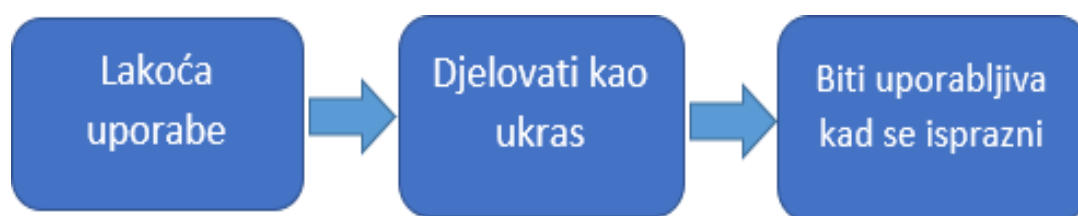
Ambalaža je naširoko prepoznata kao neovisan i potencijalni prodajni alat. Drugim riječima, ambalaža ima i promotivnu funkciju. Stoga je očigledna potreba da ambalaža bude atraktivna i prihvatljiva. To se može postići pridavanjem odgovarajuće pažnje određenim značajkama pakiranja kao što su drugačiji oblici, dizajn, dimenzija, površinska grafika, boja, označavanje, mat i lak folija, metalizirane folije, ekološke i druge oznake, itd. [10]



Slika br. 4 - Zadaće prodajne funkcije ambalaže

#### 2.1.4. Uporabna funkcija ambalaže

Uporabi prethodi otvaranje ambalaže i ono mora biti jednostavno, sigurno, praktično za rukovanje bez rizika za korisnika. Uporabna funkcija ambalaže trebala bi omogućiti njezino ponovno korištenje, kao što je slučaj s povratnom ambalažom. Prilikom kupnje proizvoda, očekujemo da ćemo imati dobro realiziranu uporabnu funkciju, uključujući lako otvaranje, atraktivan izgled koji vuče na ponovno korištenje, mogućnost ponovnog zatvaranja, posebno ako se radi o proizvodu koji se koristi nakon otvaranja (Slika br. 5). Način otvaranja ambalaže često ovisi o njezinom izgledu i materijalu. Ambalaža od papira, kartona, polimernih i metalnih folija obično se lako otvara pomoću kidanja. S druge strane, staklena i metalna ambalaža često zahtijevaju određene alate ili pomoćne predmete koji su priloženi uz ambalažu ili koje korisnik mora posjedovati. Danas je bitno da se radi očuvanja okoliša ambalaža može koristiti za druge svrhe kao što je čuvanje drugih predmeta ili recikliranje. [11]



Slika br. 5 – Očekivanja uporabne funkcije ambalaže

#### 2.1.5. Zaštita ambalaže od krivotvorenja i zlouporabe proizvoda

Zaštita ambalaže od krivotvorenja i zloupotrebe proizvoda ima iznimnu važnost u procesu komunikacije s kupcima. Ova funkcija ambalaže je izuzetno bitna u današnjem poslovnom okruženju, posebno u sektorima gdje krivotvoreni proizvodi i zlouporaba proizvoda mogu uzrokovati ozbiljne financijske i reputacijske štete tvrtkama. Prije upoznavanja sa proizvodom, potrošači najprije dolaze u dodir s izgledom i dizajnom. Ambalaža čini neodvojiv dio proizvoda i pruža ključne informacije. Za proizvođače, distributere, trgovce, potrošače i zakonodavce od suštinske je važnosti da te informacije budu jasne, lako vidljive, prepoznatljive i dostupne. Često, odluka o kupnji novog ili manje poznatog proizvoda ovisi o privlačnosti ambalaže, ali i o cijeni proizvoda. Ipak, kvaliteta i inovacija u dizajnu ambalaže trebali bi biti presudni čimbenici pri kupnji. Zaštita ambalaže od krivotvorenja i zlouporabe proizvoda posebno je značajna za proizvođače koji žele zaštititi svoje proizvode od kopiranja i neovlaštenog korištenja. [12]

Ambalaža koja putuje od proizvođača do krajnjeg potrošača treba biti zaštićena od krivotvorenja i zloupotrebe. Osim toga, treba jamčiti ispravnost i autentičnost samog proizvoda koji predstavlja. Od zaštitnih elemenata najčešće se koriste: RFID čipovi, „nečitljivi“ rasteri, Brailleovo pismo, lakovi vidljivi pod UV svjetlom i hologrami. [13]

Holografija privlači iznimnu pažnju jer predstavlja fascinantno postignuće suvremene znanosti i tehnologije. To je zbog svoje jedinstvene sposobnosti bilježenja visokokvalitetnih volumetrijskih slika stvarnih objekata. Ključna razlika u odnosu na tradicionalne fotografske procese leži u tome što hologram zabilježi i intenzitet i fazu svjetla koje se odbija od snimljenog objekta. [13]

Hologramske naljepnice, prikazane na slici br. 6, su iznimno fleksibilne i čvrste, te se mogu koristiti na različitim vrstama ambalaže. Holografski filmovi sve više nalaze primjenu u ambalažnoj industriji zbog toga jer su idealni za široki spektar ambalažnih materijala. Uglavnom se koriste za tisak, omatanje poklona, pakiranje, laminiranje i atraktivne marketinške naljepnice. Korištenje neprozirnih i prozirnih tinti u kombinaciji s optičkom tehnologijom proširuje kreativne mogućnosti u dizajnu ambalaže. Ovaj pristup jača prepoznatljivost proizvođača ili brenda, privlači pažnju kupaca i dodaje novu dimenziju procesu dizajniranja ambalaže. [13]



Slika br. 6 - Prikaz zaštitnog holograma

### **3. PODJELA AMBALAŽNIH MATERIJALA PREMA VRSTI**

Kada se razmatra odabir materijala za kreiranje ambalaže, ključno je uzeti u obzir karakteristike materijala od kojeg će ambalaža biti izrađena. Osim toga, izbor materijala također ovisi o različitim faktorima kao što su vrsta tehnologije proizvodnje ambalaže, njezin izgled, oblik, svrha, način uporabe, cijena i drugi čimbenici. Postoji raznolikost materijala koji se koriste za pakiranje hrane, a svaki od njih ima svoje specifične karakteristike i prednosti. Najčešći materijali za pakiranje koji se koriste u cijelom svijetu su papir ili karton, čvrsta ambalaža kao što su polimerne bočice, fleksibilna pakiranja tj. polimerni omoti, ambalaža od aluminijske folije i staklo. Materijali za pakiranje proizvoda koji se koriste u prehrambenim i srodnim industrijama vrlo su raznoliki. Glavna odgovornost ovih materijala je održati hranu svježom i sigurnom od faze proizvodnje pa sve do potrošnje uključujući i lance skladištenja, te distribucije. Sve vrste ambalažnih materijala pomno su razrađene u nastavku cjeline.[14]

#### **3.1. Polimerna ambalaža**

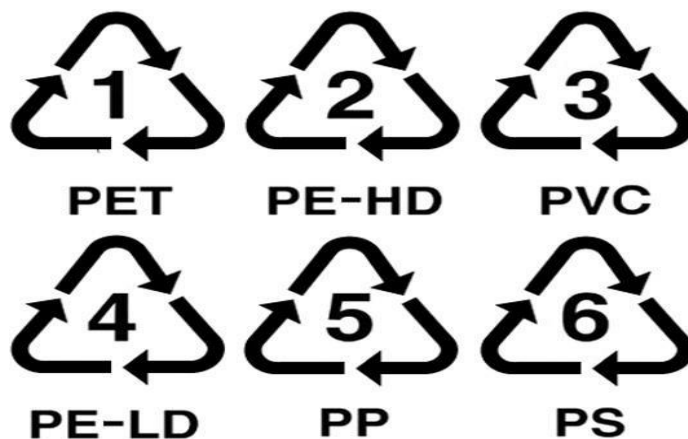
Kod proizvodnje polimera postoje dvije osnovne sirovine, a to su nafta i plin, koji čine 90% sirovine. Oni se procesom destilacije prerađuju u različite frakcije koje se dalje prerađuju u jednostavnije spojeve kao što su etilen i propilen. To su ugljikovodici koji se zatim međusobno povezuju u kemijskoj reakciji zvanj polimerizacija kako bi se formirao polimerni lanac. Različite plastike imaju različite polimerne lance, što određuje njihova posebna svojstva.

Polimerna ambalaža je među najzastupljenijim materijalima koji se u velikim količinama koriste za pakiranje hrane. Može se sa sigurnošću reći da je jedan od najpopularnijih materijala koji se koristi u prehrambenoj industriji za pakiranje proizvoda, drugim riječima se naziva i naftna plastika (sintetski polimer). Takvi polimeri dijele se na polietilen tereftalat (PET), polietilen niske i visoke gustoće (LDPE odnosno HDPE), polipropilen (PP), polivinil klorid (PVC) i polistiren (PS), a simboli ovih polimera prikazani su na slici br. 7. [15]

Polimerni materijali se često koriste u industriji pakiranja zbog jednostavnog oblikovanja i transformacije. Različite plastike i njihova različita svojstva omogućuju mnoge mogućnosti pakiranja kao što su oblik, boja, veličina, težina, funkcija, tisak itd. Danas su polimeri sastavni dio modernog života zahvaljujući svojim poželjnim svojstvima uključujući stabilnost, otpornost i jednostavnost proizvodnje. Drugim riječima, plastika je povoljna za proizvođače zbog toga što je lagana i savitljiva i/ili fleksibilna, stoga se može oblikovati u bilo koji oblik različitim sredstvima kao što su puhanje, ekstruzija ili koekstruzija, lijevanje i laminiranje. To omogućuje pakiranje jedinstvenih proizvoda koje je teško staviti u klasične spremnike. Polimerna ambalaža

korisna je za različite dijelove pakiranja hrane zbog svojih barijernih svojstava koja pomažu u održavanju proizvoda svježim, sprječavaju kontaminaciju i produljuju rok trajanja. Fizička svojstva koja karakteriziraju polimerne materijale su niska gustoća (lagani su), netopljivost (toplinski se počinju razgrađivati pri temperaturi od 200° C), prozirnost (što je velika prednost jer kupac djelomično ili u cijelosti može vidjeti proizvod), te toplinska nepostojanost. Ovisno o vanjskim uvjetima, temperaturi i naprežanju, mogu se ponašati kao elastična tijela ili viskozne kapljivine. Svi dodaci koji se koriste u polimernoj ambalaži ne smiju migrirati iz ambalažnih materijala zbog zdravstvene ispravnosti. [15]

Uporaba polimera ima i brojne nedostatke kao što su slaba propusnost vodene pare (ovisno o namjeni pakiranja, ponekad je i prednost), te izrazito negativan učinak na okoliš. Zapravo, najveći nedostatak ovih polimera je njihova bionerazgradivost, što ima veliki utjecaj na onečišćenje okoliša i globalno zagrijavanje. Različite vrste plastike imaju različite karakteristike i nisu sve podjednako pogodne za sve vrste ambalaže, što može otežati recikliranje i upravljanje otpadom. Kad smo kod nedostataka koji utječu na okoliš, važno je naglasiti još jedan problem s plastikom, a to je proces proizvodnje i obrade plastike koji troše energiju, što dovodi do proizvodnje stakleničkih plinova i golemog doprinosa globalnom zatopljenju. Problem zbrinjavanja polimernih materijala i njihova neobnovljiva priroda uzrokovali su skok u razini interesa za održivi razvoj biorazgradivih polimera, recikliranje i/ili zaštitu okoliša. Degradacija materijala uzrokuje strukturne i morfološke transformacije koje mogu rezultirati velikim promjenama u svojstvima polimernih materijala pri čemu postaju zdravstveno neispravni. Općenito, biorazgradivi polimeri se hidroliziraju i pretvaraju u metan (CH<sub>4</sub>), ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), mineralne smjese ili biomasu. Stoga je najbolje smanjiti distribuciju ove vrste materijala i umjesto njih koristiti druge materijale koji se također mogu koristiti za pakiranje prehrambenih proizvoda. [15]



Slika br.7 - Simboli za plastičnu ambalažu

### 3.2. Papirnata i kartonska ambalaža

Na slici br. 8 prikazana je papirnata ambalaža koja se definira kao plošan ambalažni materijal dobiven iz biljnih vlakana koja su tretirana različitim kemikalijama. Osnovni materijali za proizvodnju ove vrste ambalaže uključuju celulozu, drvenjaču i otpadni papir. Također se koriste pomoćni materijali kao što su punila, keljiva, veziva i bojila. Karton može biti napravljen od više slojeva jednakog ili različitog sastava, koji se u mokrom stanju međusobno spajaju i čine čvrsti kompaktni materijal. Ovaj proces omogućuje vlaknima da se međusobno prepleću i oblikuju u tanki list. Postoji širok raspon gramatura i debljina koji se koriste za izradu različitih vrsta ambalaže od papira. Prema ISO standardu, gramatura papira može biti do  $150 \text{ g/m}^2$ , dok se za karton koristi gramatura od  $250 \text{ g/m}^2$  i više. Kartoni su slične kompozicije papiru, imaju veću čvrstoću od papira, s time i težinu, te debljinu, a mogu biti sastavljeni od više slojeva istih. [16]

Papir i karton su izuzetno česti materijali koji se koriste za izradu ambalaže i pakiranje proizvoda. U 2010. godini ova vrsta ambalaže je činila 51% ukupne svjetske proizvodnje papira i kartona. Prema podacima Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), proizvodnja papira za tiskanje, pisanje i novine kontinuirano je opadala za 2-3% godišnje od 2007. godine, a 2020. godine zabilježen je pad proizvodnje od čak 11,4%. Ovaj pad pripisuje se značajnim promjenama u potrošačkim navikama uzrokovanim pandemijom COVID-19. Papirna i kartonska ambalaža ne samo da čine najveći dio ukupne proizvodnje papira i kartona, već također čine i značajan udio u ukupnoj proizvodnji svih vrsta ambalaže, do 40% svih ambalažnih materijala sadrže papir i karton, što ih čini najkorištenijim materijalom za izradu ambalaže. Papirna i kartonska ambalaža prisutne su u svim fazama proizvodnje, distribucije, prodaje i korištenja proizvoda. [16]

Široka primjena papira u industriji ambalaže proizlazi iz njegove izuzetne prilagodljivosti. Postoji mnogo različitih vrsta papira s različitim karakteristikama, različitim gramaturama, sastavom i mogućnostima kombiniranja s drugim materijalima. Papir je ekonomičan materijal tj. može se reći da je relativno jeftin, ima dobra tiskarska svojstva i često se koristi kao podloga za tisak. Izuzetno korisno je kombinirati papir s drugim materijalima u svrhu dobivanja laminata, kao i primijeniti različite vrste premaza kako bi postigli sjajnost ili dodatnu zaštitu. Papir i karton zadovoljavaju različite potrebe ambalaže zbog svojih fizičkih svojstava koja omogućuju izradu fleksibilne, polučvrste i čvrste ambalaže. Također, imaju sposobnost savijanja, rezanja, preklapanja, omotavanja i lijepljenja. Važno je napomenuti da su papir i karton prirodni materijali koji se mogu obnavljati i reciklirati 5-7 puta, što značajno smanjuje



negativan ekološki utjecaj. Osim toga, njihova gramatura smanjuje troškove transporta i emisije stakleničkih plinova. Papir i karton također mogu podnijeti širok raspon temperatura, od ambalaže smrznute hrane do upotrebe na visokim temperaturama, uključujući i upotrebu u mikrovalnoj pećnici ili konvencionalnoj pećnici u kombinaciji s drugim materijalima. Unatoč svim ovim prednostima, ambalaža koja se sastoji isključivo od papira ili kartona ima nekoliko nedostataka. Ona je propusna za vodu, vodenu paru, otopine, emulzije, organska otapala, masti, plinove kao što su kisik, ugljični dioksid i dušik, agresivne kemikalije te hlapljive pare i arome. Međutim, ova svojstva se mogu doraditi dodavanjem barijernih slojeva i poboljšati funkcionalnost i karakteristike kao što su čvrstoća, otpornost na toplinu, otpornost na masti ili barijernost, putem primjene premaza, laminacije ili impregnacije. Proizvodnja papira i kartona zahtijeva velike količine drva, energije i vode, a to može imati ekološki utjecaj ako se ne upravlja održivo. Papirnata ambalaža se također brže troši i troši nego druge vrste ambalažnih materijala, što znači da proizvodi zapakirani u papirnate materijale imaju kraći rok trajanja. [16]

Ambalaža od valovite ljepenke često se koristi za skladištenje i distribuciju proizvoda te je vrlo popularna i često korištena opcija. Ova ambalaža sastoji se od slojeva papira koji su međusobno zalijepljeni ravnim i valovitim slojevima papira. Mehanička čvrstoća, debljina valovite ljepenke i njezina svojstva ovise o veličini valova. Kvalitetna valovita ljepenka ima iznimnu otpornost na udarce, jeftinija je u usporedbi s drugim vrstama ambalaže i prilagodljiva za različite potrebe prijevoza i skladištenja proizvoda, što pridonosi učinkovitosti transporta i pohrane proizvoda. Papir se koristi za izradu vrećica već stoljećima, a u posljednjim desetljećima također se primjenjuje kao komponenta laminirane fleksibilne ambalaže. Glavne karakteristike papira obuhvaćaju njegovu krutost, povoljnu površinu za tiskanje i sposobnost savijanja. Papir je također relativno lako kidljiv, što olakšava pristup sadržaju u ambalaži. Iako je u ambalažnoj uporabi vrlo dugo, papirna fleksibilna ambalaža sve više se percipira kao održiv materijal, što rezultira sve većom upotrebom. U laminatima, papir se kombinira s drugim materijalima kao što su polimeri, aluminijska folija i vosak. [17]

Papir ima veću stopu biorazgradnje u usporedbi s drugim vrstama ambalažnih materijala, osobito kad je riječ o polimernim materijalima. Kada je papirnata ambalaža u prirodnom okruženju brzo dolazi do kvarenja, jer je izložena bakterijama, kvascima i drugim mikroorganizmima. Velika prednost papirnate i kartonske ambalaže je ta što se može reciklirati, ali i ova prednost ima manu. Glavni problem sa recikliranim papirom je dodavanje fluorescentnih sredstava za izbjeljivanje. Pa tako u oporabljenom papiru može biti prisutnost izbjeljivača. Fluorescentno sredstvo za izbjeljivanje je kemijska boja koja ima kancerogeno

djelovanje i predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi. Prema propisima ovu vrstu za izbjeljivanje nije dopušteno koristiti u pakiranju hrane. Određeni proizvođači koriste reciklirani papir u cijelosti ili djelomično tijekom procesa proizvodnje. Osim toga, dodavanje fluorescentnih sredstava za izbjeljivanje staroj papirnoj pulpi povećava bjelinu papira, što je puno povoljnije od cijene papira koji koristi prirodnu drvenu pulpu. [18]

Kod izbjeljivanog i recikliranog papira i kartona određenu zabrinutost daje prisutnost dioksina koji može potjecati i od tiskarskih boja, te klora koji se dodaje za izbjeljivanje ovog ambalažnog materijala. Dioksini su vrlo toksični spojevi koji uzrokuju štetne učinke na imunosti sustav organizma, utječu na endokrini sustav, potiču stvaranje kancerogenih tvari koje izazivaju rak ili povećavaju mogućnost za pojavu. Upotreba recikliranog papira i kartona vrlo je opasna za korištenje u kontaktu sa hranom jer je dokazano da sadrži teške metale. Naravno, toksičnost ovisi o količini ovih tvari u organizmu.[19]

Najčešći oblik papira i kartona su listovi. Papir i karton razlikujemo po njihovoj debljini odnosno gramaturi. Također postoje i ljepenke koje su proizvedene od više slojeva kartona. Proizvode se od mokrih listova papira koje se prešaju i suše, ljepenke se vrlo teško savijaju i time postižu titulu dobrih mehaničkih svojstava.

#### ***Podjela prema gramaturi:***

- do 150 g/m<sup>2</sup> - papir
- od 150 g/m<sup>2</sup> do 250 g/m<sup>2</sup> - polukarton
- od 250 g/m<sup>2</sup> do 600 g/m<sup>2</sup> - karton
- od 600 g/m<sup>2</sup> na dalje - ljepenka



Slika br. 8 - Papirnata ambalaža

### 3.3. Staklena ambalaža

Staklo je anorganski materijal amorfne strukture koji se dobiva taljenjem smjese silikata, alkalijskih i zemnoalkalijskih oksida. Pri čemu brzim hlađenjem taline do očvršćivanja ne nastaje kristalizacija već se zadržava zatečena struktura tekućine. Kristalizacija izostaje zbog brzog hlađenja pri čemu ioni, atomi i molekuli ne uspijevaju rasporediti u kristalnu rešetku. Staklena talina kontinuirano prelazi iz čvrstog staklenog tijela u plastično, pa u tekuće i obrnuto. Kako bi se shvatio razvoj dosadašnjih spoznaja o strukturi i ponašanju stakla, prvo je potrebno razotkriti različite građevne jedinice kristalnih silikata. Kod proizvodnje stakla često se koriste i sredstva za obojenje. To su najčešće metalni oksidi ili karbonati, npr. zelena boja potječe od željeznog (III) oksida, plava boja od kobalt (II) oksida, a smeđa boja od barijeva oksida. Staklenke koje se koriste za pakiranje namirnica obično imaju oplemenjenu površinu postupkom metaliziranja (pr. kositrenim kloridom) ili plastificiranjem da se spriječi grebanje, mogućnost loma, a samim time i zastoji linija. Staklo također ima i nedostatke, njegova karakteristična težina povećava troškove transporta, također je lomljivo i osjetljivo na pucanje, ali i njegova razgradnja u prirodi je nemoguća. Prednost staklene ambalaže jeste recikliranje, naime staklena ambalaža je 100% recikliran materijal, također ne propušta mirise, plinove i vlagu, ekološki i zdravstveno je prihvatljiva te se iz takvog recikliranog stakla može proizvesti nova staklena ambalaža. Također zbog svoje prozirnosti kupac može vidjeti što se nalazi unutar ambalaže, ostvaruje dojam o proizvodu, može vidjeti kakva je struktura, boja, konzistencija. [20]

Staklena ambalaža koja se koristi u različitim primjenama i oblicima, kao što su staklene boce, najstarija su skupina pakiranja koja se koriste i danas, a sami oblici su prikazani na slici br. 9. Staklena ambalaža je najprikladnija za pohranu tekućina jer je izrađena od prirodnih sastojaka s nepropusnom barijerom. Borosilikatno staklo ima veliku otpornost na temperaturu, kiseline, soli, organske i halogene spojeve, pa je idealno za upotrebu u laboratoriju. Unatoč svojoj krhkosti i visokim troškovima transporta staklena ambalaža čini gotovo 40% ambalaže za pakiranje hrane u cijelom svijetu. Različita rješenja staklene ambalaže koriste se kako bi se zaštitila svojstva proizvoda, kao što su fizikalna, kemijska i biološka. Proizvodnja staklene ambalaže je energetski i resursno intenzivan proces, a potražnja za staklenom ambalažom raste i zbog porasta s populacije, posebno u zemljama u razvoju. Međutim, iako se značajna količina staklene ambalaže proizvodi u zemljama u razvoju, postoji ograničeno istraživanje usmjereno na procjenu utjecaja na okoliš i analizu aktivnosti proizvodnje stakla. [21]

Za staklenu ambalažu najviše se koristi natrijevo staklo. Takvo staklo proizvodi se na jeftiniji način, a glavni elementi za izradu stakla su kremen i pijesak, vapnenac, dolomit, soda i stakleni lom. Također se za pakiranje prehrambenih proizvoda koristi olovno i aluminijsko staklo. Staklo se proizvodi u kalupima pomoću kojih se želi postići određeni oblik, a tako se također oblikuje i grlo za zatvaranje proizvoda hermetički. Primjena tako proizvedenog stakla je vrlo široka, a koristi se za punjenje vina, mineralne vode, sokova, te za ostale napitke. Isto tako se koristi kao staklenka u koju se puni pekmez, voće, povrće, kompoti i sl. Vrlo važno je naglasiti kako je staklo inertan ambalažni materijal, prema tome nema migracije između ambalaže i zapakiranog proizvoda i time se ne mogu promijeniti karakteristična svojstva okusa ni kvaliteta. Stoga je vrlo atraktivan materijal za sigurnost hrane, a prozirnost i sjaj stakla poboljšavaju sadržani proizvod. [22]

Staklena ambalaža ima primjenu kod pakiranja jeftinih pa sve do luksuznih i skupih proizvoda. Pakiranje kod jeftinijih proizvoda je punjenje mineralne vode u staklene boce kojoj je ukupna cijena proizvoda do nekoliko eura dok s druge strane u staklenu ambalažu pakiraju se luksuzni parfemi koji mogu dosezati do nekoliko tisuća eura. Takva ambalaža koja ima posebno dizajniranu staklenu strukturu značajno je skuplja, a ponekad je sama ambalaža skuplja od samog proizvoda koji se nalazi u staklenoj ambalaži. [23]



Slika br. 9 - Staklena ambalaža

### 3.4. Metalna ambalaža

Smatra se da je metalna ambalaža jedna od najsigurnijih oblika pakiranja prehrambenih proizvoda. Neke vrste metala u prirodi nalazimo u elementarnom stanju, a svi ostali metali se dobivaju iz ruda kemijskim redukcijama. Metali se u rastaljenom obliku lako međusobno miješaju i time nastaju slitine. Metal pruža dobra mehanička svojstva, zatvara se hermetički, lako se oblikuje, zahtijeva manju upotrebu aditiva u proizvodnji hrane, izdrživ je na promjene temperature, nepropustan je za vlagu, masnoću i UV zrake. Metalnu ambalažu također karakterizira dobra električna i toplinska vodljivost. Ima dekorativni potencijal i lako se reciklira za ponovnu upotrebu. Metalna ambalaža štiti proizvod od utjecaja svjetlosti, vode i zraka, a izdržljiva je i protiv insekata te glodavaca.

Metali koji se uglavnom upotrebljavaju za izradu metalne ambalaže su željezo (Fe), kositar (Sn), aluminij (Al), olovo (Pb), Magnezij (Mg), krom (Cr), nikal (Ni). Za čuvanje, pakiranje i skladištenje hrane metalna ambalaža izrađuje se u različitim oblicima od spremnika, bačvi, cisterni, limenki, tuba, omota, poklopaca za staklenke, zatvarača za boce, a neki od njih prikazani su na slici br. 10. Sva metalna ambalaža, osim tuba okarakterizirana je čvrstoćom što daje nepromjenjiv oblik, ali ne i otpornost na udarce. Prema tome se metalna ambalaža ubraja u skupinu čvrste ambalaže. [24]

Glavni zdravstveni i sigurnosni problemi metalne ambalaže uključuju migraciju bisfenola A, olova, kadmija, žive, aluminijska, željeza, nikla, ispušćenje limenki, otapanje kositra, crnjenje i koroziju. Metali nisu inertni na prehrambene proizvode, stoga su obloženi zaštitnim lakovima kako bi se spriječilo međudjelovanje metala i hrane, te naposljetku migracija teških metala. Prema tome su poznati zlatni lakovi koji daju određen estetski učinak, ali i štite proizvod. Metalni materijali za pakiranje imaju manji potencijal globalnog zatopljenja i veću mogućnost recikliranja zbog svojih magnetskih svojstava koja pomažu u lakšem odvajanju. Lim je najvažniji presvučeni čelik koji se koristi u pakiranju hrane. Lim se obično odnosi na čelik presvučen kositrom sa svake strane. Povijesno gledano, uranjanje u kositar se koristilo za premazivanje i bilo je poznato kao vruće umočena kositrena ploča, ali sada se najčešće koristi galvanizacija (poznata kao elektrolitička kositrena ploča) zbog sposobnosti nanosa premaza različite debljine na obje strane. Aluminijska folija je vrlo popularna u kulinarskom svijetu, a koristi se za pečenje mesa i povrća ili jednostavno skladištenje i transport hrane. Aluminijska folija je izvrsna za pakiranje slatkiša, čokolade, sladoleda, maslaca, sira i skute. Prehrambeni aluminij unatoč tome što je u izravnom kontaktu s proizvodom nema narušavanja organoleptičkih svojstava, te nema promjena u svojstvima proizvoda. [25]

Metale, poput aluminija i čelika, lako je reciklirati. Čelik je materijal koji se u svijetu najviše reciklira, dok je aluminij jedan od najvrjednijih materijala kada je riječ o recikliranju. Oko tri četvrtine aluminija proizvedenog samo u SAD-u i danas je u uporabi. Za razliku od drugih materijala, poput plastike, metale možete reciklirati uvijek iznova, smanjujući potrebu za iskopavanjem iz zemlje. Iako se metalna ambalaža može reciklirati, to se često ne događa u dovoljnoj mjeri. Nedostatak infrastrukture za recikliranje metala može rezultirati odlaganjem na odlagalištima. Nedostatak ove vrste ambalaže su rubovi koji mogu biti oštri i potencijalno opasni, posebno ako se ambalažom nepravilno rukuje. Metalna ambalaža ima ograničenu fleksibilnost u pogledu oblika i veličine, što može biti problem za proizvode koji zahtijevaju različite vrste ambalaže. [26]

Ovisno o kemijskom sastavu, a češće o pH vrijednosti, neki prehrambeni proizvodi u cijelosti ili samo njihove supstance mogu kemijski reagirati sa ovom vrstom ambalaže. Hoće li dolaziti do reakcije ovisi o nekoliko faktora, a neki od njih su vrsta proizvoda, efikasnost ambalaže, kemijski sastav upakiranog proizvoda, prisutnost kisika u ambalaži, uvjeti skladištenja, način rukovanja, te drugi manje poznati faktori. Nakon kemijskih reakcija dolazi do nastajanja metalnih spojeva koji dovode do gubitka standardne boje proizvoda, nekarakterističnog okusa, te se u pitanje dovodi zdravstvena neispravnost proizvoda. Pod zdravstvenu neispravnost spada povećan sadržaj teških metala koji imaju negativ utjecaj na ljudsko zdravlje. Zbog toga se limenke, te ostala metalna ambalaža dodatno zaštićuje određenim postupkom lakiranja kako bi se izbjegla migracija teških metala u zapakirani proizvod, a time i narušavanje zdravlja svih potrošača takve hrane.



Slika br. 10 - Metalna ambalaža

### 3.4.1. Teški metali

Teški metali predstavljaju velik problem za okoliš, ljude, ali i za životinjski svijet. U Republici Hrvatskoj se kao teški metali definiraju elementi s gustoćom iznad  $5 \text{ gcm}^{-3}$ . Teški metali koliko su važni i neophodni za prirodu i čovjeka jednako toliko mogu imati i vrlo štetan učinak. Dijelev na esencijalne (bakar, cink, mangan, željezo, molibden, selen) i neesencijalne (olovo, živa, kadmij, arsen, aluminiij, kositar, kobalt, paladij, platina). [26]

Esencijalni teški metali su neophodni za pravilno obavljanje bioloških procesa u organizmu, a smanjenjem količine kao i prekomjernom količinom tih metala može doći do poremećaja u tijelu. U najgorim slučajevima mogu dovesti do teških deformacija, kome i smrti. U organizam se unose udisanjem, apsorpcijom kroz crijeva te apsorpcijom kroz kožu, ovisno o njihovom kemijskom obliku. Toksičnost takvih metala ovisi o njihovoj koncentraciji (količini) u organizmu. Prekomjerne razine uzrokuju značajna oštećenja svakog organa u tijelu i mogu pokazati neurološke nedostatke, respiratorne poremećaje, karcinogenost, GI opstrukciju, osteoporozu itd. Otpadna ambalaža koja sadrži teške metale može završiti na odlagalištima ili u prirodi, a to može dovesti do onečišćenja tla, te širenja toksičnih tvari. Naposljetku teški metali imaju štetan utjecaj na biljni i životinjski svijet, a akumulacijom istih preko hranidbenog lanca dolaze do ljudi. [27]

Zadržavanje specifičnog okusa, kakvoće i brzog spremanja povećala je potražnju hrane pakirane u limenu ambalažu. Zahtjevi u pogledu kakvoće i zdravstvene ispravnosti lima i lakova, kao i tehnološka poboljšanja proizvodnje su u stalnom usponu. Vrhunska kakvoća proizvoda podrazumijeva i vrhunsku limenu ambalažu, te valjanu metalnu osnovu zaštićenu kositrenim nanosom sa što manje tehnoloških pogrešaka kao osnovu za dobro prijanjanje zaštitnog laka. Pri tome je važno da migracija anorganskih metala i nemetala i organskih migranta bude što manja, a kemijske reakcije laka sa sadržajem ambalaže u potpunosti izbjegnute. Konzervirana hrana može biti kontaminirana sa olovom i kositrom koji se koriste za proizvodnju limenka, te je upravo zbog toga odrađen eksperimentalni dio u diplomskom radu. [28]

Zbog migracije teških metala metalno posuđe, pribor, oprema i uređaji ne smiju biti izrađeni od olova niti od cinka ili slitina koje sadrže više od 1% olova, 0,03% arsena, više od 0,1% kadmija, te ne smiju biti pokriveni kositrenim (pocinčanim), kadmijevim ili olovnim prevlakama ili prevlakama od njihovih slitina. Za izradu pribora za jelo i pribora za pripremu i posluživanje jela ne smiju se koristiti bakar ili cink, osim u slitinama od kojih se izrađuje takav pribor. [29]

### 3.5. Višeslojna ambalaža

Višeslojna ambalaža je ambalaža sastavljena od dva ili više različitih materijala gdje su komponente složene u slojeve kako bi oblikovale fleksibilnu ambalažu (vrećice, folije i slične savitljive proizvode) ili krutu ambalažu (bottlice, čaše, razne spremnike). Prema tome se višeslojna ambalaža može podijeliti na višeslojne polimerne materijale i kombinirane materijale. Proizvode se kaširanjem (postupak spajanja papira/kartona i folije pomoću lijepila) ili ekstruzijskim laminiranjem (postupak proizvodnje kojim se vruća tekuća plastična masa nanosi na drugu foliju pritiskom i hlađenjem spaja s njom). Ovi materijali za pakiranja mogu poboljšati svojstva, kao što su učinkovitost korištenja resursa, također ispunjavaju zadaće barijernih zahtjeva na plinove, aromatičnih tvari, vodenu paru, svjetlost, što dovodi do prednosti poput produljenog vijeka trajanja. Ipak, višeslojni materijali predstavljaju izazov za postojeće sustave recikliranja, suprotstavljajući se načelima kružnog gospodarstva. [30]

Sa višeslojnom ambalažom povezuju se sve one vrste ambalažnih materijala koje su mehanički ili kemijski spojene u jedan ambalažni oblik. Predstavnik ovakve vrste ambalaže je tetrapak, prikazan na slici br. 11. Tetrapak je kartonska višeslojna ambalaža koja se bazira na određenom sastavu materijala, pri čemu udio kartona iznosi 75% , plastike 20% i aluminijske folije 5%. Ovakva vrsta ambalažnog materijala obično se koristi za sokove, mlijeko, gotova jela i jogurt. Tetrapak se u cijelosti može reciklirati. Nakon razdvajanja slojeva određenim procesima karton se transformira u papirnatu masu, a plastika i aluminijska folija se obrađuju i transformiraju u vrijedne sirovine za polimernu industriju. Ali ovo je također i jedan od glavnih nedostataka, naime višeslojnu ambalažu je teže reciklirati u usporedbi s jednostavnijim materijalima. Različiti slojevi od različitih materijala mogu otežati razdvajanje i recikliranje, što rezultira većom količinom otpada. Isto tako različiti materijali u višeslojnoj ambalaži mogu reagirati s proizvodom ili jedni s drugima tijekom vremena, što može rezultirati potencijalnom migracijom tvari iz ambalaže u proizvod. To može biti problematično za hranu i piće, posebno kada se koriste materijali koji sadrže kemikalije koje mogu biti štetne za zdravlje. [31]

Najčešće višeslojna ambalaža ima dva do tri sloja ambalažnog materijala. Dvoslojna ambalaža je najjeftiniji tip ove vrste ambalaže, ali pruža najniži oblik barijere od kisika, svjetlosti i vlage. Neki proizvodi se mogu zadovoljiti samo gornjim i donjim slojem, izostavljajući srednji sloj budući da su dva sloja dovoljna da održe proizvod u dobrom stanju. Postoje proizvodi koji trebaju više od tri ambalažna sloja da bi zadržali kvalitetu proizvoda. Vrlo bitno je odrediti najprikladnije materijale koji će se koristiti u pakiranju proizvoda. [32]



Tetrapak spada u kategoriju aseptičnih pakiranja. Da bi ambalaža bila aseptična, materijali za pakiranje moraju biti kompatibilni s proizvodom koji se pakira, također moraju izdržati sterilizaciju i biti kompatibilan s metodama sterilizacije, a pakiranje mora zaštititi proizvod od kisika; isto tako pakiranje mora zadržati specifičnu aromu proizvoda. [33]

*Tetrapak se sastoji od šest slojeva pri čemu svaki nosi određenu funkciju, a nabrojani su redom, počevši od unutarnjeg sloja:*

1. Polietilen - čuva sadržaj koji se nalazi u ambalaži
2. Polietilen - djeluje kao adhezijski sloj za spajanje slojeva
3. Aluminijska folija - čini 5% ukupne ambalaže, stvara barijeru protiv svjetlosti i kisika, eliminirajući potrebu za hlađenjem i sprječavajući kvarenje bez upotrebe konzervansa
4. Polietilen - polietilen djeluje kao ljepljivi sloj između aluminijske folije i papira
5. Papir - čini 80% ukupne ambalaže i pruža stabilnosti, čvrstoću i površinsku glatkoću za ispis tiska
6. Polietilen - čini 15% ukupne ambalaže; a kod ovog zadnjeg sloja štiti od vanjskih utjecaja kao što su vlaga, svjetlost i nečistoća koji utječu na kvalitetu proizvoda i ambalaže [33]



Slika br. 11 - Višeslojna ambalaža (tetrapak)

### 3.6. Tekstilna ambalaža

Tekstilna ambalaža uključuje sve tekstilne materijale za pakiranje prehrambenih, poljoprivrednih i drugih proizvoda. Tekstil se upotrebljava za proizvodnju ambalažnog materijala u obliku šarža, vreća, omota, bala i sl.. Ovakva vrsta ambalaže se tradicionalno proizvodi od pamuka, lana i jute postupcima tkanja ili pletenja na određene dimenzije. Tekstilna ambalaža je predviđena za transport, pohranu ili za omotavanje. U obliku vreća koristi se za industrijsko pakiranje i transport sirova, a vreće od jute za pakiranje žitarica, dok se šarže uglavnom koriste za pakiranje poluproizvoda koji čekaju finalno pakiranje. Uzice i remenje također se koriste kao ambalažni materijal od ove vrste materijala. Ljepljive trake, često ojačane vlaknima i tkaninama, sve se više koriste umjesto polimernih materijala. Tekstilne trake imaju veću prednost u odnosu na metalne, naime one su manje opasne kad se moraju odrezati na određenu dužinu u usporedbi sa metalnim trakama i žicama koje se tradicionalno koriste za povezivanje ili zatvaranje. Lagani tkani i pleteni materijali naširoko se koriste za razne svrhe omatanja i zaštite, osobito u prehrambenoj industriji. [34]

Kako je zabrinutost za okoliš sve veća, oko tekstilne ambalaže za višekratnu upotrebu otvaraju se nove mogućnosti. Tekstil je pomogao napredovanju pakiranja visokih performansi jer se može proizvesti sa vrlo jakim strukturom, a istovremeno je lagan i održiviji od konvencionalnih materijala za pakiranje. Tekstil visokih performansi zajedno s modernim metodama rukovanja omogućuje inovaciju vještijeg rukovanja, skladištenja i distribucije raznih proizvoda u prahu, granulama, šećera, brašna i drugih sirovina za proizvodnju u prehrambenim industrijama, pa sve do boja i pigmenata. Tekstil za pakiranje također je ušao u novu eru aktivnih i inteligentnih sustava koji su u interakciji s njihovim sadržajem, a informiraju potrošača o rizicima kvarenja ili nesukladnosti proizvoda. [34]

Juta Hessian, također nazvana juta koja je prikazana na slici br. 12, finija je kvalitetna tkanina od jute koja se dugo koristi kao najpoželjniji materijal za pakiranje svih vrsta proizvoda. Juta se uglavnom koristi za uvrečavanje, ali i za mnoge druge oblike kao što su trake za omatanje, vrećice za potrepštine, zidne obloge, također se koristi za presvlake i kućni namještaj. Trenutno se velika većina vreća za kupovinu i prijenos izrađuje od hessian tkanina (jute). Tekstilna ambalaža u cijelosti izrađena od jute, težine je ne veće od 576 g/m<sup>2</sup>. Hessian tkanine su lakše od vrećastih tkanina. Materijal za vreće od jute je tražen zbog prozračnosti koju daje tkanje materijala, tj. zbog toga što omogućuje cirkuliranje zraka dok istovremeno štiti sadržaj. Vreće koje se posebno koriste u svrhu skladištenja poljoprivrednih proizvoda, poznate su kao vreće bez hidrokarbona koje su tretirane biljnim uljima kako bi se uništio štetan učinak

ugljkovodika. Stoga takva vrsta vreće ima veliku potražnju ne samo u prehrambenoj industriji, već i u proizvodnji cementa i agroindustriji. Nedostatak tekstilne ambalaže jesu njezina loša svojstva poput slabe otpornosti na vlagu, mehanička opterećenja i mikroorganizme, također se radi o materijalu koji se može vrlo lako zapaliti i osjetljiv je na kemijska sredstva. [35]

Tekstilna ambalaža koja dolazi u neposredan kontakt s hranom trebala bi biti izrađena od materijala koji se jednostavno može prati i dezinficirati. Kod tekstilne ambalaže koja je namijenjena za pakiranje hrane, važno je da ne sadrži bojila, osim ako na njoj postoje obojeni znakovi. Ova vrsta ambalaže ne bi smjela sadržavati bjelila, sredstva za impregnaciju ili druge tvari koje bi mogle negativno utjecati na okus, miris i kemijski sastav hrane. Boje koje se koriste za označavanje na tekstilnoj ambalaži ne smiju se otapati u vodi niti migrirati na hranu, te moraju udovoljavati svim relevantnim propisima. Oznake na tekstilnoj ambalaži smiju biti prisutne samo na vanjskoj strani ambalaže kako bi se osigurala sigurnost namirnice. [36]



Slika br. 12 - Jutene vreće

## 4. ODABIR AMBALAŽE ZA PAKIRANJE HRANE

- **Prikladnost pakiranja:**

Jedno od pitanja koje brine profesionalne proizvođače hrane je prikladnost materijala za pakiranje i sirovina za samu hranu. „Prikladnost pakiranja” znači sposobnost pakiranja da održi hranu u besprijekornom stanju i također da zadovolji higijenske i zdravstvene standarde za svoje potrošače.

- **Kupovne navike potrošača:**

Boje i stil pakiranja igraju ključnu ulogu u utjecanju na odluku potrošača o kupnji. Mozak na različite načine reagira na boje, primjerice, bijelo pakiranje odaje jednostavnost i čistoću, što ga čini idealnim za mliječne proizvode. Narančasta pakiranja hrane predstavljaju energiju i zabavu, što ih čini idealnim za sportske i ljetne napitke. Dok zelena boja ukazuje da se radi o zdravom proizvodu koji je primjeren za okoliš.

- **Brend koji se ističe:**

Ambalaža prvo treba privući pažnju kupca. Ambalaža za pakiranje hrane koja se odabire treba se razlikovati od sličnih proizvoda na istoj polici svojom različitosti i originalnošću. Ubrajajući etikete, logotipa do oblika pakiranja hrane, tako da se kupac može sjetiti brenda sljedeći put kada dođe u trgovinu.

- **Sigurnost pakiranja:**

Ambalaža za pakiranje hrane treba zaštititi prehrambeni proizvod, ali također i privući pažnju kupaca. Pakiranje je ključni aspekt proizvodnje i distribucije hrane. Ima ključnu ulogu u održavanju hrane svježom, sigurnom i zaštićenom od kontaminacije. Pakiranje hrane ne samo da produljuje rok trajanja hrane, već također pruža praktičnost i štiti okoliš, ali i sam proizvod.

- **Razgradivost materijala:**

Polimerna ambalaža idealna je za pakiranje kvarljivih proizvoda i može se koristiti za čuvanje hrane u hladnjaku ili zamrzivaču, ali se vrlo teško razgrađuje i postoji nekoliko vrsta polimera što je veliki nedostatak. Papirnato pakiranje je ekološki prihvatljiv izbor za pakiranje hrane. Može se reciklirati i biorazgradiv je, što ga čini izvrsnim izborom za pakiranje grickalica, žitarica i peciva. Biorazgradiva ambalaža također je ekološki prihvatljiv izbor za pakiranje hrane. Izrađena je od prirodnih materijala kao što su škrob i celuloza, a dizajnirana je tako da se razgrađuje na prirodne komponente kada je izložena okolišu. [37]

## 5. KVALITETA PROIZVODA

Pojam kvalitete predstavlja zbroj svih svojstava i atributa prehrambenog artikla koji su prihvatljivi kupcu. Ovi atributi kvalitete uključuju izgled koji treba odgovarati standardu proizvoda (uključujući veličinu, oblik, boju, sjaj i konzistenciju), teksturu, okus, nutritivni sadržaj, zdravstvenu ispravnost i mikrobiološku čistoću. Kvaliteta definira korake koje organizacija mora poduzeti kako bi pokazala svoju sposobnost kontrole opasnosti za sigurnost hrane i osigurala da je hrana sigurna za ljudsku prehranu. Sigurnost hrane i poštivanje standarda utvrđenih zakonodavstvom također se mogu smatrati elementima kvalitete hrane budući da doprinose prihvaćanju prehrambenog proizvoda kod potrošača i mogu se koristiti kao marketinški alat za trgovinu proizvodima u zemljama s visokim standardima sigurnosti hrane. Kao rezultat toga, u prehrambenoj industriji, atributi kvalitete ili kriteriji prehrambenog proizvoda obično su definirani u specifikaciji proizvoda. Usklađenost s ovim specifikacijama određuje kvalitetu. Kako bi se osigurala proizvodnja hrane unutar specifikacije i omogućio kontinuirani pristup konkurentnim tržištima koja zahtijevaju dosljednu kvalitetu i stabilnu opskrbu, koriste se sustavi upravljanja kvalitetom. [38]

### 5.1. Sustavi upravljanja kvalitetom

Sustav upravljanja kvalitetom je formalizirani sustav koji dokumentira organizacijsku strukturu prehrambenog poslovanja, odgovornosti, procese, postupke i resurse koji usmjeravaju i kontroliraju kako se proizvodi proizvode. Vrsta je konstruktivnog pristupa koji identificira probleme prije nego što se pojave kroz kontinuirani proces i proizvodi procjenu, reviziju, te ispravljanje grešaka kako bi se zadovoljile ugovorene karakteristike proizvoda. Ovaj sustav također poboljšava učinkovitost proizvodnje. [38]

*Za kvalitetu hrane postoje tri važna alata koja se široko koriste kako bi se osigurala sukladnost sa specifikacijama proizvoda, zadovoljili zahtjevi kupaca i pridonijelo naporima dubinske analize[38]:*

- *Dobra poljoprivredna praksa (GAP)*

Dobre poljoprivredne prakse (GAP) osnovna su načela sigurnosti hrane kojima je cilj minimizirati biološke, kemijske i fizičke opasnosti od polja do distribucije. GAP prakse uključuju odabir mjesta, korištenje zemljišta, zaštitu divljih životinja i staništa, vodu, gnojiva, pesticide, genetski modificirane organizme (GMO), integrirano upravljanje usjevima (ICM), prakse hranjenja životinja, higijenu radnika, hlađenje i transport.

- *Dobra proizvođačka praksa (GMP)*

Dobre proizvodne prakse (GMP) upućuju sve osobe (koje rade u izravnom kontaktu s hranom, površinama s kojima bi hrana mogla doći u kontakt i materijalima za pakiranje hrane) da se pridržavaju sanitarnih i higijenskih praksi u mjeri koja propisuje zaštitu od kontaminacije hrane iz izravnih i neizravnih izvora. GMP je preduvjetni program za HACCP i uglavnom je specificiran u srodnim zakonima.

Uredba Komisije (EZ) br. 2023/2006 definira dobru proizvođačku praksu kao aspekte osiguranja kvalitete koji osiguravaju da se materijali i predmeti dosljedno proizvode i kontroliraju kako bi se osigurala sukladnost s pravilima koja se na njih primjenjuju i sa standardima kvalitete koji odgovaraju njihovoj uporabi tako da ne ugrožavaju ljudsko zdravlje ili ne uzrokuju neprihvatljive promjene u sastavu hrane ili da ne uzrokuju pogoršanje njezinih organoleptičkih svojstava.

GMP-ovi se obično nazivaju minimalnim higijenskim zahtjevima koji moraju biti ispunjeni kako bi se osiguralo da su proizvodi sigurni te visoke i dosljedne kvalitete. Oni se očekuju od svih sudionika u lancu proizvodnje hrane, uključujući proizvodnju, preradu, skladištenje, transport i distribuciju sirovina i hrane.

- *Analiza opasnosti kritične kontrolne točke (HACCP)*

HACCP je međunarodno priznati preventivni alat za upravljanje rizikom koji proizvođačima hrane omogućuje identificiranje kritičnih kontrolnih točaka za mikrobiološke (npr. salmonela), kemijske (npr. teški metali), fizičke (npr. staklo) i alergenske (npr. orašasti plodovi) kontaminante. Umjesto tradicionalnih postupaka inspekcije i kontrole kvalitete koji su bili koncentrirani na testiranje krajnjeg proizvoda radi otkrivanja usklađenosti ili kvara, HACCP proaktivno i sustavno analizira potencijalne rizike i identificira odgovarajuće sustave kontrole i praćenja, posebno one koji se smatraju ključnima za sigurnost proizvoda.

Europsko zakonodavstvo postavlja minimalne zahtjeve koji se odnose na HACCP i GMP. Međutim, ne opisuje kako bi se ti zahtjevi trebali implementirati unutar industrije. Stoga su mnoge organizacije razvile vlastite standarde za osiguranje kvalitete, dok se druge oslanjaju na javne i privatne standarde sigurnosti hrane i osiguranja kvalitete.

### ***Standard kontrole obuhvaća:***

- Edukacija zaposlenika
- Specifikacije sastojaka
- Sljedivost
- Priručnik o kvaliteti
- Standardne operativne postupke
- Kritične kontrolne točke
- Planove uzorkovanja i analize
- Sustave izvješćivanja
- Pregled procesa

Ne samo da je potrebno imati te procesne i proceduralne kontrole, već je također potrebno imati odgovarajući mehanizam za certifikaciju sustava upravljanja kvalitetom u prehrambenom poslovanju da bi bio učinkovit.

Pakiranje hrane i s njim povezane tehnologije bitan su dio prehrambene industrije jer uključuju zaštitu i očuvanje hrane i proizvoda. Zapravo, ambalaža za hranu dizajnirana je za zaštitu i očuvanje kvalitete hrane bez pogoršanja njezina izgleda, okusa, mirisa ili nutritivnog sadržaja; te također mora informirati potrošača o sastojcima i podacima nutritivne vrijednosti sadržanim unutar ambalaže. Potrošači imaju pravo znati kakav je sadržaj svakog pakiranja, stoga podaci o proizvodu uvijek moraju biti otisnuti na pakiranju. Dok se proizvodi natječu za pozornost potencijalnih kupaca, postoji sve veći interes za stvaranjem atraktivnih marketinških rješenja i poboljšanjem dizajna ambalaže kako bi proizvodi bili ergonomičniji i učinkovitiji. Kako potražnja potrošača raste, proizvođači će se susretati s izazovima jer se sve više naglašava zabrinutosti u smislu stvaranja potencijalnih prijetnji kvaliteti proizvoda. [38]

Što je bolja podudarnost između očekivanja potrošača prije kupnje (očekivana kvaliteta) i iskustva koje stječu korištenjem proizvoda (iskusna kvaliteta), to je veća razina zadovoljstva potrošača. Dokazano je da pozitivno iskustvo s brendom smanjuje rizik od nezadovoljstva i često se koristi za zaključivanje o kvaliteti proizvoda. Posljedično, potrošači se često oslanjaju na poznate robne marke kao pokazatelje kvalitete. [39]

Isto tako je dokazano da potrošači smatraju okus i druge senzorske karakteristike hrane, te zdravlje, praktičnost i procese proizvodnje (npr. organski, dobrobit životinja itd.) najvažnijim odrednicama kvalitete hrane. U tom smislu, senzorska svojstva (okus, miris, konzistencija, itd.) od strane potrošača su ocijenjeni kao dominantna dimenzija kvalitete hrane, a zatim slijedi zdravstvena sigurnost, svježina i privlačan izgled. Međutim, kvaliteta hrane uključuje i nebiološke opasnosti. To su ili kemijske opasnosti (na primjer; ostaci antibiotika, alergeni, teški metali, ostaci pesticida, zaostale kemikalije za čišćenje) i fizičke opasnosti (poput stakla, metala, drva i slično). One bi mogle pronaći svoj put do hrane i predstavljati opasnost. Zatim, postoji zanimljivo križno područje koje se obično smatra biološkom opasnošću zbog svog biološkog podrijetla, ali se također može smatrati i kemijskom opasnošću, a to su toksini koje proizvode gljive i morske životinje, a pronađu svoj put u hranu. [39]

Tijekom određenog vremena nutritivni status proizvedenog prehrambenog proizvoda može se promijeniti, a obično se to odnosi na pogoršanje nutritivne kvalitete jer hranjive tvari prisutne u hrani možda neće odgovarati onima navedenima u specifikaciji. Tijekom skladištenja i distribucije proizvedene hrane, može doći do niza problema s kvalitetom, što rezultira proizvodom koji ne ispunjava očekivanja kupaca. Kada se to dogodi, potrošači mogu vidjeti da je proizvod niže kvalitete jer je odstupio ne samo od njihovih očekivanja, već i od onoga što je izvorno bio. Ovo je jedan od razloga zašto se dodaju aditivi u hranu, a to je uglavnom da se ispune očekivanja o kvaliteti u smislu da ljudi očekuju standardan, zdravstveno ispravan proizvod. [40]



## 6. INTERAKCIJE HRANE I AMBALAŽE

U pojam hrane svrstavamo svaku tvar ili proizvod, bio on neprerađen, djelomično prerađen ili prerađen, a koji je predviđen za to da ga ljudi upotrebljavaju ili se smisleno može očekivati da će ga ljudi koristiti. Hrana obuhvaća pića, žvakaće gume i sve tvari svjesno dodane hrani kroz proizvodnju tako da ulaze u njen sastav, te žive životinje koje su predviđene za proizvodnju hrane. Praktičnije rečeno, hrana je bilo koja tvar koja apsorpcijom u ljudskom organizmu doprinosi pravilnom funkcioniranju biološkog sustava. [41]

*Postoje tri tipa interakcije hrane i ambalaže:*

1. Prelazak tvari iz ambalaže u hranu
2. Prelazak tvari hrane u ambalažni materijal
3. Prelazak plinova i vodene pare iz okoline i hlapljivih organskih spojeva hrane kroz ambalažu

Kada je riječ o interakcijama hrane i ambalažnih materijala veći naglasak se u većini slučajeva odnosi na interakciju migracijama nego na barijerni efekt. Migracija uključuje prelazak tvari iz ambalaže u hranu i obrnuto. Migracije koje prelaze iz ambalaže u hranu definiraju se kao normalne migracije, dok se negativnim migracijama nazivaju one koje dolaze iz hrane u ambalažu. Ove migracije iz oba smjera imaju nepoželjan utjecaj na organoleptička svojstva i zdravstvenu sigurnost hrane. U zakonodavstvu su definirana dva tipa migracija, a to su globalne (ukupne) i specifične. Globalne migracije reguliraju prelazak tvari koje ne predstavljaju veliki nivo rizika, ali su ipak nepoželjne. Specifične migracije se usredotočuju na tvari koje predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi, čak i kada su prisutne u malim postocima. Prelazak sastojka iz ambalaže u proizvod se može podijeliti u nekoliko prelaska, a to je migracija sastojaka iz ambalaže u hranu, otapanje sastojaka ambalaže u hrani, migracija aditiva iz ambalaže u hrane i reakcija sastojaka hrane sa sastojcima iz ambalaže. Migriranje tvari iz ambalažnih materijala u hranu nastaju u direktnom dodiru između površine proizvoda i ambalaže. Postoji migracija gdje hrana razgrađuje mobilne sastojke ambalaže, a to nastaje kada se tekući ili plinoviti sastojci hrane raspršuju u materijal, nadražuju ga i omogućuju mobilnim sastojcima koji su dio ambalaže da se apsorbiraju u hranu. Kemijska interakcija sastojaka hrane i ambalažnih materijala događa se kada npr. nepravilno lakirana limenka dolazi u kontakt sa kiselom sredinom, što naposljetku izaziva koroziju limenke i migraciju teških metala. Ako ambalaža i hrana nisu kompatibilne može se razviti reakcija koja ubrzava oslobađanje kemijskih sastojaka iz ambalaže u hranu, ali i obrnuto. [41]

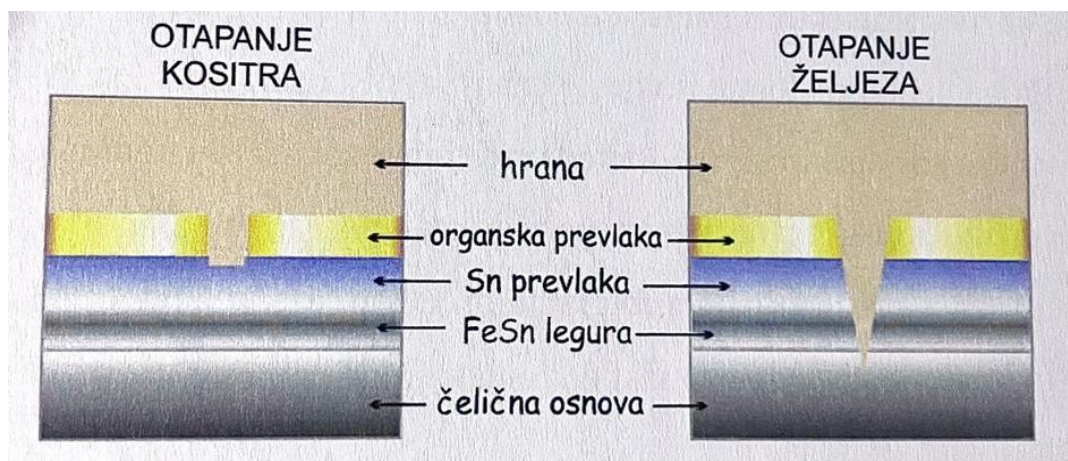
Barijerni učinak je vrsta migracije kojom se izražava intenzitet eventualnog prelaza tvari iz okoline (plinovi, vodena para, mikroorganizmi, zračenja) kroz ambalažnu u prehrambeni proizvod. Barijerna svojstva imaju golem utjecaj na održivost i kvalitetu proizvoda. Kada su poznati dokazi za propusnost kisika kroz polimerni materijal koriste se sofisticirane metode za provjeravanje propusnosti materijala na plinove i vodenu paru. Pošto ne postoji sasvim sigurna ambalaža za hranu, trebao bi se procjenjivati stadij migracije u svakom incidentu, te zabilježavati ustanovljena granica između dozvoljene količine i granice rizika. Isto tako prisustvo zaštitnog sloja uvelike igra ulogu kod migracije. Ako se kemijske migracije nalaze u jednom od slojeva ambalažnog materijala onda je nanos zaštitnog sloja od velike važnosti kako ne bi došlo do migracija u hranu i dovelo proizvod pod upitno stanje za potrošnju. Ambalaža je veliki izvor kemijskih migracija u hranu, a nivo migracija raste s povećanjem koncentracija tvari. Proučavanjem faktora koji utječu na kemijske migracije daje opcije gdje se njihov prelazak u hranu može spriječiti ili ograničiti. [41]

### **6.1. Interakcije hrane i metalne ambalaže**

Interakcije između metalne ambalaže i hrane ovise o različitim čimbenicima, uključujući vrstu i kvalitetu materijala za ambalažu (kao što su željezo, kositar, olovo i aluminij), kemijski sastav hrane, pH vrijednost hrane, prisutnost dodanih aditiva koji mijenjaju kemijski sastav (kuhinjska sol, šećer, nitrati, nitriti i polifosfati), koncentraciju kisika unutar ambalaže, te uvjete skladištenja. Posljedica kemijskih reakcija komponenti namirnice i metala je nastajanje metalnih spojeva koji mijenjaju organoleptička svojstva namirnice i utječu na njenu zdravstvenu ispravnost. Ove reakcije obično su usko povezane s procesima korozije, posebice kada je riječ o metalnoj ambalaži. Namirnice se pakiraju u ambalažu od bijelog lima, gdje se temeljni željezni sloj štiti slojem kositra. Kositar je manje reaktivan od željeza i teže stupa u kemijske reakcije s hranom. Zbog tankog ili nejednakog sloja kositra čelična podloga nije u potpunosti zaštićena već u njoj postoje mikro pore, te može doći do izravnog kontakta hrane i čelične osnove pri čemu nastaje elektrokemijski proces (nastanak galvanskog članka, korozija). To su dijelovi na kojima je proizvod u izravnom dodiru s kositrom i željezom i pri tome neke komponente mogu kemijski reagirati s metalima. Koji će se procesi odvijati ovisi o mnogim faktorima, u prvom redu o pH namirnice. Namirnice koje imaju pH manji od četiri sadrže kiseline koje otapaju metale. Krajnji rezultat ovih procesa je pojava "točkaste" korozije, odnosno dolazi do perforacije limenke i propadanje namirnice. Kod namirnica koje imaju pH veći od pet i bogate su bjelančevinama može doći do neželjene pojave obojenosti limenke. Tijekom postupka sterilizacije dolazi do djelomične razgradnje aminokiselina. Pritom se

oslobađa sumpor, nastaju sulfidi kositra i željeza koji su tamnoljubičaste boje te se pojavljuju u obliku mozaika na unutarnjoj strani ambalaže od bijelog lima. Ova pojava ne utječe na zdravstvenu ispravnost namirnice. Da bi se spriječili ovi neželjeni procesi kod unutrašnjosti limenki od bijelog lima dodatno se zaštićuju organskim prevlakama, najčešće na bazi sintetskih polimera. Ove prevlake se nazivaju "zlatni" ili "gold" lakovi kada im se dodaju još i pigmenti u svrhu postizanja određenih estetskih efekata. Budući da i ove prevlake mogu imati oštećenja moguće je da namirnica dođe u neposredan dodir s kositrom i željezom (Slika br. 13). [42]

Organske prevlake se također upotrebljavaju i kod izrade ambalaže od aluminija. Aluminij je vrlo reaktivan metal, pa se njegova površina dodatno zaštićuje pasivacijskim slojem koji ima istu ulogu kao i kositar kod bijelog lima. Moguće su interakcije aluminija i hrane, a slične su kao i kod ambalaže od bijelog lima s tom razlikom što su spojevi aluminija bezbojni ili bijelo obojeni, pa ne dolazi do pojave obojenosti limenke. Zakonskim propisima strogo su definirane maksimalne dopuštene količine teškim metala koji se mogu nalaziti u hrani, kao rezultat interakcija ambalaže i namirnice, osobito ako se radi o teškim metalima poput olova ili kroma. Metali poput željeza ili kositra nisu toksični, ali njihova prisutnost u namirnici nije poželjna jer utječe na organoleptička svojstva namirnice, njezinu kvalitetu i nutritivna svojstva. Kositar često migrira iz ambalaže u hranu, osobito kada je riječ o konzervama i proizvodima koji su pakirani u limene konzerve bez unutarnje zaštite. Visoke količine anorganskog kositra u hrani mogu izazvati simptome poput povraćanja, proljeva, glavobolje, mučnine, metalnog okusa u ustima te bolova u donjem dijelu trbuha. [42]



Slika br. 13 - Interakcija hrane i ambalaže od bijelog lima kroz pore u zaštitnoj prevlaci

## 7. ZRAVSTVENA ISPRAVNOST PROIZVODA

Zdravstvena ispravnost proizvoda odnosi se na sigurnost i kvalitetu proizvoda u kontekstu zdravlja potrošača. Proizvodi koji su zdravstveno ispravni trebaju biti bez štetnih sastojaka, bakterija ili drugih potencijalno opasnih elemenata koji bi mogli ugroziti zdravlje ljudi koji ga konzumiraju. Organizacije i regulatorna tijela često postavljaju standarde i regulacije kako bi osigurali zdravstvenu ispravnost hrane koja se koriste u svakodnevnom životu. Potrošači se potiču da pažljivo biraju proizvode i prate upute o sigurnoj uporabi kako bi zaštitili svoje zdravlje. Kako bi se ispravno procijenila zdravstvena ispravnost prehrambenog proizvoda, neophodno je obavljati sve analize i procjenjivati granice zadanih parametra. Zdravstvena ispravnost hrane obuhvaća široko područje i ovisi o mnogim faktorima. To uključuje opće ekološke uvjete, uvjete u biljnoj i životinjskoj proizvodnji, zdravlje i prehranu životinja, sirovine i način njihova dobivanja, tehnološki proces proizvodnje, uvjete skladištenja prije i nakon proizvodnje, vrstu ambalažnih materijala, uvjete čuvanja, tržište, postupke pri pripremi hrane u vlastitom domaćinstvu i mnoge druge čimbenike. [43]

Da bi se izbjegao neželjeni učinak olova na ljudski organizam treba se pridržavati pravilnika o dozvoljenim količinama olova. Maksimalna dozvoljena količina olova u sirovom mlijeku, toplinski obrađenom mlijeku i mlijeku za proizvodnju mliječnih proizvoda te hrani za dojenčad iznosi 0,020 mg/kg, dodacima prehrani 3,00 mg/kg, Proizvodi od povrća i povrća u metalnoj ambalaži mogu imati maksimalnu dozvoljenu količinu olova 0,5 mg/kg, dok koncentrat rajčice 2,0 mg/kg, a žitarice, mahunarke i zrna mahunarki 0,20 mg/kg. Zbog svoje toksičnosti trebala bi se izbjegavati (ili potpuno ukloniti) prisutnost olova u materijalima u dodiru s hranom. [44]

Da bi se izbjegao neželjeni učinak kositra na ljudski organizam, Svjetska zdravstvena organizacija WHO predložila je maksimalnu dopuštenu količinu kositra u konzerviranoj hrani 250 mg/kg i piću 200 mg/kg. Posebnu kategoriju predstavlja dječja konzervirana hrana, čije su maksimalne dopuštene doze 50 mg/kg. Unutar Europske unije postoji niz proturječnosti s obzirom na propisane količine, pa tako svaka država ima svoje maksimalno dopuštene vrijednosti, koje se kreću unutar WHO normi. Naš pravilnik (Narodne novine, 2005) o najvišoj dopuštenoj količini metala i metaloida u metalnoj ambalaži propisuje sljedeće količine kositra: dječja hrana do 50 mg/kg, hrana do 200 mg/kg, te pića, uključujući i sokove 100 mg/kg. [45]

## 8. PRAKTIČNI DIO

Kod praktičnog dijela određene su količina kositra i olova u limenoj ambalaži. Metoda koja je korištena za određivanje kositra i olova u limenoj ambalaži je atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS). Laboratorij u kojem se odrađivala analiza raspolaže sa više instrumentima za određivanje sadržaja metala i metaloida. Instrumenti pripadaju skupini atomskih spektrometara, a razlikuju se međusobno po izvedbi, odnosno mjernom području koje pokrivaju.

- PinAAcle 900Z - GFAAS (grafitna kiveta) sa Zeeman korekcijom firme Perkin- Elmer (Slika br. 14). Služi za određivanje metala u tragovima, poput onih koji spadaju pod zdravstvenu ispravnost prema Uredbi (EZ) 1881/2006



Slika br. 14 - PinAAcle 900Z – GFAAS (Super-lab)

- AAnalyst 400 -FAAS ( plamena tehnika) firme Perkin-Elmer (Slika br. 15). Zbog manje osjetljivosti ove tehnike u odnosu na grafitnu koristi se za određivanje metala koji spadaju u područje nutritivnih vrijednosti poput Ca, Na, Mg , Zn, Cu, K...



Slika br. 15 - AAnalyst 400 -FAAS (Super-lab)

- DMA ( Direct Mercury Analyzer ) (Slika br. 16) - solid sampling tehnika, firme Milestone (nema pripreme uzoraka sa kemikalijama) - „ zelena analitika“. Uređaj se koristi za određivanje sadržaja žive.



Slika br. 16 - Direct Mercury Analyzer (Super-lab)

### 8.1. Atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS)

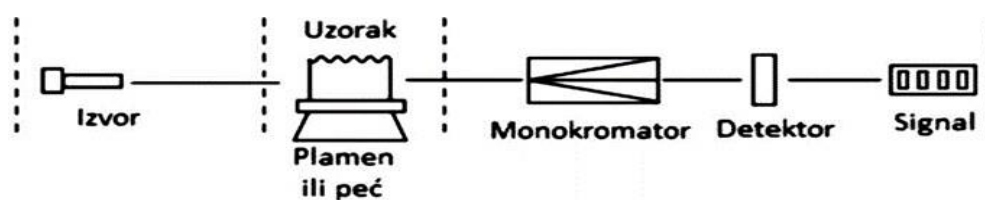
Atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS) je važna analitička tehnika koja se koristi za određivanje koncentracije elemenata u uzorku, a temelji na apsorpciji zračenja od strane slobodnih atoma u plinovitom stanju. Metoda se primjenjuje za analizu tragova metala u analizi hrane, vode za piće, analizi minerala, medicini, toksikološkim ispitivanjima, forenzičkoj patologiji, praćenju zagađenja okoliša. Na slici br. 17. je prikazan instrument koji je korišten kod određivanja koncentracije olova i kositra. [46]



Slika br. 17 - Atomski apsorpcijski spektrofotometar PinAAcle 900Z – GFAAS

Atomska spektroskopija se temelji na apsorpciji svjetlosti od strane slobodnih disociranih atoma. Atom najprije apsorbira svjetlost one valne duljine čija je energija ekvivalentna energiji potrebnoj da valentni elektroni u tom atomu prijeđu na više energetske nivoe. Kada je atom u osnovnom stanju izložen izvoru zračenja energije, on prima tu energiju i prelazi u pobuđeno stanje što predstavlja apsorpciju. Kada atom u pobuđenom stanju otpusti energiju on se vraća u osnovno stanje, odnosno on emitira (oslobađa) energiju. Atom se u takvom pobuđenom stanju zadržava vrlo kratko, te prilikom povratka elektrona u osnovno stanje, atom emitira određeni kvant energije odnosno svjetlost određene valne duljine. Prvi korak svih atomskih spektroskopskih postupaka je atomizacija. Atomizacija je proces u kojem se uzorak isparava i razgrađuje uz nastanak atomske pare. Učinkovitost i ponovljivost atomizacije određuje osjetljivost, preciznost i točnost metode, što atomizaciju čini najkritičnijim korakom u atomskoj spektroskopiji. [46]

Na Slici br. 18 prikazana je shema osnovnih komponenata atomskog apsorpcijskog spektrometra. Ovaj uređaj sastoji se od izvora zračenja, prostora za atomizaciju uzorka, monokromatora, detektora i računala za registraciju signala. Najčešće se koristi žarulja sa šupljom katodom kao izvor zračenja, koja emitira zračenje s karakterističnim svojstvima za analit koji se analizira. Svjetlo koje dolazi iz izvora zračenja prolazi kroz prostor za atomizaciju, gdje se nalaze atomi uzorka koji apsorbiraju određenu količinu energije. Idealni atomizator cijeli uzorak pretvara u atomsku paru, stoga prema učinku stvaranja atomske pare određena je osjetljivost analize. Nakon toga, svjetlo prolazi kroz monokromator koji izdvaja i propušta odabrani dio emitiranog zračenja do detektora koji registrira signal. Ovo registrirano mjerenje signala potom se obrađuje pomoću računalnog sustava. [47]



Slika br. 18 - Shema osnovnih dijelova atomskog apsorpcijskog spektrometra

Da bi uzorak doveli u stanje pogodno za mjerenje moramo ga nebulazirati tj. raspršiti u plamen. U plamenu će se uzorak vaporizirati i atomizirati. Kod emisije uzorak uvodimo u plamen koji uz pomoć temperature koja se kreće u rasponu 2400 – 2700 °C pobuđuje atome određenog elementa i njihovim vraćanjem u osnovno stanje emitira se svjetlost određene valne duljine koja se mjeri na detektoru i prevodi u elektronski signal. [47]

## 8.2. Postupak istraživanja

U postupku istraživanja opisan je proces određivanja kositra i olova u metalnoj ambalaži, pri čemu je bitno odrediti sadržaj istih i usporediti sa maksimalno dopuštenim količinama.

### 8.2.1. Određivanje sadržaja kositra AAS metodom

Sadržaj kositra - količina kositra određena u skladu sa uvjetima navedenim u ovoj metodi, i izražena kao kositar (Sn) u miligramima po kilogramu uzorka.

#### **APARATURA I PRIBOR:**

- Analitička vaga s točnošću od  $\pm 0,01\text{g}$  je instrument koji se koristi za precizno određivanje mase tvari. Ova vrsta vage je izrazito osjetljiva i visokih troškova, a točnost njezinih mjerenja ključna je za postizanje preciznih rezultata analize. Bez obzira na korištenu analitičku metodu, upotreba vage je neizbježna jer je uvijek potrebno precizno odvagnuti uzorak za analizu i odmjeriti potrebne količine reagensa za pripremu otopina.
- Automatske pipete sa tipsevima od 5000  $\mu\text{L}$  - koriste se za precizno doziranje više alikvota istog volumena. Ove automatske pipete, koje su također poznate kao dozatori, osim za prijenos više alikvota, često uključuju dodatne funkcionalnosti poput miješanja i titriranja. Zahvaljujući inovativnoj metodi beskontaktnog doziranja, nije potrebno dodirivati posude tijekom postupka, što ubrzava proces rada i osigurava iznimno točne i precizne rezultate.
- Atomski apsorpcioni spektrofotometar "AAAnalyst 600"; grafitna tehnika - potpuno je integrirani stacionarni atomski apsorpcijski spektrometar koji uključuje sve komponente spektrometra i raspršivača u jednom instrumentu. Služi za određivanje tragova anorganskih elemenata u hrani, u ovom slučaju kositra.
- EDL lampa za kositar - izvor zračenja u atomskoj apsorpcijskoj spektrometriji sastoji se od hermetički zatvorene staklene cijevi koja sadrži volframsku anodu i cilindričnu katodu, a unutar nje ispunjena je inertnim plinom, obično argonom, pri niskom tlaku, obično između 100 i 600 Pa. Katoda je izrađena od materijala koji se analizira, što ovu metodu čini izuzetno selektivnom. U ovom slučaju se radi o lampi od kositra, jer ispitujemo tu vrstu metala. Uvodi se da bi se dobio jači izvor svjetlosti jačeg intenziteta od plamena, a samim time se povećava osjetljivost metode.
- Odmjerne tikvice od 25,50 i 100ml - koriste se za precizno mjerenje određene količine uzoraka potrebne za ispitivanje. Pomoću odmjernih tikvicama dobiju se točne količine uzoraka koje su potrebne za analizu.



### **REAGENSI:**

- Svi reagensi moraju biti “supra pur” čistoće, a voda bidestilirana ili ekvivalentne čistoće, dok standardi i uzorci moraju biti svježe pripremljeni
- Standardna otopina kositra 1000mg/L – upotrebljava se već pripremljen standard od proizvođača kemikalija
- Otopina standarda kositra 10 mg/L – u tikvicu obujma 50mL uzima se 500 µL osnovne standardne otopine kositra i nadopuni sa otopinom nitratne kiseline 1,4 M
- Otopina standarda kositra 200 mg/L – u tikvicu obujma 50mL uzima se 1000 µL otopine standarda kositra i nadopuni sa otopinom nitratne kiseline 1,4 M .
- Otopina nitratne kiseline (HNO<sub>3</sub>) 1,4 M
- Otopina matrix modifiera ; paladij matrix modifier 0,05%(m/v) i magnezijev nitrat - heksahidrat 0,03% (m/v)

### **POSTUPAK:**

Priprema instrumenta se odvija prema uputama proizvođača. Prije uključivanja instrumenta odabire se odgovarajuća lampa. EDL - lampu za kositar potrebno je uključiti oko 30 min ranije kako bi se zagrijala. Podesi se odgovarajuća valna duljina i otvor slita, zatim se podešava odgovarajuća smjesa plinova za sagorijevanje, te se tako postiže temperatura.

Kroz plastičnu se cjevčicu aspirira najprije bidestilirana voda, pri čemu se podešava nulti položaj na instrumentu. Nakon toga se aspiriraju otopine radnog standarda poznatih koncentracija, očitava se njihova apsorbancija i na temelju tih podataka računalo crta dijagram. Nakon toga se aspiriraju otopine pripremljenih uzoraka, čiju apsorbanciju računalo bilježi i određuje koncentraciju analita prema prethodno načinjenom dijagramu.

### **UVJETI NA APARATU:**

- Kositar
- Lampa: EDL kositra
- Background korekcija: Zeeman korekcija
- Valna duljina: 286,3 nm
- Slit: 0,7

Autosamplerom se u grafitnu kivetu GF - AAS-a injektira 20ml uzorka uz dodatak 10ml otopine matrix modifier-a. Uzorak prolazi predviđeni temperaturni program (Furnace program), te na osnovu ulaznih podataka o uzorku, software instrumenta ispisuje koncentraciju kositra u uzorku.

### ***IZRAČUN:***

Sadržaj kositra računa se prema kalibracionoj krivulji. Vrijednost koncentracije u svezi je sa apsorbancijom otopine uzorka. Ukoliko je karakteristika aparata pretvorba apsorbancije u koncentraciju moguće je automatski očitati koncentraciju kositra u otopini.

### **8.2.2. Određivanje sadržaja olova AAS metodom**

Sadržaj olova: količina olova određena u skladu sa uvjetima navedenim u ovoj metodi i izražena kao olovo (Pb), u miligramima po kilogramu uzorka.

### ***APARATURA I PRIBOR:***

- Analitička vaga s točnošću od  $\pm 0,01$ g je instrument koji se koristi za precizno određivanje mase tvari. Ova vrsta vage je izrazito osjetljiva i visokih troškova, a točnost njezinih mjerenja ključna je za postizanje preciznih rezultata analize. Bez obzira na korištenu analitičku metodu, upotreba vage je neizbježna jer je uvijek potrebno precizno odvagnuti uzorak za analizu i odmjeriti potrebne količine reagensa za pripremu otopina.
- Automatske pipete sa tipsevima od 5000  $\mu$ L - koriste se za precizno doziranje više alikvota istog volumena. Ove automatske pipete, koje su također poznate kao dozatori, osim za prijenos više alikvota, često uključuju dodatne funkcionalnosti poput miješanja i titriranja. Zahvaljujući inovativnoj metodi beskontaktnog doziranja, nije potrebno dodirivati posude tijekom postupka, što ubrzava proces rada i osigurava iznimno točne i precizne rezultate.
- Atomiški apsorpcioni spektrofotometar "AAAnalyst 600" - grafitna tehnika - potpuno je integrirani stacionarni atomski apsorpcijski spektrometar koji uključuje sve komponente spektrometra i raspršivača u jednom instrumentu. Služi za određivanje tragova anorganskih elemenata u hrani, u ovom slučaju olova.

- EDL lampa za kositar - izvor zračenja u atomskoj apsorpcijskoj spektrometriji sastoji se od hermetički zatvorene staklene cijevi koja sadrži volframsku anodu i cilindričnu katodu, a unutar nje ispunjena je inertnim plinom, obično argonom, pri niskom tlaku, obično između 100 i 600 Pa. Katoda je izrađena od materijala koji se analizira, što ovu metodu čini izuzetno selektivnom. U ovom slučaju se radi o lampi od olova, jer ispituje tu vrstu metala. Uvodi se da bi se dobio jači izvor svjetlosti jačeg intenziteta od plamena, a samim time se povećava osjetljivost metode.
- Odmjerne tikvice od 25,50 i 100ml - koriste se za precizno mjerenje određene količine uzoraka potrebne za ispitivanje. Pomoću odmjernih tikvicama dobiju se točne količine uzoraka koje su potrebne za analizu.

### **REAGENSI:**

- Svi reagensi moraju biti "supra pur" čistoće, a voda bidestilirana ili ekvivalentne čistoće, dok standardi i uzorci moraju biti svježe pripremljeni
- Otopina nitratne kiseline (HNO<sub>3</sub>) 1,4 M
- Standardna otopina olova 1,000 g/L (upotrebljava se već pripremljen standard od proizvođača kemikalija)
- Otopina standarda olova 10 mg/L – u tikvicu od 50ml uzima se 500μL osnovne standardne otopine olova i nadopuni sa otopinom nitratne kiseline 1,4 M
- Otopina standarda olova 0,020 mg/L – u tikvicu obujma 50 mL uzima se 100μL otopine standarda olova 10 mg/L, i nadopuni sa otopinom nitratne kiseline 1,4 M
- Otopina matrix modifiera ; amonij - dihidrogenfosfat 0,5%(m/v) i magnezijev nitrat - heksahidrat 0,03% (m/v)

### ***POSTUPAK:***

Pripremi se instrument prema uputama proizvođača; provjeri je li instalirana lampa ispravno uključena i je li grafitna kiveta u dobrom stanju. Provjeri iglu autosamplera i unašanje uzorka. Prije mjerenja lampa se mora zagrijavati 30 minuta. Podesi se odgovarajuća valna duljina i otvor slita, zatim se podešava odgovarajuća smjesa plinova za sagorijevanje, te se tako postiže temperatura. Kroz plastičnu se cjevčicu aspirira najprije bidestilirana voda, pri čemu se podešava nulti položaj na instrumentu. Nakon toga se aspiriraju otopine radnog standarda poznatih koncentracija, očitava se njihova apsorbancija i na temelju tih podataka računalo crta dijagram. Nakon toga se aspiriraju otopine pripremljenih uzoraka, čiju apsorbanciju računalo bilježi i određuje koncentraciju analita prema prethodno načinjenom dijagramu.

### ***UVJETI NA APARATU:***

- Olovo
- Lampa: EDL za olovo
- Background korekcija: Zeeman korekcija
- Valna duljina: 283,3 nm
- Slit: 0,7

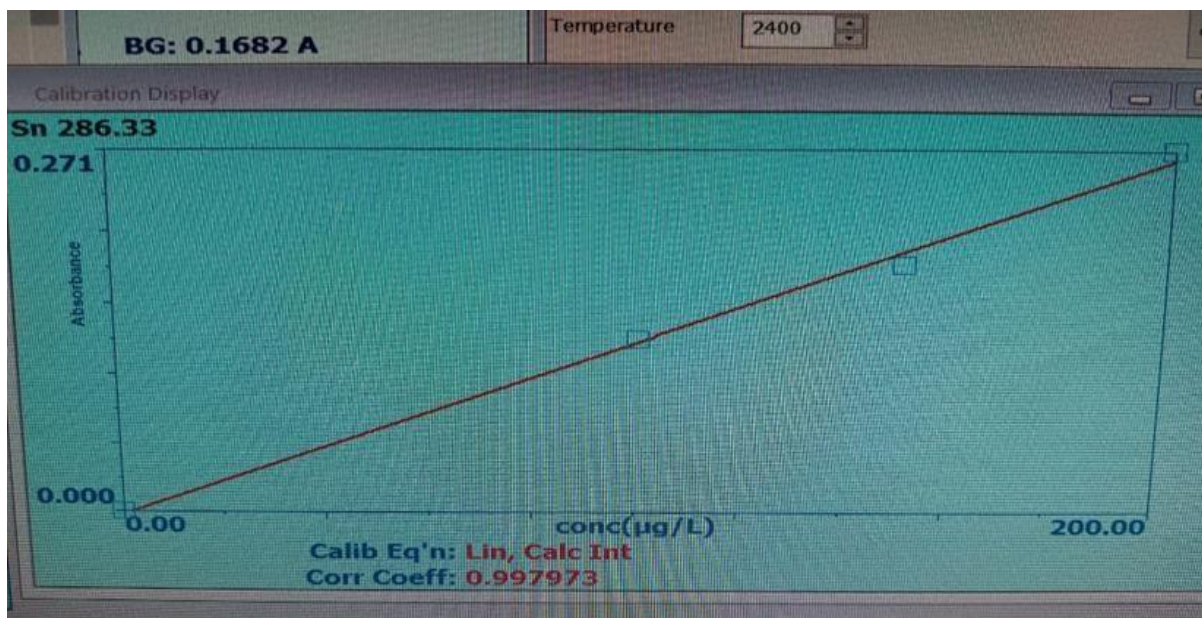
Autosamplerom se u grafitnu kivetu GF –AAS-a injektira 20ml uzorka uz dodatak 10ml otopine matrix modifier-a. Uzorak prolazi predviđeni temperaturni program (Furnace program), te na osnovu ulaznih podataka o uzorku, software instrumenta ispisuje koncentraciju olova u uzorku.

### ***IZRAČUN:***

Sadržaj kositra računa se prema kalibracionoj krivulji. Vrijednost koncentracije u svezi je sa apsorbancijom otopine uzorka. Ukoliko je karakteristika aparata pretvorba apsorbancije u koncentraciju moguće je automatski očitati koncentraciju kositra u otopini.

### 8.3. Rezultati istraživanja

Na slici br. 19 je prikazana kalibracijska krivulja za kositar i rezultat analize sadržaja kositra u model otopini. Za model otopinu koristila se 3%-tna octena kiselina, jer uobičajeni sadržaj limenki sa hranom ima sličan pH, a to je pH kiselo.



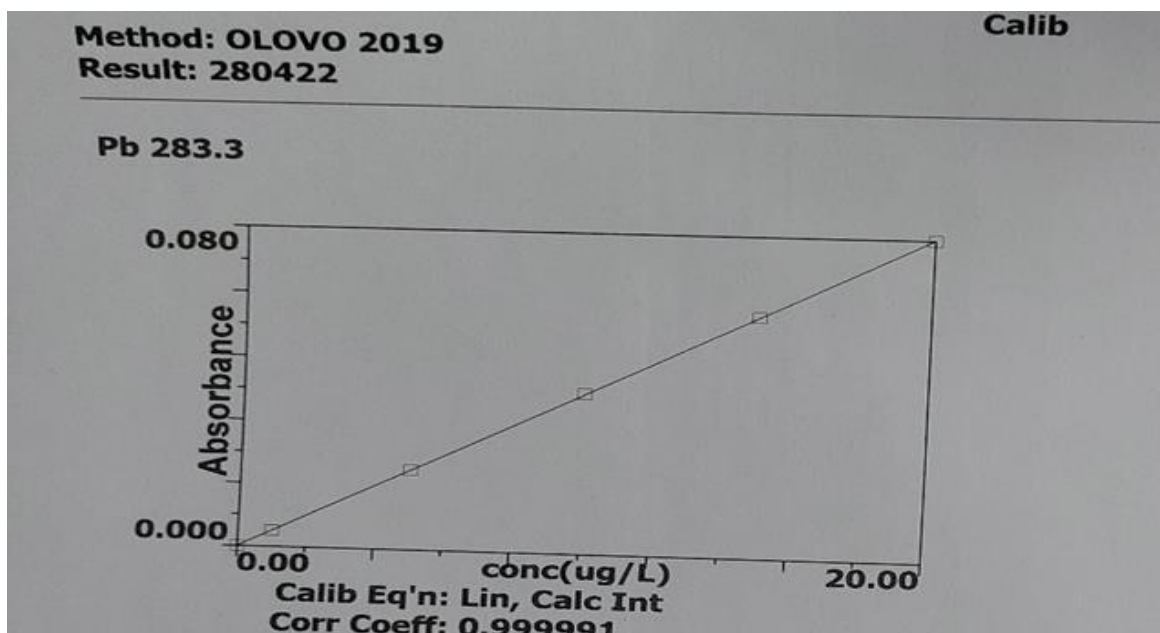
Slika br. 19 - Kalibracijska krivulja za kositar

Izmjeren je sadržaj kositra u model otopini (3% octena kiselina koja je stajala u limenci 24 sata na sobnoj temperaturi) koji je prikazan na slici br. 20. U model otopini izmjeren je sadržaj kositra od 0,005mg/kg što je puno manje od najveće dopuštene količine kositra za hranu u limenoj ambalaži, za koju je gornja granica 200 mg/kg.

Seq. No.	AS Loc.	Date:				
19	22	4/27/2022				
Sample ID:	model otopina 3% octena k					
Analyte	Corr. Absorbance	Conc (Calib)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD: Time
Sn 286.33						
	0.0051	5.253	µg/L	0.005	mg/kg	11:41:02AM
	0.0033	3.906	µg/L	0.004	mg/kg	11:43:55AM
Mean:	0.0042	4.579	0.9525 µg/L	0.005	0.0010mg/kg	20.7992

Slika br. 20 - Sadržaj kositra u model otopini

Na slici br. 21 je prikazana kalibracijska krivulja za olovo i rezultat analize sadržaja kositra u model otopini. Za model otopinu koristila se 3%-tna octena kiselina, jer uobičajeni sadržaj limenki sa hranom ima sličan pH, a to je pH kiselo.



Slika br. 21 - Kalibracijska krivulja za olovo

Izmjeren je sadržaj olova u model otopini (3% octena kiselina, stajanje u limenci kroz 24 sata na sobnoj temperaturi) koji je prikazan na slici br. 22. U model otopini izmjenjen je sadržaj olova od 0,002mg/kg što je puno manje od najveće dopuštene količine olova za hranu u limenoj ambalaži, za koju je gornja granica 0,5 mg/kg.

```

Analysis Begun
Logged In Analyst: Podravka           Technique: AA Furnace
Spectrometer: PinAAcle 900Z, S/N PZAS19061301   Autosampler: AS 900

Sample Information File: C:\Users\Public\PerkinElmer Syngistix\AA\Data\Sample Information\2022\
travanj\270422Sn.sifx
Batch ID:
Results Data Set: 280422
Results Library: C:\Users\Public\PerkinElmer Syngistix\AA\Data\Results\Results.mdb

=====
Sequence No.: 1
Sample ID: model otopina 3% octena k           Autosampler Location: 22
Analyst:                                       Date Collected: 4/28/2022 9:58:46 AM
µL dispensed: 10 from 142, 20 from 22        Data Type: Original

=====
Replicate Data: model otopina 3% octena k     Analyte: Pb 283.3
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Peak  Peak  Bkgnd  Bkgnd  Time  Peak
#      mg/kg      ug/L      Signal  Area  Height Area  Height Height  Stored
1      0.001      0.524    0.0022   0.0023 0.0107 -0.0678 0.0019 9:59:38 AM  Yes
2      0.001      1.102    0.0045   0.0046 0.0135 -0.0678 0.0031 10:02:35 AM  Yes
Mean: 0.001      0.813    0.0034
SD:    0.0004      0.4088    0.0016
%RSD: 50.27%     50.27%    48.41%

```

Slika br. 22 - Sadržaj olova u model otopini

## 9. ZAKLJUČAK

Ambalaža je svaki proizvod, bez obzira od kojeg materijala je izrađena, a služi za pakiranje, držanje, rukovanje ili predstavljanje proizvoda. Ambalaža je bilo koji materijal koji služi za izradu cijele ili samo nekog dijela ambalaže, a naziva se ambalažni materijal. Povećanjem populacije dolazi do sve veće potražnje za hranom, sigurnost hrane postala je glavna javnozdravstvena briga u smislu ljudskog zdravlja i zaštite potrošača. Ambalaža je zbog njezine višestruke uloge podjela na primarnu, sekundarnu i tercijarnu.

Vrlo važni čimbenici ambalaže jesu njezine funkcije prema kojima definiramo ambalažu. Bez obzira na broj i naziv funkcija koje su autori prepoznali u ambalaži, sve te funkcije imaju svoj jedinstveni značaj i međusobnu povezanost. Prva funkcija ambalaže je zaštitna funkcija, pri čemu se štiti sadržaj, tj. upakirani proizvod. Zaštitna funkcija ambalaže u osnovi uključuje zaštitu sadržaja od utjecaja okoline i obrnuto. Druga funkcija ambalaže je mehaničko fizikalna zaštita koja štiti proizvod od mehaničke nečistoće kao što su prašina, pijesak i slično, a mogu narušiti kvalitetu namirnice, pri čemu se dovodi u pitanje prodaja tj. upotreba iste. Ambalaža je jedina mogućnost koja može pružiti zaštitu proizvoda od mehaničkih nečistoća, a pri tome biti adekvatno zatvorena. Sama ambalaža također štiti proizvod od insekata kao što su leptiri, moljci, muhe, mravci, pčele i sl. Treća funkcija je zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja kisika. Kad je riječ o djelovanju kisika postoje namirnice kojima prisutnost kisika ne smeta, ali i postoje namirnice koje ne podnose prisustvo kisika jer izaziva nepoželjne kemijske reakcije, tj. dolazi do oksidacije, tada se kisik eliminira dodavanjem antioksidansa, pakira se u vakuumi ili modificiranoj atmosferi. Sljedeća funkcija je zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja vlage. Ambalažni materijali kod djelovanja vlage mogu u potpunosti promijeniti svoja svojstva i time dolazi do raspadanja. U takve ambalažne materijale možemo uvrstiti papir, karton, drvo i tekstil. Svi ostali ambalažni materijali su otporni od takvih oštećenja, a tu se ubraja staklo, ambalažni materijali od metala, polimerni materijali, kao i kombinirani ambalažni materijali samo ako vanjski sloj ne predstavlja papir ili karton. Kod zaštitne funkcije ambalaže od djelovanja elektromagnetskog zračenja važno je naglasiti da je oksidacija hrane izazvana UV zračenjem i važan je čimbenik odgovoran za kvarenje hrane. Stoga je kod pakiranja važna UV zaštita. Zaštitna funkcija ambalaže od djelovanja mikroorganizama i vanjskih utjecaja posebno je važna kod ambalažnih materijala koji dolaze u direktan kontakt sa hranom. Mikroorganizmi koji stvaraju najviše problema za ambalažu i prehrambene proizvoda nalaze se u obliku plijesni, kvasca i bakterija. Skladišno-transportna funkcija ambalaže definira ambalažne materijale kao vrlo potrebne za proizvodnju, prijevoz i

pohranu proizvoda na različitim lokacijama prije i nakon upotrebe. Tijekom ovih faza, ambalaža ima ulogu zaštite proizvoda. Svrha prodajne funkcije odnosi se na povećanje opsega prodaje i olakšavanje samog postupka prodaje. Da bi se povećala prodaja pomoću ambalaže važno je pridobiti pažnju potencijalnog kupca. Uporabnoj funkciji ambalaže prethodi otvaranje ambalaže i ono mora biti jednostavno, sigurno, praktično za rukovanje bez rizika za korisnika. Uporabna funkcija ambalaže trebala bi omogućiti njezino ponovno korištenje, kao što je slučaj s povratnom ambalažom. Posljednja funkcija ambalaže je zaštita od krivotvorenja i zloupotrebe proizvoda. Ambalaža treba biti zaštićena od mogućnosti krivotvorenja ili zloupotrebe i pritom jamčiti ispravnost i originalnost proizvoda. Često se koriste različiti zaštitni elementi kao što su RFID čipovi, nečitljivi rasteri, Brailleovo pismo, UV-vidljivi lakovi i hologrami. Ambalaža se dijeli prema vrsti materijala na polimernu, papirnatu i kartonsku, staklenu, metalnu, višeslojnu i tekstilnu ambalažu. Odabir odgovarajućeg materijala za ambalažu ovisi o specifičnim karakteristikama hrane, uvjetima skladištenja, transporta i distribucije, te zahtijeva pažljivo razmatranje za svaki pojedinačni slučaj. Pravilan izbor ambalažnog materijala i načina pakiranja ključan je za očuvanje zdravstvene ispravnosti i nutritivne vrijednosti.

Iz priče o teškim metalima sasvim je jasno da smo na neki način stalno izloženi djelovanju različitih faktora zagađenja. Prekomjerne razine uzrokuju značajna oštećenja svakog organa u tijelu i mogu pokazati neurološke nedostatke, respiratorne poremećaje, karcinogenost, GI opstrukciju, osteoporozu itd. svijet. U Republici Hrvatskoj se kao teški metali definiraju elementi s gustoćom iznad  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Teški metali koliko su važni i neophodni za prirodu i čovjeka jednako toliko mogu imati i vrlo štetan učinak.

Kvaliteta proizvoda odnosi se na ukupna svojstva i karakteristike proizvoda koji čine da ispunjava očekivanja i potrebe kupaca. Ovi atributi kvalitete hrane uključuju izgled koji treba odgovarati standardu proizvoda (uključujući veličinu, oblik, boju, sjaj i konzistenciju), tekstura, okus, nutritivni sadržaj, zdravstvenu ispravnost i mikrobiološku čistoću. Zaštita hrane na putu od izvora do potrošača ne smije se prepuštati slučaju. Prvi zahtjev vezan za ambalažu jest da se ni u kojem pogledu ne dovodi u opasnost zdravlje potrošača, jer je njihova sigurnost na prvom mjestu. To je posebno važno za ambalažu koja dolazi u neposredan kontakt s hranom. Danas je rijetkost pronaći ambalažu koja je potpuno inertna ili predmet koji ne dolazi u direktan kontakt s hranom. Dobro je poznato da kisela sredina može uzrokovati koroziju metalne ambalaže, kao i predmeta koji se koriste u industriji hrane. Zbog toga se limena ambalaža često dodatno štiti slojem kositra radi osiguranja i očuvanja proizvoda. Kositar često migrira iz ambalaže u hranu, osobito kada je riječ o konzervama i proizvodima koji su pakirani u limene konzerve bez



unutarnje zaštite. Visoka kvaliteta proizvoda ključna je za uspjeh na tržištu, jer zadovoljavajući proizvodi poboljšavaju zadovoljstvo kupaca, potiču vjernost kupaca i omogućuju konkurentske prednosti. Sigurnost proizvoda je iznimno važna.

Kod praktičnog dijela za određivanje kositra i olova u limenoj ambalaži korištena je atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS). Primjenjivala se uređajem pod nazivom PinAAcle 900Z - GFAAS (grafitna kiveta) sa Zeeman korekcijom firme Perkin- Elmer. Atomska apsorpcijska spektrofotometrija (AAS) je važna analitička tehnika koja se koristi za određivanje koncentracije elemenata u uzorku, a temelji na apsorpciji zračenja od strane slobodnih atoma u plinovitom stanju. Metoda se primjenjivala za dokazivanje tragova teških metala u analizi hrane. Atomska spektroskopija se temelji na apsorpciji svjetlosti od strane slobodnih disociranih atoma. Atom najprije apsorbira svjetlost one valne duljine čija je energija ekvivalentna energiji potrebnoj da valentni elektroni u tom atomu prijeđu na više energetske nivoe. Kada je atom u osnovnom stanju izložen izvoru zračenja energije, on prima tu energiju i prelazi u pobuđeno stanje što predstavlja apsorpciju. Kada atom u pobuđenom stanju otpusti energiju on se vraća u osnovno stanje, odnosno on emitira (oslobađa) energiju. Atom se u takvom pobuđenom stanju zadržava vrlo kratko, te prilikom povratka elektrona u osnovno stanje, atom emitira određeni kvant energije odnosno svjetlost određene valne duljine.

Za praćenje migracije kositra i olova koristila se 3% octena kiselina zbog toga jer je to uobičajeni sadržaj limenke sa hranom, te ima sličan pH, a to je pH kiselo. Najvažniji izvor kontaminacije namirnica kositrom je njihovo konzerviranje u čeličnim limenkama koje su presvučene kositrom, što je dopušteno u određenim količinama jer kositar štiti čelik od korozije i eventualne perforacije limenke. Dobiveni rezultati su ukazali da su svi uzorci unutar propisanih maksimalno dozvoljenih količina kositra i olova (MDK), da su uzorci zdravstveno ispravni, te da se njihovim konzumiranjem ne bi dovelo ugrožavanje zdravlja potrošača.

## 10.LITERATURA

- [1] Renata Tomerlin, , Razvoj, trendovi i zbrinjavanje - ambalaža prehrambenih proizvoda, PP prezentacija, Razvoj ambalaže, Podravka d.d., Koprivnica 2014. godine
- [2] <https://www.foambubble.com/4-core-functions-of-packaging>, pristup: 06.06.2023.
- [3] [https://www.tis-gdv.de/tis\\_e/verpack/funktion/funktion-htm/](https://www.tis-gdv.de/tis_e/verpack/funktion/funktion-htm/), pristup: 06.06.2023.
- [4] Ivan Vujković, Kata Galić, Martin Vereš, Ambalaža za pakiranje namirnica, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tectus, Zagreb, 2007. godine
- [5] Anamarija Jozić Srdarević, Ambalaža u prehrambenoj industriji, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet Zagreb, Smjer: Tehničko - tehnološki, Zagreb 2019. godine
- [6] Martina Sačić Uranić, Zaštitni zadaci ambalaže, Završni rad, Sveučilište Sjever, Odjel za ambalažu, Koprivnica, srpanj 2019. godine
- [7] <https://kingfisherpackaging.com/the-four-main-functions-of-packaging/>, pristup: 06.06.2023.
- [8] <https://agropak.hr/sto-je-ambalaza-i-koja-je-njena-funkcija/>, pristup: 08.06.2023.
- [9] <https://marketinglord.blogspot.com/2012/06/functions-of-packaging.html>, pristup: 09.06.2023.
- [10] <https://www.economicdiscussion.net/marketing-management/functions-of-packaging/33646>, pristup: 09.06.2023.
- [11] Monika Crndić, Redizajn ambalaže Krašovih keksa "Sport", Završni rad, Sveučilište Sjever, Odjel za ambalažu, Koprivnica, srpanj 2020. godine
- [12] Denis Jurečić , Evaluacija elemenata vizualne informacije na grafičkoj opremi ambalaže, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin 2004. godine
- [13] Hrvoje Marković, Uloga ambalaže u distribuciji proizvoda, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet Zagreb, Smjer: Tehničko - tehnološki, Zagreb 2018. godine
- [14] Dora Šepić, Ambalažiranje i pakiranje u funkciji distribucije roba u kopnenom prometu, Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2020. godine

- [15] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128168080000160>, pristup: 17.07.2023.
- [16] Dario Petrić, Damir Vusić, Robert Geček, Kartoni: Od proizvodnje do konačne primjene, Tehnički glasnik br. 6, 2, 2012. godine, str. 219-227
- [17] Ana Tomurad, Projektiranje, dizajn i proizvodnja papirnate ambalaže, Diplomski rad, Sveučilište Sjever, Odjel za ambalažu, Koprivnica, listopad 2022. godine
- [18] <https://www.cyymc.com/the-importance-of-food-paper-packaging-material-safety/>, pristup: 24.07.2023.
- [19] Research Triangle Institute, Toxicological profile for chlorinated dibenzo-p-dioxins, Atlanta, Georgia, 1998.
- [20] W. Vogel, Kemija stakla, Zagreb, 1985.
- [21] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925523001610>, pristup: 27.07.2023.
- [22] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=57714>, pristup: 14.08.2023.
- [23] Šćedrov O., Muratti Z., Pakiranje, ambalaža i zaštita okoliša, Stručni rad, sigurnost 50 (3), 2008. godine, str. 287- 97
- [24] Emanuel Laginja, Simulacija ispitivanja materijala za izradu ambalaže, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2015.
- [25] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7270472/>, pristup: 14.08.2023.
- [26] <https://phase1prototypes.com/know-using-metal-packaging/>, pristup: 15.08.2023.
- [27] Darija Glavašević Arbutina, Teški metali u organizmu, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Osijek, 2020. godine
- [28] Mr.sc. Marijan Katalenić, Limenke kroz stoljeća, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Rockefellerova 7, Zagreb, 2004. godine, str. 12-15
- [29] Pravilnik, članak 7. stavka 1., Zakon o predmetima opće uporabe, Izdanje: NN 125/2009, Broj dokumenta u izdanju: 3092, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi

- [30] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005140>, pristup: 16.08.2023.
- [31] Nina Maslić, Nečistoća u ambalažnom otpadu, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin, 2022. godine
- [32] <https://packagingdepotmanila.com/blogs/news/different-materials-used-in-flexible-packaging-1>, pristup: 20.08.2023.
- [33] <https://www.pashudhanpraharee.com/tetra-pak-a-wonderful-invention-for-milk-milk-product-packaging-and-innovation-in-packaging-technology/>, pristup: 20.08.2023.
- [34] <https://textilelearner.net/packaging-textiles/>, pristup: 28.08.2023.
- [35] <https://www.ittaindia.org/?q=packtech>, pristup: 28.08.2023.
- [36] Nacionalni provedbeni propis, Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u neposredan dodir s hranom, NN br. 125/2009 i 31/2011, članak 123. i 124. stavka 6., Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi
- [37] [https://www.xenospack.gr/en/food-packaging/?gclid=CjwKCAjw5\\_GmBhBIEiwA5QSMxLsdMPjdZTAXxI1KRUbeQJqwJwObZz0IF\\_r8b2tj5DSd5mlPKFHxYhoC6QQQAvD\\_BwE](https://www.xenospack.gr/en/food-packaging/?gclid=CjwKCAjw5_GmBhBIEiwA5QSMxLsdMPjdZTAXxI1KRUbeQJqwJwObZz0IF_r8b2tj5DSd5mlPKFHxYhoC6QQQAvD_BwE), pristup: 24.07.2023
- [38] <https://www.futurelearn.com/info/courses/an-introduction-to-food-science/0/steps/160685>, pristup: 29.08.2023
- [39] [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/food-fraud-quality/topic/food-quality\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/food-fraud-quality/topic/food-quality_en), pristup: 30.08.2023
- [40] <https://foodmicrobiology.academy/2020/01/19/food-safety-versus-food-quality-and-expiry-dates/>, pristup: 30.08.2023
- [41] Benjamin Muhamedbegović, Nis V. Juul, Mudhad Jašić, Ambalaža i pakiranje hrane, Univerzitet u Tuzli, Tuzla 2015. godine
- [42] Nataša Stipanelov Vrandečić, Ambalaža, Sveučilišna skripta, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split 2021. godine

[43] <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/zdravstvena-ispravnost-hrane/>, pristup: 01.09.2023.

[44] Pravilnik, članak 15. stavka 2. podstavka 3., Zakona o hrani, Izdanje: NN 154/2008, Broj dokumenta u izdanju: 4198, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi

[45] Lea Iličić, Diplomski rad, Priprava, karakterizacija i primjena ekstrakata ružmarina (*Rosmarinus officinalis*) na inhibiranje korozije kositra, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2017.

[46] Jelena Miličević, Diplomski rad, Validacija metode određivanja bakra plamenom atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijom, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Osijek, 2005.

[47] Jelena Miličević, Diplomski rad, Atomska apsorpcijska spektrometrija, instrumentacija i razvoj metode, Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Osijek, 2019.

## POPIS SLIKA S IZVOROM:

Slika br. 1- Slika br. 1- Primjer prodajne, skupne i transportne ambalaže, Izvor: Tajana Antonina, Ambalaža i pakiranje pčelinjih proizvoda, Završni rad, Odjel za Multimediju, oblikovanje i primjenu, Sveučilište Sjever, Varaždin, studeni 2016. godine

Slika br. 2 - Zaštita proizvoda od djelovanja kisika vakuumom, Izvor:

[https://www.aliexpress.com/item/33055687857.html?pdp\\_npi=3%40dis%21USD%2124.50%2115.92%21%21%21%21%21%21%40211675cf16915830673723027e10fc%2167455782125%21affd%21%21&dp=540562-](https://www.aliexpress.com/item/33055687857.html?pdp_npi=3%40dis%21USD%2124.50%2115.92%21%21%21%21%21%21%40211675cf16915830673723027e10fc%2167455782125%21affd%21%21&dp=540562-)

[191409.77458817&aff\\_fcid=17d636acd74e47e287e7a5b4d75e555d-1691583067864-](191409.77458817&aff_fcid=17d636acd74e47e287e7a5b4d75e555d-1691583067864-)

[07471&aff\\_fsk&aff\\_platform=api-new-product-](07471&aff_fsk&aff_platform=api-new-product-)

[detail&sk&aff\\_trace\\_key=17d636acd74e47e287e7a5b4d75e555d-1691583067864-](detail&sk&aff_trace_key=17d636acd74e47e287e7a5b4d75e555d-1691583067864-)

[07471&terminal\\_id=737120a511254af98400bae75344e283&afSmartRedirect=y](07471&terminal_id=737120a511254af98400bae75344e283&afSmartRedirect=y), preuzeto

06.06.2023.

Slika br. 3 - Prikaz mikroorganizama na hrani, Izvor: <https://animals-online.be/food-spoilage/>, preuzeto: 07.06.2023.

Slika br. 4 - Zadaće prodajne funkcije ambalaže, Izvor: Marina Plazibat, Ambalaža poljoprivredno prehrambenih proizvoda kao dio marketing strategije, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2020.

Slika br. 5 - Očekivanja uporabne funkcije ambalaže, Izvor: Zadaće prodajne funkcije: Marina Plazibat, Ambalaža poljoprivredno prehrambenih proizvoda kao dio marketing strategije, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2020 godine

Slika br. 6 - Prikaz zaštitnog holograma preuzeto, Izvor: <https://hologram->

<production.com/circular-golden-holographic-seal-with-a-protect-and-a-diameter-of-11-mm> ,

preuzeto 09.06.2023.

Slika br. 7 - Simboli za plastičnu ambalažu, Izvor: <https://tehnika.lzmk.hr/plastika/> , preuzeto

17.07.2023.

Slika br. 8 - Papirnata ambalaža, Izvor: <https://vvtrade4you.hr/>, preuzeto 17.07.2023.

Slika br. 9 - Staklena ambalaža, Izvor: <https://www.wiegand-glas.de/en/glass>, preuzeto

17.07.2023.

Slika br. 10 - Metalna ambalaža, Izvor: Emanuel Laginja, Simulacija ispitivanja materijala za izradu ambalaže, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2015.

Slika br. 11 - Višeslojna ambalaža, Izvor: Nina Maslić, Nečistoća u ambalažnom otpadu, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin, 2022.

Slika br. 12 – Jutene vreće, Izvor: <https://www.ludlowjute.com/products/jute-sacking-bags/>, preuzeto 28.08.2023.

Slika br. 13 – Interakcija hrane i ambalaže od bijelog lima kroz pore u zaštitnoj prevlaci, Izvor: Nataša Stipanelov Vrandečić, Ambalaža, Sveučilišna skripta, Učbenici Sveučilišta u Splitu, Split 2021. godine

Slika br. 14 - PinAAcle 900Z – GFAAS (Super-lab), Izvor: <https://www.perkinelmer.com/product/pinaacle-900z-atomic-absorption-spectrometer-pinaacle900z>, preuzeto 06.06.2023.

Slika br. 15 - AAnalyst 400 -FAAS (Super-lab), Izvor: [https://resources.perkinelmer.com/corporate/cmsresources/images/44-74775spc\\_aanalyst400.pdf](https://resources.perkinelmer.com/corporate/cmsresources/images/44-74775spc_aanalyst400.pdf), preuzeto 06.06.2023.

Slika br. 16 - Direct Mercury Analyzer (Super-lab), Izvor: <https://www.milestonesrl.com/products/mercury-determination/dma-80-evo> , preuzeto 06.06.2023.

Slika br. 17 - Atomski apsorpcijski spektrofotometar PinAAcle 900Z – GFAAS, Izvor: Vlastita sika

Slika br. 18 - Shema osnovnih dijelova atomskog apsorpcijskog spektrometra, Izvor: Jelena Miličević, Diplomski rad, Validacija metode određivanja bakra plamenom atomskom apsprpcijskom spektrofotometrijom, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Osijek, 2005.

Slika br. 19 - Kalibracijska krivulja za kositar, Izvor: Vlastita sika

Slika br. 20 - Sadržaj kositra u model otopini, Izvor: Vlastita sika

Slika br. 21 - Kalibracijska krivulja za olovo, Izvor: Vlastita sika

Slika br. 22 - Sadržaj olova u model otopini, Izvor: Vlastita sika

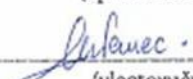


#### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ia Martina Nemeč (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog/diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Hiteoj ambuložnih materijala na kvadratu prizvoda (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

  
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.



675 matches from 151 sources, of which 77 are online sources.

PlagLevel: **9.5%**

- [0] (31 matches, **1.9%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:3074/datastream/PDF/download  
(+ 2 documents with identical matches)
- [3] (20 matches, **1.1%**) from eprints.grf.unizg.hr/3102/1/Z989\_Jozić\_Srdarević\_Anamarija.pdf
- [4] (15 matches, **1.2%**) from repozitorij.ktf-split.hr/islandora/object/ktfst:642/datastream/PDF/view
- [5] (20 matches, **1.0%**) from vdocument.in/ambalaza-predavanja.html
- [6] (13 matches, **0.9%**) from dokumen.tips/documents/atomska-apsorpcijska-spektrometrija-instrumentacija-i-.html
- [7] (9 matches, **0.7%**) from repozitorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos:398/datastream/PDF/view  
(+ 5 documents with identical matches)
- [13] (11 matches, **0.7%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:2498/datastream/PDF/view
- [14] (9 matches, **0.5%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ktfst:1075/datastream/PDF/download
- [15] (8 matches, **0.5%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-07-04  
(+ 8 documents with identical matches)
- [24] (7 matches, **0.5%**) from dokumen.tips/documents/metal-kao-materijal-za-ambalazu.html
- [25] (5 matches, **0.6%**) from core.ac.uk/download/pdf/232128446.pdf  
(+ 2 documents with identical matches)
- [28] (7 matches, **0.5%**) from vdocuments.mx/razvoj-trendovi-i-zbrinjavanje...aza-uvod-prakticno-sve-sto-kupujemo.html
- [29] (7 matches, **0.5%**) from dokumen.tips/documents/ambalaa-za-industriju-vina-.html
- [30] (9 matches, **0.5%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ptfos:928/datastream/PDF/view
- [31] (7 matches, **0.5%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-06-10  
(+ 3 documents with identical matches)
- [35] (5 matches, **0.4%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-06-10  
(+ 3 documents with identical matches)
- [39] (7 matches, **0.4%**) from vdocuments.mx/metalna-ambalaza-za-prehrambenu-industriju.html
- [40] (5 matches, **0.4%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-06-01
- [41] (5 matches, **0.4%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-05-26  
(+ 1 documents with identical matches)
- [43] (6 matches, **0.4%**) from dokumen.tips/documents/razvoj-trendovi-i-zbrinjavanje-ambalaa-.html
- [44] (3 matches, **0.3%**) from bib.irb.hr/datoteka/503084.Diplomski\_Darko\_Kerovec.doc
- [45] (7 matches, **0.4%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:3467/datastream/PDF/download
- [46] (4 matches, **0.3%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/simet:43/preview  
(+ 1 documents with identical matches)
- [48] (7 matches, **0.3%**) from narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009\_10\_125\_3093.html
- [49] (4 matches, **0.3%**) from arhiva.simet.hr/hr/nastava/predavanja/pr...je-proizvoda-i-ambalaze/at\_download/file
- [50] (4 matches, **0.3%**) from a PlagScan document of your organisation...iplomski rad.docx" dated 2021-10-07
- [51] (4 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation...iplomski rad.docx" dated 2021-10-07
- [52] (2 matches, **0.2%**) from www.scribd.com/document/603373218/teski-metali-u-organizmu
- [53] (4 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation...alom Bukovcu.docx" dated 2022-09-12
- [54] (5 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation "Diplomski.docx" dated 2021-06-12
- [55] (2 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation...prodaju piva.docx" dated 2020-05-06  
(+ 3 documents with identical matches)
- [59] (4 matches, **0.2%**) from www.scribd.com/document/46618164/ambalaza
- [60] (4 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation... konačno (00.docx" dated 2022-01-07
- [61] (3 matches, **0.2%**) from eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:02006R2023-20080417
- [62] (3 matches, **0.2%**) from narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2003\_07\_117\_1633.html  
(+ 1 documents with identical matches)
- [64] (3 matches, **0.2%**) from eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32006R2023
- [65] (4 matches, **0.2%**) from repozitorij.unin.hr/en/islandora/object/unin:4288/datastream/PDF/view
- [66] (3 matches, **0.2%**) from eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX:32006R2023  
(+ 1 documents with identical matches)
- [68] (4 matches, **0.2%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:4288/datastream/PDF/view
- [69] (2 matches, **0.2%**) from agropak.hr/sto-je-ambalaza-i-koja-je-njena-funkcija/
- [70] (4 matches, **0.2%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:1348/datastream/PDF  
(+ 1 documents with identical matches)
- [72] (3 matches, **0.2%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:755/datastream/PDF/view  
(+ 1 documents with identical matches)
- [74] (4 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ptfos:40/datastream/PDF/download

- (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [76] (2 matches, **0.1%**) from pdfslide.tips/documents/veleuilite-amark...inu-struni-studij-veleuilite-amarko.html
- ☑ [77] (3 matches, **0.2%**) from a PlagScan document of your organisation...ih proizvoda.docx" dated 2022-09-07
- ☑ [78] (4 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation "Diplomski.docx" dated 2021-04-30
  - (+ 4 documents with identical matches)
- ☑ [83] (3 matches, **0.2%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:5361/datastream/PDF/view
- ☑ [84] (1 matches, **0.1%**) from www.scribd.com/document/638484719/zemljiste-seminarski
- ☑ [85] (3 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2017-04-05 08:01
- ☑ [86] (2 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ptfos:612/preview
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [88] (3 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/pbf:3276/datastream/PDF/download
- ☑ [89] (1 matches, **0.1%**) from repozitorij.efzg.unizg.hr/islandora/object/efzg:6375/datastream/PDF/view
- ☑ [90] (3 matches, **0.1%**) from repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos:601/datastream/PDF/view
- ☑ [91] (3 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...mbalaže\_dipl.docx" dated 2021-03-19
- ☑ [92] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...s\_ver4\_17.07.docx" dated 2020-07-17
- ☑ [93] (1 matches, **0.1%**) from www.ambalaza.hr/hr/casopis/2013/6/metaln...riju-trendovi-i-odrzivost,337,11124.html
- ☑ [94] (3 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2023-06-07 20:09
- ☑ [95] (2 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/pfos:360/datastream/PDF/view
- ☑ [96] (2 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/pfos:1343/datastream/PDF/view
- ☑ [97] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation .... komentar1..docx" dated 2023-09-16
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [99] (3 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...odu i okoliš.docx" dated 2022-09-12
  - (+ 3 documents with identical matches)
- ☑ [103] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2022-05-17 10:56
- ☑ [104] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...rad\_review\_TM.doc" dated 2021-09-30
- ☑ [105] (3 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2017-04-05 08:31
- ☑ [106] (1 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:2477/datastream/PDF/download
- ☑ [107] (2 matches, **0.1%**) from repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos:1770
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [109] (2 matches, **0.1%**) from hrcak.srce.hr/file/297324
- ☑ [110] (2 matches, **0.1%**) from dokumen.tips/documents/izvedbene-znaajke-spektrofotometrijske-metode-odreivanja-.html
- ☑ [111] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...mbalaže\_dipl.docx" dated 2021-03-01
  - (+ 3 documents with identical matches)
- ☑ [115] (1 matches, **0.0%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:376/preview
- ☑ [116] (1 matches, **0.1%**) from dokumen.tips/documents/zdravstvena-ispra..znog-materijala-parametri-i-metode-.html
- ☑ [117] (2 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2020-09-10 15:17
- ☑ [118] (1 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ktfst:1165/datastream/PDF/download
- ☑ [119] (1 matches, **0.1%**) from vdocuments.mx/lim-samobor-doo-20-13-sva-prava-pridrzana.html
- ☑ [120] (1 matches, **0.1%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ktfst:1165/datastream/PDF/view
- ☑ [121] (1 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2017-04-06 09:37
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [123] (1 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2017-04-05 12:37
- ☑ [124] (1 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation...lomski 31.5 docx" dated 2023-05-31
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [126] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document of your organisation... - Ante Maleš.pdf" dated 2023-01-26
- ☑ [127] (1 matches, **0.1%**) from a PlagScan document of your organisation "dipl.docx" dated 2022-12-27
- ☑ [128] (1 matches, **0.1%**) from a PlagScan document dated 2020-01-12 20:45
- ☑ [129] (1 matches, **0.0%**) from www.scribd.com/presentation/598937819/Sp...opske-Analitičke-Metode-Prezentacija-i-1
- ☑ [130] (1 matches, **0.1%**) from www.scribd.com/doc/254281002/Kemijska-Analiza-Materijala-FSB
- ☑ [131] (1 matches, **0.0%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:1604/datastream/PDF/view
- ☑ [132] (1 matches, **0.1%**) from bib.irb.hr/datoteka/1120983.Knjiga\_2020\_2021\_final.pdf
- ☑ [133] (1 matches, **0.0%**) from zir.nsk.hr/en/islandora/object/vuka:1604/datastream/PDF/view
- ☑ [134] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document of your organisation...ara Trubelja.docx" dated 2023-03-27
- ☑ [135] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document of your organisation...cevec Mirna 3.pdf" dated 2021-12-10
- ☑ [136] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document of your organisation...rio Ravančić.docx" dated 2021-05-16
  - (+ 1 documents with identical matches)
- ☑ [138] (1 matches, **0.0%**) from bs.wikipedia.org/wiki/FAO
- ☑ [139] (1 matches, **0.1%**) from www.semanticscholar.org/paper/Atomska-ap..a044a24f66857a17ac662093cee2dfc7a727ceac
- ☑ [140] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document dated 2022-05-27 07:50
- ☑ [141] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document dated 2021-03-23 20:00
  - (+ 3 documents with identical matches)
- ☑ [145] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document dated 2020-09-26 15:56

(+ 2 documents with identical matches)

[148] (1 matches, **0.0%**) from a PlagScan document of your organisation...orat Jasenka.docx" dated 2020-01-19

[149] (1 matches, **0.0%**) from core.ac.uk/download/pdf/198058792.pdf

[150] (1 matches, **0.0%**) from zir.nsk.hr/islandora/object/ffos:1042/datastream/PDF/view

## Settings

Sensitivity: *Medium*

Bibliography: *Consider text*

Citation detection: *Reduce PlagLevel*

Whitelist: 1 - 143329406

## Analyzed document

=====1/71=====

Diplomski rad br. 56/ARZO/2023

UTJECAJ AMBALAŽNIH MATERIJALA NA

KVALITETU PROIZVODA

Martina Nemec, 0253032109

Koprivnica, rujan 2023 godine

=====2/71=====

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

Diplomski rad br. 56/ARZO/2023

UTJECAJ AMBALAŽNIH MATERIJALA NA

KVALITETU PROIZVODA

Student:

Martina Nemec, 0253032109

Mentor:

Prof.dr.sc. Božo Smoljan

Komentor:

Izv. prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek

Koprivnica, rujan 2023 godine