

# Analiza primarne ambalaže za alkoholna i bezalkoholna pića

---

Hibić-Burtina, Leonora

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:582006>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-10**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**ANALIZA PRIMARNE AMBALAŽE ZA ALKOHOLNA I**  
**BEZALKOHOLNA PIĆA**

**ZAVRŠNI RAD**

**LEONORA HIBIĆ BURTINA**

**Matični broj: 1399**

**Split, srpanj 2016.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**STRUČNI STUDIJ KEMIJSKA TEHNOLOGIJA**  
**SMJER PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

**ANALIZA PRIMARNE AMBALAŽE ZA ALKOHOLNA I**  
**BEZALKHOLNA PIĆA**

**ZAVRŠNI RAD**

**LEONORA HIBIĆ BURTNA**

**Matični broj: 1399**

**Split, srpanj 2016.**

**UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CHEMISTRY AND TEHNOLOGY  
PROFFESIONAL STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY  
ORIENTATION FOOD TEHNOLOGY**

**ANALYSIS OF PACKAGING FOR ALCOHOLIC AND NON-ALCOHOLIC  
BEVERAGES**

**BACHELOR THESIS**

**LEONORA HIBIĆ BURTINA**

**Parent number: 1399**

**Split, July 2016.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

### ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu

Stručni studij Kemijska tehnologija, smjer Prehrambena tehnologija

**Znanstveno područje:** Kemijsko inženjerstvo

**Znanstveno polje:** Kemijsko inženjerstvo u razvoju materijala

**Tema rada je prihvaćena na 4. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta**

**Mentor:** prof. dr. sc. Nataša Stipanelov Vrandečić

**Pomoć pri izradi:** dr. sc. Miče Jakić

### ANALIZA PRIMARNE AMBALAŽE ZA ALKOHOLNA I BEZALKHOLNA PIĆA

LEONORA HIBIĆ BURTINA, Br. indeksa 1399

U ovom radu analizirana je primarna ambalaža za alkoholna i bezalkoholna pića koja se najčešće pojavljuje u maloprodajnim trgovinama, mogućnost odvojenog odlaganja različitih ambalažnih materijala te su izvedeni zaključci o realizaciji ekološke funkcije ove vrste ambalaže.

Svim uzorcima ambalaže analizirane su dimenzije ambalažnog materijala. Vizualnim pregledom ambalaže utvrđeno je li je ambalaža označena međunarodno priznatim oznakama za identifikaciju materijala, odnosno kako je propisano Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu, a uzorci koji nisu bili označeni analizirani su IR spektroskopijom.

Iz provedenih analiza vidljivo je da se primarna ambalaža za alkoholna i bezalkoholna pića proizvodi u i to u obliku plastičnih i staklenih boca sa zatvaračem, limenkama, višeslojnim materijalima, kartonskim kutijama i vrećicama. Vizualnim pregledom ambalaže utvrđeno je da su posude i vrećice uglavnom označene kako je propisano Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu.

**Ključne riječi:** ambalaža, gospodarenje otpadom, alkoholna i bezalkoholna pića

**Rad sadrži:** 58 stranica, 33 slike, 10 tablica, 14 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

1. Izv. prof. dr. sc. Matko Erceg - predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović- član
3. Prof. dr. sc. Nataša Stipanelov Vrandečić - član-mentor

**Datum obrane:** 04. srpnja 2016.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Teslina 10 (Rudera Boškovića 35).**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

### BACHELOR THESIS

**University of Split**  
**Faculty of Chemistry and Technology**  
**Professional Study of Chemical Technology; Orientation of Food Tehnology**

**Scientific area:** Chemical Engineering  
**Scientific field:** Chemical Engineering in Materials Development  
**Thesis subject was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. 4.**  
**Mentor:** Nataša Stipanelov Vrandeči ,full professor, Ph.D.  
**Technical assistance:** Miće Jakić, Ph.D.

## ANALYSIS OF PACKAGING FOR ALCOHOLIC AND NON-ALCOHOLIC BEVERAGES

LEONORA HIBIĆ BURTINA, indeks number 1399

The aim of this work was to analyse the primary packaging for alcoholic and non-alcoholic beverages which are most often occurs in retail stores, the possibility of separate collection of different packaging materials and to give conclusions on the implementation of the ecological functions of this type of packaging.

The dimensions of packaging materials of all samples were analyzed. By visual inspection of the packaging it was found that most of the packaging is marked with internationally recognized codes to identify the material, as required by the Ordinance on packaging and packaging waste. The samples that were not marked, were analyzed by infrared spectroscopy.

From the analyses, it is evident that the primary packaging for alcoholic and non-alcoholic beverages is produced in the form of plastic and glass bottles with closure, canned, multilayer materials, cardboard boxes and bags. By visual inspection of the packaging it was found that the containers and bags are mostly labeled as prescribed by the Ordinance on packaging and packaging waste.

**Keywords:** packaging, waste managment, beverages

**Thesis contains:** 58 pages, 33 figures, 10 tables, 14 references

**Original in:** Croatian

#### **Defence committee:**

- |                                                            |              |
|------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Matko Erceg - associate prof. , Ph.D.                   | chair person |
| 2. Nediljka Vukojević Medvidović - associate prof. , Ph.D. | member       |
| 3. Nataša Stipanelov Vrandečić –full prof., Ph.D.          | supervisor   |

**Defence date:** July 04. 2016.)

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis are deposited in Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Teslina 10 (Rudera Boškovića 35).**





Završni rad je izrađen u Zavodu za organsku tehnologiju, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu, pod nadzorom prof. dr. sc. Nataše Stipanelov Vrandečić, u vremenu od ožujka do srpnja 2016. godine.

*Želim se zahvaliti svojoj mentorici prof. dr. sc. Nataši Stipanelov Vrandečić na predloženoj temi, velikoj stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog završnog rada. Ujedno se zahvaljujem svima na Zavodu za organsku tehnologiju koji su mi prilikom izrade eksperimentalnog dijela završnog rada bili od velike pomoći. Veliko hvala mojim roditeljima koji su vjerovali u mene i bili mi potpora tijekom studija.*

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

1. Analizirati primarnu ambalažu za alkoholna i bezalkoholna pića prisutnu u maloprodajnim trgovinama
2. Razvrstati i identificirati ambalažne materijale za alkoholna i bezalkoholna pića
3. Analizirati dimenzije ambalažnih materijala
4. Zaključiti o realizaciji ekološke funkcije ambalaže

## SAŽETAK

U ovom radu analizirana je primarna ambalaža za alkoholna i bezalkoholna pića koja se najčešće pojavljuje u maloprodajnim trgovinama, mogućnost odvojenog odlaganja različitih ambalažnih materijala te su izvedeni zaključci o realizaciji ekološke funkcije ove vrste ambalaže.

Svim uzorcima ambalaže analizirane su dimenzije ambalažnog materijala. Vizualnim pregledom ambalaže utvrđeno je li je ambalaža označena međunarodno priznatim oznakama za identifikaciju materijala, odnosno kako je propisano Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu, a uzorci koji nisu bili označeni analizirani su IR spektroskopijom.

Iz provedenih analiza vidljivo je da se primarna ambalaža za alkoholna i bezalkoholna pića proizvodi u obliku plastičnih i staklenih boca sa zatvaračem, limenkama, višeslojnim materijalima, kartonskim kutijama i vrećicama. Vizualnim pregledom ambalaže utvrđeno je da su posude i vrećice uglavnom označene kako je propisano Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu.

## **SUMMARY**

The aim of this work was to analyse the primary packaging for alcoholic and non-alcoholic beverages which are most often occurs in retail stores, the possibility of separate collection of different packaging materials and to give conclusions on the implementation of the ecological functions of this type of packaging.

The dimensions of packaging materials of all samples were analyzed. By visual inspection of the packaging it was found that most of the packaging is marked with internationally recognized codes to identify the material, as required by the Ordinance on packaging and packaging waste.

The samples that were not marked, were analyzed by infrared spectroscopy. From the analyses, it is evident that the primary packaging for alcoholic and non-alcoholic beverages is produced in the form of plastic and glass bottles with closure, canned, multilayer materials, cardboard boxes and bags. By visual inspection of the packaging it was found that the containers and bags are mostly labeled as prescribed by the Ordinance on packaging and packaging waste.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆI DIO .....	2
2.1. AMBALAŽA .....	2
2.2. ULOGA AMBALAŽE U PROMETU ROBE .....	2
2.3. AMBALAŽA ZA BEZALKOHOLNA PIĆA .....	3
2.3.1. Voda.....	4
2.3.2. Gazirana pića.....	6
2.3.3. Voćni sokovi .....	8
2.3.4. Kava, čaj i instant proizvodi.....	9
2.4. AMBALAŽA ZA ALKOHOLNA PIĆA.....	12
2.4.1. Vino.....	12
2.4.2. Pivo .....	13
2.5. AMBALAŽNI MATERIJALI .....	15
2.5.1. Polimerni ambalažni materijali .....	16
2.5.2. Papir i karton .....	17
2.5.3. Metalni ambalažni materijali.....	17
2.6. OZNAČAVANJE AMBALAŽE .....	18
2.7. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽANIH MATERIJALA .....	22
2.7.1. Određivanje mase ambalaže.....	22
2.7.2. Određivanje debljine ambalažnih materijala mikrometarskim vijkom.....	22
2.7.3. Određivanje gramature ambalažnih materijala .....	23
2.8. IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA .....	23
2.8.1. Identifikacija polimera infracrvenom (FT-IR) spektroskopijom.....	23
2.9. GOSPODARENJE AMBALAŽNIM OTPADOM.....	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	28
3.1. MATERIJALI .....	28
3.2. APARATURA I METODA RADA.....	31
3.2.1. Analiza dimenzija ambalažnih materijala .....	31
3.1.1.1. Određivanje mase ambalaže.....	31
3.1.1.2. Određivanje gramature ambalažnih materijala.....	32
3.2.2. Identifikacija polimernih materijala .....	32

3.2.2.1. Infracrvena (FT-IR) spektroskopija .....	32
4. REZULTATI RADA .....	33
4.1. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA.....	33
4.1.1. Određivanje mase ambalaže.....	33
4.1.2. Određivanje debljine materijala mikrometarskim vijkom.....	35
4.1.3. Gramatura ambalažnih materijala .....	38
4.2. RAZVRSTAVNJE I IDENTIFIKACIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA.....	40
4.2.1. FT-IR spektri polimernih materijala .....	42
5. RASPRAVA .....	50
5.1. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA.....	51
5.2. IDENTIFIKACIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA.....	55
6. ZAKLJUČAK .....	57
7. LITERATURA.....	58

## 1. UVOD

Ambalaža je pratilac ljudskog roda kroz njegovu dinamičnu i zanimljivu povijest. Nastala je iz osnovne potrebe, zbog koje postoji i danas, a to je, da sačuva hranu za kasniju upotrebu. Razvojem trgovine ambalaža je dobivala i sve snažniju ulogu u domeni marketinga i prodaje proizvoda. Priroda je čovjeku dala prve ambalažne materijale, ali i pregršt ideja koje je pretočio u ambalažu zadivljujućeg dizajna i funkcionalnosti.<sup>1</sup>

Ambalaža za pakiranje hrane doživjela je svoj najveći procvat u drugoj polovici 20. stoljeća zahvaljujući primjeni novih materijala (aluminija i polimernih materijala) i zamjeni klasične tehnike posluživanja u trgovinama široke potrošnje tehnikom samoposluživanja.<sup>2</sup>

Uz razne prehrambene proizvode na policama možemo pronaći i razna alkoholna i bezalkoholna pića. Njihova potražnja nikada ne opada jer su postali sastavni dio ljudske prehrane. Da bi se očuvala njihova kvaliteta velika se važnost pridaje odabiru ambalažnog materijala. Danas postoje brojne izvedbe ambalaže od različitih materijala od čega najviše staklene i plastične boce te limenke i kartonske kutije s vrećicom.

Suvremena ambalaža je obilježje modernog društva, te kao takva može biti pokazatelj njegovog odnosa prema okolini. Odbačena ambalaža ne samo da narušava ljepotu okoline već može ozbiljno ugroziti vodu, tlo i zrak. Zbog toga je potrebno, u samom projektu i razvoju ambalaže, planirati redukciju ambalažnog materijala, mogućnost ponovne upotrebe ambalaže i upotrebu materijala koju se lako recikliraju ili su biorazgradivi. Stoga je cilj ovog rada bio utvrditi vrste i količine primarne ambalaže za alkoholna i bezalkoholna pića, i mogućnost odvojenog odlaganja, te donijeti zaključak o realizaciji ekološke funkcije ambalaže.<sup>1</sup>



## **2. OPĆI DIO**

### **2.1. AMBALAŽA**

Ambalažu čine posude različitih oblika i veličine, načinjene od različitih materijala u kojima se roba drži tijekom prometa, a isto tako i tanji fleksibilni materijali koji mogu biti grafički obrađeni i također služe za zamatanje roba. Ambalažu čine i dijelovi za zatvaranje ambalaže (zatvarači, čepovi, poklopci) i dijelovi za unutrašnju zaštitu robe. Ambalaža je sredstvo koje prihvaća robu i štiti je do uporabe. Štiti je od mehaničkih, klimatoloških, kemijskih i mikrobioloških utjecaja, a isto tako štiti i okolinu od mogućeg štetnog utjecaja robe. Svojim oblikom, teksturom, grafičkim rješenjem i identifikacijom komunicira s potrošačem te tako sudjeluje u prodaji robe. Mora omogućiti jednostavnu i udobnu uporabu te mora biti prilagođena kupovnoj moći potrošača. Da bi se svi ovi navedeni razlozi mogli realizirati potrebno je poznavati funkcije ambalaže.<sup>2</sup>

### **2.2. ULOGA AMBALAŽE U PROMETU ROBE**

Ambalaža se može podijeliti u različite skupine s obzirom na odabrano svojstvo, a to može biti ambalažni materijal, osnovna namjena u prometu robe, trajnost, funkcija, vrijednost itd. Prema osnovnoj namjeni u prometu robe ambalaža se dijeli na prodajnu (primarnu), skupnu (sekundarnu) i transportnu (tercijarnu) ambalažu.<sup>2</sup>

Prodajna ili primarna ambalaža služi za pakiranje robe široke potrošnje u količini koja najbolje odgovara potrebama kupca. Ova ambalaža prezentira robu kupcu, mora sadržavati sve potrebne informacije o sastavu i količini robe, uvjetima čuvanja, roku trajanja i načinu uporabe. Prodajna ambalaža mora zaštititi robu i sva njena originalna svojstva do trenutka uporabe, također svojim izgledom mora privući kupca te mora biti funkcionalna što znači da mora omogućiti lako otvaranje i zatvaranje ambalaže.<sup>2</sup>

Skupna ili sekundarna ambalaža je ambalažna jedinica koja sadrži više proizvoda u primarnoj ambalaži tako da je proizvod dostupan kupcu u skupini, a može se izdvojiti i uzeti pojedinačno.<sup>2</sup>

Transportna ili tercijarna ambalaža omogućava prijevoz, pretovar i rukovanje određenom količinom proizvoda. Ona zaštićuje proizvod od svih oštećenja do kojih

može doći tijekom transporta, skladištenja i manipulacije robom.<sup>1</sup> Budući da se roba nalazi u ambalaži tijekom cijelog transportnog puta od proizvođača do potrošača zahtjevi su višestruki. Stoga se funkcije ambalaže mogu promatrati s različitih gledišta. Osnovne funkcije koje ambalaža mora zadovoljiti su:

- Zaštitna funkcija koja se temelji na tome da ambalaža mora zaštititi robu od trenutka pakiranja, tijekom transporta, skladištenja prodaje i uporabe. Štiti je od mehaničkih naprezanja, atmosferskih utjecaja, fizičkih i kemijskih utjecaja, mikroorganizama i štetočina. Upravo zbog toga joj se i pridaje najveća važnost;
- Skladišno-transportna funkcija povezuje skladištenje i transport sirovina u kojem ambalaža s dobro riješenim skladišno-transportnim funkcijama omogućava racionalno korištenje skladišnog i transportnog prostora;
- Prodajna funkcija racionalizira prodaju, ona mora privući pažnju kupca, izazvati njegovu zainteresiranost, prenijeti mu poruku te ga potaknuti na kupnju. Mora sadržavati sve potrebne informacije o nazivu proizvoda, proizvođaču, porijeklu, sastavu, roku i načinu uporabe itd. Prodajna ambalaža mora jamčiti kvalitetu;
- Uporabna funkcija ambalaže treba omogućiti lako otvaranje, pripremu robe, uzimanje potrebne količine robe bez rasipanja i ponovno zatvaranje;
- Ekološka funkcija ambalaže se nametnula posljednjih dvadesetak godina kao posljedica brige za okoliš. Može se realizirati na različite načine: pakiranjem u ambalažu od reciklirajućeg materijala, uporabom povratne ambalaže, uporabom biorazgradivih materijala i jestive ambalaže za prehrambene proizvode, itd<sup>2</sup>.

### **2.3. AMBALAŽA ZA BEZALKOHOLNA PIĆA**

Premda su različita pića sastavni dio ljudske prehrane, njihova brojnost izuzetno je povećana posljednjih desetljeća. Razvoj ovih proizvoda doprinio je razvoj novih ambalažnih materijala i metoda pakiranja. U svakodnevnom životu ljudi konzumiraju ove proizvode kod kuće, na poslu, pri sportskim aktivnostima, na putovanjima, stoga ambalaža mora biti usklađena s njihovim potrebama. Kao ambalaža za piće tradicionalno su se koristile staklene boce, a danas se pića pune u plastičnu, metalnu ambalažu, kao i u ambalažu od višeslojnih materijala. Sve češće punjenje sadržaja u PET boce potaknuto je razvojem novih, inovativnih oblika pakiranja i naprednim načinom reklamiranja prehrambene marke ili proizvoda. U svijetu je plastična ambalaža

najprihvatljiviji i najrašireniji oblik u koji se pune različite vrste bezalkoholnih pića, od voda s različitim aromama, ledenih čajeva, gaziranih i negaziranih pića te sportskih napitaka. Tijekom posljednjih godina pojavio se trend upotrebe PET ambalaže i za pića s većim udjelom voća i 100%-tne prirodne sokove. Veliki broj proizvođača voćnih sokova već je prešao na PET plastičnu ambalažu. Jedan od razloga za prelazak na PET plastičnu ambalažu je i smanjenje mase ambalaže u odnosu na druge materijale.<sup>3</sup>

### **2.3.1. Voda**

U Europi i Kini prirodna i mineralna voda koriste se već stoljećima no prvi koncept flaširane mineralne vode dolazi iz Njemačke iz 1911. godine gdje je voda sadržavala najmanje 1000 mg L<sup>-1</sup> otopljenih minerala. Narednih 80 godina definicija se mijenjala mnogo puta, rezultirajući s vodom koja ima smanjeni udio mineralnih tvari. Godine 1990. dopuštena količina mineralnih tvari pala je na 200 mg L<sup>-1</sup> i tržište je bilo preplavljeno tzv. pseudo-mineralnom vodom. Flaširana voda danas je široko rasprostranjena i njena konzumacija porasla je znatno u zadnjih 20 godina, pogotovo u zemljama gdje je čista voda teško dostupna ili uopće nije dostupna. Porast flaširane vode uzrokovan je smanjenjem vodenih izvora, mogućom otrovnom kontaminacijom podzemne vode i općenito porastom brige za vlastito zdravlje. Smatra se da je flaširana voda sigurna, prirodna, bez aditiva, florida i klora. Prema američkoj Food and Drug Administration (FDA) organizaciji flaširana voda definira se kao voda namijenjena za prehranu ljudi i prodaje se u bocama ili drugoj ambalaži bez dodataka, iznimka su sigurni i prikladni antimikrobni agensi. Antimikrobni agensi u mnogim zemljama nisu dozvoljeni, osobito u zemljama Europske unije. Naziv "prirodna mineralna voda" definiran je strogim propisima direktive 80/777/EZ. Flaširana voda može biti gazirana i negazirana voda. Također može biti prirodna i procesuirana. Prirodna voda puni se direktno na izvoru, dok procesuirana može prolaziti proces destilacije, ozonizacije, kloriranja, filtracije i desalinizacije. Prirodna voda se prodaje netaknuta smatrajući da se time ne uklanjaju "domaće" bakterije, iako za njihovo medicinsko i terapijsko djelovanje nikad nije bilo dokaza.<sup>4</sup>

## Nedostaci

Glavni nedostatak flaširane vode je rast mikroorganizama. Izvor vode nikad nije sterilan i sadrži određenu količinu nutrijenata za rast mikroorganizama. Uzsaprofitne bakterije, kvasce i blato u vodi je moguće naći patogene bakterije i parazite. Voda može biti kontaminirana tijekom transporta i obrade, u boci, a također zatvarač može biti potencijalni izvor kontaminacije. Stoga voda prije punjenja može biti tretirana klorom ili ozonom. Valja naglasiti da je veća kontaminacija bakterijama zapažena u vodama koje su bile upakirane u PET ambalažu za razliku od stakla. Nepravilnim skladištenjem rast mikroorganizama raste ovisno o ambalažnom materijalu sljedećim redom: staklo>PET>PC>PP=PVC>PE-HD. Također, prisutnost otopljenog kisika utječe na neugodan okus u negaziranoj vodi.<sup>4</sup>

## Pakiranje

Staklene boce su se dugo smatrale kao jedini odabir za pakiranje gazirane i prirodne vode, međutim u zadnje vrijeme PET boce zauzimaju veliko mjesto na tržištu.<sup>3</sup> Iako su staklene boce kemijski pogodnije budući da je staklo najinertniji materijal, nedostatak im je krutost, velika masa, loše iskorišten transportni i skladišni prostor.<sup>1</sup> Za vodu pakiranu u PET boce smatra se da ne sadrži potencijalno štetne tvari. Međutim glavni hlapljivi spoj u PET ambalaži je acetaldehid koji nastaje kao produkt toplinske razgradnje tijekom oblikovanja boce. Acetaldehid ima slatko voćni miris i okus te vrlo nizak prag detekcije od 20-40 ppt. Današnja tehnologija je dramatično smanjila koncentraciju acetaldehida u PET ambalaži na manje od 1 ppm. Analize koje su provedene na uzorcima vode punjenje u PET ambalažu iz Japana, Europe i Sjeverne Amerike pokazale su da acetaldehid i formaldehid migriraju u vodu iz PET ambalaže. Koncentracija acetaldehida bila je 5,0 - 25,7 ppb, a formaldehida 0,5 - 3,0 ppb. U prerađenoj vodi koja je bila bez bakterija koncentracija formaldehida i acetaldehida nije se promijenila, dok se u prirodnoj mineralnoj vodi koja sadrži heterotrofne bakterije koncentracija smanjila, tj. razgradili su se. Ista pojava uočena je kod gazirane vode. Kao aditiv i inicijator u proizvodnji PET-a koristi se antimon trioksid ( $Sb_2O_3$ ) čija najveća dopuštena koncentracija antimona može biti 0,0035 %. Zbog potencijalne toksičnosti antimona rađene su analize PET boca na europskom tržištu i nađeno je da su vrlo male količine migrirale u vodu.<sup>4</sup>

Urbanizacijom i porastom potražnje vode u zadnje vrijeme voda je dostupna i u skupnoj ambalaži, u kojoj je više jediničnih pakiranja PET boci upakirano toplinski

stezljivom folijom od polietilena (PE) čime se olakšava transport i rukovanje samim proizvodom.

### 2.3.2. Gazirana pića

Tradicionalno, gazirana pića pripremaju se otapanjem granuliranog šećera u specijalno pripremljenoj vodi ili razrjeđivanjem šećera u vodi. Dodaju se razni dodaci: boja, okus, sredstva za zakiseljavanje, usitnjeno voće, razna punila, umjetni šećer, antioksidanti, sredstva protiv pjenjenja ovisno o proizvodu. U zadnje vrijeme popularna su dijetna pića gdje je šećer zamijenjen umjetnim šećerom (najčešće aspartamom). Gazirana pića se rade na način da se prethodno smiješani sirup sa svim aditivima, i pastereziran ako je potrebno, miješa s gaziranom tretiranom vodom prije punjenja. Prije punjenja proizvod se hladi na temperaturu od 1-3 °C da bi bio što manji gubitak karbonata. Udio karbonata u gaziranom piću izražava se po volumenu ili gramu CO<sub>2</sub> na litru.<sup>4</sup>

#### Nedostaci

Glavna nedostaci u gaziranom piću su gubitak CO<sub>2</sub>, oksidacija i/ili kisela hidroliza esencijalnih aroma, obojenje ili obezbojenje te promjena okusa uzrokovana svjetlom. Gubitak CO<sub>2</sub> može se spriječiti pakiranjem u materijale visokih barijernih svojstava, dok se oksidacija može spriječiti korištenjem jako kvalitetnih aroma i antioksidansa. Do promjene boje može doći zbog utjecaja kisika a rezultat je najčešće gubitak boje. Zbog toga mnogi proizvođači dodaju askorbinsku kiselinu kao ' hvatač ' kisika.<sup>4</sup>

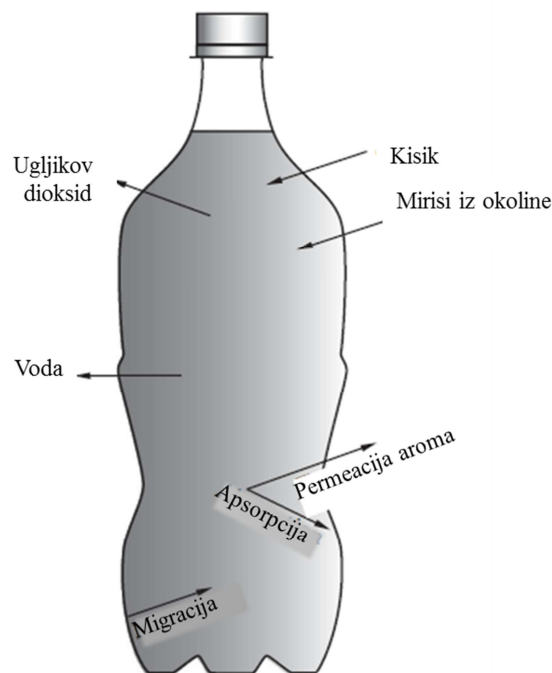
#### Pakiranje

Od početka 20. st. sva gazirana pića pakirala su se u povratnu staklenu bocu s krunskim zatvaračem. Zadnjih godina nepovratne staklene boce zamijenjene su plastičnim bocama od PET-a. Krunski zatvarač zamijenjen je polietilenskim (PE) ili aluminijskim zatvaračem s navojem.

Posude od bijelog lima dugo godina su se primjenjivale za pakiranje gaziranog pića. Međutim zbog jakog korozivnog djelovanja metalne posude su zahtijevale zaštitu te su se stoga premazivale nepropusnim premazima. Danas se većina gaziranih pića

pakira u posude od aluminija.<sup>3</sup> Metalne limenke sastoje se od tri dijela plašta, dna, i poklopca. Poklopac se trajno učvrsti nakon što se u njih stavi roba.<sup>2</sup>

Plastična ambalaža za gazirana pića počela se koristiti još 1960. upotrebom nitrilnih boca za pakiranje Coca-Cole. Međutim toksikološki nalazi su potvrdili da akrilonitril monomer može biti kancerogen te su boce povučene s tržišta. Novom tehnikom injekcijskog puhanja PET boce su se počele koristiti kao ambalaža za gazirana pića. Prvi model sastojao se od okrugle ravne baze koja je bila dobivena postupkom injekcijskog prešanja od PE-HD i fiksirana na bocu s otopljenim, vrućim adhezivnom. Međutim to je otežavalo proces recikliranja stoga su se i baze počele izrađivati od PET-a. Boca od jedne litre uzimala se kao standardna s obzirom na veličinu i težinu. U usporedbi sa staklenom bocom PET boca nema barijerna svojstva poput stakla, propušta CO<sub>2</sub> i kisik. Ako bi se povećala debljina stijenki smanjila bi se brzina prijenosa CO<sub>2</sub> ali bi i trošak ambalaže bio veći, stoga je dogovoren kompromis.



Slika 1. Čimbenici koji utječu na okus i miris gaziranih pića

Na slici 1 prikazani su čimbenici koji utječu na okus i miris gaziranih pića, odnosno prikazani su mogući procesi prijenosa tvari u sustavu proizvod-ambalaža-okolina. PET (kao i većina termoplastičnih polimera) izložena je procesu puzanja, i to se u najvećoj mjeri događa u prvim danima kad je boca napunjena. Stoga dolazi do

elastične deformacije koja nije stalna već nestaje kad se boca otvori i unutarnji tlak se oslobodi. Pod utjecajem ovih pojava dolazi do povećanja volumena boce za 2,5 % tijekom prva 3-4 dana nakon punjenja. Maksimalni rok trajanja za gazirano piće je 16-17 tjedana. PET ambalaža je uglavnom opremljena standardnim aluminijskim zatvaračem ili plastičnim zatvaračem s navojem.<sup>4</sup>

### **2.3.3 Voćni sokovi**

Voćni sok se proizvodi direktnom mehaničkom preradom jedne ili više vrsta zdravog, tehnološki zrelog, svježeg ili ohlađenog voća koje nije fermentiralo, ali može fermentirati. Boja, aroma, okus i miris voćnog soka moraju biti svojstveni voću od kojeg je sok proizveden. Aroma, pulpa i čestice voćnog tkiva koji su bili izdvojeni tijekom prerade moraju biti vraćeni istom soku.

Voćni sok od koncentriranog voćnog soka proizvodi se tako da se koncentriranom voćnom soku ponovo dodaje ona količina vode koja je izdvojena tijekom koncentriranja, i aroma, te prema potrebi pulpa i čestice voćnog tkiva, izdvojene tijekom koncentriranja tog ili voćnog soka iste vrste.

Koncentrirani voćni sok se proizvodi od voćnog soka jedne ili više vrsta voća fizičkim izdvajanjem određene količine vode.

Dehidrirani ili voćni sok u prahu se proizvodi izdvajanjem gotovo ukupne količine vode fizičkim postupcima.

Voćni nektar je proizvod koji nije fermentirao, ali može fermentirati, a proizvodi se dodatkom vode i šećera i/ili meda voćnom soku, voćnom soku iz koncentrata, koncentriranom voćnom soku, dehidriranom voćnom soku ili voćnom soku u prahu, voćnoj kaši, koncentriranoj voćnoj kaši ili smjesi ovih proizvoda<sup>5</sup>.

#### **Nedostaci**

Glavni nedostaci u voćnim sokovima su mikrobiološka kontaminacija, neenzimsko posmeđivanje, oksidacija uzrokovana razgradnjom komponenata okusa i nutrijenata te apsorpcija spojeva iz ambalaže. Stupanj posmeđivanja i razgradnja nutrijenata uglavnom je uvjetovan temperaturom skladištenja ali može ovisiti i o ambalažnom materijalu. Iako voćni sokovi imaju kiseli pH neki mikroorganizmi mogu i u takvim uvjetima uzrokovati kvarenje. Upravo zbog tih razloga provodi se

pasterizacija. U zadnje vrijeme, umjesto toplinske obrade primjenjuju se i drugi procesi za inaktivaciju mikroorganizama i enzima kao npr. prerada pri visokom tlaku.<sup>4</sup>

#### Pakiranje

Prirodni sokovi i voćni napitci čuvaju se pri temperaturi hladnjaka bilo u staklenoj ambalaži ili ambalaži od složenih materijala (laminati). Prirodni sokovi pune se u vrućem stanju u lakiranu metalnu ambalažu (bijeli lim ili aluminij) ili staklenke. Od zatvarača za boce koriste se navojni ili krunski čepovi ili vakuum čepovi. Voćni sokovi toplinski obrađeni mogu se pakirati u savitljivu ambalažu izradenu od poli(vinilklorida) (PVDC) ili laminata kombinacije aluminijska folija/polietilen. Ta ambalaža pokazala se boljom od kombinacije poliester/polietilen/ ili celofan/polietilen. Koncentrirani voćni sirupi, kao i koncentrirani smrznuti sokovi, mogu se pakirati u limenke (bijeli lim, aluminij), plastične i staklene boce. Danas se većinom prirodni sokovi pakiraju u ambalažu identičnoj onoj za pakiranje mlijeka ("Zu-pak", "Tetra-Brik", "Doypack").<sup>6</sup>

#### **2.3.4. Kava, čaj i instant proizvodi**

Kava je zimzeleni grm porodice Rubiaceae. Plodovi su bobice koje dozrijevanjem postaju tamno crvene boje te u sebi nose dvije sjemenke.<sup>7</sup> Dvije glavne vrste kave su *Coffea arabica* i *Coffea rubosta*. Plod kave obrađuje se korištenjem dva procesa: suha metoda gdje se plod osuši te potom prolazi kroz uređaj za ljuštenje, koji uklanja vanjsku ljusku, osušeni dio i pergament te mokra metoda gdje se meso ploda mehanički, gnječenjem odvaja od zrna, a zatim se zrna čiste u kanalima za ispiranje. Zrna se drže u bazenima za fermentaciju, pri čemu preostalo meso ploda postupkom vrenja tijekom 24-36 sati omekša do te mjere da se može jednostavno isprati. Tri su radnje potrebne za dobivanje odgovarajućeg pića: prženje, mljevenje i kuhanje. Prženje oslobađa odgovarajući okus i glavnu aromu kave, dok je mljevenje potrebno da se topive suhe tvari i hlapljive tvari mogu ekstrahirati infuzijom ili kuhanjem vrućom vodom za pripremu pića odgovarajuće jačine.<sup>4</sup>

Instant kava se priprema ekstrakcijom topljive suhe tvari i hlapljivih tvari od pržene i mljevene kave vodom. Instant kava sadrži znatno veću količinu kofeina nego li



obična kava i to se postiže postupkom evaporacije ili smrzavanjem i nakon toga sušenjem raspršivanjem ili sušenjem pri niskim temperaturama.<sup>4</sup>

Nakon vode čaj je po konzumaciji najviše zastupljeno piće u svijetu. Značajke čaja kao pića su njegov okus, aroma i boja čemu pridonose polifenoli (kao npr. ketehini) i amino kiseline poput teina. Iako postoje mnogo vrsta čaja u svijetu, čaj se može klasificirati u tri kategorije s obzirom na način proizvodnje: fermentirani (crni čaj), polu fermentirani (oolong i pouchong) i nefermentirani (zeleni čaj).<sup>4</sup>

### Nedostaci

Glavni problem kod kave je gubitak arome kave uzrokovan oksidacijom hlapljivih komponenti. Na to utječe povećana koncentracija vlage, neadekvatni uvjeti skladištenja i visoka temperatura. Također kisik utječe na kvarenje time što ga pržena i mljevena kava mogu apsorbirati čime se stvaraju dodatne zalihe kisika koje uzrokuju daljnju razgradnju. Tijekom prženja velike količine CO<sub>2</sub> oslobađaju se pirolizom zrna kave. Zrno apsorbira velike količine CO<sub>2</sub> te se dio tog CO<sub>2</sub> oslobađa tijekom mljevenja zrna kave. Tijekom prvih 24 sata nakon mljevenja brzina oslobađanja CO<sub>2</sub> je najveća i izraženija je kod fino mljevene kave, u odnosu na grubo mljevenu. Ova pojava predstavlja problem kod vakuum pakiranja.

Kod instant kave glavni problem je tzv. stvrdnjavanje kao rezultat povećanog udjela vodene pare. To se događa kada udio vlage dosegne 7-8% od početnih 2%-4% za vrijeme pakiranja.<sup>4</sup>

### Pakiranje

Ovisno o roku trajanja, izbor ambalažnog materijala vrši se s obzirom na barijerna svojstva materijala, odnosno ulaz vodene pare, propusnost O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, izlazak hlapljivih komponenti i otpornost na masti. Kod pržene-mljevene kave CO<sub>2</sub> se oslobađa tijekom mljevenja, naročito ako se radi o finom mljevenju. Kisik uvelike utječe na rok trajanja i stoga postoje tri metode da se smanji njegova koncentracija unutar pakiranja. Prva metoda predlaže primjenu visokog vakuuma odmah nakon punjenja te zatim zatvaranje ambalaže. Druga metoda predlaže da se kava ispere a potom pakira uz inertni plin neposredno prije zatvaranja. Treća metoda predlaže korištenje kesica sa smrvljenim prahom koja će apsorbirati kisik.<sup>4</sup>

Kada se pakirana kava otvori u direktnom je kontaktu sa zrakom i vlagom, te se procesi razgradnje znatno ubrzavaju i u tom trenutku kava dobiva drugi rok trajanja.

Drugi rok trajanja predstavlja vrijeme nakon otvaranja ambalaže za koji kava zadržava prihvatljivu kvalitetu za konzumiranje, a ovisi o količini kisika kojoj je kava izložena.<sup>4</sup>

Najstariji način pakiranja-pržene mljevene kave je u limenke od bijelog lima. Time je onemogućen ulaz vodene pare, plinova i izlaz hlapljivih tvari. Limenka može biti napravljena za zavarenim, pomičnim ili aluminijskim krajem poviše kojeg je postavljen čep s navojnim zatvaračem. Nakon punjena u limenke primjenjuje se visoki vakuum, najmanje 95 kPa da bi sadržaj kisika bio manji od 1%. Nakon zatvaranja limenke dolazi do otpuštanja CO<sub>2</sub> čime se smanjuje vakuum. Treba voditi računa o tome da se ne razvije preveliki tlak unutar limenke, stoga pržena-mljevena kava mora biti prethodno oslobođena plina da bi se sadržaj CO<sub>2</sub> održao na prihvatljivoj razini. Također može se koristiti i inertni plin, uglavnom dušik. Prvo se primjeni vakuum, potom dušik s time da tada mora biti otklonjena još veća količina plina.<sup>4</sup>

Kako alternativa za metalne limenke primjenjuju se tzv. tvrdi omoti, odnosno fleksibilni laminati oblikovani u kutiju. Naziv tvrdi dolazi zbog toga što se koristi visoki vakuum. Značajna količina CO<sub>2</sub> razvije se ili/i uđe iz atmosfere te vrećica omekša. Fleksibilni laminatni materijalni koji se upotrebljavaju za ovu vrstu pakiranja kao središnji sloj koristili su aluminijsku foliju, međutim ona je danas zamijenjena metaliziranom folijom. Prijašnji sastav laminata bio je PET-aluminijska folija-polietilen-niske gustoće (PE-LD), dok je današnji sastav metalizirani PET (mPET) s PE-LD-om.<sup>4</sup>

Postoje i mekani omoti odnosno vrećice kojima se također primjenjuje vakuum a količina kisika smanjuje se primjenom inertnog plina netom prije zatvaranja. Da bi se održao određeni rok trajanja ambalažni materijal mora imati dobra barijerna svojstva.

Novitet kod pržene-mljevene kave su ampule koje sadržavaju određenu količinu kave za samostalnu pripremu. Izgledaju poput diska koji sadrži 7 g kave pakiranu u papirni filter. Ampule su pakirane u sekundarnu ambalažu uz visoki tlak i inertni plin, te su namijenjene za aparat za kavu.<sup>4</sup>

Instant kava se mnogo godina pakirala u limenke od bijelog lima ili staklene posude na čijem vrhu je laminirani materijal ili metalna folija s poklopcem. Ako se radilo o limenci poklopac je bio metalni, a ako je bila staklena boca poklopac je bio plastični. U zadnje vrijeme instant kava pakira se u ambalažu od laminata: PET-aluminijska folija-PE-LD.<sup>4</sup>

Čaj se može pakirati u ambalažu različitog oblika, veličine i materijala, međutim najčešće se koriste kartonske kutije koje mogu imati sloj aluminijske folije ili biti

omotana PP. Čaj se pakira u filter vrećice te potom stavlja u kartonsku kutiju koja osigurava dobra barijerna svojstva.<sup>4</sup>

## **2.4. AMBALAŽA ZA ALKOHOLNA PIĆA**

### **2.4.1. Vino**

Vino je alkoholno piće dobiveno fermentacijom grožđa uz pomoć kvasaca. Jedno je od najstarijih poljoprivrednih proizvoda. Vino možemo podijeliti prema boji na bijela, ružičasta (rose, opolo) i crna (crvena), a prema kakvoći na stolna, kvalitetna i vrhunska. Po sadržaju neprevrelog šećera vina se dijele na suha-do  $4\text{gL}^{-1}$ , polusuha-od  $4\text{-}12\text{gL}^{-1}$ , poluslatka- $12\text{-}50\text{gL}^{-1}$  i slatka-preko  $50\text{gL}^{-1}$  neprevrelog šećera. Kvalitetna i vrhunska vina koja su u podrumskim uvjetima čuvana pet ili više godina, od toga najmanje tri godine u boci, mogu nositi naziv „arhivsko vino“.<sup>4</sup>

#### Nedostaci

Glavni problem kod vina je oksidacija koja utječe na promjenu boje, mirisa i okusa. Bijela vina su više sklona procesu oksidacije za razliku od crnih koja su zbog većeg sadržaja fenola otpornija na proces oksidacije. Pri procesu oksidacije alkohol prelazi u acetaldehid a može doći i do stvaranja octene kiseline ako su prisutne octene bakterije. Do oksidacije može doći ako se vino čuva neprikladno, npr. na svjetlu. Čep ima bitnu ulogu o očuvanju kvalitete vina. Pluteni čep se osuši ako je boca na svjetlu i dopušta ulazak zraka u butelj, te se vino tako degradira.<sup>4</sup>

#### Pakiranje

Najčešći način pakiranja vina je u staklene boce sa plutenim čepom. Čepovi su sterilizirani na način da je vlažni pluto izložen  $\text{SO}_2$  u zatvorenim vrećicama da bi se inaktivirali mikroorganizmi. Međutim ovaj postupak nema nikakvog utjecaja na oslobađanje štetnih tvari iz pluta. Zbog toga što su vina osjetljiva na svjetlost, staklo koje se koristi za skladištenje vina je uglavnom obojeno. Kod skladištenje vina preporuča se da boce stoje horizontalno kako bi se pluteni čep održao vlažnim čime se sprječava ulazak kisika.<sup>4</sup>

Najznačajnija promjena u pakiranju vina (naročito bijelog vina) je tzv. vrećica u kutiji („Bag-in-box“) ambalaža. Sastoji se fleksibilne sklopive, potpuno zatvorene vrećice izrađene od jednog ili više slojeva sintetskog materijala, zatvarača i cjevastog izljeva kroz koji se sadržaj puni i toči te krute kartonske kutije. "Vrećica u kutiji" pakiranje omogućava dulje održavanje kvalitete vina i organoleptičkih svojstava budući da i kod jednom otvorene ambalaže vino ne dolazi u dodir sa zrakom koji uzrokuje oksidaciju i kvarenje vina. Vrećice su različitih oblika, najčešće jastučastog, zapremine od 3 do 5 litara. Folije mogu biti prozirne ili neprozirne, jednoslojne ili višeslojne, osiguravaju zaštitu od vlage i utjecaja zraka, uz iznimnu izdržljivost u transportu.<sup>4</sup>

Kvalitetna vina su se oduvijek pakirala u staklene boce s plutenim čepom. U novije vrijeme su se pokušali uvesti i neki novi, plastični materijal za pakiranje stolnih vina. Eksperimenti s PE-LD-om (debljine oko 1 mm) su pokazali da se može koristiti samo u kratkom vremenskom razdoblju radi velike propusnosti kisika i gubitka aromatičnih tvari.<sup>5</sup> Međutim, vina pakirana u PET ambalažu su postala sve češće zastupljena upravo zbog značajno smanjene mase. Budući da je PET također propustan za plinove izrađuju se monoslojne ili višeslojne PET boce boljih barijernih svojstava.<sup>4</sup> Pluteni čepovi se također zamjenjuju novim materijalima kao što je kopolimer etilen/vinil-acetat E/VAC. Prednost u odnosu na plutene je što ih nije potrebno održavati vlažnima, radi odgovarajućeg zatvaranja grla boce, te je moguće čuvati flaširana vina u uspravnom položaju.<sup>6</sup>

Iako široko zastupljena za razna pića, metalna ambalaža za pakiranje vina nije se pokazala učinkovitom.<sup>4</sup> Istraživanja provedena na tom području ukazala su na povećan sadržaj željeza i kositra kao posljedicu otapanja tih metala na mjestima korozijskog napada.<sup>6</sup>

Za stolna vina popularno je pakiranje u višeslojni materijal (tetrapak). Sastav tetrapaka je polimerna folija-aluminijska folija-laminirani karton. Tipičan rok trajanja za ovako pakirano vino je 6-12 mjeseci zahvaljujući tome što laminirana folija pruža dobra barijerna svojstva.<sup>4</sup>

#### **2.4.2. Pivo**

Pivo je pjenušavo osvježavajuće piće karakteristične arome i prijatnog gorkog okusa. Pivo sadrži mali udio etilnog-alkohola i zasićeno je s CO<sub>2</sub>. Osnovne sirovine za proizvodnju piva su pivski slad, pivski kvasac, hmelj i voda. Slad daje pivu sastojke

ekstrakta o kojem ovisi punoća okusa i koncentracija osnovnog ekstrakta piva. Hmelj konzervira pivo i daje mu ugodan miris i gorak okus, dok pivski kvasac izaziva alkoholno vrenje pri čemu šećer prelazi u alkohol i CO<sub>2</sub>. Proizvodnja piva je dug i složen proces koji se dijeli na tehnologiju piva i tehnologiju slada.<sup>8</sup>

### Nedostaci

Glavni pokazatelj procesa kvarenja kod piva je promjena okusa i boje uzrokovana procesom oksidacije koji je ubrzan djelovanjem svjetla i prijelaznih metalnih iona (na primjer željeza, bakra i aluminijskih) i toplinom. Oksidacijom alkohola i masnih kiselina u pivu stvaraju se karbonilni spojevi koji se mogu detektirati senzorskom analizom već pri vrlo niskim koncentracijama. Pored ostatnog kisika koji nastaje u procesu proizvodnje piva, kisik može dospjeti u proizvod na tri načina: u vršnom dijelu koji nije uklonjen tijekom punjenja, permeacijom kroz zatvarač i peremacijom kroz ambalažni materijal. Čak i mali udio kisika ( $\leq 1$  ppm) može utjecati na okus i uzrokovati kvarenje. Pivo je osjetljivo na svjetlo stoga se pakira u zelene ili smeđe staklene boce. Glavna oksidativna reakcija u pivu je oksidacija linolne kiseline gdje dolazi do stvaranja trans-2-nonenala koji daje pivu okus po kartonu<sup>4</sup>.

### Pakiranje

Tradicionalni ambalažni materijal za pakiranje piva je staklena boca s krunskim zatvaračem. Krunski zatvarač je napravljen od bijelog lima. Također, mogu sadržavati na donjem dijelu oblogu koja omogućava bolje brtvljenje, a materijal od kojeg se izrađuje mijenjao se tijekom godina od obloga na bazi čvrstog pluta koji je relativno rijedak, do pluta obloženog PVC-om ili PE-HD-om. Tamo gdje se pluta i dalje koristi uglavnom je laminiran aluminijskom folijom da bi se poboljšala barijerna svojstva. Da bi se produžio rok trajanja piva koji u prosjeku, ako ne dođe do oksidacije, iznosi 4-13 mjeseci, materijal za brtvljenje koji se nalazi s donje strane čepa pridodan je apsorber kisika kako bi se smanjio udio kisika koji je prisutan u vršnom dijelu.<sup>4</sup>

Prvo pivo pakirano u limenci datira još iz 1933. godine. Na početku piva su se punila u limenke od bijelog lima i olova, međutim tu su problem predstavljali metalni ioni koji su utjecali na metalni okus i mutnoću piva. Kasnije su se počele koristiti aluminijske limenke koje su se lakše otvarale uz pomoć tzv. "church key" te nakon toga uz pomoć spojnice u obliku ružice i urezanog žlijeba, čime se omogućava otvaranje jednim potezom (slika 2).<sup>4</sup>

U zadnje vrijeme sve veće količine piva pakiraju se u plastičnu ambalažu od PET-a. Uz uvjet da osigura prihvatljiv rok trajanja, za ovaj tržišni sektor se očekuje da će se proširiti vrlo brzo, uglavnom zbog troškova staklene ambalaže.<sup>4</sup>



Slika 2. Razvoj zatvarača za limenke<sup>4</sup>

## 2.5. AMBALAŽNI MATERIJALI

Odabir ambalažnog materijala osnovni je element kreiranja ambalaže o kojem ovisi funkcija ambalaže i njezina cijena. Za uspješnu realizaciju zaštitne funkcije ambalaže materijal mora biti postojan i nepropustan. Mehanička postojanost podrazumijeva otpornost prema djelovanju vanjskih mehaničkih sila. Materijal mora biti i kemijski postojan. Osobito je važno za pakiranje prehrambenih proizvoda da ambalažni materijal ne utječe na kvalitetu i zdravstvenu ispravnost namirnice. Ambalažni materijal mora biti biološki postojan budući da djelovanje mikroorganizama vrlo štetno djeluje na realizaciju zaštitne a također i prodajne funkcije ambalaže. Mehanička nepropusnost ambalažnog materijala važna je stoga da ne dolazi do gubitka robe ili njenih sastojaka kroz ambalažni materijal. Ukoliko se radi o robi osjetljivoj na djelovanje svjetlosti, materijal mora biti optički nepropustan. Toplinska provodnost ambalažnog materijala važna je za robe koje se toplinski obrađuju (sterilizacija i zagrijavanje prije vađenja robe.) Ukoliko je roba osjetljiva na promjenu temperature ambalažni materijal mora biti toplinski izolator. Tehnološka svojstva ambalažnog materijala određuju izbor postupaka proizvodnje ambalaže, konstantnost dimenzija ambalaže, brzinu proizvodnje, izbor oblika ambalaže, izbor postupaka grafičkog oblikovanja i kvalitete obrade, te troškove prostornog i grafičkog oblikovanja. Trošak ambalažnog materijala ovisi o masi potrebnog materijala, potrebnoj debljini stjenke ambalaže i mehaničkim svojstvima materijala.<sup>2</sup>

### 2.5.1. Polimerni ambalažni materijali

Polimerni materijali se u velikoj mjeri upotrebljavaju za proizvodnju ambalaže i to ne samo kao zamjena za konvencionalne materijale. Zbog svojih specifičnih svojstava i dinamičnog razvoja posljednjih desetljeća upravo su ovi materijali omogućili proizvodnju novih ambalažnih oblika i nove tehnike pakiranja, odnosno pakiranje nekih roba koje se prije nisu mogle pakirati. Premda postoji velik broj polimernih materijala, za izradu ambalaže najviše se upotrebljavaju plastomeri: polietilen niske gustoće (PE-LD), polietilen visoke gustoće (PE-HD), polipropilen (PP), poli(vinil-klorid) (PVC), polistiren (PS), poli(etilen-teraftalat) (PET).

Polietilen niske gustoće (PE-LD) je toplinski zavarljiv, kemijski inertan, nepropustan za vodu i vlagu, ali relativno visoke propusnosti za plinove i osjetljivosti na ulja. Lako se prerađuje i koristi se za izradu tuba i druge fleksibilne ambalaže. PE-LD se najviše koristi za proizvodnju folija različite namjene. PE folije su meke, savitljive, prozirne, ne propuštaju vlagu, a budući da ne sadrže omekšavala fiziološki su inertne. Jedini nedostatak je što loše primaju tisak.

Polietilen visoke gustoće (PE-HD) je djelomično kristalan proziran polimer, otporan na kemikalije i ima bolja barijerna svojstva u usporedbi sa PE-LD. Folije od PE-HD su mliječno bijele, čvršće i kruće.

Polipropilen (PP) dobiva se polimerizacijom propilena. Ima vrlo nisku gustoću i relativno visoko talište. PP je netoksičan, gotovo netopljiv, kemijski postojan prema svojstvima namirnica, uključujući i masnoće, čak i pri povišenoj temperaturi, ne dodaju mu se omekšavala ni stabilizatori. PP folije su bezbojne, prozirne kao staklo, glatke i sjajne površine i dobro primaju tisak.

Poli(vinil-klorid) (PVC) dobiva se polimerizacijom vinil-klorida. PVC je tvrd materijal, loše toplinske postojanosti, svojstva mu se modificiraju dodatkom različitih aditiva. Kruti PVC je tvrd, proziran, teško prerađljiv, postojan na utjecaj atmosferilija, vlage, kemikalija i slabo gori. Ne propušta plinove i paru, njegova propusnost UV zraka smanjuje se dodatkom bijelog pigmenta. Koristi se za izradu ambalaže stabilnog oblika. Savitljivi PVC sadrži omekšava (20-50%), pa se lakše obrađuje, ali ima manju postojanost prema toplini i slabijih je mehaničkih svojstava. PVC s 50% omekšavala koristi se za izradu vreća, vrećica ili tuba.

Polistiren (PS) je polimer nastao polimerizacijom stirena, relativno niskog tališta, postojan na utjecaj vode. Lako se prevodi u pjenasti materijal koji je izvrstan izolator

zvuka i topline. Postoje različite vrste PS-a koji se međusobno razlikuju po sastavu i svojstvima. Za pakiranje se najviše koriste standardni polistiren, kopolimer polistirena s polibutadilenom i pjenasti polistiren.

Poli(etilen-tereftalat) je linearni poliester velike molekulske mase, visokog tališta, odličnih mehaničkih svojstava, kemijske i toplinske postojanosti, ali otežane tehnološke prerade. Koristi se za izradu vlakana, filmova, folija, transportne ambalaže i konstrukcijskog materijala. Zahvaljujući svojim karakteristikama ambalaža od PET-a u velikoj mjeri danas zamjenjuje staklenu ambalažu za pakiranje prehrambenih, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda. Također se velika pažnja poklanja odvojenom prikupljanju i postupcima oporabe ove ambalaže.<sup>2</sup>

### **2.5.2. Papir i karton**

Papir i karton su materijali u obliku listova koji nastaju preplitanjem i međusobnim spajanjem vlakana uglavnom biljnog porijekla. Proizvode se iz pulpe (suspenzije celuloznih vlakana u vodi), tekstilnih otpadaka i recikliranog starog papira. Papir i karton međusobno se razlikuju prema debljini, odnosno gramaturi. Danas se proizvodi velik broj različitih vrsta kartona i papira koji se razlikuju prema sirovini iz koje se proizvode, namjeni, postupcima dorade i kvaliteti. Papir i karton kao ambalažni materijal su relativno jeftini, imaju dobru mehaničku čvrstoću, ekološku prihvatljivost i jednostavno se grafički obrađuju. Nedostaci su poroznost, higroskopnost, propustljivost na kisik, ugljikov dioksid i vodenu paru. Zbog loših barijernih svojstava roba u papirnoj i kartonskoj ambalaži lako gubi arome i hlapljive komponente, pa ukoliko se upotrebljavaju za pakiranje proizvoda s kojima su u neposrednom dodiru prevlače se, lakiraju, laminiraju ili impregniraju s drugim materijalima.<sup>2</sup>

### **2.5.3. Metalni ambalažni materijali**

Vrlo je mali broj metala koji se upotrebljavaju za proizvodnju ambalaže. Osnovni su željezo i aluminij, a kao pomoćni materijali upotrebljavaju se kositar, krom i cink. Metalni ambalažni materijali su nepropusni za tekućine, plinove i svjetlost. Imaju veliku čvrstoću, dobru toplinsku provodnost, pa se upotrebljavaju za pakiranje proizvoda koji se toplinski steriliziraju. Nedostatak im je što su više ili manje podložni koroziji, osobito



u prisustvu kisika i lužina. Neki od metala su i toksični, pa se za određene vrste roba metalna ambalaža mora zaštititi prevlakama ili premazima da bi se spriječile interakcije robe i ambalaže.

Čelik je najvažniji element današnjice, to je tehničko željezo modificirano s najviše 1,7% ugljika. Ima vrlo dobra mehanička svojstva koja se modificiraju promjenom sadržaja ugljika, legiranjem s drugim metalima i primjernom različitih postupaka proizvodnje i prerade. Također ima i dobra tehnološka svojstva. Najveći nedostatak mu je loša otpornost na koroziju. Zaštita od korozije može se provesti različitim premaznim sredstvima i zaštitnim slojevima ili legiranjem s drugim materijalima (npr. kromom) čime se dobije nehrđajući čelik.

Kositar (Sn) je metal, srebrnasto bijele boje, mekan i može se izvaljati u obliku tanke folije. Postojan je prema koroziji čak i na vlažnom zraku, a otapaju ga jače kiseline i lužine. Budući da je netoksičan pogodan je za pakiranje namirnica, lijekova, kozmetičkih sredstava i sredstava za osobnu higijenu.

Bijeli lim je tanki čelični lim od mekog konstrukcijskog čelika s malim sadržajem ugljika koji se s obje strane zaštićen slojem kositra. Ima rastezljivost i čvrstoću čelika i otpornost na koroziju poput kositra. Najviše se upotrebljava za proizvodnju limenki za pakiranje toplinski steriliziranih namirnica teta proizvodnju pomoćnih materijala za pakiranje (zatvarača, poklopaca, metalnih traka). Ambalaža za pakiranje namirnica obavezno se premazuje zaštitnim premazima da se spriječe interakcije namirnice i ambalažnog materijala.

Aluminij (Al) je metal srebrnasto-bijele boje, mekan i žilav ali nije elastičan. Neznatno omekšava zagrijavanjem, na niskim temperaturama ne postaje krhak što ga čini pogodnim za pakiranje namirnica koje se toplinski steriliziraju ili zamrzavaju. Ne propušta vodu, masnoće, vodenu paru i plinove te je prikladan za pakiranje higroskopskih, aromatičnih i drugih proizvoda koji ne smiju stupati u interakciju s okolinom.<sup>2</sup>

## **2.6. OZNAČAVANJE AMBALAŽE**

Na ambalaži, bilo ona prodajna, skupna ili transportna, uočljive su razne oznake, postavljene u skladu s odgovarajućom procedurom i koje imaju određeno značenje. Na prodajnoj ambalaži koja dolazi u kontakt s hranom uočljiv je znak „*food contact*”

*material*", materijal prikladan za pakiranje hrane, odnosno simbol sa čašom i viljuškom<sup>1</sup> (slika 3).



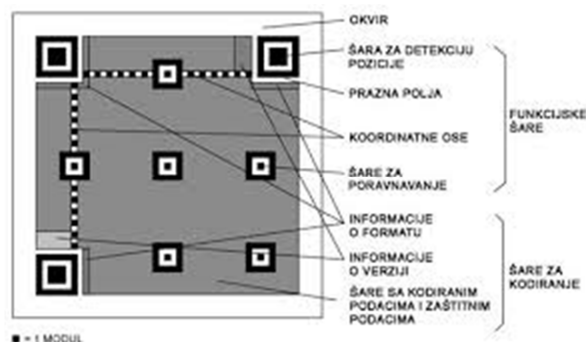
Slika 3. Znak za materijal prikladan za pakiranje hrane<sup>1</sup>

Oznake za identifikaciju proizvoda su nezaobilazne oznake na prodajnoj ambalaži. Najrasprostranjenija tehnologija za automatsku identifikaciju proizvoda je linijski kod ili bar kod. Bar kod je smisleni niz tamnih linija i svijetlih međuprostora koji omogućuju elektronskoj opremi očitavanje u njima sadržanih informacija o proizvodu. Prema količini i strukturi podataka bar kodovi se dijele na jednodimenzionalne i dvodimenzionalne. Najpoznatiji jednodimenzionalni bar kodovi su numerički kodovi (EAN/UPS i ITF) i alfanumerički kodovi (Kod 128, Kod 39, Codabar). Dvodimenzionalni bar kodovi u sebi nose osim šifre proizvoda čitav niz informacija o samom proizvodu. Najviše se koristi UPC (Universal Product Code) i EAN (European Article Numbering) kodovi. Osnovna razlika između UPC i EAN koda je broj znamenki koje se upotrebljavaju u oznaci. UPC sadrži 12 znamenki od kojih je samo pet namijenjeno za označavanje proizvoda. UPC se može smatrati podskupom EAN koda. EAN kod ima standardnu strukturu od 13 brojki koje sadrže podatke o zemlji podrijetla proizvođača i samom proizvodu. Pored EAN 13 koda postoji i EAN 8 bar kod. Dodjeljuje se onim proizvodima koji su premali da bi na njih fizički stao EAN 13 bar kod (slika 4.)<sup>1</sup>



Slika 4. Struktura EAN 13 koda<sup>1</sup>

QR (engl. *Quick Response*) je matrični (2D) kod definiran industrijskom normom ISO/IEC18004. QR kod je razvila japanska kompanija Toyota odnosno njena podružnica Denso Wave Incorporated. Svaki QR kod je strukturiran od tamnih i svijetlih modula, pravilno raspoređenih unutar kvadratne mreže u kojoj je veličina polja jednaka veličini jednog modula (slika 5). Svaki simbol QR koda sastoji se od funkcijskih šara i šara za kodiranje. Upotreba QR koda na ambalaži prehrambenih proizvoda, omogućava direktno prenošenje ključnih informacija o proizvodu na licu mjesta bez potrebe pristupanju nekoj udaljenoj bazi podataka. QR kodove može očitati svaki mobitel s fotoaparatom i pristupom internetu koji ima instaliranu aplikaciju za očitavanje QR kodova. <sup>1</sup>



Slika 5. Struktura QR koda <sup>1</sup>

Na ambalaži pojedinih prehrambenih proizvoda mogu se naći i oznake kvalitete hrane kojima proizvođači ističu posebne atribute kvalitete hrane namijenjene posebnim potrošačkim skupinama koje konzumiraju:

- hranu u skladu s određenim vjerskim načelima
- organski proizvedenu hranu
- hranu određenog geografskog porijekla i garantiraju tradicionalni ugled i izvornost (slika 6).



Slika 6. Oznake posebnih atributa kvalitete hrane

a) Halal, b) Košer, c) EU logo organske hrane, d) Oznaka izvornosti, e) oznaka geografskog porijekla, f) oznaka tradicionalnog ugleda hrane<sup>1</sup>

Na transportnoj ambalaži tiskaju se oznake za prikaz načina rukovanja proizvodima koje su standardizirane i usklađene s normom Međunarodne organizacije za standardizaciju ISO. Najčešće oznake na transportnoj ambalaži predstavljene su na slici 7.<sup>1</sup>



Slika 7. Oznake na transportnoj ambalaži<sup>1</sup>

Na ambalaži i predmetima opće upotrebe nalaze se brojčane i slovne oznake polimernih materijala (slika 8) od kojih su izrađeni i to: 1 - poli(etilen-tereftalat) (PET), 2 - polietilen visoke gustoće (PE-HD), 3 - poli(vinil-klorid) (PVC), 4 - polietilen niske gustoće (PE-LD), 5 - polipropilen (PP), 6 - polistiren (PS) dok se za ostale materijale

koristi broj 7 ili tekstualna oznaka (Other). Specifične oznake primjenjuju se za metalnu i staklenu ambalažu.<sup>9</sup>



Slika 8. Brojčane i slovne oznake polimernih materijala, oznaka za odlaganje metalnog ambalažnog otpada, oznaka za odlaganje staklenog ambalažnog otpada<sup>9</sup>

## 2.7. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽANIH MATERIJALA

Analiza dimenzija ambalažnih materijala podrazumijeva određivanje mase, gramature i debljine ambalažnog materijala mikrometrom.

### 2.7.1. Određivanje mase ambalaže

Mjerenje se izvodi tako da se uzorak rastavi na određene dijelove od kojih se sastoji, svaki dio se zasebno izmjeri na analitičkoj vagi, te na kraju cijeli uzorak.

### 2.7.2. Određivanje debljine ambalažnih materijala mikrometarskim vijkom

Mjerenje s milimetarskim vijkom izvodi se tako da se uzorak postavi između krakova mjerila, a izmjerena debljina očita se na skali mjernog bubnja. Debljinu očitati na tri različita mjesta.<sup>10</sup>

### 2.7.3. Određivanje gramature ambalažnih materijala

Izrežanim uzorcima (tri do pet uzoraka) ambalažnih materijala izračuna se površina,  $A / \text{cm}^2$ . Uzorci se izvažu na analitičkoj vagi, radi određivanja mase,  $m / \text{g}$ . Masa po jedinici površine ispitivanog uzorka izražena je kao srednja vrijednost pojedinog mjerenja. Iz podataka mase i površine uzorka izračunata je gramatura,  $Gg / \text{gm}^{-2}$ .<sup>10</sup>

$$Gg = (m / A) * 10^4 \text{ [g m}^{-2}\text{]} \quad (1)$$

gdje je:  $Gg$  – gramatura /  $\text{g m}^{-2}$

$A$  - površina uzorka /  $\text{cm}^2$

$m$  - masa uzorka /  $\text{g}$

## 2.8. IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA

Identifikacija polimernih materijala obuhvaća određivanje vrste i tipa, te kemijskog sastava polimernog materijala. Ta se određivanja mogu provoditi kemijskim i strukturnim analizama, koje su u većini slučajeva vrlo složene, dugotrajne i zahtijevaju veliko iskustvo istraživača. Za primjenu u praksi, dovoljno je odrediti kojoj skupini polimer pripada i kakva se svojstva mogu prema tome očekivati tj. barem približno odrediti o kojem se polimeru radi. U tu svrhu potreban je niz podataka dobivenih na temelju jednostavnih ispitivanja.<sup>11</sup>

### 2.8.1. Identifikacija polimera infracrvenom (FT-IR) spektroskopijom

IR-spektroskopija je vrlo česta metoda karakterizacije polimera. Ona daje informacije o kemijskoj strukturi (identifikacija polimera) i mikrostrukturi, koja je određena relativnim sadržajem cis- i trans- konfiguracija, brojem dvostrukih veza, tipom stereoregularnosti te stupnjem kristalnosti i stupnjem grananja. Nadalje, ovom metodom se može pratiti tijek kemijskih reakcija (npr. razgradnje polimera), obaviti kvantitativna analiza polimera i kopolimera, identifikacija i kvantitativna analiza aditiva, te utvrditi postojanje sekundarnih kemijskih veza.

IR spektar je vrlo karakteristično svojstvo neke tvari jer su položaj i intenzitet apsorpcijskih vrpca njene izuzetno specifične odlike te ga je moguće koristiti za identifikaciju tvari. Primjenjuje se za analizu uzoraka u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju.

Polimerni uzorak mora se pripremiti prikladnom tehnikom za IR spektroskopijsko ispitivanje.

Tehnika vodoravne prigušene refleksije (eng. Horizontal Attenuated Total Reflectance, HATR) omogućava spektroskopiranje prahova, pastila, gelova, kapljevina i čvrstih uzoraka. Ispitak se stavi na kristal visokog refrakcijskog indeksa, osigura dobar kontakt s kristalom i snimi spektar. Ovisno o agregatnom stanju uzorka, postoje različite izvedbe kristala.

Konačna potvrda o kemijskoj strukturi postiže se usporedbom dobivenog IR-spektra sa spektrom pretpostavljenog spoja, navedenim u literaturi (bazi podataka) ili bazi podataka u računalu. Računalo pretražuje područje preklapanja frekvencija i intenziteta eksperimentom određenih apsorpcijskih vrpca s vrpca iz pohranjenih spektara i daje ime spoja ili spojeva najvećeg koeficijenta (%) sličnosti<sup>12</sup>.

## **2.9. GOSPODARENJE AMBALAŽNIM OTPADOM**

Gospodarenje otpadnom ambalažom su djelatnosti sakupljanja, prijevoza, uporabe i zbrinjavanja i druge obrade otpadne ambalaže, uključujući nadzor nad tim postupcima te nadzor i mjere koje se provode na lokacijama nakon zbrinjavanja ostataka od uporabe otpadne ambalaže, te radnje koje poduzimaju posrednik ili trgovac otpadnom ambalažom. Otpadna ambalaža (ambalažni otpad) je ambalaža koja je otpad u smislu Zakona, isključujući ostatke materijala koji nastaju pri proizvodnji ambalaže.<sup>13</sup>

Utjecaj ambalažnih materijala na okolinu počinje s korištenjem sirovina za proizvodnju ambalažnih materijala. Nastavlja se proizvodnjom ambalaže, primjenom iste u procesu proizvodnje pakiranja proizvoda, uporabom upakiranog proizvoda i na kraju njenom pretvorbom u ambalažni otpad. Osim što estetski narušava okolinu ambalažni otpad može zagađivati zrak, tlo i vodu. Prerada sirovina i proizvodnja ambalaže u manjoj ili većoj mjeri zagađuje okolinu. Proces proizvodnje zahtjeva velike količine energije. Tako na primjer potrošnja energije po plastičnoj boci biti će mnogo manja

nego boce stakla. Iako plastika ima brojna ekološki prihvatljiva rješenja, ipak recikliranje plastičnih materijala nije toliko razgranato kao kod ostalih materijala. Plastična ambalaža sadrži polimere koji su međusobno nekompatibilni i moraju se prije recikliranja razdvojiti, što je zahtjevan i skup posao. Potrošači će teško razlikovati plastične materijale bez prethodne obuke, stoga je usvojen sistem označavanja plastičnih materijala. Spaljivanje plastike je jedna od mogućnosti dobivanja energije iz otpada. To je ekološki prihvatljiva mogućnost uz uvjet da se spaljivanje obavlja korištenjem tehnologija koje minimaliziraju ispuštanje otpadnih plinova.

Prerada drveta i proizvodnja papirne i kartonske ambalaže je veliki kemijski zagađivač okoline koji zahtjeva znatnu količinu energije i vode. Ekonomski je najmanje opravdano smatrati ovu ambalažu razgradivom i ostaviti je da se raspadne u zemljištu. Papirna i kartonska ambalaža mogu se lako reciklirati, ali ograničen broj puta. Osim mogućnosti reciklaže, prednost papira je i ta što se proizvodi od obnovljivih izvora. Papir i karton mogu se spaliti u cilju dobivanja energije, biorazgradivi su pa se mogu i kompostirati.

Proizvodnja stakla zahtjeva upotrebu velike količine energije, jer se topljenje stakla obavlja pri visokoj temperaturi. Staklena ambalaža je idealna za ponovnu upotrebu, može se 100% reciklirati. Zbog toga industrija stakla ima izvrstan ekološki imidž. Problem vezan uz staklo je u njegovom prikupljanju, jer prikupljanje je skupo, posebno u malim sredinama

Za proizvodnju metalne, a posebno aluminijske ambalaže koristi se velika količina energije. Većina metala se mogu ponovo istopiti bez gubitaka svojstava, stoga se mogu koristiti u proizvodnji nove ambalaže i drugih proizvoda. Aluminij se može višestruko reciklirati bez gubitka kvalitete, tako da limenka može biti proizvedena od 100%-tnog recikliranog materijala.

Problem recikliranja izražen je kod kombinirane ambalaže. Ovi materijali se mogu podvrgnuti toplinskoj, fizičko-kemijskoj ili kemijskoj razgradnji, a proizvodi se mogu koristiti kao sirovina u kemijskoj industriji. Polimerni materijali koji se ne mogu razdvojiti ili se ne podvrgavaju razgradnji, mogu se koristiti za dobivanje energije spaljivanjem.

Legislatura EU zahtjeva, kako od zemalja u Uniji, tako i od zemalja kandidata za članstvo u EU, razvijanje planova upravljanja otpadom u skladu sa relevantnim direktivama. Principi definirani u okvirnoj direktivi o otpadu (2006/12/EC), (2008/98/EC) i EU strategiji upravljanja otpadom su: princip prevencije, princip



recikliranja i ponovnog korištenje i princip unapređenja krajnjeg odlaganja i monitoringa. Direktiva 94/62/EU koja pokriva ambalažu i ambalažni otpad postavlja ciljeve za recikliranje ambalaže i ambalažnog otpada unutar EU i to za: staklo 60%, metal 50%, karton i papir 60%, plastiku 22,5% i drvenu ambalažu 15%. Radi lakšeg prikupljanja, povrata ili povratne upotrebe ambalažnog materijala, na ambalaži mora postojati informacija o vrsti upotrijebljenog materijala. Označavanje je bazirano na određenom sistemu brojeva i skraćenica. Brojevi koji se koriste za označavanje dodijeljeni su različitim materijalima i to: 1-19 plastični materijali, 20-39 papir i karton, 40-49 metal, 50-59 drvo, 60-69 tekstil, 70-79 staklo i 80-99 višeslojni materijali. Pored identifikacijskim oznaka na ambalaži se mogu uočiti i razne oznake ekološkog karaktera kao što su: Mobiusova petlja (slika 9), povratna ambalaža (slika 10), zelena točka (slika 11), recikliraj (slika 12), *pitch in* (ubaci u) (slika 13) <sup>1</sup>. U Hrvatskoj se još 1988. započelo s odvojenim prikupljanjem otpada u oko 6000 spremnika i posuda smještenih na javnim površinama. Međutim, zbog slabe organizacije reciklira se svega 3-4% ambalažnog otpada, a najveći dio se odlaže. Upravo iz razloga što se dosadašnji način prikupljanja nije pokazao djelotvornim pristupilo se modelu po sustavu depozita. Povrat ambalaže u ovom sustavu je 60-90% čime se znatno smanjuje opterećivanje odlagališta, pribavljaju se velike količine sirovine, a troškovi zbrinjavanja se smanjuju.<sup>14</sup> U Hrvatskoj trenutno postoje odlagališta (kontejneri) za staklenu, plastičnu ambalažu, papir i tekstil, od čega se povratna novčana naknada dobiva samo za staklenu i PET ambalažu.



Slika 9. Mobiusova petlja <sup>1</sup>



Slika 10. Povratna ambalaža <sup>1</sup>



Slika 11. Zelena točka <sup>1</sup>



Slika12. Recikliraj <sup>1</sup>



Slika 13. Ubaci u, (engl. *Pitch in*)<sup>1</sup>

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO




#### 3.1. MATERIJALI

Uzorci ambalažnog materijala ispitivani u ovom radu su prikazani u tablicama

Tablica 1. Voda

	Voda 0,5 L	1.a Boca 1.b Navojni zatvarač
	Voda 0,5 L	2.a Boca 2.b Navojni zatvarač
	Mineralna voda 1 L	3.a Boca 3.b Navojni zatvarač
	Mineralna voda 1,5 L	4.a Boca 4.b Navojni zatvarač



Tablica 2. Gazirana pića

	Plastična boca 2 L	5a Boca 5.b Navojni zatvarač
	Plastična boca 0,5 L	6.a Boca 6.b Navojni zatvarač
	Limenka 0,2 L	7.a Boca 7.b <i>Pull up</i> zatvarač

Tablica 3. Voćni sokovi

	Voćni nektar 2 L	8.a „Tetrapack“ 8.b Zatvarač
	Voćni nektar 1 L	9.a „Tetrapack“ 9.b Zatvarač
	Voćni nektar 0,25 L	10.a „Tetrapack“ 10.b Zatvarač
	Koncentrirani sok od naranče 1 L	11.a Boca 11.b Navojni zatvarač
	Pasterizirani jabučni mutni sok	12.a Boca 12.b "Tvist off" zatvarač
	Voćni sok od voćnog koncentrata 0,25 L	13.a Boca 13.b Krunasti zatvarač
	Voćni sok 0,2 L	14.a Boca 14.b " Tvist off" zatvarač


Tablica 4. Kava čaj i instant proizvodi

	Mljevena kava vakumirana 250 g	15.a Aluminijska folija 15.b Vanjski omot
	Mljevena kava 400 g	16.a Vrećica

	Mljevena kava u limenci	17.a Limenka 17.b Frikcijski poklopac
	Instant kava 200 g	18.a Staklena boca 18.b Gornji poklopac 18.c Središnji poklopac 18.d Donji poklopac 18.e Unutarnji poklopac 18.f Termosakupljajuća folija
	Instant kava 18 g	19.a Vrećica
	Čaj u filter vrećicama 40 g	20.a Kutija
	Zeleni čaj 50 g	21.a Aluminijska folija 21.b Papir 21.c Vanjska folija 21.d Zatvarač

Tablica 5. Vino

	Plastična boca 2 L	22.a Boca 22.b Navojni zatvarač
	Staklena boca 0,187 L	23.a Boca 23.b Navojni zatvarač
	Staklena boca s plutenim zatvaračem	24.a Boca 24.b Pluteni zatvarač
	Staklena boca s plastičnim zatvaračem	25.a Boca 25.b Plastični zatvarač

	Vrećica u kutiji <i>Bag in box</i> 5 L	26.a Aluminijska vrećica 26.b Unutarnja folija 26.c Kartonska kutija 26.d Zatvarač 26.e Tekstilna ručka
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tablica 6. Pivo

	Plastična boca 1,854 L	27.a Boca 27.b Navojni zatvarač
	Limenka 0,33 L	28.a Boca 28.b "Pull off" zatvarač
	Limenka od 0.5 L	29.a Boca 29.b "Pull off" zatvarač
	Staklena boca 0,33 L	30.a Boca 30.b Krunski zatvarač

## 3.2. APARATURA I METODA RADA

### 3.2.1. Analiza dimenzija ambalažnih materijala

Prikupljenim uzorcima određena je debljina materijala mikrometrom te masa i gramatura. Staklenoj ambalaži određena je samo masa.

#### 3.1.1.1. Određivanje mase ambalaže

Uzorci su rastavljeni na dijelove prema vrstama materijala te su na analitičkoj vagi izvagani materijali čija masa nije prešla 200 g, a materijali veće mase vagani su na tehničkoj vagi.

### 3.2.1.1. Određivanje debljine ambalažnih materijala mikrometarskim vijkom

Za mjerenje je korišten digitalni mikrometar, Mitutoyo, 0,001 mm. Debljina je mjerena na izrezanim uzorcima, očitana na tri različita mjesta na uzorku i izražena kao srednja vrijednost.

### 3.1.1.2. Određivanje gramature ambalažnih materijala

Uzorci su izrezani na odgovarajuću površinu, zatim izvagani na analitičkoj vagi. Gramatura uzoraka izračunata je uvrštavanjem podataka za masu i površinu u izraz (1). Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost triju paralelnih mjerenja.

### 3.2.2. Identifikacija polimernih materijala

Prikupljeni uzorci ambalaže koji nisu imali svoju oznaku, identificirani su pomoću IR spektroskopije.

#### 3.2.2.1. Infracrvena (FT-IR) spektroskopija

Infracrvena spektroskopska analiza provedena je HATR tehnikom na ravnom kristalu od ZnSe (kut upadne zrake  $45^\circ$ ) u području valnih brojeva od  $4000\text{-}650\text{ cm}^{-1}$  uz spektralnu rezoluciju od  $4\text{ cm}^{-1}$ . Snimanje infracrvenih spektara izvršeno je pomoću Perkin Elmerovog Spectrum One računalnog programa. Nakon pokretanja programa snimljen je spektar pozadine koji instrument automatski oduzima od spektra uzorka. Ravni uzorak je postavljen na kristal ZnSe i pomoću poluge za primjenu sile osiguran dobar kontakt uzorka i kristala. Odabrani su radni uvjeti i snimljeni spektri uzorka. Pomoću istog računalnog programa izvršena je identifikacija materijala usporedbom s spektrima iz baze podataka (Slika 8.).



Slika 14. FT-IR spektrometar s dodatkom za snimanje HATR tehnikom

## 4. REZULTATI RADA

### 4.1. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA

#### 4.1.1. Određivanje mase ambalaže

Tablica 7. Masa ambalaže

Ambalaža	Uzorak	Masa/g	Masa/ g
VODA	1.a	21,7280	24,09
	1.b	2,3640	
	2.a	204,2817	205,41
	2.b	1,1308	
	3.a	38,2271	39,91
	3.b	1,6338	
	4.a	40,6373	42,87
	4.b	2,2402	
GAZIRANA PIĆA	5.a	45,7860	48,15
	5.b	2,3655	
	6.a	21,6580	23,99
	6.b	2,3340	
	7.a	15,1490	15,46
	7.b	0,3130	
VOĆNI SOKOVI	8.a	60,7099	62,73
	8.b	2,0223	
	9.a	11,9386	12,38
	9.b	0,4426	
	10.a	34,4372	36,65
	10.b	1,2155	
	11.a	30,5422	33,18
	11.b	2,6447	



	12.a	361,6400	365,94
	12.b	4,3005	
	13.a	172,9500	175,09
	13.b	2,14389	
	14.a	117,0003	121,01
	14.b	4,0110	
KAVA, ČAJ I INSTANT PROIZVODI	15.a	8,1604	11,20
	15.b	3,0457	
	16.a	12,7200	12,72
	17.a	113,7500	144,98
	17.b	31,2300	
	18.a.	374,900	412,18
	18.b.	9,2825	
	18.c	16,2143	
	18.d	7,1323	
	18.e	1,5486	
	18.f	3,1113	
	19.a	0,7213	0,72
	20.a	20,1161	20,11
	21.a.	0,5300	5,44
	21.b	2,8600	
	21.c	1,5340	
21.d	0,5258		
VINO	22.a.	49,4500	50,99
	22.b.	1,5451	
	23.a.	171,1200	172,54
	23.b.	1,4288	
	24.a	556,7600	560,80
	24.b	4,0485	
	25.a	452,35	457,62
	25.b	5,2790	
	26.a	22,7600	295,47
	26.b	8,7700	
	26.c	246,5800	
	26.d	16,0191	
	26.e	1,3456	
PIVO	27.a.	50,8800	53,09
	27.b.	2,2186	
	28.a.	13,5378	13,82
	28.b.	0,2838	
	29.a.	15,3336	15,64
	29.b.	0,3151	

	30.a	190,4000	192,36
	30.b	1,9681	

#### 4.1.2. Određivanje debljine materijala mikrometarskim vijkom

Tablica 8. Debljina ambalažnog matreijala

Ambalaža	Uzorak	Debljina, D/mm
VODA	1.a	1. 0,200
		2. 0,193
		3. 0,207
		<b>Σ 0,200</b>
	1.b	/
	2.a	/
	2.b	/
	3.a	1. 0,210
2. 0,241		
3. 0,248		
<b>Σ 0,233</b>		
3.b	/	
4.a	1. 0,272	
	2. 0,278	
4.b	3. 0,278	
	<b>Σ 0,276</b>	
GAZIRANA PIĆA	5.a	1. 0,260
		2. 0,246
		3. 0,240
		<b>Σ 0,248</b>
	5.b	/
	6.a	1. 0,061
		2. 0,058
	6.b	3. 0,055
<b>Σ 0,058</b>		
7.a	1. 0,069	
	2. 0,054	
7.b	3. 0,063	
	<b>Σ 0,062</b>	
VOĆNI SOKOVI	8.a	1. 0,408
		2. 0,405
		3. 0,414
	<b>Σ 0,409</b>	
8.b	/	

	9.a	1. 0,206 2. 0,220 3. 0,178 <b>Σ 0,201</b>	
	9.b	/	
	10.a	1. 0,289 2. 0,280 3. 0,250 <b>Σ 0,273</b>	
	10.b	/	
	11.a	1. 0,193 2. 0,219 3. 0,183 <b>Σ 0,198</b>	
	11.b	/	
	12.a	/	
	12.b	/	
	13.a	/	
	13.b	/	
	14.a	/	
	14.b	/	
	KAVA, ČAJ I INSTANT PROIZVODI	15.a	1. 0,059 2. 0,011 3. 0,005 <b>Σ 0,025</b>
		15.b	1. 0,083 2. 0,083 3. 0,085 <b>Σ 0,083</b>
16.a		1. 0,070 2. 0,061 3. 0,059 <b>Σ 0,063</b>	
17.a		/	
17.b		/	
18.a		/	
18.b		/	
18.c		/	
18.d.		1. 0,656 2. 0,611 3. 0,638 <b>Σ 0,635</b>	
18.e		1. 0,656 2. 0,611 3. 0,638 <b>Σ 0,635</b>	
18.f	1. 0,044 2. 0,043		

		3. 0,041 <b>Σ 0,042</b>
	19.a	1. 0,043 2. 0,041 3. 0,043 <b>Σ 0,042</b>
	20.a	1. 0,357 2. 0,372 3. 0,345 <b>Σ 0,358</b>
	21.a	1. 0,002 2. 0,002 3. 0,002 <b>Σ 0,002</b>
	21.b	1. 0,075 2. 0,076 3. 0,066 <b>Σ 0,072</b>
	21.c	1. 0,015 2. 0,017 3. 0,015 <b>Σ 0,015</b>
	21.d	/
VINO	22.a	1. 0,229 2. 0,226 3. 0,226 <b>Σ 0,227</b>
	22.b	/
	23.a	/
	23.b	/
	24.a	/
	24.b	/
	25.a	/
	25.b	/
	26.a	1. 0,079 2. 0,084 3. 0,082 <b>Σ 0,081</b>
	26.b	1. 0,050 2. 0,045 3. 0,043 <b>Σ 0,046</b>
	26.c	1. 1,276 2. 1,213 3. 1,215 <b>Σ 1,234</b>
	26.d	/

	26.e	/
PIVO	27.a.	1. 0,244 2. 0,230 3. 0,228 <b>Σ 0,234</b>
	27.b.	/
	28.a.	1. 0,089 2. 0,090 3. 0,092 <b>Σ 0,090</b>
	28.b.	/
	29.a.	1. 0,088 2. 0,085 3. 0,086 <b>Σ 0,086</b>
	29.b.	/
	30.a	/
	30.b	/

Napomena: Staklenim bocama nije bilo moguće odrediti debljinu stijenke

#### 4.1.3. Gramatura ambalažnih materijala

Tablica 9. Gramatura ambalažnih materijala

Ambalaža	Uzorak	Površina uzorka, A/cm	Masa, m/g	Gramatura, Gg/g m <sup>-2</sup>
VODA	1.a	5	0,6543	1308,6
	1.b	/	/	/
	2.a	/	/	/
	2.b	/	/	/
	3.a	5	0,8436	1768,7
	3.b	/	/	/
	4.a	5	1,0459	2091,8
	4.b	/	/	/
GAZIRANA PIĆA	5.a	5	0,8862	1772,4
	5.b	/	/	/
	6.a	5	0,6531	1306,2
	6.b	/	/	/
	7.a	5	0,5223	1044,6
	7.b	/	/	/
VOĆNI	8.a	5	0,9183	1836,6

SOKOVI	8.b	/	/	/
	9.a	5	0,6474	1295,2
	9.b	/	/	/
	10.a	5	0,7432	1486,4
	10.b	/	/	/
	11.a	5	0,9406	1881,2
	11.b	/	/	/
	12.a	/	/	/
	12.b	/	/	/
	13.a	/	/	/
	13.b	/	/	/
	14.a	/	/	/
	14.b	/	/	/
	KAVA, ČAJ I INSTANT PROIZVODI	15.a	5	0,2267
15.b		5	0,3311	662,2
16.a		5	0,3287	657,4
17.a		/	/	/
17.b		/	/	/
18.a		/	/	/
18.b		/	/	/
18.c		/	/	/
18.d		/	/	/
18.e		5	0,4442	888,4
18.f		5	0,4190	838,0
19.a		5	0,1699	339,8
20.a		5	0,8434	1686,8
21.a		5	0,0501	100,2
21.b		5	0,1815	363,0
21.c		5	0,0510	102,0
21.d	/	/	/	
VINO	22.a	5	0,8202	1640,4
	22.b	/	/	/
	23.a	/	/	/
	23.b	/	/	/
	24.a	/	/	/
	24.b	/	/	/
	25.a	/	/	/
	25.b	/	/	/
	26.a	5	0,2336	467,2
	26.b	5	0,1046	209,2
	26.c	5	2,1830	4366,0
	26.d	/	/	/

	26.e	/	/	/
PIVO	27.a.	5	1,0685	2137,0
	27.b.	/	/	/
	28.a.	5	0,6835	1367,0
	28.b.	/	/	/
	29.a.	5	0,6807	1367,4
	29.b.	/	/	/
	30.a.	/	/	/
	30.b.	/	/	/

Napomena: Staklenim bocama nije bilo moguće odrediti gramaturu

#### 4.2. RAZVRSTAVNJE I IDENTIFIKACIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA

Vizualnim pregledom ambalaže ispitano je li ambalaža označena međunarodno priznatim oznakama za identifikaciju materijala. Rezultati analize prikazani su u tablici 10. Uzorci koji nisu označeni analizirani su IR spektroskopijom

Tablica 10. Pregled uzoraka s oznakom za identifikaciju

Ambalaža	Uzorak	Opis uzorka	Oznaka za identifikaciju
VODA	1.a	Boca	PET
	1.b	Navojni zatvarač	PE
	2.a	Boca	GL
	2.b	Navojni zatvarač	ALU
	3.a	Boca	PET
	3.b	Navojni zatvarač	PE
	4.a	Boca	PET
	4.b	Navojni zatvarač	PE
GAZIRANA PIĆA	5.a	Boca	PET
	5.b	Navojni zatvarač	PE
	6.a	Boca	PET
	6.b	Navojni zatvarač	PE
	7.a	Boca	ALU
	7.b	"Pull up" zatvarač	ALU
VOĆNI SOKOVI	8.a	„Tetrapack“	84
	8.b	Zatvarač	
	9.a	„Tetrapack“	84
	9.b	Zatvarač	
	10.a	„Tetrapack“	84

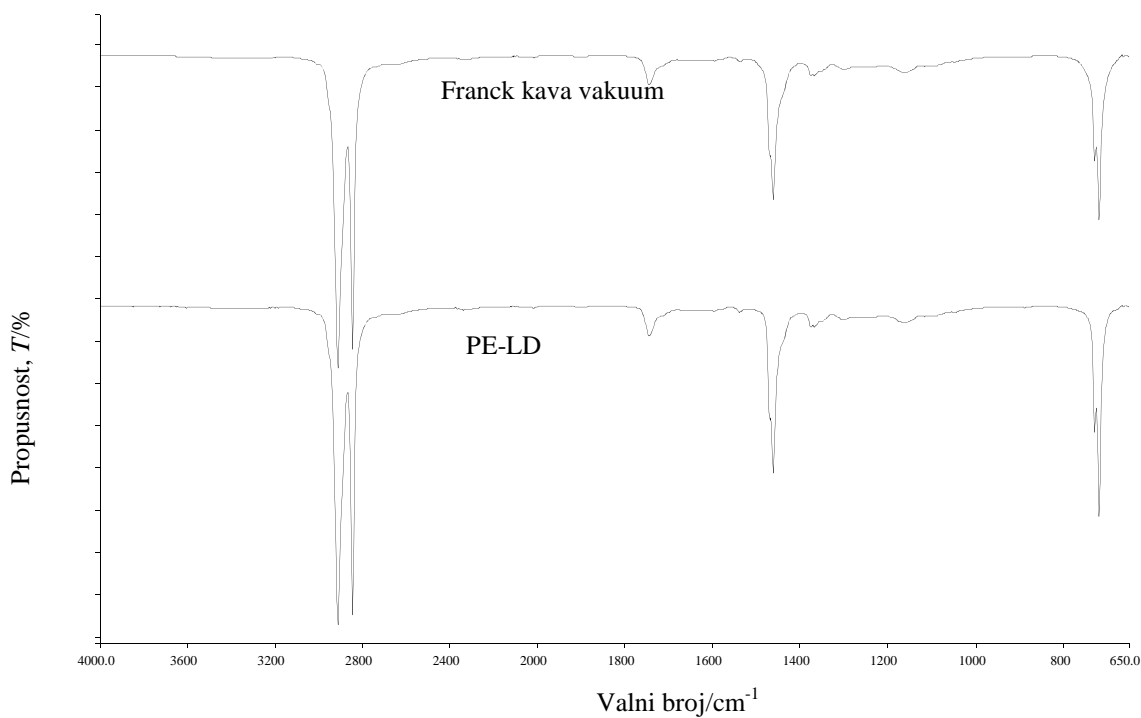
	10.b	Zatvarač	
	11.a	Boca	PET
	11.b	Navojni zatvarač	PE
	12.a	Boca	GL 70
	12.b	Twist off zatvarač	
	13.a	Boca	GL 70
	13.b	Krunski zatvarač	
	14.a	Boca	GL 71
	14.b	Navojni zatvarač	
KAVA, ČAJ I INSTANT PROIZVODI	15.a	Folija	-
	15.b	Vanjski omot	-
	16.a	Vrećica	-
	17.a	Limenka	ALU
	17.b	Friksijski poklopac	ALU
	18.a.	Boca	GL 70
	18.b.	Gornji poklopac	-
	18.c	Središnji poklopac	-
	18.d	Donji poklopac	-
	18.e	Unutarnji dio	-
	18.f	Termosakupljajuća folija	PP
	19.a	Vrećica	-
	20.a	Kutija	PAP 21
	21.a.	Folija	ALU
21.b	Papir	PAP 22	
21.c	Folija	-	
21.d	Zatvarač	ALU	
VINO	22.a.	Boca	PET
	22.b.	Navojni zatvarač	PE
	23.a.	Boca	GL 71
	23.b.	Navojni zatvarač	-
	24.a	Boca	GL 72
	24.b	Zatvarač	
	25.a	Boca	GL 72
	25.b	Zatvarač	-
	26.a	Vrećica	ALU
	26.b	Folija	-
	26.c	Kutija	PAP 21
26.d	Zatvarač	-	
26.e	Ručka		
PIVO	27.a.	Boca	PET
	27.b.	Navojni zatvarač	PE
	28.a.	Limenka	ALU



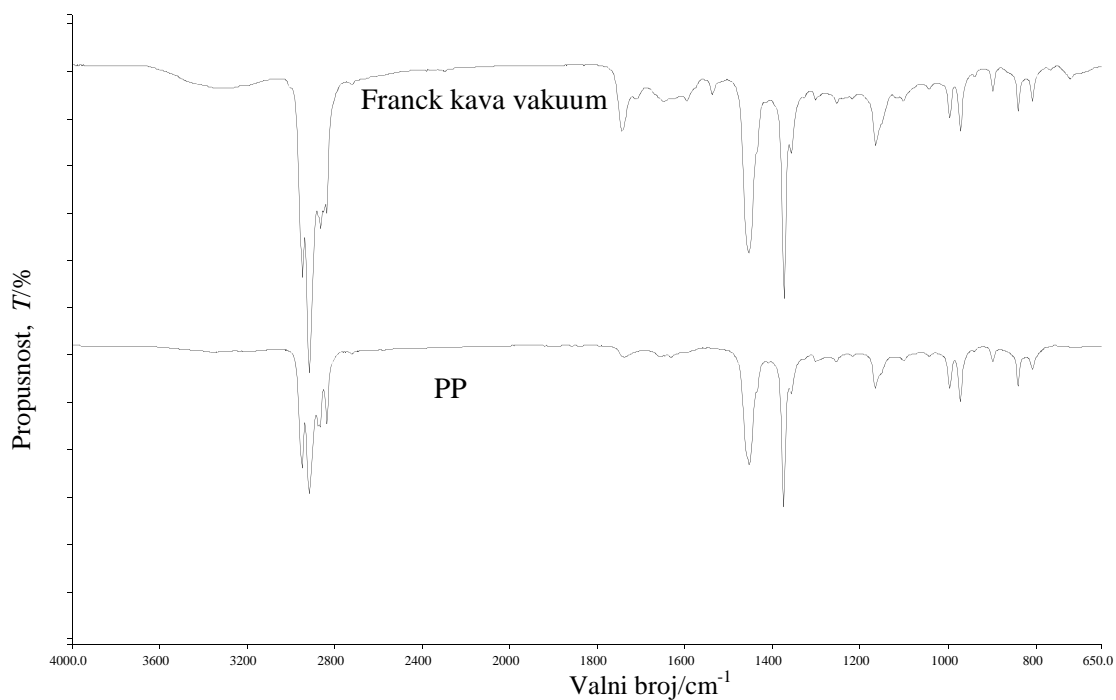
	28.b.	Pull off zatvarač	
	29.a.	Limenka	ALU
	29.b.	Pull off zatvarač	
	30.a	Boca	GL 71
	30.b	Krunski zatvarač	-

#### 4.2.1. FT-IR spektri polimernih materijala

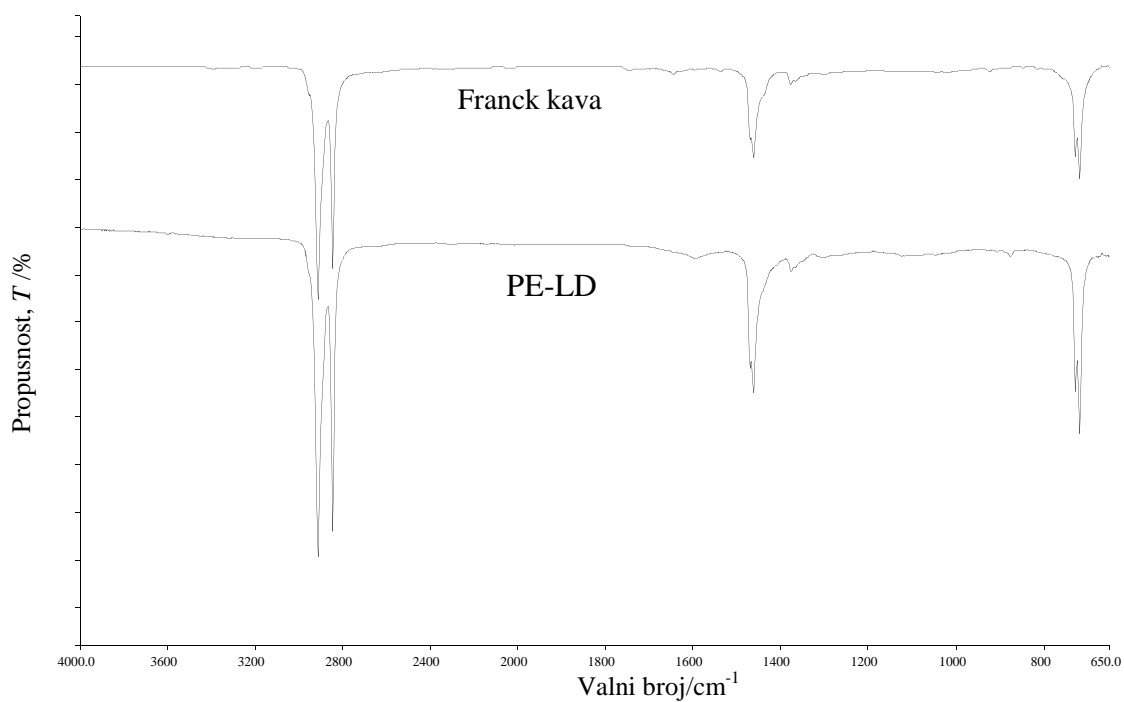
IR spektri pojedinih dijelova ambalaže snimljeni su u području valnih duljina 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  i uspoređeni s IR spektrima u bazi podataka.



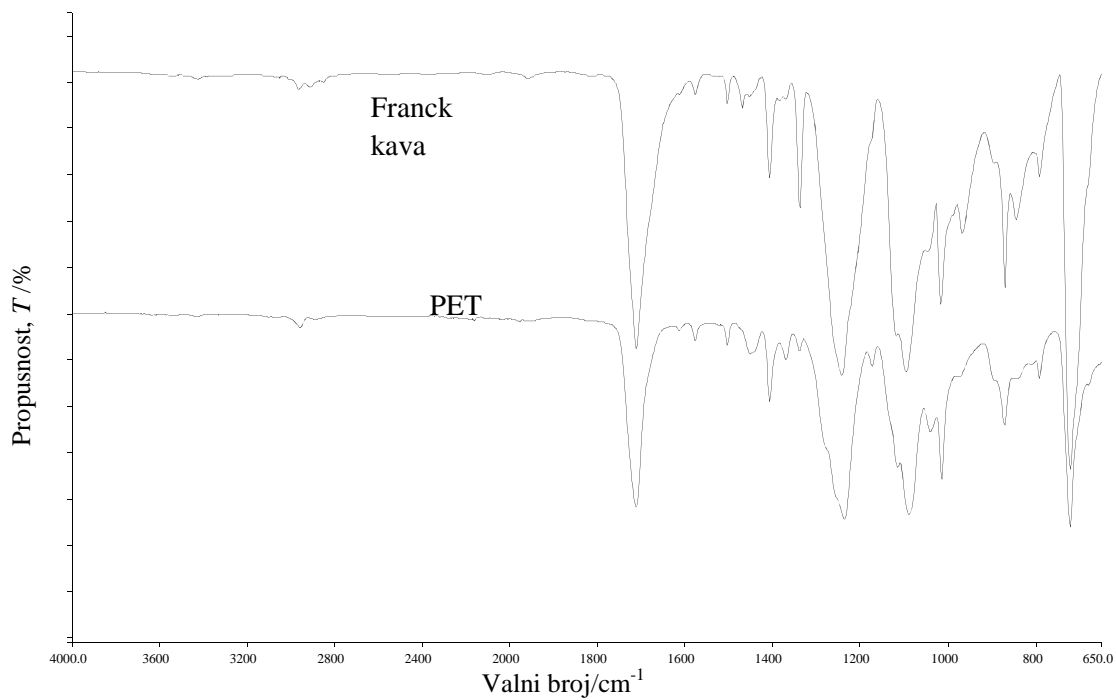
Slika 15. Uzorak 15a (folija-unutrašnji dio), usporedba s bazom podataka, podudarnost 96,0 % sa spektrom PE-LD-a



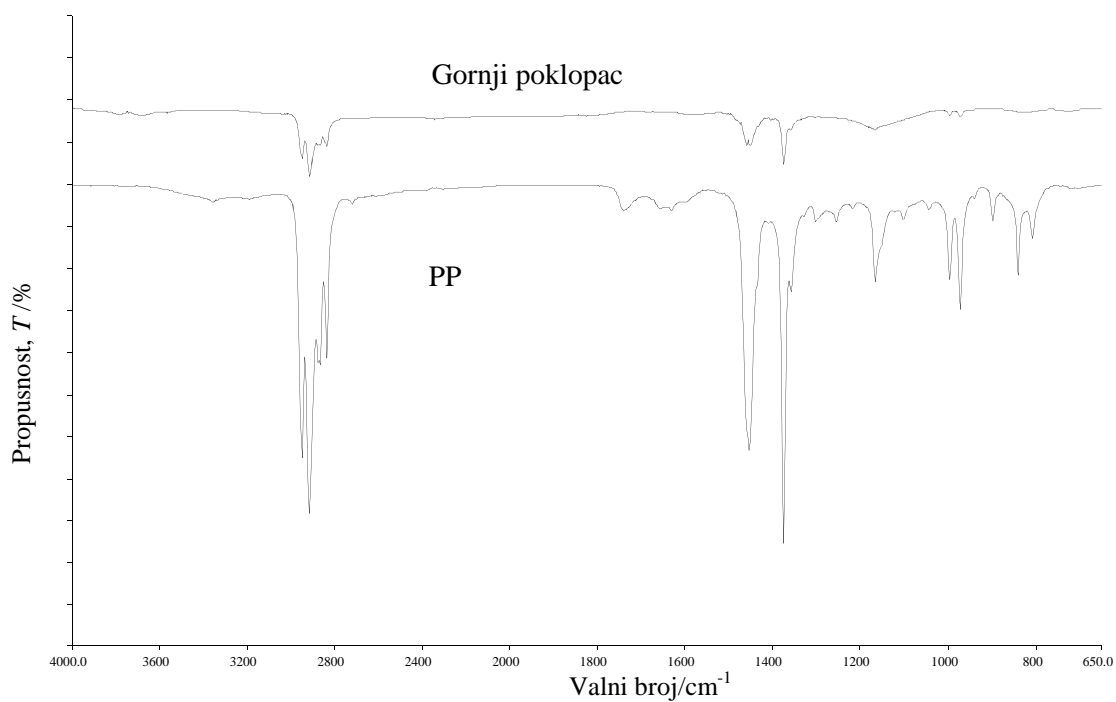
Slika 16. Uzorak 15b (vanjski omot), usporedba s bazom podataka, podudarnost 93,6 % sa spektrom PP-a



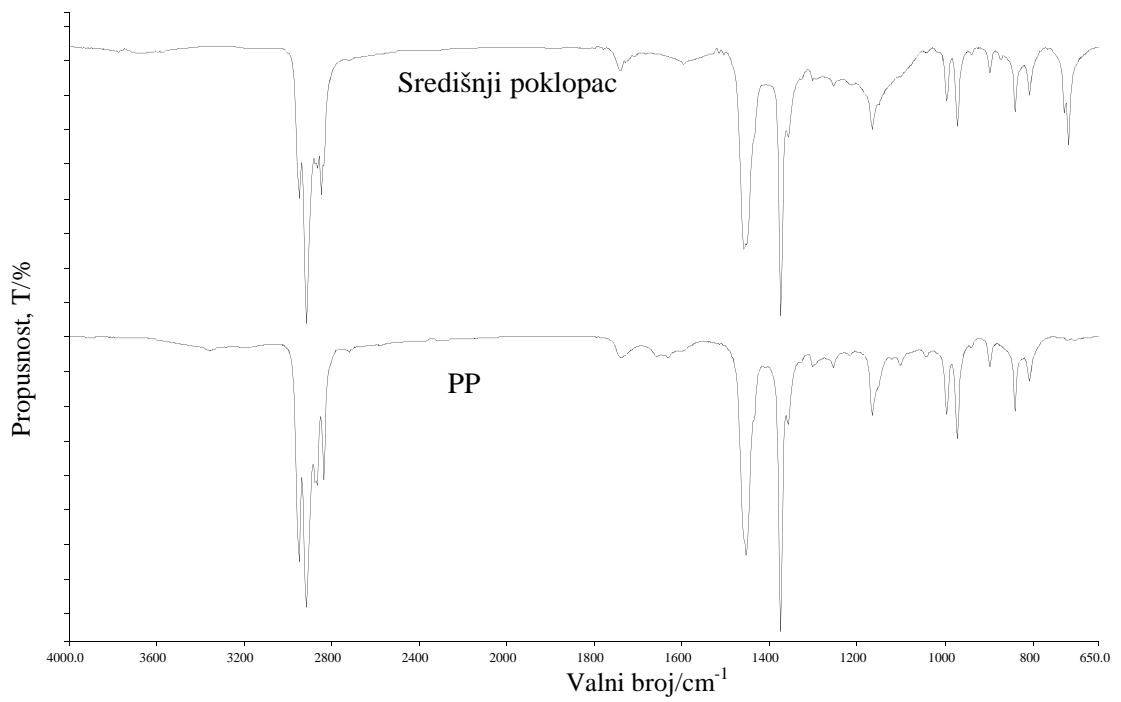
Slika 17. Uzorak 16.a (vrećica-unutrašnji dio), usporedba s bazom podataka, podudarnost 96,1 % sa spektrom PE-LD-a



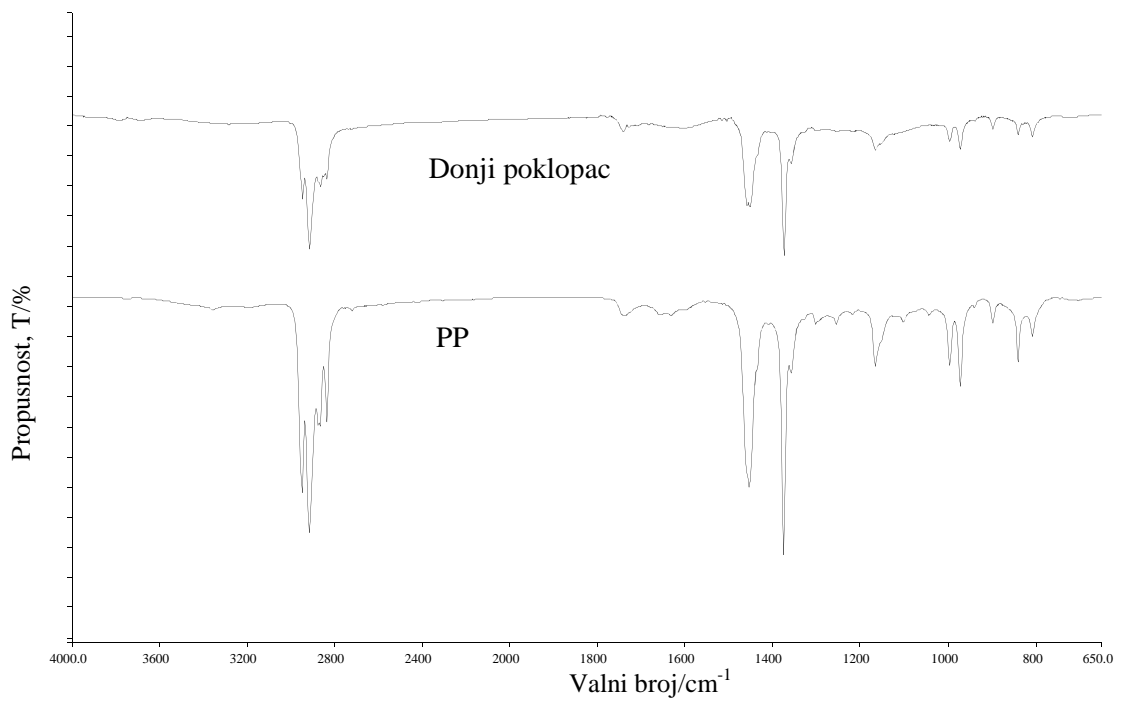
Slika 18. Uzorak 16.a (vrećica- vanjski dio), usporedba s bazom podataka, podudarnost 73,8 % sa spektrom PET-a



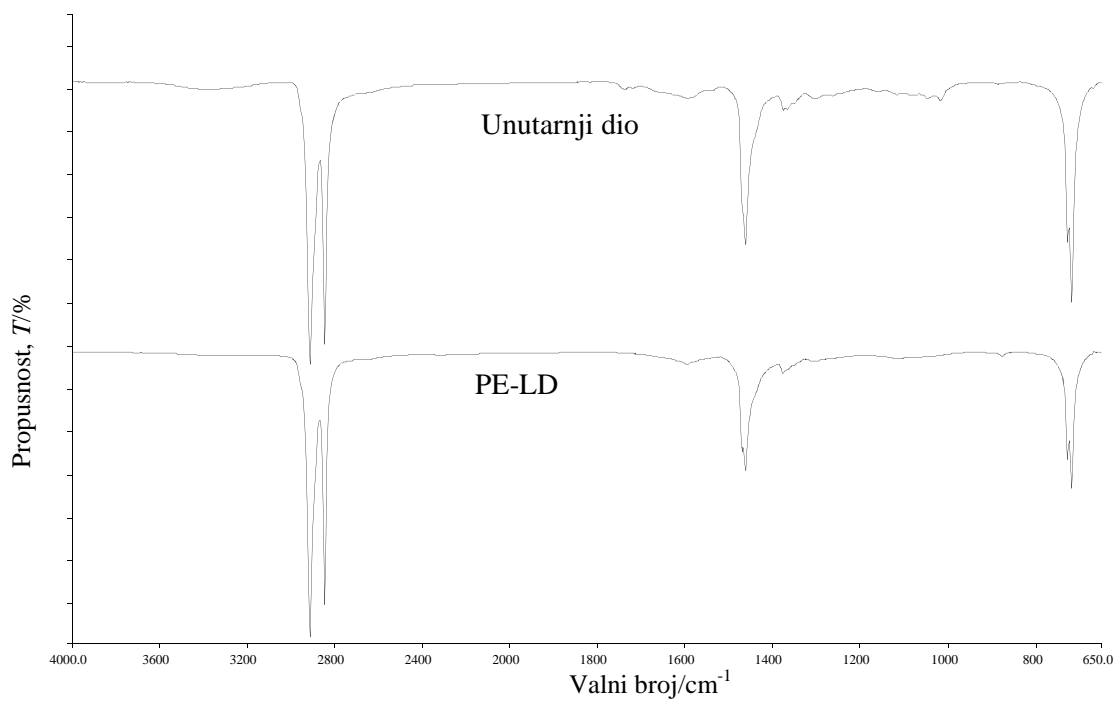
Slika 19. Uzorak 18.b (gornji poklopac), usporedba s bazom podataka podudarnost 90,0 % sa spektrom PP



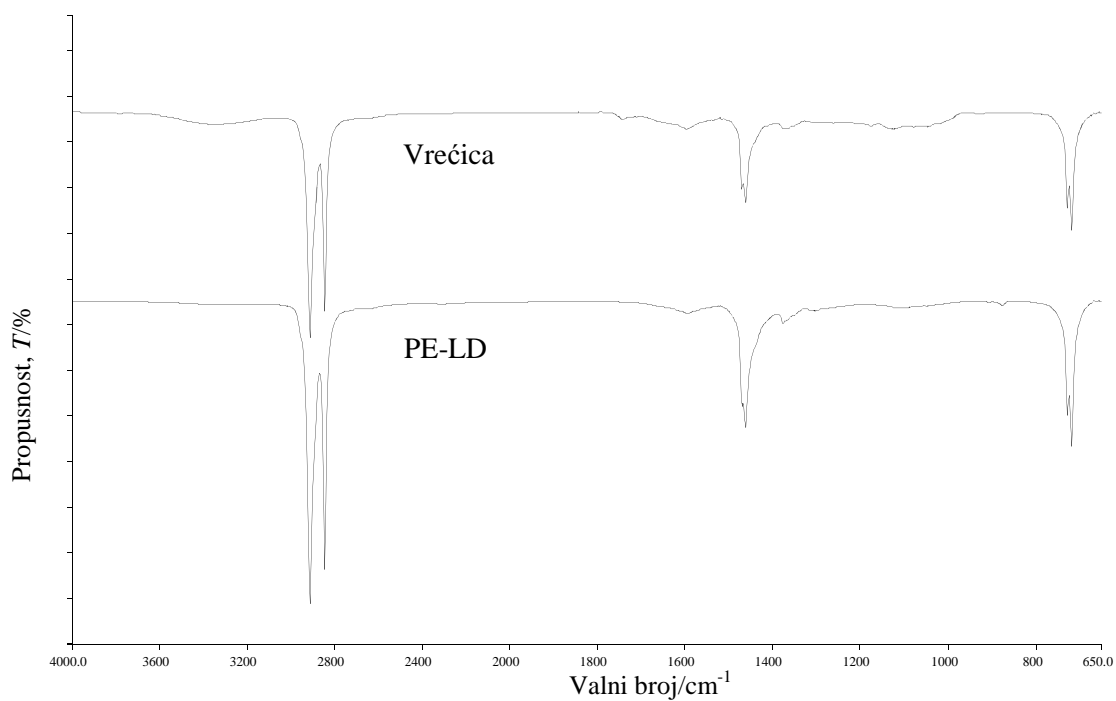
Slika 20. Uzorak 18.c (središnji poklopac), usporedba s bazom podataka podudarnost 92,0 % sa spektrom PP-a



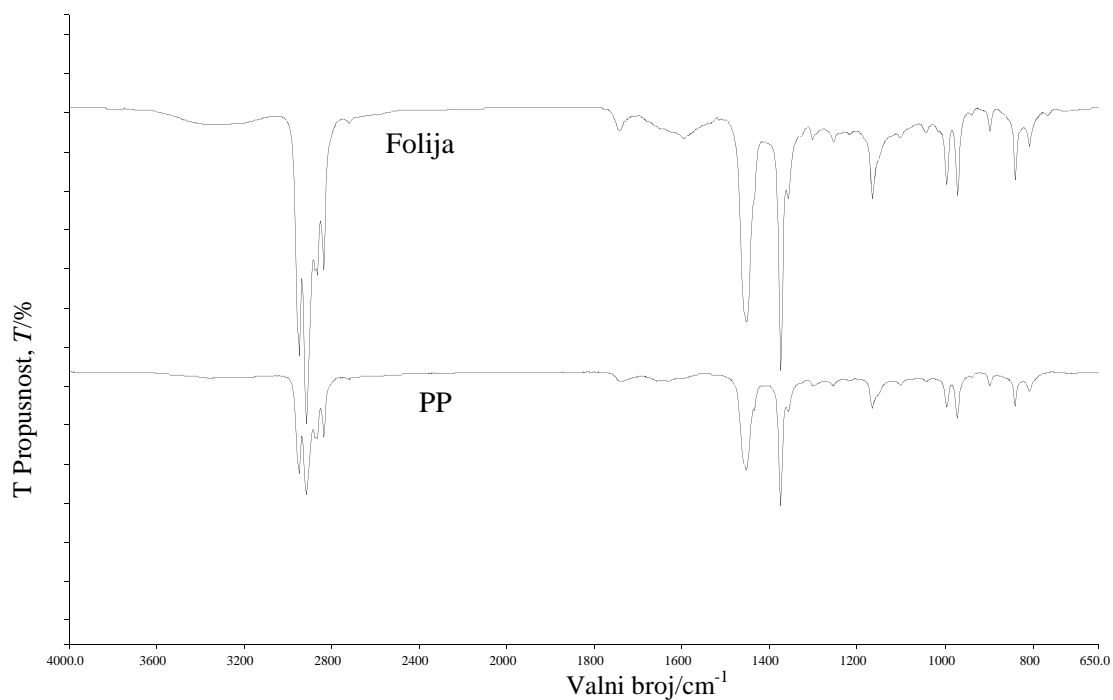
Slika 21. Uzorak 18.d (donji poklopac), usporedba s bazom podataka podudarnost 89,0 % sa spektrom PP-a



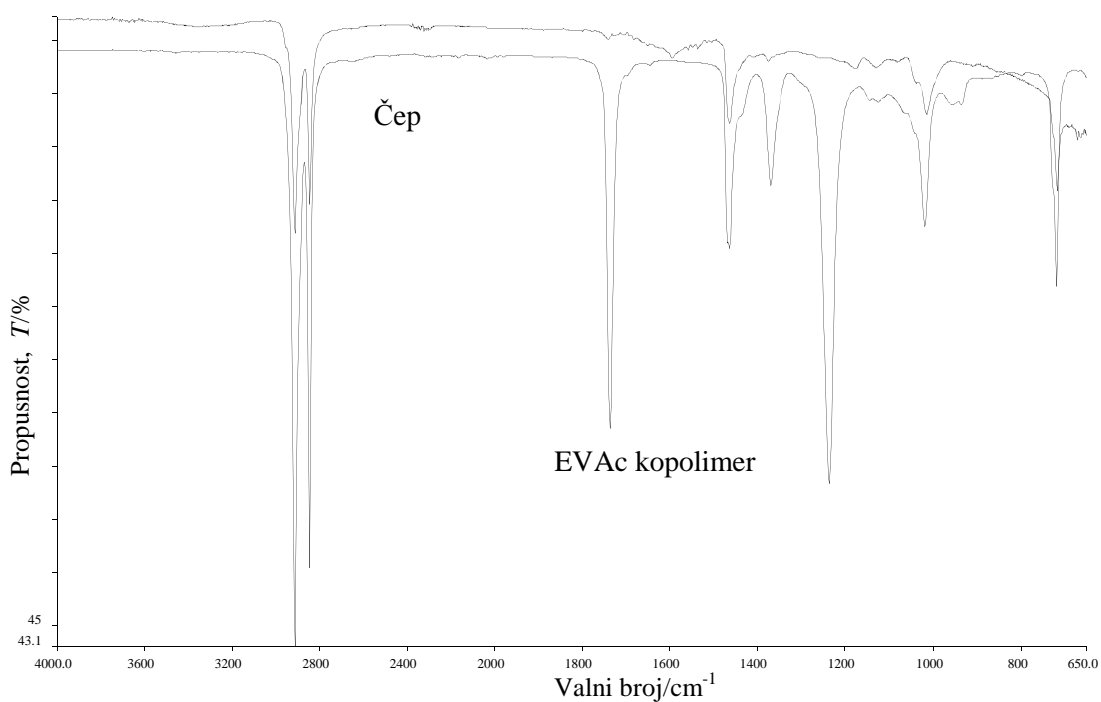
Slika 22. Uzorak 18.e (unutarnji dio), usporedba s bazom podataka, podudarnost 94,0 % sa spektrom PE-LD-a



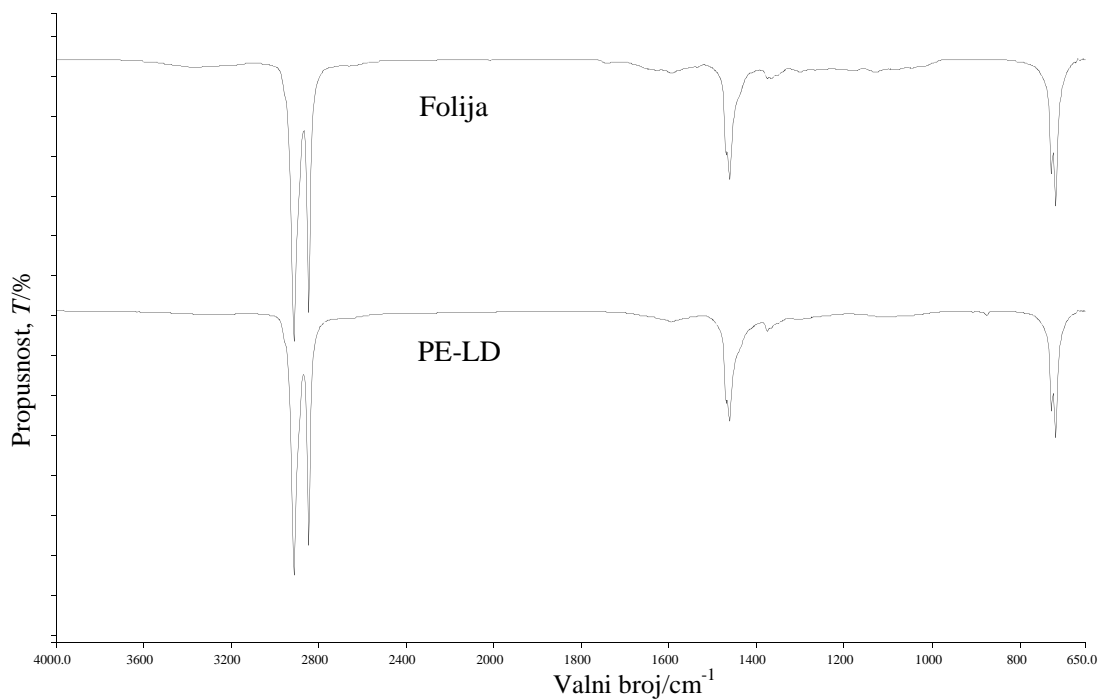
Slika 23. Uzorak 19.a (vrećica), usporedba s bazom podataka, podudarnost 96,0 % sa spektrom PE-LD-a



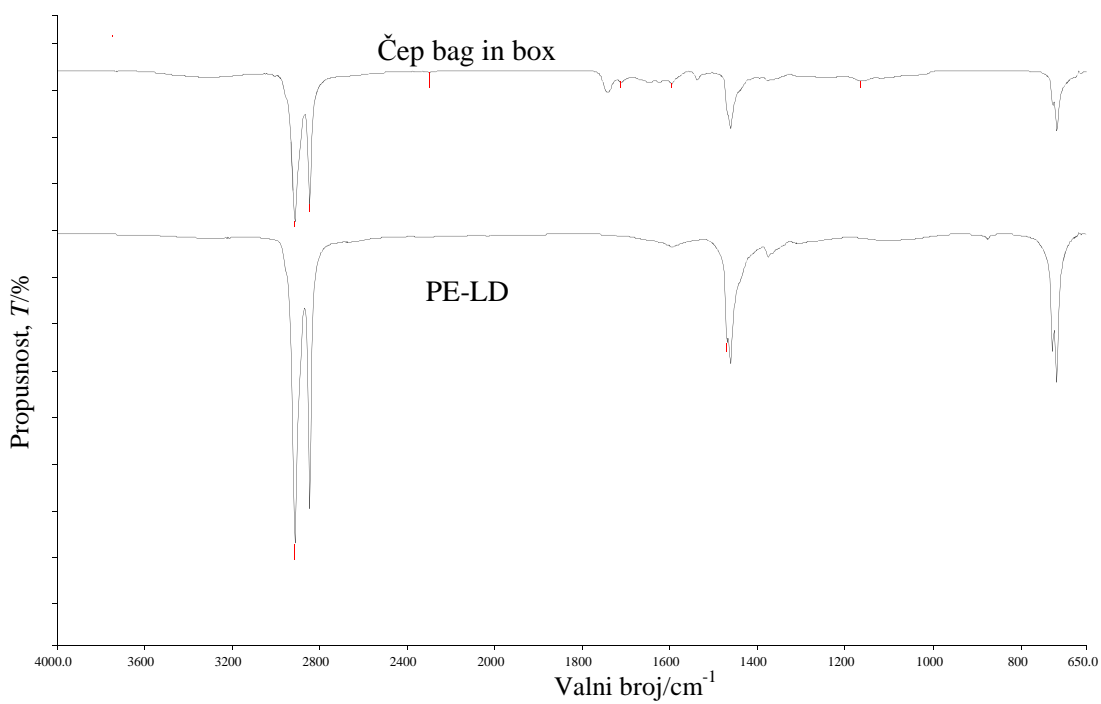
Slika 24. Uzorak 21.c (folija), usporedba s bazom podataka, podudarnost 96,0 % sa spektrom PP-a



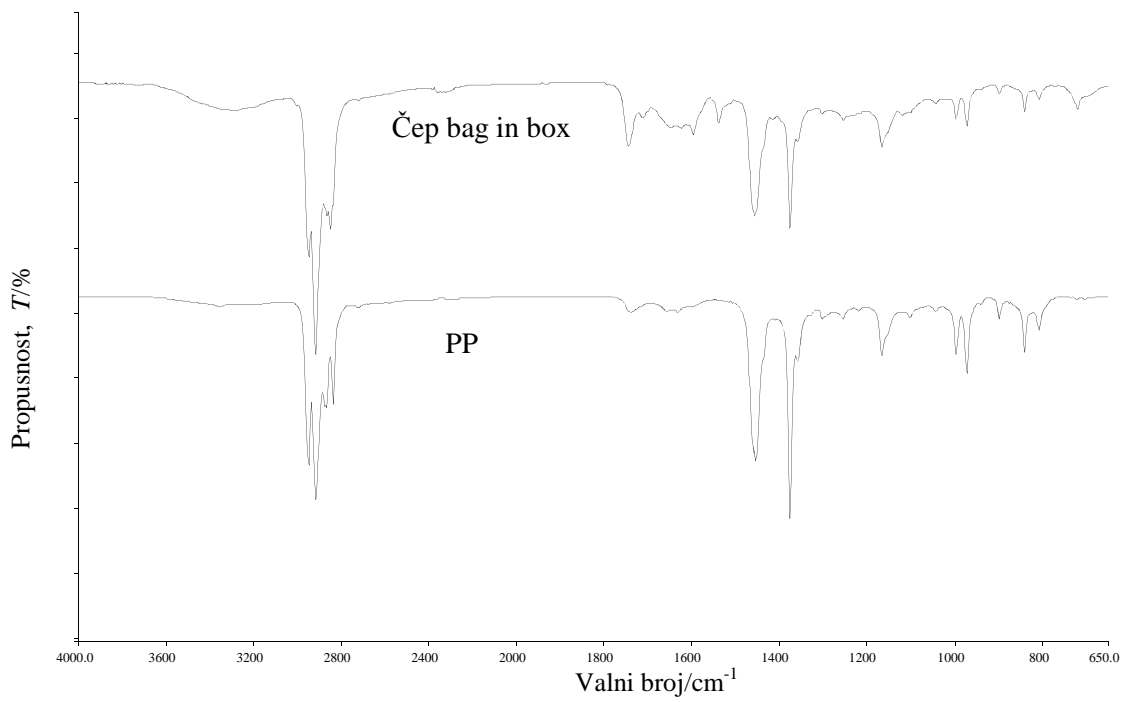
Slika 25. Uzorak 25.b (zatvarač), usporedba s bazom podataka podudarnost 88,0 % sa spektrom EVAc-a



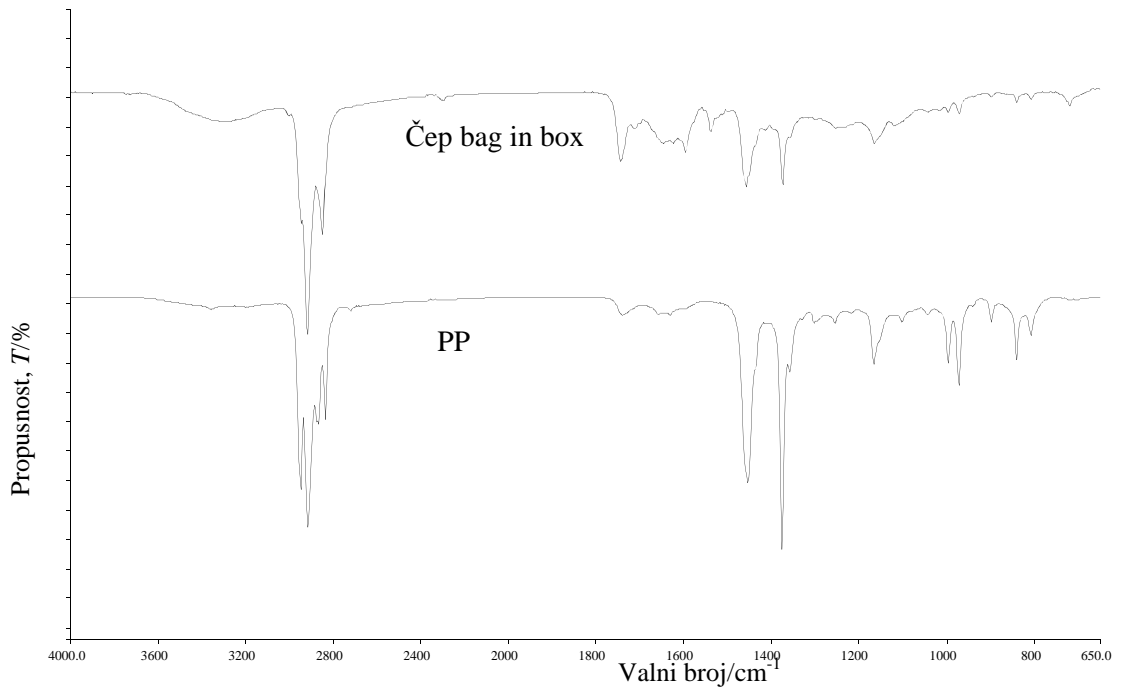
Slika 26. Uzorak 26.b (folija), usporedba s bazom podataka, podudarnost 97,0 % sa spektrom PE-LD-a



Slika 27. Uzorak 26.d (prozirni dio zatvarača), usporedba sa bazom podataka, podudarnost 93,2 % sa spektrom PE-LD



Slika 28. Uzorak 26.d (crni dio zatvarača), usporedba s bazom podataka, podudarnost 86,4 % sa spektrom PP-a



Slika 29. Uzorak 26.b ( crveni dio zatvarača) , usporedba s bazom podataka, podudarnost 60,3 % sa spektrom PP-a



## 5. RASPRAVA

Premda su različita pića sastavni dio ljudske prehrane, njihova brojnost izuzetno je povećana posljednjih desetljeća. Razvoj ovih proizvoda potaknuo je razvoj novih ambalažnih materijala i metoda pakiranja. U svakodnevnom životu ljudi konzumiraju ove proizvode kod kuće, na poslu, pri sportskim aktivnostima, na putovanjima, stoga ambalaža mora biti usklađena s njihovim potrebama. Ambalaža za piće tradicionalno su bile staklene boce, međutim danas se pića pune u plastičnu, metalnu ambalažu, kao i u ambalažu od višeslojnih materijala.

Zadatak ovog rada bio je analizirati primarnu ambalažu za alkoholna i bezalkoholna pića koja se najčešće pojavljuje u maloprodajnim trgovinama, mogućnost odvojenog odlaganja različitih ambalažnih materijala te donijeti zaključak o realizaciji ekološke funkcije ove vrste ambalaže.

Prodajna ili primarna ambalaža služi za pakiranje robe široke potrošnje u količini koja najbolje odgovara potrebama kupca. Ova ambalaža prezentira robu kupcu, mora sadržavati sve potrebne informacije o sastavu i količini robe, uvjetima čuvanja, roku trajanja i načinu uporabe. Prodajna ambalaža mora zaštititi robu i sva njena originalna svojstva do trenutka uporabe, također svojim izgledom mora privući kupca te mora biti funkcionalna što znaci da mora omogućiti lako otvaranje i zatvaranje ambalaže.

Za pakiranje alkoholnog i bezalkoholnog pića najčešće se koriste plastične i staklene boce, limenke, višeslojni materijali i kartonske kutije. Za pakiranje ove vrste proizvoda najvažnije je da ne dođe interakcije između ambalaže i proizvoda te se mora održati što duži vijek trajanja. Stoga mora biti izrađena od netoksičnih materijala, bez mirisa i okusa da ne bi došlo do migracije štetnih komponenata iz ambalaže u namirnicu, odnosno do promjene organoleptičkih svojstva namirnice.

Uzorci ambalaže za alkoholna i bezalkoholna pića koji su analizirani u ovom radu prikazani su u tablicama 1-6.

Prirodna i mineralna voda pakiraju se u plastične i staklene boce s navojnim zatvaračem. Zbog sve veće urbanizacije i potražnje za vodom u zadnje vrijeme voda je dostupna i u skupnoj ambalaži u kojoj je više jediničnih pakiranja upakirano toplinsko rastezljivom folijom čime se olakšava transport i rukovanje proizvodom.

Gazirana pića pakiraju se plastične boce s navojnim zatvaračem te u metalne limenke.

Voćni sokovi čuvaju se u staklenoj ambalaži ili u ambalaži od složenih materijala. Također mogu se pakirati i u plastične boce. Od zatvarača se koriste navojni ili krunski zatvarači.

Kava čaj i instant proizvodi ovisno o vrsti proizvoda pakiraju se u staklene metalne posude, laminirane materijale, kartonske kutije i polimerne vrećice.

Najstariji način pakiranja vina je u staklene boce s plutenim čepom, međutim u novije vrijeme koriste se i plastične boce s navojnim zatvaračem. Umjesto plutenih čepova koristi se novi materijal, kopolimer etilen/vinil-acetat, koji ne propušta kisik za razliku od pluta. Također vino se pakira u vrećice u kartonskoj kutiji čime se omogućava dulje održavanje kvalitete vina i izdržljivost u transportu.

Pivo se tradicionalno pakira u staklenu bocu s krunskim zatvaračem, međutim pakira se i u metalne limenke te u zadnje vrijeme i u plastičnu ambalažu s navojnim zatvaračem.

## **5.1. ANALIZA DIMENZIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA**

Svim uzorcima prethodno opisane ambalaže analizirane su dimenzije ambalažnog materijala, odnosno određena je ukupna masa ambalaže i svakog pojedinog dijela s obzirom na vrstu materijala. Rezultati su prikazani u tablici 7. Svim uzorcima koje je bilo moguće izrezati na točno određene dimenzije izmjerena je debljina pomoću mikrometra, odnosno određena je gramatura prema izrazu (1) a rezultati su navedeni u tablicama 8 i 9.

Iz tako dobivenih podataka vidljivo je da se prirodna i mineralna voda pakiraju u plastične i staklene boce volumena 0,5 L, dok je ambalaža većih volumena (1 L i 1,5 L) plastična, tj. PET ambalaža. Masa staklene boce deset je puta veća od plastične boce istog volumena. Gramatura plastične boce povećava se povećanjem volumena boce i iznosi od 1308,6  $\text{gm}^{-2}$  za bocu volumena 0,5 L do 2091,8  $\text{gm}^{-2}$  za bocu volumena 1,5 L. Debljina stjenke povećava se od 0,200 g do 0,276 g za istu ambalažu.

Gazirana pića pakiraju se najčešće u plastične boce volumena 0,5 ili 2 L pri čemu je masa ambalaže dvostruko veća, a debljina i gramatura povećavaju se za 42 % odnosno za 35 %. Gazirana pića također se pakiraju i u limenke volumena 0,2 L. Masa limenke iznosi 15,46 g, debljina stjenke je 0,062 mm i gramatura 1044,6  $\text{gm}^{-2}$ .

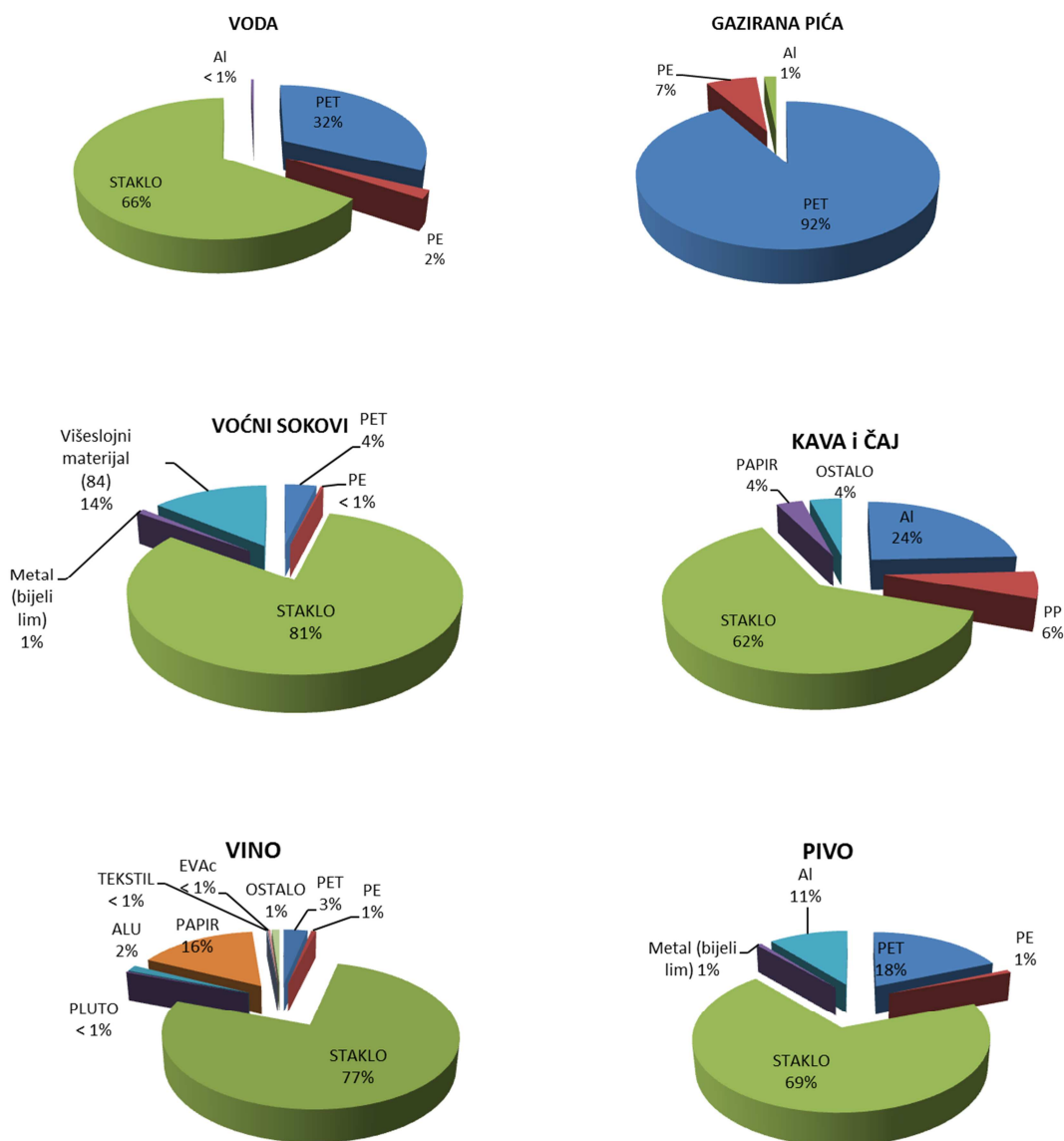
Različite vrste voćnih sokova pakiraju se u staklenu i plastičnu ambalažu, te ambalažu od višeslojnih materijala volumena od 0,2 do 2 L, čija se masa kreće od 33,18(PET) – 365,94 g (staklo). Debljine i gramature istog materijala ovise o volumenu ambalaže.

Mljevena i instant kava pakiraju se u različite vrste ambalažnih materijala i oblika, od višeslojnih vrećica mase 11,2 -12,72 g; limenki mase 144,98 g do staklenih boca mase 412,18 g. Debljine folija u višeslojnim materijalima iznose od 0,025 – 0,083 g. Čaj u filter vrećicama pakiran je u kartonsku kutiju mase 20,11 g, debljine 0,358 mm i gramature 1686,8  $\text{gm}^{-2}$ . Ambalaža za zeleni čaj je vrećica sastavljena od više materijala ukupne mase 5,44 g; debljine 0,002 mm (alumijska folija), 0,072 mm (papir) i 0,015 mm (polipropilenska folija).

Vino se pakira najčešće u staklene boce čija masa iznosi 556,76 g, odnosno 452,35 g za isti volumen boce od 0,75 L. Staklena boca volumena 0,187 L ima masu 171,12 g. U trgovinama je u posljednje vrijeme moguće naći i vino pakirano u plastične boce volumena 2 L čije dimenzije približno odgovaraju dimenzijama plastičnih boca za gazirana pića istog volumena. Također se može naći i noviji ambalažni oblik tzv. „*bag in box*“, vrećica u kutiji volumena 5 L ukupne mase 295,47 g od čega se 83 % odnosi na kartonsku kutiju, 5 % na zatvarač (pipac) pomoću kojeg se vino uzima iz ambalaže, a ostalih 12 % na folije od kojih je izrađena vrećica.

U maloprodajnim trgovinama pivo se prodaje tradicionalno u staklenim bocama volumena 0,33 L čija je masa 190,4 g. Novijeg datuma su alumijske limenke od 0,33 i 0,5 L čija je masa za isti volumen piva 71 % manja. Veći volumeni piva od 1,854 L danas se pakiraju u plastične boce mase 50,88 g, debljine stjenke 0,234 mm i gramature 2137  $\text{gm}^{-2}$ .

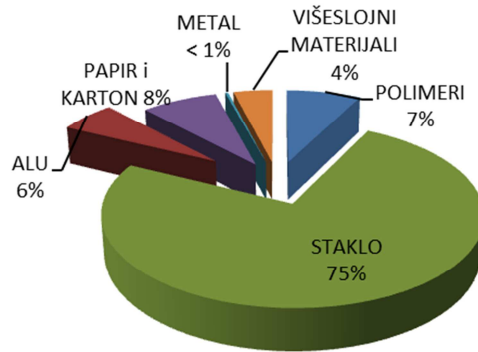
Na slici 30 uspoređene su udjeli mase pojedinog materijala u ukupnoj masi analiziranih uzoraka za svaku vrstu proizvoda.



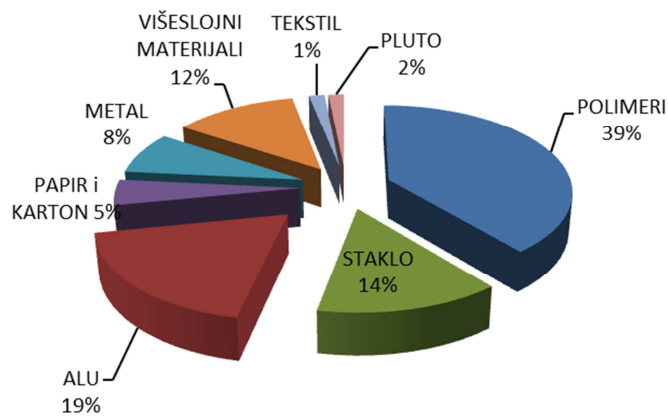
Slika 30. Maseni udjeli pojedinog materijala u ukupnoj masi analiziranih uzoraka za svaku vrstu proizvoda

Na slici 31 prikazani su u maseni udjeli pojedinog materijala u ukupnoj masi analiziranih uzoraka. Ukupno je analizirano 30 ambalažnih oblika koji se sastoje od 66 dijelova različitih materijala i to 25 uzoraka je od polimernih materijala, 12 od aluminijskog, 9 od stakla, 5 od metala (bijelog lima), 3 uzorka od papira i kartona, 1 tekstila, 1 od pluta i 8 uzoraka koji se sastoje od folija od više materijala koje nije bilo moguće odvojiti (slika 32.). Maseni udjeli pojedinih polimera prikazani su na slici 33. Najzastupljeniji je PET sa 69 %, zatim PP s 13 % i PE 9 % dok se 9 % odnosi na EVAc i jedan uzorak sastava PE-LD/PP/PP. Ukupno 36 uzorka su na sebi imala oznaku za

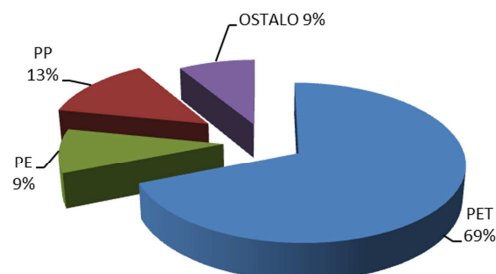
identifikaciju, 12 uzoraka je identificirano pomoću FT-IR spektroskopije premda višeslojne folije nije moguće sa sigurnošću identificirati budući da HATR tehnika analizira samo površinu uzorka.



Slici 31. Maseni udjeli pojedinog materijala u ukupnoj masi analiziranih uzoraka



Slika 32. Udjeli pojedinog materijala prema broju analiziranih uzoraka



Slika 33. Maseni udjeli pojedinih vrsta polimernih materijala

## 5.2. IDENTIFIKACIJA AMBALAŽNIH MATERIJALA

Vizualnim pregledom ambalaže utvrđeno je da li je ambalaža označena međunarodno priznatim oznakama za identifikaciju materijala, odnosno kako je propisano Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu. Iz rezultata prikazanih u tablici 10 vidljivo je da su boce označene i da su izrađene od PET-a ako se radi o plastičnoj ambalaži odnosno od obojenog (smeđeg ili zelenog) ili neobojenog stakla ako se radi od staklenoj ambalaži. Kod plastične ambalaže zatvarači su izrađeni od PE a kod staklene ambalaže od bijelog lima. Limenke su označene i izrađene od aluminijske, kartonske kutije od papira i kartona te pakiranje za voćne sokove na sebi ima oznaku 84, koja prema Pravilniku o ambalaži i ambalažnom otpadu označava materijal izrađen od papira i kartona, polimerne folije i aluminijske folije.

Uzorci koji nisu bili označeni analizirani su IR spektroskopijom. Infracrvena (FT-IR) spektroskopija provedena je pomoću Perkin-Elmer FT-IR spektrometra Spectrum One u području valnih brojeva  $4\ 000-650\ \text{cm}^{-1}$  uz rezoluciju od  $4\ \text{cm}^{-1}$ . Uzorci su snimljeni HATR tehnikom na ravnom kristalu od ZnSe, kuta upadne zrake  $45^\circ\text{C}$ . Pomoću računalnog programa izvršena je usporedba snimljenih spektara sa spektrima u bazi podataka te su na temelju toga identificirani ispitivani uzorci. Snimljeni spektri, usporedba s bazama podataka i postotak podudarnosti spektara prikazani su na slikama 15-29. Kod uzorka 15 (slika 15) analiza pokazuje da je unutarnja folija za pakiranje vakuum mljevene kave izrađena od PE-LD između koje se nalazi aluminijska folija prevučena još jednim slojem PE-LD dok je vanjska folija (slika 16) izrađena od PP između koje se nalazi papir te još jedan sloj PP. Kod uzorka 16 (slika 17) analiza pokazuje da je unutarnja folija za pakiranje mljevene kave izrađena od PE-LD, između se nalazi aluminijska folija te s vanjske strane sloj PET-a (slika 18). Uzorak 18 (slike 19-21) zatvarač za zatvaranje instant kave sastoji je od tri dijela te su sva tri izrađena od PP. S unutrašnje strane zatvarača utvrđeno je da se nalazi dio izrađen od PE-LD (slika 22). Uzorak 19 je vrećica za pakiranje instant kave izrađena od PE-LD (slika 23) oslojenog aluminijem. Treba naglasiti da HATR tehnika analizira samo površinu materijala, stoga nije moguće ovom tehnikom pouzdano analizirati višeslojne materijale koji mogu biti sastavljeni od većeg broja prozirnih folija. Kod uzorka 21 analiza pokazuje da je folija za pakiranje čaja izrađena od PP (slika 24.). Spektar uzorka 25

(slika 25), čep za staklenu vinsku bocu podudara se 88% sa spektrom EVAc. Kod uzorka 26 također nije moguće sa sigurnošću utvrditi sastav vrećice (uzorak 26a). IR analiza pokazuje da je vanjska folija izrađena od PE-LD (slika 26), međutim vidljivo je da jedan od slojeva čini i aluminijska folija a HATR tehnika ne daje odgovor na moguće slojeve koji se nalaze unutar folija koje mogu biti i peteroslojne. Zatvarač (uzorak 26d, slika 27) je jednim dijelom od PE-LD dok su ostali dijelovi izrađeni od PP.

## 6. ZAKLJUČAK

Iz provedenih analiza vidljivo je da se primarna ambalaža za alkoholna i bezalkoholna pića proizvodi u različitim ambalažnim oblicima i to u obliku plastičnih i staklenih boca, limenki, višeslojnih materijala i kartonskih kutija.

Ukupno je analizirano 30 ambalažnih oblika koji se sastoje od 66 dijelova različitih materijala i to 25 uzoraka je od polimernih materijala, 12 od aluminijskih, 9 od stakla, 5 od metala (bijelog lima), 3 uzorka od papira i kartona, 1 tekstila, 1 od pluta i 8 uzoraka koji se sastoje od folija od više materijala koje nije bilo moguće odvojiti. 36 dijelova ambalaže bilo je označeno oznakom za identifikaciju i to uglavnom boce od PET-a i stakla, limenke od aluminijskih i kartonske kutije. 12 uzoraka je identificirano pomoću FT-IR spektroskopije premda višeslojne folije nije moguće sa sigurnošću identificirati budući da HATR tehnika analizira samo površinu uzorka.

Premda je staklo bilo tradicionalno materijal za pakiranje ove vrste proizvoda sve se češće zamjenjuje PET ambalažom i ambalažom od višeslojnih materijala. Staklo ima prednost u tome što ima vrlo visoka barijerna svojstva ali mu je osnovni nedostatak velika masa. Staklene boce u prosjeku imaju 10 puta veću masu od PET boca istog volumena. Nedostatak polimernih materijala je propusnost na plinove i pare i mogućnost migracije štetnih komponenti iz materijala u proizvod.

U Republici Hrvatskoj u sustavu povratne nakade su PET boce, staklene boce i Al limenke. S boca je potrebno ukloniti zatvarač budući da su oni od različitih materijala, PE-a ili bijelog lima. Budući da sve staklene boce nisu obuhvaćene ovim sustavom povrata mogu se odložiti u posebne zelene spremnike. Papir se odlaže u plave spremnike, dok ostala polimerna ambalaža odlaže se u žute spremnike. Višeslojni materijali i ostala metalna ambalaža mogu se odložiti jedino u spremnike za miješani komunalni otpad.



## 7. LITERATURA

1. B. Muhamedbegović, N.V. Juul, M. Jašić: *Ambalaža i pakiranje hrane*, Tehnološki fakultet Tuzla, 2015. str. 136-141, 211-222.
2. N. Stipanelov Vrandečić: *Ambalaža*, Kemijsko tehnološki fakultet, Split, 2010. str. 1-13, 20-36, 55-58.
3. <http://www.gastropet.si/cro/aplikacije2.html>, 23.5.2016.
4. Gordon L. Robertson: *Food Packaging, Principles and Practice*, London, New York, 2013, str. 577-603.
5. *Pravilnik o voćnim sokovima i nektarima te njima srodnim proizvodima* (NN/2005)
6. K. Galić, *Ambalaža* 1 (2001.) 19-23
7. <http://www.plantea.com.hr/kava/>.
8. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-piva>, 23.5.2016.
9. I. Vuković, K. Galić i M. Vereš: *Ambalaža za pakiranje namirnica*, Tectus, Zagreb, 2007., str. 461-462.
10. *Ambalaža – interna skripta za vježbe*, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Zavod za organsku tehnologiju
11. M. Erceg, *Struktura i svojstva polimera*, Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu, priručnik za laboratorijske vježbe, Split, 2015.
12. Tonka Kovačić: *Struktura i svojstva polimera*, Sveučilište u Splitu, Split, 2010. str 191-193.
13. [https://bib.irb.hr/datoteka/582674.Gospodarenje\\_ambalanim\\_otpadom.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/582674.Gospodarenje_ambalanim_otpadom.pdf), 10.6.2016.
14. [https://bib.irb.hr/datoteka/582674.Gospodarenje\\_ambalanim\\_otpadom.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/582674.Gospodarenje_ambalanim_otpadom.pdf), 10.6.2016.