

PROCESI INTERAKCIJSKOG DJELOVANJA METALNIH AMBALAŽNIH FORMI I UPAKOVANIH PROIZVODA

THE PROCESSES OF INTERACTION OF METAL PACKAGING AND PACKED PRODUCTS

Prof. dr. sc. Ifet Šišić
Prof. dr. sc. Osman Perviz
Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet
Bihać, BiH

Ključne riječi: ambalažni materijali, interakcija, hrana, migranti

REZIME

Materijali u raznim ambalažnim formama se nalaze u direktnoj ili indirektnoj vezi sa upakovanim prehrambenim proizvodom iz kojih razloga moraju zadovoljiti zahtjeve kojima se omogućuje potpuna, ili u dozvoljenim granicama, zdravstvena i higijenska ispravnost hrane. U interakcijskom djelovanju u kontaktu ambalaža-hrana može doći do migracije komponenata ambalaže u upakovanu namirnicu i obrnuto. Spoznajom da gotovo ne postoje materijali koji su u potpunosti inertni kada se nalaze u neposrednom dodiru sa hranom u radu će se opisati interakcijske pojave prijenosa tvari, prvenstveno vezane za metalnu ambalažu.

Keywords: packaging materials, interaction, food, migrants

SUMMARY

In various packaging forms, materials are found directly or indirectly related to the packaged food product and for that reason, they must meet the requirements that enable complete, or within acceptable limits, health and hygienic food safety. During the interaction process of packaging-food contact, the migration of packaging components into packaged food and vice versa may occur. Knowing there are almost no materials being completely inert when in direct contact with food, this paper will describe the interaction phenomena of mass transfer, primarily related to metal packaging.

1. SISTEM METALNA AMBALAŽA I PREHRAMBENI PROIZVOD

1.1. Uloga i značaj ambalaže

Pakiranje hrane jedan je od važnijih procesa koji utiče na održavanje kvalitete hrane u svim fazama proizvodnje, obrade, tokom skladištenja, transporta, maloprodaje pa sve do krajnje upotrebe kod potrošača. Pakovanjem se hrana štiti od različitih spoljašnjih uticaja i predstavlja integralni dio proizvodnje, konzerviranja, skladištenja i distribucije proizvoda, a u današnje vrijeme i integralni dio pripreme i konzerviranja hrane. Ambalažne forme imaju važnu ulogu u konkurentnosti proizvoda na tržištu. Praktično, sve što danas kupujemo i što je moguće naći na tržištu dolazi u određenoj vrsti ambalaže. Pristup istraživanju uticaja

ambalažnog materijala na kvalitet upakovanog prehrambenog proizvoda u posljednje vrijeme jača pri čemu se u obzir uzimaju i drugi mogući uticaji (npr. naša okolina).

Prema odredbama Zakona o hrani ("Službeni glasnik BiH", broj 50/04), u članu 2. hrana se definiše kao „svaka tvar ili proizvod prerađen, djelimično prerađen ili neprerađen, a namijenjen je konzumiranju od strane ljudi ili se može očekivati da će ga ljudi konzumirati“. Pojam hrane uključuje i piće, žvakaću gumu, prehrambene aditive i bilo koju drugu tvar koja se namjerno ugrađuje u hranu tokom njezine proizvodnje, pripreme ili obrade. Pojam hrane uključuje i vodu koja se koristi u obradi hrane, tokom proizvodnje, pripreme ili obrade i vodu pakiranu u originalno pakiranje kao stolna voda, mineralna voda i izvorska voda.

1.2. Ambalažni materijali i izbor

U ambalažne materijale ulaze: metali i njihove legure, emajl, cement, keramika i porculan, staklo, polimerni materijali: plastika, lakovi, premazi, prevlake, celuloza i elastomeri, drvo i pluto te tekstil. Osim zahtjeva koje mora da ispuni ambalažni materijal a odnose se na funkcionalnost, bezbijednost, zdravstvenu ispravnost i mogućnost ponovne upotrebe/recikliranja, ambalažni materijali moraju biti otporni na: mehanička naprezanja, termičke promjene, stabilnost kod promjena vlažnosti, djelovanje struja vazduha, koroziju, promjenu mirisa i na proizvode koji su opasni za okolinu. Istaknuto:

- materijali moraju biti biološki postojani budući da djelovanje mikroorganizama vrlo štetno djeluje na realizaciju zaštitne a takođe, i prodajne ambalaže,
- da su hemijski postojani prema sastojcima zraka s kojima je neprekidno u kontaktu,.
- da unutrašnja strana ambalaže koja se nalazi u direktnom dodiru s proizvodom ne smije stupati u interakcije, mora biti izrađena od materijala koji ne omogućavaju izmjenu sastava i senzornih karakteristika upakovanog proizvoda, kako bi se eliminisao njihov potencijalni negativni uticaj,
- da budu optički nepropusni ukoliko se radi o prehrambenim proizvodima osjetljivim na djelovanje svjetlosti.

Toplotna provodljivost ambalažnog materijala je važna za proizvoda koji se toplotno obrađuju. Mnogi faktori utiču na eventualne promjene u sastavu upakovanog proizvoda. Kako bi se eliminisali, ili sveli na minimum, potrebno je znati sve o vrsti i kvaliteti ambalaže, hemijskom sastavu proizvoda, količini kiseonika u ambalaži, uslovima proizvodnje, uslovima skladištenja. U tabeli 1. dat je usporedni pregled osnovnih osobina ambalažnih materijala.

Tabela 1. Usporedni pregled glavnih karakteristika ambalažnih materijala [18]

Osobina	Vlaknasti materijali	Plastične mase	Metali	Staklo
- mogućnost grafičke obrade	odlična	osrednja	osrednja	osrednja
- hemijska otpornost	dobra	dobra	mala	odlična
- lomljivost	osrednja	mala	mala	jako izražena
- tvrdoća	Mala	osrednja	osrednja	velika
- propustljivost za tečnosti	velika	nepropustljive	nepropustljivi	nepropustljivo
- propustljivost za gasove i pare, mikroorganizme	velika	selektivna	nepropustljivi	nepropustljivo
- propustljivost za sunčevu svjetlost	velika	različita	mala	velika
- gustina	relativno mala	mala	različita	velika
- otpornost na djelovanje povišenih temperatura	osrednja	slaba	velika	velika

Ambalaža treba da bude proizvedena tako da koncentracija opasnih materija u emisiji, pepelu i procjdnim vodama bude minimizirana kao i da ukupan nivo koncentracije Pb, Cd, Hg i

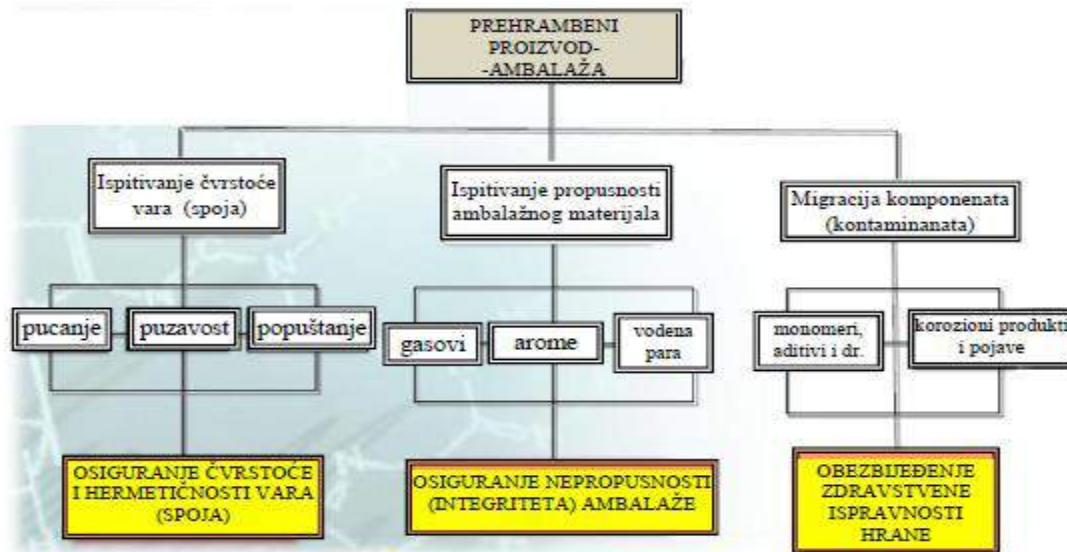
šestovalentnog Cr u ambalaži ili njenim komponentama ne prelazi propisanu graničnu (dozvoljenu) vrijednost.

1.3. Vrste kontrolnih ispitivanja

S obzirom na zdravstvenu ispravnost a u svrhu utvrđivanja obima i izvora kontaminacije gotovog proizvoda laboratorijska ispitivanja uključuju:

- ✓ ispitivanje samog ambalažnog materijala,
- ✓ ispitivanje prehrambenog proizvoda,
- ✓ ispitivanje međureakcija hrane i ambalaže.

Tokovi kontrola kvalitete ambalažnih formi kod pakovanja dati su na slici 1.



Slika 1. Tokovi ispitivanja kvalitete ambalažnih formi na razne pojave

Smjernice koje se odnose na materijale i predmete koji dolaze u kontakt s hranom sadržavaju popis tvari, materijala i predmeta, a obuhvaćaju sve ambalažne materijale koji moraju udovoljavati i specifičnim smjernicama koje obuhvaćaju [6]:

- a) popis dozvoljenih tvari (tzv. pozitivna lista),
- b) standarde koji određuju čistoću navedenih tvari,
- c) posebne uslove za uporabu navedenih tvari odnosno materijala i predmeta koji dolaze u kontakt s hranom,
- d) specifična ograničenja vezana uz migraciju pojedinih sastojaka ili grupe sastojaka u hranu,
- e) granice globalne (ukupne) migracije sastojaka u hranu,
- f) dodatne propise u svrhu zaštite ljudskog zdravlja,
- g) ostale propise vezane uz zdravstvenu zaštitu čovjeka kao i očuvanje proizvoda (neželjene promjene koje dovode do organoleptičkih i nutritivnih promjena proizvoda),
- h) osnovna pravila kojima se provjeravaju navodi pod d), e), f) i g),
- i) detaljne upute koje se odnose na uzorkovanje i metode analize kojima se provjeravaju navodi od a) do g).

Zdravstvene organizacije posvećuju posebnu pažnju maksimalnoj dozvoljenoj vrijednosti migrirane komponente iz ambalaže u hranu i objavljuju listu dozvoljenih organskih i anorganskih tvari (tzv. pozitivna lista) koje se upotrebljavaju pri proizvodnji zaštitnih lakova (na metalnoj ambalaži). Iz ovog pogleda predstavljaju se metode analiza metalne ambalaže:

1. Određivanje debljine prevlake kalaja metodom mlaza,

2. Određivanje mase prevlake kalaja gravimetrijskom metodom (Clarkova metoda).
3. Određivanje poroznosti prevlake kalaja na bijelom limu,
4. Određivanje adhezivnosti laka na bijelom limu,
5. Određivanje mase prevlake laka na bijelom limu gravimetrijskom metodom,
6. Određivanje poroznosti prevlake laka na bijelom limu,
7. Određivanje debljine i poroznosti laka na aluminiju
8. Određivanje poroznosti laka na metalnoj ambalaži metodom bez razaranja (metoda po Ettingeru),
9. Ispitivanje metalnog ambalažnog materijala metodom "šok testa".

Osnovu materijala i predmeta za neposredan dodir s hranom čine antropogene ili prirodne organske makromolekularne tvari te anorganski materijali. Određivanje koncentracije teških metala, zavisno od materijala ambalaže ili njene komponente, vrši se prema metodologiji utvrđenoj BiH standardom.

1.4. Metalna ambalaža

Metalna ambalaža ima široko područje primjene i koristi se za pakiranje hrane i pića. Gotove ambalažne forme se mogu svrstati u nekoliko grupa: limenke, kante, bačve, poklopci za staklenke, zatvarači za boce (krunski i navojni), tube, aerosol (sprej), metalne kutije, cisterne, kontejneri i sl. Ovdje su uključeni i predmeti koji se koriste kao pomoćna sredstva za pakovanje, umotavanje, vezivanje, nepropusno zatvaranje, pripremu i označavanje proizvoda. Za proizvodnju metalne ambalaže koriste se: Fe, Sn, Al, Pb (kao legura za lemljenje), Mg (kao dodatak Al) i Cr i Ni (kao komponente). Svu metalnu ambalažu osim tuba ubrajamo u čvrstu ambalažu. Zbog svojih negativnih svojstava metalna ambalaža je podložna koroziji i zbog toksičnosti nekih metala nije dobro da je hrana u direktnom kontaktu sa metalom. Posljedica takve interakcije može biti prijelaz jona u sadržaj, te se u svrhu zaštite vrši lakiranje s unutarnje strane. Kog pakovanja hrane u limenke najčešće su zaštićene kalajnim nanosom sa što manje tehnoloških pogrešaka kako bi se osiguralo dobro prijanjanje zaštitnog laka, pri čemu je migracija anorganskih metala i nemetala te organskih migranata izrazito mala, a jednostavne hemijske reakcije laka sa sadržajem limenke u potpunosti onemogućene. Od metalne ambalaže, za potrebe prehrambene industrije, u upotrebi se nalaze pretežito bijeli lim i aluminijum.

2. AMBALAŽNI SISTEM, INTERAKCIJA, MIGRACIJA I MIGRANTI

2.1. Nastanak migracije i migranata

Migracija označava prijelaz sastojaka iz ambalaže u hranu i obrnutodok su *migranti* tvari koje se prenesu u hranu kao posljedica dodira ili međudjelovanja između hrane i ambalažnog materijala. Prijenos komponenti iz ambalaže u hranu, tj. prehrambeni proizvod predstavlja tzv. normalnu migraciju dok prenos komponenti iz hrane na ambalažni materijal predstavlja tzv. negativnu migraciju (apsorpciju). Migracijski procesi i interakcijska djelovanja se mogu podijeliti u tri grupe:

1. Migracija, komponente iz ambalaže prelaze u hranu (tzv. normalna migracija),
2. Sorpcija, komponente iz hrane prelaze na ambalažu (tzv. negativna migracija),
3. Permeacija, komponente prolaze kroz ambalažu u oba smjera (tvari male molekularne mase difuzijom prolaze između hrane i okoline kroz ambalažu).

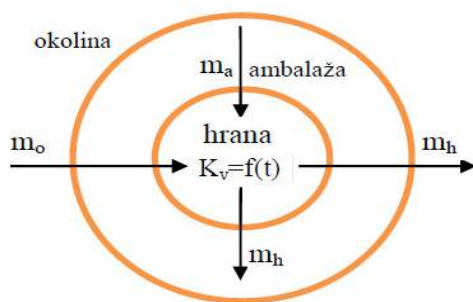
Ambalažni sistem čine:

- proizvod (u čvrstom, tekućem, pastoznom, praškastom obliku),
- ambalaža (metal, staklo, polimerni materijali i dr.) u kontaktu sa hranom,
- okolina (temperatura, pH, vlažnost, kiseonik).

Uticaj na migraciju ima i postojanje zaštitnog, barijernog sloja između ambalaže i hrane, koji ima funkciju da potpuno spriječi ili uspori migraciju kontaminanata iz ambalaže u hranu. S obzirom da nije moguće proizvesti ambalažu bez mogućih migranata male molekulske mase, propisima je utvrđena maksimalno dozvoljena migracija u upakovane proizvode.

2.2. Interakcije i kontaminanti u ambalažnom sistemu

Da bi se spriječile bilo kakve neželjene nastale migracijom određenih spojeva iz ambalažnih materijala u proizvod i/ili obratno, a koje utiču na higijensku i zdravstvenu ispravnost upakovanog prehrambenog proizvoda, potrebno je poznavati vrstu prehrambenog proizvoda, način na koji je obrađen i zahtjeve u pogledu očuvanja kvalitete, tj. u kojoj ambalažnoj formi će zadržati organoleptičku i zdravstvenu ispravnost. Međutim, to vrlo često nije slučaj zbog interakcija s okolinom ili hranom. Interakcija objedinjuje ukupnu sumu svih prijenosa tvari iz ambalaže u hranu, kao i prijenos tvari u obrnutom pravcu iz hrane u ambalažu, što je prikazano na slici 2.



Oznake:

- m_h –prenos tvari iz hrane u ambalažu i okolinu,
- m_o –prenos tvari iz okoline u ambalažu,
- m_a –prenos tvari iz ambalaže u hranu,
- $K_v=f(t)$ –funkcionalna ovisnost kvaliteta hrane u vremenu i efektima nastanka migranata.

Slika 2. Ambalažni sistem sa prijenosom tvari hrana-ambalaža-okolina

Migracija je uslovljena i obimom i prirodom kontakta koji je ostvaren između ambalaže i prehrambenog proizvoda. Takođe, uticaj na migraciju ima i postojanje zaštitnog, barijernog sloja između ambalaže i hrane. Ukoliko on postoji u sklopu ambalažnog sistema, on će najčešće ili potpuno spriječiti ili usporiti migraciju kontaminanata iz ambalaže u hranu.

Uticajni faktori na proces migracije:

- migracija raste: povećanjem vremena kontakta ambalažnog materijala s hranom, povećanjem temperature u kontaktu ambalaža-hrana, većom dodirnom površinom kontakta i agresivnim dejstvom prehrambenih namirnica.
- migracija opada: porastom molekulske mase tvari u ambalažnom materijalu, ako se radi o kontaktu sa suhom hranom ili pak o indirektnom kontaktu, ako ambalažni materijal ima mali difuzitet, odnosno ako se radi o inertnom materijalu i uz prisutnost barijernog (zaštitnog) sloja.

Količina toksične tvari koja je migrirala u hranu može se izračunati:

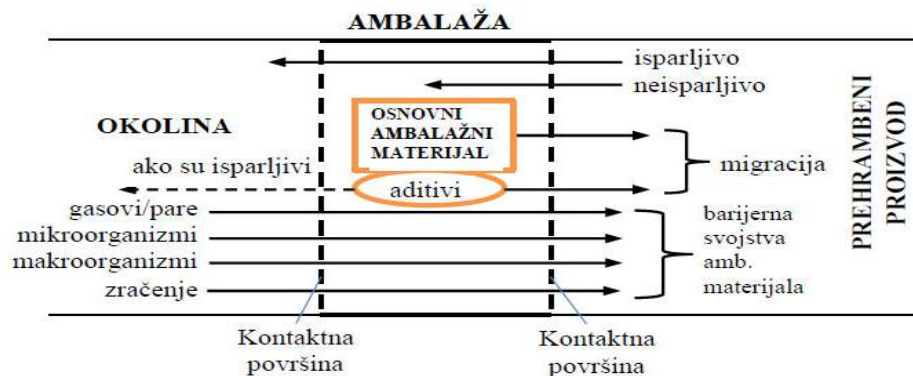
- migracijskim testom s modelnim otopinama hrane u uslovima vremena i temperature koji su strožiji od onih u stvarnoj primjeni,
- provođenjem migracijskoga testa, dok migracija u hranu ili modelnu otopinu ne bude 100%,
- matematičkim modeliranjem, odnosno procjenom prijenosa tvari iz materijala u hranu.

Migraciju može potaknuti i vrsta hrane koja se pakuje. Tako npr., nepremazane metalne površine mogu izazvati koroziju i otpuštanje metala u hranu kiselog karaktera. Temperatura takođe utječe na migraciju na način da se ona bitno pojačava sa porastom toplote. Migracija je uslovljena i vremenom kontakta između ambalaže i hrane, npr. u kontaktu sa hranom nekoliko: minuta (brza hrana), sati (sendviči), dana (voće i povrće), sedmica (maslac), mjeseci ili godina (smrznuta i suha hrana). Ako dođe do produženja kontakta predviđene

hrane sa ambalažom može doći do nepoželjnih promjena i migracijskih spojeva. Kako nije moguće proizvesti ambalažu bez mogućih migranata male molekulske mase, propisima je utvrđen:

- ili najveći dozvoljeni sadržaj pojedinih migranata u ambalaži
- ili maksimalno dozvoljenu migraciju u upakovane proizvode.

U propisima mnogih država napušten je prvi i primenjen je drugi pristup, odnosno, utvrđena je maksimalno dozvoljena migracija. Prednost prvog pristupa je u jednostavnom analitičkom određivanju sadržaja mogućih migranata u hrani. Nedostatak je u težem analitičkom utvrđivanju koncentracije migranata. Na slici 3. dat je prikaz komponenti koje mogu stupiti u interakcije unutar ambalažnog sistema.



Slika 3. Komponente koje mogu stupiti u interakcije unutar ambalažnog sistema

Interakcijska djelovanja ovise od mnogih faktora, od kojih se posebno ističu:

- a) vrsta i kvalitet ambalaže (željezo, kalaj, aluminijum),
- b) hemijskom sastavu i pH hrane,
- c) aditivima koji se dodaju hrani i koji joj mijenjaju hemijski sastav (kuhinjska so, šećer, nitrati, nitriti, polifosfati),
- d) prisutnosti kiseonika u ambalaži,
- e) uslovima skladištenja i dr.

U posljednje vrijeme sve više proizvođača prehrambenih proizvoda zamjenjuje metalnu ambalažu (limenke) s ambalažom od višeslojnih materijala, te metalne tube s polimernim materijalima. Uglavnom se radi o *quadriplex ambalaži* (četveroslojni materijal) koja je pogodna za postupak termičke obrade i sterilizaciju. Uštede koje proizvođač dobiva takvom zamjenom materijala su višestruke, a i nije zanemariv uticaj na zaštitu okoliša.

3. MATERIJALI POGODNI U KONTAKTU SA HRANOM

- kalaj Sn

Kalaj, kao metal, ima srebrenasto bijelu boju, mekan je i duktilan. Najčešće se proizvodi u tankim listovima. Postojan je na vlažnom zraku i prema slabim i razrijeđenim jačim kiselinama, dok ga otapaju jače kiseline i baze. Nije toksičan. Zbog cijene zamijenjen je staniol sa Al folijom, lim od kositra bijelim limom. U prehrani kalaj je prisutan u vrlo malim količinama, u obliku kompleksnog iona, Sn(II). Nalazi se gotovo u svakoj hrani. Kod neprocesirane hrane nalazi se u količinama manjim od 1mg/kg. Veće koncentracije kalaja nađene su u hrani pakiranoj u limenkama, gdje dolazi do otapanja kalaja iz bijelog lima i stvaranja anorganskih spojeva ili kompleksa s kalajom. Kalaj je amfoteran jer reagira s kiselinama i s bazama, ali je relativno nereaktivan u gotovo neutralnim otopinama. U prisutnosti kiseonika, reakcije u rastvorima značajno se ubrzavaju. Prevlake kalaja na rezervoarima i sličnim posudama za hranu vrlo sporo oksidiraju. Kalajni hlorid dozvoljen je

kao prehrambeni aditiv za hranu u limenkama i za šparoge (lat. *Asparagus officinalis*) u staklenkama u količini do 25 mg/kg (kao kalaj), u skladu s Direktivom 95/2/EC.

- bijeli lim

Upotrebljava se najviše za proizvodnju limenki za pakiranje toplotno sterilizirane hrane, te za proizvodnju pomoćnog materijala za pakovanje: zatvarači, poklopci, metalne trake i sl. Bijeli lim za pakiranje hrane se obavezno lakira. Najvažniji tzv. *zlatni lak* proizveden na bazi fenolnih i epoksidnih smola koji: a) očvršćava zagrijavanjem lima na 190-210°C, b) je postojan prema sastojcima proizvoda, c) ne smije mijenjati okus i organoleptička svojstva, d) je postojan pri temperaturi sterilizacije i e) je elastičan, pri oblikovanju limenki (ne puca). Pri dubokom vučenju limenki ne nastaje porozan lak sa dodatkom ZnO kao pigmenta otpornog na sumpor i njegove spojeve. Za pakiranje namirnica koje sadrže dosta bjelančevina prilikom sterilizacije nastaju tamna obojenja na unutrašnjoj strani limenke.

- kalajna prevlaka

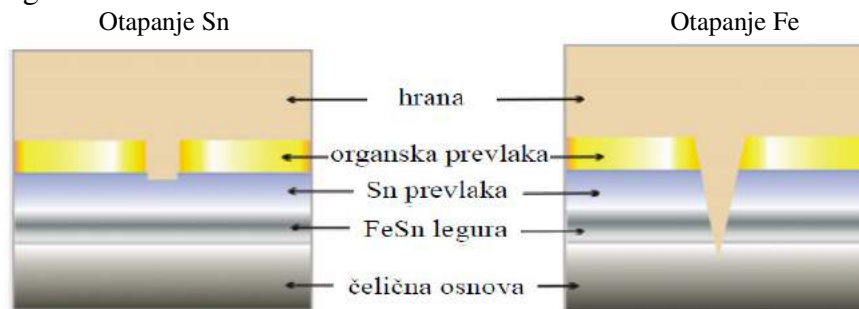
Nanaesena kalajna prevlaka u vrlo tankom sloju štiti čeličnu osnovu od korozije. U sloju postoje pore, pri čemu je čelična osnova izložena koroziji. Pojava korozije ovisi o ponašanju elektrohemijskog para Sn/Fe kada se bijeli lim nalazi u dodiru sa elektrolitom. Vrsta procesa ovisi o karakteristikama namirnice:

- ukoliko je pH hrane manji od 4-4,5 (sadrže kiseline) dolazi do pojave tačkaste korozije (perforacija limenke i propadanje namirnice),
- ukoliko je pH hrane veći od 5 i bogate bjelančevinama dolazi do pojave obojenosti limenke (mramoriranje).

Prema agresivnosti prehrambeni proizvodi u limenkama mogu se svrstati:

a) proizvodi koji otapaju Sn:

- prehrambeni proizvodi koji u dodiru sa bijelim limom uzrokuju da se Fe ponaša kao katoda a Sn otapa. To su koncentrat rajčice, citrusni sokovi i sl,
- dolazi do izlaganja sloja Fe/Sn legure (sivkasto-crne boje) koja ima zaštitnu ulogu,
- ukoliko se tokom proces punjenja osigura dobra zaštita od pristupa O₂ manja je količina otopljenog Sn.



Slika 4. Interakcija hrane i ambalaže od bijelog lima kroz pore u zaštitnoj prevlaci

Isto pravilo vrijedi i za gazirana bezalkoholna pića. Normalnom prehranom (ne uključujući hranu i pića u metalnoj ambalaži) u organizam se unosi oko 0,2 mg Sn na dan. Maksimalna dozvoljena količina Sn koja može preći iz ambalaže u proizvod iznosi: 250 mg·kg⁻²(za čvrstu hranu); 200 mg·kg⁻¹(za tekuće proizvode) [19].

b) proizvodi koji otapaju Sn i Fe:

- koncentrat juhe od rajčica, mandarine i slatko od dunja.

c) proizvodi koji otapaju Fe:

- Sn se ponaša kao katoda, Fe kao anoda,
- O₂ koji zaostaje u proizvodu nakon punjenja uzrokuje jače otapanje Fe, što dovodi do pojave tačkaste korozije pri čemu otopljeni joni Sn ne mogu više zaštititi Fe.

Tabela 2. Sadržaj metala u prehrambenim proizvodima punjenim u limenkama [12]

Proizvod	Limenka	Sadržaj metala /mg kg ⁻¹		
		Pb	Sn	Fe
Tekući medij povrća u limenkama				
Zelena mahuna	lakirana	0,10	5	2,8
Bob	nelakirana	0,06	5	6,8
Obradene leguminoze	lakirana	0,22	10	9,9
Gljive	nelakirana	0,01	15	5,1
Srčika celera	lakirana	0,13	10	4,0
Slatki kukuruz	lakirana	0,04	10	1,0

▪ aluminijska ambalaža

Ambalažne forme: zdjelice od Al-folije (za pakiranje smrznute hrane, pekarskih proizvoda, brze hrane); omotna ambalaža (laminat s papirom ili polimernim materijalom); aluminijum zaštićen prevlakom (lakovima, polimernim filmom, papirom, kartonom, sadržaje ne dolazi u direktan dodir sa Al). Sadržaj Al u neobrađenoj hrani iznosi 0,1 mg kg⁻¹ (jaja, jabuke, svježi kupus, kukuruz, krastavac). U procesiranoj hrani su znatno više vrijednosti zbog dodatka Al soli u obliku aditiva. Sadržaj Al u hrani neznatno poraste nakon zamrzavanja, pečenja ili kuhanja u aluminijskoj ambalaži. Otapanje Al iz ambalaže uzrokuje hrana kiselog karaktera npr. paradajz, kupus, bezalkoholna pića.

Tabela 3. Sadržaj Al u hrani prije i nakon kuhanja u Al posudama [12]

Proizvod	Nekuhana hrana	Kuhana hrana
	mg Al/ g proizvoda	
Govedina	0,19	0,85
Piletina	0,47	1,00
Šunka	0,85	1,00
Zelena mahuna	3,80	3,80
Riža	1,50	1,70
Tjestenina	1,70	0,78
Mlijeko	0,18	0,23
Krompir	0,20	1,10

Tabela 4. Maksimalno dozvoljen sadržaj elemenata(%) u Al i njegovim legurama u dodiru sa hranom [10]

Element	Maksimalno dozvoljen sadržaj (%) izražen po jedinici mase
Željezo i silicijum	1,0
Bakar	0,10 ukoliko Cr ili Mn imaju vrijednost ≥0,05 0,20 ukoliko Cr ili Mn imaju vrijednost ≤0,05
Ostali elementi (pojedinačno, npr. Cr, Mn, Ni, Zn...)	0,10

- nehrđajući čelik

Nehrđajući čelici od velike su važnosti kao materijal u dodiru sa hranom i pićem. Od njega se izrađuje oprema za transport, procesna oprema, izrađuju rezervoari za vino, pivo, izrađuje pribor i opreme (npr. mješalice za tijesto, sjeckalice/mikseriu mesnoj i ribljoj industriji),

oprema za industriju i sl. Od nehrđajućeg čelika izrađuje se oprema i pribor za domaćinstva (npr. sudoperi, pribor za kuhanje i rezanje, pribor za jelo itd.).

Tabela 5. Max. dozvoljena koncentracija elemenata u Al i njegovim legurama u dodiru sa hranom [10]

Element	Maksimalno dozvoljena koncentracija (g dm ⁻³)
Slicijum	13,5
Željezo	2,0
Bakar	0,6
Mangan	4,0
Magnezijum	11,0
Hrom	0,35
Nikal	3,0
Cink	0,25
Antimon	0,20
Kalaj	0,10
Cirkonijum	0,20
Titanijum	0,30
Drugi elementi	0,05 svaki pojedinačno Ukupno: 0,15

Zbog pogodnog čišćenja i održavanja, nehrđajući čelik osigurava higijensku ispravnost u pripremanju i rukovanju hranom. Moramo znati da cijevi i cijevna armatura koja služi za transport i čuvanje vode za piće, ukoliko su nedovoljno tehnološki obrađeni i zaštićeni, mogu otpuštati u vodu nikal i ostale teške metale.

Tabela 6. Sastav nekih nehrđajućih čelika za izradu opreme u dodiru s hranom [2]

Tipovi	Oznaka	Sastav (%)*					
		C	Cr	Ni	Mo	Cu	V
martenzitni	1.4028	>0,15	12-14	-	-	-	-
	1.4116	>0,4	14-15	-	0,5-0,8	-	0,1-0,2
feritni	1.4016	0,08-0,12	16-18	0-0,75	-	-	-
austenitni	1.4301	0,07	17-19,5	8-10,5	-	-	-
	1.4401	0,07	16-18,5	10-13	2-2,5	-	-
	1.4539	0,02	19-21	24-26	4-5	1,2-2,0	-
duplex	1.4362	0,03	22-24	3,5-5,5	0,1-0,6	0,1-0,6	-
	1.4462	0,03	21-23	4,5-6,5	2,5-3,5	-	-
super austenitni	1.4547	0,02	19,5-20,5	17,5-18,5	6-7	0,5-1,0	-

* Uglavnom Fe i ostalih elemenata (npr. Si, Mn, N, P, S) do 100%. Ne postoji službena procjena štetnosti po zdravlje ljudi upotrebom materijala i predmeta od nehrđajućega čelika u dodirus hranom.

4. ZAKLJUČAK

U razvoju procesa prehrambene industrije jedan od važnih aspekata je pakiranje i čuvanje prehrambenih proizvoda. U direktnom kontaktu ambalaže sa upakovanim sadržajem hrane može doći do migracije komponenata ambalaže u upakovanu namirnicu i obrnuto. Iz tih razloga izbor ambalažnog materijala je veoma bitan za uspješnu realizaciju zaštitne funkcije ambalaže. Materijali moraju biti postojani i nepropustljivi i ne smije uticati na kvalitetu i zdravstvenu ispravnost hrane. Kako nije moguće proizvesti ambalažu bez mogućih migranata male molekulske, mase, propisima je utvrđen:

- a) ili najveći dozvoljeni sadržaj pojedinih migranata u ambalaži,

b) ili maksimalno dozvoljenu migraciju u upakovane proizvode.

Važnost sistema materijala i predmeta koji dolaze u neposredan dodir s hranom, potvrđuje i postojanje velikog broja EU propisa. Proizvedena ambalaža ispravna je za pakiranje prehrambenih proizvoda ako su zadovoljeni zahtjevi iz (1) „Pravilnika o uslovima u pogledu zdravstvene ispravnosti predmeta opšte upotrebe koji se mogu stavljati u promet“ (Sl. list SFRJ br. 26/83, 61/84, 56/86, 50/89, 18/91), (2) Regulativi (EC)1935/2004, (3) Regulativi (EC)2023/2006 i (4) Regulativi 10/2011 i (5) amandmanima 321/2011 i 1282/2011". U zakonskim propisima postoje liste: dozvoljenih, dozvoljenih ali i količinski ograničenih, i nedozvoljenih materijala za izradu ambalaže.

Dobra proizvođačka praksa GMP (*Good manufacturing practices*) podrazumijeva aspekte osiguranja kvalitete po kojima se proizvedeni materijali i predmeti kontroliraju kako bi se osigurala usklađenost postupaka s: a) propisanim standardima koji se na njih odnose i b) standardima kvalitete u skladu s njihovom primjenom.

5. REFERENCE

- [1] Ackermann P., Jägerstad M., Ohlsson T. (eds): Foods and packaging materials-Chemical interaction, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995.,
- [2] Alfonsson, E.: Avesta Sheffi eld Corrosion Handbook forStainless Steels, Stainless steels for the Food Processing Industries. ISBN 91-630-2122-6., str. 9–17.1994.,
- [3] Campion, R. P.: Permeation through polymers, Material Technology Institute od the Chemical Process, Inc. Amsterdam, 2000.,
- [4] Castle, L.: An Introduction to Chemical Migration from Food Contact Materials, International Food Safety News, Vol 9, pp. 2-4, 2000.,
- [5] Dimitrov, N.: Onečišćivači iz materijala i predmeta koji dolaze u neposredan dodir s hranom (2011). Hrvatska agencija za hranu (HAH), Osijek 2010.,
- [6] Galić K., Ciković N., Berković K.: Analiza ambalažnog materijala, HINUS Sveučilište u Zagrebu, ISBN 987-953-6904-23-5, Zagreb 2000.,
- [7] Mathlouthi, M. (ed): Food packaging and preservation, Elsevier Applied Science Publishers, New York, 1986.,
- [8] Olsson A., Petterson M. and Jönson G.: Packaging demands in the food service industry, Food Service Technology 4, 2004.,
- [9] Otto G. Piringer (Editor), Baner (Editor) A. L.: Plastic Packaging: Interactions with Food and Pharmaceuticals, 2nd, Completely Revised Edition, ISBN: 978-3-527-31455-3, II 2008.,
- [10] Radić-Jovanović D., Vraštanović-Pavićević G., Blagojević Z.: Zdravstvena ispravnost ambalažnog materijala – parametri i metode određivanja“. Institut za javno zdravlje Srbije“Beograd 2013.,
- [11] Steel R., (ured.): Understanding and measuring the shelf-life of food, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. 2004.,
- [12] Stipanelov-Vrandečić, N.: Ambalaža, Kemijsko tehnološki fakultet Split.2010.,
- [13] Šarkanj B., Kipčić D., Rački-Vasić Đ. i drugi: Kemijske i fizikalne opasnosti uhrani. Nakladnik: Hrvatskaagencijazahranu (HAH) Osijek.2010.,
- [14] Ščetar, M.: Utjecaj ambalažnih materijala na prehrambene proizvode“. Sveučilište u Zagrebu, PBF, Laboratorij za pakiranje hrane Zagreb 2010.,
- [15] Šišić I., Perviz O.: Konstrukcioni materijali-Prehrambena tehnologija, Univerzitet u Bihaću, Bihać 2013.,
- [16] Vujković I., Galić K., Vereš M.: Ambalaža za pakiranje namirnica, Sveučilišni udžbenik, Tectus, Zagreb 2007.,
- [17] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ambalazni-materijali> (I 2016).,
- [18] http://predmet.singidunum.ac.rs/Papirna_ambalaza_PREZENTACIJA_.pdf (II 2016).,
- [19] <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/260992.html> (I 2016).