

UNIVERZITET ZA POSLOVNI INŽENJERING I MENADŽMENT BANJA LUKA
TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski rad
PRIMJENA ŠTAMPARSKIH BOJA ZA AMBALAŽU U PREHRAMBENOJ
INDUSTRIJI

Mentor: doc. dr Dejan Kojić

BANJA LUKA, 2021

VANJA ŽUPLJANIN

“Pod moralnom i krivičnom odgovornošću izjavljujem da sam ja autor ovog rada te sam upoznat da sam, ukoliko se utvrdi da je rad plagijat, odgovoran za štetu pričinjenu Univerzitetu za poslovni inženjering i menadžment, kao i autoru originalnog rada.”

SAŽETAK

U ovom radu je prikazan pregled mogućih vrsta štamparskih boja koje se koriste za ambalažu u prehrambenoj industriji. Opisan je njihov sastav i način sušenja, objašnjene su i štamparske tehnike koje se mogu koristiti pri štampanju ambalaže u prehrambenoj industriji, navedene su i vrste ambalaže koje su štampane, opisana je interakcija u sistemu ambalaže i namirnice, gdje se navode moguće vrste migracije, procjena zdravstvenih rizika i parametri ograničenja prema migrantima iz štamparskih boja.

Takođe u radu su priloženi i praktični savjeti o upotrebi funkcionalnih barijera, boja i premaza za štampare i proizvođače ambalaže u prehrambenoj industriji sa ciljem minimalizacije migracijskog rizika. Na zdravstvenu ispravnost zapakovane namirnice, osim ambalažnog materijala, izbora štamparske boje i vrste štamparske tehnike, utiču i uslovi koji vladaju u štampi i skladištenju odštampanog materijala. Predstavljene su metode i osnovna pravila za testiranje migracije zatim uslovi testiranja štamparskih boja sa ciljem procjene rizika koje se sprovode prilikom izbora boja za štampu prehrambene ambalaže.

Ključne riječi: štamparska boja, prehrambena ambalaža, migracija, zdravstvena ispravnost, funkcionalne barijere.

ABSTRACT

This study evaluates existing packaging inks used in the food industry. The focus is on the ingredients and drying methods, printing techniques, packaging materials, and system interaction between the foods and packaging and possible ink migration to foods as well as potential health risks and use limitations.

The work also includes practical advice about the use of functional barriers, inks and coatings for packaging manufacturers and printers that would help minimize the ink migration risk and potential contamination of food products. The quality and safety of packaged foods is impacted not only by ingredients, materials and methods used in packaging, but also ambient conditions during production and storage. The methods and fundamental rules for appropriate testing of ink migration as well as testing conditions guidelines are presented in order to evaluate the risks associated with the selection of food packaging inks.

Keywords: food-safe ink, food packaging, ink migration, food safety, functional barriers.

Sadržaj

1.UVOD	1
TEORIJSKI DIO	2
2. ŠTAMPARSKE BOJE	2
2.1. Sastav štamparske boje	2
2.1.1. <i>Pigmenti</i>	2
2.1.2. <i>Veziva</i>	3
2.1.3. <i>Rastvarači</i>	3
2.1.4. <i>Dodatci</i>	3
2.2. Boje za štampu u prehrambenoj ambalaži	4
2.2.1. <i>Boje na bazi rastvarača</i>	5
2.2.2. <i>Boje na bazi vode</i>	5
2.2.3. <i>UV-sušeće boje i lakovi</i>	7
2.2.4. <i>Boje koje suše pod uticajem snopa elektrona</i>	9
2.2.5. <i>Offsetne boje za štampu na lukove</i>	9
2.3. Štamparske tehnike za štampu prehrambene ambalaže	11
2.3.1. <i>Offset</i>	12
2.3.2. <i>Fleksoštampa i duboka štampa</i>	13
2.3.3. <i>Ink Jet štampa</i>	15
2.3.4. <i>Lakiranje</i>	16
3. AMBALAŽA ZA PAKOVANJE NAMIRNICA	17
3.1. Značaj i funkcija ambalaže	17
3.2. Vrste ambalaže sa štampom	18
3.2.1. <i>Vanjska ambalaža</i>	18
3.2.2. <i>Direktna ambalaža</i>	19
3.2.3. <i>Laminat</i>	19
3.2.4. <i>Ambalaža sa štampom u direktnom kontaktu sa namirnicom</i> ...	19

3.3. Interakcija u sistemu ambalaža-namirnica	20
3.4. Procjena zdravstvenih rizika	27
3.5. Parametri ograničenja prema migrantima iz štamparskih boja	28
4. AMBALAŽA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI	29
4.1. Boje i premazi za materijale u neposrednom dodiru sa hranom	29
4.2. Funkcionalne barijere u prehrambenoj ambalaži	29
4.3. Štamparske boje i premazi za vanjsku ambalažu (za indirektan dodir sa hranom)	30
4.4. Procjena rizika	31
4.5. Procjena materijala i prevencija kontaminacije	31
4.6. Sušenje dovodjenjem energije – preporuke za smanjenje migracije	32
4.7. Hrana namijenjena za pripremu u mikrotalasnoj pećnici	32
4.8. Ostali posebni slučajevi	33
5. MIGRACIJE IZ BOJA ODŠTAMPANIH MATERIJALA I PREDMETA NAMIJENJENIH DODIRU SA HRANOM	33
5.1. Definicija migracije	34
5.2. Priprema uzoraka za testiranje migracije	34
5.3. Skladištenje/kondicioniranje odštampanih uzoraka	35
5.4. Testiranje	35
5.4.1. <i>Opšta pravila</i>	35
5.5. Osnovna pravila za testiranje migracije	36
5.5.1. <i>Plastični materijali i predmeti</i>	36
5.5.2. <i>Papirni i kartonski materijali i predmeti</i>	36
5.5.3. <i>Metode testiranja migracije i analize</i>	36
5.5.4. <i>Modelni rastvarači hrane</i>	37
5.5.5. <i>Uslovi testiranja migracije</i>	38
6. GRANICA GLOBALNE MIGRACIJE (engl. Overall migration limit, OML)	39

7. ANALITIČKE METODE	39
8. IZRAČUN „NAJGOREG MOGUĆEG SLUČAJA“	39
9. ZAKLJUČAK	41
10. LITERATURA	42

1. UVOD

Ambalaža sa štampom u prehrambenoj industriji, služi kako bi dala konačnu informaciju korisniku i igra važnu ulogu u prezentovanju i reklamiranju zapakovanog proizvoda. Zbog zakonskih obaveza, određene informacije moraju biti navedene na samoj ambalaži, kao što su masa, detalji o dobavljaču, informacije o sastavu, prisutnost alergena i prehrambenih detalja. Osim što se koristi u dekorativne i informativne svrhe, mora ispunjavati i svoju zaštitnu funkciju koja štiti hranu od djelovanja vanjskih uticaja kako bi se mogla na jednostavan način skladištiti u vremenu od završetka proizvodnje i pakovanja do konačne upotrebe.

Materijali i predmeti koji dolaze u neposredan dodir sa hranom potencijalni su izvori kontaminacije u svim vrstama hrane. Hrana koja je zapakovana u ambalažu uglavnom dolazi u kontakt sa jednim ili nekoliko vrsta materijala, uključujući jednoslojne, višeslojne materijale i sl. i sa različitim interakcijama sa hranom ili životnom sredinom mogu direktno uticati na zdravstvenu ispravnost.

Zbog toga proizvodnja prehrambene ambalaže vrlo je osjetljivo područje, s obzirom da konačni proizvod treba biti zdravstveno ispravan, pa se proizvođači moraju fokusirati na postizanje najvišeg nivoa proizvođačkih kontrola uz propise zaštite potrošača. To je područje regulisano opširnim zakonskim okvirom koji se primjenjuje na sve komponente ambalaže uključujući i etikete/deklaracije. Svi subjekti u proizvodnji prehrambene ambalaže moraju osigurati da njihovi doprinosi ni na koji način ne ugrožavaju zdravlje potrošača, primjer migracijom neželjenih supstanci iz ambalaže u hranu.

TEORIJSKI DIO

2. ŠTAMPARSKJE BOJE

2.1. Sastav štamparske boje

Štamparska boja je fina smjesa pigmenata, veziva, punila, rastvarača i pomoćnih sredstava (sušila, voskova itd.). Štamparska boja ima sposobnost da se u toku procesa štampe veže za podlogu na koju se štampa. Kako bi odabrali odgovarajuću štamparsku boju za štamparsku podlogu i štamparsku tehniku kojom ćemo štampati, važno je poznavati reološke karakteristike štamparske boje i način na koji se ona suši i karakteristike površine podloge na koju se boja nanosi. Pravilnim izborom sastojaka dobijaju se boje željenih svojstava i kvaliteta.¹

Komponente štamparskih boja mogu značajno se razlikovati od boje do boje. Važno je da su sve komponente za korisnika i životnu sredinu ekološki i zdravstveno prihvatljive. Za boje koje se štampaju na prehrambenoj ambalaži neophodno je ispitati toksiološke i migracijske karakteristike.

2.1.1. Pigmenti

Mogu biti pigmenti ili bojila. Njihov zadatak je osigurati obojenje na štamparskoj podlozi tako što upijaju svjetlost određene talasne dužine, zavisno o njihovoj strukturi, prilikom čega ljudsko oko primjećuje reflektnu svjetlost kao određenu boju.

Pigmenti su fine zrnaste čestice, nerastvorljive u vezivu, ali u njemu se moraju dobro dispergovati i potopiti. Mogu biti prirodnog ili umjetnog porijekla (organski sastojci), a u kombinaciji sa vezivom čine koloidne disperzije.

Bojila su čvrsto organske supstance ili organo-metalni kompleksi koji takođe daju obojenje bojama, ali se potpuno rastvaraju u vezivu sa kojim prave molekularne disperzije.

¹ Mijin, D. "Grafičke boje i lepkovi". Prvo izdanje, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu (2012).

2.1.2. Veziva

Vezivo je uz pigmente najvažnija komponenta štamparske boje. Vezivo je tečna komponenta boja koja služi kao nosilac pigmenta. Pigment je svojim finim česticama jednako dispergovan u vezivu. Vezivo može služiti i kao rastvarač boja. Zadatak mu je prenositi pigment kroz sistem za obojenje štamparske mašine i osigurati prenos boje na štamparsku formu, odnosno na štamparsku podlogu te vezati pigment na površini. Osim toga služi kako bi poboljšalo otpornost otiska prema vlazi i masnoćama, spriječilo sedimentaciju pigmenta i dalo sjaj odštampanoj boji.

Veziva moraju biti bistra i potpuno hemijski spora kako ne bi uticala na čistoću i ton boje ili kako ne bi hemijski reagovala sa nekom komponentom štamparske boje. Moraju imati sposobnost i definisanu brzinu sušenja, ali tek nakon što je boja na štamparskoj podlozi. Ne smiju sadržavati lako isparljive organske rastvarače neugodnog mirisa i štetnog uticaja na ljudski organizam.

2.1.3. Rastvarači

Većina štamparskih boja u svom sastavu sadrži određenu količinu rastvarača koje rastvaraju smolu držeći je u stabilnom rastvaraču tokom proizvodnje, skladištenju i štampi i određuju viskoznost štamparske boje. Izbor rastvarača zavisi o vrsti štamparske podloge i zadnjoj upotrebi otiska. Nakon štampanja, rastvarač bi trebao ispariti u što kraćem vremenskom roku. To se ne odnosi na rastvarače koji služe kao omekšivači tvrdih filmova otisaka koji u suvom filmu zaostaju neodređeno vrijeme. Rastvarači po hemijskom sastavu mogu biti voda, ugljovodonici, ketoni, esteri, i alkoholi.

2.1.4. Dodaci

Dodaci poboljšavaju određena svojstva štamparskih boja ili otklanjaju nepoželjne pojave u štampi. Oni se trebaju lako povezivati sa vezivom ili gotovom štamparskom bojom. Njihov postotni dio u boji je uglavnom vrlo nizak (1,5%). Kao dodaci štamparskim bojama koriste se na primjer voskovi, ulja i masti. Oni smanjuju ljepljivost, sljepljivanje otiska, te povećavaju otpornost otiska na otiranje. Antioksidanti ipak inhibiraju sušenje boje u ambalaži ili na valjcima štamparske mašine.

2.2. Boje za štampu u prehrambenoj ambalaži

Štamparske boje se koriste za štampanje različitih vrsta prehrambene ambalaže, pri čemu je otisak uglavnom štampan na vanjskoj strani ambalaže ili je ubačen između dva vanjska sloja višeslojne ambalaže.

Razlog što se štamparske boje štampaju na vanjskim slojevima ambalaže leži u njihovoj potencijalnoj toksičnosti i mogućnosti kontaminacije hrane štetnim supstancama iz sastava štamparske boje koja je puno veća ako se otisak nalazi u neposrednom dodiru sa hranom. U proizvodnji štamparskih boja koristi se veliki broj različitih supstanci (više od pet hiljada supstanci), od kojih je samo manji dio Evropska agencija za sigurnost hrane (*engl.* European Food Safety authority, EFSA) uspješno procijenila pa je za njih propisala ograničenja za slučaj migracije u obliku granice specifične migracije (*engl.* specific migration limits, SML). Većina supstanci koje su sadržane u štamparskim bojama još uvijek nisu toksikološki procijenjene. Međutim, industrija je dužna dokazati sigurnost upotrebe tih boja na prehrambenoj ambalaži. To znači da boje ne smiju predstavljati zdravstveni rizik za zadnjeg korisnika.²

Tabela 1. Lista supstanci koje se koriste za proizvodnju štamparskih boja

Toksikološki određena vrijednost supstance		Supstance bez toksikološki određene vrijednosti
Monomeri	292	1205
Rastvarači	29	256
Dodatci	705	2878
Fotoinicijatori	24	72
Pigmenti	66	197
Ukupno	1116	4608

Boje za prehrambenu ambalažu su složene mješavine proizvedene od pigmenata (5-30%), veziva (15-60%), rastvarača (20-70%) i aditiva uključujući omekšivače.

Pigmente, supstance koje daju obojenje, kategoriziramo kao:

- disperzije nerastvorljivih pigmenata
- bojila rastvorljiva u vezivu (ne koriste se često u štamparskim bojama za prehrambenu ambalažu)

² Đurđević, S. (2020). Model identifikacije stanja zaštitnih elemenata grafičke ambalaže. Универзитет у Новом Саду.

2.2.1. Boje na bazi rastvarača

Nitroceluloza (NC) je najvažnije i jedno od najčešće korištenih veziva za boje i premaze. Nitroceluloza je rastvorljiva u organskim spojevima kao što su aceton, etil acetat, ketoni i alkoholi. Najveći broj boja za fleksoštampu i bakroštampu sadrže nitrocelulozu. Zavisno o namjeni ambalaže takođe sadrže i maleinske smole i ostale sintetičke smole kao što su polivinil butiral (PVB), poliamid (PA) i poliuretan.

U bojama na bazi rastvarača, smola se rastvara u rastvaraču koje nakon što je štamparska boja nanosena na štamparsku podlogu, ispari, a smola pomiješana sa česticama pigmenta zaostaje u obliku homognog filma na površini podloge.

Kako bi spriječili prebrzo sušenje na štamparskom cilindru dodaju se male količine usporivača odnosno sporo isparavajućih rastvarača kao što su glikol eteri.

Važne komponente u bojama na bazi rastvarača su:

- Pigmenti
- Veziva: nitroceluloza, maleinske smole, polivinil butiral, poliamid, poliuretan
- Rastvarači: alkoholi (etanol, izopropanol), esteri (etil acetat, izopropil acetat), metoksi propanol
- Dodaci: plastifikatori, podmazivači, poboljšivači adhezije

2.2.2. Boje na bazi vode

Voda isparava znatno sporije od rastvarača, dakle sušenje boje na bazi vode zahtjeva puno energije. Zbog toga boje na bazi vode koristimo u štampi na upijajuće podloge.

Smola koja se rastvara u vodi ne može biti jedino vezivo jer konačan otisak nije otporan na vodu. Zato se za pripremu vodenih rastvora i disperzija upotrebljavaju polimeri koji sadrže kiselinske grupe, koristeći izlupljivo sredstvo za neutralizaciju, obično organski amin, kako bi nastale soli amina. To sredstvo ispari tokom procesa sušenja i formira se otisak nerastvorljiv u vodi.

Disperzije smole (npr. koloidne disperzije finih polimernih čestica stabilizovane u tečnoj fazi) takođe se koriste. Veziva koja se upotrebljavaju u sistemima na bazi vode su obično kopolimeri akrilnih kiselina i njezinih estera sa stirenom i česticama koje sadrže vinil dobijen emulzijskom polimerizacijom.

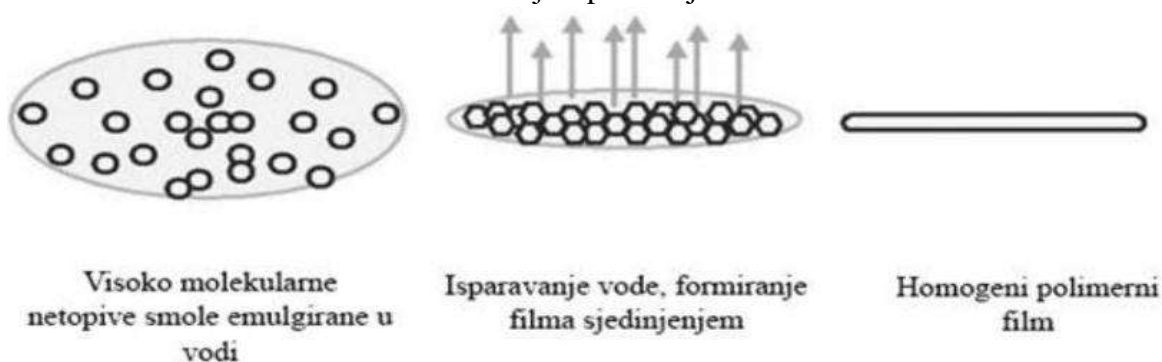
Sušenje (isparavanje i apsorpcija vode) smanjuje prostor između polimernih nakupina sve dok se one međusobno ne spoje i formiraju film. Polimerni film sastoji se od homogene

polimerne smjese koje su izuzetno otporne. Proces može biti ubrzan pomoću sredstava za formiranje filma koji pomaže u spajanju pojedinačnih čestica polimera.

Princip disperzije smola

Disperzija se brzo suši putem upijanja u štamparsku podlogu ili isparavanjem vode (slika 1). Kako bi prilagodili stopu isparavanja koriste se male količine usporivača, kao što su propilen glikol ili glikol eteri.

Slika 1. Sušenje isparavanjem vode³



<https://www.pac.gr/bcm/uploads/8-printing-inks-for-food-packaging.pdf>

Boje na bazi vode uglavnom sadrže mješavinu rastvora smole i polimerne disperzije, a njihov odnos zavisi o željenoj brzini sušenja, sjaja i otpornosti na otiranje.

Važne komponente u bojama na bazi vode su:

- Pigmenti
- Veziva: stiren-akrilni kopolimeri, akrilni kopolimeri, maleinske smole
- Rastvarači: voda, izopropanol, glikol eter, propilen glikol
- Dodaci: amini, biocidi, sredstva protiv pjenjenja, sredstva za vlaženje, voskovi (PE, PTFE), klizna sredstva

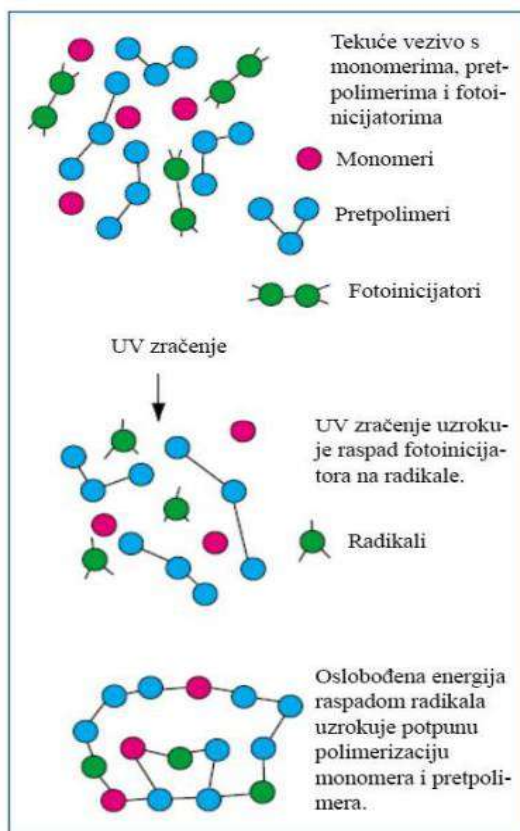
³ Packaging Materials 8 - Printing Inks for Food Packaging Composition and Properties of Printing Inks, ILSI Europe Report Series, 2011.

2.2.3. UV-sušeće boje i lakovi

UV-sušeći sistem se primjenjuju pri procesu štampe u offsetu ili fleksoštampi.

UV boje su specijalne boje koje ostaju u tečnom stanju sve do trenutka izlaganja UV zračenju odgovarajuće talasne dužine kada započinje vrlo brza lančana reakcija – polimerizacija (slika 2). Boje se tada trenutačno suše i prave trodimenzionalni stabilan film. Jedna od komponenti UV-sušećih boja je tečno vezivo sa monomerima, pretpolimerima i fotoinicijatorima. Fotoinicijatori pod uticajem definisanog UV zračenja se raspadaju na radikale te oslobađaju energiju potrebnu za polimerizaciju monomera i pretpolimera.

Slika 2. Izlaganje tečnog veziva UV zračenju



http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_mehanizmi%20susenja%20TB.pdf

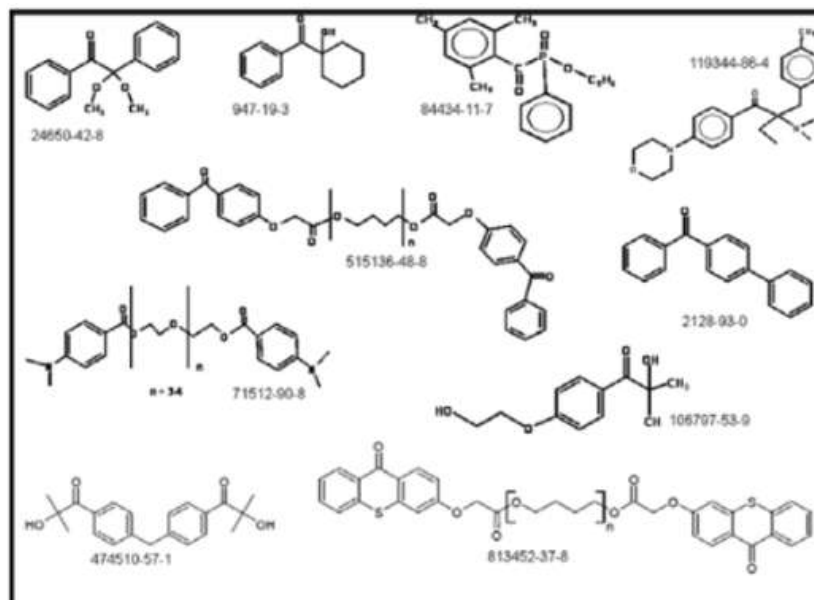
Akrilni oligomeri koji se koriste u UV sušećim bojama su jako viskozni polimeri i pretpolimeri koji sadrže reaktivne akrilatne grupe. Oni su sastavni dio UV boja i

osiguravaju važna svojstva kao što su adhezija, otpornost i fleksibilnost. Višenamjenski akrilati se koriste kao reaktivna sredstva za razrijeđivanje i rastvaranje. Oni utiču na brzinu stvrdnjavanja i daju boji željenu viskoznost.

Standardne UV-sušeće boje sa fotoinicijatorima male molekularne mase, oslobađaju jake neugodne mirise nakon stvrdnjavanja te nisu prikladne za upotrebu na prehrambenoj ambalaži.

Mnogi fotoinicijatori ili monomeri nisu, ili su samo djelimično zarobljeni u filmu, pa postoji mogućnost njihove migracije u hranu (slika 3). Većina fotoinicijatora nije toksikološki obrađena.

Slika 3. Primjeri fotoinicijatora



<https://www.pac.gr/bcm/uploads/8-printing-inks-for-food-packaging.pdf>

Važne komponente UV boja su:

- Pigmenti
- Oligomeri: epoksi akrilati, poliester akrilati, polieter akrilati, uretanski akrilati
- Monomeri/razrijeđivači: di-, tri-, tetrafunkcionalni akrilati
- Fotoinicijatori: derivati benzofena, alfa-hidroksi keton, aminski ubrzivači, polimerni fotoinicijatori
- Dodaci: voskovi (PE/PTFE), silikonska ulja, stabilizatori

2.2.4. Boje koje suše pod uticajem snopa elektrona

EB boje (od *engl.* electron beam- snop elektrona) su boje koje se suše pod uticajem snopa elektrona. Slične su UV bojama, ali za razliku od njih, EB boje ne sadrže fotoinicijatore.

Snop elektrona koji se generiše u EB sušilici sadrži dovoljno energije da prodre duboko u slojeve boje i izazove reakciju polimerizacije.

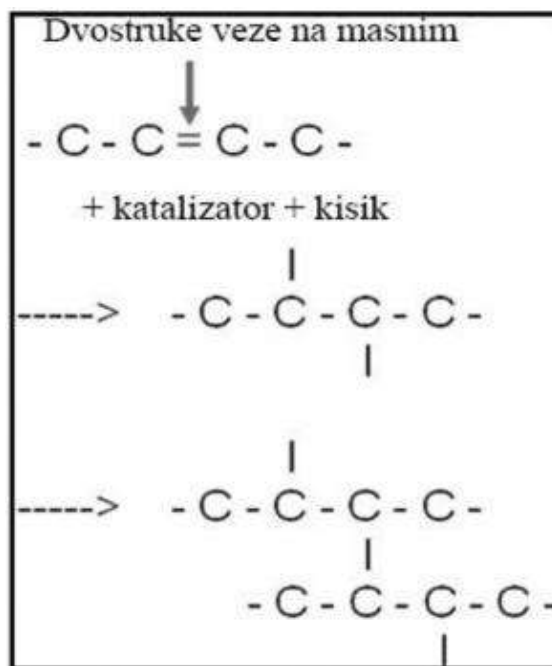
2.2.5. Offsetne boje za štampu na lukove

Offsetna boja za štampu na lukove može sušiti na dva načina: prodiranjem ili oksipolimerizacijom.

Ako se boja suši prodiranjem, vezivo malo prodire u strukturu štamparske podloge, a na površini zaostaju čvrste komponente boje, kao što su pigmenti i smola. Takav sistem sušenja zahtjeva upijajuće podloge i boje niskog viskoziteta, dakle za štamparsku podlogu najčešće se koriste premazni i nepremazni papiri. Otisak je zaštićen samo strukturom vlakana, pa je i otpornost na trenje tako dobijenog otiska relativno mala te zahtjeva dodatno premazivanje lakom.

Sušenjem oksipolimerizacijom stvara se hemijski umrežan stabilan film (slika 4). Biljna ulja sadrže nezasićene dvostruke kovalentne veze na kojima se odvijaju reakcije oksidacije i polimerizacije kada dođu u kontakt sa katalizatorima (sikativi) i kiseonikom iz zraka. Tokom oksipolimerizacije iz otiska se oslobađaju nusproizvodi male molekularne mase i neugodnog mirisa što predstavlja problem pri štampi ambalaže za prehrambene proizvode. Te reakcije se odvijaju danima, moguće i sedmicama nakon što je otisak suv.

Slika 4. Princip sušenja oksipolimerizacijom



<https://www.pac.gr/bcm/uploads/8-printing-inks-for-food-packaging.pdf>

Rastvarači u offsetnim bojama su:

- Mineralna ulja
- Biljna ulja (laneno ulje, sojino ulje, drvno ulje)
- Esteri masnih kiselina

Mineralna ulja su mješavina ugljovodonika, a razlikuju se prema njihovim vještinama i rastvorljivosti.

Tablica 2. Tačka ključanja mineralnih ulja koja se koriste za određene štamparske tehnike

Tačka ključanja(°C)	Štamparska tehnika	Način sušenja
240-290	Heatset	Isparavanje rastvarača
>320	Novinska rotacija	Sporo prodiranje
280-310	Štampa na lukove ofset	Prodiranje

Mineralna ulja nisu prikladna za primjenu na prehrambenoj ambalaži i trebala bi biti zamjenjena nekim drugim rastvaračima. Takođe, treba ih razlikovati od bijelih ulja koja se takođe sastoje od ugljovodonika, ali budući da ne predstavljaju rizik za potrošače, su registrovana kao dodatci hrani.

Važne sastavnice offsetnih boja su sledeće:

- Pigmenti (1-20%)
- Veziva (40-65%) kolofonijske smole, maleinske smole, ugljovodonične smole, alkidne smole
- Rastvarači i razrijeđivači (5-25%) mineralna ulja, biljna ulja (sojino ulje, laneno ulje, drveno ulje) esteri masnih kiselina
- Aditivi (3-6%) voskovi (PE/PTFE), sikativi, antioksidanski

Rastvarači koji se koriste u formulaciji offsetnih boja za štampu na prehrambenoj ambalaži sastoje se uglavnom od specijalnih estera masnih kiselina koji su prethodno ocijenjeni i odobreni od strane EFSA-e. Takođe, te boje moraju stvarati organoleptički neutralan film, a to je moguće postići:

- Korištenjem kolofonijske smole
- Izbjegavanjem ugljovodoničnih smola (sa karakterističnim intezivnim mirisom)
- Korištenjem minimalne količine biljnih ulja (sa malo dvostrukih veza).

2.3. Štamparske tehnike za štampu prehrambene ambalaže

Različite štamparske tehnike mogu se primjenjivati za štampu prehrambene ambalaže.

Najčešće korištene su:

- Offset
- Fleksoštampa
- Duboka štampa
- Ink jet štampa

2.3.1. Offset

Na štamparskoj formi za offsetnu štampu, slobodne površine i štamparski elementi leže u istoj ravni, a razlikuju se samo po svojim hidrofilnim (slobodne površine) odnosno oleofilnim (štamparski elementi) svojstvima (slika 5).

U procesu štampe, na hidrofilne površine nanosi se rastvarač za vlaženje koja se sastoji od vode ili smjese vode i alkohola, a na oleofilne površine nanosi se štamparska boja. Za dalji transfer boje potrebna je offsetna guma koja služi kao posredan prenosnik slike.

Mokri otisak ima približnu težinu u rasponu od 0.8 do 1.8 g/m².

Sistem za bojenje sastoji se od velikog broja valjaka koji prenose boju iz rezervoara sa bojom do temeljnog cilindra i pritom je razribaju tako da se može nanijeti na štamparsku formu u ravnomjernom i tankom sloju. Štamparska boja za offset mora imati visok viskozitet. Takođe, zbog visoke tačke ključanja kako ne bi isparilo prije nego je boja prenesena na štamparsku podlogu.

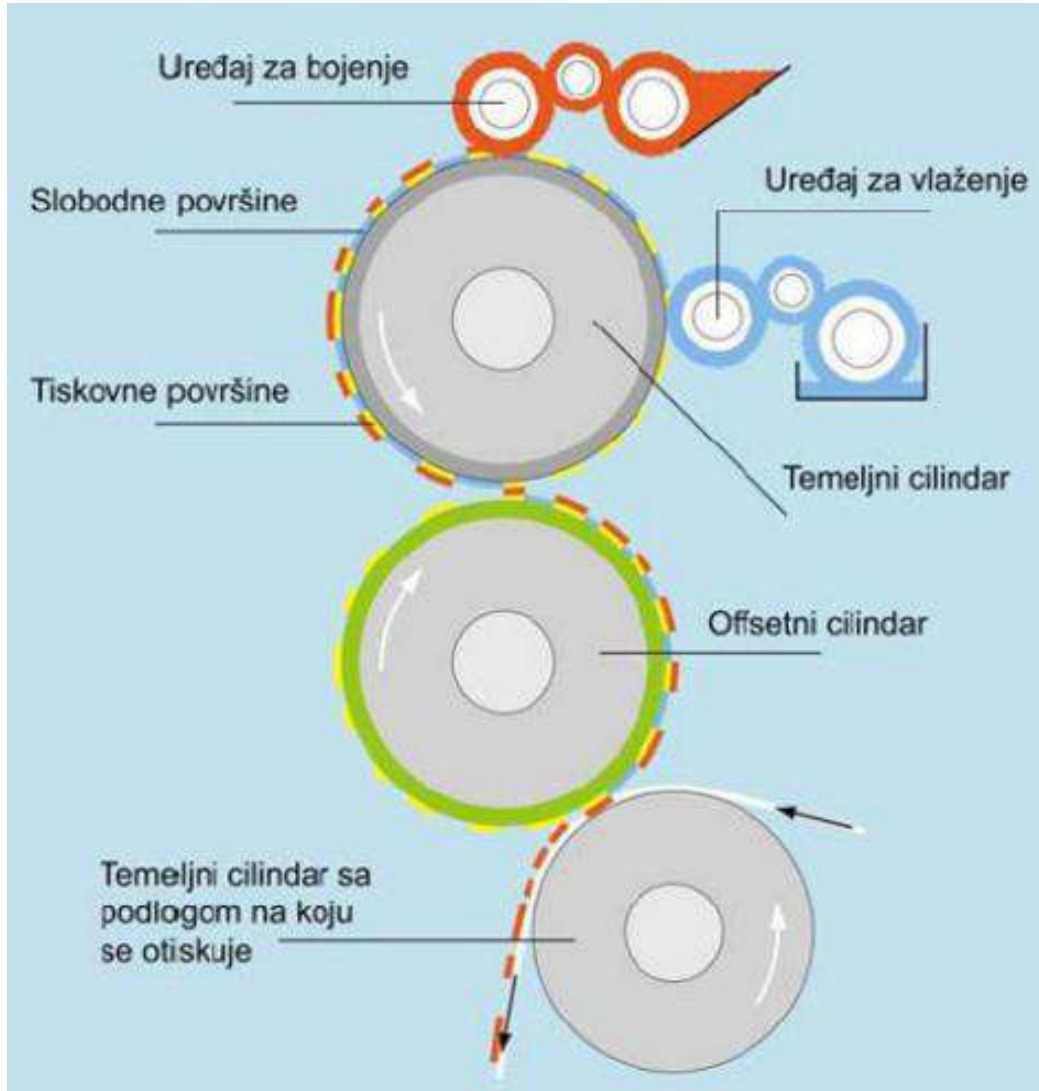
Svojstva koja rastvarač mora posjedovati:

- Mogućnost rastvaranja smole koja se nalazi u štamparskoj boji
- Mora biti stabilan u rezervoaru za boju
- Osigurati dobro sušenje štamparske boje

Offset se obično koristi u heatset i coldset procesima. Heatset se bazira na toplotnom induciranju isparavanja rastvarača, a coldest na prirodnom isparavanju i prodiranju rastvarača u strukturu štamparske podloge. Ova dva procesa koriste se u štampi novina i magazina i ne primjenjuju se u štampi prehrambene ambalaže.

Za štampu prehrambene ambalaže koristi se offsetna tehnika štampe na lukove gdje se biljna ulja i esteri njihovih masnih kiselina koriste kao alternativa mineralnim uljima koja preovladavaju u štampi novinskih i magazinskih publikacija.

Slika 5. Šematski prikaz obojenja štamparske forme u offsetnoj štampi



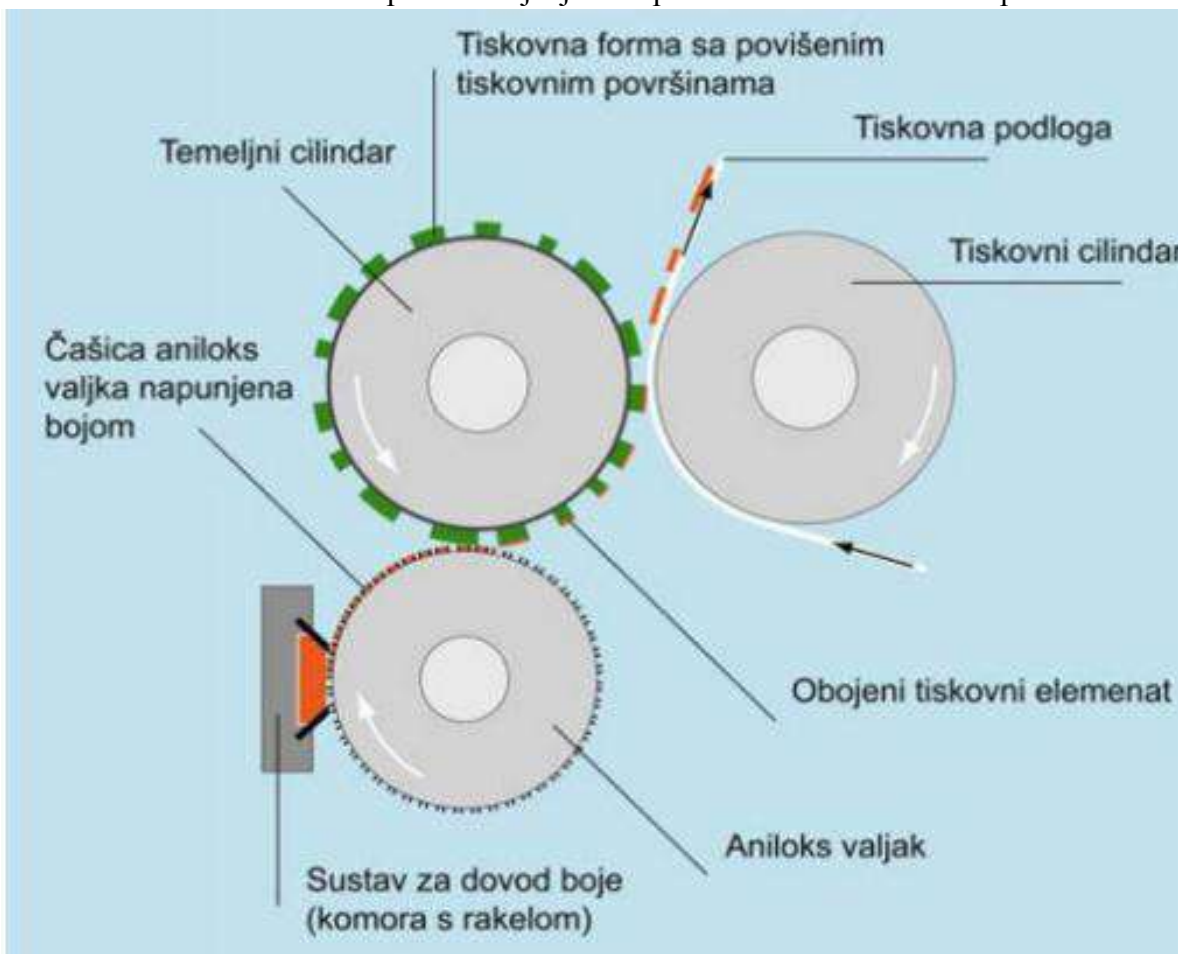
<https://dokumen.tips/documents/tisak-tehnike-tiska.html>

2.3.2. Fleksoštampa i duboka štampa

Fleksoštampa je direktna, rotacijska tehnika štampe. Štamparska forma sastoji se od fleksibilne reljefne gume ili fotopolimera (slika 6). Štamparska boja nanosena je na štamparske elemente pomoću aniloks valjka u koji je ugravirano milion malih ćelija koje prenose boju na štamparsku formu. Veličina i dubina ćelija određuje debljinu nanosa boje na štamparsku formu. Štamparska boja je obično nanosena na aniloks valjak i drugi koji

skida višak boje. Štamparska forma direktno prenosi štamparsku boju na štamparsku podlogu.

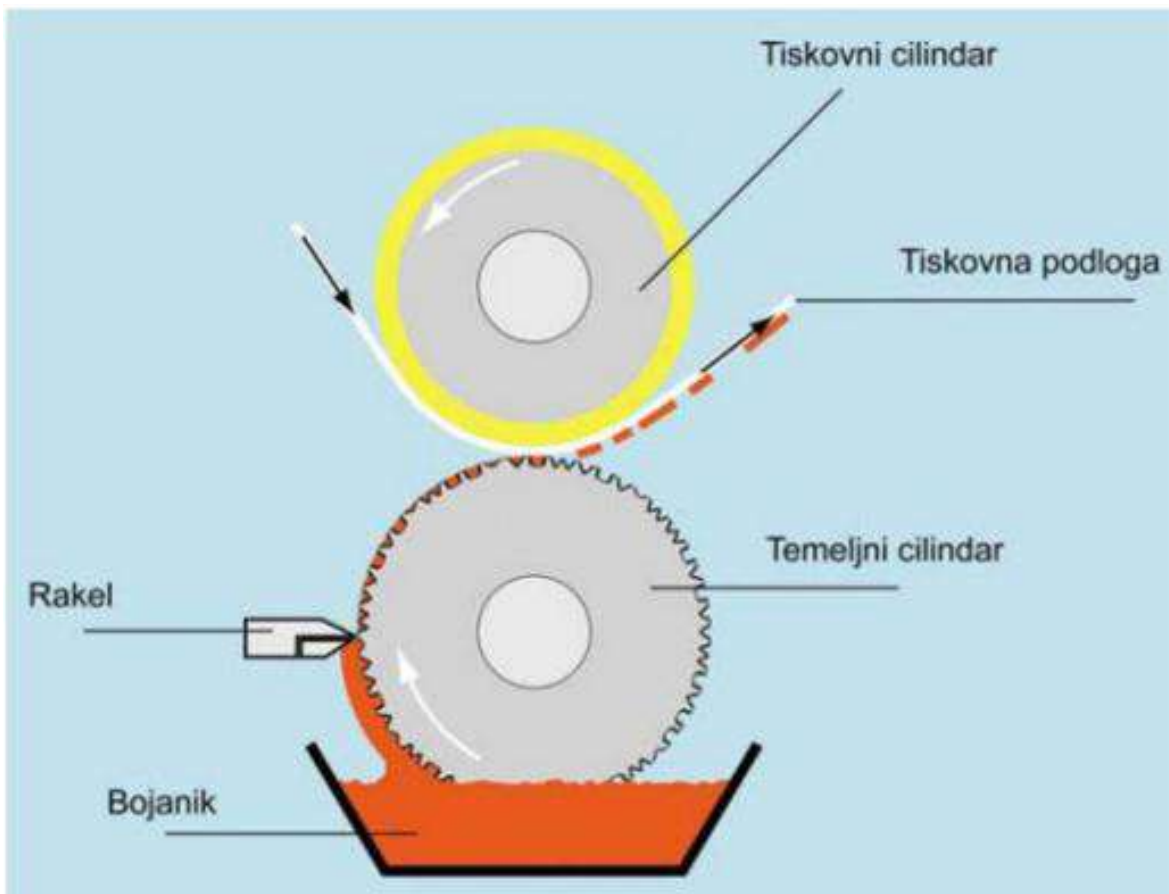
Slika 6. Šematski prikaz obojenja štamparske forme u flekstoštampi



http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf

Temeljni cilindar u dubokoj štampi sastoji se od tankog sloja bakra u kojem su ugravirani štamparski elementi kao male ćelije odnosno vakuole (slika 7). Štamparsku boju nanosimo na temeljni cilindar direktnim putem, tako što je cilindar potopljen u boju. Višak boje sa slobodnih površina se skida brisačem. Boja koja je ostala u vakuolama, direktno se prenosi na štamparsku podlogu.

Slika 7. Šematski prikaz obojenja štamparske forme u dubokoj štampi.



http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_duboki%20sito.pdf

Štamparska boja u dubokoj štampi i fleksoštampi mora imati niski viskozitet i ne smije biti ljepljiva. Kod tih štamparskih tehnika suvi sloj filma teži oko $1.5-3 \text{ g/m}^2$, a mokri sloj filma kod duboke štampe teži između $5-9 \text{ g/m}^2$ dok kod fleksoštampe teži $3-6 \text{ g/m}^2$.

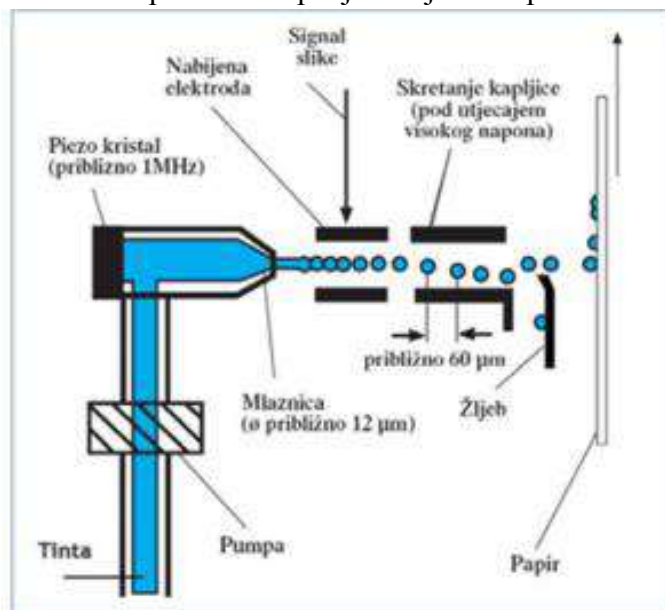
2.3.3. Ink Jet štampa

Ink Jet je štamparska tehnika kod koje se uređaj za štampanje ne nalazi u direktnom kontaktu sa štamparskom podlogom što omogućava štampanje na neravnim površinama (slika 8).

Ink Jet štampa se dijeli na kontinuiranu štampu i štampu na zahtjev.

Kontinuirana ink-jet štampa karakterizuje neprestani izlaz kapljica iz rezervoara, a one koje ne koriste otisak se nabijaju ili ne nabijaju (zavisno o podvrsti) i putem odvodnog kanala se vraćaju u sistem.

Slika 8. Šematski prikaz štampanja ink-jet štamparskom tehnikom



<https://dokumen.tips/documents/tisak-tehnike-tiska.html>

Drop-on-demand ink jet štampa (kućni i kancelarijski ink jet printeri) karakteririše ispuštanje kapljice kroz mlaznice štampane glave samo na onim mjestima na kojima je potrebno da bi se stvorio otisak. Kod ink jet boje mogu se koristiti boje na bazi vode, boje na bazi rastvarača, ulja i UV sušeće boje.

2.3.4. Lakiranje

Lakiranje ili podmazivanje otiska je završni proces u štampi ambalaže gdje se pomoću valjaka nanosi tanki, transparentni film laka na prethodno odštampani sadržaj. Lak služi kako bi zaštitio otisak od mehaničkih uticaja koji se javljaju pri transportu kao što su razmazivanje i otiranje ili da poveća otpornost prema vlazi i masnoćama. Lakiranje služi i kako bi se povećao sjaj i izjednačila površina otiska i na taj način dodatno doprinosi atraktivnosti grafičkog proizvoda.

3. AMBALAŽA ZA PAKOVANJE NAMIRNICA

3.1. Značaj i funkcija ambalaže

Prema „Pravilniku o ambalaži i ambalažnom otpadu“ (NN 97/2005), ambalaža predstavlja sve proizvode bez obzira na prirodu materijala od kojeg su izrađeni ili su korišteni za sadržavanje, čuvanje, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe, od sirovina do gotovih proizvoda, od proizvođača do korisnika ili potrošača.

Prema Direktivi Evropskog parlamenta i vijeća 94/62/EZ o ambalaži i ambalažnom otpadu, ambalaža je definisana kao primarna, sekundarna, tercijarna ambalaža.

1. Prodajna ili primarna ambalaža je ambalaža stvorena da čini proizvod za zadnjeg korisnika ili potrošača na prodajnom mjestu
2. Skupna ili sekundarna ambalaža je ambalaža stvorena da čini u trenutku kupovine skup potrošaču, ili služi samo kao sredstvo kojim se pune police na prodajnom mjestu. (može se odvojiti od proizvoda bez uticaja na njegova svojstva)
3. Transportna ili tercijarna ambalaža je ambalaža stvorena da olakša rukovanje i prevoz određenog broja proizvoda ili skupnih ambalaža u svrhu sprečavanja fizičkog dodira i transportnih oštećenja (ne uključuje kontejnere za saobraćajni, željeznički, brodski ili vazdušni prevoz)

Osnovna funkcija prehrambene ambalaže je zaštita hrane od djelovanja vanjskih uticaja kako bi se mogla na jednostavan način skladištiti u vremenu od završetka proizvodnje i pakovanja do konačne upotrebe.⁴

Spoljašnji uticaji, poput sunčevog zračenja, temperature i vlažnosti mogu hemijski i fizički djelovati na zapakovane namirnice i dovesti do kvarenja zapakovanog sadržaja. Ambalaža mora kroz duže vrijeme osigurati izvorni kvalitet svježe ili netom proizvedene hrane, a pritom mora biti neupitne zdravstvene ispravnosti kako ne bi došlo do kontaminacije hrane, a samim time i do opasnosti za zdravlje potrošača.

Ambalaža osim zaštitne funkcije ima skladišno-transportnu, prodajnu i upotrebnu funkciju.

Spektar rizika kojima je prehrambeni proizvod izložen tokom proizvodnje i procesa pakovanja, pa sve dok ne stigne do zadnjeg potrošača:

⁴ Lazić, V., & Novaković, D. (2010). Ambalaža i životna sredina. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 108-119.

- Makroorganizmi (insekti i glodari) mogu posredno kontaminirati namirnicu nekim patogenim mikroorganizmom.
- Mikroorganizmi (bakterije, virusi, plijesni, paraziti) uzrokuju kontaminaciju hrane čime mogu izazvati različite incidente trovanja hranom
- Prolaz plinova/para iz životne sredine ili gubitak u životnu sredinu koji za posljedicu imaju neugodan miris i okus hrane
- Radijacija odnosno zračenje (pad kvaliteta zbog uticaja zračenja kao što je npr. UV zračenje)
- Hemijske interakcije sa kontaktnom površinom ambalaže ili sa kontaminantima iz životne sredine
- Migracija hemijskih supstanci iz ambalaže u namirnicu

Ambalaža takođe ima važnu ulogu u konkurentnosti proizvoda na tržištu. Faktori koji uveliko utiču na konkurentnost proizvoda na tržištu su: smanjenje troškova ambalaže, zadovoljne potrebe potrošača, zadovoljeni uslovi prehrambene industrije, čuvanja zdravstvenog kvaliteta hrane i minimalnog efekta ambalaže na životnu sredinu.⁵

3.2. Vrste ambalaže sa štampom

Prehrambena ambalaža kod koje je moguć kontakt hrane sa odštampanim sadržajem dijeli se u četiri kategorije:

- Spoljašnja ambalaža
- Direktna ambalaža
- Laminati
- Ambalaža sa štampom u direktnom kontaktu sa namirnicom

3.2.1. Spoljašnja ambalaža

Spoljašnja ambalaža sastoji se od više posebnih slojeva ambalažnog materijala i posjeduje otisak na spoljašnjem dijelu ambalaže koji u pravilu ne dodiruje namirnicu. Primjer takve ambalaže je čokolada. Zapakuje se u aluminijumsku foliju koja je u direktnom kontaktu sa čokoladom i spoljašnji papir sa štampom koji predstavlja spoljašnju

⁵ Lazić, V., & Novaković, D. (2010). Ambalaža i životna sredina. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 108-119.

ambalažu. Iako je kod takve ambalaže mogućnost interakcije štampe sa prehrambenim proizvodom ili migracije vrlo mala, proizvođačima se preporučuje da za štampu koriste štamparske boje koje su namijenjene štampi direktne ambalaže.

3.2.2. Direktna ambalaža

Direktna ambalaža je direktno zapakovana namirnica i posjeduje štampu na spoljašnjoj strani ambalaže. Na taj način sam ambalažni materijal stvara veliku opasnost od migracije niskomolekularnih supstanci iz otiska s obzirom da neke supstance srazmjerno lako mogu migrirati kroz, na primjer, vlaknasti ambalažni materijal (papir i karton) ili polimernu foliju. Postoji takođe velika opasnost od tzv. kontaktne migracije tj. preslikavanja (*engl. set-off*) ako postoji dodir između spoljašnjeg i unutrašnjeg dijela materijala tokom, na primjer, skladištenja ili prevoza dok su otisci složeni u gomile ili namotani u role.

3.2.3. Laminat

Laminat predstavlja ambalažu kod koje je otisak ubačen između dva ili više posebnih slojeva ambalažnog materijala. Potencijalni kontakt između hrane i štampe je manji nego kod direktne ambalaže, ali je migracija kroz supstrat i dalje moguća.

3.2.4. Ambalaža sa štampom u direktnom kontaktu sa namirnicom

Ambalaža sa štampom u direktnom kontaktu sa namirnicom je, na primjer, ambalaža kod koje se zapakovani proizvod ubacuje u odštampane insertacije ili kod koje je promotivna informacija odštampana sa unutrašnje strane pakovanja.⁶ S obzirom da je otisak u direktnom kontaktu sa hranom, mogućnost kontaminacije hrane sa kontaminantima iz štamparskih boja je najveća. Potrebna je posebna pažnja pri izboru štamparskih boja koje će se primjeniti na takvu ambalažu. Ovakve aplikacije gdje se otisak nalazi u neposrednom dodiru sa hranom vrlo su rijetka pojava, prema nekim procjenama smatra se da su na tržištu zastupljene u dijelu manjem od 1%.⁷

⁶ Tokić, I., Fruk, G., & Jemrić, T. (2011). Biorazgradiva ambalaža za čuvanje voća i drugih hortikulturnih proizvoda: materijali, svojstva i učinak na kakvoću. *Journal of central European agriculture*, 12(1), 226-238.

⁷ Arsovski, V. M. (2016). Eksperimentalna i kvantno-hemijska proučavanja hinolonskih azo boja i njihovih

3.3. Interakcija u sistemu ambalaža-namirnica

Neke vrste hrane i pića su vrlo agresivni proizvodi koji su sposobni snažno reagovati sa materijama sa kojima se nalaze u neposrednom dodiru. Tako na primjer, kiseline iz hrane mogu nagrizzati metale, ulja i masti, mogu izazvati rastvaranje i bubrenje polimernih materijala (plastike), a pića mogu dezintegrirati nezaštićeni papir ili karton. Materijali koji se koriste za pakovanje namirnica poput metala, stakla, keramike, papira i polimera nisu potpuno inertni pa je moguće da njihove sastavnice migriraju u zapakovanu hranu.

Otpuštanje komponenti iz ambalaže i njihov prelazak u namirnicu naziva se migracija. Supstance koje se prenesu u hranu kao posljedica dodira ili interakcije izvora hrane i ambalažnog materijala nazivaju se migranti. Migranti se sastoje od vrlo pokretljivih molekula, a to su uglavnom aditivi u štamparskim bojama.⁸

Iako su otisci gotovo uvijek štampani na spoljašnjoj strani ambalaže i nisu namijenjeni direktnom kontaktu sa hranom, supstance malih molekulskih masa koje se nalaze u bojama mogu lako migrirati kroz ambalažni materijal u hranu. Staklo i aluminijum su među rijetkim supstancama koji sadrže dobra barijerna svojstva prema svim sastavnicama štamparskih boja. Vlaknasti materijali i većina polimera ne djeluje kao barijera prema migrantima iz štamparskih boja. Rastvarači iz štamparskih boja mogu vrlo lako migrirati kroz ambalažu napravljenu od papira, kartona i polimera (plastike). U slučaju kartona laminiranog polietilenskom folijom, polimerni film služi kao barijera prema vodi, ali i prema supstancama koje su rastvorljive u mastima.⁹

Migracija hemijskih supstanci iz ambalaže može značajno ugroziti zdravstvenu ispravnost hrane i štetno uticati na zdravlje ljudi koji tu hranu konzumiraju. Migracija takođe može izazvati fizičke, hemijske i čulne promjene hrane. Tako npr. može doći do promjene boje namirnice kao što se može pojaviti i loš, neugodan miris čime proizvod gubi svoju privlačnost.¹⁰

Interakcije između ambalaže i hrane mogu se definisati kao hemijske i/ili fizičke reakcije između hrane i/ili ambalaže (slika 9). Te se interakcije mogu podijeliti u tri glavne grupe:

- Migracija je prenos komponenti iz ambalaže u namirnicu (normalna migracija)

prekursora (Doctoral dissertation, Univerzitet u Beogradu-Tehnološko-metalurški fakultet).

⁸ Januš, T. (2020). Biorazgradiva ambalaža za hranu-poduzetnička inicijativa za održivi okoliš (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek. DEPARTMENT FOR AGROECONOMICS.).

⁹ Muhamedbegović, B., Budimlić, A., Simikić, D., & Suljić, A. PAKIRANJE PČELINJIH PROIZVODA. PČELARSTVO I PČELINJI PROIZVODI, 85-91.

¹⁰ Pavlica, N. (2016). UV-degradacija biorazgradivih polimernih folija (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje).

- Sorpcija je prenos komponente iz namirnice na ambalaži materijala (negativna migracija)
- Permeacija je prolaz komponenti kroz ambalažu u oba smjera (supstance male molekulske mase difuzijom prolaze između namirnice i životne sredine kroz ambalažu)
-

Slika 9. Interakcija između hrane, ambalaže i životne sredine.

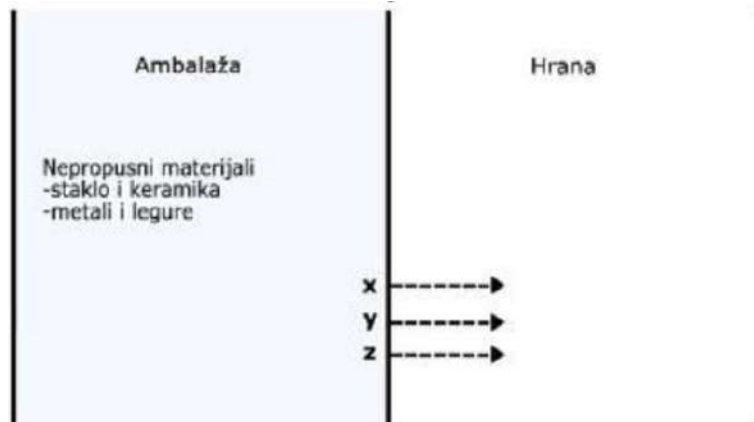


<https://www.huberschile.cl/en/information/food-packaging/futurepack-content/interaction/>

Prema L. Castleu-u postoje tri osnovne vrste prehrambenih ambalažnih materijala:

- Neporopusni materijali su čvrsti, tvrdi materijali poput metala, stakla i keramike. Oni predstavljaju apsolutnu barijeru i onemogućavaju bilo kakvu migraciju iz unutrašnjosti materijala. Moguća je jedino migracija sa površine materijala koja se nalazi u neposrednom dodiru sa namirnicom (slika 10).

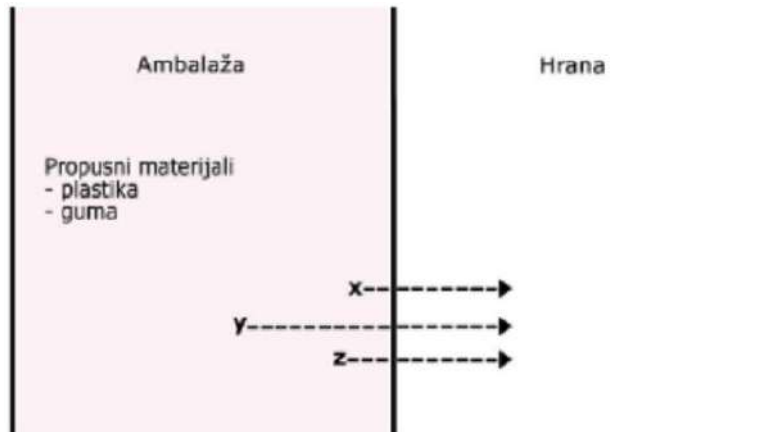
Slika 10. Prikaz migracije iz nepropusnog materijala



https://eprints.grf.unizg.hr/2097/1/Z526_De_Carina_Koraljka.pdf

- Propusni materijali su materijali poput plastike, gume i elastomera. Takav materijal ne pruža potpunu otpornost prema migraciji te je ona moguća na samo dodirne površine materijala nego i iz njegove unutrašnjosti (slika 11).

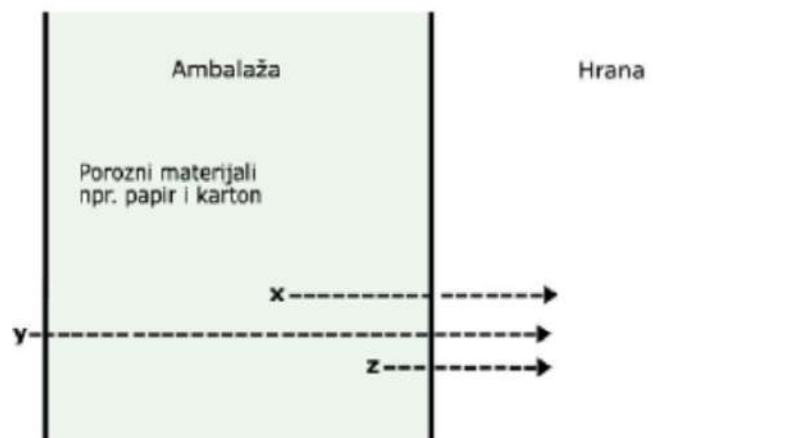
Slika 11. Prikaz migracije iz propusnog materijala



https://eprints.grf.unizg.hr/2097/1/Z526_De_Carina_Koraljka.pdf

- Porozni materijali su papir i karton sa heterogenom, otvorenom mrežom vlakana koju karakterizuju veliki vazdušni međuprostori ili kanali. Dakle supstance niske molekulske mase lako migriraju kroz takvu strukturu (slika 12).

Slika 12. Prikaz migracije kroz porozan materijal



https://eprints.grf.unizg.hr/2097/1/Z526_De_Carina_Koraljka.pdf

Slika 13. Prenos supstanci u sastavima hrane, plastične ambalaže i životne sredine.

OKOLIŠ	PLASTIČNA AMBALAŽA	HRANA	Migracijske tvari	Nepovoljni utjecaj na hranu
	m_o		Kisik Vodena para CO ₂ Ostali plinovi	(1) Oksidacija Mikrobni rast Rast plijesni Promjena okusa i mirisa
PERMEABILNOST		(1)		
	m_{Hl}			(2) Dehidracija Dekarbonacija
PERMEABILNOST		(2)	Monomeri, oligomeri, Dodatci	Promjena okusa i mirisa Sigurnosni faktori
		m_A	Arome Masti	Gubitak intenziteta arome Razvoj neuravnoteženih oblika mirisa i okusa hrane
	MIGRACIJA			
		m_{Hl}	Organske kisljine Pigmenti	Oštećenja na ambalaži
		APSORPCIJA		

https://eprints.grf.unizg.hr/2097/1/Z526_De_Carina_Koraljka.pdf

m_H = prenos supstanci iz hrane u ambalažu i životnu sredinu

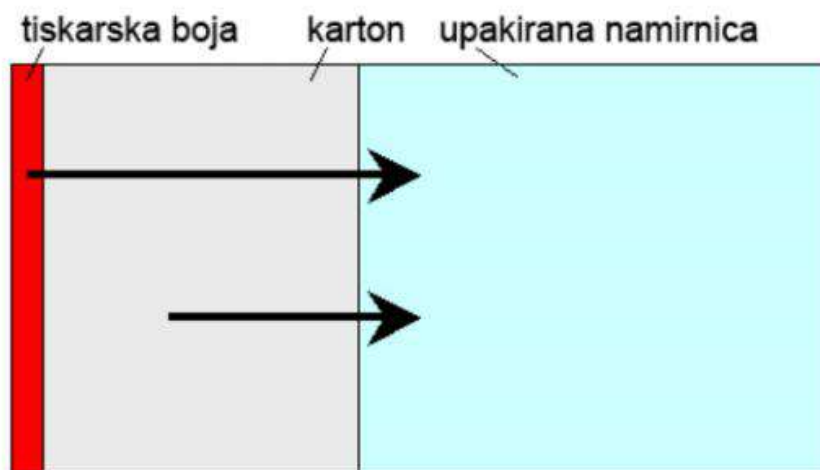
m_O = prenos supstanci iz životne sredine u ambalažu

m_A = prenos supstanci iz ambalaže u hranu

Migracija se može odvijati putem različitih mehanizama. Tako postoji:

- Migracija prodiranjem (*difuzijom*) – migrant prolazi od štampe kroz ambalažni materijal do namirnice (slika 14).
Do difuzije dolazi zbog različitih koncentracijskih gradijenata tj. masenog transfera komponenata iz područja visoke koncentracije prema područjima manje koncentracije.

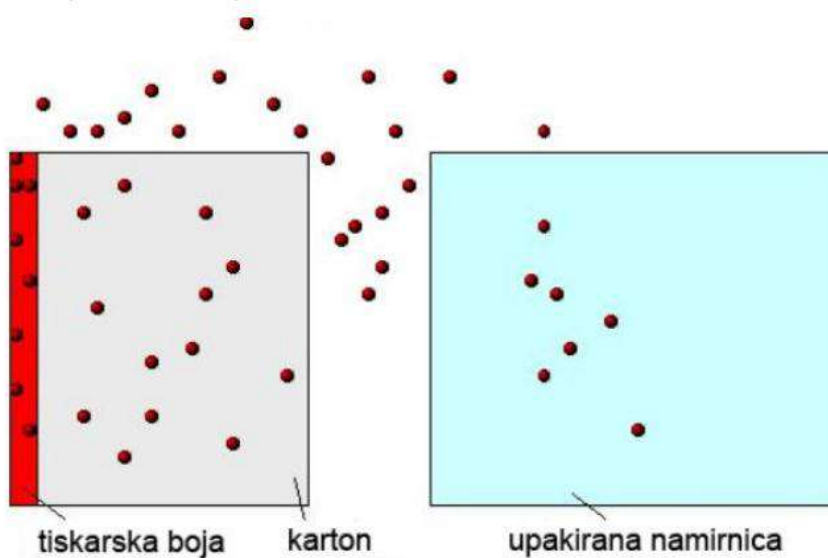
Slika 14. Migracija prodiranjem.



https://print-magazin.eu/boje-u-tisku-prehrambene-ambalaze-i-njihova-moguca-migracija-u-hranu-pm_13/?fbclid=IwAR0clDok9ukT4m6mmVpBorlmYYvj22jqmf1QFz_wZaL2XjA5dv_87uHdF0A

- Migracija putem zraka (*isparavanje*) – migranti isparavaju i na taj način prolaze kroz materijal te se distribuiraju putem zraka u namirnicu (slika 15). Takva migracija se javlja kod izlapljivih, organskih rastvarača, ali i mineralnih ulja te fotoinicijatora UV boja.

Slika 15. Migracija putem zraka (isparavanje)

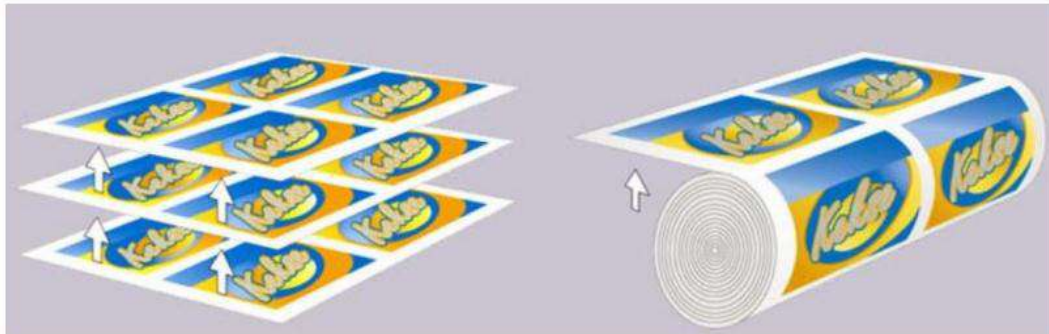


https://print-magazin.eu/boje-u-tisku-prehrambene-ambalaze-i-njihova-moguca-migracija-u-hranu-pm_13/?fbclid=IwAR0clDok9ukT4m6mmVpBorlmYYvj22jqmf1QFz_wZaL2XjA5dv_87uHdF0A

- Migracija preslikavanjem ili kontaktna migracija (engl. set-off) predstavlja vrlo ozbiljan problem u štampi prehrambene ambalaže (slika 16). U ovom slučaju dolazi do preslikavanja boje sa štampe na neoštampanu stranicu sa kojom se otisak nađe u dodiru, a koja će kasnije biti u neposrednom kontaktu sa hranom (jer predstavlja unutrašnjost ambalaže).

Do te pojave može doći na izložbenoj gomili odštampanih lukova ili u namotanoj odštampanoj rolni. Hoće li doći do preslikavanja zavisi o nekoliko faktora: vremenu kontakta, unutrašnjem pritisku između naslaganih lukova odnosno u namotanoj rolni, nivo zaostalog rastvarača u boji i u vrsti i načinu sušenja štamparske boje. Dođe li do vidljivog preslikavanja otiska, takav materijal se mora odbaciti. Međutim može doći i do tzv. „nevidljivog“ preslikavanja (engl. invisible set-off) u kojem se na unutrašnju (kontaktnu) stranu prehrambene ambalaže prenesu nevidljive sastavnice boje. Ako takva ambalaža dođe u dodir sa hranom, može doći do kontaminacije hrane sa sastavnicama štamparske boje što bi moglo uzrokovati vrlo ozbiljne probleme.

Slika 16. Migracija preslikavanjem



https://bib.irb.hr/datoteka/806753.Jamnicki_MDB_HUBO.pdf?fbclid=IwAR11jsXtnKFfIgvbRVmqiB9pHryPbzZqsCECHAmSoS-qsN_Vw6qSetn9Mqg

Faktori koji utiču na porast procesa migracije:

- Povećanjem vremena kontakta (ambalažnog materijala sa namirnicom)
- Povećanjem temperature kontakta
- Većom dodirnom površinom kontakta
- Agresivnim prehrambenim namirnicama

Faktori koji utiču na pad procesa migracije :

- Porastom molekulske mase supstanci u ambalažnom materijalu

- Kontakt sa suvom hranom ili neizravni kontakt
- Mali difuzitet ambalažnog materijala (inertni materijal)
- Prisutnost barijernog (zaštitnog) sloja

Supstance odštampane ambalaže koje su potencijalni migranti:

- Komponente štamparskih boja, adhezivi niske molekularne mase (<1000 Daltona)
- Supstance iz podloge
- Monomeri iz plastika ili premaza

Supstance sa molekularnom masom većom od 1000 Daltona (tj. atomskih jedinica mase) takođe mogu migrirati u hranu, ali ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje jer ih ljudski organizam nije u stanju apsorbirati (one samo prođu kroz naše tijelo).

Koncentracija migranta u zapakovanoj hrani zavisi o:

- Brzini migracije (brzini difuzije)
- Ravnoteži distribucije migranata (rastvorljivost migranata u odštampanoj prehrambenoj ambalaži)
- Temperaturi na kojoj se proizvod čuva tokom roka trajanja zapakovanog proizvoda
- Vremenu kontakta (skladištenja)

Važni faktori koji mogu uticati na migraciju i pogoršati organoleptična svojstva zapakovanih namirnica:

- Dizajn i konstrukcija ambalaže
- Izbor ambalažnog materijala sa naglaskom na njegova barijerna svojstva
- Štamparski dizajn, debljina filma i pokrivenost štamparske boje
- Izbor i sastav štamparske boje
- Vrsta štamparske tehnike, brzina štampe i uslovi sušenja
- Ljepilo za laminaciju i uslovi stvrdnjavanja, kao i uticaj ostalih ambalažnih slojeva
- Uslovi skladištenja (vrijeme, temperatura, pritisak u rolni ili gomili)
- Priroda i sastav zapakovane namirnice i efekat dalje obrade

Podloga mora zadovoljavati zahtjeve prehrambene ambalaže i biti prikladna za tehniku štampe kojom će se odštampati. Njegova organoleptička svojstva ne smiju biti zanemarena. Dizajn uključuje mnogo faktora, između ostalog i izbor odgovarajuće štamparske tehnike. Mora se uzeti u obzir da može doći do migracije supstanci. Količina nanosene štamparske boje na ambalažu također ima važnu ulogu, posebno kod UV sušućih boja. Uslovi transporta i skladištenja kao što su temperatura, vlažnost, ventilacija i neugodni mirisi mogu negativno uticati na organoleptička svojstva hrane i na pojavu i količinu migranata u hrani. Kako bi se izbjegli migracijski rizici potrebna je dobra komunikacija između svih subjekata uključenih u proizvodni proces. Potrebno je osigurati sljedivost svih sirovina na način da je dokumentovano porijeklo materijala kao i nabavni protokoli. Samo nisko migrirajuće boje i premazi, kao i boje ne sadrže kontaminante, mogu se upotrebljavati u proizvodnji prehrambene ambalaže bez funkcionalnih barijera. Smjese dodataka koje nisu jasno namijenjene za prehrambenu ambalažu ne smiju se koristiti.¹¹

U slučaju višeslojnih materijala (laminata) i sklopivih kartonskih kutija posebna se pozornost treba odabrati na korištenje ljepila budući da je moguće da supstance iz sastava ljepila migriraju u zapakovanu hranu. Zato je bitno da se odabere odgovarajuće ljepilo kao što se mora paziti i pri odabiru boja i premaza.

Čistoća štamparske mašine također ima važnu ulogu, sa tim u vezi treba se pobrinuti da nema ostataka boje koja nije namijenjena za štampu na prehrambenoj ambalaži iz prethodne proizvodne serije.

Jedan od važnih faktora je i odgovarajuće održavanje UV I IR lampi u jedinicama za sušenje otisaka. Neprikladno održavanje može kritično povećati rizik od migracije.

Migracijski rizik se također značajno povećava kada se na istom stroju koriste boje koje su specijalno formulisane za štampu na prehrambenoj ambalaži.

Pri korištenju UV sušućih boja, brzina štampe utiče na sušenje boja pa može doći do neželjene migracije ako sušenje nije potpuno. Potrebno je redovno kontrolisati da li UV lampe prenose dovoljno energije potrebne da se pri zadanoj brzini štampe započne i reakcija međusobnog povezivanja (polimerizacije).

3.4. Procjena zdravstvenih rizika

Materijali i predmeti koji dolaze u neposredan dodir sa hranom spadaju u predmete opšte upotrebe.

¹¹ Katalenić, M. (2007). Nove pakovine i hrana. Hrvatski časopis za javno zdravstvo, 3(9).

U slučajevima pojave migracije potrebno je izvršiti ispitivanje moguće dugoročne izloženosti određenog migranta na zdravlje ljudi. Da bi se izvršila procjena zdravstvenih rizika, najpre se mora odrediti potencijalno štetni migrant, zatim njegova toksikološka svojstva, i na kraju je potrebno prikupiti podatke o izloženosti ljudi tom potencijalnom migrantu. Na taj način od strane različitih internacionalnih odbora definisani su prihvatljiv dnevni unos (engl. ADI – Acceptable Daily Intake) ili podnošljivi dnevni unos (engl. TDI – Tolerable Daily Intake) za supstancu koja prelazi određeni prag toksičnosti. Prilikom procjenjivanja mogućeg štetnog uticaja toksičnog migranta na zdravlje ljudi mora se, najprije, odrediti njegovo genotoksično djelovanje. To je djelovanje štetnih supstanci na deoksiribonukleinsku kiselinu (DNK) koja je zadužena za prenošenje genetičkih promjena na potomstvo.

3.5. Parametri ograničenja prema migrantima iz štamparskih boja

Većinom zakonskim propisima definisana su ograničenja najveće dozvoljene količine supstanci u gotovom materijalu ili proizvodu, ograničenja u pogledu globalne migracije i ograničenja u pogledu specifične migracije. Ukupna (globalna) migracija je ukupna migracija svih supstanci male molekulske mase iz ambalažnog materijala u namirnicu. Specifična migracija je migracija jedne ili dvije komponenti iz ambalaže u zapakovanu hranu.

Granica specifične migracije (SML, od *engl.* Specific migration limit) je vrijednost propisana od strane Znanstvenog odbora za hranu evropske komisije (*engl.* Scientific Committee on Food, SCF) i za određenu hemijsku supstancu predstavlja maksimalno dopuštenu količinu supstanci koja smije migrirati iz materijala u hranu. SML se izražava u mg/kg hrane ili model rastvarača hrane. Rezultati štetnih uticaja se izražavaju kao podnošljivi dnevni unos (TDI) ili prihvatljivi dnevni unos (ADI) u mg/kg tjelesne mase na dan.

Postoji i ograničenje koje se odnosi na najvišu dozvoljenu ostalu količinu supstanci u konačnom materijalu. Izražava se skraćenicom QM (od *engl.* Maximal quantity of substance in finished product) i predstavlja najvišu dozvoljenu ostalu količinu supstanci u konačnom materijalu ili predmetu kao masa po masi (mg/kg) ili skraćenicom QMA (od *engl.* Maximum permitted quantity of the substance in the finished material or article) tj. najviša dozvoljena ostala količina supstanci u konačnom materijalu ili predmetu izražena kao masa po površini (mg/dm²). QMA vrijednost se bazira na pretpostavci da 6m² materijala dolazi u dodir sa 1kg hrane te da pri tome dolazi do stopostotne migracije, što bi značilo da za neku supstancu sa definisanom vrijednošću podnošljivog dnevnog unosa (TDI) od 0.01 mg/kg tm/d, odgovarajući SML bi bio 0.6 mg/kg hrane ili modelnog rastvarača hrane.

4. AMBALAŽA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

4.1. Boje i premazi za materijale u neposrednom dodiru sa hranom

Za odštampanu površinu koja je u neposrednom dodiru sa hranom postoji najveći rizik od nenamjernog prenosa supstanci sa površine materijala u zapakovanu hranu. Prema Regulativi EZ br. 2023/2006 o dobroj proizvođačkoj praksi odštampana površina ne smije doći u direktan dodir sa hranom¹². Za odštampane površine koje dolaze u direktan dodir sa hranom moraju se koristiti posebno formulisana flekso i bakroštampa boje i premaza. Offsetne boje i premazi ne smiju se koristiti za materijale i predmete namijenjene neposrednom dodiru sa hranom.

4.2. Funkcionalne barijere u prehrambenoj ambalaži

U Evropi se sklopive kutije i neki papiri za umotavanje često štampaju tehnikom offsetne štampe na lukove. Standardne boje korištene u offsetu sadrže biljna i mineralna ulja ili niskomolekularne estere masnih kiselina kao rastvarači, čiju migraciju možemo spriječiti samo korištenjem barijera (slika 17).

Postoje tri vrste barijera koje mogu biti korištene za tu namjenu:

1. Potpuno funkcionalne barijere

- Staklo i metali posjeduju dobra barijerna svojstva prema svim komponentama štamparskih boja (to znači da djeluju nepropusno prema potencijalnim migrantima iz otiska apliciranog sa vanjske strane ambalaže)
- Aluminijska folija deblja od 7 μm smatra se funkcionalnom barijerom je nepropusna na migrante iz štamparskih boja

Iako je migracija kroz funkcionalne barijere nemoguća, ipak treba paziti na mogućnost preslikavanja (*engl.* set-off) otiska na dodirnu, unutrašnju stranu gotove ambalaže (dok se otisci skladište izloženi u gomili ili namotani u rolni).

2. Funkcionalno specifične barijere

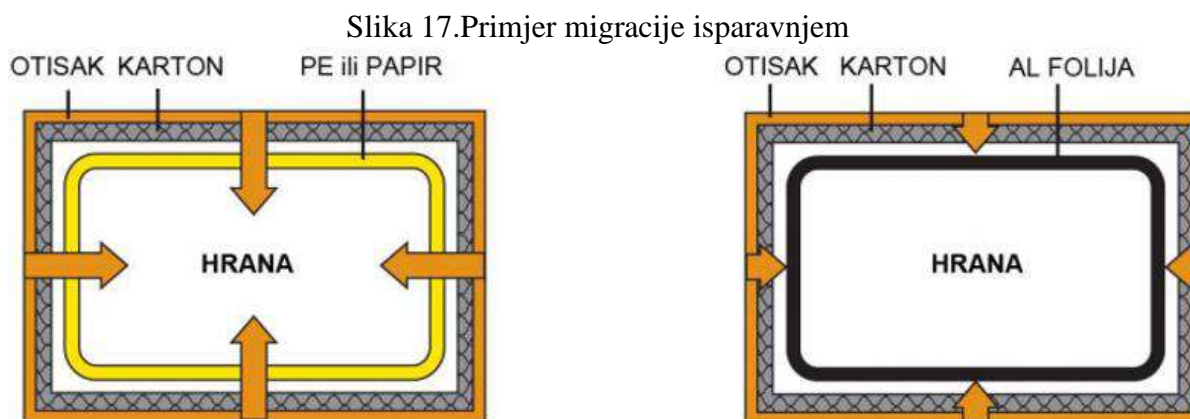
¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R2023&from=FR>

Polimerni filmovi i slojevi su funkcionalno specifične barijere. Polietilenska folija (OPP), na primjer, posjeduje dobra barijerna svojstva prema vodi ali prema mnogim migrantima iz štamparskih boja, kao što su mineralna ulja ili fotoinicijatori, ne pruža nikakav otpor.

Poznato je kako, radi visokog afiniteta prema masnoj hrani, većina organskih migranata lako prolazi kroz polimerne folije i filmove (ako se u njih pakuje hrana bogata mastima). Posebno loša barijerna svojstva, osim već spomenutog polipropilena, pokazuju polistiren (PS), polietilen (PE), dok PET ambalaža pokazuje vrlo dobra barijerna svojstva što se objašnjava njenom hemijskom prirodom i strukturom. Nivo migracije kroz polimerni film zavisi o vrsti supstance koja migrira, strukturi polimernog sloja i temperaturi.

3. Ne-funkcionalne barijere: papir i karton

Vlaknasti materijali ne pokazuju nikakva barijerna svojstva prema niskomolekularnim migrantima iz štamparskih boja. To znači da organske supstance iz sastava štamparskih boja mogu slobodno migrirati kroz podlogu.



https://print-magazin.eu/boje-u-tisku-prehrambene-ambalaze-i-njihova-moguca-migracija-u-hranu-pm_13/?fbclid=IwAR0clDok9ukT4m6mmVpBorlmYYvj22jqmf1QFz_wZaL2XjA5dv_87uHdF0A

4.3. Štamparske boje i premazi za vanjsku ambalažu (za indirektan dodir sa hranom)

Sastav štamparskih boja i premaza za materijale gdje se odštampani sadržaj nalazi odvojen od zapakovane hrane jednim ili sa nekoliko slojeva ambalažnog materijala, uglavnom zavisi o barijernim svojstvima korištenog ambalažnog materijala i o adsorpcijskim i apsorpcijskim svojstvima zapakovane hrane.

Metalne limenke i staklene boce su funkcionalne barijere, dakle ne zahtijevaju specijalno odabrane štamparske boje. Takođe, na njih se odštampane etikete i premazi primjenjuju sa vanjske strane ambalaže, pa se za štampu istih smiju koristiti sve vrste offsetnih štamparskih boja za štampu na lukove.

Svaki ambalažni materijal pokazuje drugačija barijerna svojstva zavisno o vrsti zapakovane hrane, vrsti štamparske boje i premaza korištenih za odštampavanje i prema tome rizik od migracije ne može uvijek biti procijenjen samo teorijskim razmatranjima. Kako bi osigurali da ambalažni materijal ili unutrašnji omot služe kao funkcionalna barijera te sprečavaju migriranje komponenti sa odštampane površine u zapakovanu hranu, preporučeno je sprovoditi testove migracije sa gotovim, odštampanim ambalažama. Test migracije se posebno preporučuje za papirnatu, kartonsku i ambalažu od folije.

Nisko migrirajuće boje (*engl.* low migration inks) baziraju se na formulacijama koje su optimizovane s obzirom na migracijska svojstva pojedinih sastavnica. Takve boje se testiraju prema propisanim standardnim procedurama kojima se utvrđuje da pri određenim testnim uslovima migracija ne prelazi definisana prihvatljiva ograničenja (migracija uvijek mora biti ispod ograničenja specifične migracije za traženi migrant ukoliko postoji propisana SML vrijednost). Međutim, ovi testovi ne mogu stimulirati moguće kombinacije hrane i podloga za koje se mogu koristiti nisko migrirajuće boje pa nisu 100% sigurni bez prikladne procjene rizika.

4.4. Procjena rizika

Korisno je napraviti procjenu rizika migracije za specifičnu ambalažu i etikete, a posebno za ambalažu koja ne sadrži funkcionalne barijere. Kako bi sproveli sveobuhvatnu analizu prehrambene ambalaže i štamparske boje koristimo:

- Organoleptičko testiranje: okus i miris
- Modelne rastvarače hrane
- Migracijske testove na odštampanoj ambalaži: praznoj i punoj
- Izračun najgorih mogućih slučajeva

4.5. Procjena materijala i prevencija kontaminacije

Pri proizvodnji prehrambene ambalaže važno je procijeniti sve materijale koji se koriste u cjelokupnom ciklusu proizvodnje. Posebno je važno spriječiti da se nehotično ne upotrebi materijal koji nije pogodan za prehrambenu ambalažu. Na primjer, kada u štampi koriste

boje niske migracije kao što su razrijeđivači i slično. Kako bi se izbjeglo nehotično korištenje neprikladnih aditiva, važno je da neprikladni aditivi ne budu odloženi u blizini štamparske mašine na kojoj se odvija proces odštampavanja prehrambene ambalaže. Nadalje, lakovi ili dodatna grafička sredstva koja bi se mogla aplicirati preko odštampanih niskomigrirajućih boja takođe se moraju temeljiti na materijalima za koje je dokazano da imaju nisku migraciju. Na taj način će se osigurati da migracija iz boja i premaza u gotovu ambalažu bude u sklopu zakonski propisanih ograničenja. Vrlo je važno da kada se prelazi sa štampanja konvencionalnim bojama na štampu bojama niske migracije, štamparska mašina bude potpuno očišćena kako bi se izbjegla unakrsna kontaminacija sa materijalima koji imaju viši migracijski potencijal.

4.6. Sušenje dovođenjem energije – preporuke za smanjenje migracije

Moć i brzina sušenja su izuzetno bitni za štampu. Snaga lampe mora biti prilagođena debljini nanesenog filma boje i brzini štampe. Važno je koristiti lampe u sklopu njihovog roka trajanja inače sušenje otiska neće biti uspješno. Proces kontrole kvaliteta je takođe ključ dobrih rezultata. Uspješnost sušenja bi trebalo provjeriti na početku štampanja pa nastaviti sa provjerom kroz redovne intervale kako bi bili sigurni da nije došlo do promjene.

Adekvatna pigmentacija tj. jačina boje isto može uticati na brzinu i kvalitet sušenja. Jako pigmentirane boje stvorice deblji film boje na otisku, što će produžiti vrijeme sušenja, na koncu.

4.7. Hrana namijenjena za pripremu u mikrotalasnoj pećnici

Ambalaža namijenjena za pripremu u mikrotalasnoj pećnici, konkretno etikete sušene dovođenjem energije moraju biti provjerene na sadržaj štamparskih boja koje su nestabilne kod zagrijavanja u mikrotalasnoj pećnici. Otisak koji nije otporan na toplotu mogao bi izgubiti svoje obojenje ili nestati, a toplota takođe može negativno uticati na sjajne metalne boje.

4.8. Ostali posebni slučajevi

Pekarska i ambalaža koja podliježe sterilizaciji mora izdržati vrlo visoke temperature. Za etikete na višeslojnoj ambalaži važno je pojasniti koji će dobavljači u lancu biti odgovorni za sprovođenje testiranja kojim će se ustanoviti pravi izbor boja.

Glavnu odgovornost za migraciju nosi firma koja stavlja gotov proizvod na tržište.

Tablica 3. Kratki pregled faktora u proizvodnji prehrambene ambalaže koji utiču na potencijalni rizik od migracije

Dizajn ambalaže	Ostali faktori karakteristični za prehrambenu ambalažu	Faktori u štampi
Količina štamparske boje po jedinici površine	Sadržaj u sklopu ambalaže-tvrda hrana ili tekućina	Proces odštampavanja i vrsta štamparske tehnike
Vrsta podloge i debljina	Vrijeme i pritisak u gomili	Brzina odštampavanja
Učinkovitost podloge kao funkcionalne barijere	Vrijeme i uslov skladištenja	Konvencionalno sušenje dovođenjem energije +odabir ispravne UV lampe
Većina ambalaže i ukupna površina za odštampavanje	Vrijeme u kojem je hrana u kontaktu sa ambalažom	Korištenjem dodataka
	Očekivani rok trajanja	Čistoća štamparskih mašina
	Posebni uslovi prerade (sterilizacija, pasterizacija, zagrijavanje, hlađenje)	

5. MIGRACIJE IZ BOJA ODŠTAMPANIH MATERIJALA I PREDMETA NAMIJENJENIH DODIRU SA HRANOM

Prilikom testiranja boja i njihovih migracijskih karakteristika, boja koja se ispituje trebala bi se odštampati na istovrsnu štamparsku podlogu od koje će biti izrađena i konačna ambalaža, istom tehnikom štampe koja će se primjeniti i kod proizvodnje prehrambene ambalaže. Boja sama po sebi se ne analizira zbog toga što se njen sastav mijenja tokom štampe (ispari rastvarač, vezivo oksidira i/ili polimerizira).

5.1. Definicija migracije

Migracija je otpuštanje komponenti iz ambalaže i njihov prelaz difuzijom u namirnicu (molekule molekulske mase manje od 1000 Daltona).

Do prelaza komponenti štamparske boje sa odštampanog ambalažnog materijala ili proizvoda u hranu ili u modelni rastvarač hrane može doći migracijom kroz podlogu, preslikavanjem na neodštampanu stranu u rolnama ili gomili (tzv. *set-off* migracija) ili putem isparavanja.

5.2. Priprema uzoraka za testiranje migracije

Kako se demonstriralo da štamparska boja, korištena za štampanje ambalaže, zadovoljava zahjeve industrije, boja bi trebala biti reprodukovana na stranu podloge koja ne dolazi u dodir sa hranom na isti način kao što se štampa i suši u praksi.

Prilikom pripreme uzorka treba uzeti u obzir i ostale komponente ambalaže kao što su ljepila za pakovanje i svi ambalažni slojevi. Uzorak za testiranje migracije mora biti što sličniji konačnoj strukturi ambalaže.

U slučaju da izostanu željeni rezultati, proizvođač boje bi trebao biti u saradnji sa korisnikom procijeniti dostupna saznanja o prikladnosti korištenja određenih supstanci.

Tablica 4. Težina suvog filma u zavisnosti o štamparskoj boji koja se koristi

Veličina odštampanih lukova (uzorci za analizu)	Odgovarajuća dimenzija za migracijsku ćeliju poželjno DIN A4	
Pokrivenost boje	100% za svaku boju	
Težina filma (suvog) Težina filma mora biti reprezentativna za grafičku tehnologiju. Date vrijednosti su samo indikativne	Boja za fleksoštampanje	1-1.5 g/m ²
	Bakroštampanjska boja	1-2 g/m ²
	Offsetna boja	1-2 g/m ²
	Disperzijski lak	2-3 g/m ²
	Bijeli osnovni premaz	12-16 g/m ²
	Proziran osnovni premaz	1-2 g/m ²
	UV lak	4-7 g/m ²

Potrebna je prosječna masa štamparske boje po jedinici površine kako bi se izračunala maksimalna količina potencijalnih migriranih koji bi mogli migrirati iz štamparskih boja.

5.3. Skladištenje/kondicioniranje odštampanih uzoraka

Za svaku vrstu otisaka vrijedi pravilo da se 20 ili više uzoraka za analizu treba umotati u aluminijumsku foliju pa ih je zatim potrebno izložiti pritisku koji je identičan pritisku u gomili ili u rolni.

Tablica 5. Kondicioniranje odštampanih uzoraka

Odštampani uzorak	vrijeme	Temperatura	Pritisak	
Štampa iz rolne (plastika, polimerni film/folija)	10 dana	25 °C	80 kg/cm ² kPa	8000
Štampa iz rolne	10 dana	25 °C	40 kg/cm ² kPa	4000
Offset na lukove	10 dana	25 °C	0.02 kg/cm ²	2 kPa
UV offset	10 dana	25 °C	0.3 kg/cm ²	30 kPa
Pića i aluminijumska folija	10 dana	25 °C	0.3 kg/cm ²	30 kPa

5.4. Testiranje

5.4.1. Opšta pravila

Budući da ne postoje specifični standardi za ambalažne boje, testiranje migracije bi trebale bit sprovedene u skladu sa Regulativom (EU) 10/2011 koja se odnosi na plastične materijale kao i u skladu sa važećim evropskim i međunarodnim standardima. Umjesto standardnog migracijskog testa moguće je sprovesti totalnu ekstrakciju (u svrhu testiranja „najgoreg mogućeg slučaja“ migracije) koristeći jak rastvarač. Ako su ekstraktovane komponente ispod propisanih ograničenja, dalje testiranje nije potrebno.

Metodom potpune ekstrakcije vjerovatno nećemo dobiti analitičke rezultate koji prikazuju realne uslove koji vladaju u ambalažnim sistemima, primjer za vrijeme skladištenja ili korištenja hrane. Takođe, ti rezultati vjerovatno neće biti u skladu rezultatima koje bi dobili primjenom standardnog migracijskog testa. Potrebno je dakle sa velikom pažnjom i stručnosti interpretirati rezultate metode totalne ekstrakcije.

5.5. Osnovna pravila za testiranje migracije

5.5.1. Plastični materijali i predmeti

Regulativa Komisije (EU) br. 10/2011 o plastičnim materijalima i predmetima koji dolaze u dodir sa hranom propisuje procedure za testiranje migracije za plastične materijale koji su namijenjeni za dodir sa hranom. Budući da se štamparska boja smatra dijelom plastičnog materijala, testiranje migracije se primjenjuje za odštampane plastične materijale. U Prilogu pravila za sprovođenje migracijskih testova, kao što su temperature i kontaktna vremena (trajanje i uslovi ispitivanja).

5.5.2. Papirni i kartonski materijali i predmeti

Papirni i kartonski materijali i predmeti namijenjeni za dodir sa hranom nisu još uvijek regulisani specifičnom EU direktivom. Međutim, grupa stručnjaka za materijale koji dolaze u neposredan dodir sa hranom unutar Vijeća Evrope (*engl. Council of Europe, COE*) donijela je smjernice *Proglašeno stajalište o papirnim i kartonskim materijalima i proizvodima koji dolaze u dodir sa hranom* u kojem se preporučuje primjena metoda testiranja opisana u Regulativi (EU) 10/2011. Pri tome je potrebno uzeti u obzir karakteristična prirodna svojstva papira i kartona u poređenju sa plastikom.

Evropska komisija za standardizaciju – CEN (fr. Comité Européen de Normalisation) je izdala standard EN 14338 koji se tiče testiranja papira i kartona: Papiri i kartoni namijenjeni za dodir sa hranom. Uslovi za određivanje migracije sa papira i kartona koristeći modificirani polifenilen oksid (MPPO) kao modelni rastvarač hrane.

5.5.3. Metode testiranja migracije i analize

Odštampani i premazni uzorci pripremljeni na prije opisan način testiraju se u odgovarajućim migracijskim ćelijama koristeći odgovarajuće uslove izloženosti i modelnog rastvarača hrane.

5.5.4. Modelni rastvarači hrane

Prema prilogu III Regulative (EU) 10/2011 modelnog rastvarača iz tablice 6 koje odgovaraju određenoj vrsti hrane trebale bi biti korištene za testiranje migracije.

Tablica 6. Odgovarajući modelni rastvarači za reprezentativne grupe hrane

Vrsta hrane	Modelni rastvarači hrane	
Hrana sa visokim sadržajem vode ili sa vlažnom površinom koj ima pH vrijednosti 4.5 i više	Etanol 10% (v/v)	Modelni rastvarač A
Kisela hrana sa visokim sadržajem vode ili hrana vlažna na površini koja ima pH – vrijednost manju od 4.5	Octena kiselina 3% (w/v)	Modelni rastvarač B
Hrana sa sadržajem alkohola do 20% vol. i namirnice sa značajnim količinama organskih sastojaka	Etanol 20% (v/v)	Modelni rastvarač C
Alkoholna hrana sa sadržajem alkohola više od 20% vol. i emulzije ulja u vodi	Etanol 50% (v/v)	Modelni rastvarač D1
Hrana koja sadrži slobodne masti na površini	Biljna ulja	Modelni rastvarač D2
Suva hrana	Polifinel oksid (MPPO, TENAX®)	Modelni rastvarač E

Modelni rastvarači A, B i C određeni su za hranu sa hidrofilnim svojstvima i koje mogu ekstrahovati hidrofilne supstance. Modelni rastvarač B koristi se za onu hranu koja ima pH niži od 4,5. Modelni rastvarač C koristi se za alkoholnu hranu sa sadržajem alkohola do 20% i za onu hranu koja sadrži značajnu količinu organskih sastojaka koji čine hranu više lipofilnom. Modelni rastvarači D1 i D2 određene su za hranu koja ima lipofilna svojstva i koja može ekstrahovati lipofilne supstance. Modelni rastvarač D1 koristi se za alkoholnu hranu sa sadržajem alkohola iznad 20% i za emulziju ulja u vodi. Modelni rastvarač D2 koristi se za ispitivanje specifične migracije u suvoj hrani.

5.5.5. Uslovi testiranja migracije

Pri testiranju trebalo bi koristiti metode za koje je poznato da održavaju uslove u najgoroj predvidivoj upotrebi.

Visoka temperatura

Temperature iznad 100°C bi trebale biti korištene samo za modelne rastvarače hrane D2 i E.

Ako je ambalaža namijenjena za upotrebu pod pritiskom i na visokim temperaturama potrebno je takođe sprovoditi test migracije pod takvim uslovima. Za modelne rastvarače hrane A,B,C ili D1 testne uslove moguće je zamijeniti testnim uslovima pri 100°C ili pri temperaturi refleksa sa time da ekstrakcija traje 4 puta duže nego što je propisano opštim direktivama za sprovođenje testa. Pri testiranju je potrebno voditi računa o mogućoj degradaciji proizvoda na povišenim temperaturama.

Niske temperature/dugi rok trajanja

Tablica 7. Uslovi ispitivanja kod testiranja migracije ambalaže za smrznutu hranu i/ili ambalaže sa dugim rokom trajanja

Trajanje ispitivanja	Temperatura ispitivanja	kod	Uslovi dodira pri najgoroj predvidivoj upotrebi
10 dana	20°C		Sva vremena skladištenja u zamrznutim uslovima
10 dana	40°C		Sva vremena skladištenja u hladnjaku i zamrznutim uslovima
			2 sata na 70°C
			15 minuta na 100°C
10 dana	50°C		≤ 6 mjeseci na sobnoj temperaturi
10 dana	70°C		> 6 mjeseci na sobnoj temperaturi

U slučaju neoplemenjenog, čistog papira i kartona, standardni modelni rastvarači nisu prikladni za izvođenje migracijskog testa budući da one probijaju u materijal. Zbog toga se uglavnom na papirnim i kartonskim materijalima sprovode ekstrakcijske procedure u kojima se ambalažni materijal ekstrahuje u vodenom ili organskom rastvaraču.

6. GRANICA GLOBALNE MIGRACIJE (engl. Overall migration limit, OML)

Granica globalne migracije je povezana sa inertnošću materijala. S obzirom da mjerenje ukupne migracije u hrani nije izvodljivo, globalna se migracija mjeri u modelnom rastvaraču, 'koja predstavlja hidrofилna, amfifилna i lipofилna svojstva hrane i samim tim i hemijska svojstva koja vode do prenosa u hranu supstanci iz materijala koji dolazi u dodir sa hranom. Migracija u bilo koji od 5 modelnih rastvarača A, B, C, D1 i D2 ne smije premašiti 10 mg/dm² u standardizovanim uslovima testiranja utvrđenima u Prilogu V Regulative o plastici.

Za analiziranje globalne migracije potrebno je uzeti u obzir najgore predvidljive uslove. Modelni rastvarači hrane mogu biti zamijenjeni ako prema znanstvenim dokazima precjenjuju migraciju u odnosu na predloženi modelni rastvarači hrane. OML obuhvata neizlapive supstance. Dakle testiranje u modelnom rastvaraču E, koja je utvrđena za izlapive supstance i suhu hranu, nije potrebna.

7. ANALITIČKE METODE

Analitičke metode za određivanje kvalitete i kvantitete specifičnih migranata u modelni rastvarač hrane, opisani su CEN-ovim standardima:

- EN 13130, dijelovi 2-28

8. IZRAČUN „NAJGOREG MOGUĆEG SLUČAJA“

Testiranje migracije može se nadoknaditi izračunom najveće moguće migracije.

Izračun „najgoreg mogućeg slučaja“ pretpostavlja da je migracija određene supstance u hranu 100%. Takođe, količina te supstance u štampi, ambalaži ili proizvodu mora biti poznata ili određena potpunom ekstrakcijom.

Maksimalna moguća migracija M izračunava se pomoću formule:

$$M = W \times C \times S / (Q \times 10)$$

M: maksimalna koncentracija [mg/kg] supstance u hrani

W: težina boje [g/m²] na površini odštampane ambalaže ili proizvoda

C: koncentracija supstance u suvoj boji izražena u postocima

S: stvarna površina ambalaže ili proizvoda [dm²] koji je u kontaktu sa 1 kg hrane uobičajeno za svu ambalažu za dojenčad i malu djecu za svu ambalažu veličine između 500 mililitara i 10 litara (Izuzetci: Prema Regulativi (EU) 10/2011, za materijale i predmete veličine ispod 500 mililitara ili iznad 10 litara, za lukove ili filmove koji još nisu u kontaktu sa hranom kao i za predmete za koje je nepraktično izračunavati stvarnu površinu u dodiru, uzima se da je površina u dodiru 6 dm² po kg hrane.)

Q: količina modelnog rastvarača hrane [kg]

9. ZAKLJUČAK

U proizvodnji štamparskih boja koristi se veliki broj različitih supstanci, od kojih je samo manji dio uspješno procijenjen pa su za njih propisana specifična ograničenja za slučaj migracije. Iako je većina prehrambene ambalaže odštampana sa vanjske strane koja nije u direktnom dodiru sa namirnicom, ipak postoji opasnost od kontaminacije hrane supstancama iz štamparskih boja pošto supstance malih molekulskih masa relativno lako migriraju kroz ambalažni materijal. Suvi otisci mogu, na primjer, zadržavati zaostatke rastvarača koji ukoliko stignu u hranu mogu postati izvori neugodnih mirisa ili prouzrokovati promjenu boje zapakovane hrane.

Osim konvencionalnih štamparskih boja, sve više su u primjeni boje koje se suše UV zračenjem, čiji suvi otisci mogu sadržavati ostatke fotoinicijatora i proizvode njegovog raspada. To su supstance male molekulske mase, dakle lako migriraju kroz vlakna i polimernu barijeru ili se mogu preslikati sa otiska na kontra stranu ambalaže prilikom namotavanja odštampanog materijala u rolnu ili izlaganjem odštampanih materijala u gomili za vrijeme skladištenja.

Kako bi spriječili nedozvoljenu migraciju supstanci iz štamparskih boja u proizvodnji zdravstveno ispravne odštampane ambalaže najprije je potrebno definisati elemente odgovornosti svih pojedinih učesnika uključenih u proizvodni proces. U tom smislu sva odgovornost u proizvodnji odštampanih proizvoda ne može biti svedena isključivo na proizvođača štamparske boje (nije dovoljno samo ispravno formulisati štamparsku boju). Cijeli je niz faktora koji mogu negativno uticati na konačni proizvod u svakoj pojedinoj fazi proizvodnje – od pogrešno formulisane štamparske boje i loše izvedenog dizajna ambalaže do grešaka koje se mogu javiti u procesu pakovanja i stavljanja proizvoda na tržište.

Zbog zaštite populacije od unošenja u organizam namirnica koje bi mogle biti kontaminirane štetnim supstancama iz štamparskih boja, može se zaključiti da postoji potreba da se evropski propisi o štamparskim bojama za prehrambenu ambalažu (jednako kao i naši propisi) prije svega moraju univerzalno standardizovati i definisati, a isto i neprekidno dopunjavati, u skladu sa novim saznanjima o toksičnim djelovanjima štamparskih boja na žive organizme. Navedenim zakonodavstvom bi se propisale štamparske boje koje bi bile dozvoljene za određenu vrstu pakovanja, kao što bi se propisale i standardizovane analitičke metode za otkrivanje kontaminanata u hrani.

10. LITERATURA

1. Arsovski, V. M. (2016). Eksperimentalna i kvantno-hemijska proučavanja hinolonskih azo boja i njihovih prekursora (Doctoral dissertation, Univerzitet u Beogradu-Tehnološko-metalurški fakultet).
2. Đurđević, S. (2020). Model identifikacije stanja zaštitnih elemenata grafičke ambalaže. Универзитет у Новом Саду.
3. Januš, T. (2020). Biorazgradiva ambalaža za hranu-poduzetnička inicijativa za održivi okoliš (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek. DEPARTMENT FOR AGROECONOMICS.).
4. Katalenić, M. (2007). Nove pakovine i hrana. Hrvatski časopis za javno zdravstvo, 3(9).
5. Lazić, V., & Novaković, D. (2010). Ambalaža i životna sredina. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 108-119.
6. Mijin, D. "Grafičke boje i lepkovi". Prvo izdanje, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu (2012).
7. Muhamedbegović, B., Budimlić, A., Simikić, D., & Suljić, A. PAKIRANJE PČELINJIH PROIZVODA. PČELARSTVO I PČELINJI PROIZVODI, 85-91.
8. Packaging Materials 8 - Printing Inks for Food Packaging Composition and Properties of Printing Inks, ILSI Europe Report Series, 2011
9. Pavlica, N. (2016). UV-degradacija biorazgradivih polimernih folija (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje).
10. Smjernice Unije o Članu (EU) br. 10/2011 o plastičnim materijalima i predmetima koji dolaze u dodir s hranom, Bruxelles, 21.2.2014. dostupno na : https://ec.europa.eu/food/safety/chemical_safety/food_contact_materials_en
11. Tokić, I., Fruk, G., & Jemrić, T. (2011). Biorazgradiva ambalaža za čuvanje voća i drugih hortikulturnih proizvoda: materijali, svojstva i učinak na kakvoću. Journal of central European agriculture, 12(1), 226-238.
12. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R2023&from=FR>
13. <https://ilsi.eu/publication/packaging-materials-8-printing-inks-for-food-packaging-composition-and-properties-of-printing-inks/>
14. <https://core.ac.uk/download/pdf/53880102.pdf>

15. <https://www.docsity.com/sr/evaluacija-prikladnosti-razlicitih-klasa-recikliranih-papira-za-izradu-zdravstveno-ispravne-prehrambene-ambalaze/2732017/>
16. <https://www.bib.irb.hr/718436>
17. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:702311/FULLTEXT01.pdf>
18. https://www.flintgrp.com/media/642860/food-packaging-a-guide-to-best-practice-for-sheetfed-offset-print_e_october2018.pdf
19. https://www.eupia.org/fileadmin/FilesAndTradExtx_edm/2016-03-31-EuPIA_GMP_4th_version_final.pdf
20. <https://www.eupia.org/key-topics/food-contact-materials/raw-material-selection>
21. <https://www.siegwerk.com/en/home.html>
22. <https://www.pac.gr/bcm/uploads/8-printing-inks-for-food-packaging.pdf>
23. https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Tekstovi%20razni/Vodic%20za%20materijale%20i%20predmete%20koji%20dolaze%20u%20neposredan%20dodir%20s%20hranom_HGK.pdf
24. https://www.academia.edu/40810505/Karen_A_Barnes_C_Richard_Sinclair_and_D_H_Watson_Chemical_Migration_and_Food_Contact_Materials_2007_
25. https://eprints.grf.unizg.hr/2097/1/Z526_De_Carina_Koraljka.pdf
26. <https://www.norden.org/en/publication/food-contact-materials-and-articles-printing-inks>