

Ekodizajn v pakiranju hrane

Enota 10: Aktivna in inteligentna embalaža

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), gabriel.laslu@gmail.com

Gabriel Mustatea, Ph. D. gabi.mustatea@bioresurse.ro

10.1 Definicije	2
10.2 Aktivni materiali in izdelki	2
10.3 Pametni materiali in izdelki	5
10.4 Funkcionalna pregrada	6

Po pridobitvi te enote bo študent sposoben:

- Poznajte glavne vrste aktivne in inteligentne embalaže za hrano;
- Poznajo načela osnovnih tehnologij za proizvodnjo aktivne in inteligentne embalaže za hrano;
- Poznajte aktivne in inteligentne aplikacije embalaže hrane

10.1 Definicije

Uredba (ES) št. 450/2009 vključuje naslednje opredelitve in zahteve:

"Aktivni materiali in izdelki" so materiali in izdelki, namenjeni podaljšanju roka uporabnosti ali ohranjanju ali izboljšanju stanja pakiranega živila; so namenjeni namernemu vključevanju sestavin, ki bi sprostile ali absorbirale snovi v ali iz pakiranega živila ali okolja, ki obkroža živilo;

--"sproščanje aktivnih snovi in predmetov" so tisti aktivni materiali in izdelki, ki so namenjeni namernemu vključevanju sestavin, ki bi snovi sprostile v ali na embalažo ali okolje, ki obkroža živilo;

--"sproščene aktivne snovi" so tiste snovi, namenjene za sproščanje v notranjost ali na pakirano hrano ali okolje, ki obkroža hrano, in izpolnjujejo namen v živilu.

-"komponenta" je posamezna snov ali kombinacija posameznih snovi, ki povzročajo aktivno snov in / ali pametno lastnost materiala ali izdelka, vključno s proizvodi teh snovi; ne vključuje pasivnih delov, kot so material, ki jim je dodan ali vgrajen;

Aktivna embalaža je vrsta embalaže hrane z dodatno funkcijo, poleg tega, da zagotavlja zaščitno oviro pred zunanjim vplivom. Aktivna embalaža naj bi vplivala na pakirano hrano. Embalaža absorbira kemične snovi, povezane s hrano, pridobljeno iz hrane ali okoljem, ki obkroža živilo; ali sprošča snovi v živilo ali okolje, ki obkroža živila, kot so konzervansi, antioksidanti, arome itd.

"Inteligentni materiali in izdelki" so materiali in izdelki, ki spremljajo stanje pakiranega živila ali okolja, ki obkroža živilo.

Inteligentna embalaža zagotavlja uporabniku informacije o stanju živil, ki so zagotovljene kot zanesljive in točne. Komponente lahko namestite na zunanjo površino pakiranja in jih lahko ločite od živila s funkcionalno pregrado.

10.2 Aktivni materiali in izdelki

Po definiciji aktivnih materialov in izdelkov lahko primeri združimo na naslednji način:

A) Sistemi absorpcije¹ / čiščenja:

Absorpcija vlage: blazine, ki se na primer uporabljajo za absorpcijo kapljic iz mesa, perutnine in rib v primarni embalaži. Lahko so npr. Plastična laminirana mreža kot lepilo in blazinice, ki vsebujejo le polimerna vlakna ali granulirane poliakrilate ali v kombinaciji z naravno celulozo, kar vse prispeva k absorpcijski funkciji teh blazinic.

Materiali in izdelki, ki delujejo izključno na osnovi naravnih sestavin, kot so blazinice, sestavljene iz 100% celuloze, ne spadajo pod opredelitev aktivnih materialov in izdelkov, ker niso namenjeni namernemu vključevanju sestavin, ki bi sprostile ali absorbirale snovi. Drugi primeri absorbentov, ki vstopajo in ki ne sodijo v opredelitev aktivnih snovi in izdelkov, so predstavljeni v **Prilogi 1**.





Slika 1: Absorbentne blazine in ovojnice ter absorpcijska torba za etilen
A) Absorbenti vlage, B) absorberji kisika, C) absorberji etilena

Absorberji kisika se uporabljajo v embalaži testenin, mleka v prahu, keksov itd. Ti absorberji so ponavadi v obliki ovojnice. Odstranijo ali zajemajo preostali kisik v embalaži (iz okolja prehrabnega proizvoda ali iz samega živila), da zmanjšajo izpostavljenost kisiku. Izpostavljenost kisiku lahko privede do povečane mikrobiološke hrane, kemičnih sprememb v hrani itd. Absorber kisika je namenjen zmanjšanju teh učinkov, s čimer podaljša rok uporabnosti živil. Najpogosteje uporabljeni absorberji O₂ so železov prah in askorbinska kislina. Najpogosteje se uporablja železov prah, ki ima veliko površinsko reakcijo. Absorbenti lahko zmanjšajo koncentracijo kisika v prostem prostoru embalaže na 0,01%. Uporabite lahko različne količine vpojnega kisika od 20 do 2000 ml kisika. Sodobni čistilniki uporabljajo mešanico železa v prahu in natrijevega klorida za O₂. Pogosto je aktivno oglje vključeno tudi, ko se absorbira v pore svojih drugih plinov in veliko organskih molekul, hkrati pa ohranja izdelke in odstranjuje vonjave. Dejavniki, ki vodijo k izbiri vrste in velikosti posod, vključujejo velikost, težo in obliko izdelka; aktivnost vode v izdelku; količina kisika, raztopljenega v izdelku; obdobje veljavnosti izdelka; prepustnost do kisika embalažnega materiala; začetno raven kisika v glavnem prostoru embalaže. Različne aplikacije so: proizvodi iz tropskega mesa, kuhani, konzervirani, ribji, pekovski izdelki, suhi proizvodi, mleko, suha jajca, začimbe, zelišča in slaščičarski izdelki.

Absorberji etilena se lahko uporabljajo kot ovojnice ali vgrajeni v polimerni film. Primer uporabe je plastična vreča z vgrajenim etilenskim vpojnim sredstvom. Etilen, naravni rastni hormon rastlin, je ključnega pomena za proces zorenja sadja in zelenjave, sprošča se med dihanjem in nato vodi proces zorenja. Aktivna sestavina polimera je zasnovana tako, da preprečuje presežek etilena, podaljša rok trajanja pakiranega izdelka.

Večina absorbentov etilena temelji na kalijevem permanganatu. Drugi absorberji etilena so aktivno oglje, bentonit in aluminosilikati (npr. Zeoliti).

Absorberji ogljikovega dioksida

Absorpcija ogljikovega dioksida je lahko dveh vrst:

- a) ki vsebuje absorbent fizično (zeolit);
- b) kemično absorbira (kalcijev hidroksid).

Absorberji vlage

Del ekoloških hlapov paketa skozi to prepusti zaradi prepustnosti in kondenzacije v embalaži zaradi spremembe temperature. V hrani so tudi kapljice vode. Prav tako se med razgradnjo maščob in ogljikovih hidratov proizvaja voda. Akumulirana voda lahko



povzroči rast mikroorganizmov, ki povzročajo degradacijo hrane. Prekomerno vodo je mogoče odstraniti z uporabo hrane, ki je neprepustna za vodne hlape. Skupni absorpcijski sistemi vključujejo super absorpcijski polimer, nameščen med dvema plastema mikroporoznega ali netkanih polimerov. Uporabimo soli poli akrilata, karboksil metilceluloze (karboksi metil celuloze - CMC), kopolimerov, ki vsebujejo škrob.

Odstranjevanje vonjav

Odpadki in neželeni okusi se odstranijo z odstranjevanjem aminov, aldehydov in maščobnih kislin, nastalih med oksidacijo primarne in sekundarne maščobne kisline. Grenke spojine (limonin) se izločijo tudi iz sokov sadja. Nekatere neprijetne vonjave lahko potrošniki zaznajo ob odprtju pakiranja, tudi če je hrana varna. Obdelava plastike, kot je litje, ekstrudiranje, lahko povzroči neprijetne vonjave. Antioksidante lahko uporabite tudi za zmanjšanje neprijetnih vonjav. S komercialnega vidika je bilo zelo malo tehnik pakiranja uporabljenih za selektivno odstranjevanje neželenih okusov in spojin z nezaželenim okusom, vendar obstaja veliko potencialnih priložnosti. Primer takšne priložnosti je boj proti grenkom okusu pasteriziranih pomarančnih sokov. Nekatere oranžne sorte so še posebej nagnjene k grenkim okusom, ki jih povzroča limonin, kemična spojina, ki se sprosti v sok po stiskanju in pasterizaciji pomaranč. Možna aktivna embalažna raztopina bi bila vključitev limoninskih adsorbentov (npr. Celuloznega triacetata ali acetiliranega papirja) v materiale za pakiranje pomarančnega soka.

B) Sistemi za dostavo živil:

Uporaba je embalaža, ki vsebuje snovi, ki se oddajajo v živilo, kot so konzervansi, antioksidanti, arome, encimi. Te sproščene aktivne snovi se namerno dodajo v pakirano hrano ali na embalažo, da izpolnijo nalogo v živilu ali v okolju, ki obkroža živilo, ter ohraniti ali podaljšati rok uporabnosti embalaže.

Antimikrobna sredstva

Meso in mesni izdelki so bolj dovzetni za poškodbe mikrobov. Glavni namen je zmanjšanje, zaviranje ali upočasnitev rasti mikroorganizmov. Antimikrobno sredstvo povečuje fazno zakasnitev in zmanjša fazo krivulje rasti razvoja mikrobov in končno zmanjša rast mikroorganizmov. Odvajalce etanola se lahko uporabijo za izboljšanje časa shranjevanja kruha, posušenih ribjih proizvodov in polsušenega ter za ohranitev kruha ¹. Druga protimikrobna sredstva so navedena v prilogi 1, tabela A1-1.

C) Sistemi z vstavljenimi ali uporabljenimi snovmi na steni pakiranja:

Uporaba je embalaža, ki vsebuje dodatek ali encim, ki se nanese na površino v stiku s hrano in ima tehnološki učinek na živilo. Ti materiali vsebujejo eno ali več aktivnih komponent, ki namerno vplivajo na stanje živila brez namena migracije. Ta kategorija embalaže je tako podobna prejšnji, z razliko, da se zdravilna učinkovina ne sprošča v hrani, ampak ostane nanosana ali vstavljena na površino embalaže; noben prehod v živilo ni nameren.

¹ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Aktivna in inteligentna embalaža: blagoslov za embalažo hrane, Mednarodni znanstveni dnevnik o prehrani in prehrani
ISSN: 2455-4898, July 2017



Aktivna embalaža	Aplikacija
Absorberji isika	Praktično vse vrste živil
Emitters of CO ₂	Praktično vsa živila, na katera vpliva plesen
Absorberji vodne pare	Suha hrana in občutljiva na gibanje
Absorberji etilena	Vrtnarski proizvodi
Oddajniki etanola	Kuhane jedi (če je dovoljeno)

Podrobna tabela aktivnih sistemov, ki se uporabljajo v embalaži za živila, je v **Prilogi 1**.

10.3 Pametni materiali in izdelki

Pametno embalažo lahko razvrstimo v :

A) Kazalnike kakovosti izdelka - časovna temperatura indikatorjev (indikatorji časovne temperature - TTI), indikatorji plina, sveži kazalniki itd.

B) Zaščito izdelkov - Lomljenje, krajo itd.

C) Povečanje uporabnost - med pripravo in kuhanjem hrane.

Poleg tega je treba za vsak kazalnik, ki se uporablja v embalaži, označevati z naslednjimi značilnostmi:

- nizka cena;
- sposobnost branja, ne da bi morali uporabljati napravo;
- nestrupeno;
- stabilnost;
- občutljivost;
- reakcija mora biti nepovratna;
- enostavno vstaviti v embalažo.

Indikatorji časovne temperature

○ Ali naj bi zagotovili informacije o tem, ali je bil prag temperature prekoračen pravočasno in / ali do najkrajšega časa ocenil, da je izdelek, porabljen nad temperaturnim pragom (zgodovinske temperature v času), npr. od trenutka, ko so živila pakirana na mestu porabe. Označba je pogosto vizualni signal. Pozitivni vizualni signal lahko pomeni, da izdelek ni več svež ali ni primeren za jelo. Predložene informacije morajo biti zanesljive in točne ter ne smejo zavajati potrošnika.

Trgovanje z indikatorji - TTI:

- *Življenske Linije-Pregled*
 - Na podlagi reakcije polimerizacije
- *oznaka 3M monitorja*
 - Na podlagi difuzije barve
- *Vitsab®TTI (Cox Technologije)*
 - Na podlagi spremembe barve lipaze²

² Encim prebavnih sokov, ki vlažijo maščobe, jih razpršijo v glicerol in maščobne kisline

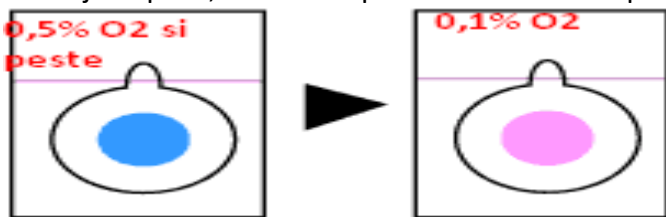




Slika 2: Primeri kazalnikov TTI

Indikator kisika

Ta indikator vsebuje informacije o puščanju. Indikator se uporablja za nadzorovano embalažo živil ali z modificirano atmosfero. Tipični indikator kisika je redoks barvilo (npr. Modri metil), alkalna spojina (eks.sodium hydroxide) in redukcijsko sredstvo za sestavljanje (npr. Reducirajoči sladkorji). Drugi kazalniki oksidativnega encima na osnovi kisika. Poleg tega dodamo topilo (vodo ali alkohol) in sredstvo za povečanje količine (npr. Silikagel, polimere, celulozo, zeolite). Indikator je lahko etiketa, natisnjena plast, tableta ali pa tudi laminirana v polimeru (film).³



Slika 3: Indikator O₂. Predstavljen modri O₂, omejen rdeči O₂

V Prilogi 2, tabela A2-1 so predstavljeni nekateri kazalniki, ki se uporabljajo v notranji ali zunanji embalaži za živila. Obstajajo indikacije glede vrste indikatorja, načina delovanja, informacij, pridobljenih z njimi, in trenutnih aplikacij opisanih kazalnikov.

10.4 Funkcionalna pregrada

Uredba (ES) št. 450/2009 določa naslednjo opredelitev:

• **"Funkcijska pregrada"** pomeni oviro, sestavljeno iz ene ali več plasti materiala, ki pride v stik s hrano, zaradi česar je material ali končni izdelek v skladu s členom 3³ Uredbe (ES) št. 1935/2004 in s to uredbo.

³Člen 3 - Splošne zahteve:

1. Materiali in izdelki, vključno z aktivnimi in inteligentnimi materiali in izdelki, se izdelujejo v skladu z dobro proizvodno prakso tako, da v običajnih ali predvidljivih pogojih uporabe ne prenesejo prehrabnih proizvodov snovi, ki so vgrajene v takšne lahko: (a) ogrozijo zdravje ljudi; ali (b) povzročijo nesprejemljivo spremembo sestave živila; ali (c) spremenijo njihove organoleptične lastnosti.
2. Označevanje, oglaševanje in predstavitev materiala ali izdelka ne sme zavajati potrošnika.



Ta pregrada je plast materiala ali izdelkov, ki pridejo v stik s hrano, kar preprečuje migracijo snovi z obraza pregrade v hrani.

Najvišja dovoljena vsebnost migracije je 0,01 mg snovi / kg hrane za snov. Ta mejna vrednost migracije se uporablja za skupino snovi, zlasti z vidika strukturne in toksikološke soodvisnosti, zlasti če so izomeri iste snovi ali snovi iste funkcionalne skupine; vključuje tudi prenos, ki je zunaj pakiranja.

Če se dokaže, da embalažni material ali plast deluje kot funkcionalna ovira za migracijo⁴, se lahko uporabijo nedovoljene snovi v sloju (slojih) iz zaporne ograje (niso v stiku s hrano), če ne spadajo v eno od naslednjih kategorij:

- Snovi, ki so mutagene, rakotvorne ali strupene za razmnoževanje.
- Nove tehnologije, ki povzročajo kemikalije s kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi, ki se bistveno razlikujejo od sestavnih delov embalaže, npr. Nanodelcev, je treba oceniti za vsak primer posebej zaradi tveganja, dokler ne bodo znane nove informacije o tej novi tehnologiji. Zato niso zajeti v konceptu funkcionalne pregrade.

Doslej so jih našli v treh vrstah situacij:

- **za reciklirano plastiko:** reciklirane polimerne materiale lahko onesnažijo različni kemični proizvodi v potrošniškem okolju; da bi preprečili, da bi takšni onesnaževalci dosegli hrano, se interkalira funkcionalna pregrada med reciklirano plastiko in hrano;

- **za snovi, ki niso odobrene z uredbo:** v skladu z osnutkom uredbe EU bo industrija pooblaščenca za uporabo snovi, ki jih ne odobrijo organi, odgovorni za javno zdravje, (i) če te snovi niso rakotvorne in (ii) če so ločeni od živila s funkcionalno pregrado, ki zagotavlja, da se v hrani ne zazna. Takšne snovi se v uredbi vpišejo: "snovi funkcionalne pregrade;

- **za aktivno pakiranje:** na območju aktivne embalaže lahko funkcijske pregrade preprečijo migracijo aktivnih snovi ali sestavin aktivne snovi.

Za razliko od stekla ali kovin, ki so absolutne ovire na najmanjši debelini, ni mogoče navesti splošnih pravil za plastične materiale. Učinkovitost je odvisna od zgodovine živila ali polimera, pa tudi zaradi geometrijskih lastnosti embalaže, predvsem njihove debeline. Nekatere splošne informacije je mogoče navesti:

- ni verjetno, da bi lahko poliolefini in EVA delovali kot funkcionalna pregrada, ne glede na debelino plasti;

- drugi polimeri, PET, EVOH, PVC, PVDC, PAN lahko delujejo kot funkcionalna pregrada, če je pregradni sloj dovolj debel.

Za odločitev o najmanjši debelini lahko uporabite programsko opremo, ki upošteva celotno zgodovino materiala za stik z živilom. Programska oprema [MULTITEMP in MULTIWISE] (INRA) lahko zaporedno opiše:

- difuzijo v pregrado med obdelavo (ob upoštevanju stopnje hlajenja);
- difuzijo v pregrado med skladiščenjem slepe embalaže;
- migracija med polnjenjem v vroči;
- selitev med hrambo hrane (ob upoštevanju učinkov inflacije).



Učinkovitost slojev polimera se lahko zelo razlikuje, če prodiranje poteka čez nekaj ur v PE, v PET, za enako debelino folije, lahko celo dosežemo v več kot 100 letih (Gross, 2014). Mnogi proizvajalci so na primer izdelovali lepenke s pregradnimi plastmi bodisi kot plast, ki jo uporablja snov ali z laminiranimi ploščami. Uporabljeni materiali za to območje so od akrilatov do kombinacij EVOH s poliamidi in poliestri. Prepreke povzročajo številne težave z možnostjo recikliranja, adhezije kartona in učinkovitosti embalaže. Primer tega materiala je Foodboard, ki ga trži Mayr-Melnhof, veliko avstrijsko podjetje za proizvodnjo kartonske in kartonske embalaže.

Po petih letih raziskav je tržila skupina 20 strokovnjakov, za katero je bilo opravljenih več kot 14.000 testov in dva milijona škatel. Na voljo je z inovativno, ekološko in biološko razgradljivo oviro. Zaradi te zaščitne plasti so pakirana živila zaščitena pred snovmi, kot so mineralna olja, ftalati, BPA in druge snovi, ki se lahko pojavijo preko embalaže (Mayr-Melnhof Karton, 2015).⁴

⁴ GRIGORESCU (AMZĂR) Mihaela Student Scientific Session, 15-16 May 2015, Scientific coordinator: ȘI. Nicoleta Pascu, PhD, FOOD SAFETY FOR CARTON PACKAGING



Priloga 1

Tabela A1-1 Aktivni sistemi pakiranja⁵

Aktivni sistem pakiranja	Aktivni elementi	Uporaba hrane
Absorberji kisika	Železov kovinski katalizator / kislina, kovina (npr. Platina), askorbat / kovinske soli, encimi in najlon	Kruh, pecivo, kuhani riž, piškoti, pica, testenine, sir, obdelana mesa in ribe, kava, prigrizki, suha hrana in pijače
Oddajniki ogljikovega dioksida	Železov oksid / kalcijev hidroksid, železov karbonat / kovinski halid, kalcijev oksid / aktivno oglje in askorbat / natrijev bikarbonat	Kava, sveže meso in ribe, oreški in druge prigrizke ter torte
Etilenski absorbenti	Kalijev permanganat, aktivno oglje in aktivirane gline / zeoliti	Sadje in zelenjava
Antimikrobna (AM) embalaža	Organske kisline, srebro zeolit, ekstrakti začimb in zelišč, antioksidanti BHA / BHT, antioksidant vitamina E, klor dioksid in žveplov dioksid	Žita, meso, ribe, kruh, sir, prigrizki, sadje in zelenjava
Oddajniki etanola	Inkapsuliran etanol	Pizijske skorje, pecivo, kruh, piškoti, ribe in pekovski izdelki
Absorberji vlage	Polietilen, aktivirane gline in minerali ter silikagel	Ribe, meso, perutnina, prigrizki, žitarice, suha hrana, sendviči, sadje in zelenjava
Absorberji okusa/vonja	Celulozni triacetat, acetilirani papir, citronska kislina, železova sol / askorbat (vitamin C ali askorbinska kislina) in aktivni ogljik / gline / zeoliti	Sadni sokovi, ocvrta prigrizna hrana, ribe, žita, perutnina, mlečni izdelki in sadje
Samozagrevanje in samohlajenje	Hitro vodo / voda, amonijev nitrat / voda in kalcijev klorid / voda	Pripravljeni jedi in pijače
Sprememba prepustnosti plina	Kristalizirajoči polimeri s stransko verigo	Sadje in zelenjava
	BHA in BHT sta antioksidanti. Kisik reagira prednostno z BHA ali BHT namesto z maščobami ali olji, s čimer jih ščiti pred poškodbami.	

⁵ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging Aktivna in inteligentna embalaža: blagoslov za embalažo hrane, Mednarodni znanstveni dnevnik o prehrani in prehrani ISSN: 2455-4898, July 2017



Priloga 2: Inteligentni sistemi pakiranja

a) Kazalniki

- Indikatorji časovne temperature – TTI
- Kazalnik kisika
- Indikator ogljikovega dioksida
- Barvni indikator
- Indikator mikrobne rasti
- Indikator porušitve embalaže
- Indikator svežosti (poškodbe mikroorganizmov ali patogeni)
- Indikator puščanja
- Naprave za odkrivanje plina

b) Naprave za sledljivost

- čip / nalepke za identifikacijo radijskih frekvenc - RFID

c) Senzorji

- Inteligentni senzorji
- Bio-senzorji
- Identifikacijski plinski senzorji
- Senzorji kisika, ki temeljijo na fluorescenci



Priloga 2: Inteligentni sistemi pakiranja

Tabel A2.1 Several indicators used in the inside or outside of food packaging ⁶

Kazalnik	Princip / Reagenti	Dobljene informacije	Aplikacije
Indikatorji časovne temperature (zunanji)	Mehanski kemijski encimski	Pogoji shranjevanja	Hladna in zamrznjena hrana
Indikatorji kisika (notranji)	Redoks indikatorji (redukcijska oksidacijska reakcija), indikatorji barv, indikatorji pH (barvni indikatorji z encimi)	Uhajanje iz embalaže zaradi pogojev skladiščenja	Živila, shranjena v embalaži z zmanjšano koncentracijo kisika
Ogljikov dioksid - Indikatorji (notranji)	Kemikalije	Uhajanje iz embalaže zaradi pogojev skladiščenja	Sprememba ali nadzorovanje embalaže hrane v ozračju
Indikatorji rasti mikroorganizmov (notranji / zunanji)	Barvni kazalniki za pH. Vse barvila, ki reagirajo z določenimi metaboliti (hlapne snovi ali nehlapne snovi)	Kvarjenje (kakovost mikrobi v hrani)	Kvarljiva živila, kot so meso, ribe in perutnina
Indikatorji patogenov (notranji)	Različne kemične in imunokemične metode reagirajo s toksini	Patogenske specifične bakterije, kot je Escherichia coli 0157	Kvarljiva živila, kot so meso, ribe in perutnina
Vmesni produkti in metabolizmi			
IMMUNOCHEMISRTY s. f. Oddelek za biokemijo, ki se ukvarja s preučevanjem kemične narave imunosti za pripravo očiščenih cepiv in serumov. - Od fr. imunochimie.			

⁶ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Aktivna in inteligentna embalaža: blagoslov za embalažo hrane, Mednarodni znanstveni dnevnik o prehrani in prehrani ISSN: 2455-4898, July 2017

