# Upotreba inteligentnog pakiranja u pakiranju namirnica

**Diklić, Andrijana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:048553

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Andrijana Diklić

# Upotreba inteligentnog pakiranja u pakiranju namirnica

završni rad

Osijek, 2015.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

Ambalaža i pakiranje hrane

# Upotreba inteligentnog pakiranja u pakiranju namirnica

## Završni rad

dr. sc. Lidija Jakobek, doc.

---

Studentica: **Andrijana Diklić** 1367/95

Mentor: dr. sc. Lidija Jakobek, doc.

Predano:

Pregledano:

---

Ocjena: Potpis mentora:

_____

**Naslov rada:** Upotreba inteligentnog pakiranja u pakiranju namirnica

**Sažetak:** Suvremeni potrošači zahtijevaju namirnice visoke kvalitete koje su zadržale senzorska svojstva i koje su zdravstveno sigurne. Pakiranje je vrlo važno za osiguranje kvalitete namirnica te se stoga pronalaze novi ambalažni materijali i načini pakiranja kako bi se udovoljili sve rigorozniji zahtjevi kupaca. Jedno od novijih načina pakiranja je pakiranje u inteligentna pakiranja. Inteligentno pakiranje se može definirati kao pakiranje koje može "osjetiti" promjene koje utječu na proizvod i informirati proizvođača, trgovca ili potrošača o tim promjenama. U ovom radu opisane su neke glavne vrste inteligentnih pakiranja kao što su pakiranja s indikatorima integriteta, svježine te temperature i vremena skladištenja. Opisani su i senzori plinova, posebice senzori kisika te biosenzori i radiofrekvencijska identifikacija.

**Ključne riječi**: Inteligentno pakiranje, indikatori, senzori, biosenzori, RFID, hrana.

**Nastavni predmet**: Ambalaža i pakiranje hrane

**Title:** The use of intelligent packaging in food packaging

**Summary:** Modern consumers demand high-quality foods that have retained sensory properties and that are medically safe. Packaging is very important to ensure the food quality and therefore new ways of packaging materials and packaging systems are found in order to meet increasingly rigorous requirements of customers. One of the new ways of packaging is packaging in smart packaging. Intelligent packaging can be defined as packaging that can "sense" changes that affect the product and inform the manufacturer, traders or consumer about these changes. In this paper, some major types of intelligent packaging, such as packaging with indicators of integrity, freshness, and temperature and time of storage are described. Gas sensors, oxygen sensors, and especially biosensors and radio frequency identification are also described.

**Keywords**: Intelligent packaging, indicators, sensors, biosensors, RFID, food.

**Course title**: Package and food packaging

## Sadržaj

1. UVOD ..... 1
2. GLAVNI DIO ..... 2
2.1. Inteligentno pakiranje ..... 2
2.2. Značaj za prehrambenu industriju ..... 3
2.3. Primjena inteligentnog pakiranja ..... 3
2.3.1. Pokazatelji (indikatori) ..... 4
2.3.1.1. Pokazatelji integriteta ..... 4
2.3.1.2. Pokazatelji svježine ..... 5
2.3.1.3. Pokazatelji vremena i temperature ..... 6
2.3.2. Senzori ..... 8
2.3.2.1. Senzori plinova ..... 8
2.3.2.2. Senzori kisika ..... 9
2.3.2.3. Biosenzori ..... 12
2.3.3. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID) ..... 12
2.4. Zakonodavstvo ..... 14
3. ZAKLJUČAK ..... 17
4. LITERATURA ..... 18

# 1. UVOD

Pakiranje je industrijska ili marketinška tehnika za održavanje, zaštitu, identificiranje, prodaju i distribuciju industrijskih i konzumnih proizvoda. Primarna funkcija pakiranja je zaštititi prehrambeni proizvod od fizičkog oštećenja, gubitka ili primanja vlage, oksidacije i biološke razgradnje. Sekundarna funkcija pakiranja je omogućiti distribuciju proizvoda od proizvođača do potrošača. Pakiranje također unaprjeđuje prodaju hrane. Osim toga, ambalaža mora omogućiti jednostavnu i prikladnu uporabu, ali istovremeno mora biti atraktivna. Bez komunikacije kupnja bi bila nezamisliva stoga bi potrošači trebali odmah prepoznati proizvod kroz teksturu, oblik, dizajn i identifikaciju (Han, 2005.).

Kako bi ambalaža na optimalan način ispunila svoje funkcije pri kreiranju ambalaže potrebno je odabrati ambalažni materijal, oblik ambalaže, grafičko oblikovanje i međusobno ih uskladiti. To je vrlo složen posao na kojem radi cijeli tim stručnjaka od tehnologa, ekonomista, psihologa tržišta do likovnih umjetnika, stručnjaka za transport i drugih.

Promjene u načinu života stanovništva (urbanizacija, nove higijenske i zdravstvene navike, itd.) kao i povećana kupovna moć potrošača, uzrokovale su neprestani razvoj novih ambalažnih materijala i tehnika pakiranja koji omogućuju bolju kakvoću proizvoda, atraktivnost, lakše rukovanje, veću zdravstvenu sigurnost i više informacija o proizvodu "na prvi" pogled.

Noviji način pakiranja je i pakiranje u inteligentnu ambalažu. Ovakva pakiranja daju dodatne informacije potrošačima o proizvodu. Ubrzano se razvijaju te postižu sve veću prihvatljivost kod potrošača.

# 2. GLAVNI DIO

## 2.1. Inteligentno pakiranje

**Inteligentno pakiranje** (ležernije definirano kao pametno pakiranje) je sustav pakiranja koji može "osjetiti" promjene koje utječu na proizvod i informirati proizvođača, trgovca ili potrošača o tim promjenama. Drugim riječima, inteligentno pakiranje može nadzirati prehrambeni proizvod i prenijeti informaciju o njegovoj kvaliteti tijekom transporta i skladištenja. Ambalažni materijal ovakvog pakiranja dolazi u dodir s hranom, ukazuje na stanje upakirane hrane te daje informacije o proizvodu.

Prednost ovakvog pakiranja je u tome što proizvođač može efikasno kontrolirati kvalitetu upakiranog proizvoda, smanjiti gubitke i poboljšati imidž. Trgovac može rekonstruirati put od pakiranja proizvoda do uporabe, uočiti nestručno rukovanje, kontaminaciju ili neadekvatno skladištenje, dok potrošač ima mogućnost dobivanja dodatne informacije o kvaliteti proizvoda putem indikatora.

Inteligentno pakiranje može se podijeliti u tri grupe:

- eksterni indikatori – nalaze se na vanjskom dijelu pakiranja, a uključuju indikatore vremena, temperature, fizičkog šoka,
- interni indikatori – nalaze se u unutrašnjosti pakiranja, a uključuju indikatore propuštanja $O_2$, $CO_2$, indikatore razvoja mikroorganizama (mikrobiološkog kvarenja),
- indikatori koji povećavaju efikasnost protoka informacija – specijalni bar kodovi koji pohranjuju informacije o namirnici.

"Inteligentnost" pakiranja može imati više značenja i pokriva više funkcionalnosti ovisno o tome koja se namirnica pakira. Pakiranja koja se nazivaju "pametnima" za trenutnu ili buduću funkciju trebala bi:

- zadržati integritet hrane i aktivno spriječiti kvarenje hrane (produljiti rok trajanja),
- poboljšati svojstva proizvoda (izgled, okus, aromu, miris, itd.),
- žurno dati informaciju o promjeni unutar proizvoda ili okoline,
- dati informaciju potrošaču o podrijetlu namirnice ili nekom drugom stanju namirnice,
- pomagati pri otvaranju,
- potvrditi ispravnost proizvoda i ne dozvoliti krivotvorenje.

Da bi bili praktični, ovi sustavi pakiranja moraju biti laki za rukovanje, ekonomski prihvatljivi i sposobni obavljati višestruke zadaće (Han, 2005).

## 2.2. Značaj za prehrambenu industriju

Prema današnjem stilu života i potrošačima prilagođen je i način pakiranja. Potrošači sve više traže proizvode koji se lako mogu otvarati, pripremati te davati brojne informacije o proizvodu. U nekim slučajevima vrlo je teško samo na prvi pogled znati kakvo je stanje namirnice unutar pakiranja što predstavlja jedan od razloga zašto su se brojna istraživanja fokusirala na razvoj inteligentne ambalaže.

Proizvodi zapakirani u inteligentno pakiranje pokazuju nam da li je namirnica svježa i skladištena na odgovarajući način putem određenih pokazatelja, poput promjene boje, nastale zbog kemijske, enzimske ili reakcije razgradnje mikroorganizmima.

## 2.3. Primjena inteligentnog pakiranja

Pojam inteligentnog pakiranja najčešće podrazumijeva upotrebu

- senzora i
- indikatora

koji se stavljaju unutar pakiranja ili na pakiranje, a daju informaciju o stanju proizvoda. Vrlo je česta upotreba senzora i indikatora u pakiranjima u modificiranoj atmosferi ili u vakuum pakiranjima.

Pakiranje u modificiranoj atmosferi je vrlo važna tehnika pakiranja namirnica koja se vrlo često koristi za distribuciju, skladištenje i izlaganje raznih proizvoda kao npr. mesnih proizvoda u trgovinama. Ovakvo pakiranje sastoji se u tome da se zrak koji okružuje mesni proizvod u pakiranju zamijeni s odgovarajućom smjesom plinova čime se produžuje rok trajnosti i poboljšava kvaliteta namirnice. Najvažniji plinovi koji se koriste za postizanje modificirane atmosfere su kisik i ugljikov dioksid (Kerry i sur., 2006).

Stanje kisika i ugljikovog dioksida se može mijenjati s vremenom, a na njega mogu utjecati: vrsta proizvoda, respiracija, materijal od kojeg je ambalaža napravljena, veličina pakiranja, uvjeti skladištenja, integritet pakiranja itd. Postoji određen broj analitičkih metoda za nadziranje stanja plina u pakiranju s modificiranom atmosferom. No, danas se kao alternativa za ove konvencionalne metode većinom koriste senzori koji daju informaciju u koncentraciji plinova u pakiranju. Zamjena dugotrajnih i skupih metoda sa senzorima (inteligentno pakiranje) dovela je do lakšeg i boljeg identificiranja i mjerenja kemijskih i fizikalnih indikatora kvalitete namirnice (Kerry i sur., 2006).

### 2.3.1. Pokazatelji (indikatori)

Indikator se definira kao tvar koja promjenom nekog svojstva, najčešće boje, označava prisutnost ili odsutnost neke druge tvari ili pokazuje stupanj reakcije između dvije tvari. Za razliku od senzora, indikatori ne sadrže receptor i pretvornik, nego informacije daju izravno pomoću vizualnih promjena (Kerry i sur., 2006).

#### 2.3.1.1. Pokazatelji integriteta

Kako bi se izbjegle metode ispitivanja kvalitete namirnice u pakiranju danas se upotrebljavaju indikatori koji daju informacije o kvaliteti preko vizualnih promjena ili na osnovu usporedbe sa standardnim referencama. Većina indikatora napravljena je prvenstveno da bi se ispitao i provjerio integritet pakiranja kao jedan od vrlo bitnih faktora kvalitete i sigurnosti namirnice u pakiranju. Najčešći uzrok narušavanja integriteta plastičnih pakiranja jesu nedovoljno čvrsti spojevi ili nepravilno zatvoreni otvori koji mogu dovesti do curenja proizvoda. Ukoliko se za takve nepravilnosti na pakiranje postavi indikator koji ukazuje na curenje proizvoda, vrlo je vjerojatno da će se integritet pakiranja tijekom proizvodnje i distribucije uspjeti očuvati kroz duži period (Kerry i sur., 2006).

Često se upotrebljavaju indikatori koji vizualno ukazuju na promjenu koncentracije kisika u pakiranjima s modificiranom atmosferom. Izuzev pakiranja svježeg mesa gdje je visoka koncentracija kisika poželjna radi održavanje boje proizvoda, većina namirnica se pakira u atmosferi s niskom koncentracijom kisika (od 0 do 2%). U takvim slučajevima, nepravilno zatvorena ambalaža rezultira povećanjem koncentracije kisika, zbog čega se izrađuju indikatori koji se uglavnom sastoje od raznih redoks bojila. Nedostatak takvih pakiranja je prevelika osjetljivost. Dovoljna je promjena od samo 0,1% u koncentraciji kisika da bi došlo do promjene boje što znači da je indikator osjetljiv i na male zaostale količine kisika u pakiranju s modificiranom atmosferom. Neki indikatorski sustavi, posebno napravljeni za hranu pakiranu u modificiranoj atmosferi, sadrže, pored bojila osjetljivog na kisik, i komponentu koja apsorbira kisik, te takav sustav predstavlja spoj aktivnog i inteligentnog pakiranja (Kerry i sur., 2006).

Vizualni indikator ugljikovog dioksida sastoji se od kalcijevog hidroksida koji apsorbira $CO_2$ i od indikatorskog redoks bojila ugrađenog u polipropilensku smolu te se može primijeniti za određena pakiranja mesnih proizvoda (Kerry i sur., 2006).

### 2.3.1.2. Pokazatelji svježine

Ovakvi sustavi inteligentnog pakiranja daju informaciju o stanju –svježini- proizvoda unutar ambalaže.

Pokazatelji svježine (Slika 1) daju direktnu informaciju o svježini i kvaliteti proizvoda detektirajući mikrobiološki rast ili kemijske promjene unutar namirnice.

Mikrobiološka kvaliteta se može odrediti na osnovu reakcija između indikatora koji se nalaze u pakiranju i metabolita koji nastaju kao rezultat mikrobiološkog djelovanja (Kerry i sur., 2006).

Neki indikatori mogu detektirati određene spojeve koji nastaju kao rezultat kemijskih promjena u namirnicama.




**Slika 1.** Pokazatelji svježine (http://www.interempresas.net)

Postoje brojni metaboliti koji bi mogli poslužiti kao markeri u razvoju indikatora svježine proizvoda. Neki od primjera su slijedeći:

- U mesnim proizvodima se tijekom skladištenja mogu pratiti promjene u koncentraciji organskih kiselina kao što su n-butiratna, L-laktatna, D-laktatna i octena kiselina. Pokazatelji takvih promjena uobičajeno su različiti pH indikatori.

- Etanol, zajedno s mliječnom i octenom kiselinom, važan je pokazatelj fermentativnog metabolizma bakterija mliječne kiseline. Istraživanja su pokazala da vrijeme skladištenja marinirane piletine utječe na povećanje koncentracije etanola u anaerobnom pakiranju s modificiranom atmosferom. U ovom slučaju indikatori koji mogu detektirati etanol su korisni u praćenju kvalitete ovih proizvoda.

- Još jedan pokazatelj kvarenja namirnice je i ugljikov dioksid koji se javlja kao popratna pojava mikrobiološkog rasta. Izuzetak su pakiranja mesnih proizvoda u modificiranoj

atmosferi, gdje je teže pratiti takve promjene jer je koncentracija ugljikovog dioksida dosta visoka (od 20 do 80%).

- Nadalje, prilikom kvarenja mesnih proizvoda dolazi do cijepanja cisteina, pri čemu se stvara vodikov sulfid koji ima intenzivan miris. On se veže za mioglobin i daje zeleni pigment, sulfmiocin. Na osnovu te reakcije se izrađuju indikatori svježine za pakiranja određenih mesnih proizvoda (Kerry i sur., 2006).

Osim ovih, postoje brojne mogućnosti za razvijanje indikatora svježine, ali većina njih se temelji na promjeni boje indikatora do koje dolazi prilikom reakcije s određenim metabolitima. No, kod nekih namirnica prisutnost nekog metabolita ne mora nužno značiti da je došlo do kvarenja. Kako bi neki indikator zadovoljio na tržištu, mora se paziti da u takvim slučajevima ne dođe do promjene boje (Kerry i sur., 2006).

#### 2.3.1.3. Pokazatelji vremena i temperature

Pokazatelj ili indikator vremena i temperature (TTI – time-temperature indicator) se može definirati kao naprava koja pokazuje promjenu vremena i temperature. Pomoću ovakvih indikatora može se dobiti uvid u povijest promjena temperature kojima je bio izložen proizvod za vrijeme skladištenja i distribucije ili u vrijeme skladištenja. Rad ovakvih indikatora temelji se na:

- mehaničkim,
- kemijskim,
- elektrokemijskim,
- enzimskim i
- mikrobiološkim promjenama

koje najčešće rezultiraju nekom vidljivom promjenom kao što je mehanička deformacija, nastajanje ili promjena boje (Kerry i sur., 2006).

Pokazatelji vremena i temperature mogu se podijeliti s obzirom na to daju li djelomičnu ili cjelokupnu informaciju o promjenama kojima je bio izložen upakirani proizvod tokom skladištenja. Indikatori koji daju djelomičnu povijest promjena ne reagiraju sve dok se ne poveća neka granična vrijednost, npr.temperatura, nakon čega oni ukazuju na to da je proizvod izložen temperaturi dovoljnoj da uzrokuje promjene u kvaliteti i sigurnosti namirnice. Indikatori sa cjelokupnom povijesti promjena temperatura kontinuirano daju informacije o temperaturi proizvoda, te se na njih fokusira većina istraživanja (Kerry i sur., 2006).

Indikatori vremena i temperature su male etikete ili naljepnice koje se stavljaju na proizvod i prate vrijeme i temperaturu koji utječu na kvarenje proizvoda, i to od proizvodnje do prodaje, odnosno do potrošača. Neki od uvjeta koje moraju zadovoljavati ovakvi indikatori su:

- niska cijena,
- male dimenzije,
- pouzdanost i
- otpornost.

Nadalje, trebali bi se lagano ugraditi u ambalažu, na njih ne smije utjecati ništa drugo iz okoline osim temperature, ne bi trebali uzrokovati oštećenja ambalaže niti biti toksični, te moraju davati informacije potrošaču na prihvatljiv način. Današnji, komercijalno dostupni indikatori vremena i temperature (Slika 2) temelje se na difuzijskim, enzimskim i polimernim sustavima, te se najčešće koriste u industriji mesa i peradi (Kerry i sur., 2006).



**Slika 2.** Pokazatelji vremena i temperature (http://innovationfab.com; http://des.averydennison.com)

Početna očekivanja o uvođenju ovih indikatora u prehrambenoj industriji nisu u potpunosti ispunjena do danas. U Velikoj Britaniji je 1991. godine provedeno istraživanje koje je pokazalo kako 95% ispitanika smatra da su indikatori vremena i temperature dobra ideja, ali da je potrebna velika promidžba i edukacijska kampanja kako bi oni bili prihvaćeni među potrošačima. Iako se predviđala potpuna komercijalna realizacija ovih indikatora, ipak je njihova upotreba prilično ograničena.

### 2.3.2. Senzori

Senzor se definira kao uređaj koji se koristi za detekciju, lociranje i mjerenje energije ili tvari dajući pri tome signal za mjerenje fizikalnog ili kemijskog svojstva na koje uređaj reagira. Kako bi se neki uređaj kvalificirao kao senzor, on mora biti u mogućnosti davati kontinuirane signale, te mora sadržavati dva osnovna dijela: receptor i pretvornik. U receptoru se fizikalno ili kemijsko svojstvo pretvara u onaj oblik energije koji je pretvornik u stanju mjeriti. Nadalje, pretvornik tu energiju, koja nosi informaciju o svojstvu ispitivanog uzorka, pretvara u analitički signal (Kerry i sur., 2006).

#### 2.3.2.1. Senzori plinova

Senzor plinova (Slika 3) je uređaj koji reagira na prisutnost plinskog analita, a sve to nadzire uređaj s vanjske strane ambalaže. Današnji sustavi za detekciju plinova uključuju:

- amperometrijski senzor kisika,
- potenciometrijski senzor ugljikovog dioksida,
- organski vodljivi polimeri i
- piezoelektrični kristalni senzori.



**Slika 3.** Senzori kisika i ugljikovog dioksida (http://www.interempresas.net)

Konvencionalni sustavi senzora kisika koji se temelje na elektrokemijskim metodama imaju određene nedostatke, npr. može doći do potrošnje analita (kisika), unakrsne osjetljivosti na ugljikov dioksid i vodikov sulfid, te onečišćenja membrane.

Posljednjih godina radilo se i na optičkim senzorima kisika koji su sastavljeni od čvrstog materijala, a rade na principu promjene luminiscencije ili promjene apsorbancije do koje dolazi prilikom direktnog kontakta s analitom. Kod ovakvog senzora ne dolazi do potrošnje analita niti bilo kakvih drugih kemijskih reakcija.

Optokemijski senzori upozoravaju na kvarenje upakiranog proizvoda ili mikrobiološku kontaminaciju tako što detektiraju plinske analite kao što su vodikov sulfid, ugljikov dioksid i amini.

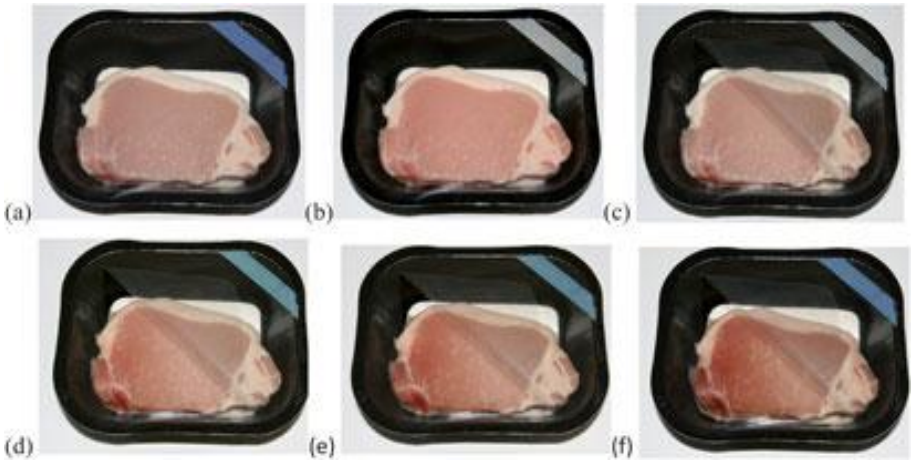
Razvoj optokemijskih senzora uključuje:

- sustav koji se temelji na fluorescenciji i koristi indikatore osjetljive na pH;
- kolorimetrijski senzor koji se temelji na apsorpciji i koristi vizualne indikatore;
- sustav prijenosa energije upotrebljavajući fluorimetrijsku detekciju

Posljednji sustav omogućuje i kombinirano mjerenje kisika i ugljikovog dioksida u jednom senzoru. Međutim, što se tiče senzora ugljikovog dioksida, većina njih se razvila kako bi se koristila u biomedicinske svrhe, pa je njihova upotreba u prehrambenoj industriji još uvijek prilično ograničena (Kerry i sur., 2006).

### 2.3.2.2. Senzori kisika

Senzori kisika (Slika 4) koji se temelje na principu fluorescencije predstavljaju naprednu tehnologiju pomoću koje će biti moguće mjeriti i detektirati plinove u pakiranjima mesnih proizvoda. Rade se brojni prototipovi koji će se u bliskoj budućnosti moći proizvoditi vrlo jeftino i koji će zajedno s odgovarajućim instrumentima davati brze informacije o koncentraciji kisika.




**Slika 4.** Pakiranja sa senzorima kisika (http://www.rsc.org)

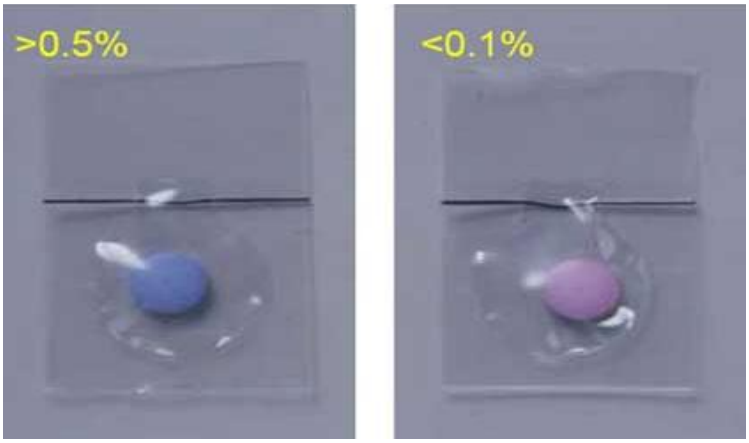
Aktivna komponenta fluorescentnog senzora kisika uobičajeno se sastoji od fluorescentnog ili fosforescentnog bojila ugrađenog u čvrsti polimerni matriks u obliku tankog filma. Takav tanak film stavlja se na ambalažu. Molekularni kisik koji je prisutan u pakiranju, prodire kroz

taj film difuzijom i hvata luminiscenciju dinamičnim mehanizmom, odnosno mehanizmom sudara. Količina kisika se određuje mjerenjem promjena parametara luminiscencije. Cijeli proces je reverzibilan: ni bojilo ni kisik se ne troše u reakciji koja se odvija, ne nastaju nusprodukti i proces se može ponoviti (Kerry i sur., 2006).

Materijali od kojih se senzor izrađuje moraju zadovoljavati određene zahtjeve kako bi se komercijalno mogli koristiti u sklopu inteligentnih pakiranja. Moraju pokazivati svojstva fluorescencije, moraju imati odgovarajuću osjetljivost, dobro razdvojene vrpce ekscitacije i emisije. U slučaju bojila, najbolje odgovaraju fluorescentna i fosforescentna te sa zadovoljavajućom fotostabilnošću. Takva svojstva omogućavaju senzoru da bude kompatibilan s jednostavnim i jeftinim mjernim uređajima (LED diode, fotodiode i dr.) (Kerry i sur., 2006).

Kombinacija indikatorskog bojila i polimera u koji je bojilo ugrađeno i u kojem se reakcija hvatanja kisika odvija, faktor je koji određuje osjetljivost i učinkovitost rada senzora. Za prehrambenu industriju, najučinkovitije su se pokazala bojila s relativno dugim vremenom emitiranja, npr. Pt-porfirin u kombinaciji s polistirenom kao polimernim matriksom. Drugi polimeri s dobrim barijernim karakteristikama, kao npr. poliamidi, polietilen tereftalat i PVC, nisu pogodni za senzore kisika jer se u takvom mediju reakcija odvija sporo zbog slabe propusnosti ovih materijala na kisik (Kerry i sur., 2006).

Izrada jednog senzora predstavlja jednostavan proces otapanja lipofilnog indikatorskog bojila i odgovarajućeg polimera u organskom otapalu. Takav koktel nanosi se na čvrsti supstrat, npr. poliesterski film ili staklo, te se ostavlja kako bi se osušilo i nastao fluorescentni sloj. Na taj način dobiju se obojeni senzori (boja potječe od bojila), promjera 1 do 2 cm i vidljivi na različitim materijalima (Slika 5).




**Slika 5.** Promjena boje senzora s obzirom na koncentraciju kisika (http://www.interempresas.net)

Aktivni elementi senzora kisika mogu se proizvoditi u velikim količinama jer se koriste vrlo jeftini materijali i oprema za izradu. Pored toga, otporni su, pogodni za dugoročno i kontinuirano praćenje, a nakon upotrebe se vrlo lako zbrinjavaju. Međutim, ovakvi senzori danas još uvijek više uspjeha imaju u područjima koja nemaju veze sa hranom (Kerry i sur., 2006).

Neka svojstva senzora kisika:

- **Radno područje.** Većina senzora ima radno područje u rasponu od 0 do 100 kPa kisika ili najmanje od 0 do 21 kPa (0 – 21%), s granicama detekcije od 0,01 do 0,1 kPa (0-21%). Takav opseg radnog područja pogodan je za većinu pakiranja mesnih proizvoda, a posebno za pakiranja u modificiranoj atmosferi.
- **Temperaturna ovisnost.** Senzori koji se koriste u prehrambenoj industriji trebali bi raditi u širokom temperaturnom rasponu (oko -20 do +30 °C). No, još uvijek se provode brojna istraživanja o radu senzora u različitim temperaturnim rasponima kako bi se uklonili određeni nedostaci i povećala učinkovitost.
- **Brzina reakcije.** Kao materijal koji je osjetljiv na promjene koristi se tanki film čime se dobije tanka barijera u kojoj je i proces difuzije kisika kraći te senzor na taj način vrlo brzo reagira na promjene u koncentraciji kisika; u nekim slučajevima do reakcije dolazi za nekoliko desetaka milisekundi.
- **Stabilnost.** Senzori koji se nalaze u pakiranjima moraju biti u funkciji od stavljanja proizvoda u ambalažu pa sve do njenog otvaranja. U slučaju skladištenja smrznutog mesa, taj period može trajati i do nekoliko tjedana. Izloženost svjetlu tijekom izlaganja na police u trgovinama ili izloženost određenom UV zračenju može uzrokovati obezbojenje nekih bojila ili starenje polimera; izuzetak je jedino fluorometrijski senzor kisika.
- **Toksičnost.** Potencijalna toksičnost senzora potječe od materijala od kojih je izrađen, odnosno od bojila, polimera, ostataka otapala i aditiva. Masa jednog senzora uobičajeno ne prelazi 1 mg, od čega na polimer otpada više od 95%, a to znači da bojilo ne može imati masu veću od nekoliko mikrograma. Za većinu organskih bojila, ta masa nije dovoljna za uzrokovanje toksičnosti. Za izradu senzora, što se tiče otapala, nastoje se koristiti samo ona otapala koja se već koriste u prehrambenoj industriji (Kerry i sur., 2006.).

Brojna istraživanja provodila su se na senzorima kisika koja su se pokazala vrlo učinkovita u pakiranjima mesnih proizvoda. Ispitivani su senzori kisika na bazi platine u vakuum pakiranjima svježeg i kuhanog mesa, te u pakiranjima narezane šunke koja se čuva u modificiranoj atmosferi.

Sve to vodi k usavršavanju ovih senzora i njihovoj sve većoj upotrebi u prehrambenoj industriji. Procjenjuje se da troškovi izrade jednog senzora neće biti veći od jednog centa, te tako neće znatno utjecati na cijenu upakiranog proizvoda (Kerry i sur., 2006).

#### 2.3.2.3. Biosenzori

U posljednje vrijeme sve se više u sklopu inteligentnog pakiranja koriste biosenzori. Biosenzor se definira kao analitički uređaj koji detektira, zapisuje i daje informacije o biološkim reakcijama. Ovakav uređaj se sastoji od bioreceptora, koji je specifičan za svaki analit koji se detektira, i pretvornika, koji biološke signale pretvara u mjerljive električne signale. Biosenzori su organske tvari: enzimi, antigeni, hormoni, nukleinske kiseline, te mikroorganizmi. Pretvornik može biti elektrokemijski, optički, kalorimetrijski itd.

Inteligentna ambalaža s biosenzorima se još uvijek dorađuje, ali analize raznih sustava za detekciju patogena i održavanje sigurnosti namirnice pokazale su kako će se upotreba biosenzora u prehrambenoj industriji vrlo brzo proširiti (Kerry i sur., 2006).

### 2.3.3. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID)

RFID tehnologija ne spada niti u senzore niti u indikatore, nego predstavlja zaseban oblik inteligentnog pakiranja koji se temelji na elektroničkim informacijama. Na pakiranju se nalazi „naljepnica“ (tag) koja u sebi sadrži mikročip s brojnim podacima o proizvodu, a s pomoću posebnog sustava se te informacije očitavaju (Slika 6).

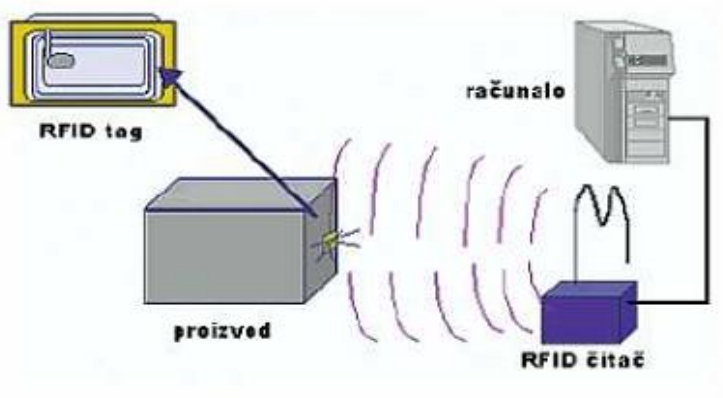


**Slika 6.** Sustav za očitavanje RFID tagova (http://www.interempresas.net)

Ovakva tehnologija koristi, zapravo, radio valove kako bi se automatski identificiralo i lociralo objekte. Sustav se koristi u lakšem praćenju proizvoda u trgovinama, skladištima.

Sustav se sastoji od (Slika 7):

- transpondera (RFID „naljepnica“), koji sadržava mikročip (na kojem je zapisan identifikacijski broj i sve ostale informacije), i antenu, a taj dio se stavlja na proizvod
- računala s čitačem koji komunicira s transponderom,
- antene koja odašilje elektromagnetski val određene frekvencije kako bi stupila u kontakt sa transponderom.




**Slika 7.** RFID sustav (Skočanić, 2006.)

Sustav radi tako da antena odašilje signal koji prima antena u transponderu na proizvodu. Tada transponder odašilje ranije spremljene podatke prema čitaču koji ih prima i prosljeđuje računalu na obradu (Skočanić, 2006.). Na taj način informacije o proizvodu koje su spremljene u mikročipu transpondera od proizvoda dospijevaju do kompjutora (čitača). Tako se može saznati neka informacija o proizvodu koja je spremljena na mikročip, npr. način pripreme proizvoda, količina tog proizvoda na skladištu i sl.

RFID je jedna od mnogih automatskih identifikacijskih tehnologija za koju se očekuje da će doprinijeti održavanju sigurnosti namirnica tijekom proizvodnje, pakiranja i prodaje. Prednost radiofrekvencijske identifikacije u odnosu na bar kodove je u tome što tagovi (naljepnice) mogu biti ugrađeni u samo pakiranje bez negativnih posljedica na podatke. Pored toga, daju stvarne informacije o proizvodu bez izravnog kontakta. Informacije koje sadrže ovakvi sustavi mogu biti ili jednostavne (identifikacijski broj) ili vrlo složene, npr. podaci o temperaturi, relativnoj vlažnosti i prehrambenoj vrijednosti, upute za kuhanje i dr. (memorija za spremanje podataka može biti i do 1 MB).

Transponderi se dijele na:

-aktivne i

-pasivne.

Aktivni transponderi rade na baterije, odašilju signal čitaču i mogu raditi na udaljenosti od oko 50 m. Pasivni transponderi rade na manjoj udaljenosti (do 5 m), ali rade na osnovu energije koju šalje čitač čime im omogućava neograničen vijek trajanja (Kerry i sur., 2006.).

## 2.4. Zakonodavstvo

Nove tehnologije pakiranja hrane se razvijaju u skladu sa zahtjevima potrošača i trendovima industrijske proizvodnje, a cilj je produžiti rok trajnosti, očuvati svježinu, sigurnost i kvalitetu namirnice. No, promjene na tržištu (npr. globalizacija tržišta) i načinu života potrošača koji imaju sve manje vremena za kupovanje svježe hrane i za kuhanje namirnica, predstavljaju danas glavne izazove za industriju pakiranja namirnica. Sve ovo djeluje kao glavni pokretač razvoja novih i boljih ideja za produžavanje roka trajnosti i kontroliranje sigurnosti i kvalitete namirnice (Dainelli i sur., 2008.).

Kako bi se određeni proizvod pravovremeno pojavio na prodajnom mjestu treba uspješno obaviti niz poslova koji uključuju: izbor tehnologije i procesne opreme, izbor opreme za pakiranje, konstruiranje, tehničko i grafičko oblikovanje ambalaže, deklariranje i označavanje proizvoda sukladno propisima HR i Direktivama EU, kodiranje, optimizaciju pakiranja, logistiku pakiranja, odabir optimalnih ambalažnih materijala, te izradu tehničko-tehnološke dokumentacije koja uključuje tehničke nacrte, specifikacije ambalaže i izjave o sukladnosti (Dainelli i sur., 2008.).

Vrlo je bitno da ambalaža koja se koristi ne narušava sigurnost hrane. Zato kod aktivnog i inteligentnog pakiranja glavni rizik predstavlja mogućnost prelaska tvari iz ambalaže u namirnicu, te se postavljaju novi kriteriji za tu ambalažu u usporedbi s tradicionalnim pakiranjem. Dvije su glavne uredbe za aktivno i inteligentno pakiranje:

1. Uredba 1935/2004/EC za materijale i artikle koji dolaze u kontakt s hranom sadrži opće odredbe za sigurnost aktivnog i inteligentnog pakiranja i postavlja okvire za proces ocjenjivanja sigurnosti.

Prema ovoj uredbi dvije su definicije koje opisuju materijale koji ulaze u kontakt s hranom:

a) Aktivni materijali koji dolaze u kontakt s hranom su oni materijali koji nastoje produžiti trajnost i održati ili poboljšati kvalitetu upakirane namirnice. Oni sadrže inkorporirane komponente koje nastoje ispuštati u namirnicu ili ih apsorbirati iz namirnice ili iz okoline. Uz to, aktivnim materijalima je dozvoljeno unositi i promjene u sastavu i organoleptičkim karakteristikama namirnice pod uvjetom da su promjene u skladu s odredbama predviđenim prema Organizaciji za nacionalno zakonodavstvo hrane.

b) Inteligentni materijali koji dolaze u kontakt s hranom se definiraju kao materijali koji nadziru stanje upakirane hrane ili njene okoline.

2. Uredba 450/2009/EC je nova uredba kojom se, radi očuvanja sigurnosti namirnice, postavlja popis tvari koje su dozvoljene i koje smiju biti prisutne u ambalaži. Osim toga propisuje posebne zahtjeve koje aktivna i inteligenta ambalaža mora zadovoljiti da bi bila prihvaćena na tržištu. Prema ovoj uredbi, aktivne tvari mogu se stavljati u posebne i odvojene spremnike (apsorbenti kisika u posebnim vrećicama) ili mogu biti direktno inkorporirane u upakirani materijal (filmovi koji apsorbiraju kisik). No, za razliku od aktivne ambalaže, kod inteligentnog pakiranja ne bi smjelo doći do ispuštanja kemikalija u upakiranu hranu, te bi zbog toga inteligentni sustav pakiranja trebao biti izvan ambalaže ili bi trebao biti odvojen nekom barijerom (funkcionalna barijera) (Dainelli i sur., 2008.).

Generalno gledajući, ovo područje u prehrambenoj industriji se sve više razvija te se nastoje otkriti novi pristupi u industriji pakiranja hrane u svrhu ostvarivanja novih mogućnosti na tržištu. No, u usporedbi sa Japanom, SAD-om i Australijom, razvoj inteligentnog pakiranja u Europi je bilo dosta ograničen. Razlog tome je nedovoljno fleksibilno europsko zakonodavstvo koje ne može pratiti tehnološke inovacije u sektoru pakiranja hrane. Uvođenjem uredbe 1935/2004 i jedne zasebne odredbe koja se odnosi samo na aktivno i inteligentno pakiranje, doći će do promjena i u europskom zakonodavstvu. S druge strane, pored zakonodavstva, ključni faktori koji utječu na razvoj i prihvaćanje takve vrste pakiranja hrane su i sami potrošači, a smatra se da su Europljani dosta konzervativni kad su u pitanju inovacije vezane za hranu. Nadalje, da bi se ovakav proizvod probio na europsko tržište, potrebna je i vrlo dobra demonstracija njegove efikasnosti, sigurnosti i dobrobiti (Dainelli i sur., 2008.).

Dobro poznavanje zakonodavstva Republike Hrvatske, te poznavanje i praćenje promjena u zakonodavstvu EU, koje detaljno uređuje područje upotrebe određenih ambalažnih materijala, neophodan je preduvjet za stručan pristup osmišljavanju kvalitetne ambalaže. Zdravstvena ispravnost ambalaže uređena je Zakonom o hrani (NN 46/07) i Zakonom o predmetima opće uporabe (NN 85/06, 75/09 i 43/10), te Pravilnikom o zdravstvenoj

ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u neposredan dodir s hranom (NN 125/09 i 31/11). Pravilnik vrlo precizno utvrđuje granice zdravstvene ispravnosti pojedine ambalaže koja se koristi u procesu proizvodnje hrane. Ispunjavanje odredbi ovog pravilnika utvrđuje se određenim laboratorijskim ispitivanjima ambalaže odnosno ambalažnog materijala.

Segment deklariranja proizvoda uređen je Pravilnikom o općem deklariranju ili označavanju hrane (NN 114/04). Ovim se Pravilnikom propisuju opći zahtjevi i način deklariranja ili označavanja zapakirane i nezapakirane hrane, kao i određena pravila vezana uz prezentiranje i reklamiranje hrane.

Za segment deklariranja proizvoda važan je i Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu (NN 97/05 i 115/05) i Odluka o uvjetima označavanja ambalaže izdana od strane Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 155/05).

Deklaracija proizvoda je obvezna i izuzetno važna. Pomoću deklaracije proizvođači komuniciraju s potrošačima, ali i s inspekcijskim i drugim nadležnim tijelima. Svi oni trebaju dobiti potpunu informaciju o proizvodu kako bi ga mogli ispravno upotrijebiti i vrednovati.

# 3. ZAKLJUČAK

Inteligentna pakiranja razvijaju se u novije vrijeme zbog mnoštva korisnih informacija koje daju potrošačima, ali i zbog lakšeg praćenja kvalitete proizvoda. U inteligentna pakiranja ulaze pakiranja s

- indikatorima integriteta,
- indikatorima vremena i temperature,
- indikatorima mikrobiološkog kvarenja,
- senzorima plinova, posebno senzorima kisika,
- biosenzorima.

Sve veći zahtjevi potrošača za sigurnijom i kvalitetnijom hranom razlog su neprestanog razvoja i usavršavanja tehnologije inteligentnog pakiranja. Ovakva ambalaža se do danas pokazala vrlo učinkovitom kod pakiranja mesnih proizvoda dajući rješenja za određene probleme s kojima se suočavaju proizvođači i potrošači.

Kako bi se uspostavila ravnoteža između ideje i realizacije sustava inteligentnog pakiranja potrebna su još uvijek brojna istraživanja i usavršavanja. To uključuje daljnju obradu interakcija između hrane i mikroorganizama i njihovih metabolita u uvjetima skladištenja, bolje razumijevanje veze između naznaka kvarenja i senzorske kvalitete, učinkovitu ugradnju senzora i indikatora u pakiranja, poznavanje ponašanja uređaja za inteligentno pakiranje u svakom trenutku tijekom skladištenja i distribucije, te poznavanje problema koji se odnose na osjetljivost i pouzdanost.

# 4. LITERATURA


1. Dainelli D, Gontard N, Spyropoulos D, Zondervan-van den Beuken E, Tobback P: Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology* 19:103-112, Elsevier, 2008.
2. Han J: *Innovations in Food Packaging*. Elsevier Science and Technology Books, 2005.
3. Kerry JP, O'Grady MN, Hogan SA: *Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review.* Meat science, 74, 113-130, 2006.
4. Skočanić I: Electronic tagging. Seminarski rad. Zagreb, 2006.

- http://www.interempresas.net/Packaging/Articles/47806-Intelligent-packaging-with-built-in-freshness-detector.html (28.9.2012.)
- http://innovationfab.com/packaging.aspx (28.9.2012.)
- http://des.averydennison.com/en/home/products/functionalpackaging/valvesvents/flexissensor.html (28.9.2012.)
- http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2011/November/11111102.asp (28.9.2012.)
- http://www.interempresas.net/FoodProduction/Articles/30555-Smart-packaging-packaging-reporting.html (28.9.2012.)
- http://www.nn.hr/Default.aspx (28.9.2012.)