

# PAMETNA AMBALAŽA

## SMART PACKAGING

Mateja Jakupić<sup>1</sup>, Matea Poljan<sup>1</sup>, Krunoslav Hajdek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska, Studentica

<sup>2</sup>Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, Hrvatska

### Sažetak

Cilj ovog rad je objasniti i upoznati metode pametnog pakiranja namirnica. U radu se navodi i objašnjava pojam aktivnog i pametnog pakiranja. Također u ovom radu opisane su neke glavne vrste inteligentnih pakiranja kao što su pakiranje s indikatorima integriteta, svježine te temperature i vremena skladištenja. Opisani su i senzori plinova, posebice senzori kisika te bio senzori i radio frekvencijska identifikacija. Kod aktivnog pakiranja spomenuti su sistemi smanjenja koncentracije kisika, CO<sub>2</sub> i vlage te antimikrobna pakiranja. 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 i aktivna pakiranja.

**Ključne riječi:** *aktivno pakiranje, ambalaža, inteligentno pakiranje, indikatori, senzori*

### Abstract

The goal of this paper is to explain and know the methods of smart packaging. The paper describes and explains the concept of active and smart packaging. Also in this paper are some of the main types of intelligent packaging such as packaging with integrity indicators, freshness, temperature and storage time. Also there is a description of gas sensors, particular oxygen sensors, biosensors and radio frequency identification. Active packagings include systems for reducing oxygen, CO<sub>2</sub> and moisture levels and antimicrobial packagings.

Contemporary consumers require high-quality foods that retain sensory properties and are health-safe. Packaging is very important for quality assurance and therefore new packaging materials and packaging are found to meet the increasingly rigorous demands of customers. One of the newer packaging methods is packaging in intelligent and active packages.

**Keywords:** *active packaging, packaging, smart packaging, indicators, sensors*

### 1. Uvod

#### 1. Introduction

Razvoj ambalaže i tehnologije pakiranja, osim velike raznolikosti oblika i kombinacija materijala koje se koriste prilikom proizvodnje ambalaže, ide prema primjeni nanočestica u proizvodnji ambalaže. Također pakiranje hrane usmjereno je na poboljšanje kvalitete i sigurnosti. Bakterije, plijesni i gljivice organizmi su koji se razvijaju u hrani, a štetni su za zdravlje krajnjeg korisnika. Pametna ili inteligentna ambalaža sadrži vanjske ili unutarnje pokazatelje kojima se određuje kvaliteta proizvoda. Tipični primjer inteligentne ambalaže sadrži pokazatelje vremena i temperature, a učvršćuje se na površinu ambalaže [1]. Pametna ambalaža je ona ambalaža koja osim temeljne zaštite proizvoda obavlja i druge zadaće. Pametni sistemi pakiranja se koriste najčešće kod prehrambenih, farmaceutskih i sličnih vrsta proizvoda da bi olakšali korištenje proizvoda, očuvali njegovu kvalitetu i prenosili dodatne informacije o trenutnom statusu proizvoda. Postoje dvije temeljne podvrste pametne ambalaže; aktivna i inteligentna [2].

Aktivna i inteligentna ambalaža novi su oblici pakiranja kojima je cilj poboljšanje kvalitete upakiranih proizvoda. Aktivna ambalaža bazira se na upotrebi aktivnih komponenata koje mogu kontrolirati koncentraciju kisika, ugljikova dioksida, vlage, upijati strane mirise, ali i djelovati antimikrobno. Takva ambalaža "osjeti" promjene u okolini te samostalno utječe na njih. Inteligentna ambalaža s internim ili eksternim indikatorima na svojoj površini može osjetiti promjene unutar pakiranja te informirati potrošača o tim promjenama, ali ne smije mijenjati osobine ambalaže [3]. Jedan od klasičnih primjera pametne ambalaže su pakiranja koja sadrže pokazatelje temperature i vremena, a u većini slučajeva se apliciraju na vanjsku površinu ambalaže. Uz to postoji i način upotrebe pokazatelja prisutnosti kisika i ugljikovog dioksida u ambalaži. Pametna ambalaža je širok pojam koji pokriva niz funkcionalnosti, ovisno o proizvodu koji se pakira, uključujući hranu, piće, farmaceutske proizvode, proizvode za kućanstvo itd. [4].

## 2. Aktivna ambalaža

### 2. Active packaging

Izraz aktivnog pakiranja prvi put je primijenjen 1987. godine. To je pakiranje koje ima i dodatne funkcije osim funkcije omogućavanja barijere prema vanjskim utjecajima.

Aktivna ambalaža je podvrsta pametne ambalaže koja svojim sastavom aktivno djeluje na namirnice koje su zapakirane. Aktivni ambalažni sistemi zamišljeni su tako da otpuštaju aktivne tvari u proizvod ili apsorbiraju štetne tvari iz proizvoda s ciljem da poboljšavaju uvjete mikroklima u kojima se proizvod nalazi. Na taj način aktivna ambalaža osigurava da će proizvod biti u njemu u najboljem mogućem stanju kada krajnji korisnik stupi u kontakt s njim. Materijali koji se koriste ne smiju prekrivati proces kvarenja hrane, već ga spriječiti u nastajanju. Cilj takve ambalaže je da produkuje rok trajnosti, održavanja ili poboljšavanja uvjeta pakiranja [1,5].

Neki od sistema su:

- Sistemi kontrole/smanjena koncentracije kisika
- Sistemi kontrole/smanjenja koncentracije CO<sub>2</sub>
- Sistemi kontrole/smanjenja koncentracije vlage
- **Sistemi kontrole/smanjena koncentracije kisika**

Povećana koncentracija kisika unutar pakiranja dovodi do oksidacije pa time i kvarenja namirnice, stoga su razvijeni načini da se smanji koncentracija kisika. Jedan od temeljnih načina je da se koristi sakupljač (apsorber) kisika na bazi željeznog praha. Željezni prah se koristi na način da se stavi u propusne paketiće koji se implementiraju unutar ambalaže pa kako željezo hrđa tj. oksidira, na taj način veže na sebe kisik i smanjuje njegovu koncentraciju unutar samog pakiranja. Postoje i razni moderni postupci koji se temelje na ugradnji aktivnih barijera u ambalažni materijal. Te ugrađene barijere bi prema potrebi propuštale više ili manje kisika ovisno o kakvoj se namirnici radi [2].



Slika 1 Željezni prah - "hvatač" kisika

Figure 1 Iron powder - an oxygen "catcher"

- **Sistemi kontrole/smanjenja koncentracije ugljičnog dioksida**

Problemi sa koncentracijom ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) su posebno izraženi kod namirnica kao što su mljevena kava i razni sirevi. Kod povećane koncentracije ugljičnog dioksida dolazi do promjene kemijskog sastava, a samim time dolazi i do promjene organoleptičkih svojstava tih namirnica. Kako bi se smanjila koncentracija CO<sub>2</sub> većinom se koriste jednosmjerni ventili koji su ugrađeni u ambalažu koji dopuštaju izlaz plinova ali ne dopuštaju ulazak [1,2].



*Slika 2 Prikaz pakiranja s ventilom koji sprječava ulaz kisika, a omogućuje izlaz CO<sub>2</sub>*

*Figure 2 Displays of a valve pack that prevents oxygen from entering and allows CO<sub>2</sub> to escape*

- **Sistemi kontrole/smanjenja koncentracije vlage**

Povećana koncentracija vlage u samom pakiranju može dovesti do stvaranja različitih mikroorganizama te time i do smanjenja roka trajnosti namirnice. Kako bi se to izbjeglo koriste se različiti desikanti (sredstva za isušivanje) koja na sebe vežu čestice vode [2]. Ona se koriste tako da se stavljaju u prozirne paketiće ili se ugrade u sam materijal ambalaže. Osim kod pakiranja prehrambenih proizvoda desikanti se koriste i kod pakiranja farmaceutskih proizvoda te za pakiranje osjetljivih elektroničkih dijelova. Osim desikanata koriste se i plastične presvlake protiv zamagljivanja koji dozvoljavaju neki stupanj transpiracije proizvoda pa se dio vlage na taj način izbacuje van [2].



*Slika 3 Vrećica sa apsorberima vlage –silikagel*

*Figure 3 Moisture absorbing bag -silikagel*

### 3. Antimikrobna pakiranja

#### 3. Antimicrobial packaging

Antimikrobno pakiranje je napravljeno tako da može uništiti i inhibirati rast mikroorganizama i time produžiti rok trajnosti proizvoda i povećati mu sigurnost. Za antimikrobno pakiranje se koriste razne aktivne tvari koje djeluju kao baktericidi koji mogu biti raspršeni u plinu ili ugrađeni u ambalažni materijal [6].

U antimikrobnim sistemima koriste se: antimikrobni materijali kao što su razne prevlake, podlošci ili premazi. Prevlake se nalaze na unutrašnjoj strani ambalažnog materijala, dok se antimikrobni premazi nanose na samu namirnicu. Antimikrobni agensi koji se raspršuju unutar pakiranja, najčešće su to kemijski reagensi kao što su etanol, srebro, bakar ili prirodni reagensi kao što su razni enzimi, probiotici i baktericidi. Plinovi s antimikrobnim djelovanjem koji se koriste su najčešće pare etanola, dušik i slični inertni plinovi [6].

### 4. Inteligentna ambalaža

#### 4. Intelligent packaging

Intelligentno pakiranje je sustav pakiranja koji može „osjetiti“ promjene koje utječu na proizvod te informirati proizvođača, trgovca ili potrošača o tim promjenama.

Inteligentno pakiranje može nadzirati prehrambeni proizvod i prenijeti informaciju o njegovoj kvaliteti tijekom transporta i za vrijeme skladištenja. Ambalažni materijali ovakvog pakiranja dolaze u dodir s hranom na stanje upakirane hrane te daje informacije o proizvodu [7].

Prednost ovakvog načina 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 dodatnih informacija o kvaliteti proizvoda putem indikatora [7].

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<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, 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 [7].

#### 4.1. Primjena pametnog pakiranja

##### 4.1. *Application of smart packaging*

Pojam inteligentnog pakiranja najčešće podrazumijeva upotrebu

- senzora
- 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.

Ambalaža koja na sebi ili u sebi ima indikatore koji na vrlo jednostavan način ukazuju na razne promjene unutar pakiranja.

Indikatori se dijele na:

- Eksterni indikatori koji se nalaze na vanjskom djelu pakiranja. U tom obliku dolaze indikatori vremena, koji ukazuju na istek roka trajanja namirnice i indikatori promjene temperature. Kao indikator topline koristi se tinta osjetljiva na toplinu koja mijenja boju ovisno o tome kolika je temperatura proizvoda. To se može primjenjivati na bocama pića da bi se korisniku ukazalo kolika je optimalna temperatura za konzumiranje [1].
- Interni indikatori se nalaze unutar, najčešće prozirnog, pakiranja i korisniku daju informaciju o promjenama unutar ambalaže. Jedan od internih indikatora je indikator koncentracije štetnih plinova. On mijenja boju kako količina plina u ambalaži raste i time pokazuje da se namirnica možda počela kvariti te tako korisniku garantira sigurnost i svježinu namirnice dok trgovce sprečava da prodaju staru robu kao novu. Osim indikatora plinova postoje i indikatori mikroorganizama [1,7].

## 4.2. Pokazatelji integriteta

### 4.2. Integrity indicators

Kako bi se izbjegle metode ispitivanja kvalitete namirnica 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 ispitaio 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 [1]. 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 (0%-2%). 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.

Vizualni indikator ugljikovog dioksida sastoji se od kalcijeveg hidroksida koji apsorbira CO<sub>2</sub> i od indikatorskog redoks bojila ugrađenog u polipropilensku smolu te se može primijeniti za određena pakiranja mesnih proizvoda [1].

## 4.3. Pokazatelji svježine

### 4.3. Freshness indicators

Pokazatelji svježine daju direktnu informaciju o svježini i kvaliteti proizvoda, detektirajući mikrobiološki rast i kemijske promjene unutar namirnice.

Mikrobiološka kvaliteta se može odrediti na osnovu reakcije između indikatora koji se nalazi unutar pakiranja i metabolita koji nastaju kao rezultat mikrobiološkog djelovanja. Neki indikatori mogu detektirati određene spojeve koji nastaju kao rezultat kemijskih promjena u namirnicama [8].

Postoje brojni metaboliti koji bi mogli poslužiti kao markeri u razvoju indikatora svježine proizvoda. Neki od primjera su sljedeći: - 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 pileline 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 [8,9].



Slika 4 Pokazatelji svježine

Figure 4 Freshness indicator

## 4.4. Pokazatelji vremena i temperature

### 4.4. Time and temperature indicators

Pokazatelj ili indikator vremena i temperature (TTI – time-temperature indicator). Pomoću ovakvih indikatora može se dobiti uvid u povijest promjena temperature kojima je bio izložen proizvod za vrijeme skladištenja i distribucije.

Rad ovakvih indikatora temelji se na:

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

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 s cjelokupnom povijesti promjena temperatura kontinuirano daju informacije o temperaturi proizvoda, te se na njih fokusira većina istraživanja [1,2].

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 [2].

Neki od uvjeta koje moraju zadovoljavati ovakvi indikatori su:

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

#### 4.5. Senzori

##### 4.5. *Sensors*

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 [7].

#### 4.5.1. Senzori plinova

##### 4.5.1. *Gas sensors*

Senzor plinova 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

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 [1,10].

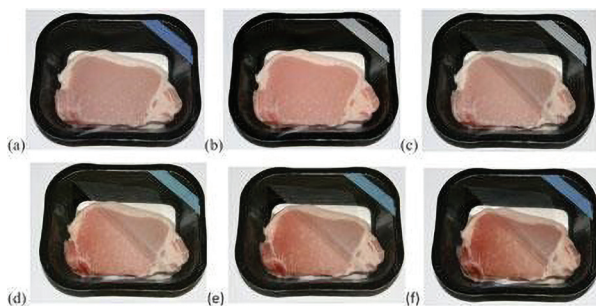
#### 4.5.2. Senzori za kisik

##### 4.5.2. *Oxygen sensors*

Senzori kisika 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. 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.

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 foto stabilnošću. Takva svojstva omogućavaju senzoru da bude kompatibilan s jednostavnim i jeftinim mjernim uređajima (LED diode, foto diode i dr.) [10].



Slika 5 Pakiranja sa senzorima kisika

Figure 5 Oxygen sensor packaging

#### 4.6. Biosenzori

##### 4.6. Biosensors

U posljednje vrijeme sve se više u sklopu inteligentnog pakiranja koriste bio senzori. 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 [11].

#### 4.7. RFID – Radio Frekvencijska Identifikacija

##### 4.7. *RFID – Radio Frequency Identification*

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 [12].

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

Sustav se sastoji od: 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 [12].

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. Na taj način informacije o proizvodu koje su spremljene u mikročipu transpondera od proizvoda dopijevaju do 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 namirnice 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) [13].

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 [12,13].



Slika 6 Sustav za očitavanje RFID tagova

Figure 6 RFID tag reading system

## 5. Pakiranje u kontroliranoj i modificiranoj atmosferi

### 5. *Packaging in a controlled and modified atmosphere*

Pakiranje u kontroliranoj atmosferi (CA) provodi se od 1920. godine. Komercijalna primjena kontrolirane atmosfere odnosi se uglavnom na neke tipove proizvoda kao što su jabuke, kruške i drugo voće i povrće. U kontroliranoj i modificiranoj atmosferi zajednička je smanjena koncentracija kisika i povećana koncentracija ugljikova dioksida.

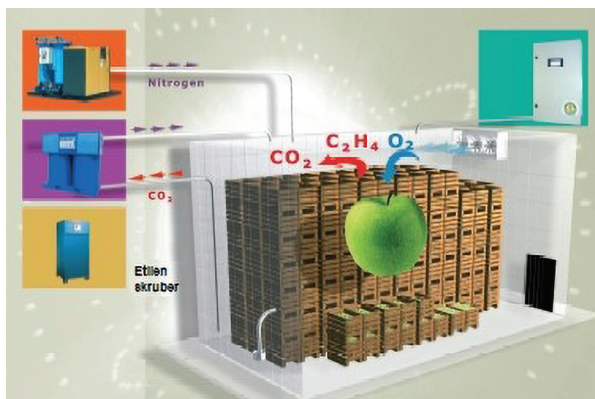
U nekim slučajevima je moguća i prisutnost drugih plinova [1].

Modificirana atmosfera (MA) se razlikuje od kontrolirane atmosfere u preciznosti kontroliranja parcijalnog tlaka plina. Odnosno, kod kontrolirane atmosfere se provodi precizno podešavanje koncentracije primijenjenih plinova, dok se kod modificirane atmosfere uspostavlja odgovarajuća atmosfera, ovisno o brzini respiracije proizvoda i propusnosti polimernog materijala (pasivna modifikacija atmosfere), pri čemu se CA uglavnom koristi za dugotrajnije skladištenje proizvoda (primjerice nekoliko mjeseci za proizvode poput jabuka, krušaka, kivija), dok se MA primjenjuje tijekom transporta, u marketinškom lancu ili za kratkotrajno skladištenje hrane [1].

Aktivna modifikacija atmosfere ostvaruje se vakumiranjem ambalažne jedinice i zamjenom atmosfere unutar ambalaže željenom kombinacijom plinova ili dodatkom tvari koje vežu kisik, ugljikov dioksid, etilen ili vodenu paru. Adsorbensi etilena pomažu odgađanju faze „starenja“ kod nekih vrsta voća, dok adsorbensi ugljikova dioksida sprečavaju povećanje koncentracije ugljikovog dioksida iznad dopuštene. Takvim pakiranjem postiže se redukcija procesa respiracije, produžava se vrijeme sazrijevanja proizvoda, smanjuje se brzina nastajanja etilena, usporavaju se promjene vezane uz dozrijevanje, posljedica čega je produžena trajnost kvalitete proizvoda [14].

Plinovi koji se koriste za uspostavu modificirane atmosfere moraju biti fungicidni, nezapaljivi, netoksični i bez utjecaja na senzorska svojstva proizvoda. Moraju se lako raspršiti, moraju biti pristupačni i jeftini. Također je važan i pravilan odabir ambalaže. Ambalaža mora biti nepropusna za plin i vodenu paru kako bi se unutar nje mogla zadržati modificirana atmosfera kroz duži vremenski period. Također mora biti otporna na bušenje, kidanje, istežanje uslijed težine. Uspješnost te metode najviše ovisi o početnom stupnju kontaminacije. Ako pretpostavimo nisku početnu kontaminaciju i nepropusnost ambalaže, uspjeh pakiranja ovisi o udjelu kisika. Količina zaostalog kisika mora biti manja od 2%. Ukoliko se udio kisika smanji na 1%, postižu se zadovoljavajući rezultati skladištenja [1,14].





*Slika 7 Skladištenje jabuka u kontroliranoj atmosferi*

*Figure 7 Storing apple in a controlled atmosphere*



*Slika 8 Pakiranje mesa u modificiranoj atmosferi*

*Figure 8 Meat packing in a modified atmosphere*

## 6. Pametna ambalaža budućnosti

### 6. Smart packaging of the future

Do danas ne postoje metode kojima se može utvrditi je li pametna ambalaža primjenjiva kada je u direktnom dodiru sa hranom. Veliki problem je što pametna ambalaža zahtjeva da hrana bude u direktnom kontaktu sa sensorima, što znači da bi supstance iz senzora mogle prijeći na hranu. Kako bi taj postupak bio dozvoljen i pravilno reguliran, mora se odrediti da li te supstance prelaze površno ili dubinski u hranu, kolika je količina tih supstanci te kako one utječu na zdravlje. Zatim, troškovi pametne ambalaže ograničavaju je na komercijalnu upotrebu. Većina pametne ambalaže povećava troškove same ambalaže te bi inovacije u ambalaži morale imati konačni ishod kao koristan, koji bi nadomjestio dodatne troškove uvođenja tehnologije. Sistemi moraju biti efektivni i pouzdani, što zahtjeva garanciju da je informacija koja se prenosi, istinita.

Konzumenti ne bi trebali biti razočarani novim tehnologijama u usporedbi sa starim načinima pakiranja. Također je važno da su proizvođač hrane, trgovac te konzument u toku sa pametnom ambalažom, u najširem smislu. Svaki korak hranidbenog lanca pametne ambalaže mora osiguravati sigurnost novog sistema. Unatoč svemu, brojni razvitci takvog sistema su još na putu. Stavovi prema pametnoj ambalaži su pozitivni te postoji puno potencijala za nadolazeće inovacije [2].

## 7. Zaključak

### 7. Conclusion

Aktivna i inteligentna ili pametna pakiranja razvijaju se u novije vrijeme zbog mnoštva korisnih informacija koja daju potrošačima, ali i zbog lakšeg praćenja kvalitete samog proizvoda. Sve veći zahtjevi potrošača za sigurnom i kvalitetnom hranom razlog su neprestanog razvoja i usavršavanja tehnologije pakiranja. Ovakva ambalaža se do danas pokazala vrlo učinkovitom kod pakiranja mesnih proizvoda dajući rješenja za određene probleme.

Zahvaljujući napretku u području pakiranja, došlo je do ekspanzije u proizvodnji novih ambalažnih materijala, prehrambenih proizvoda i modernog načina prodaje namirnica. Uvidjelo se da uspjeh na tržištu u velikoj mjeri ovisi o vrsti ambalaže, dizajnu, njoj kvaliteti, posebice u ispunjenju temeljnog zahtjeva ambalaže za hranu, a to je da očuva izvornu svježinu i kvalitetu hrane s naglaskom na zdravstvenu ispravnost (sigurnost hrane), odnosno da je čuva od različitih kemijskih, mehaničkih i mikrobioloških utjecaja u cilju povećanja roka valjanosti (trajnosti) upakiranog sadržaja.

Kako bi se uspostavila idealna ravnoteža između ideje i realizacije sustava pakiranja potrebna su još uvijek brojna istraživanja i usavršavanje tehnologije pakiranja hrane.

## 8. REFERENCE

### 8. REFERENCES

- [1.] Rujnić-Sokele, M., Vujković I., Galić K., Vereš M., Ambalaža za pakiranje namirnica. Polimeri, 28, 2(2007),152-152. ISBN 978-953-97026-9-2

- [2.] Marinić D., Peček K., Pioker T., Pametna ambalaža, dostupno na: <http://app.eva-sms.com/claroline/claroline/backends/download.php> [Pristupljeno 02.1.2019.]
- [3.] Jakobek L., Aktivna i inteligentna ambalaža, *Ambalaža*, 4, (2014), 46-47, ISSN 1847-7577
- [4.] Butler P., Smart Packaging - Intelligent Packaging for Food, Beverages, Pharmaceuticals and Household Products, *Materials World*, 9, 3(2001),11-13. ISSN 0967-8638
- [5.] Huff K., Active and Intelligent Packaging: Innovations for the Future, <https://www.iopp.org/files/public/VirginiaTechKarleighHuff.pdf> [Pristupljeno 15.1.2019.]
- [6.] Jakobek L., Aktivno i inteligentno pakiranje hrane, Dostupno na: <http://www.ptfos.unios.hr/pdf/dkt/AKTIVNO%20I%20INTELIGENTNO%20PAKIRANJE.pdf> [Pristupljeno 15.1.2019.]
- [7.] Dikić, A. Upotreba inteligentnog pakiranja u pakiranju namirnica, završni rad, prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, Dostupno na: <https://dr.nsk.hr/islandora/object/ptfos%3A40/datastream/PDF/view/> [Pristupljeno 7.1.2019.]
- [8.] Gimenez S., Pamenta ambalaža, ambalaža koja komunicira, Dostupno na <http://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/30555-Envases-inteligentes-envases-que-comunican.html> [Pristupljeno 17.1.2019.]
- [9.] Pametna pakiranja, Dostupno na <http://www.interempresas.net/Envase/Articulos/47806-Envases-inteligentes-con-un-detector-de-frescor-incorporado.html> C
- [10.] Eley E., Inteligentno pakiranje za otkrivanje pokvarene hrane, Dostupno na <https://www.chemistryworld.com/news/intelligent-packaging-to-detect-spoiled-food/3002176.article> [Pristupljeno 17.1.2019.]
- [11.] Popović M., Senzori tečnosti i gasova, Srpsko Sarajevo, 2003. <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/senzori-tecnosti-i-gasova-dr-mladen-popovic.pdf> [Pristupljeno 17.1.2019.]
- [12.] Babić, D., Lajić, B., Jurečić, D., Primjena RFID mikročipa pri rukovanju ambalažom, *Tiskarstvo i dizajn* 2008. <http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo08/> [Pristupljeno 17.1.2019.]
- [13.] Žubrinić K., Korištenje sustava za radiofrekvencijsku identifikaciju u poslovanju, *Laus novosti* 16., prosinac 2004. [https://bib.irb.hr/datoteka/578624.KZubrnic-Koristenje\\_RFID\\_sustava.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/578624.KZubrnic-Koristenje_RFID_sustava.pdf) [Pristupljeno 17.1.2019.]
- [14.] Lovrić T., Tripalo B., Hribar J., Pozderović A., *Procesi u prehrambenoj industriji sa osnovama prehrambenog inženjerstva*, Zagreb, 2003.

## AUTORI · AUTHORS

**Mateja Jakupić** - studentica Sveučilišta Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, druga godina diplomskog sveučilišnog studija Ambalaža.

**Matea Poljan** - studentica Sveučilišta Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, druga godina diplomskog sveučilišnog studija Ambalaža.

### Krunoslav Hajdek

Zaposlen je na radnom mjestu docenta na Sveučilištu Sjever, gdje trenutno obnaša dužnost pročelnika Odjela za Ambalažu. Aktivni je sudionik na znanstvenim i stručnim skupovima. Objavio je desetak znanstvenih i stručnih radova. U svojim radovima obrađuje teme koje se odnose na grafičke i multimedijske tehnologije s jedne strane te reprodukciju i percepciju vizualnih informacija unutar komunikacijskih sustava s druge strane. Područje njegova interesa vezano je uz istraživanje reprodukcije informacije o boji u suvremenim sustavima multimedijskih i grafičkih tehnologija, uz upravljanje kvalitetom u procesima grafičke reprodukcije.

### Korespondencija

khajdek@unin.hr