

# Inteligentna ambalaža za pakiranje mesa

Lidija Jakobek<sup>1</sup>

## Sažetak

Inteligentna ambalaža je novija vrsta ambalaže koja se razvija s razvojem informacijskih tehnologija. To je ambalaža koja se zasniva na sensorima, indikatorima ili nositeljima podataka koji se stavljaju na tradicionalnu ambalažu, a daju informaciju o proizvodu. Inteligentna ambalaža može se upotrebljavati i kao ambalaža za meso. Istraživanjima se razvijaju indikatori i senzori koji reagiraju na promjenu svježine mesa, promjenu koncentracije plinova (O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>) unutar ambalaže ili indikatori vremena i temperature. Iako inteligentna ambalaža nije raširena, ima veliki potencijal za razvoj i upotrebu.

**Ključne riječi:** senzori; indikatori; nositelji podataka

## Inteligentna ambalaža

Ambalaža ima višestruke funkcije. Zaštitna funkcija ambalaže je osnovna funkcija. Naime, ambalaža štiti proizvod od svih vanjskih utjecaja te održava kvalitetu zapakiranog proizvoda. Osim zaštitne funkcije, ambalaža ima funkciju prodaje proizvoda, lakše uporabe te komunikacije s potrošačima. Ove funkcije u današnje vrijeme imaju važnost istu kao i zaštitna funkcija (Robertson, 1993.; Vujković i sur., 2007.). Nove vrste ambalaže poboljšavaju funkcije ambalaže. Primjer toga je inteligentna ambalaža koja može poboljšati ne samo zaštitnu funkciju, nego uporabnu i osobito komunikacijsku funkciju ambalaže.

Inteligentna ambalaža je ambalaža koja potrošačima daje informaciju o proizvodu. Ona prati stanje zapakirane hrane i okoline koja okružuje hranu pa može osjetiti promjene koje se dešavaju u hrani ili okolini (Ghaani i sur., 2016.). Pri tome potrošačima može dati informaciju o stanju proizvoda, vijeku trajanja, što može pridonijeti sigurnosti ili

kvaliteti hrane. Prema tome, može se reći da inteligentna ambalaža može „komunicirati“ s potrošačima i svima uključenima u distribuciju i prodaju hrane, dati im informaciju o proizvodu i upozoriti ih o mogućim problemima (Fang i sur., 2017.). Inteligentna ambalaža omogućuje i olakšanu distribuciju proizvoda. Sve ovo govori o važnosti inteligentne ambalaže. Iako trenutno ova vrsta ambalaže nije komercijalno raširena u većoj mjeri, ona ima veliki potencijal za daljnje razvijanje te se intenzivno istražuje.

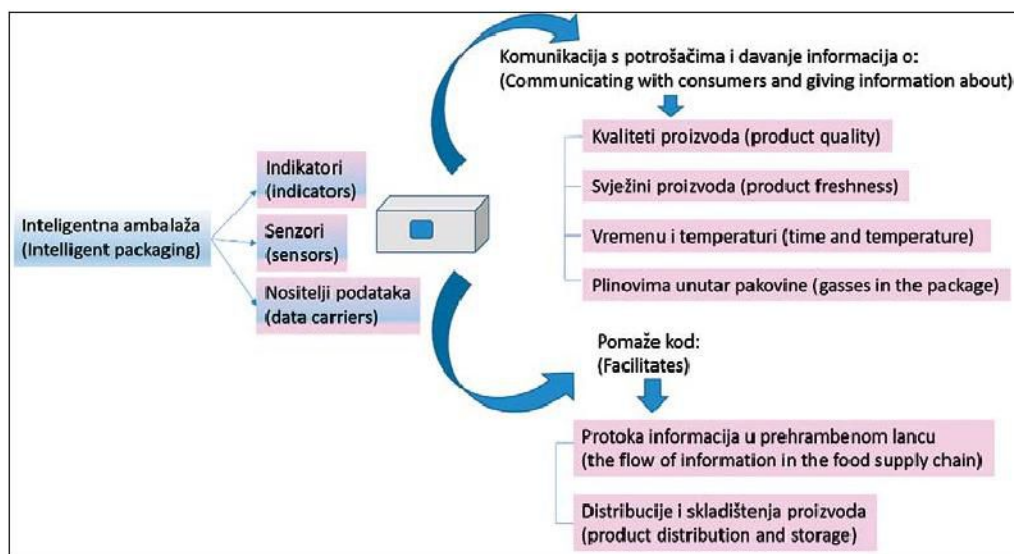
Inteligentna ambalaža nastaje tako da se na tradicionalnu ambalažu stavljaju komponente koje ovoj ambalaži daju „pametnu“ ili „inteligentnu“ funkciju. To su indikatori, senzori ili nositelji podataka (Slika 1). Indikatori obično čine ambalažu više prilagodljivom za upotrebu ili daju informaciju o kvaliteti i svježini proizvoda (Ghaani i sur., 2016.). Ovakvi indikatori su indikatori vremena i temperature skladištenja, indikatori svježine proizvoda, indikatori

<sup>1</sup> Dr. sc. Lidija Jakobek Barron, izvanredni profesor, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Tehnološki fakultet, Franje Kuhača 18, Osijek

\*Autor za korespondenciju: lidija.jakobek@ptfos.hr

plinova (Ghaani i sur., 2016.). Oni mogu ukazati na temperaturu ili vrijeme na kojima je neki proizvod bio uskladišten ili na promjenu svježine hrane. Ove informacije mogu biti važne potrošačima pri kupovini proizvoda, ali i djelatnicima u lancima distribucije prehrambenih proizvoda. Indikatori plinova osobito su važni za hranu koja je pakirana u modificiranoj ili kontroliranoj atmosferi. Senzori mogu biti biosenzori ili senzori plinova. Nositelji podata-

ka pomažu u protoku informacija u prehrambenom lancu te su korisni za praćenje, distribuciju i skladištenje proizvoda. To mogu biti razni barkodovi ili radio-frekvencijski sustavi (Chowdhury i Morey, 2019.; Ghaani i sur., 2016.). Razvoj inteligentne ambalaže ovisi o razvoju informacijske tehnologije te će se s razvojem ove tehnologije vjerojatno i dalje razvijati inteligentna ambalaža (Fang i sur., 2017.).



**Slika 1.** Inteligentna ambalaža i njeno značenje  
**Figure 1.** Intelligent packaging and its significance

## Inteligentna ambalaža za meso

Istražuju se različiti sustavi inteligentne ambalaže za meso koji mogu otkriti promjenu svježine mesa (Tablica 1). Uglavnom ovi sustavi reagiraju na pojedine plinovite spojeve koji nastaju razvojem kvarenja mesa. Takav plin je i sumporovodik ( $H_2S$ ). Zhai i sur. (2019.) razvili su senzor na bazi srebrnih nanočestica na gelan gumi koji može detektirati sumporovodik, pa prema tome i promjenu svježine mesa. Naime, senzor mijenja boju od žute do bezbojne s obzirom na prisutnost  $H_2S$ . Razvijen je i bimetalni senzor za praćenje promjene svježine mesa koji se zasniva na detekciji dime-til sulfida. Izrađen je tako da je bimetalni kompleks adsorbiran na prah polivinil klorida kao stabilne potpore. Kada je ispitan na uzorcima mesa govedine, odgovor senzora na dimetil sulfid korelirao je s razvojem mikrobnog kvarenja mesa (Chow, 2019.). Prilikom promjene svježine mesa mogu se razviti i plinoviti amini. Senzori koji mogu detektirati ove plinove također su korisni kao senzori detekcije

svježine mesa. Za praćenje plinovitih amina razvijen je senzor na bazi pektina s ekstraktom crvenog kupusa kao indikatorom koji je osjetljiv na plinovite amine te mijenja boju s obzirom na njihovu prisutnost. Ispitan je na uzorcima mesa i reagirao je promjenom boje na promjenu svježine mesa. Pošto je napravljen od prirodnih materijala, on je i jestiv (Dudnyk i sur., 2018.). Tehnologija danas ide i dalje te je razvijen senzor koji detektira promjenu svježine mesa, a upotrebljava se uz pametni telefon. Senzor je integriran unutar ambalažnog materijala, a prati razinu  $CO_2$  koja je povezana s promjenom svježine mesa i porastom bakterijske populacije. Detekcija promjene svježine se postiže slikanjem ambalaže pomoću pametnog telefona koji analizira promjenu boje. Ovaj senzor ispitan je na mesu svinjetine (Perez de Vargas-Sansalvador i sur., 2020.).

Indikatori svježine mesa mogu biti razvijeni i na bazi pH indikatora (Tablica 1) – bromokrezol purpurno, bromotimol plavo te mješavine bromoti-

mol plavo i metil crveno (Chen i sur., 2019.). Ovi indikatori mijenjaju boju s obzirom na promjenu pH sredine. Do promjene pH sredine unutar praznog prostora pakovine može doći zbog nastajanja nekih plinovitih spojeva koji su rezultat razvitka mikrobnog kvarenja mesa. Od tri spomenuta pH indikatora, mješavina bromotimol plavo i metil crveno pokazala se kao najefikasnija te je promjenom boje ukazala na promjenu svježinu mesa (svježe meso – crvena boja indikatora, srednje svježe meso – zlatna, promjena svježine mesa – zelena boja). Ovaj indikator ispitan je na mesu svinjetine pakiranom na podlošku od polietilen tereftalata s indikatorom na ambalaži (Chen i sur., 2019.). Indikator na bazi pH boja za praćenje svježine mesa razvili su i Kuswandi i Nurfawaidi (2017.). Oni su za indikator svježine upotrijebili metil crveno i bromokrezol purpurno. Metil crveno mijenja boju od crvene do žute, dok bromokrezol purpurno mijenja boju od žute do purpurne. Boja indikatora se mijenja s obzirom na promjenu svježine mesa govedine te je zaključeno da se ovaj indikator može koristiti kao indikator svježine mesa. pH indikatori mogu se staviti i u višeslojnu plastičnu ambalažu. Takva je višeslojna ambalaža koja se sastoji od unutarnjeg plastičnog sloja, srednjeg sloja u koji su imobilizirani pH indi-

katori te vanjskog plastičnog sloja. U ovakvoj inteligentnoj ambalaži, promjena boje dobro je korelirala s promjenom svježine mesa piletine, a boja se pratila slikanjem pametnim telefonom (Lee i sur., 2019.).

Mataragas i sur. (2019.) razvili su indikator vrijeme-temperatura za pakiranje mesa koji daje informacije o profilu vremena i temperature na kojem je meso bilo skladišteno.

Senzori koji su osjetljivi na pojedine plinove u praznom prostoru pakovine također mogu pokazati dobra svojstva kod ambalaže za meso. Naime, meso može biti pakirano u kontroliranoj atmosferi, a senzori mogu osjetiti promjene u sastavu plinova u atmosferi unutar pakovine. Za pakiranje mesa ispitan su senzori koji su osjetljivi na koncentraciju kisika (Tablica 1). Senzor na bazi polistiren-divinilbenzena impregniranog s Pt-benzoporfirin bojom i dispergirani u polimernim materijalima osjetljiv je na koncentraciju kisika. Senzor je testiran na pakiranju mesa i sira u modificiranoj atmosferi gdje je pokazao dobro djelovanje. Pokazao je stabilne karakteristike, a zaštićen je i od kontakta s hranom. Osim toga, kompatibilan je s procesima proizvodnje koji se danas upotrebljavaju u industriji proizvodnje ambalaže (Kelly i sur., 2020.).

**Tablica 1.** Inteligentna ambalaža za pakiranje mesa  
**Table 1** Intelligent packaging for meat

Komponenta na ambalaži (component on the packaging)	Aktivna komponenta u senzoru/indikatoru (active component in the sensor/indicator)	Promjene koje prati na mesu (changes registered on the meat)	Literatura (References)
Senzor/sensor	srebrne nanočestice na gelan gumi (silver nanoparticles capped on gellan gum)	svježina mesa/meat freshness	Zhai i sur., 2019.
Senzor/sensor	bimetalni kompleks adsorbiran na prah polivinil klorida (bimetallic complex adsorbed onto polyvinyl chloride powder)	svježina mesa/meat freshness	Chow, 2019.
Senzor/sensor	pirilijeva sol (pyrylium salt)	svježina mesa/meat freshness	Basavaraja i sur., 2020.
Senzor/sensor	pektin s ekstraktom crvenog kupusa (pectin with red cabbage extract)	svježina mesa/meat freshness	Dudnyk i sur., 2018.
Indikator/Indicator	mješavina bromotimol plavo i metil crveno (mixture of bromothymol blue and methyl red)	svježina mesa/meat freshness	Chen i sur., 2019.
Indikator/Indicator	metil crveno i bromokrezol purpurno (methyl red and bromo crezol purple)	svježina mesa/meat freshness	Kuswandi i Nurfawaidi, 2017.
Indikator/Indicator	8 pH boja (eight pH dyes)	svježina mesa/meat freshness	Lee i sur., 2019.
Indikator/Indicator	modificirana celulozna vlakna s bromotimol plavo indikatorom (modified cellulose fibers with bromothymol blue as an indicator)	svježina mesa/meat freshness	Cao i sur., 2019
Indikator/Indicator	mikrobni indikator (baziran na stvaranju ljubičastog pigmenta kojeg proizvodi <i>Janthinobacterium</i> sp.) (microbial indicator (based on the creation of violet pigment produced by <i>Janthinobacterium</i> sp))	vrijeme/temperatura time/temperature	Mataragas i sur., 2019.
Senzor/sensor	polistiren-divinilbenzen impregniran s Pt-benzoporfirin bojom (polystyrene divinylbenzene impregnated with Pt benzoporphyrin dye)	koncentracija kisika/oxygen concentration	Kelly i sur., 2020.

## Prihvatljivost inteligentne ambalaže od strane potrošača i prehrambene industrije

Inteligentna ambalaža još uvijek nije previše zastupljena pa niti prihvaćena od strane potrošača. Da bi upotreba inteligentne ambalaže bila raširenija, potrebno je potrošačima dati više informacija o ovoj vrsti ambalaže. Osim potrošača, niti prehrambena industrija nije u velikoj mjeri prihvatila inteligentnu ambalažu. Razlog tome je davanje informacija o proizvodima te zapravo navođenje kupaca da proizvode ne kupe, što može dovesti do velikih gubitaka. Osim toga, inteligentna ambala-

ža može dati informaciju o nepravilno provedenim koracima u distribuciji proizvoda, kao što je skladištenje na neodgovarajućoj temperaturi ili dužem vremenu, što opet dovodi do odbijanja proizvoda i ekonomskih gubitaka. No, pojam inteligentne ambalaže je toliko raširen da se svakako i kod kupaca i u prehrambenoj industriji te kod distribucije i prodaje, može pronaći inteligentna ambalaža koja je prihvaćena te pridonosi održavanju ili povećanju kvalitete hrane.

Financiranje: ovaj rad financirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ-IP-2016-06-6777.

## References

- [1] Basavaraja, D., D. Dibyendu, T. L Varsha, C.T.F. Salfeena, M.K. Panda, S.B. Somappa (2020): Rapid visual detection of amines by pyrylium salts for food spoilage taggant. *Applied Bio Materials*, 3, 772-778. <https://doi.org/10.1021/acsabm.9b00711>
- [2] Cao, L., G. Sun, C. Liu, W. Zhang, J. Li, L. Wang (2019): An intelligent film based on cassia gum containing bromothymol blue-anchored cellulose fibers for real-time detection of meat freshness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 2066-2074. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06493>
- [3] Chen, H.Z., M. Zhang, B. Bhandari, C.H. Yang (2019): Development of a novel colorimetric food package label for monitoring lean pork freshness. *LWT – Food Science and Technology*, 99, 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.048>
- [4] Chow, CF. (2019): Bimetallic-based food sensors for meat spoilage: Effects of the accepting metallic unit in Fe(II)-C-N-MA (MA=Pt(II) or Au(III)) on device selectivity and sensitivity. *Food Chemistry*, 300, 125190. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125190>
- [5] Chowdhury, E.U., A. More (2019): Intelligent packaging for poultry industry. *Journal of Applied Poultry Research*, 28, 791-800. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz098>
- [6] Dudnyk, Y., ER. Janeček, J. Vaucher-Joset, F. Stellacci (2018): Edible Sensors for Meat and Seafood Freshness. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 259, 1108-1112. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.057>
- [7] Fang, Z., Y. Zhao, R.D. Warner, S.K. Johnson (2017): Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.002>
- [8] Ghaani, M., C.A. Cozzolino, G. Castelli, S. Farris (2016): An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science and Technology*, 51, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.008>
- [9] Kelly, C., D. Yusufu, I. Okkelman, S. Banerjee, J.P. Kerry, A. Mills, D.B. Papkovsky (2020): Extruded phosphorescence based oxygen sensors for large-scale packaging applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 304, 127357. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127357>
- [10] Kuswandi, B., A. Nurfawaidi (2017): On-package dual sensors label based on pH indicators for real-time monitoring of beef freshness. *Food Control*, 82, 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.028>
- [11] Lee, K., H. Park, S. Baek, S. Han, D. Kim, S. Chung, J. Y. Yoon, J. Seo (2019): Colorimetric array freshness indicator and digital color processing for monitoring the freshness of packaged chicken breast. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100408. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100408>
- [12] Mataragas, M., V.C. Bikouli, M. Korre, A. Steriotti, P.N. Skandamis (2019): Development of a microbial Time Temperature Indicator for monitoring the shelf life of meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.003>
- [13] Perez de Vargas-Sansalvador, I.M., M.M. Erenas, A. Martínez-Olmos, F. Mirza-Montoro, D. Diamond, L.F. Capitan-Vallvey (2020): Smartphone based meat freshness detection. *Talanta*, 216, 120985. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120985>
- [14] Robertson, G.L. (2013): *Food packaging - principles and practice*. CRC press Taylor and Francis, Boca Raton, USA.
- [15] Vujković, I., K. Galić, M. Vereš. M. (2007): *Ambalaža za pakiranje namirnica*. Tectus, Zagreb, Hrvatska.
- [16] Zhai, X., Z. Li, J. Shi, X. Huang, Z. Sun, D. Zhang, X. Zou, Y. Sun, J. Zhang, M. Holmes, Y. Gong, M. Povey, S. Wang, S. (2019): A colorimetric hydrogen sulfide sensor based on gellan gum-silver nanoparticles bionanocomposite for monitoring of meat spoilage in intelligent packaging. *Food Chemistry*, 290, 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.138>

## Smart meat packaging

### Abstract

Smart packaging is a newer type of packaging, evolving with the development of information technology. Such packaging uses sensors, indicators and data carriers placed on traditional packaging to provide information about the product. Smart packaging can also be used as meat packaging. Researchers are developing indicators and sensors that respond to changes in meat freshness and concentration of gases ( $O_2$  and  $CO_2$ ) inside the packaging, as well as record time and temperature. Although smart packaging is not widespread, it has shown great potential for future development and use.

**Key words:** sensors; indicators; data carriers

## Intelligente Fleischverpackung

### Zusammenfassung

Intelligente Verpackungen sind neuere Verpackungsarten, die sich mit der Entwicklung der Informationstechnologie weiterentwickeln. Es handelt sich um Verpackungen, die auf Sensoren, Indikatoren oder Datenträgern basieren, die auf herkömmlichen Verpackungen angebracht sind und Informationen über das Produkt liefern. Intelligente Verpackungen können auch als Fleischverpackungen verwendet werden. Die Forschung entwickelt Indikatoren und Sensoren, die auf Änderungen der Fleischfrische und der Gaskonzentration ( $O_2$  und  $CO_2$ ) in der Verpackung reagieren oder Indikatoren für Zeit und Temperatur. Intelligente Verpackungen sind zwar nicht weit verbreitet, bieten jedoch ein großes Entwicklungs- und Verwendungspotenzial.

**Schlüsselwörter:** Sensoren; Indikatoren; Datenträger

## Embalaje inteligente para productos cárnicos

### Resumen

El embalaje inteligente es un nuevo tipo de empaque que está evolucionando con el desarrollo de la tecnología de información. Es el empaque basado en sensores, indicadores y soportes de datos colocados en el empaque tradicional y administran la información sobre el producto. El embalaje inteligente puede usarse para el envasado de la carne. Se están desarrollando los indicadores y los sensores que responden a cambios en la frescura de la carne, cambios en la concentración de los gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) dentro del empaque o los indicadores del tiempo y de la temperatura. Aunque el uso del embalaje inteligente no está muy extendido, tiene un gran potencial del desarrollo y uso.

**Palabras claves:** sensores, indicadores, soportes de datos

## Imballaggio intelligente per il confezionamento della carne

### Riassunto

L'imballaggio intelligente è un nuovo tipo d'imballaggio, frutto dello sviluppo delle tecnologie informatiche. Si tratta di un imballaggio tradizionale cui vengono aggiunti sensori, indicatori o dispositivi di trasmissione dati che forniscono informazioni sul prodotto. L'imballaggio intelligente può essere impiegato anche per il confezionamento della carne. La ricerca è impegnata nello sviluppo di indicatori e sensori che reagiscano ad ogni minima variazione della freschezza della carne, alle variazioni di concentrazione di determinati gas ( $O_2$  e  $CO_2$ ) all'interno dell'imballaggio o nello sviluppo di indicatori tempo-temperatura. Nonostante il suo uso limitato, l'imballaggio intelligente ha un grande potenziale di sviluppo e d'impiego.

**Parole chiave:** sensori, indicatori, dispositivi di trasmissione dati