Aktivno pakiranje bazirano na sustavima hvatanja kisika

Dvorski, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

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:109:530159

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

Bruno Dvorski

Aktivno pakiranje bazirano na sustavima hvatanja kisika

završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

ZAVRŠNI RAD

AKTIVNO PAKIRANJE BAZIRANO NA SUSTAVIMA HVATANJA KISIKA

Nastavni predmet

Ambalaža i pakiranje hrane

Predmetni nastavnik: izv. prof. dr. sc. Lidija Jakobek

Student: Bruno Dvorski (MB: 3308/10)

Mentor: izv. prof. dr. sc. Lidija Jakobek

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena: Potpis mentora:

Sažetak:

Aktivno pakiranje bazirano na sustavima hvatanja kisika je pakiranje koje sadrže adsorbere kisika - različite spojeve koji reagiraju s kisikom iz okoline. Adsorberi kisika mogu se nalaziti inkorporirani u samom ambalažnom materijalu ili se mogu nalaziti u vrećicama koje se stavljaju unutar pakiranje. Reagirajući s kisikom kontroliraju i održavaju određenu količinu kisika u pakiranju. Time ovakvo pakiranje produžuje vijek trajanja namirnice.

Cilj ovog završnog rada bio je istražiti različite oblike sustava za hvatanje kisika te objasniti njihov način djelovanja i primjenu u očuvanju svježine hrane i smanjenju utjecaja kisika na njeno kvarenje.

Ključne riječi:

aktivno pakiranje, sustavi za hvatanje kisika, pakiranje hrane.

Abstract:

Active packaging based on oxygen scavenging systems is a package which contains oxygen scavengers - different compounds and substances which react with surrounding oxygen. Oxygen scavengers can be incorporated in the package material itself or they can be in bags which are inserted inside of the package. By reacting with oxygen, they control or maintain specific oxygen level inside of the package, providing longer shelf life of the packaged food.

The aim of this work was to study different types of oxygen scavenging systems, to explain their mechanism and usage in keeping food fresh and reducing deterioration caused by oxygen.

Key words:

active packaging, oxygen scavengers, food packaging.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. GLAVNI DIO 3

2.1. Definicija 4

2.2. Vrste sustava za uklanjanje kisika 5

2.2.1. Sustavi temeljeni na oksidaciji željeza 6

2.2.2. Sulfiti 8

2.2.3. Antioksidansi 8

2.2.4. Enzimi 9

2.2.5. Ostali 10

2.2.5.1. Sustavi koji koriste nezasićene ugljikovodike 10

2.2.5.2. Sustavi koji koriste mikroorganizme 11

2.2.5.3. Sustavi koji koriste bor i spojeve 11

2.2.5.4. Sustavi koji koriste paladij 12

2.3. Upotreba u pakiranju hrane i pića 12

2.4. Budućnost sustava za uklanjanje kisika 15

3. ZAKLJUČAK 16

4. LITERATURA 18

1. UVOD

Mnogi prehrambeni proizvodi su osjetljivi na djelovanje kisika jer on uzrokuje nastanak različitih oksidacijskih reakcija pri čemu se sastojci u hrani i piću mogu kemijski promijeniti i time izgubiti svoja poželjna senzorska svojstva. Osim toga, može doći do kvarenja namirnice. Kvarenje može biti uzrokovano kemijskim promjenama namirnice, odnosno, može doći do nastanka štetnih i potencijalno kancerogenih tvari. Kisik omogućuje rast različitih mikroorganizama koji također uzrokuju kvarenje proizvoda. Sve to zahtijeva posebnu pažnju tijekom manipuliranja hranom, a posebice tijekom čuvanja hrane na dulji period.

Kako bi se usporilo kvarenje uzrokovano kisikom, unutar ambalaže se mogu stvoriti kontrolirani uvjeti u kojima se može smanjiti razina kisika. Može se zamijeniti kisik s inertnim plinom poput dušika ili ugljikovog dioksida, a u tom slučaju radi se o pakiranju namirnice u modificiranoj atmosferi. Ambalaža koja bi tijekom dugog vremena pakiranja zadržala takve modificirane uvjete, ekonomski je neisplativa za određeni broj proizvoda. Jedan od načina na koji se može smanjiti koncentracija kisika unutar pakiranja, a da se time dobije funkcionalna i praktična ambalaža, je upotreba ambalaže sa sustavima za uklanjanje kisika - aktivna ambalaža (1).

U glavnom dijelu ovog rada opisan je princip djelovanja sustava za uklanjanje kisika, navedene su i objašnjene najčešće varijante ovih sustava koje su trenutno u komercijalnoj upotrebi. Dane su smjernice za budući razvoj ovih aktivnih sustava te za otkriće novih sustava za hvatanje kisika.

2. GLAVNI DIO

2.1. Definicija

Aktivna ambalaža sa sustavima za uklanjanje kisika (slika 1) djeluje na način da na svoje aktivne komponente adsorbira odnosno veže kisik koji se nalazi u atmosferi pakiranja. Sustavi mogu biti u obliku malih vrećica s aktivnim komponentama, a mogu biti i inkorporirani u sam materijal ambalaže, što je korisno kod tekućih, konzerviranih i sličnih proizvoda. Pprednost im je što ne utječu na vizualan dojam ambalaže, ne mogu dospjeti na hranu čime se smanjuje opasnost od gušenja ili gutanja (2; 3).



Slika 1. Vrećice i naljepnice s adsorberima kisika (Multisorb Technologies, Bufallo, NY, SAD) (4)

Postoji više vrsta reakcija i tvari na kojima se temelje sustavi za uklanjanje kisika (Tablica 1), ali najveću primjenu imaju reakcije koje uključuju oksidaciju željeza. Osim željeza, upotrebljavaju se i drugi prijelazni metali kao što su bakar, cink, magnezij, mangan i dr. Nadalje, postoje sustavi koji kao aktivnu komponentu koriste antioksidanse, (butil hidroksi toluen, *n*-propil galat), enzime, mikroorganizme poput kvasaca, paladijske katalizatore, sulfite te određene nezasićene masne kiseline i ugljikovodike. Kapacitet i brzina vezanja kisika ovisi o vrsti i veličini sustava, ali i o parcijalnom tlaku kisika unutar ambalaže (3; 5).

Poželjno je da sustavi ne djeluju odmah pri postavljanju u ambalažu jer bi se tako sustavi mogli preuranjeno zasititi kisikom te bi njihovo djelovanje bilo onemogućeno, a potencijalno bi došlo i do nepoželjnog reverzibilnog otpuštanja kisika nazad u atmosferu pakiranja. U svrhu toga postoje sustavi koji se aktiviraju tek nakon djelovanja određenih faktora, primjerice UV zračenje ili vlage (3).

Tablica 1 Komponente hvatanja kisika (3)

Sulfiti
Bor
Glikol i šećerni alkoholi
Nezasićene masne kiseline i ugljikohidrati
Paladijevi katalizatori
Enzimi
Kvasci
Fero spojevi željeza
Organometalni spojevi
Fotoosjetljiva bojila
Polidienski blok kopolimeri
Aromatski najloni

2.2. Vrste sustava za uklanjanje kisika

Prvi sustavi koji su se počeli primjenjivati su oni koji se temelje na oksidaciji željeza i ostalih prijelaznih metala i oni su i danas najčešće primjenjivani. Ali kako se upotreba sustava povećavala, tako se došlo do novih tehnoloških rješenja i nastanka sustava koji su se mogli

primjenjivati tamo gdje se vrećice sa željeznim prahom nisu mogle upotrijebiti. Osim toga, neki novi sustavi pokazali su više prednosti i bolje rezultate od onih temeljenih na željezu.

2.2.1. Sustavi temeljeni na oksidaciji željeza

Željezo je iznimno podložno oksidiranju, posebice u prisutnosti vlage i u elektrolitskim otopinama te je to, inače negativno svojstvo, u 70-tim godinama 20. st., japanska tvrtka Mitsubishi Gas Chemical Company počela prva komercijalno koristiti kao pozitivnu primjenu u sustavima za uklanjanje kisika, kao proizvod pod imenom Ageless® (5).

Princip djelovanja ovih sustava je takav da željezo u reduciranom stanju Fe^0 ima veliki afinitet prema kisiku, i reagirajući s kisikom i vodom, koja je potrebna kako bi uopće došlo do reakcije, dolazi do postepene oksidacije željeza te nastanka željezovog(III) hidroksida, što je opisano u formuli (1): (5)

$$\begin{aligned} &Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^- \\ &\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- \\ &Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \\ &Fe(OH)_2 + \frac{1}{4}O_2 + \frac{1}{2}H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \end{aligned} \qquad (1)$$

Željezo se nalazi u vrećicama ili naljepnicama s poroznim stjenkama i to najčešće u obliku praha.Prah ima veću aktivnu površinu te omogućuje bolju apsorpcijsku sposobnost. Osim željeza, u vrećice se mogu staviti neki drugi prijelazni metali kao što su aluminij, bakar, cink, ali oni ipak nisu toliko zastupljeni u prehrambenoj industriji kao što je željezo. Jednan od razloga je taj što željezo predstavlja mali rizik za ljudsko zdravlje, njegova raspoloživost je velika što pridonosi manjoj cijeni, a moguće su i raznolike varijante i prilagodbe željezovog praha za različite vrste proizvoda (3).

Negativne strane sustava koji se temelje na oksidaciji željeza su ovisnost o temperaturi i vlazi. Naime, sposobnost uklanjanja kisika drastično pada kako se temperatura približava vrijednosti smrzavanja. Oksidacija željeza ovisi i o vlazi koju proizvod ili atmosfera pakiranja moraju sadržavati. Tako postoje sustavi koji u svojim vrećicama već imaju određenu količinu

vlage što im omogućava djelovanje u pakiranjima koja je inače nemaju dovoljno. S takvim sustavima treba rukovati s posebnom pozornošću jer oni svoje djelovanje počinju odmah te se mogu zasititi kisikom prije nego je to potrebno. Osim toga, ako se upotrebljavaju kod proizvoda koji imaju veliki afinitet za vlagu, mogu ispustiti vlagu te tako navlažiti proizvod. Suprotno tome, postoje sustavi koji u sebi ne sadržavaju vlagu i oni mogu započeti svoje djelovanje tek kada vlaga dođe u dodir sa željezom. To može biti korisno u prilikama gdje je poželjno kasnije djelovanje sustava. Naravno, ti sustavi su tijekom manipuliranja manje osjetljivi na preuranjeno zasićenje kisikom nego sustavi s trenutnim djelovanjem (3).

Budući da se sustavi za uklanjanje kisika često upotrebljavaju u kombinaciji s modificiranom atmosferom, potrebno je posebnu pozornost obratiti na upotrebu atmosfere s većom količinom ugljikovog dioksida. Ovi sustavi često imaju veći afinitet upravo prema CO_2 te im se tako smanji ili izgubi kapacitet vezanja kisika (3).

Osim u obliku vrećica i naljepnica, sustavi koji se temelje na oksidaciji željeza mogu se pronaći i inkorporirani u samu plastičnu ambalažu. Ovi sustavi nisu toliko česti zbog slabije učinkovitosti u usporedbi s vrećicama i naljepnicama. Na Slici 2 mogu se vidjeti neki od komercijalno raspoloživih sustava za hvatanje kisika.



Slika 2 Sustavi za uklanjanje kisika: a) O-Buster® vrećica, b) OMAC® folija, c) FreshMax™ naljepnica (5)

2.2.2. Sulfiti

Princip djelovanja sulfita se temelji na oksidaciji sulfita u sulfate. Pri toj reakciji je također potrebna određena količina vode odnosno vlage. Ukoliko se sloj sulfitnih soli stavi u obliku tankog filma na plastičnoj ambalaži, onda nije potrebno imati vlažne uvjete u pakiranju nego će se sustav aktivirati na način da će potrebnu vlagu uzeti iz namirnice s kojom je u neposrednom dodiru. Također, budući da se reakcija oksidacije sulfita odvija sporo, najčešće se uz sulfitne soli stavljaju i katalizatori poput bakra, kroma, nikla, kobalta, paladija i dr. Najčešće primjenjivane soli su natrijev i kalijev sulfat, gdje je kalijev sulfat označen kao vrlo stabilan pri visokim temperaturama te je tako pogodniji u uporabi kod namirnica koje se pasteriziraju ili steriliziraju na visokim temperaturama (2).

Ovi sustavi su se u početku koristili u obliku vrećica, ali kasnije im je prepoznata funkcionalnija primjena u obliku tankog sloja sulfita unutar višeslojne plastične ambalaže. Time su se mogli koristiti i za tekuće proizvode, gdje im je i danas glavna primjena (5).

Najčešće se upotrebljavaju za ambalažu u koju se pakiraju kečap i vino. Razlog tomu je što se u tim proizvodima koriste konzervansi na bazi sumpora te tako eventualno otpuštanje sumporovog dioksida, koji može nastati kao produkt oksidacije sulfita, neće imati toliko nepovoljan učinak na proizvod. Eventualno može djelovati i kao dodatan mehanizam za očuvanje namirnice od kvarenja. Budući da je proces nekontroliran, a određene osobe mogu biti alergične na veće koncentracije tog spoja, otpuštanje sumporovog dioksida se smatra nepoželjnim te se pri dizajniranju tih sustava želi što više spriječiti (2).

Zbog malog kapaciteta i potencijalnog otpuštanja sumporovog dioksida, danas se sulfiti koriste nešto rjeđe od ostalih sredstava, a ako se i koriste često su to u manjoj količini i u kombinaciji sa željezom ili antioksidansima.

2.2.3. Antioksidansi

Dobro poznati antioksidansi, poput askorbinske kiseline, butil-hidroksitoluena (BHT), butil-hidroksianisola (BHA) i razni galati, godinama se učinkovito koriste u prehrambenoj

industriji kao konzervansi u zaštiti namirnica od oksidacije, odnosno, u zaštiti od slobodnih radikala nastalih oksidacijom. Kako se ipak radi o spojevima koji u većim količinama u hrani mogu imati potencijalno štetan učinak na organizam, došlo se do rješenja da bi se upravo ti spojevi mogli ugraditi u plastične ambalažne materijale i tako bi se smanjila ili u potpunosti uklonila potreba za njihovim dodavanjem u hranu. U korist tome ide i činjenica da su neke studije pokazale kako je primjena antioksidanasa u obliku aktivne ambalaže čak i učinkovitija od dodavanja istih u hranu, što je bilo dovoljno da se ovakvi sustavi počnu komercijalno koristiti (2).

Antioksidansi se u sustavima za uklanjanje kisika najčešće koriste uz metalni katalizator koji ubrzava oksidaciju. Askorbinska kiselina se pod djelovanjem kisika oksidira u dehidroaskorbinsku kiselinu, a osnovna reakcija je prikazana u formuli (2): (5)

$$AA + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow DHAA + H_2O \qquad (2)$$

Ovi sustavi se najčešće primjenjuju kao dio plastične ambalaže pri čemu uklanjaju kisik iz ambalaže, a potencijalno mogu djelovati i na oslobođene radikale i perokside pri razgradnji lipidnih sastojaka u proizvodu.

2.2.4. Enzimi

Enzimi su biokatalizatori koji ubrzavaju odvijanje kemijskih reakcija u različitim biološkim sustavima. Zbog njihove raznolikosti, djelovanje im se primjenjuje u gotovo svim industrijama, a tako i u različitim segmentima prehrambene industrije, među kojima je i pakiranje hrane, tj. aktivna ambalaža.

U sustavima za uklanjanje kisika, enzimi se koriste na način da ih se imobilizira na ambalažu, najčešće polietilenske i polipropilenske materijale, te se onda djelovanjem enzima uklanja kisik iz pakiranja. Da bi enzim uopće započeo svoje djelovanje, potrebno mu je osigurati povoljne uvjete i supstrat (5).

Najviše korišteni biokatalizator u ovim sustavima je enzim glukoza-oksidaza te on kao supstrat za svoje djelovanje koristi glukozu. Mehanizam njegove reakcije naveden je u

formuli (3):

$$2C_6H_{12}O_6 + 2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_7 + 2H_2O_2$$
$$2H_2O_2 \xrightarrow{katalaza} 2H_2O + O_2 \quad (3)$$

Kako bi enzim vršio pretvorbu kisika, potrebna mu je voda koju uzima iz namirnice i glukoza koja se nalazi imobilizirana s enzimom. Nakon što enzim izvrši pretvorbu, nastaju glukonska kiselina i vodikov peroksid koji je zbog toksičnosti potrebno ukloniti, a to se izvodi djelovanjem enzima katalaze (5).

Osim glukoza-oksidaze u upotrebi se koristi i enzim etanol-oksidaza koja vrši pretvorbu etanola u acetaldehid. Brzina i tok reakcije ovise o vrsti enzima, količini supstrata i okolnim uvjetima (5).

Veliki nedostatak ovih sustava je to što su enzimi iznimno osjetljivi na promjene temperature, aktiviteta vode, količine soli, pH vrijednosti i ostalih uvjeta, stoga im je upotreba ograničena. Jedne od poznatih primjena ovih sustava je u ambalaži za pakiranje sira, piva i vina (5).

2.2.5. Ostali

2.2.5.1. Sustavi koji koriste nezasićene ugljikovodike

Nezasićeni ugljikovodici poput masnih kiselina, također imaju upotrebu kao sredstvo za uklanjanje kisika. U odnosu na druge sustave, jednostavno ih je ugraditi u ambalažu jer se mogu dodavati izravno u plastične mase u procesu proizvodnje (u polietilen, polipropilen, polistiren i dr.). Daljnja prednost im je što imaju visok kapacitet uklanjanja kisika, tako da mogu djelovati tijekom dugog vremena. Kapacitet im ne ovisi o temperaturi što znači da će i pri nižim temperaturama zadržati jednaku sposobnost uklanjanja kisika za razliku od sustava sa željezom čiji kapacitet pada kako se temperatura približava točki smrzavanja. Nadalje, nije im potrebna voda kako bi započeli s reakcijom, ali se često stavljaju u kombinaciji s fotosenzorskim spojevima koji omogućavaju aktivaciju uklanjanja kisika tek kada se ambalaža izloži UV zračenju. Uz fotosenzore, često se dodaju i metalni katalizatori poput kobalt II neodekanoata, s ciljem da reakcija uklanjanja kisika bude brža (5; 6).

Glavni nedostatak ovih sustava je što tijekom reakcije s kisikom dolazi do nastanka aldehida, ketona i ostalih spojeva koji mogu izazvati neugodne mirise. No postoje komercijalne izvedbe koje sadrže adsorbense tih neželjenih spojeva, a nešto napredniji sustavi su kemijski modificirani tako da zamjenjuju nastanak tih spojeva s nekim drugim neutralnim spojevima (5; 6).

2.2.5.2. Sustavi koji koriste mikroorganizme

Postoje sustavi koji za uklanjanje kisika koriste mikroorganizme. Princip djelovanja je sličan enzimskim sustavima. Aerobni mikroorganizmi konzumiraju kisik, koriste ga za disanje kako bi mogli obavljati svoju biološku aktivnost. Najčešće se koriste kvasci, no novije varijante koriste i različite bakterije koje se zatim nacjepljuju na površinu ambalaže te se u dodiru s vodom aktiviraju. Ovi sustavi su relativno novi te se još uvijek razvijaju. Nedostaci su im problematična ugradnja u ambalažu, osjetljivost na promjene okolnih uvjeta te nastajanje nusprodukata. Primjena im je ograničena na proizvode na kojima neće stvoriti nepoželjan učinak. Primjerice, u ambalaži za pivo se mogu koristiti kvasci čiji su nusprodukti ugljikov dioksid i alkohol, koji su ujedno sastojci piva tako da ne dolazi do značajnih promjena u kvaliteti proizvoda (5).

2.2.5.3. Sustavi koji koriste bor i spojeve

Sustavi koji koriste bor ili njegove spojeve poput borne kiseline i njenih soli u kombinaciji s alkalijskim metalima, korisni su kod proizvoda koji prolaze kroz metalni detektor. Oni za razliku od željeza nemaju magnetska svojstva. Najčešće se koriste kod pakiranja žitarica (riža, pšenica, raž i dr.) u obliku vrećica koje se stavljaju u pakiranje (2).

2.2.5.4. Sustavi koji koriste paladij

Paladij dispergiran na glinici (aluminijevom oksidu) se također koristio u nekim sustavima, no visoka cijena i nastanak vode tijekom reakcije uklanjanja kisika nisu ga nametnula kao učinkovito sredstvo (7).

2.3. Upotreba u pakiranju hrane i pića

Glavni ciljevi upotrebe aktivne ambalaže sa sredstvima za uklanjanje kisika su očuvanje svježine, smanjenje brzine kvarenja namirnica i sprječavanje nastanka neželjenih kemijskih promjena koje utječu na senzorska svojstva proizvoda. Ovim sustavima se želi zadržati ili poboljšati kvaliteta proizvoda dok ne dođe do potrošača.

Gubitak prehrambeno važnih nutrijenata, mikrobiološko kvarenje, užeglost masti i ulja, gubitak boje i organoleptičkih svojstava, razvoj insekata i ostalih štetočina neki su od neželjenih pojava do kojih može doći zbog prisustva kisika dok je proizvod zapakiran. Različite vrste kvarenja se količinski i brzinom nastanka različito manifestiraju, stoga na neke proizvode treba obratiti posebnu pozornost. Brzina djelovanja kisika na neke namirnice navedena je u Tablici 2: (7).

Tablica 2 Utjecaj kisika na određene sastojke nekih prehrambenih proizvoda (7)

Hrana/piće	Tvar djelovanja	Brzina djelovanja
Mlijeko u prahu	Masti	Mala
Sir	Plijesan	Mala
Pivo	Okus	Srednja
Vino	Konzervansi	Srednja
Voćni sok	Vitamin C	Velika
Riba	Ulje	Velika

Tijekom pakiranja mlijeka u prahu, ribe, ulja, masti i ostalih proizvoda koji sadrže velike količine lipidnih spojeva, može doći do oksidacije masti i ulja pod utjecajem kisika. Pri tome nastaju aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline i peroksidi koji, osim što stvaraju neugodan miris i okus, u većim količinama mogu biti i opasni za ljudsko zdravlje. Stoga je upotreba sustava za uklanjanje kisika u pakiranju tih proizvoda vrlo korisna i pridonosi očuvanju njihovih sastojaka i kvalitete (3).

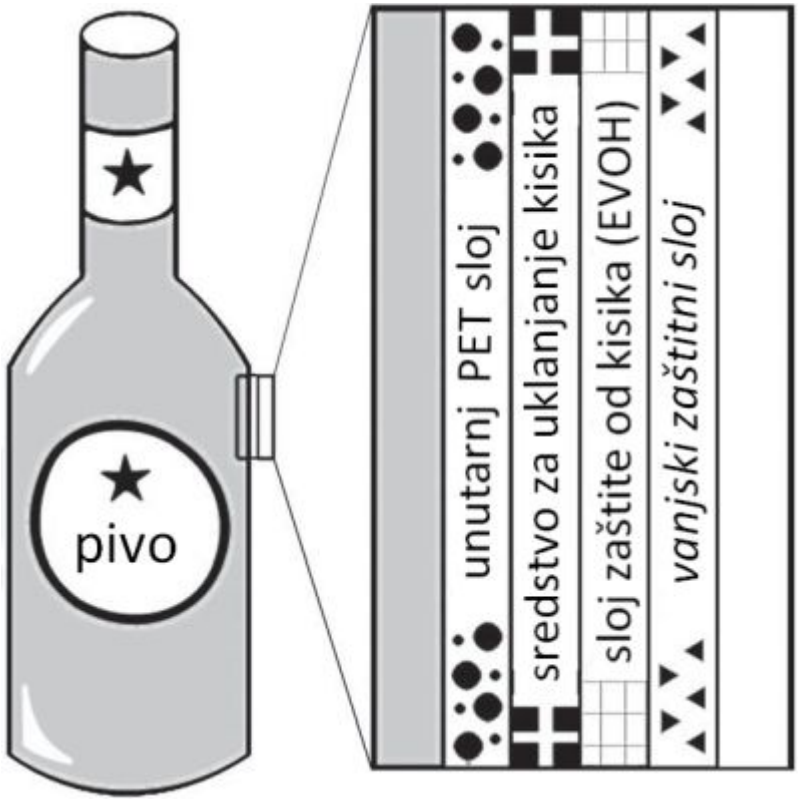
Mikrobiološko kvarenje namirnica najčešće je posljedica djelovanja aerobnih mikroorganizama. Tako, primjerice pri pakiranju sira mogu nastati plijesni unatoč tome što je on najčešće pakiran u vakuum pakiranje. Razlog tome je što određene plijesni mogu rasti na vrlo niskim koncentracijama kisika te je tako za rast tih mikroorganizama odgovorna upravo ona razina kisika koja preostane u proizvodu ili čak i novi kisik koji je prošao kroz ambalažu. Riba je također posebno osjetljiva na mikrobiološko kvarenje. Zato se, osim za sprječavanje oksidacije masti, uklanjanje kisika provodi zbog bakterija koje mogu proizvesti potencijalno opasne amine. Aktivna ambalaža djeluje na način da snižava razinu kisika na onu na kojoj aerobni mikroorganizmi ne mogu rasti i sprječava eventualan prolaz molekula kisika kroz ambalažu. U korištenju ovih sustava s ciljem sprječavanja rasta mikroorganizama treba biti oprezan jer je niskom razinom kisika omogućen rast anaerobnih mikroorganizama koji su često patogeni i mogu biti opasni za ljudsko zdravlje (3).

Gubitak nutritivno vrijednih sastojaka također je posljedica djelovanja kisika. Vitamini su u proizvodima s voćem i povrćem kao što su voćni sokovi, posebno osjetljivi na oksidaciju. Stoga smanjenje koncentracije kisika u tim proizvodima pridonosi očuvanju korisnih sastojaka, a dodatan učinak sustava za uklanjanje kisika vidi se i u sprječavanju oksidacije tvari boja i djelovanja enzima, kojima su ovi proizvodi vrlo bogati. Na taj način se može očuvati prirodna boja proizvoda i spriječiti posmeđivanje uzrokovano enzimima. Crvena boja mesa također ovisi o koncentraciji kisika u ambalaži, no tu je nepoželjno ukloniti sav kisik, stoga je kod pakiranja svježih mesnih proizvoda potrebno dobro istražiti načine upotrebe ovih sustava (3).

Oksidacija tvari arome može dovesti do nepoželjne promjene okusa i mirisa proizvoda. Vrlo je bitno očuvati aromu tijekom skladištenja, posebice kod proizvoda čija se proizvodnja temelji na dobivanju točno određenih aroma. Dobar primjer je pivo. Pivo sadrži veliki broj vrlo kompleksnih spojeva arome koji su osjetljivi na djelovanje kisika i zbog toga ga je

poželjno pakirati u staklenu ambalažu koja je u potpunosti nepropusna na kisik. Sustavi za uklanjanje kisika omogućili su korištenje praktičnijih plastičnih ambalažnih materijala u očuvanju kvalitete piva tijekom duljeg vremena (7).

Primjer slojevite plastične boce za pakiranje piva, ali i drugih tekućih proizvoda osjetljivih na djelovanje kisika prikazan je na Slika 3. (3)



Slika 3 Najčešće primjenjivani višeslojni omotač PET ambalaže za pakiranje piva (3)

Na Slici 3 možemo vidjeti kako se na unutrašnjoj stjenci ambalaže nalazi polupropusni PET sloj koji sprječava doticaj proizvoda sa sredstvom za uklanjanje kisika, a pri tome omogućava prolazak kisika iz unutrašnjosti ambalaže do sredstva. Sredstvo može biti neki od prethodno navedenih materijala koji se može ugraditi u plastične materijale, a sloj zaštite od kisika je takozvani EVOH, tj. etilen vinil alkohol, koji ima iznimno nisku propusnost na kisik. Vanjski zaštitni sloj također sprječava prolaz kisika u unutrašnjost, ali glavno svojstvo mu je održavanje tvrde strukture ambalaže, tj. on otežava njeno savijanje i lomljenje.

Osim za sprječavanje oksidacije i rasta mikroorganizama, sustavi za uklanjanje kisika mogu se koristiti i kao zamjena za potpuno vakuum pakiranje. Time se smanjuje nepoželjno

iskrvarenje mesa, tj. količina tekućine koja se iscijedi iz mesa tijekom izvlačenja zraka iz pakiranja (7).

2.4. Budućnost sustava za uklanjanje kisika

Sustavi za uklanjanje kisika su relativno novi i dalje se kontinuirano razvijaju. Razvojem se želi ukloniti ili barem smanjiti utjecaj svih nedostataka koje imaju trenutno dostupni sustavi pakiranja. Izazovi koje treba prevladati su sve veća upotreba plastičnih materijala, razvoj novih proizvoda koji zahtijevaju složenije sustave za zaštitu njihove kvalitete i primjena ovih sustava na način da kupcima ne ugrožavaju zdravlje, a proizvođačima ne umanjuju vizualan identitet njihovih proizvoda.

Trenutno se vidi sve veći razvoj sredstava na bazi mikroorganizama, što potencijalno znači veću primjenu tih sustava u budućnosti. Također se istražuje i primjena zračenja koje bi poboljšalo aktivnost plastičnih materijala u hvatanju kisika, prvenstveno EVOH slojeva. Nadalje, potrebno je razviti sustave koji mogu jednako učinkovito djelovati na različitim temperaturnim rasponima, što je posebno bitno kod proizvoda koji se pakiraju pri niskim temperaturama. Iako određeni sustavi već imaju aktivaciju svojeg djelovanja tek kada se proizvod zapakira, što sprječava preuranjeno zasićene sustava, u daljnjem razvoju se želi poboljšati ovakvo djelovanje na način da sustavi djeluju u ovisnosti o atmosferi pakiranja, odnosno da se sami aktiviraju i deaktiviraju kada je to potrebno. Povezano s time, kombinacijom ovih sustava i kemijskih indikatora omogućava se prikaz razine kisika što kupce može upozoriti na potencijalno neispravan proizvod. Takve kombinacije već ulaze u grupu „inteligentnih“ ili „pametnih“ pakiranja (3).

3. ZAKLJUČAK

Aktivno pakiranje bazirano na sustavima hvatanja kisika je iznimno učinkovito za održavanje pakirane hrane svježom kroz dulje vrijeme te za usporavanje i sprječavanje procesa kvarenja uzrokovanih kisikom.

Najčešće primjenjivani sustavi za hvatanje kisika su:

- sustavi koji se temelje na oksidaciji kisika
- sustavi koji se temelje na oksidaciji sulfita
- sustavi koji sadrže razne antioksidanse
- sustavi koji koriste razne enzime

Sustavi za hvatanje kisika mogu kao tvari za hvatanje kisika koristiti i razne nezasićene ugljikovodike, mikroorganizme i sl.

Prednost ovih sustava:

- smanjenje kvarenja hrane, produljenje vijeka trajanja namirnica

Nedostaci:

- osjetljivost na temperaturne promjene, sadržaj vlage.

Uzme li se u obzir i velika mogućnost kombiniranja s ostalim sustavima aktivnog i inteligentnog pakiranja, ovi sustavi će zasigurno u skoroj budućnosti imati puno veću primjenu.

4. LITERATURA

1. Coles R, Kirwan M: Food and Beverage Packaging Technology, Second Edition. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, 2011.

2. Brody AL, Strupinsky ER, Kline LR: Active Packaging for Food Applications. CRC Press, Boca Raton, FL, SAD, 2001.

3. Yam KL: The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 3rd Edition. Wiley, Hoboken, NJ, SAD, 2009.

4. Multisorb, Buffalo, NY, SAD: http://www.multisorb.com/

5. Cruz RS, Camilloto GP, Pires AC: Oxygen Scavengers: An Approach on Food Preservation, InTech, 2012., DOI: 10.5772/48453.

6. Robertson GL: Food Packaging - Principles and Practice, Third Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, SAD, 2013.

7. Han JH: Innovations in Food Packaging. Elsevier Science and Technology Books, 2005.