



PIŠE:

Dr. sc. **Verica Dragović-Uzelac**, doc.
PREHRAMBENO-
BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET,
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Zadnjih dvadesetak godina u svijetu je prisutan trend povećanih zahtjeva tržišta za svježim, minimalno procesiranim voćem i povrćem bez dodatka konzervansa te se od industrije zahtjeva razvoj novih i poboljšanih metoda za očuvanje kvalitete i produženje trajnosti proizvoda. Zbog kompleksnosti biljnog materijala pri odabiru najprihvatljivije tehnologije pakiranja potrebno je razmotriti brojne faktore kao što su: biokemijske promjene koje se odvijaju u sirovini nakon branja (intenzitet disanja, transpiracija, nastajanje etilena, osjetljivost na etilen, mikrobiološka slika sirovine itd.)

Modificirana atmosfera (MA) jedan je od načina konzerviranja hrane kojim se osigurava očuvanje kakvoće proizvoda i produženje trajnosti. Ova tehnika uključuje aktivnu ili pasivnu kontrolu odnosno modifikaciju atmosfere koja se generira u pakiranju (različite vrste i/ili kombinacije plastičnih filmova) u kojem se proizvod nalazi. Ključni faktori odgovorni za produženje trajnosti voća i povrća uključuju: pažljivo branje kako se sirovina ne bi oštetila, branje pri optimalnoj zrelosti, higijena, odabir optimalnih koncentracija plinova (CO_2 , O_2 itd.), temperature skladištenja, plastične ambalaže itd. Ako se navedeni kriteriji zadovolje, implementacija optimalnih uvjeta skladištenja primjenom pakiranja u MA može biti učinkovita, uz maksimalno očuvanje kvalitete i produženje trajnosti proizvoda. Uz modificiranu atmosferu očuvanje kakvoće i trajnosti proizvoda može se postići i primjenom tzv. hipobarične i kontrolirane atmosfere (CA). Razvojem tehnika pakiranja hrane primjenom MA ili CA učinjen je značajan napredak u produženju trajnosti i očuvanju kakvoće, naročito lako pokvarljivih proizvoda, mesa, voća, povrća itd.

Voće i povrće nakon branja nastavlja sa procesom disanja ili respiracije, a intenzitet disanja voća i povrća je znatno veći nego kod žitarica i mesa. Enzimi su aktivni i sastojci sirovine kao što su ugljikohidrati, proteini, aminokiseline, organske kiseline, pektini, uključuju se u metaboličke procese. Proizvod počinje dozrijevati te se razvija etilen kao bioproduct, što je nepoželjno, jer utječe na ubrzavanje procesa dozrijevanja i starenja sirovine. Tijekom dozrijevanja kod klimakterijskog voća u početku se poboljšava kvaliteta, ali vrlo brzo nakon postizanja optimalne kvalitete nastupaju i degradativni procesi. Na intenzitet metaboličkih i biokemijskih procesa može se utjecati promjenom okolnih uvjeta. Kisik je neophodan za mnoge metaboličke procese te stoga redukcijom njegove koncentracije smanjuje se i metabolička aktivnost. Međutim, prekomjerna redukcija kisika može prouzročiti anaerobnu glikolizu i stvaranje nepoželjnih spojeva i nespecifične arome.

Modificirana atmosfera

Modificirana atmosfera se danas koristi kao suplement u kombinaciji sa niskim temperaturama kako bi se produžila trajnost voća i povrća. Specifični uvjeti okoline su vrlo različiti i ne

Konzerviranje u modificiranoj atmosferi

ovise samo o različitim vrstama i sortama voća i povrća već i o godišnjim dobima ili klimatskim uvjetima u kojima su voće i povrće uzgojeni. Općenito, uvjeti skladištenja u kombinaciji s MA ili CA uključuju:

- nižu koncentraciju kisika s ciljem reduciranja intenziteta disanja čime se usporava starenje sirovine; potrebna je kontrola koncentracije O_2 koja ne smije biti preniska kako ne bi došlo do nepoželjnih degradativnih promjena
- višu koncentraciju CO_2 kako bi se smanjio intenzitet disanja sirovine i usporila senescencija; previsoka koncentracija CO_2 također može utjecati na smanjenje kvalitete sirovine
- visoku relativnu vlažnost kako bi se reducirao gubitak vlage i očuvala svježina proizvoda
- nižu temperaturu skladištenja kako bi se reducirao intenzi-



tet disanja uz oprez da ne dođe do oštećenja proizvoda uslijed preniske temperatura

- nižu koncentraciju etilena kako bi se usporilo dozrijevanje i starenje proizvoda

Definicija i načini uspostavljanja MA i CA

Osnovni principi uspostavljanja MA temelje se na promjeni sastava početne atmosfere (78 % dušika, 21 % kisika, 0,03 % ugljikovog dioksida) u jediničnom pakiranju u kojem se proizvod nalazi. Smanjenjem koncentracije kisika i povećanjem koncentracije CO_2 i/ili N_2 čime se smanjuje intenzitet disanja sirovine. Smanjenjem intenziteta disanja sirovine smanjuje se metabolička i biokemijska aktivnost (proizvodnja etilena, promjena pektina i drugih supstanci u staničnim stijenama što za posljedicu ima smanjenje tkiva itd.) u stanicama, što iskorištenje prehrambenih zaliha. Ugljikov dioksid ima i protagonski utjecaj na aktivnost enzima uključenih u biosintezu etilena, a smanjenjem koncentracije O_2 dodatno se usporava proizvodnja etilena. Temperatura je također važan faktor u proizvodnji etilena, tj. proizvodnja etilena se smanjuje sniženjem temperature. Pakiranje povrća u MA odgađa se proizvodnju i zadržava čvrstoću voća i povrća.

Modifikacija atmosfere u plastičnoj ambalaži može se ostvariti na dva načina:

1. pasivnom modifikacijom: uporabom ambalaže koja omogućava proizvodu da sam generira atmosferu modificiranog sastava
2. aktivnom modifikacijom:
 - ubacivanjem pojedinačnih smjesa plinova (O_2 , CO_2 , i dr.) poznatih koncentracija



ovrća pakiranjem atmosferi

u ambalažu odgovarajuće propusnosti prije zatvaranja i to bez prethodnog vakuumiranja (tzv. «gas flushing») ili uz prethodno vakuumiranje («compensated vacuum»)

- kombinacijom procesa disanja i aditiva koji apsorbiraju i oslobađaju O_2 , CO_2 , vodenu paru, etilen, etanol i kemijske konzervanse. Mogu biti sastavni dio plastičnoga materijala ili stavljeni u ambalažu s proizvodom u obliku malih paketića (sachets).

Najčešći plinovi koji se koriste u aktivnom načinu uspostavljanja MA/CA su O_2 , CO_2 i N_2 . Ostali plinovi kao NO_2 , SO_2 , etilen, klorin, kao i ozon te propilen oksid uglavnom se predlažu, a mogućnost njihove uporabe u pakiranju voća i povrća primjenom MA eksperimentalno se istražuje. Također treba naglasiti da se zbog sigurnosti proizvoda i cijene koštanja navedeni plinovi komercijalno malo ili gotovo nikako ne koriste. Kombinacijom O_2 , CO_2 i N_2 mogu se uspostaviti tri tipa atmosfere: inertna uporabom N_2 , semi-reaktivna uporabom CO_2/N_2 ili $O_2/CO_2/N_2$ ili potpuno reaktivna uporabom CO_2 ili CO_2/O_2 . Uspostavljanjem MA uz usporavanje biokemijskih procesa usporava se i rast mikroorganizama.

Modificirana atmosfera stvorena kombiniranim postupkom ima prednost pred pasivnom modifikacijom, jer se realizira brže (neposredno nakon zatvaranja) pa proizvod nije dugo izložen visokim koncentracijama O_2 . Primjenom aktivnog načina uspostavljanja MA dodatno se produžava trajnost proizvoda. Pri aktivnoj modifikaciji atmosfere primjenom aditiva nije preporučljivo da se za povrće s velikim udjelom vode upotrijebi apsorbent za O_2 . Inače ova tehnika uspostavljanja i održa-

vanja modificirane atmosfere unutar plastičnoga pakiranja ima danas sve veću primjenu u konzerviranju hrane. Za različito povrće potrebni su različiti udjeli plinova u pakiranju i to 2-5% kisika i 3-8% CO_2 . Budući da su utjecaji male koncentracije O_2 i velike koncentracije CO_2 na brzinu disanja povrća aditivni, teško je predvidjeti optimalnu koncentraciju obadva plina u kombinaciji bez određivanja brzine disanja u smjesi plinova različita sastava. U tablici 1. prikazani su preporučeni uvjeti skladištenja za neke vrste cjelovitog voća i povrća pakiranjem u MA.

Veće koncentracije CO_2 posebno su štetne za svježe proizvode kao što su cvjetača, zelena salata, celer, zelje, slatka svježa paprika i mrkva, jer uzrokuju fiziološka oštećenja. U industrijskoj praksi, minimalni udjel O_2 u plastičnoj ambalaži s povrćem ne bi smio biti manji od 1 do 5 % kako ne bi došlo do razvoja anaerobnog disanja sirovine koje uzrokuje razgradnju tkiva, nakupljanje alkohola



(etanola) i aldehida (acetaldehida), razvoj neugodnog mirisa i patogenih mikroorganizama (*Clostridium botulinum*) štetnih za zdravlje potrošača.

Na stvaranje atmosfere modificiranog sastava utječu različiti čimbenici koji potječu od sirovine, plastičnog materijala i atmosfere izvan pakiranja.

Čimbenici koji potječu od sirovine su:

- intenzitet respiracije
 - respiracijski kvocijent
 - optimalni sastav atmosfere u pakiranju
 - masa sirovine
 - vrsta i varijetet sirovine
 - mikrobiološka aktivnost sirovine
 - stupanj obradbe sirovine
- Čimbenici koji potječu od plastičnog materijala su:
- propusnost za O_2 , CO_2 i vode-

nu paru

- propusnost u funkciji relativne vlažnosti i temperature
 - površina folije
 - otpornost na vanjske utjecaje
- Ostali čimbenici koji utječu na sastav MA su:
- slobodan volumen unutar pakovanja

brzina strujanja, temperatura i relativna vlažnost zraka izvan pakiranja

Modificirana atmosfera u ambalaži može se postići i pakiranjem povrća u djelomičnom vakuumu (hipobarična atmosfera). Proizvod se tada nalazi u atmosferi smanjene koncentracije kisika, čiji je tlak manji za 10-20% od atmosferskoga (0,1-0,2 bara). To osigurava bolju kakvoću i veću trajnost proizvoda.

Kontrolirana atmosfera postupak je konzerviranja u kojem se mijenja tj. modificira sastav početne atmosfere u kojoj se nalazi proizvod i to sniženjem udjela O_2 (na cca 3%) i povećanjem udjela CO_2 (na 2 do 5% i više). Ovakav oblik uspostavljanja atmosfere obično se provodi u komorama i velikim skladišnim prostorima

Plastične folije za pakiranje voća i povrća u MA

Općenito, pri konzerviranju povrća u MA, pakiranjem u plastičnu ambalažu, posebno je važno odabrati foliju odgovarajuće propusnosti za plinove i vodenu paru. Idealne su one folije koje propuštaju više CO_2 iz ambalaže u atmosferu nego O_2 iz atmosfere u ambalažu i koje su male propusnosti za vodenu paru. Propusnost za CO_2

Karakteristični i optimalni uvjeti skladištenja za neke vrste cjelovitog voća i povrća pakiranjem u MA

Voće/ povrće	Intenzitet disanja pri 5°C, mg CO_2 /kg/h	Granice tolerancije		Optimum		Preporučena temp. skladištenja	Predviđena trajnost
		Max. CO_2 (%)	Max. O_2 (%)	CO_2 (%)	O_2 (%)		
Jabuke	5-10	2-5	1-2	1-3	1-2	0-3	2-11mj.
Marelice	10-20	2	2	2-3	2-3	0-5	-
Nektarine	-	-	-	3-5	1-2	0-5	-
Breskve	10-20	5	2	3-5	1-2	0-5	-
Kruške	-	2	2	0-1	2-3	0-5	-
Jagode	20-40	15	2	15-20	5-10	0-5	-
Banane	-	5	2	2-5	2-5	12-15	15d.
Avokado	-	5	3	3-10	2-5	5-13	8-10d.
Trešnje	10-20	15	2	10-12	3-10	0-5	-
Mango	15	5	-	5-8	3-7	10-15	-
Kivi	-	5	2	3-5	1-2	0-5	6mj.
Povrće							
Artičoke	-	2	3	2-3	2-3	0-5	29d.
Šparoge	> 60	14	5	10-14	zrak	1-5	21d.
Brokula	> 60	10	1	5-10	1-2	0-5	2-3mj.
Kupus	10-20	5	2	3-6	2-3	0-5	6-12mj.
Cvjetača	20-40	5	2	2-5	2-5	0-5	2-3mj.
Mrkva	10-20	5	5	3-4	5	0-5	4-5mj.
Zelena salata	10-20	2	2	0	1-3	0-5	3-4 tj.
Krastavci	4	10	3	0	3-5	8-12	14-21d.
Paprika	10-20	2	3	0	3-5	8-12	2-3 tj.
Špinat	> 60	15	-	10-20	zrak	0-5	2-3 tj.

mj.-mjeseci; tj.-tjedana; d.-dana