

# SKLADIŠČENJE JABOLK V DINAMIČNI ATMOSFERI

EMIL ZLATIC

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija  
emil.zlatic@bf.uni-lj.si

Tehnologija skladiščenja v dinamični atmosferi odpira številne nove možnosti k izboljšanju kakovosti sadja med skladiščenjem. Razvoj sodobnih in občutljivejših senzorjev omogoča, da ključne parametre skladiščenja dinamično prilagajamo fiziološkemu stanju plodov, kar pomeni, da vsebnost kisika v skladiščni atmosferi uravnavamo s preprečevanjem anaerobnega metabolizma v plodovih. Dosedanje izkušnje in rezultati raziskav kažejo, da lahko s tovrstnim pristopom v celoti odpravimo porjavenje kože plodov (scald). Optimirana vsebnost kisika pozitivno vpliva prav tako na ostale parametre kakovosti, kot so npr. trdota mesa plodov, barva, vsebnost kislin in sladkorjev ter prisotnost bolezni jabolk. V prispevku so predstavljeni osnovni koraki za uspešno skladiščenje jabolk v dinamični atmosferi. Prikazani so ključni parametri skladiščenja za jabolka sorte 'Gala', 'Granny smith' in 'Zlati delišes'.

**Ključne besede:**

jablana,  
skladiščenje,  
dinamična  
atmosfera,  
'*Malus domestica*',  
kontrolirana  
atmosfera.

## 1 UVOD

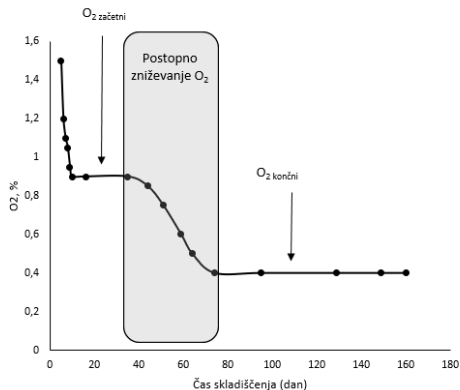
Hlajenje in skladiščenje sadja v kontrolirani atmosferi je danes praktično nepogrešljiv način podaljšanja obstojnosti plodov. Z optimalno sestavo skladiščne atmosfere in dovolj nizko temperaturo skladiščenja lahko proces zorenja močno upočasnimo, hkrati pa pomembno vplivamo tudi na razvoj nekaterih skladiščnih boleznih. Izbor ustrezne tehnike skladiščenja ima torej ključno vlogo pri zagotavljanju kakovosti sadja, zato je posodobitev sistemov skladiščenja nujna, če nameravamo slediti zahtevam kupca. Tehnologija skladiščenja jabolk je v zadnjih desetih letih pomembno napredovala, predvsem v smeri razvoja sodobnejših sistemov za nadzor skladiščne atmosfere. V običajnih sistemih skladiščenja so ključni parametri regulacije, kot so temperatura, koncentracija  $O_2$  in koncentracija  $CO_2$ , in morajo biti ves čas skladiščenja konstantni, pri čemer se ne upošteva dejstva, da se potreba po  $O_2$  med skladiščenjem spreminja. Parametri skladiščenja temeljijo na dolgoletnih empiričnih poizkusih in izkušnjah. Zaradi skrbi pred pojavom anaerobnega metabolizma plodov koncentracija  $O_2$  ni nastavljena na minimum, kar pomeni, da procesi zorenja niso tako upočasnjeni, kot bi lahko bili, če bi koncentracijo  $O_2$  nastavili na minimalno vrednost, ki še zadošča za aerobno dihanje plodov, zato ostaja skladiščni potencial sadja premalo izkoriščen. Razvoj sodobnih in bolj občutljivih senzorjev ponuja priložnost za razvoj novih tehnologij skladiščenja, ki temeljijo na prepoznavanju zgodnjih signalov anaerobnega metabolizma plodov in na njihovi osnovi regulacijo  $O_2$  v skladiščni atmosferi. V zadnjih letih so te tehnologije doživele velik razcvet, predvsem zaradi razvoja senzorjev za merjenje fotosintetskih odzivov celic, kar je eden od ključnih dejavnikov za prepoznavanje občutljivosti plodov na nizko koncentracijo  $O_2$  v skladiščni atmosferi. Razvoj občutljivih senzorjev za merjenje  $O_2$  in  $CO_2$  je prav tako pomemben, saj odpira možnosti za preboj nadaljnjih inovacij na področju določanja fizioloških odzivov plodov, kot so meritve izločenega  $CO_2$  in določanje respiracijskega kvocienta plodov. Vse bolj pogosta in priljubljena postaja je prav tako uporaba hitrih testov za merjenje etanola v soku skladiščenih plodov. Uporaba novih tehnologij skladiščenja prinaša številne pozitivne učinke na kakovost plodov, kot je denimo odprava porjavenja kože jabolk (scald), upočasnitev sprememb trdote mesa plodov, zaviranje razgradnje kislin in sladkorjev ter zmanjšanje boleznih jabolk. Z uvedbo skladiščenja pri zelo nizki koncentraciji  $O_2$  lahko v celoti opustimo rabo poobiranih sredstev, kar izboljša ponudbo svežih jabolk in hkrati zmanjša stroške skladiščenja.

## **2 RAZVOJ PROTOKOLA SKLADIŠČENJA IN DINAMIČNA KONTROLA VSEBNOSTI O<sub>2</sub>**

Občutljivost posameznih sort na nizke koncentracije O<sub>2</sub> in visoke koncentracije CO<sub>2</sub> je lahko zelo različna in je odvisna predvsem od sorte in stopnje zrelosti plodov. Na splošno izvedbo protokola skladiščenja razdelimo na sledeče faze predpriprave jabolk:

1. polnjenje skladiščne celice; v tej fazi je pomembo redno prezračevanje celice, koncentracija O<sub>2</sub> ne sme biti nižja od 19,5 %, koncentracijo CO<sub>2</sub> pa vzdržujemo pod 1,0 %,
2. hitro ohlajanje plodov; hlajenje pomembno zmanjša intenziteto dihanja plodov, zato plodove pred pričetkom skladiščenja ohladimo na temperaturo 2,0 °C. Temperaturna razlika med najtoplejšim in najhladnejšim plodom ne sme presegati 0,5 °C,
3. začetno znižanje O<sub>2</sub> (pull down); s prepihanjem z dušikom znižamo koncentracijo O<sub>2</sub> v skladiščni atmosferi na 5 %, postopek lahko traja največ dva dni,
4. znižanje O<sub>2</sub> z naravnim dihanjem plodov; v tej fazi zagotovimo ustrezno koncentracijo O<sub>2</sub> za pričetek izvajanja dinamične atmosfere (slika 1), v tem času poteka prav tako aklimatizacija plodov na nove razmere skladiščenja, kar običajno traja sedem dni,
5. vzpostavitev dinamične kontrole O<sub>2</sub> v skladu s protokolom na sliki 1; s pomočjo dihanja plodov ali prepihanjem z dušikom postopno znižamo koncentracijo O<sub>2</sub> do željene končne vrednosti. V tej fazi nameravamo aerobni metabolizem čim bolj upočasniti, vendar pri tem ne nameravamo doseči točke, v kateri se aktivira anaerobni metabolizem plodov, zato je dosledno upoštevanje časa zniževanja O<sub>2</sub> zelo pomembno. Za potrebe kontrole anaerobnih metabolitov vsaj enkrat tedensko odvezamo združene vzorce plodov, ki morajo odražati reprezentativnost pridelka v skladiščni atmosferi.

Sorta	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> začetni	O <sub>2</sub> končni	Postopno zniževanje O <sub>2</sub>	
				št. dni	T <sub>plod</sub> °C
Gala	0,9	0,8	0,45	30	1,0
Granny smith	0,9	0,6	0,35	14	1,0
Zlati delišes	0,9	0,9	0,75	30	1,0



Slika 1: Parametri skladiščenja v dinamični atmosferi

Vir: lasten.

Preglednica 1: Nihanje trdote mesa jabolk sorte 'Gala' po osmih mesecih skladiščenja v dinamični atmosferi.

Tehnika skladiščenja	Datum vzorčenja	Opis	Trdota
-	25.08.2020	Obiranje	kg/cm <sup>2</sup> 7,78
DCA atmosfera	22.03.2021	Konec skladiščenja	7,48
DCA atmosfera	29.03.2021	Prodajna polica, 7 dni, 20°C	6,9
Smartfresh	22.03.2021	Konec skladiščenja	6,95
Smartfresh	29.03.2021	Prodajna polica, 7 dni, 20°C	7,37

DCA dinamična atmosfera

Preglednica 2: Trdota mesa jabolk sorte 'Granny smith' po osmih mesecih skladiščenja v dinamični atmosferi.

Oznaka vzorca	Datum vzorčenja	Opis	Trdota	Scald
-	25.09.2020	Obiranje	kg/cm <sup>2</sup> 8,45	
DCA atmosfera	13.04.2021	Konec skladiščenja	8	0
DCA atmosfera	20.04.2021	Prodajna polica, 7 dni, 20°C	7,9	0
DCA + NA atmosfera	4.05.2021	Prodajna polica (21 dni, 1°C) + 24h 20°C	-	0
DCA + NA atmosfera	18.05.2021	Prodajna polica (35 dni, 1°C) + 24h 20°C	-	0
DCA + NA atmosfera	1.06.2021	Prodajna polica (49 dni, 1°C) + 24h 20°C	-	0
DCA + NA atmosfera	27.07.2021	Prodajna polica (105 dni, 1°C) + 24h 20°C	-	30

NA navadna atmosfera

DCA dinamična atmosfera



Slika 2: Prikaz plodov sorte 'Gala' po osmih mesecih skladiščenja v dinamični atmosferi.

Vir: lasten.



Slika 3: Prikaz plodov 'Granny smith' po osmih mesecih skladiščenja v dinamični atmosferi.

Vir: lasten.

