

DOI: 10.55505/SA.2023.1.05
UDC: 634.232:631.563



IMPACTUL AMBALAJELOR CU ATMOSFERĂ MODIFICATĂ ASUPRA CONCENTRAȚIEI DE CO₂ ȘI O₂ ÎN PERIOADA POST-RECOLTARE LA DOUĂ SOIURI DE CIREȘE

Andrei LOZAN*, ORCID: 0000-0001-8236-9829

Facultatea Științe Agricole, Silvice și ale Mediului, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Andrei LOZAN - e-mail: andreas.eden4@gmail.com

Abstract. Sweet cherry fruits are considered to be highly perishable, with a short shelf life and very often cannot reach the final consumer at optimum quality after a longer period of transportation. In this research, four types of modified atmosphere packages were studied related to gas concentration dynamics during the post-harvest period to maintain fruit quality in Kordia and Regina varieties grafted on Gisela 5 rootstock. To determine the effectiveness of modified atmosphere packaging in contrast to normal atmosphere the following experiment was carried out: V1 - normal atmosphere (control); V2 - Trendlife; V3 - Decco; V4 - ESL; V5 - Xtend. Sweet cherries were stored for 42 days at the temperature of -0.5°C. At intervals of 0; 2; 4; 5 and 6 weeks after storage, the CO₂ and O₂ concentrations were determined using the gas analyzer for CO₂ and O₂ (Gas Analyzer Avi-Gas, TEXA, Poland). The results were compared to the control variant. Modified atmosphere packages had a positive effect on CO₂ and O₂ concentrations during storage. The concentration of carbon dioxide increased significantly and the concentration of oxygen decreased, which created favourable conditions for extending the storage life of sweet cherries. The most rational CO₂ and O₂ concentrations were in the variants where sweet cherries were stored in Decco and Xtend packages.

Key words: Sweet cherries; Modified atmosphere packages; Carbon dioxide; Oxygen.

Rezumat. Fructele de cireș se consideră foarte perisabile, a căror durată de depozitare și păstrare este redusă și foarte frecvent nu pot ajunge la consumatorul final la o calitate optimă de consum după o perioadă mai îndelungată de transportare. În cadrul acestei cercetări au fost studiate patru tipuri de ambalaje cu atmosferă modificată și influența lor asupra concentrației de gaze în perioada post-recoltare, pentru a menține calitatea cireșelor de soiurile Kordia și Regina, altoite pe portaltoiul Gisela 5. Pentru determinarea eficienței ambalajelor cu atmosferă modificată în comparație cu atmosfera normală a fost înființată următoarea experiență: V1 – atmosferă normală (martor); V2 – Trendlife; V3 – Decco; V4 – ESL; V5 – Xtend. Cireșele au fost depozitate timp de 42 zile la temperatura de -0,5°C cu o umiditate relativă de 90-95%. La intervale de 0; 2; 4; 5 și 6 săptămâni după punerea la păstrare a cireșelor s-a determinat concentrația de CO₂ și O₂ cu ajutorul analizatorului de gaze Gas Analyzer Avi-Gas, TEXA, Polonia. Rezultatele au fost raportate la varianta martor. Ambalajele cu atmosferă modificată au avut un efect pozitiv asupra concentrațiilor de CO₂ și O₂ în perioada păstrării. Concentrația dioxidului de carbon s-a majorat esențial, iar cea a oxigenului a diminuat, creând condiții favorabile pentru prelungirea duratei de depozitare a cireșelor. Cea mai rațională concentrație de CO₂ și O₂ a fost în variantele unde cireșele s-au păstrat în ambalaje de tipul Decco și Xtend.

Cuvinte-cheie: Cireșe; Ambalaje în atmosferă modificată; Dioxid de carbon; Oxigen.

INTRODUCERE

Producția mondială de cireșe crește în fiecare an, deoarece este un fruct solicitat de consumatori pe scară largă care înregistrează beneficii majore în comparație cu alte specii pomicole. Cireșele se comercializează cu ușurință, dar sezonul scurt de recoltare și fermitatea sensibilă a fructelor limitează disponibilitatea lor pe piață pe parcursul a câtorva săptămâni (Long et al., 2014).

Calitatea fructelor este un factor foarte important pentru comercializarea cireșelor. Principalele caracteristici de calitate ale acestui fruct atractiv sunt dimensiunea, culoarea fructului și a pedunculului, glucidele, fermitatea și compușii fenolici (Esturk et al., 2012). Printre principalele afecțiuni de calitate ale acestui fruct pot fi considerate: scobiturile, brunificarea pedunculului, defectele la nivel de epidermă, crăparea fructelor și bolile fungice după recoltare (Esti et al., 2002; Alique et al., 2003; Esturk et al., 2012). În plus, fermitatea scăzută a fructelor limitează perioada de aflare în rețelele de comercializare pe un interval mai lung de timp. Astfel, prelungirea perioadei de depozitare și a termenului de consum al cireșelor are o importanță vitală pentru rețelele de comercializare (Esti et al., 2002; Serrano et al., 2005).

Cireșele reprezintă un fruct perisabil, care se alterează rapid după recoltare, având un termen de valabilitate redus și frecvent nu poate ajunge la consumatorul final la calitatea dorită. Pierderi de produse de până la 12% pot apărea din cauza fructelor de calitate scăzută (Clayton et al., 2003).

Unul dintre elementele tehnologice ce îmbunătățesc calitatea cireșelor este utilizarea ambalajelor cu atmosferă modificată (MAP). Acest element tehnologic are rezultate pozitive asupra prelungirii duratei de depozitare a mai multor produse proaspete. Studiile anterioare au arătat că ambalarea în atmosferă modificată are efecte semnificative asupra parametrilor de calitate post-recoltă, inclusiv pierderile de greutate (Esturk et al., 2012; Tapia García et al., 2017), aciditatea titrabilă (Harb et al., 2006; Wang & Long, 2014), culoarea epidermei (Tapia García et al. 2017; Wang et al. 2015), fermitatea pulpei (Tapia García et al. 2017; Wang & Long, 2014; Harb et al., 2006), dezvoltarea scobiturilor (Kappel et al., 2002), brunificarea pedunculului (Tapia García et al., 2017; Harb et al., 2003; Wang et al., 2015) și gustul (Kurubaş et al., 2018) la diferite soiuri de cireș. Ambalajele MAP diminuează pierderea de umiditate, dezvoltarea diferitor ciuperci, decolorarea pulpei și pierderea substanțelor bioactive în timpul perioadei post-recoltare.

MAP poate contribui la atingerea acestui obiectiv și este una dintre cele mai practice metode de păstrare a calității fructelor, în special în timpul depozitării și comercializării, precum și de reducere a pierderilor post-recoltare la cireșe (Giacalone & Chiabrande, 2013; Guilbert et al., 1996; Thompson, 2010). Tehnologia contribuie la o întârziere a modificărilor fizico-chimice în metabolismul cireșelor în ceea ce privește pierderea calității fructelor prin creșterea nivelului de CO₂ și scăderea conținutului de O₂. Însă, s-a demonstrat că diferite concentrații de O₂ și CO₂ sunt optime pentru diferite soiuri de cireșe (Serrano et al., 2005). Aceste ambalaje, special concepute pentru cireșe, sunt acum disponibile la mai mulți producători de astfel de ambalaje din diverse țări și au câștigat o largă recunoaștere în tehnologia de ambalare post-recoltare. MAP este și mai eficientă, atunci când este utilizată în combinație cu prerăcirea cireșelor, deoarece temperaturile mai scăzute ajută la încetinirea respirației și a dezvoltării diverselor schimbări fiziologice ce au loc în cireșe în perioada de păstrare.

Obiectivul acestui studiu a fost de a examina efectele diferitelor ambalaje asupra concentrației de O₂ și CO₂ în perioada post-recoltare la soiurile de cireș Kordia și Regina în decursul a șase săptămâni de depozitare.

MATERIALE ȘI METODE

Cercetările s-au efectuat în perioada anilor 2019; 2020 și 2022, cu fructe de cireș produse în întreprinderea „Farm Prod” SRL, s. Olănești, r. Ștefan Vodă. Plantația a fost fondată în primăvara anului 2004 cu pomi cronăți de doi ani din soiurile Kordia și Regina altoiți pe portaltoiul Gisela 5. Pomii au fost conduși după coroana fus subțire, distanța de plantare 4,0x1,5 m.

Cireșele cu pedunculi de soiurile Kordia și Regina au fost recoltate dimineața devreme, la maturitatea optimă de recoltare, sortate vizual din perspectiva culorii, a calibrului (26-30 mm), a lipsei de deteriorări fizice sau microbiologice, având conținutul mediu de substanțe solubile uscate de 16,6°Brix și aciditatea titrabilă medie de 0,88%.

Apoi cireșele au fost răcite în prealabil cu aer în cameră de prerăcire până când pulpa fructelor a avut temperatura de 3°C și transportate la unitatea de depozitare a Facultății Tehnologia Alimentelor a Universității Tehnice a Moldovei. În timpul transportării, fructele au fost acoperite cu un material termostatic. În caz de majorare a temperaturii din fructe, operațiunea de prerăcire a fost repetată până la 1°C în camera frigorifică din laborator.

Pentru determinarea eficienței a patru MAP-uri la soiurile Kordia și Regina a fost realizată următoarea experiență (Tabelul 1).

Fructele au fost împărțite aleatoriu în cinci variante și fiecare variantă a obținut denumirea sa conform tabelului 1, care a fost constituită din 3 repetiții. În fiecare repetiție, cantitatea pentru păstrare a fost de 5 kg de fructe. Cireșele păstrate în atmosferă normală au fost considerate ca variantă martor în cadrul studiului. Apoi, fructele de cireșe au fost depozitate în camera frigorifică pentru păstrare pe parcursul a 42 de zile la temperatura de -0,5°C, umiditatea relativă 85-90% conform recomandărilor în vigoare pentru cireșe.

Tabelul 1. Tipul de ambalaje MAP, utilizate la păstrarea fructelor de cireș din soiurile Kordia și Regina

Denumirea ambalajului	Compania producătoare	Țara de origine
Atmosferă normală (M)	-	-
Trendlife	DEKA Plastik Packing Solutions	Turcia
Decco	Decco Italia	Italia
ESL	ESL	Germania
Xtend	StePac	Israel

Cercetările au fost efectuate în condiții de laborator după metode acceptate de efectuare a investigațiilor privind păstrarea fructelor la culturile pomicele. La intervalele de 0; 2; 4; 5 și 6 săptămâni după punerea la păstrare a cireșelor s-a determinat concentrația de CO₂ și O₂ din ambalaje cu atmosferă modificată luate în cercetare, cât și varianta martor.

Concentrațiile de CO₂ și O₂ din spațiul din interiorul ambalajelor au fost măsurate cu ajutorul analizatorului de gaze pentru CO₂ și O₂ (Gas Analyzer Avi-Gas, TEXA, Polonia). Echipamentul din dotare era destinat pentru a determina concentrația de gaze în % în interiorul camerei de păstrare, fiind varianta martor, cât și a ambalajelor cu atmosferă modificată.

Rezultatele au fost raportate la varianta martor.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Compoziția chimică a aerului din perioada păstrării influențează calitatea fructelor și durata lor de păstrare. În condiții normale compoziția aerului din camera de păstrare trebuie să fie asemănătoare sau cât mai aproape de cea a aerului atmosferic prin care, la temperatura de 20°C, oxigenul constituie 20,95%, iar dioxidul de carbon – 0,04% (Jamba & Carabulea, 2002).

În MAP pe parcursul perioadei de păstrare se înregistrează o creștere a concentrației de CO₂ și o reducere a celei de O₂, fapt ce duce la scăderea intensității procesului de respirație, la întârzierea maturării, a îmbătrânirii și a dezvoltării bolilor (Jamba & Carabulea, 2002).

Dioxidul de carbon este un gaz incolor cu un miros ușor înțepător la concentrații foarte mari. Activitatea antibacteriană a CO₂ este semnificativ mai mare la temperaturi sub 10°C decât la 15°C sau mai mari. Acest avantaj are utilizare importantă în cadrul păstrării cireșelor în cadrul ambalajelor cu atmosferă modificată.

Proprietățile antibacteriene ale CO₂ sunt cunoscute de mult timp. Studiile recente au arătat că CO₂ este eficient împotriva bacteriilor psihrotrofe (King & Nagel, 1975), ce la rândul său poate prelungi durata de păstrare a fructelor la temperaturi scăzute.

În afară de gestionarea temperaturii în camerele de păstrare, mai există și alte tehnologii, inclusiv MAP pentru a menține calitatea post-recoltare a cireșelor, a păstra culoarea verde a pedunculului, aroma și pierderile cauzate de diferite boli fiziologice în perioada păstrării (Kurubaș et al., 2018). MAP poate contribui la atingerea acestui obiectiv și respectiv, una dintre cele mai practice metode de păstrare a calității fructelor, în special în timpul depozitării și comercializării în rețele de supermarketuri și pentru a diminua efectele negative întâlnite la cultura cireșului (Thompson, 2010). Datorită MAP se înregistrează o stimulare a evoluției fizico-chimice în metabolismul fructelor. Aceste modificări au loc în rezultatul coraportului dintre concentrațiile de CO₂ și O₂ în cadrul acestor ambalaje. Pentru diferite soiuri de cireș coraportul dintre concentrațiile de CO₂ și O₂ este diferit. Pentru a înregistra o păstrare mai favorabilă cercetătorii Serrano et al. (2005) și M.S. Kurubaș et al. (2018) au utilizat în cercetările lor MAP pentru a extinde termenul de valabilitate a cireșelor. În ultima perioadă de timp marii producători și exportatori de cireșe (Chile, SUA, Turcia etc.) când pregătesc produsul pentru piețe cu o durată de transportare mai îndelungată, de exemplu în China, ambalează produsul în MAP. Aceasta este considerată mai eficientă, când este combinată cu refrigerarea la temperaturi scăzute, care la rândul său încetinește rata respirației și a pierderilor în masă la cireșe.

Cercetările efectuate scot în evidență că soiul, anul de gestionare și tipul de MAP au influențat asupra concentrațiilor de CO₂ și O₂ în perioada păstrării.

Concentrația de CO₂ pe parcursul cercetărilor a fost modificată de soiurile luate în studiu, anii de gestionare și ambalajul utilizat la păstrarea cireșelor și a fost în creștere în mod diferențiat în perioada de la punerea la păstrare, până la șase săptămâni de păstrare.

Investigațiile efectuate scot în evidență că concentrația de CO₂ la soiurile luate în studiu nu a evidențiat o legitate stabilă. În unii ani concentrația de CO₂ variază și este mai mare în cadrul soiului Kordia, iar în alți ani – în cadrul soiului Regina (Tabelul 2, 3). Această diferență înregistrată privind concentrația de CO₂ nu este esențială.

Dacă de exemplu, în anul 2019, în variantele la soiul Kordia concentrația de CO₂ a constituit 5,9-9,9%, atunci în cadrul soiului Regina a fost nesemnificativ mai mare (6,1-9,5%), ori o majorare cu 3,4-5,6% în comparație cu soiul anterior.

În anul 2020 concentrația de CO₂ în ambalaje la ambele soiuri a fost la același nivel 3,7-8,8% și respectiv, 3,8-8,8%, pe când în anul 2022 valori nesemnificativ mai mari au

fost înscrise la soiul Kordia (5,7-8,4%). O astfel de legitate a fost înscrisă și în cercetările efectuate de M. S. Kurubaş et al. (2018) la soiul 0900 Ziraat cu două tipuri de MAP de permeabilitate diferită când acest parametru a variat între 8 și 18%.

Tablul 2. Concentrația de dioxid de carbon în funcție de perioada păstrării și tipul MAP-urilor în cadrul soiului de cireș Kordia, %

Variante	Perioada de evaluare					Media pe MAP
	0	2	4	5	6	
Anul 2019						
Atmosferă normală	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05
Trendlife	0,04	6,10	7,60	8,10	7,60	5,89
Decco	0,04	6,40	7,50	6,90	8,90	5,95
ESL	0,04	9,40	11,10	12,50	12,00	9,01
Xtend	0,04	10,10	9,90	11,70	12,10	8,77
Media pe săptămâni la MAP	0,04	8,00	9,03	9,80	10,15	7,40
Anul 2020						
Atmosferă normală	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06
Trendlife	0,04	4,60	4,20	4,60	5,20	3,73
Decco	0,04	5,90	4,90	4,60	5,70	4,23
ESL	0,04	9,20	9,30	11,20	10,90	8,13
Xtend	0,04	9,30	10,40	12,10	12,00	8,77
Media pe săptămâni la MAP	0,04	7,25	7,20	8,13	8,45	6,21
Anul 2022						
Atmosferă normală	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05
Trendlife	0,04	5,80	7,80	7,80	8,40	5,97
Decco	0,04	6,30	7,50	7,20	7,60	5,73
ESL	0,04	7,50	10,80	11,20	12,30	8,37
Xtend	0,04	6,60	10,80	10,30	12,20	7,99
Media pe săptămâni la MAP	0,04	6,55	9,23	9,13	10,13	7,01

Studiind cum s-a modificat concentrația de CO₂ pe parcursul cercetărilor putem menționa că la ambele soiuri valori ale indicelui în studiu au fost înscrise în anul 2019 (5,9-9,5%), iar mai mici – în anul 2020 (3,7-8,8%), însă în anul 2022 au fost obținute valori medii (5,7-8,8%).

Deci concentrația de CO₂ este influențată nesemnificativ de particularitățile biologice ale soiului luat în studiu și de condițiile meteorologice ale anului de cercetare. Datorită compoziției lor, MAP-urile au un efect evidențiat asupra concentrației de CO₂ înscrisă la finele cercetărilor. Cea mai mică concentrație de CO₂ a fost înscrisă în varianta unde cireșele s-au păstrat în atmosferă normală, care a variat între 0,05 și 0,06%. Concentrații medii de CO₂ s-au format în varianta Decco (5,2%) și nesemnificativ mai mare în cadrul păstrării cireșelor în ambalajele Trendlife (5,3%). Variantele ESL și Xtend au înscris valori mai mari a indicelui studiat, constituind 8,4 și 8,8%, respectiv. În cadrul acestor două variante, pe parcursul experiențelor n-a fost înscrisă o legitate mai evidentă, dar, în medie pe ani și soiurile luate în studiu, valori mai mari s-au obținut în varianta Xtend (8,8%).

Concentrația de CO₂ pe parcursul cercetărilor a fost modificată de soiurile luate în studiu, anii de gestionare și ambalajul utilizat la păstrarea cireșelor și a fost în creștere în mod diferențiat din perioada de la punerea la păstrare, până la șase săptămâni de păstrare.

Investigațiile efectuate scot în evidență că concentrația de CO₂ la soiurile luate în studiu nu a evidențiat o legătură stabilă. În unii ani concentrația de CO₂ este mai mare și variază în cadrul soiului Kordia, iar în alți ani în cadrul soiului Regina. Această diferență înregistrată privind concentrația de CO₂ nu este esențială.

Dacă de exemplu, în anul 2019, în variantele la soiul Kordia concentrația de CO₂ a constituit 5,9-9,9%, atunci în cadrul soiului Regina a fost nesemnificativ mai mare (6,1-9,5%), ori o majorare cu 3,4-5,6% în comparație cu soiul anterior.

În anul 2020 concentrația de CO₂ în ambalaje la ambele soiuri a fost la același nivel 3,7-8,8% și respectiv, 3,8-8,8%, pe când în anul 2022 valori nesemnificativ mai mari au fost înscrise la soiul Kordia (5,7-8,4%).

Studiind cum a derulat concentrația de CO₂ pe parcursul cercetărilor putem menționa că la ambele soiuri valorile indicelui în studiu a fost înscris în anul 2019 (5,9-9,5%), iar mai mici în anul 2020 (3,7-8,8%), însă în anul 2022 au fost obținute valori medii (5,7-8,8%) (Tabelul 2, 3).

Tabelul 3. Concentrația de dioxid de carbon în funcție de perioada păstrării și tipul pungilor MAP în cadrul soiului de cireș Regina, %

Variante	Perioada de evaluare					Media pe MAP
	0	2	4	5	6	
Anul 2019						
Atmosferă normală	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,05
Trendlife	0,04	5,80	8,30	7,60	8,50	6,05
Decco	0,04	6,80	8,10	8,30	9,40	6,53
ESL	0,04	9,50	12,10	12,30	12,40	9,27
Xtend	0,04	11,50	12,00	11,80	12,00	9,47
Media pe săptămâni la MAP	0,04	8,40	10,13	10,00	10,58	7,83
Anul 2020						
Atmosferă normală	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,05
Trendlife	0,04	3,70	4,40	5,70	5,40	3,85
Decco	0,04	4,00	4,80	5,50	6,10	4,09
ESL	0,04	8,30	9,40	10,40	11,20	7,87
Xtend	0,04	8,60	11,10	12,40	12,00	8,83
Media pe săptămâni la MAP	0,04	6,15	7,43	8,50	8,68	6,16
Anul 2022						
Atmosferă normală	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05
Trendlife	0,04	6,40	8,30	7,50	8,00	6,05
Decco	0,04	5,20	4,90	5,80	6,10	4,41
ESL	0,04	7,80	9,90	11,10	11,10	7,99
Xtend	0,04	7,90	12,00	11,30	12,60	8,77
Media pe săptămâni la MAP	0,04	6,83	8,78	8,93	9,45	6,80

Deci concentrația de CO₂ este influențată ne semnificativ de particularitățile biologice ale soiului luat în studiu și condițiile meteorologice ale anului de cercetare. Datorită compoziției lor, MAP-urile au un efect evidențiat asupra concentrației de CO₂ înscrisă la finele cercetărilor. Cea mai mică concentrație de CO₂ a fost înscrisă în varianta unde cireșele s-au păstrat în atmosferă normală, care a variat între 0,05 și 0,06%. Concentrații medii de CO₂ s-au format în varianta Decco (5,2%) și ne semnificativ mai mare în cadrul păstrării cireșelor în ambalajele Trendlife (5,3%). Variantele ESL și Xtend au înscris valori mai mari ale indicelui studiat, constituind 8,4 și 8,8%, respectiv. În cadrul acestor două variante, pe parcursul experiențelor n-a fost înscrisă o legitate mai evidentă, dar, în medie pe ani și soiurile luate în studiu, valori mai mari s-au obținut în varianta Xtend (8,8%).

Concentrația de CO₂ este influențată și de perioada de păstrare a cireșelor. Dacă în perioada plasării cireșelor la păstrare, concentrația de CO₂ pe toate variantele a fost identică (0,04%), atunci după două săptămâni de păstrare a cireșelor, în cadrul soiului Kordia valoarea acestui indicator a variat între 6,6 și 8,0%, iar la soiul Regina – între 6,2 și 8,4%. După stabilizarea relativă a regimului de CO₂ în ambalajele de păstrare a cireșelor înregistrăm în următoarele patru săptămâni, că indicele în studiu se majorează, dar nu atât de evident ca în perioada anterioară, constituind 7,2-9,2% și 7,4-10,1%, respectiv. În săptămâna a cincea și a șasea de păstrare a cireșelor în ambalajele de cercetare n-a fost înscrisă o majorare esențială, dar în unii ani chiar fost la nivelul perioadei anterioare sau ne semnificativ mai mică. Această legitate privind cumularea dioxidului de carbon a fost înscrisă și în cercetările efectuate în Turcia de către M.S. Kurubaş et al. (2018) cu soiul 0900 Ziraat, păstrat o perioadă de 50 de zile la temperatura de 0°C și umiditatea de 90-95% în ambalaje perforate de tipul Xtend și în ambalaje de polietilenă neperforate.

O moleculă de CO₂ este generată de respirația aerobă a unei molecule de O₂ și prin oxidarea glucidelor și a altor compuși organici. Prin urmare, scăderea concentrației de O₂ ar trebui să aibă aceeași rapiditate de modificare ca și majorarea concentrației de CO₂. Totuși, oxigenul se consumă mult mai rapid. Motivul de bază este că molecula de O₂ este mai mică și mai permeabilă decât cea de CO₂, prin urmare migrează mai rapid în afara ambalajului. Un alt aspect ține de coeficientul respirator ce calculează cantitatea de CO₂ produsă din oxigenul consumat în dependență de substraturile metabolismului oxidativ. Acest coeficient este de aproximativ 1 la oxidarea glucidelor, dar crește în cazul acizilor. Astfel, se produce mai mult CO₂ din aceeași cantitate de O₂ la metabolismul acizilor care sunt mai instabili decât glucidele (Richter, 1978).

Cercetările efectuate privind reducerea concentrației de O₂ la variantele luate în studiu ne demonstrează că acest parametru ca și CO₂ în MAP este influențat de particularitățile biologice ale soiului, anul de cercetare și tipul ambalajului. Valori mai mari ale concentrației de O₂ în anul 2019 au fost înscrise în cadrul soiului Kordia (8,2-13,1%) în comparație cu anul 2020, când la soiul Regina au fost obținute cele mai mari valori ale concentrației de O₂ (7,8-14,2%). Oxigenul, în variantele luate în studiu în anul 2022, a fost identic atât în cadrul soiului Kordia, cât și la soiul Regina, constituind 9,5-12,5% și 9,7-12,7%, respectiv (Tabelul 4).

Studiind reducerea concentrației de O₂ în medie pe variantele luate în studiu pe ani, observăm că valori minimale s-au înregistrat în anul 2022 (9,7-12,7%). În anul 2020 numai datorită variantei de ambalaj Trendlife a fost mare concentrația de O₂ (14,2%) în comparație cu celelalte variante, unde indicele în studiu a înregistrat valori maxime de 12,5%.

Tabelul 4. Concentrația de oxigen în funcție de perioada păstrării și tipul MAP-urilor în cadrul soiului de cireș Kordia, %

Variante	Perioada de evaluare					Media pe MAP
	0	2	4	5	6	
Anul 2019						
Atmosferă normală	21,0	20,9	20,2	20,2	20,6	20,6
Trendlife	21,0	15,2	11,1	9,1	8,9	13,1
Decco	21,0	8,6	5,1	5,9	2,2	8,6
ESL	21,0	9,9	7,2	5,1	3,6	9,3
Xtend	21,0	7,9	5,4	4,0	2,6	8,2
Media pe săptămâni la MAP	21,0	10,4	7,2	6,0	4,3	9,8
Anul 2020						
Atmosferă normală	21,0	20,7	20,8	20,6	20,8	20,7
Trendlife	21,0	12,2	9,3	7,1	7,1	11,3
Decco	21,0	9,0	5,1	4,3	3,9	8,6
ESL	21,0	10,1	7,1	7,4	6,2	10,3
Xtend	21,0	8,9	4,2	3,1	2,5	7,9
Media pe săptămâni la MAP	21,0	10,0	6,4	5,5	4,9	9,6
Anul 2022						
Atmosferă normală	21,0	20,6	20,9	20,8	20,9	20,8
Trendlife	21,0	16,1	12,3	7,4	5,8	12,5
Decco	21,0	12,1	9,6	7,5	6,5	11,3
ESL	21,0	13,6	10,7	6,5	4,4	11,2
Xtend	21,0	8,9	7,8	5,9	3,9	9,5
Media pe săptămâni la MAP	21,0	12,7	10,1	6,8	5,1	11,1

MAP modifică concentrația de O_2 în cadrul variantelor luate în studiu pe aceste soiuri pe perioada cercetărilor. În cadrul ambelor soiuri înregistrăm o concentrație mai mare de oxigen în varianta unde cireșile s-au păstrat în ambalajul Trendlife. Dacă în cadrul soiului Kordia în varianta respectivă concentrația de O_2 a variat între 11,3 și 13,2%, atunci aceeași variantă dar pentru soiul Regina a înregistrat valori de O_2 de 11,6-14,2%. În continuare valori mai mici ale concentrației de O_2 a fost înscrisă în varianta ESL, unde indicele studiat a constituit 9,4-11,2% și 7,6-12,7%, respectiv. Ambalajele Decco au capacitatea mai echilibrată de a corela concentrațiile dintre CO_2 și O_2 în perioada păstrării cireșelor. În cadrul soiului Kordia concentrația de O_2 în ambalajele respective au înregistrat 8,1-11,3%, iar la soiul Regina 6,4-11,0%. Cea mai mică concentrație de oxigen la ambele soiuri pe parcursul cercetărilor a fost înscrisă în varianta Xtend, unde valorile din ambalaje cu cireșe de soiul Kordia au constituit 8,2-9,5%, iar de soiul Regina – de 6,3-9,7%. În această variantă și concentrația de CO_2 a fost cea mai înaltă (Tabelul 2, 3) în comparație cu celelalte variante luate în studiu.

Valori mai mari ale concentrației de oxigen pe parcursul cercetărilor au fost înscrise la ambele soiuri, când cireșele s-au păstrat în atmosferă normală, unde indicele în studiu s-a diminuat nesemnificativ și a variat între 20,5 și 20,8%. În varianta respectivă oxigenul a fost consumat prin procese oxidative cu producere de CO_2 dar a avut spațiu suficient de umplere și prin urmare nu a avut un efect de modificare major.

Perioada de păstrare își are și aportul său asupra conținutului de oxigen în ambalajele de păstrare, cât și în varianta martor. Dacă în cadrul soiurilor și variantelor luate în studiu concentrația de oxigen în varianta martor s-a diminuat neînsemnat, cu 1,0-2,4%, cu perioada punerii cireșelor la păstrare, atunci în cadrul celorlalte variante de păstrare în atmosferă modificată, indicele dat a înregistrat o reducere mai esențială (32,3-70,0%).

Studiind în continuare cum se schimbă concentrația în cadrul variantelor luate în studiu înregistrăm că varianta martor indicele luat în studiu după două săptămâni de păstrare s-a diminuat neînsemnat (20,5-22,0%). În variantele unde se studiază păstrarea cireșelor în MAP reducerea concentrației de O₂ a fost destul de evidentă, variind de la 4,4% la soiul Regina în ambalajul Xtend în anul 2019, până la 17,9% în varianta Trendlife în anul 2020 la soiul Regina. O concentrație mai echilibrată de O₂ în perioada respectivă a fost obținută în variantele cu păstrarea cireșelor în varianta Decco și Xtend (Tabelul 5).

Tabelul 5. Concentrația de oxigen în funcție de perioada păstrării și tipul pungilor MAP în cadrul soiului de cireș Regina, %

Variante	Perioada de evaluare					Media pe MAP
	0	2	4	5	6	
Anul 2019						
Atmosferă normală	21,0	21,0	20,2	20,2	20,6	20,6
Trendlife	21,0	15,2	8,0	9,6	9,8	12,7
Decco	21,0	5,1	2,6	2,3	1,0	6,4
ESL	21,0	9,4	3,8	2,6	1,1	7,6
Xtend	21,0	4,4	3,1	1,6	1,5	6,3
Media pe săptămâni la MAP	21,0	8,5	4,4	4,0	3,4	8,2
Anul 2020						
Atmosferă normală	21,0	20,5	20,3	20,5	20,7	20,6
Trendlife	21,0	17,9	14,6	8,9	8,7	14,2
Decco	21,0	10,7	6,6	4,5	4,2	9,4
ESL	21,0	12,5	11,7	8,8	8,3	12,4
Xtend	21,0	9,1	4,7	2,5	1,8	7,8
Media pe săptămâni la MAP	21,0	12,6	9,4	6,2	5,7	11,0
Anul 2022						
Atmosferă normală	21,0	20,6	20,2	20,5	20,5	20,5
Trendlife	21,0	16,5	8,2	6,4	5,9	11,6
Decco	21,0	12,9	7,3	7,5	6,3	11,0
ESL	21,0	13,7	10,5	9,1	9,2	12,7
Xtend	21,0	11,6	6,9	4,6	4,3	9,7
Media pe săptămâni la MAP	21,0	13,7	8,2	6,9	6,4	11,2

După patru săptămâni de păstrare ponderea concentrației de O₂ în varianta martor se diminuează lent în comparație cu variante de păstrare în MAP. Concentrația de O₂ a fost mai mică și a înregistrat valori diferite decât în cadrul soiurilor și anilor luate în studiu.

După săptămâna a cincea de păstrare, în cadrul unor variante înregistrăm o scădere continuă a concentrației de oxigen din MAP-urile studiate, dar la unele variante poate fi observată și o majorare neînsemnată (ESL, soiul Kordia, anul 2020).

La finele perioadei de păstrare se evidențiază că varianta martor n-a suferit mari modificări privind concentrația de O₂ de la punerea la păstrare (20,5-20,9%), însă în variantele de păstrare în diverse MAP-uri au fost înscrise cele mai mici valori de la declanșarea cercetărilor.

În medie, pe variantele cu păstrarea cireșelor în MAP-uri în cadrul ambelor soiuri, pe parcursul cercetărilor concentrația oxigenului se diminuează la maxim posibil și înregistrează valori între 3,4 și 6,4% considerată optimă pentru păstrarea cireșelor pe o perioadă îndelungată de timp cu scopul de a fi pusă la dispoziția consumatorului de o calitate mai înaltă și de a se afla în rețeaua de comerț o perioadă mai îndelungată.

În general, rezultatele obținute pe parcursul a trei ani de studiu au permis menționarea faptului că între concentrația de CO₂ și O₂ în perioada de păstrare în MAP există o corelație directă care este raportată la particularitățile biologice ale soiului, condițiile climatice din anul de gestionare, tipul ambalajelor cu atmosferă modificată și durata de păstrare a cireșelor.

CONCLUZII

Particularitățile biologice ale soiului, anul de gestionare și tipul ambalajului cu atmosferă modificată (MAP) au influențat asupra concentrațiilor de CO₂ și O₂ în perioada păstrării.

Pe parcursul păstrării, concentrația de CO₂ și O₂ în varianta martor, atmosferă normală, n-a înregistrat mari devieri de la valorile obținute la început de cercetare, însă în variantele de păstrare a cireșelor în ambalaje cu atmosferă modificată, concentrația dioxidului de carbon s-a majorat esențial, iar cea a oxigenului s-a diminuat, formând condiții favorabile pentru a exclude pierderea în greutate, înmuierea pulpei, modificările de culoare, brunificarea pedunculului, apariția scobiturilor pe fructe, dezvoltarea bolilor fiziologice și microorganismelor pe fructe și pentru obținerea unui coraport echilibrat zaharuri/aciditate.

După șase săptămâni de păstrare, ambalajele cu atmosferă modificată Trendlife, Decco, ESL și Xtend au avut o influență pozitivă asupra concentrației de CO₂ și O₂, dar un coraport mai rațional între dioxid de carbon și oxigen a fost înscris în variantele unde cireșele au fost păstrate în ambalaje Decco și Xtend.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ALIQUÉ, R., MARTINEZ, M.A., ALONSO, J. (2003). Influence of the modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Navalinda sweet cherry. In: European Food Research and Technology, vol. 217, pp. 416-420. <http://doi.org/10.1007/S00217-003-0789-X>
2. CLAYTON, M., BIASI, W.V., AGAR, I.T., SOUTHWICK, S.M., MITCHAM, E.J. (2003). Postharvest quality of Bing' cherries following preharvest treatment with hydrogen cyanamide, calcium ammonium nitrate, or gibberellic acid. In: HortScience, vol. 38, pp. 407-411. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.407>
3. ESTI, M., CINQUANTA, L., SINESIO, F., MONETA, E., MATTEO, M. Di. (2002). Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. In: Food Chemistry, vol. 76, pp. 399-405. [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00231-X](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00231-X)
4. ESTURK, O., AYHAN, Z., USTUNEL, M.A. (2012). Modified atmosphere packaging of "Napoleon" cherry: Effect of packaging material and storage time on physical, chemical, and sensory quality. In: Food and Bioprocess Technology, vol. 5(4), pp. 1295-1304. <http://doi.org/10.1007/s11947-011-0561-3>

5. GIACALONE, G., CHIABRANDO, V. (2013). Modified atmosphere packaging of sweet cherries with biodegradable films. In: *International Food Research Journal*, vol. 20 (3), pp. 1263-1268.
6. GUILBERT, S., GONTARD, N., GORRIS, L.G.M. (1996). Prolongation of the shelf life of perishable food products using biodegradable films and coatings. In: *LWT - Food Science and Technology*, vol. 29 (1-3), pp. 10-17. <http://doi.org/10.1006/fstl.1996.0002>
7. HARB, J., SAQUET, A.A., BISHARAT, R., STREIF, J. (2006). Quality and biochemical changes of sweet cherries cv. Regina stored in modified atmosphere packaging. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, vol. 80(2), pp. 145-149.
8. HARB, J., STREIF, J., SAQUET, A. (2003). Impact of controlled atmosphere storage conditions on storability and consumer acceptability of sweet cherries 'Regina'. In: *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, vol. 78(4), pp. 574-579. <http://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511666>
9. JAMBA, A., CARABULEA, B. (2002). *Tehnologia păstrării și industrializării produselor horticole*. Chișinău: Ed. Cartea Moldovei, 493 p. ISBN 9975-60-098-0.
10. KAPPEL, F., TOIVONEN, P., MCKENZIE, D.L., STAN, S. (2002). Storage characteristics of new sweet cherry cultivars. In: *HortScience*, vol. 37(1), pp. 139-143. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.1.139>
11. KING, A.D., NAGEL, C.W. (1975). Influence of carbon dioxide upon the metabolism of *Pseudomonas aeruginosa*. In: *Journal of Food Science*, vol. 40 (2), pp. 362-366. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02202.x>
12. KURUBAŞ, M.S., OZALP, G.S., ERKAN, M. (2018). Impact of modified atmosphere packaging on fruit quality and postharvest life of „0900 Ziraat” cherries. In: *Derim*, vol. 35 (1), pp.19-26.
13. LONG, L., PEŞTEANU, A., LONG, M., GUDUMAC, E. (2014). *Producerea cireşilor*. Chișinău: Editura Bons Offices, 262 p. ISBN 978-9975-120-43-2.
14. RICHTER, G. (1978). *Plant Metabolism. Physiology and Biochemistry of Primary Metabolism*. Croom Helm, 475 p. ISBN 978-0856649554.
15. SERRANO, M., MARTINEZ-ROMERO, D., CASTILLO, S., GUILLE´N, F., VALERO, D. (2005). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. In: *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 6(1), pp. 115-123. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.09.001>
16. TAPIA GARCÍA, M.I., VELARDO-MICHARET, B., AYUSO, M.C., BERNALTE, M.J., GONZÁLEZ-GÓMEZ, D. (2017). Effect of modified atmosphere on postharvest quality of ‚Sweetheart’ cherries. In: *Acta Horticulturae*, vol. 1161, pp. 653-660. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.10419>
17. THOMPSON, A.K. (2010). *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. Ed. A. Keith Thompson. 2nd ed. Section: 8. Modified Atmosphere Packaging, pp. 81-115. ISBN 978 1 84593 646 4.
18. WANG, Y., BAI, J., LONG, L.E. (2015). Quality and physiological responses of two late-season sweet cherry cultivars 'Lapins' and 'Skeena' to modified atmosphere packaging (MAP) during simulated long distance ocean shipping. In: *Postharvest Biology and Technology*, vol. 110, pp. 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.009>
19. WANG, Y., LONG, L.E. (2014). Respiration and quality responses of sweet cherry to different atmospheres during cold storage and shipping. In: *Postharvest Biology and Technology*, vol. 92, pp. 62-69. <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.003>

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 21 April 2023; Accepted 4 June 2023

© 2023 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).