

Particularități legate de refrigerarea bananelor în mijloace de transport mobile utilizând freon R449A

Particularities relating bananas refrigeration in mobile transport means using freon R449A

Lector.dr.ing. Răzvan CALOTĂ¹, ing. Andrei LUPU²

¹U.T.C.B, Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Blvd. Pache Protopopescu, nr.66, sector 2, București, Romania
e-mail: razvan.calota@gmail.com

Rezumat. Refrigerarea legumelor și fructelor se realizează pentru a prelungi termenul de consum al acestora, sau pe o durată de timp înainte de declanșării controlate a procesului de coacere, urmat de punerea produselor pe piața de consum.

Dacă procesele metabolice ale acestora (respectiv respirația) sunt majore, atunci refrigerarea se va realiza într-un mod accelerat. Temperatura de transport a bananelor trebuie păstrată între 13÷14°C deoarece la această temperatură acestea își închid porii și nu se mai pot coace pe cale naturală pe durata transportului.

Articolul prezintă o metodă de determinare a sarcinii frigorifice a instalației de refrigerare pentru un container destinat refrigerării bananelor, funcționând cu agent frigorific cu impact scăzut asupra mediului, R449A.

Cuvinte cheie: instalație de răcire, banane, agent ecologic

Abstract. Refrigeration of vegetables and fruits is done to extend their consumption period, or for a period of time before the controlled ripening process, followed by putting products on the consumer market.

If their metabolic processes (respiration) are major, then refrigeration will be done in an accelerated manner. The banana transport temperature should be kept between 13-14°C because at this temperature bananas close their pores and the process of ripening can no longer take place naturally during transport.

The article presents a method for determining the refrigeration load of the refrigeration plant for a banana refrigeration container operating with a low environmental impact refrigerant, R449A.

Keywords: refrigeration plant, bananas, ecological refrigeration agent

1. Introducere

Lanțul de gestionare a bananelor din momentul recoltării până la punerea lor în vânzare este prezentat în Figura 1.

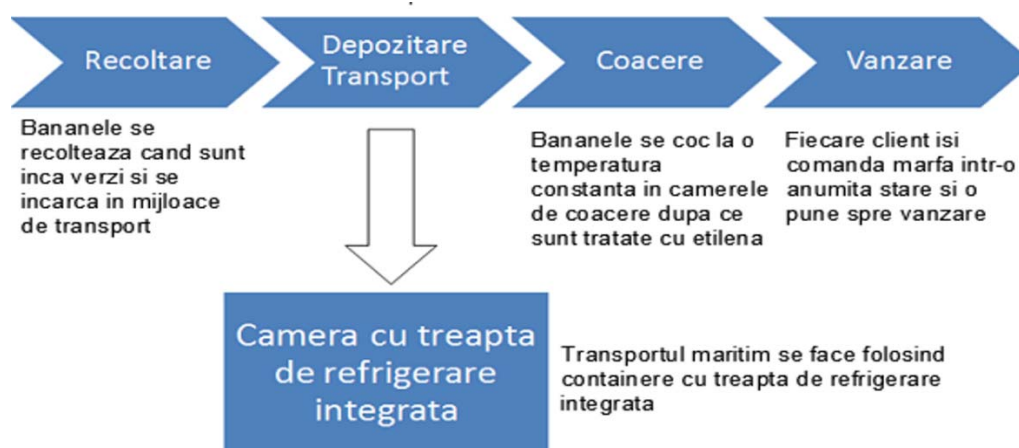


Fig.1 Etapele de prelucrare a bananelor de la recoltare la vanzare

Bananele sunt fructe care-și au originea în India, producția lor în masă având originile în jurul anului 1880. Bananele sunt recoltate în momentul în care ating un anumit punct de dezvoltare, dar când sunt încă necoapte, având coaja verde închis și miezul tare și necomestibil. Fiecare bananier dezvoltă în jur de 50-150 de banane concentrate într-un ciorchine care este recoltat și mai apoi porționat în unități ce pot fi comercializate pe piață.

Ambalarea se realizează în cutii ce urmează să fie încărcate în vase de transport cu capacitatea de a refrigera produsele. *Temperatura de transport ce se realizează prin refrigerare, trebuie păstrată între 13÷14°C deoarece la această temperatură bananele își închid porii și nu se mai pot coace pe cale naturală pe durata transportului.* Umiditatea trebuie menținută atât în camera de refrigerare cât și în camera de coacere la un nivel ridicat situat între 90% și 95%.

Evitarea oricăror imperfecțiuni și deteriorări se poate realiza cu ușurință prin menținerea temperaturii și umidității recomandate pe tot parcursul manipulării și stocării bananelor. Mucegaiul este reprezentat de puncte negre pe coaja bananelor coapte, care pot acapara întreaga suprafață a bananei. Livrarea către punctele de consum trebuie să se realizeze înainte de apariția naturală a acestui fenomen la nivelul cojii fructelor. O depozitare în frigider la temperaturi de 4÷6°C, deci sub temperatura normală de refrigerare, duce de asemenea la înnegrirea rapidă a cojii acestora.

E important de reținut că *fenomenul de coacere a bananelor nu mai poate fi stopat din momentul în care a fost declanșat*, chiar dacă sunt reintroduse la temperaturi de 13.5°C. Coacerea fructelor este declanșată în camerele special destinate acestei operațiuni de către introducerea prin intermediul unor cilindri a etilenei.

2. Prezentarea containerelor de transport cu treaptă de refrigerare integrată

Containerele sunt realizate astfel încât să poată fi utilizate la temperaturi începând de la -45°C și până la 50°C , sistemele electronice trebuie să reziste la umiditate ridicată, iar pereții containerului trebuie să aibă rezistențe mecanice sporite. Containerele pot fi *cu treaptă de refrigerare integrată sau cu unitate externă mobilă de răcire*. Cele cu treaptă de refrigerare integrată au propriul sistem atașat alimentat de o sursă trifazată, iar celelalte se bazează pe sistemele de răcire puse la dispoziție pe vasele de transport. În prezent sunt folosite preponderent *containere cu treaptă integrală de refrigerare*.

Circulația aerului răcit se realizează prin introducerea acestuia prin partea inferioară a containerului și evacuarea acestuia pe la partea superioară. Ventilatoarele asigură circulația forțată a aerului prin vaporizatorul instalației frigorifice iar apoi reintroduc aerul răcit în incintă. (Figura 2). În cazul transportului de fructe precum bananele trebuie asigurată circulația aerului printre cutiile de fructe întrucât acestea au o caldură de respirație semnificativă ce trebuie disipată.

Se asigură un număr de aproximativ 20÷40 de schimburi orare de aer, cu scopul de a evacua degajările de CO_2 , diferența de presiune între admisie și refulare fiind de aproximativ 120-250 Pa. Aerul este introdus și evacuat prin orificii de secțiune variabilă, dispuse în ușa containerului.

În momentul în care se detectează o diferență de temperatură între valoarea cerută și cea din incintă, instalația frigorifică va porni, ventilatoarele introducând aer răcit în container. *După atingerea valorii nominale a temperaturii din cameră, ventilatoarele vor continua să vehiculeze aer dar instalația frigorifică se va opri.*

Panourile termoizolante de tip sandviș sunt concepute astfel încât să satisfacă cerințele de izolare termică. Panourile sunt realizate în general din foi de tablă zincată, între care se găsește un strat interior realizat fie din spuma din poliuretan PUR sau poliizocianurat PIR, cu un coeficient scăzut de conductivitate termică, limitând astfel la maxim pătrunderile de căldură din mediul exterior.

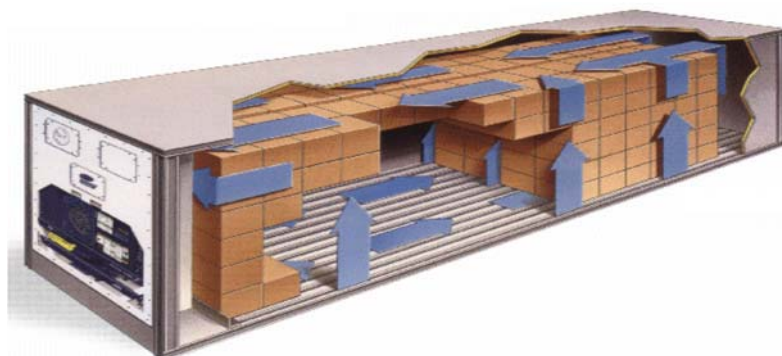


Fig. 2 Circulația aerului în interiorul unui container cu treaptă de refrigerare integrată

Prinderea mecanică dintre panouri oferă procesului de montaj precizie ridicată, iar garnitura de etanșare ajută la asigurarea izolării termice și etanșeizarea îmbinării. Garniturile de etanșare sunt utilizate la etanșarea spațiilor libere situate la capetele panourilor sandviș și la extremitățile inferioare și superioare ale acestora.

3. Instalație frigorifică pentru realizarea refrigerării

Pentru refrigerarea bananelor se folosește o instalație frigorifică cu freon R449A într-o treaptă de comprimare. (Figura 3)

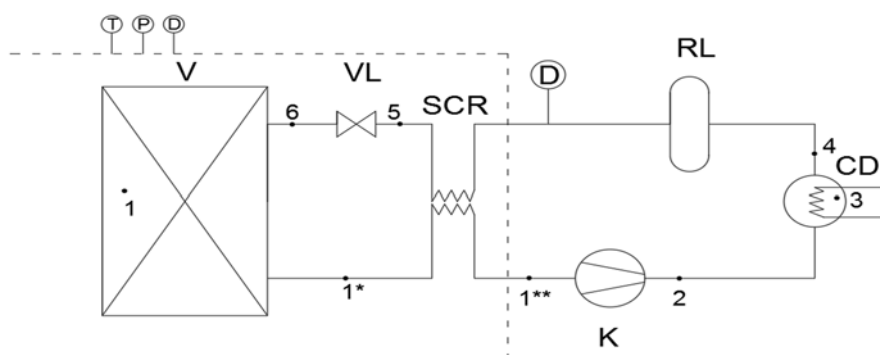


Figura 3. Legendă: *V*-vaporizator; *SCR*-schimbător de căldură regenerativ; *K*-compresor; *CD*-condensator; *VL*-ventil de laminare termostatic; *RL*-rezervor de lichid; *D*-debitmetru; *T*-termostat; *P*-presostat.

Procesele care au loc în instalație sunt următoarele:

1-1*: supraîncălzirea izobară a vaporilor în vaporizator ($p=ct.$); 2-1**: supraîncălzirea izobară a vaporilor în SCR ($p=ct.$); 1** - 2: comprimare adiabatică reversibilă ($s=ct.$); 2-3: răcirea izobară a vaporilor ($p=ct.$); 3-4: condensarea ($p, t=ct.$); 4-5: subrăcirea izobară a lichidului ($p=ct.$); 5-6: laminarea ($h=ct.$); 6-1: vaporizarea ($p, t=ct.$);

Datele de intrare sunt reprezentate de sarcina frigorifică, prezentată în capitolul următor și de temperaturile de vaporizare și condensare pentru freonul utilizat. Pentru alegerea temperaturii de condensare se porneste de la o valoare maximă a temperaturii aerului din mediul exterior de 35°C . Aerul preia căldura latentă de condensare și se încălzește cu un Δt_{\max} de 5°C . Pentru a prelua căldura de la agentul frigorific între temperatura maximă a aerului de răcire și temperatura de condensare trebuie să existe o diferență Δt_c considerată 4°C . *A rezultat temperatura de condensare de 43°C .*

Pentru a menține o temperatură la nivelul fructelor de $13,5^{\circ}\text{C}$ aerul este răcit până la 7°C , la contactul cu suprafața vaporizatorului, cedând căldura necesară vaporizării agentului frigorific. Între temperatura minimă a aerului și temperatura de vaporizare trebuie să existe o diferență Δt_0 considerată 5°C . *A rezultat temperatura de vaporizare de 2°C .*

Particularități legate de refrigerarea bananelor în mijloace de transport mobile utilizând freon R449A

Agentul frigorific Opteon XP 40 cunoscut și ca R449A are proprietatea de a avea un coeficient ODP nul și un potențial de încălzire globală GWP redus, de valoare 1282. Acesta este prezentat ca un înlocuitor pentru agenții R404a, R507 și R407A atât în cazul echipamentelor frigorifice noi cât și în cazul celor aflate deja în exploatare. ASHRAE consemnează agentul frigorific R449A cu gradul A1 de siguranță în exploatare, oferind atât siguranță pe partea de mediu cât și avantajul siguranței la incendiu.

4. Calculul necesarului de frig

Se determină necesarul de frig pentru un container de transport pentru banane având dimensiunile 12x2,5x2,2 m, respectiv un volum de 66 m³ (dimensiuni ale unui container standard). Pentru realizarea mersului de calcul au fost cumulate informații din: normativul SR-EN 16440-1/2016 [1], ASHRAE Fundamentals [2] și Container Handbook [3].

Necesarul de frig are 4 componente: *fluxul termic infiltrat prin pereții containerului din mediul exterior prin conducție; fluxul termic degajat prin respirația fructelor; fluxul termic degajat în funcționarea ventilatoarelor; fluxul termic necesar răcirii aerului proaspăt introdus din exterior.*

$$\dot{Q}_{TOT} = \dot{Q}_{inf.} + \dot{Q}_{resp.} + \dot{Q}_{vent.} + \dot{Q}_{aer pr.} \quad (1)$$

• Flux de căldură patruns din exterior prin suprafețele pereților care delimitează incinta:

$$\dot{Q}_{inf.} = k \cdot S \cdot \Delta t_{cd+rad} \quad (2)$$

Conform datelor furnizate de producătorii de panouri termoizolante, $k = 0,26 \frac{W}{m^2K}$ corespunzător unui panou de tip sandviș de grosime 80 mm, cu izolație din spumă poliuretanică (PUR).

$S [m^2]$ este suprafața pereților ce rezultă din dimensiunile standard ale unui container de transport cu treaptă de refrigerare integrată: $L=12 m$, $l=2,5 m$, $h=2,2 m$. Rezultă, $S= 123,8 m^2$.

$\Delta t_{cd+rad} [^\circ C]$, reprezintă diferența de temperatură de pe fețele pereților, cu un aport suplimentar asupra temperaturii pe fața exterioară, cauzat de influența radiației solare. $\Delta t_{cd+rad} = 26,5^\circ C$. Rezultă:

$$\dot{Q}_{inf.} = k \cdot S \cdot \Delta t_{cd+rad} = 0,26 \cdot 123,8 \cdot 26,5 = 853 W$$

• Flux de căldură degajat de ventilatoare

Vaporizatorul având 2 ventilatoare cu un consum estimat de 250 W fiecare, rezultă:

$$\dot{Q}_{vent.} = 2 \cdot 250 = 500 \text{ W} \quad (3)$$

- Flux de căldură degajat de procesul de respirație a bananelor

Valoarea se extrage din tabele de valori ale respirației diferitelor tipuri de fructe și legume, din cărțile de specialitate, [5]:

$$\dot{Q}_{resp.} = 10700 \frac{\text{kJ}}{\text{tone} \cdot 24\text{h}} = \frac{10700}{1000 \cdot 24 \cdot 3600} \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{s}} \cdot m_{banane} \cdot 1000 = 14250 \cdot 0.00012 = 1765 \text{ W} \quad (4)$$

- Flux de căldură introdus de aerul proaspăt din exterior

Ventilarea incintei se asigură printr-un număr de schimburi de aer.

$$\dot{Q}_{aer\ pr.} = V \cdot a \cdot \rho_{aer} \cdot (h_{ex} - h_i) \left[\frac{\text{kJ}}{24\text{h}} \right] \quad (5)$$

Unde: -V [m³] volumul incintei; a- numărul de schimburi de aer în 24h;

$$\dot{Q}_{aer\ pr.} = 66 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (35,4 - 13,5) = 52509,6 \frac{\text{kJ}}{24\text{h}} = 401 \text{ W}$$

Necesarul total de frig: 3519 W. Calculul a fost comparat cu datele de ieșire ale softului *Depozit* și a rezultat o eroare într- cele 2 metode de calcul de 1,4%. Softul *Depozit* a fost realizat de către o echipă de cadre universitare și studenți de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.

Particularități legate de refrigerarea bananelor în mijloace de transport mobile utilizând freon R449A

Tipul necesarului de frig	Valoare (kJ / 24h)	Putere (kW)	Buton
Patrunderile de caldura prin pereti	103338.99	1.2	Detalii...
Necesarul de frig tehnologic	148698.75	1.72	Detalii...
Necesarul de frig pentru ventilare	6730.03	0.08	Detalii...
Necesarul de frig pentru exploatare	41335.6	0.48	
Necesarul total de frig	300103.36	3.47	
Puterea frigorifica totala		3.47	Iesire

Fig.4. Date de intrare și ieșire în softul Depozit

5. Concluzii

În cadrul lucrării a fost prezentat mersul de calcul pentru determinarea necesarului de frig pentru un container mobil de refrigerare a bananelor, de 3519 W, valoare similară cu cea obținută în urma utilizării softului Depozit, destinat proceselor de refrigerare și congelare a legumelor și fructelor- eroare de aproximativ 1%.

Cunoscând temperaturile de vaporizare și condensare ale agentului R449A, determinate în cadrul materialului, putem utiliza *diagrama log p-h* aferentă acestuia, pentru determinarea ulterioară a debitului masic de agent frigorific (0,021 kg/s), puterii electrice necesare la compresor (929 W), fluxului termic cedat în condensator (4,43 kW) și eficienței instalației (3,77).

Din analiza acestor valori rezultă că agentul R449A prezintă avantaje precum presiuni de lucru mai scăzute, debit masic mai scăzut, coeficient GWP mai scăzut însă și dezavantaje, cum ar fi eficiență mai mică față de R404A.

5. Bibliografie

- [1] SR EN 16440-1/2016, Metode de încercare a echipamentelor de răcire pentru mijloace de transport izolate
- [2] ASHRAE Fundamentals Handbook, SI edition, 2009
- [3] Container Handbook by Winfried Strauch, 2018
- [4] Soft DEPOZIT, UT Cluj-Napoca, coord. Prof.dr.ing. Mugur BĂLAN
- [5] Lidia Nicolescu, Dumitru Mădularu- Conservarea alimentelor prin frig, Editura Didactică și Pedagogică, 1962
- [6] www.frigotherm.ro
- [7] www.pholod.com.ua
- [8] www.gazechim-froid.fr
- [9] www.chemours.com