

#### 4.4. Congelarea produselor alimentare

*Congelarea* este procesul de răcire a produselor alimentare până la temperaturi mult mai coborâte decât punctul de solidificare a apei. În aceste condiții se pot asigura durate de conservare mult mai lungi, de 5...50 ori mai lungi față de refrigerare.

Punctul de solidificare, se atinge în jur de  $-0,5...-4^{\circ}\text{C}$ , în funcție de natura produsului.

Faza maximă de cristalizare a apei de desfășoară între  $-1...-5^{\circ}\text{C}$ . În acest interval se produce solidificarea a 60...75% din apa conținută de produse. Congelarea trebuie astfel dirijată încât cristalizarea să se desfășoare cât mai repede.

Subrăcirea produselor congelate se continuă până la temperaturi finale aflate în intervalul  $-18...-25^{\circ}\text{C}$ , la care solidifică 90...95% din apa conținută în produse.

În aceste condiții, temperatura mediului de răcire trebuie să fie de  $-30...-35^{\circ}\text{C}$ , iar temperatura de vaporizare a agentului frigorific trebuie să fie de  $-40...-45^{\circ}\text{C}$ .

Pe durata congelării temperatura este diferită în interiorul acestora.

Cea mai ridicată temperatură se menține în *centrul termic* al produsului.

Procesul de congelare se poate considera încheiat dacă temperatura în centrul termic este cu cel mult  $3...5^{\circ}\text{C}$  mai ridicată decât a mediului în care urmează să se realizeze depozitarea.

Congelarea rapidă generează un număr mare de cristale de gheață, cu dimensiuni mici și forme regulate.

Congelarea lentă generează un număr mare de cristale de gheață, cu dimensiuni mari și forme neregulate. Cristalele de gheață de dimensiuni mari pot să spargă pereții celulari, iar sucii concentrați din interiorul celulelor poate migra în spațiul intercelular (efect de *plasmoliză*). La decongelarea acestor produse se produc pierderi mari de sucuri.

În practică se întâlnesc numeroase procedee de congelare, iar în continuare se prezintă o clasificare a acestora:

- În curent de aer rece;
  - În strat fix;
  - În strat fluidizat;
- Prin contact cu suprafețe metalice reci;
- Prin contact direct cu agenți intermediari;
- Prin contact direct cu agenți criogenici

Aparatele de congelare pot avea funcționare continuă sau discontinuă (în șarje).

Sistemele cu funcționare continuă prezintă trei faze: încărcarea, congelarea, descărcarea. Dezavantajele acestor sisteme sunt:

- Grad redus de mecanizare și automatizare;
- Multă manoperă;
- Sarcină termică variabilă (funcționarea instalației frigorifice este întreruptă);
- Nu pot fi încadrate în linii tehnologice cu flux continuu.

Sistemele de congelare cu funcționare semicontinuă prezintă alimentarea și descărcarea cu intermitențe, dar există permanent încărcătură, iar instalația frigorifică funcționează neîntrerupt, la sarcină constantă. Încărcarea și descărcarea se pot automatiza.

Sistemele de congelare cu funcționare continuă sunt caracterizate prin:

- Trecerea produselor prin spațiile de congelare în flux continuu;
- Sisteme de transport mecanizate și automatizate;
- Alimentare uniformă cu produse;
- Necesită linii tehnologice continue pentru tratamente preliminare;
- Produsele trebuie să aibă dimensiuni apropiate;

- Capacitățile de prelucrare trebuie să fie mari pentru a se amortiza cheltuielile cu mecanizarea și automatizarea.

*Congelarea în curent de aer rece* este cel mai răspândit procedeu de congelare, fiind utilizat pentru o gamă largă de produse: (carcase de carne, păsări preambalate, pește de dimensiuni mari, fructe și legume. Răcitoarele de aer montate în spații izolate sunt echipate cu ventilatoare. Temperatura aerului rece variază în limitele  $-25\dots-40^{\circ}\text{C}$ . Temperaturile mai scăzute nu sunt economice.

Există două tipuri de aparate pentru congelare cu funcționare discontinuă:

- Celule de congelare;
- Tunele de congelare.

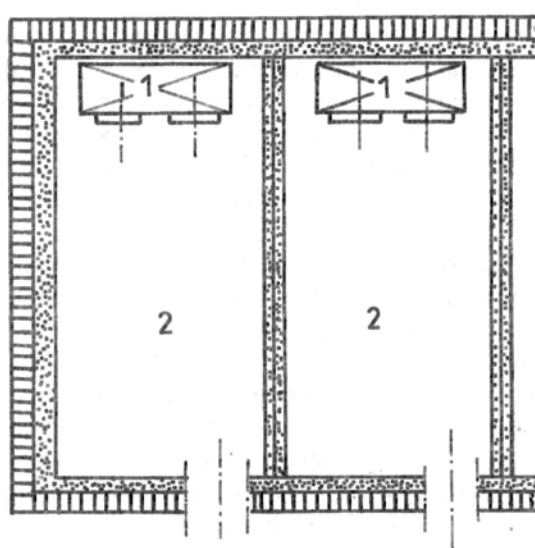
*Celulele de congelare* sunt camere frigorifice de dimensiuni reduse, complet izolate termic, destinate produselor de dimensiuni reduse, de regulă preambalate, așezate în tăvi, pe rastele mobile.

Produsele pentru care se utilizează cel mai des asemenea celule sunt:

- Unt preambalat în cutii de carton;
- Măruntaie de pasăre preambalate în pungi din material plastic;
- Pachete cu carne tranșată;
- Pește sub formă de brichete, etc.

Ventilatoarele asigură un debit de  $150\dots200$  recirculări pe oră a volumului celulei goale.

În figură este prezentat un sistem de congelare în celule, cu circulare longitudinală a aerului.



Celule de congelare cu circulație forțată a aerului;  
1-răcitoare de aer carcasate cu ventilatoare axiale;  
2-spațiu de congelare

*Tunelele de congelare* sunt spații frigorifice izolate având lungimea mult mai mare decât lățimea. Aerul are temperaturi de  $-25\dots-40^{\circ}\text{C}$ , iar viteza de minimum  $1,5\text{m/s}$  fără produse. Se utilizează pentru congelarea rapidă a următoarelor tipuri de produse:

- Carcase de carne;
- Păsări preambalate, etc.

Durata ciclului de congelare depinde de natura produselor:

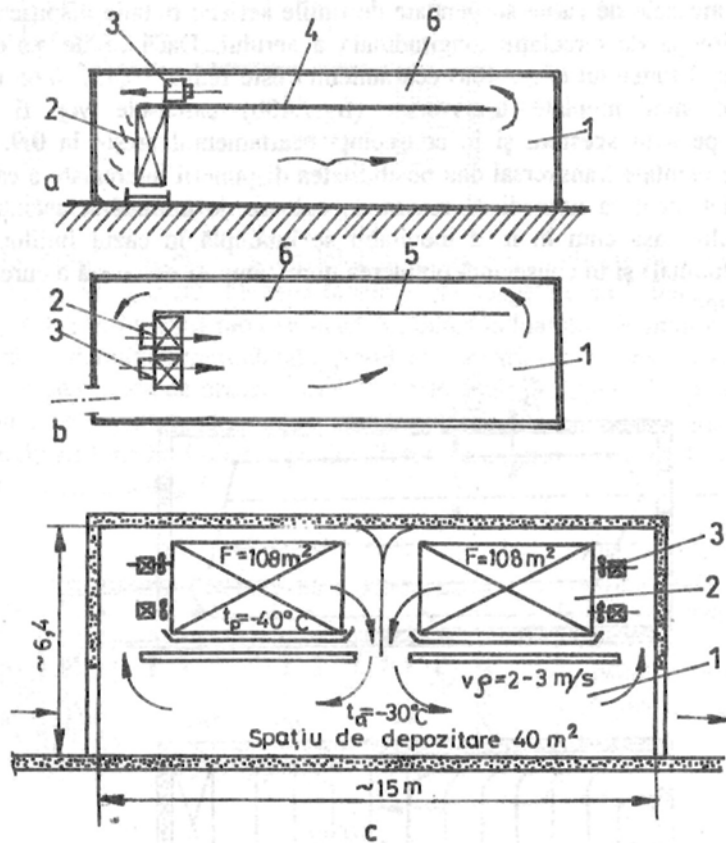
- 2 ore pentru produse mărunte preambalate;
- 12...18 ore pentru semicarcasă de carne;
- 24...40 ore pentru păsări preambalate în cutii de carton.

Circulația aerului în tunele poate să fie:

- Longitudinală;
- Transversală verticală;
- Mixtă.

Indiferent de modul de circulație, trebuie asigurate spații pentru recircularea aerului.

Câteva exemple de tunele de congelare sunt prezentate în figură.

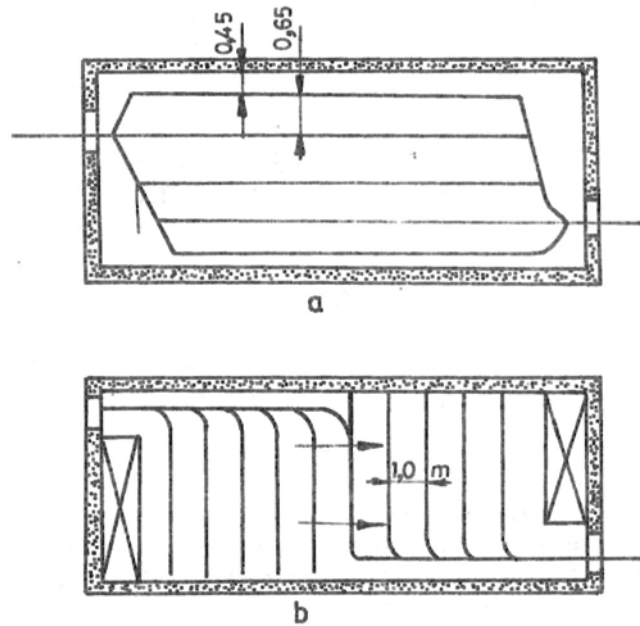


Tunele de congelare cu circulație forțată a aerului;

- a) circulație longitudinală utilizând plafon fals;
  - b) circulație longitudinală utilizând perete despărțitor (paravan);
  - c) circulație longitudinală utilizând deflectoare;
- 1-spațiu de congelare; 2-răcitor de aer; 3-ventilator; 4-plafon fals;  
5-paravan lateral; 6-retur aer recirculat

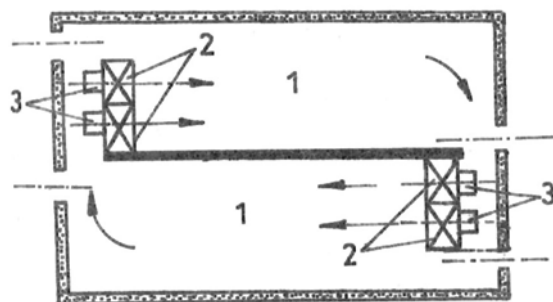
În tunele, produsele trebuie așezate în plane paralele cu direcția de curgere a aerului, pentru a nu stânjeni circulația aerului.

Două variante de așezare sunt prezentate în figură.



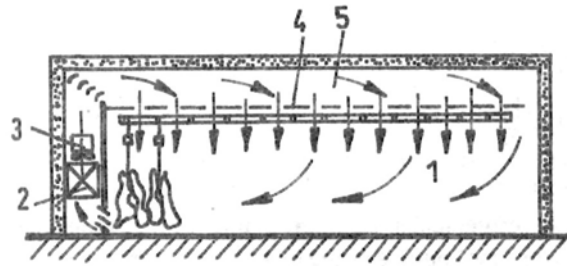
Modul de așezare a produselor în tunelele de congelare;  
a) pe linii aeriene longitudinale; b) pe linii aeriene transversale

O circulație foarte eficientă a aerului se obține prin alăturarea a două tunele de congelare, ca în figură, obținându-se tunele de congelare îngemănate. Acestea au avantajul că aerul are un rol activ pe întreg circuitul.



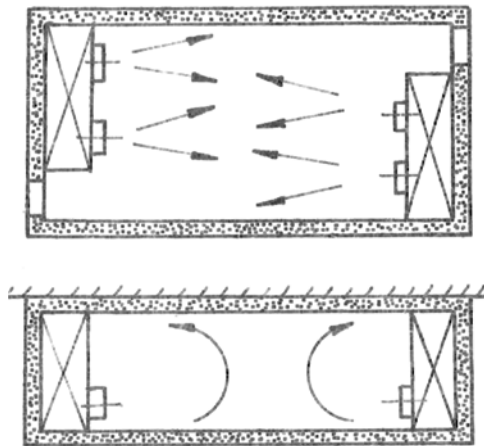
Tunele de congelare îngemănate;  
1-spațiu de congelare; 2-răcitoare de aer; 3-ventilatoare

Pentru congelarea carcaselor de animale având dimensiuni mai reduse (viței, berbeci, etc.) este recomandată circulația verticală a aerului rece.



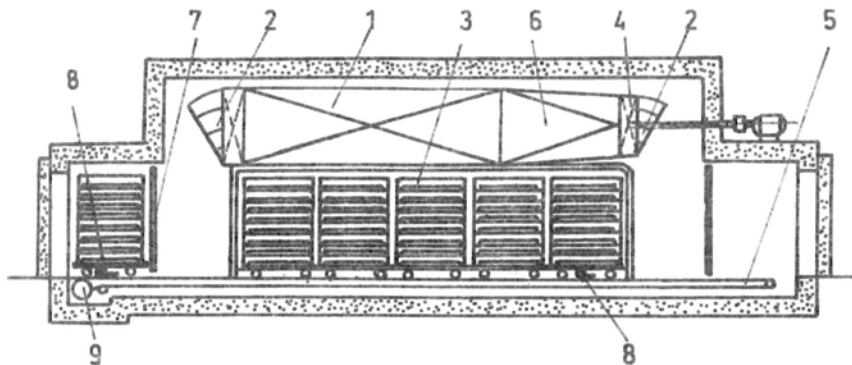
Tunele de congelare cu suflare verticală a aerului;  
 1-spațiu de congelare; 2-răcitoare de aer; 3-ventilator;  
 4-plafon perforat; 5-cameră de depresiune

Tunelele de congelare cu circulație mixtă au răcitoarele amplasate perfect simetric pe pereții frontali, ca în figură.



Tunel de congelare cu circulație mixtă a aerului

*Aparatele de congelare cu funcționare semicontinuă* sunt caracterizate prin deplasarea mecanizată și întreruptă (sacadată) a produselor în spațiul de congelare. Sunt întâlnite în unele abatoare pentru congelarea păsărilor preambalate în cutii de carton.



Tunel de congelare cu funcționare semicontinuă  
 1-vaporizator; 2-deflector; 3-cârucior rastel; 4-ventilator;  
 5-cablu de antrenare; 6-tubulatură aer; 7-uși batante;  
 8-bară și dispozitiv de acroșare

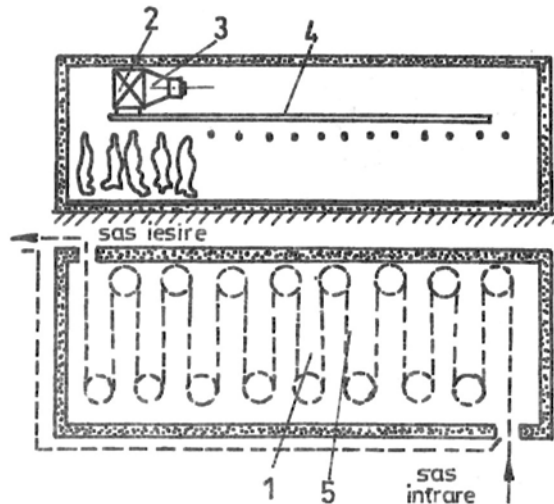
*Aparatele de congelare cu funcționare continuă* sunt în general specializate pentru anumite categorii de produse. Toate operațiile de transport sunt mecanizate și complet automatizate, un exemplu de conveyer pentru transportul produselor congelate fiind prezentat în imagine.



Conveier pentru transportul automatizat al produselor congelate

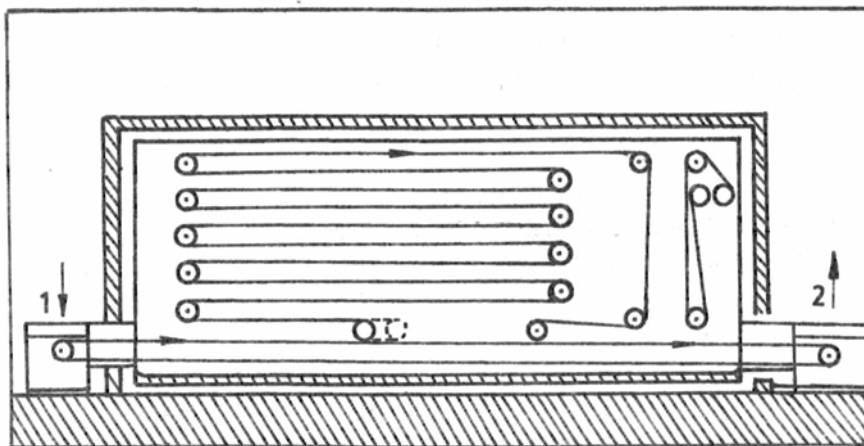
Sistemele de congelare continuă sunt intercalate în linii tehnologice care au asigurat un flux continuu de fabricație.

În figură este reprezentat un tunel de congelare cu circulație longitudinală a aerului, utilizat pentru congelarea în flux continuu a carcaselor de carne suspendate de cârlige cu role, care se deplasează pe căile aeriene de rulare tractate de un conveier cu lanț.



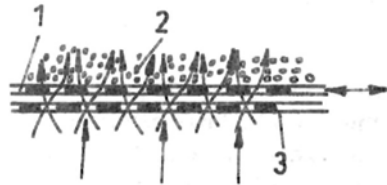
Tunel pentru congelare în flux continuu  
cu circulație longitudinală a aerului;  
1-spatiu de congelare; 2-racitoare de aer; 3-ventilatoare;  
4-plafon fals; 5-conveier

Un alt tunel de congelare cu funcționare continuă este cel pentru călirea înghețatei, produs de firma daneză Hoyer și reprezentat în imagine:



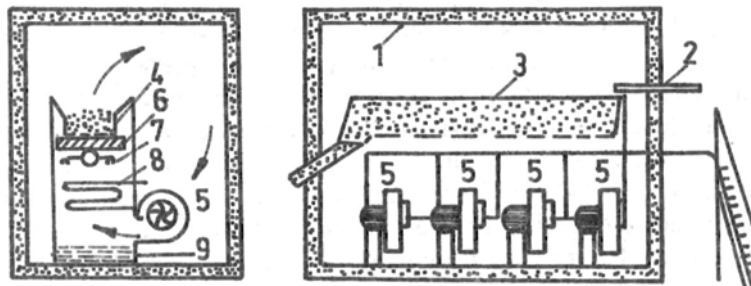
Tunel pentru călirea înghețatei, produs de firma Hoyer;  
1-conveier alimentare; 2-conveier descărcare

*Congelarea în strat fluidizat* este un procedeu modern, aplicabil produselor alimentare de dimensiuni reduse, în special fructelor și legumelor. Prin suflarea aerului de jos în sus, spre stratul de produse, acesta se afânează, iar la o anumită viteză optimă, particulele de produse devin foarte mobile, creându-se starea de fluidizare. Imaginea unui strat fluidizat este asemănătoare cu a unui fluid care fierbe. Fiecare particulă vine în contact cu aerul rece, pe toată suprafața exterioară, realizându-se rapid congelarea. Un exemplu de realizare a stratului fluidizat este prezentat în imagine. Sita mobilă fiind acționată de un excentric.



Strat fluidizat realizat cu site  
1-sită mobilă; 2-strat fluidizat; 3-sită fixă

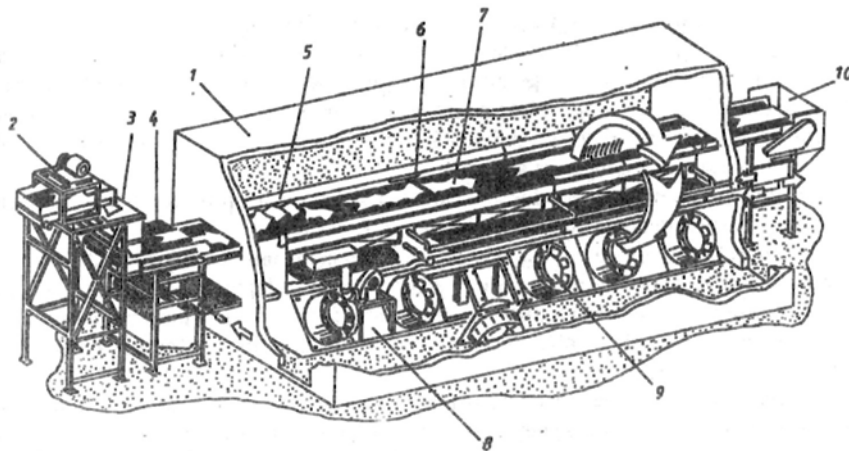
*Aparatele de congelare în strat fluidizat cu jgheab*, au jgheabul realizat din oțel inoxidabil, având fundul perforat. Un asemenea aparat este realizat de firma suedeză Frigoscandia.



Congelator în strat fluidizat cu jgheab, realizat de firma Frigoscandia;  
1-carcasă izolată; 2-distribuitor produse; 3-strat fluidizat;  
4-jgheab perforat; 5-ventilatoare; 6-separator picături;  
7-dușuri pentru decongelare; 8-vaporizator; 9-cuvă colectare apă



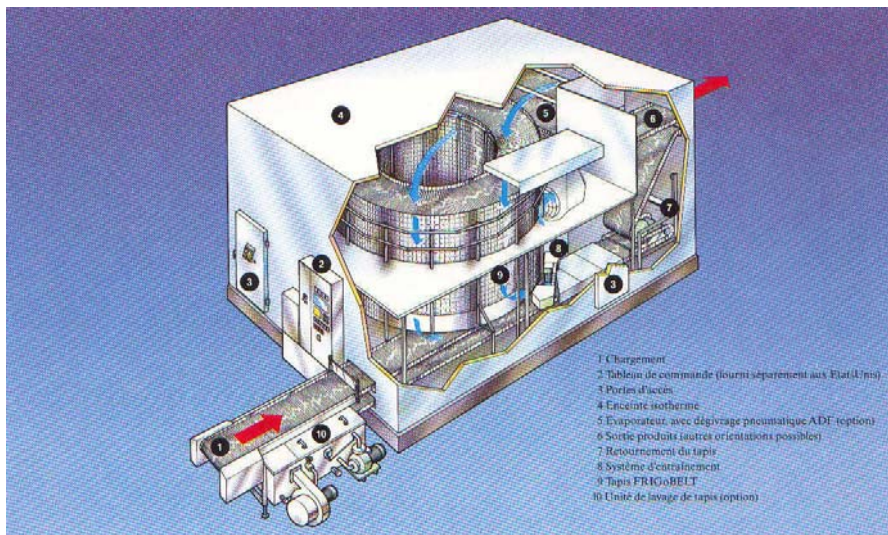
Aparatele de congelare în strat fluidizat cu bandă transportoare, au banda transportoare cu viteză reglabilă, realizată din sârmă de oțel inoxidabil. În imagine este prezentat un asemenea aparat produs de firma Lewis.



Congelator în strat fluidizat de tip Lewis;

- 1-carcasă izolată; 2-platformă vibratoare pentru separarea apei;
- 3-dozator pâlnie; 4-bandă alimentare; 5-zonă de suflare aer cu presiune ridicată;
- 6-dispozitiv de realizare a unui strat uniform;
- 7-zonă de fluidizare minimă; 8-ventilator radial; 9-ventilator axial;
- 10-pâlnie evacuare

*Congelatorul spiral* reprezintă o soluție foarte modernă pentru congelarea produselor alimentare de dimensiuni reduse. Acest tip de aparat, reprezentat în imagine, este produs pentru diferite capacități de congelare, de compania suedeză Frigoscandia.

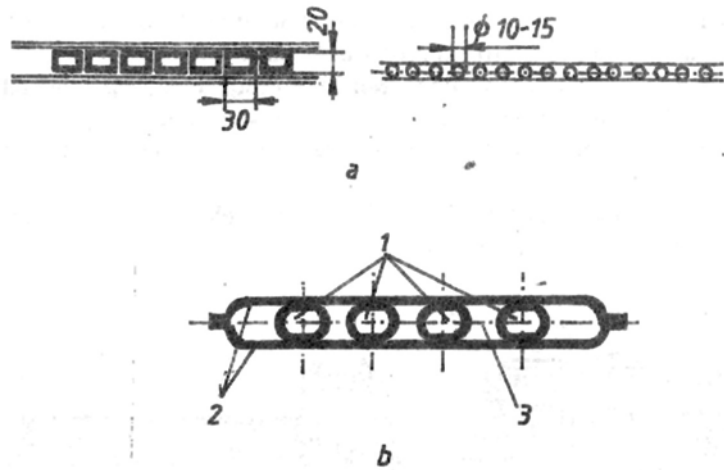


Congelator spiral Frigoscandia;

- 1-încărcare; 2-panou de comandă; 3-ușă de acces; 4-incintă izotermă;
- 5-vaporizator; 6-ieșirea produselor;
- 7-întoarcerea covorului transportor; 8-sistem de antrenare;
- 9-covor transportor Frigobelt, 10-spălarea covorului transportor

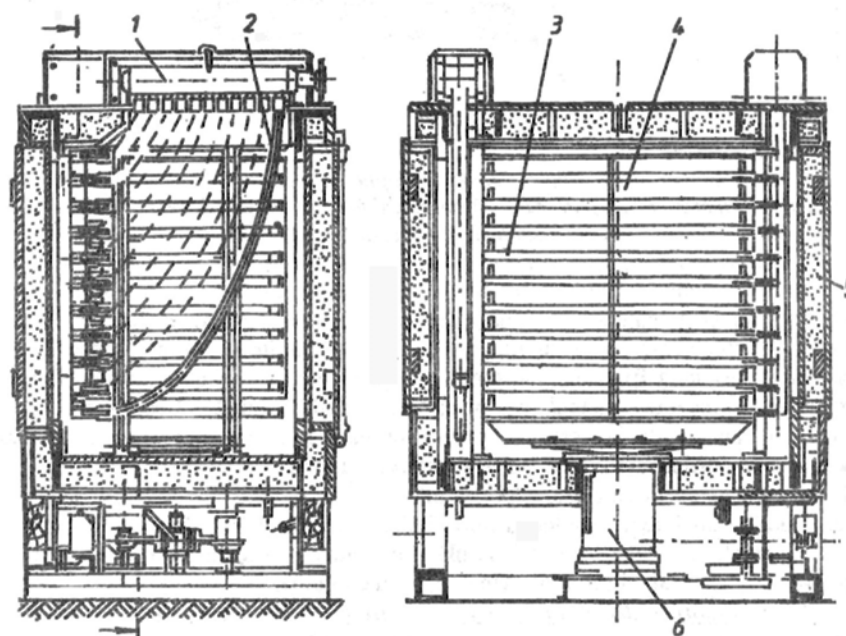
*Congelarea prin contact cu suprafețe reci* permite realizarea transferului termic prin conducție între produse și suprafețele răcite direct sau cu agenți intermediari.

În figură sunt prezentate diferite tipuri de plăci ale unor congelatoare care utilizează acest procedeu.



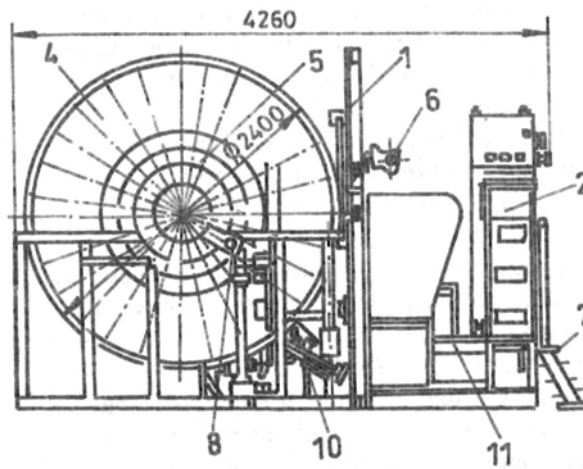
Diferite tipuri de plăci;  
 a) din țevi cu secțiune dreptunghiulară sau circulară;  
 b) din țevi de secțiune elicoidală

*Congelatoarele cu plăci orizontale* se utilizează pentru produse preambalate având formă paralelipipedică și grosimi de maxim 100 mm. Un asemenea congelator de tip Sabroe este prezentat în imagine.



Congelator cu plăci orizontale;  
 1-distribuitor agent frigorific; 2-furtun de legătură între distribuitor și plăci; 3-placă; 4-spațiu pentru produse; 5-ușă; 6-cilindru hidraulic

*Congelatoarele cu plăci rotative*, au plăcile dispuse radial în interiorul unui tambur cu arbore orizontal. Asemenea aparate, ca cel prezentat în figură sunt destinate congelării cărnii dezosate, a peștelui și fileului de pește în bloc.

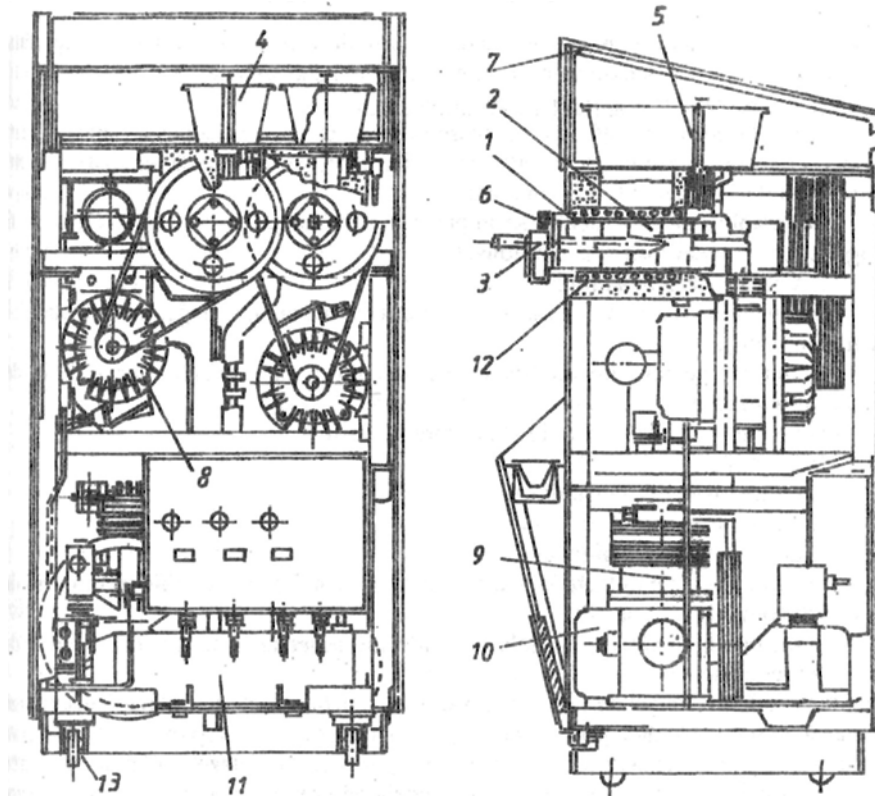


Congelator cu plăci rotative;

- 1-instalație alimentare; 2-tablou de comandă; 4-secție de congelare;
- 5-cap divizor pentru amoniac; 6-dozator volumic; 7-scară;
- 8-axul rotorului; 10-dispozitiv de descărcare; 11-masă de descărcare

*Aparatele de congelare cu cilindrii metalici* sunt prevăzute cu un dispozitiv de îndepărtare a produsului de pe suprafața răcită, în scopul realizării unui transfer termic mai bun de la suprafața metalică la produs.

Asemenea aparate sunt freezele pentru obținerea înghețatei la pahar.



Freezer pentru obținerea înghețatei la pahar;

- 1-cilindrul freezerului; 2-șnec (amestecător);
- 3-robinet de curgere a înghețatei; 4-vas de alimentare a cilindrilor;
- 5-dispozitiv de curgere a amestecului în cilindrii;
- 6-dispozitiv pentru deschiderea robinetilor de înghețată; 7-capac;
- 8-motoare electrice de antrenare a șnecurilor; 9-compresor;
- 10-electromotorul compresorului; 11-condensator răcit cu apă;
- 12-vaporizator; 13-role de rulare

*Congelarea prin imersie în agenți intermediari* are un domeniu de aplicare mai restrâns, fiind limitat la congelarea păsărilor preambalate în pungi din materiale impermeabile și la congelarea directă a unor specii de pești.

Cele mai utilizate saramuri sunt:

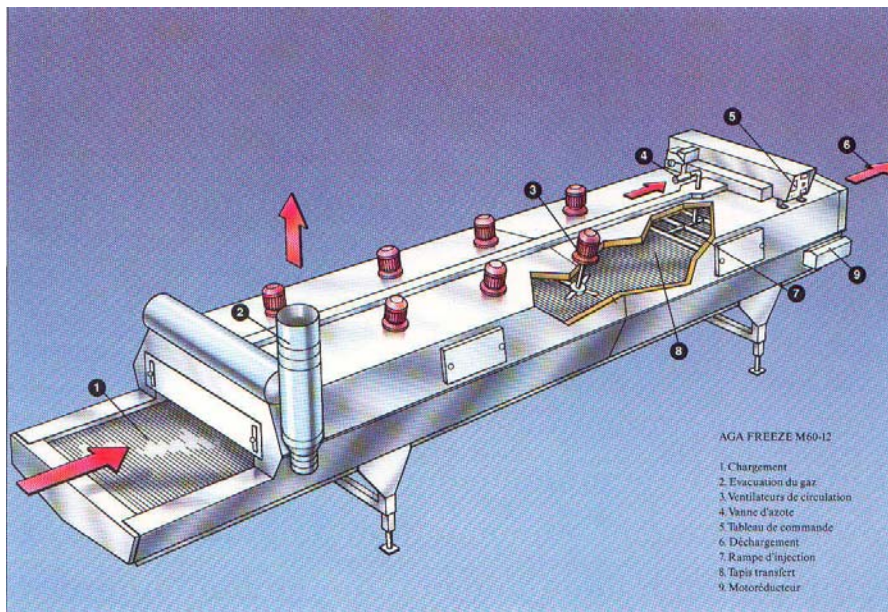
- Saramura de clorură de calciu;
- Propilenglicol.

*Congelarea prin contact cu agenți criogenici* este o metodă foarte utilizată în prezent și constă în aplicarea unui șoc termic produsului prin contact direct cu agenți criogenici având temperaturi foarte scăzute.

Cei mai utilizați agenți criogenici utilizați sunt:

- Azotul lichid;
- Aerul lichid;
- Protoxidul de azot.

În imagine este prezentat un tunel criogenic de congelare.



Tunel criogenic de congelare cu azot;  
1-încărcare; 2-evacuare vapori; 3-ventilatoare; 4-ventil pentru azot;  
5-panou de comandă; 6-descărcare; 7-rampă de injecție;  
8-covor transportor; 9-motoreductor