



METHODE DE CONSERVATION DES FRUITS DE FORET PAR REFROIDISSEMENT♦

N.D. Miron¹, I.D. Nistor², A.M. Dospinescu¹, A. Grădinaru²

¹Université de Bacău, Département d'Ingénierie Chimique et Alimentaire, Laboratoire de Synthèse Organique et Environnement; 157, Calea Mărășești, 600115-Bacău, Roumanie; E-mail : dmiron@ub.ro

²Université de Bacău, Département d'Ingénierie Chimique et Alimentaire, Laboratoire de Catalyse et Matériaux Microporeux; 157, Calea Mărășești, 600115-Bacău, Roumanie; E-mail : dnistor@ub.ro , denisanistor@yahoo.com

Abstract: The strawberries, the raspberries, the blackberries, the currants and the bilberries are fruits categorized as “soft pulp” fruits. These fruits present several difficulties of valorization, related to their resistance during transportation. The refrigeration reduces the intensity of the modifications which the fruits can suffer. For example, the mechanical impact resistance increases, because at the low temperatures the fruits are firmer [1]; much more the intensity of the biochemical processes decreases.

Keywords: *pre cooling, breathing, forest fruits, refrigeration, heat transfer, temperature*

Résumé : Les fraises, les framboises, les mûriers, les groseilles et les myrtilles sont fruits qui font partie des fruits avec pulpe molle. Ces fruits présentes plusieurs difficultés de valorisation, concernent leur résistance pendant le transport. La réfrigération réduit l'intensité des modifications qui peuvent souffrir les fruits. Par exemple la résistance aux chocs mécaniques augment, parce que aux températures basses les fruits sont plus fermes [1], en plus ils sont aussi diminué les processus biochimiques, qui peut être comme exemple la respiration.

♦ Paper presented at **COFrRoCA 2006: Quatrième Colloque Franco-Roumain de Chimie Appliquée**, 28 June – 2 July, Clermont-Ferrand, France

Mots clé: *prérefroidissement, respiration, fruit de foret, réfrigération, transfert de chaleur, température*

INTRODUCTION

Pour obtenir une réfrigération rapide il faut avoir une circulation rapide pour le milieu de froissement, avec une grande vitesse parmi les emballages avec fruits. La méthode est d'avoir déposées les fruits dans un tunnel avec circulation longitudinale d'air.

La réfrigération des fruits peut être continuée pendant le transport, mais la vitesse de froissement est dans ce cas diminuée comparative avec le cas quand on utilise une installation spéciale au centre de collecte.

Le produit choisi pour l'expriment est la framboise qui pressent la plus diminuée résistance au transport et la plus grand l'intensité dans le processus de respiration. On a utilisé une caisse frigorifique avec une température de -15°C . La humidité de réfrigération des fruits a été satisfaisant, sans enregistrer à la fin du processus des différences plus grand de 10°C . Les espèces des fruits au quelle se rapporte la présente renseignement sont, dans la première fois, fraises, framboise, mûres, groseilles et myrtilles. Elles ont été prisées en étude par suite d'une part à leur importance économique et d'autre part grâce à difficultés de valorisation, en regardant leur faible résistance au transport.

On sait que la réfrigération évite ou diminue l'intensité des modifications énumérées. Par exemple, la résistance aux chocs mécaniques s'augmente du fait que aux faibles températures les fruits sont plus fermes; en outre, l'intensité des processus biochimiques conte une grande diminution. La figure 1 illustre le fait que l'effet de diminution de la température est plus prégnant dans l'intervalle $+25\dots+10^{\circ}\text{C}$ [1-5].

Les modifications microbiologiques sont freinées ou prévenus. Par les réfrigérations des fraises jusque à température de 100°C immédiatement après la récolte, et la maintenance à cette température, peut prévenir l'apparition de moisissures temps de 6 jours. Si l'intervalle entre récolte et l'introduction à la réfrigération est plus court et la vitesse de refroidissement est plus grande résulte que l'intensité de modifications qualitatives est plus réduite.

Un exemple est représenté dans la figure 2 qui présente les résultats obtenus par nous dans le cas de fraises.

La réfrigération des fruits après récolte, est tant nécessaire, que la température ambiante est élevée (en Roumanie, la température maximum absolue au ombre a été de $+44,5^{\circ}\text{C}$, et la température maximum de compte pour couches isolante frigorifiques est $+34^{\circ}\text{C}$).

On discute maintenant les solutions applicables pour les cases dans la quelles la durasse d'intervalle entre récolte et consommation ou industrialisation, c'est plus suffisante pour justifier, sur l'aspect économique la prérefroidissement [6-10].

Les processus sont analyses sur des critères comme (1) par point de vue du étape d'application ; en principe sont possibles plusieurs variantes, sur aspect qualitative: a) au place de récolte ; b) au ferme du producteur ; c) au centres de collecte ; d) en temps de transport à destination.

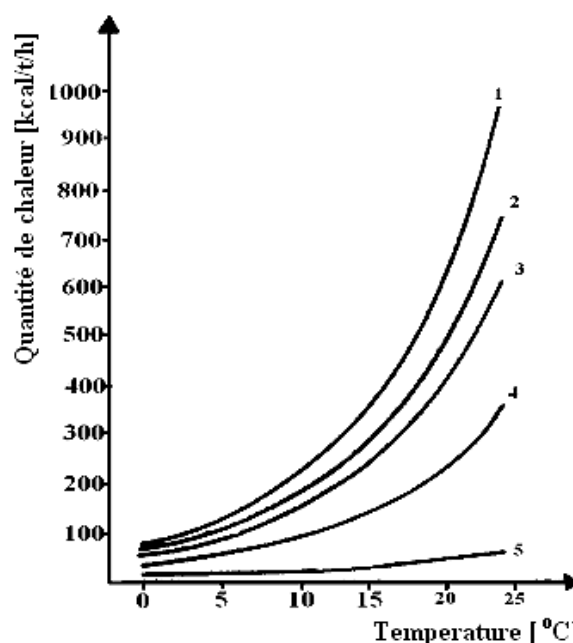


Figure 1. Influence de la température sur l'intensité de la respiration exprimée par les quantités de chaleur résultées : 1 – framboise ; 2 – mûres ; 3 – groseilles ; 4 – fraises ; 5 – myrtilles

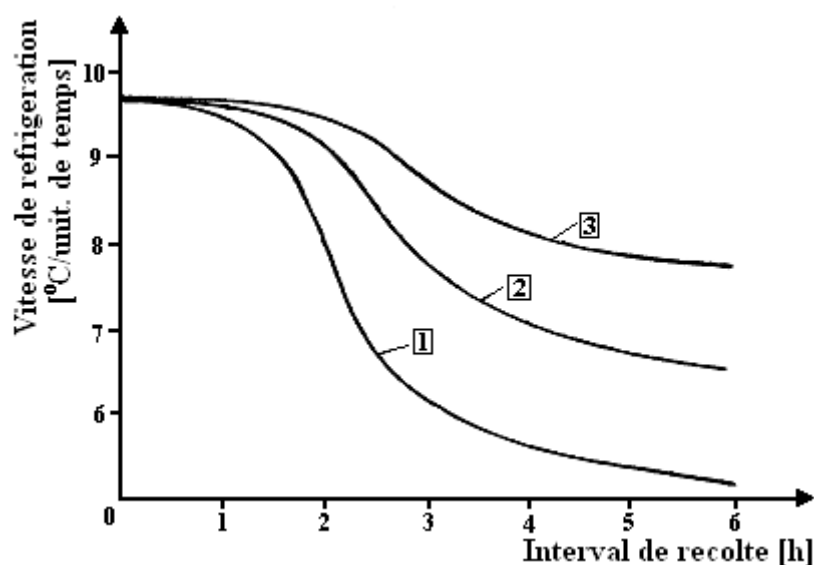


Figure 2. Influence d'intervalle de la récolte et de vitesse de réfrigération sur la qualité des fraises : 1 – intervalle de 5 heures et réfrigération rapide ; 2 – intervalle de 5 heures et réfrigération lente ; 3 – intervalle de 13 heures et réfrigération lente

On peut appliquer la combinaison des processus, quand la réfrigération commence dans une certaine étape et finit la suivante étape. Sur aspect économique, les premières deux variantes sont indiquées dans le cas des grandes cultures de fruits.

Pour les petites cultures – situation fréquente chez nous dans le cas de fruits avec pulpe molle – on peut envisager seulement les dernières deux variantes. Sur aspect qualitatif, est de préférer la variante c (prérefroidissement aux centres de collecte). A la base des

ces deux considérations, on peut apprécier comme indication la prérefroidissement au centres de collecte [11-15].

(2) De point de vue du type de l'unité : le choix peut être fait entre les unités fixes et mobiles. Décisive, dans les deux cases, est la mesure en quelle l'unité a assurée un indice d'utilisation satisfaisant. En général, l'indice d'utilisation d'un unité mobile peut être plus élevée que celui fixe si l'unité fixe n'est pas utilisée pour les autres produits surplus de saison.

Le prérefroidissement des fruits avec pulpe molle dans les unités mobiles est préféré que l'autre sur aspect qualitatif. Les premières peuvent être apporter plus proche de la place, respective de moment de récolte ; c'est pourquoi a été proposé l'introduction des outillages mobiles. Examinant ces 4 variantes possibles d'application de réfrigération, le problème du choix de type d'unité présente les suivantes aspects :

- a. Pour le prérefroidissement à la place de récolte ou en temps du transport sont pris en considération seulement les unités mobiles.
- b. La prérefroidissement des fruits aux fermes du producteur ou au centres de collecte peut être réalisée en unités fixes et en unités mobiles.
- c. Pour la prérefroidissement au centre de collecte la solution le plus indiqué dans notre pays est l'utilisation des unités mobiles grâce a suivantes conditions spécifique :
 - petits cultures dispersées par zones en fonction d'espèce ;
 - saisons courtes de production dans les zones respectives (2 – 3 semaines) ;
 - inexistence en zone des autres produits périssables qui assurent un indice d'utilisation acceptable pour les unités fixes.
- d. L'utilisation des unités mobiles sur base des wagons présente les suivantes désavantages en comparaison avec les unités a la base d'un milieu de transport auto :
 - vitesses plus diminuées de transport et manipulation supplémentaires, désavantages très importantes en case des fruits avec pulpe molle ;
 - on propose en général des distances plus grandes entre la place de récolte et la place de prérefroidissement et l'emplacement des centres de collecte est conditionné par l'existence du chemin de fer, de la gare et de la ligne de garage disponible ;
 - incombe le payement des taux grands pour le stationnement en gare de l'unité de prérefroidissement.

En principe, une unité mobile de prérefroidissement se compose d'un espace isolé thermique et une installation de refroidissement. Comme espace de refroidissement on peut utiliser un milieu de transport (semi-remorque auto, auto fourgonnette, wagon). L'installation de refroidissement – la deuxième composante de l'unité – peut être monter sur une plateforme de remorque auto ou de wagon.

Les unités mobiles on base de milieu de transport auto sont de préférées.

(3) De point de vue de type d'installation de refroidissement : la prérefroidissement des fruits avec pulpe molle réalisée dans unités mobiles et appliquée au centres de collecte représente la solution la plus convenable pour les conditions spécifique de Roumanie. Pour ça, le choix de type d'installation de refroidissement est analysé seulement pour cette case.

On a fait des calculs économiques comparatives, tenant compte d'une unité mobile basée sur milieu de transport auto avec une capacité de 5–6 tonnes sur charge, respective 1200–1400 tonnes sur année.

Le system doit être désignée pour la durée de prerefroidissement des fruits dans semi-remorque être de même ordre de mesure avec le temps de chargement de semi-remorque, respectivement 1,5–2 heures.

Pour obtenir un refroidissement rapide, il doit que le milieu de refroidissement circule avec une grande vitesse entre les emballages avec fruits, étant chargée comme dans un tunnel avec circulation longitudinal de l'air.

Une autre mesure nécessaire pour l'obtention d'une réfrigération rapide uniforme, à un débit minime d'air est l'inversion périodique de sens de circulation de celle-ci.

A la dimension d'installation on a considéré que le prerefroidissement de semi-remorque nue a été réalisé avec l'agrégat frigorifique propre, pendant le déplacement de celle-ci au centre de collecte. De suite le même agrégat assure la température nécessaire pendant du transport des fruits après prerefroidissement.

Le prerefroidissement des fruits ne peut pas être réalisé en temps utile de l'agrégat frigorifique d'une semi-remorque parce que sa force est insuffisante.

Les calculs et les données préliminaires ont indiquée que, par exemple, la réfrigération de framboises de +25 au 10 °C utilisant exclusivement cet agrégat a besoin de 20 heures (la semi-remorque chargée avec fruits au sa capacité nominale).

Ont a réalisée comparativement de point de vue économique et d'applicabilité pratique les suivantes types d'installations :

- avec glace hydrique et ajouté de sel ;
- avec azote liquide ;
- par compression mécanique.

Dans les compositions de dépenses de prerefroidissement ont a eu en considération: les amortissements, les rétributions, les consommations des matériels, les réparations, etc.

Sur l'aspect de l'applicabilité pratique, la comparaison des types d'installation se présente ainsi:

- les installations avec glace hydriques impliquent l'utilisation d'une ajoute de sel pour obtenir la vitesse nécessaire de refroidissement. Pour cet cause on doit examinée la problème de pollution de sol et des eaux par cet zones ; de cet installation doit être évacuée une quantité de 600 kg par jour, respectivement 9000 kg sel en 15 jours de fonctionnement a un centre de collecte. Telles installations présentes le désavantage du manque d'autonomie en exploitation, la glace artificielle doit être apportée par autre part.
- Les installations avec azote liquide présent le même désavantage du manque d'autonomie.
- Des installations par compression mécanique nécessite les plus grands dépenses du capital et entretien, imposant un niveau de technicité au personale d'exploitation élevée que autre types d'installation. Toutefois, l'autonomie en fonctionnement et les coûts modérates de prerefroidissement sont préférée pour l'étape actuelle dans notre pays.

Pour l'utilisation aux unités de prerefroidissement sont recommandées des installations plus compactes ayant le condensateur refroidit avec air et possibilité double d'alimentation avec énergie électrique par la réseau locale et d'un group électrogène propre.

Analysant des solutions possible et des conditions spécifiques pour cette case conduite à la conclusion que sont préférables :

- l'application de prérefroidissement aux centres de collecte ;
- l'utilisation des unités mobiles basées sur milieu de transport auto ;
- l'adoption pour l'étape actuelle d'installation de refroidissement par compression mécanique.

METHODES ET MATERIELS

Les objectives suivi ont été :

- la vérification de nécessaire spécifique de force frigorifique et débit d'air tenant compte du régime ne stationnaire du transfert de chaleur ;
- la vérification de distribution d'air et de l'uniformité du prérefroidissement des fruits ;
- l'établissement des effets qualitatifs et des pertes de masse.

Les effets qualitatifs ont été vérifié au l'usinage par congélation ayant en vue les réalisations des autres pays et les prémisses favorables d'application dans notre pays.

On a utilisée une caisse frigorifique avec condensateur refroidi avec l'air et alimentation avec énergie électrique d'un groupe électrogène propre. La force frigorifique d'installation a été de 10300 kcal/h (-15 °C/+40 °C). Le produit choisi pour l'expérience de prérefroidissement a été framboise qui entre les fruits avec pulpe molle présente la résistance la plus faible au transport et intensité plus grande du processus de respiration. La variété prédominante dans la lote expérimentale a été Rubin. Les fruits ont été introduire au prérefroidissement après 3 – 5 heures de récolte. Comme emballages on a utilisées :

- caisses de bois plaquées avec papier parchemine, arrangées superposées, avec inter espaces de 50 mm, la grosseur de couche de fruits a été de 80 mm, et le contenu d'une caisse de 5 kg ;
- corbillons de masse plastique ayant la capacité de 0,5 kg et la grosseur de couche de 70 mm ; les corbillons ont été arrangés dans caisses - étagère de bois.

Pour établir le nécessaire spécifique du force frigorifique installe ont a variée la quantité de fruits introduits dans caisses frigorifiques, ainsi que la prérefroidissement durée approximativement 2 heures. Le prérefroidissement a été considéré termine quand la température des fruits en centre de l'emballage a basse sous +10 °C. La température a été mesure avec un thermomètre.

Après l'achèvement du prérefroidissement les fruits ont été déposée au 0 - +2 °C et été elles ont été congelées. L'intervalle entre récolte et introduction à la congélation a été de 36 heures.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans la figure 3 est présenté la variation de température d'air et produit à l'expérience finale de prérefroidissement. Les courbes ont été tracées on base de moyenne résulte par plusieurs mesures.

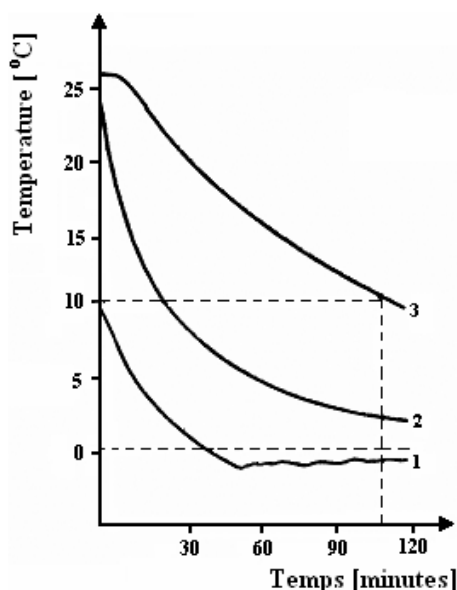


Figure 3. Variation des températures au prérefroidissement rapide des framboises, utilisant une installation avec une force installée de 16000 kcal/h et 1 tonne fruits (au -15/+40 °C) et un débit d'air récirculé de 5800 m³/(h x t fruits).: 1 – air ; 2 – la surface de produit ; 3 – le centre d'emballage. Les pertes moyennes de masse pendant de prérefroidissement ont été de 1,16 %.

CONCLUSIONS

Le prérefroidissement plus avancée des fruits au centre de collecte n'a pas été considérée nécessaire pour les suivantes motifs : dans le moment quand la température au milieu d'emballage est +10 °C, la température moyenne des fruits est plus faible, ayant en vue la valeur de +2 °C de la surface de produit (voir la figure 3), la réfrigération des fruits peut être continuée pendant de transport, toutefois la vitesse de refroidissement est, dans ce case, plus faible que dans le case d'utilisation d'une installation spéciale au centre de collecte, la réfrigération complète des fruits au centre de collecte conduit a un prolongement significative de la durée pré refroidi grâce a réduction de la différence de température entre l'air et la surface de produit en fin processus.

La part expérimental présente se réfère seulement a prérefroidissement appliqué pour l'amélioration de qualité de matière première utilisée pour congélation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Boyle, F.P., Wolford, E.R., Tressler, D., Ardsel, W.V., Copley, M.J.: *The freezing preservation of foods*. AVI. Publ. Comp. Westport, Connecticut, **1990**
2. Fidler, I.C., *Manual of refrigeration practice. Vol. 2*. Technical productions, London, **1990**, pp. 165-178
3. Becker, B.R., Fricke, B.A.: Hydrocooling time estimation methods, International Communications, *Heat and Mass Transfer*, **2002**, 29, pp. 165-174

4. McDonald, K., Sun, D.-W.: Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review, *Journal of Food Engineering*, **2000**, 45, pp. 55-65
5. Bart, M., Nicola, B.V., Beuselinck, A., Pal, J., Quenon, V., Scheerlinck, N., Verboven, P., De Baerdemaeker, J.: Propagation of stochastic temperature fluctuations in refrigerated fruits, *International Journal of Refrigeration*, **1999**, 22, pp.81-90
6. Alvarez, G., Trystram, G.: Design of a new strategy for the control of the refrigeration process: fruit and vegetables conditioned in a pallet, *Food Control*, **1995**, 6, pp. 347-355
7. Bennahmias, R.: Controlled temperature transport of fresh fruit and vegetables, *International Journal of Refrigeration*, **1990**, 13, pp. 393-400
8. Mogens, J.: Refrigeration and world food requirements, *International Journal of Refrigeration*, **1985**, 8, pp. 6-12
9. Qi Shou-Chun: The application of mechanical refrigeration to cave storage of fruit, *International Journal of Refrigeration*, **1982**, 5, pp. 235-237
10. Lorentzen G.: Food preservation by refrigeration, a general introduction, *International Journal of Refrigeration*, **1978**, 1, pp. 9-12
11. Brown, T., Corry, J.E.L., James J.S. : Analysis of heat transfer between a cylinder and an air-water mist flow containing small amounts of water droplets, *International Journal of Refrigeration*, **2004**, 27, pp. 862-868
12. Allais, I., Alvarez, G., Flick, D.: Humidification of chilled fruit and vegetables on retail display using an ultrasonic fogging system with water/air ozonation, *International Journal of Refrigeration*, **2004**, 29, pp.275-289
13. Lazzarin, R.M., Gasparella, A., Longo, G.A.: Comparison of various working pairs for absorption refrigeration systems: application of R21 and R22 as refrigerants, *International Journal of Refrigeration*, **1991**, 14, pp. 304-310
14. Wade, N.L.: Estimation of the refrigeration capacity required to cool horticultural produce, *International Journal of Refrigeration*, **1984**, 9, pp. 296-302.