

## ÉTUDE COMPARATIVE DE LA CONGÉLATION DES FRAISES MAROCAINES PAR PROCÉDE CRYOGÉNIQUE ET MÉCANIQUE

Mahacine Amrani\*  
Amin Laglaoui\*\*

Recepción: 4 de mayo de 2007 • Aprobación: 5 de octubre de 2007

### RÉSUMÉ

Des fraises de la variété Camarosa Grande, cultivées au Maroc ont été congelées selon deux méthodes: une congélation mécanique par air forcé, et un processus combinant la congélation mécanique et la congélation cryogénique utilisant du CO<sub>2</sub> liquide. Les échantillons congelés ont été conservés dans un congélateur pour des durées variées. Ensuite analysés afin de déterminer leur contenu en eau, leur teneur en anthocyanines, vitamine C et sucres totaux ainsi que leur texture. Les résultats indiquent que la méthode de congélation combinée permet d'atteindre la température de -12°C en 19 min ; alors que la congélation mécanique aboutit à la température de -18°C en 154 min. Des différences peu significatives de texture et de propriétés chimiques ont été relevées pour les différents échantillons congelés. Néanmoins, on observe une légère différence de constitution entre les fraises fraîches et surgelées. Le procédé de congélation combiné n'a aucun effet néfaste significatif sur la valeur nutritive des fraises. Il a été constaté aussi que la méthode de congélation combinée permet une nette économie d'énergie et de temps pour ce genre de produits.

**Mots clé :** fraises, congélation, cryogénique –mécanique, teneur en eau, propriétés, Maroc.

### ABSTRACT

Moroccan strawberries of Camarosa Grande variety were frozen by two different methods: mechanical freezing and a combined cryogenic process using liquid CO<sub>2</sub> and mechanical freezing. The samples were stored for several days in a domestic freezer and then analyzed by their content of moisture, anthocyanins, vitamin C, sugars, and texture. The results indicated that: mixed cryogenic- mechanical freezing was carried out at -12°C in 19 min, while mechanical freezing was carried out at -18°C in 154 min. No significant differences in the texture and

---

\* Engineering Process Department,  
Faculty of Sciences & Techniques,  
Tangier, Morocco [amrani.mahacine@menara.ma]

\*\* Biotechnology Department, Faculty  
of Sciences & Techniques, Tangier,  
Morocco

chemical properties between the freezing samples were found, although differences between fresh and frozen strawberries were observed. The combined freezing process has no significant detrimental effect on nutritive value. It was found that the combined freezing method is better than the mechanical one for this kind of products since it allows a considerable time and energy saving.

**Key Words:** strawberry, mechanical -cryogenic freezing, properties, sugars, Morocco.

## Introduction

La production agricole au Maroc a connu une nette amélioration depuis que l'agriculture constitue l'un des piliers de l'économie marocaine. Néanmoins, les conditions climatiques et l'insuffisance des techniques de stockage font que les pertes post-récolte sont très élevées, notamment pour les cultures destinées à l'exportation. Parmi celles-ci, se trouve la fraise qui a connu depuis les années 70 les premiers essais de culture modernes. Cette culture du fraisier a très vite évolué au Maroc. La culture du fraisier couvre 3.000 hectares de superficies agricoles sous abri, à savoir les serres ou les tunnels nantais (Belhamri, 1996). Quelque 110.000 tonnes ont été produites l'an dernier, contre 10 tonnes il y a 10 ans. Une partie de la production est destinée à la consommation locale. Le Maroc étant aussi un fournisseur privilégié des marchés européens, il exporte des fraises fraîches et congelées principalement vers la France et les pays scandinaves. Riches en sucres, les fraises constituent un milieu propice pour le développement des microorganismes tels les champignons, les bactéries et les levures, et responsables de leur dépréciation. Une technique d'amélioration de la conservation s'impose car les pertes survenant au cours de la commercialisation de la fraise atteignent des tonnages importants de production. Dans ce contexte, la technique de congélation permet conjointement de limiter de façon appréciable les pertes post-récolte et d'améliorer la qualité hygiénique de la fraise. Actuellement sur le marché, il existe plusieurs variétés de fraisiers à caractéristiques très variables comme le montre le tableau 1. Le Maroc, bénéficiant d'un climat similaire

à celui de la Californie, les variétés des fraises les plus cultivées sont d'origine californienne (Atta & Ezzat, 1999) avec

une nette prédominance, ces dernières années, des variétés Oso Grande et Camarosa Chandler.

**Tableau 1**  
principales variétés de la fraise cultivée au Maroc [1]

variété	type	origine	maturité	forme	couleur	Caractères particuliers
Chandler	non remontante	USA (1983)	précoce	conique	rouge clair brillant	excellente saveur
Douglas	non remontante	USA (1979)	précoce	allongée	rouge clair	pas de sensibilité particulière bonne pour la surgélation
Pajaro	non remontante	USA (1979)	moyenne	conique	rouge foncé	inadaptée à la surgélation
Tioga	non remontante	USA (1964)	moyennement précoce	ronde à légèrement aplatie	rouge brillant	très ferme, bonne surgélation pour saveur moyenne
Selva	remontante	USA (1983)	précoce	conique	rouge clair brillant	ferme bonne saveur
Oso grande	non remontante	USA (1987)	moyennement précoce	variable	rouge brillant	moyennement ferme bonne saveur
Camarosa	remontante	USA (1987)	précoce	ronde à conique	rouge très brillant	très ferme

La fraise est un fruit fragile dont la conservation après récolte est limitée à quelques jours. C'est une excellente source de vitamine C, de composés phénoliques dont l'acide ellagique et l'anthocyanine. Les sucres contenus dans la fraise favorisent non seulement le développement des microorganismes mais aussi la pourriture du fruit (Skiredj, 2006).

L'altération physiologique (poursuite de la germination, évolution relativement rapide de la maturation et des maladies) et physique (blessures et talures) de la fraise augmentent si la méthode de conservation

n'est pas maîtrisée. Divers procédés sont proposés et appliqués au niveau industriel. Nous en citons l'ionisation pour améliorer la durée de conservation, la réfrigération pour ralentir le processus métabolique, et enfin la conservation en atmosphère modifiée en employant le gaz carbonique (Roudeillac, 1987).

La cryogénie est l'étude et la production de basses températures dans le but de comprendre les phénomènes physiques qui s'y manifestent. Elle possède de nombreuses applications notamment dans le secteur agroalimentaire et industriel

pour la conservation des aliments par application de gaz cryogéniques à basses températures tels l'azote ou le dioxyde de carbone liquides. Dans ce présent travail, des fraises fraîches de la variété *Camarosa Grande* ont été congelées par la méthode combinée entre la congélation cryogénique et mécanique d'une part, et la congélation mécanique seule d'autre part. Une comparaison de la qualité des fraises congelées a été effectuée en comparant la texture, la teneur en vitamine C, la teneur en anthocyanine ainsi que la teneur en sucres réducteurs. La congélation et le stockage à froid font partie des procédés les plus anciennement utilisés pour la conservation des aliments (Bourgeois & Leveau, 1991). Ils permettent de nos jours de conserver quasi intactes et pour une durée prolongée les caractéristiques des aliments périssables. Lors du processus de congélation, les paramètres les plus importants sont la vitesse et la température de congélation. Les températures usuellement utilisées pour congeler les aliments peuvent varier de  $-15^{\circ}\text{C}$  à  $-40^{\circ}\text{C}$ . La congélation rapide, plus communément connue par l'ultracongélation se réalise en seulement quelques minutes (maximum  $120\text{mn}$ ) selon la méthode utilisée. Deux méthodes sont principalement possibles : l'ultracongélation par application de gaz cryogéniques et l'ultracongélation par des équipements mécaniques. Bien que le froid mécanique traditionnel et la cryogénie apparaissent comme des procédés compétitifs, leur application conjointe peut être envisageable pour les aliments périssables tels les fruits et légumes. L'utilisation de la congélation cryogénique en premier permet alors de congeler la surface des produits à traiter évitant ainsi les pertes en poids par déshydratation (Fraczak & korona, 1990).

## Matériel & méthodes

Des fraises de la variété *Camarosa Grande* ont été cueillies dans la région du Loukkos. Elles ont été lavées puis désinfectées dans du nitrate d'argent colloïdal pendant  $15\text{mn}$ . Pour la congélation cryogénique le  $\text{CO}_2$  solide a été utilisé pour congeler les échantillons de fraises. Les températures ont été abaissées respectivement à  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$  et  $-12^{\circ}\text{C}$ . Postérieurement, l'étape de la congélation mécanique a été réalisée dans un congélateur à flux d'air froid à  $-18^{\circ}\text{C}$  avec une vitesse de  $2.6\text{ m/s}$ . Les échantillons ayant été congelés sont placés sous film plastique dans un congélateur à  $-30^{\circ}\text{C}$  pendant une durée de un mois. Pour effectuer les analyses, les fraises ont été décongelées dans un réfrigérateur domestique durant  $24\text{ heures}$  (Gutierrez, 1996).

L'acidité totale et les sucres réducteurs ont été déterminés par les méthodes de l'AOAC (1984). Pour évaluer la teneur en acide ascorbique, la méthode colorimétrique à base de dichloroindophénol a été utilisée (Hernandez et al., 2002). La teneur en anthocyanines a été déterminée selon les méthodes décrites par Wrolstad (1976). La texture des fraises dégelées a été déterminée à l'aide d'un texturomètre.

## Résultats

Les courbes de congélation mixte (cryogénique-mécanique) et de la congélation mécanique sont représentées sur la figure 1. On observe une différence de temps de congélation de  $2.7\text{ mn}$  entre la congélation cryogénique A1 ( $16.3\text{ mn}$ ) et la congélation mixte à  $-8^{\circ}\text{C}$  (A3) et  $-12^{\circ}\text{C}$  (A4) ou le temps nécessaire est de  $19\text{ mn}$ .

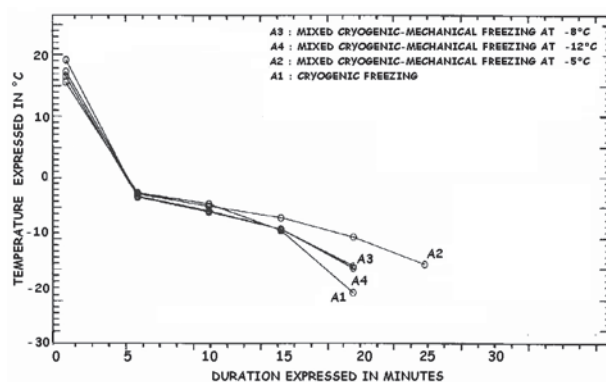


Figure. 1. Cyogenic and combined cryogenic-mechanical freezing of strawberry

Ces résultats indiquent que la durée de l'étape de congélation mécanique est considérablement réduite lorsqu'il y existe une congélation cryogénique préalable puisque seules 19 mn sont suffisantes pour

atteindre la température de -18°C. La durée de la congélation mécanique nécessaire pour atteindre la même température de -18°C est par contre très voisine de 154 mn comme le montre la figure 2.

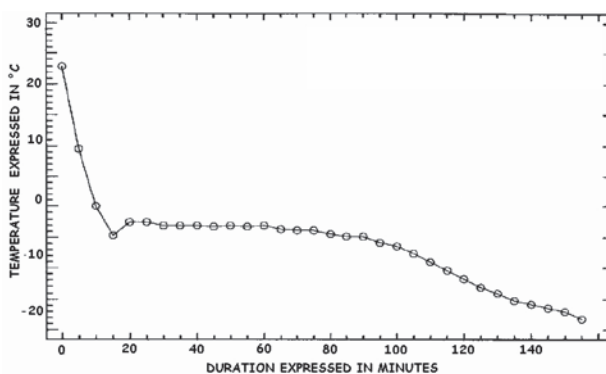


Figure. 2. Mechanical freezing of strawberry using a blast of cold air at -25 °C and 2.6 m/s speed

## Contenu en eau

Comparé à la fraise fraîche ou le contenu en eau est de 90.6% en eau, la perte maximale en eau pour les différents échantillons testés est de l'ordre de 2.58%. Ces valeurs sont inférieures à celles reportées par Gruda et Postolsky (1986) pour les différentes méthodes

de congélation: 8% à 12% de perte en masse d'eau pour la congélation continue à lit fluidisé, 8% à 11% pour la cryogénie à azote liquide, et 21% à 32% pour le tunnel de congélation à flux d'air. Il est à noter qu'il faut tenir compte également de la méthode de décongélation (Van Buggenhout et al., 2006).

### Contenu en anthocyanines et en acide ascorbique

La teneur en anthocyanines dans les fraises congelées à  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $-18^{\circ}\text{C}$ , et ce pendant 20 jours de stockage, a été de  $25.4 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de fruit comparative-ment à la teneur en anthocyanine dans les fraises fraîches et dont la valeur est de  $28.04 \text{ mg}/100 \text{ g}$ . Une dégradation de la pigmentation a été observée sur les échantillons après 30 jours de stockage.

La teneur en vitamine C des fraises fraîches étant de  $52 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de fruit, celle des fraises congelées par les méthodes combinée et cryogénique varient de  $31.5$  à  $34 \text{ mg}/100 \text{ g}$ . Ceci représente une perte variant de  $34$  à  $39.3\%$ . Dans la littérature une perte de en vitamine C est observée après une congélation à  $-30^{\circ}\text{C}$  dans un tunnel à air (Gigiél et al., 2001).

### Acidité totale

L'acidité initiale des fraises fraîches correspond à un volume de  $18.03 \text{ ml NaOH (0.01N)}/100 \text{ g}$  d'échantillon. Pour les fraises congelées, ce volume de  $\text{NaOH (0.01N)}$  varie de  $19$  à  $21 \text{ ml}$  en fonction de la température à laquelle débute la congélation mécanique.

### Sucres réducteurs

Le taux de sucres réducteurs varie entre  $2849.30$  et  $2850 \text{ mg}$  pour  $100 \text{ g}$  de fraises. Ces valeurs ne varient pas de façon significative lors des différents processus de congélation.

### Texture

Pour évaluer la texture des fraises, il a été tenu compte uniquement de la dureté des échantillons puisque c'est la variable qui affecte principalement l'aspect final du fruit. La dureté des fraises fraîches est de  $1.59 \text{ kg}$  de force de compression. Elle est supérieure à toutes les duretés des échantillons étudiés dont les valeurs varient entre  $0.31$  et  $0.60 \text{ kg}$ . Cette dernière valeur est obtenue pour une congélation combinée : cryogénique jusqu'à  $-12^{\circ}\text{C}$  et mécanique pour atteindre  $-18^{\circ}\text{C}$ , et ce pendant 20 jours de stockage.

### Conclusions

Le temps nécessaire pour la congélation combinée (cryogénique-mécanique) utilisant des températures de  $-8^{\circ}\text{C}$  et  $-12^{\circ}\text{C}$  pour l'étape cryogénique est de  $19 \text{ mn}$ , alors que pour le même procédé et pour des températures de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $25 \text{ mn}$  sont nécessaires. Ces durées représentent une économie d'énergie considérable comparativement à la méthode de congélation mécanique qui nécessite  $154 \text{ mn}$  pour atteindre la même température. Les procédés de congélation combinée, également dénommée mixte, cryogénique-mécanique est par conséquent très recommandable pour les fruits comme les fraises dont les critères de qualité, comme l'apparence et la valeur nutritive, sont préservés. Cela confirme les conclusions antérieures relatives à la conservation post récolte des fraises par procédé d'ionisation réfrigération (Amrani, 2006).

### Références

Amrani, M. (2006). Contribution du procédé ionisation - réfrigération à l'accroissement de la

- durée de conservation des fraises », M.Amrani, *Revue Procédés Biologiques & Alimentaires*, PBA, Vol.3, 24-35, ISSN 1728-9890.
- A. O. A. C. (1984). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, (14<sup>th</sup> Ed.).
- Atta Aly, M and M.A. Ezzat. (1999). Reducing quality loss of strawberries during local marketing and exportation by using different cool chains In Gerasopoulos D. (ed.). *Post-harvest losses of perishable horticultural products in the Mediterranean region*. Chania: CIHEAM-IAMC, 35-47, Cahiers Options Méditerranéennes, 42.
- Belhamri, M. (1996). Situation des cultures sous abris au Maroc, *Terre et Vie N°25, Revue Mensuelle du Monde Rural et de l'Environnement*, Rabat, Maroc, [www.terrevie.ovh.org](http://www.terrevie.ovh.org)
- Bourgeois, C.M and J.Y. Leveau. (1991). *Le contrôle microbiologique, In Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires*. Volume 3. Lavoisier et Apria, édit, Paris.
- Fraczak, T. and M.Z. Korona. (1990). Effects of different freezing procedures applied to berries and of frozen products, *Premysl Fermentacyjny*, 34.
- Gigiel, A., Russel, S. and M. Blanchard. (2001). Le cycle à air appliqué à la congélation d'aliments : Production et froid (The air cycle applied to food freezing : Cold production) *Rev. Gén. Froid*, Vol. 91, 44-47.
- Gruda, Z. and J. Postolski. (1986). *Tecnología de la congelación de los alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 67-68.
- Gutiérrez, B.C.C. (1996). *Comparaison de méthodes de décongélation de végétaux*. PFE Ingénierie des Aliments. Institut des Sciences Agricoles. Université de Guanajuato.
- Hernández, G.C., Basurto, C.G and H.R. Salcedo. (2002). Determinación de Vitamina C por un método colorimétrico en tres presentaciones de fresa. *Memorias del IV Congreso Regional de Ciencia de los Alimentos*. Monterrey, N.L.
- Roudeillac, M.P. (1987). *La Fraise, Techniques de Production*. CTIFL, Paris: J. Granier.
- Skiredj, A. (2006). *L'art de produire les légumes et les fruits au Maroc*, [www.legume-fruit-maroc.com](http://www.legume-fruit-maroc.com)
- Van Buggenhout, S., Messagie, I., Maes, V., Duvetter, T., Van Loey, A. and M. Hendrickx. (2006). Minimizing texture loss of frozen strawberries: effect of infusion with pectinmethylesterase and calcium combined with different freezing conditions and effect of subsequent storage/thawing conditions, *European Food Research and Technology*, Vol.223, N°3, 395-404.
- Wrolstad, R.E. (1976). Color and pigment analyses in fruit products. *Agric.Exp.Station Bulletin* 624, OSU Ag.Exp.Station, Oregon State University.

