

Introduction

La chaîne alimentaire est devenue plus complexe, multipliant les possibilités de contamination, de développement des agents pathogènes et de réduction de la durée de conservation des aliments



Produits alimentaires



La nécessité d'une optimisation spécifique pour chaque opération de conservation est donc hautement nécessaire et doivent être performantes en termes :

- d'efficacité de destruction des microorganismes
- de consommation d'énergie
- de préservation de la qualité des produits

Par ailleurs, l'opération de séchage, énergivore, se doit d'être améliorée

Objectif

La Détente Instantanée Contrôlée (DIC), une technologie innovante de type thermomécanique est développée, depuis 1988, par le groupe de recherche du Pr Karim Allaf [1]. L'objectif est de déterminer l'impact de la DIC sur les opérations de décontamination, de texturation et de séchage.

La Détente Instantanée Contrôlée (DIC)

1. Principe

- Une technologie basée sur les principes de la thermodynamique de l'instantanéité (couplage traitement thermique / expansion)
- Un traitement de type HTST (*High Temperature Short Time*) qui consiste à faire subir, à un produit le cycle suivant :

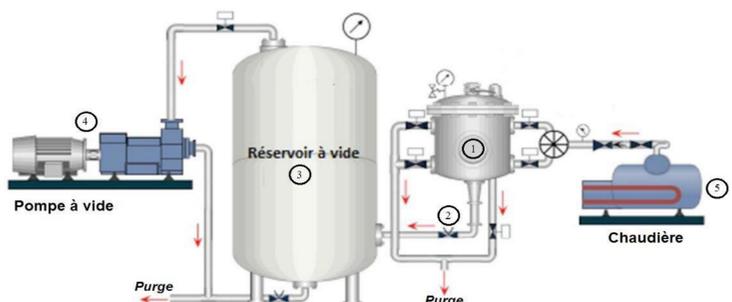


Figure 1. Présentation schématique d'un réacteur DIC de taille laboratoire : (1) chambre de traitement contenant l'échantillon ; (2) vanne de détente instantanée ; (3) réservoir à vide ; (4) pompe ; (5) chaudière

- Plusieurs modèles d'appareils DIC avec diverses fonctionnalités et capacités
- Équipements utilisés dans les laboratoires, domaines semi-industriels et industriels
- Consommation d'énergie dépendant de la composition du produit [2]

2. Étapes de la DIC

Un cycle de traitement par DIC se décompose en 4 étapes :

- 1- Mise du produit sous vide initial
- 2- Traitement sous HAUTE PRESSION durant un temps contrôlé spécifique au traitement du produit
- 3- Détente instantanée vers le vide
- 4- Retour à la pression atmosphérique

La figure 2 présente les évolutions de la température et de pression, au sein de la chambre de traitement :

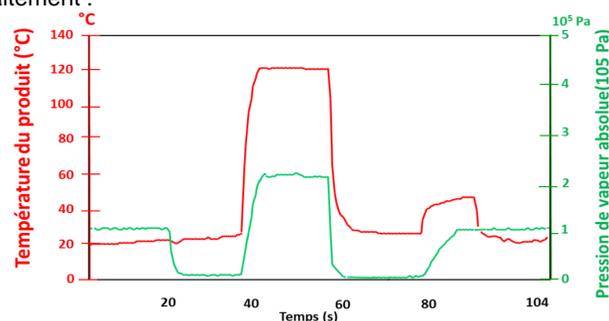


Figure 2. Évolution de la température (en rouge) et de la pression (en vert) lors d'un traitement DIC

Possibilité de contrôler les paramètres impliqués dans le processus pour obtenir :

- un produit fini de qualité optimale (taux d'expansion, porosité, couleur, arôme, goût, etc.)
- une meilleure performance du procédé (durée de cycle, consommation d'énergie, etc.).

3. Applications

La possibilité de contrôler de nombreux paramètres opératoires a permis de développer des applications variées :

- séchage/texturation de fruits et légumes (plus de 200 variétés testées) sous forme de cubes, tranches et poudres
- décontamination microbienne de produits biologiques (aliments, cosmétiques, vaccins, herbes médicinales, etc.) [3]
- extraction des huiles essentielles (eau, huiles essentielles, etc.) [2]
- extraction de molécules actives (antioxydants) [4]

Résultats

L'IRDL UMR CNRS 6027 et le LaSIE UMR CNRS 7356 mènent actuellement deux projets de thèse sur la technologie DIC :

1. Destruction des spores bactériennes par DIC – Doctorat de Z. Hazime

Ce travail contribue à la recherche sur la technologie de la DIC comme procédé de décontamination de matrices contenant des spores bactériennes à caractère fortement thermorésistant (*Geobacillus stearothermophilus*)

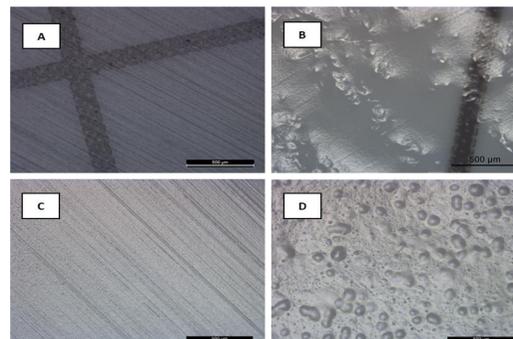


Figure 3. Observation microscopique des spores de *Geobacillus stearothermophilus*: A - support non traité ; B - support traité à haute température ; C - support traité avec une charge bactérienne de 10^2 pendant 10 s ; D - support traité avec une charge bactérienne de 10^6 pendant 5 s [5]

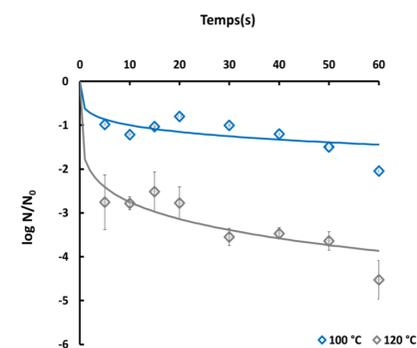


Figure 4. Cinétique d'inactivation des spores de *Geobacillus stearothermophilus* à deux niveaux de température 100 °C et 120 °C pendant un traitement DIC

- La DIC permet d'obtenir des réductions de la charge microbienne jusqu'à **5 log₁₀**
- La DIC couple un effet thermique et effet mécanique pour l'inactivation des spores bactériennes (**2,1 log₁₀** et **4,5 log₁₀** respectivement à 120 °C pour un temps de traitement égal à 60 s)

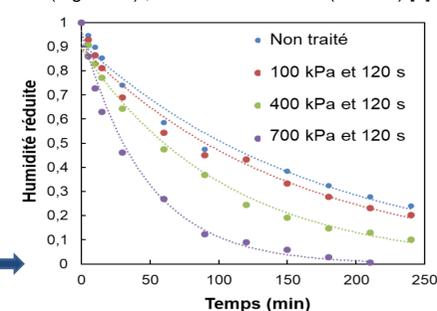
2. Texturation et séchage de crevettes (*Penaeus monodon*) – Doctorat de T. Mourda

Le but est de définir les paramètres optimum du *swell drying* (couplage d'un prétraitement de texturation par DIC et d'un procédé de séchage par air chaud). L'impact des différents paramètres * du procédé (séchage conventionnel, *swell drying*, jets d'air impactants...) et* du produit (variété, épaisseur, forme ...) sur les cinétiques de séchage et sur la qualité du produit séché devra permettre d'établir une analyse comparative ainsi qu'une optimisation multi-critère.

Figure 5. Morceaux de crevettes séchées à l'étuve à 50 °C sans prétraitement DIC (à gauche) ; avec traitement DIC (à droite) [6]



Figure 6. Variation de l'humidité réduite en fonction du temps pour des crevettes non traitées par DIC et des crevettes traitées en fonction de la pression de vapeur et pour un temps de traitement de 120 s



- Le traitement DIC a un effet positif sur la vitesse de séchage (obtention d'une **humidité réduite de 0,2 après 75 min de séchage pour la crevette traitée par DIC** contre plus de **250 min pour la crevette non traitée par DIC**)
- Pour la pression de vapeur de 700 kPa, l'humidité réduite atteint une valeur finale particulièrement faible ($4 \cdot 10^{-4}$). La qualité finale du produit dans ces conditions reste à valider

Conclusion

La DIC permet :

- de traiter une large gamme de produits et d'augmenter leur durée de conservation
- d'accélérer le séchage convectif des denrées animales.
- de conserver la couleur naturelle, d'augmenter la disponibilité des flavonoïdes et
- d'améliorer l'activité antioxydante,
- d'assurer une décontamination bactérienne des produits
- de réduire l'humidité des produits et les texturer avec un couplage de séchage

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'équipe de recherche ainsi que tous les autres membres pour leur contribution au développement, à l'avancement et à l'aide apportée durant ce travail. Nous remercions l'IUT (Faculté de Génie Biologique) de La Rochelle de nous avoir donné accès à leurs laboratoires pour les manipulations expérimentales de microbiologie. Nous remercions également l'Association Banin Charity et la Société Libanaise de Production de Poisson Frais (M.J.M SARL 2651300) pour le financement des deux projets de thèse.

Références

- [1] T. Allaf, et K. Allaf, *Instant controlled pressure drop (DIC) in food processing*, Springer-Verlag, New York, 2016
- [2] C. Besombes, B. Berka-Zougali, et K. Allaf, *Instant controlled pressure drop extraction of lavender essential oils: Fundamentals and experimental studies*, *J. Chromatogr. A*, vol. 1217, n° 44, p.6807 - 6815, oct. 2010
- [3] E. Debs-Louka, *Destruction des micro-organismes par voie thermo-mécanique contrôlée par des produits solides en morceaux ou en poudre : application aux épices et aux aromates*, Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, France, 2000
- [4] T. Allaf, V. Tomao, K. Ruiz, K. Bachari, M. El Maataoui, et F. Chemat, *Deodorization by instant controlled pressure drop autovaporization of rosemary leaves prior to solvent extraction of antioxidants*, *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 51, n°1, 2013
- [5] Z. Hazime, C. Besombes, J.-L. Lanoisellé, R. Chevrot et K. Allaf, *Study of the destruction of spores by Instant Controlled Pressure-Drop (DIC)*, *International Conference on Drying and Sustainable Development*, Agadir, Morocco, 28-29 February 2020
- [6] T. Mourda, V. Boy, C. Besombes, J.-L. Lanoisellé, et K. Allaf, *Intensification du séchage convectif par détente instantanée contrôlée (DIC) et par intermittence : cas des crevettes*, *International Conference on Drying and Sustainable Development*, Agadir, Morocco, 28-29 February 2020

ZEINAB HAZIME

Doctorante en Génie des Procédés et Bioprocédés
Téléphone: +33 7 62 33 04 62
Email: zeinab.hazime@univ-ubs.fr - zeinab.hazime@univ-lr.fr

TAMARA MOURDA

Doctorante en Génie des Procédés et Bioprocédés
Téléphone: +33 07 60 51 38 72
Email: tamara.mourda@univ-ubs.fr - tamara.mourda@univ-lr.fr