

## SALUBRITÉ DES LÉGUMES EN CONSERVE PAR TRAITEMENT THERMIQUE COMBINÉ À L'ÉLECTRO-ACTIVATION : ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME ET DÉTERMINATION DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE.

Mohammed Aider<sup>1</sup>, Steve Labrie<sup>2</sup>, Marzouk Benali<sup>3</sup>

NUMÉRO : 810354

Durée : 03/2011 – 10/2014

### FAITS SAILLANTS

Ce projet visait le développement d'une approche novatrice pour assurer la salubrité des légumes en conserve par une technologie dans laquelle des solutions peu salines électro-activées sont combinées à un traitement thermique nettement inférieur au traitement conventionnel. Cette approche permet de conserver une meilleure valeur nutritionnelle du produit final tout en offrant une économie substantielle d'énergie. Les objectifs du projet sont atteints. Le premier volet du projet visait l'étude des propriétés physico-chimiques et électrochimiques de solutions aqueuses suite à un traitement d'électro-activation. Dans ce volet, nous avons réussi à déterminer et optimiser les conditions opératoires qui permettent d'obtenir des solutions électro-activées ayant des valeurs de pH, de potentiel Redox et d'oxygène dissous adéquates à ce qui convient pour application visant à assurer la salubrité des légumes en conserve. Dans le deuxième volet, des solutions électro-activées obtenues dans le volet 1 et possédant des propriétés définies ont été utilisées pour vérifier et valider leur efficacité à empêcher la croissance des spores de *Clostridium sporogenes*, substitut non pathogène de *C. botulinum* utilisé comme référence de salubrité des conserves. Les résultats obtenus étaient concluants quant à l'efficacité de ces solutions à inhiber la croissance des spores de *Clostridium botulinum*. Cette efficacité a été validée en combinant des solutions électro-activées avec différents traitements thermiques allant de 95 à 115 °C. Dans le troisième volet, ce résultat, obtenu en conditions modèles, a été utilisé avec succès dans une production de conserves de petit-pois, de maïs et de haricots verts préalablement inoculés par des spores vivantes de *Clostridium sporogenes*.

### OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du présent projet de recherche est de développer une technologie novatrice applicable dans l'industrie des conserves pour assurer la salubrité et garantir une haute valeur nutritionnelle des légumes en conserve par combinaison de deux traitements; à savoir un prétraitement dans une solution électro-activée pour affaiblir/détruire les spores et bactéries suivi d'un traitement thermique modéré pour assurer la stabilité du produit lors de son entreposage. Des solutions aqueuses ont été activées dans un réacteur électrochimique et utilisées, selon des méthodes microbiologies reconnues, pour étudier leur effet, seul et combiné avec une chaleur modérée, contre les spores de *C. sporogenes*, substitut non pathogène de *C. botulinum*. Des conserves ont été produites en laboratoire et testées sur le plan physico-chimique et nutritionnel.

---

1. Université Laval. Département des sols et de génie agroalimentaire

2. Université Laval. Département des sciences des aliments et de nutrition

3. Ressources Naturelles Canada, CanmetÉNERGIE

## RETOMBÉES SIGNIFICATIVES POUR L'INDUSTRIE

Le présent projet a été réalisé avec une vision accentuée sur une application industrielle et permette ainsi à l'industrie québécoise des légumes en conserves d'être à l'avant-garde et chef de file dans l'innovation et la réduction des dépenses énergétiques. Ce projet a été divisé en 3 volets et voici les résultats qui pourraient avoir un intérêt significatif pour l'industrie.

### **Volet 1 : Génération de solutions électro-activées et optimisation des conditions**

L'objectif de ce volet consistait à produire des solutions électro-activées avec des propriétés ciblées (pH acide, potentiel Redox oxydatif et saturation en O<sub>2</sub>). Ces paramètres sont très importants pour la conservation des légumes, car, ils constituent des barrières hautement efficaces contre *Clostridium botulinum*. Nous avons réalisé une conception originale d'un réacteur d'électro-activation facile à implanter dans une usine de production de légumes en conserve. Il contient trois compartiments séparés par des membranes échangeuses d'ions. Cette configuration permet d'obtenir une solution électro-activée hautement bactéricide. La configuration choisie permet d'éviter toute interférence des autres solutions contenues dans les compartiments cathodiques en centrale. Cela permet de produire une solution électro-activée avec un pH très acide et un potentiel Redox extrêmement oxydatif. Ces deux paramètres, jumelés avec la saturation en oxygène de la même solution, sont exploités dans les volets suivants pour assurer la salubrité des conserves produites avec un barème thermique nettement inférieur à ce qui est utilisé dans la technologie conventionnelle. L'installation de ce type de réacteur dans une usine de conserves est d'une grande simplicité, ce qui facilitera un éventuel transfert technologique vers l'industrie.

### **Volet 2 : Impact des solutions électro-activées sur *Clostridium sporogenes***

L'effet de différentes solutions électro-activées sur les spores de *Clostridium sporogenes*, substitut non pathogène de *C. botulinum*, a été étudié. L'hypothèse émise à ce sujet au début du projet a été validée, car, nous avons réussi à démontrer l'effet inhibiteur des solutions électro-activées sur ces spores connues pour leur grande résistance thermique. L'exposition des spores de *C. sporogenes* à une solution électro-activée sans chauffage entraîne une réduction de 4 Log, ce qui est déjà un résultat très important qui pourrait être exploité à l'étape de préparation des légumes (lavage). À T = 95 °C qui correspond à la température de blanchiment des légumes, on observe une inhibition totale des spores. Ce résultat indique une totale stérilisation sans appliquer une température stérilisatrice. Le même effet a été observé en appliquant une température de 105 et 115 °C. toutes ces températures sont nettement inférieures à celle conventionnellement utilisée dans la conservation des légumes (121 °C). Ces résultats indiquent clairement qu'il est possible de stériliser un milieu contaminé par *Clostridium* en appliquant une combinaison de solutions électro-activées avec un barème thermique inférieure à la valeur de référence industrielle (121 °C). Ce résultat est d'une grande importance pour l'industrie des conserves, car il offre une possibilité de réduire les dépenses énergétiques associées à la stérilisation tout en assurant une salubrité adéquate du produit.

### **Volet 3 : Impact des solutions électro-actives sur la qualité du produit**

Par rapport à la qualité du produit final, l'hypothèse de recherche de ce projet a été validée. La technologie développée a permis de produire des légumes en conserve (petit-pois, maïs, haricot vert) de meilleure qualité. La rétention de la vitamine C dans les petits-pois traités par électro-activation était 3 fois supérieure comparée à un produit obtenu par stérilisation conventionnelle. La perte de protéines et de matière sèche totale dans la saumure était

négligeable et ne dépassait pas les valeurs d'un produit conventionnel. La couleur était plus vive dans les conserves obtenues par électro-activation à pH neutre. La texture des légumes conservés par électro-activation avec un traitement thermique modéré était sensiblement meilleure. L'aspect croquant du haricot vert conservé par électro-activation était très proche de l'état frais alors que celui obtenu par conservation conventionnelle était d'une texture très molle.

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUIVI À DONNER**

**Légumes en conserve** : Nous avons contribué à développer un procédé novateur qui permet d'assurer la salubrité des légumes en conserve par la synergie de l'électro-activation combinée à des traitements thermiques inférieurs à ceux de l'industrie. Cela permet de garantir la salubrité du produit final tout en lui assurant une meilleure valeur nutritionnelle. Le diagramme de production ne diffère pas d'un diagramme industriel, car l'étape de l'électro-activation n'est qu'une simple opération unitaire qui se greffe facilement à une ligne de production conventionnelle. Par conséquent, l'industrie intéressée par cette technologie pourra l'utiliser sans modifier ses installations. L'économie d'énergie escomptable suite à l'application de ce procédé pourrait être très significative.

## **POINT DE CONTACT**

Mohammed Aider, Ing, Ph.D, Professeur  
Département des sols et de génie agroalimentaire  
Pavillon Paul-Comtois, local 2403  
Université Laval, Québec (Québec) G1V 0A6  
Tél. : 418 656-2131 poste 4051  
Courriel : [mohammed.aider@fsaa.ulaval.ca](mailto:mohammed.aider@fsaa.ulaval.ca)

## **AUTRES TRAVAUX DE L'AUTEUR OU RÉFÉRENCES SUR LE MÊME SUJET**

### **Articles scientifiques dans des revues internationales avec comité de lecture**

Aider, M., Gnatko, E., Benali, M., Plutakhin, G., & Kastyuchik, A. (2012). Electro-activated aqueous solutions: Theory and application in the food industry and biotechnology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 15(0), 38-49.

Liato, V., Labrie, S., Benali, M., & Aïder, M. (2014). Ion exchange membrane-assisted electro-activation of aqueous solutions: Effect of the operating parameters on solutions properties and system electric resistance. *Process Safety and Environmental Protection*. In press.

Koffi, K., Labrie, S., Genois, A., Aït Aïssa, A., & Aïder, M. (2014). Contribution to the development of a method of maple sap soft drink stabilization by electro-activation technology. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 138-147.

### **Mémoire de maîtrise**

**Kouassi Koffi**. Titre : « Contribution au développement d'un procédé de stabilisation d'une boisson à base d'eau et de sirop d'érable par la technologie d'électro-activation en solution ».

**Alexandre Genois**. Titre : « Contribution au développement d'un procédé de conservation des haricots verts par la synergie de l'acétate de potassium électro activé et d'un traitement thermique modéré ».

## **PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire (PSIA), un programme issu de l'accord du cadre *Cultivons l'avenir* conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), et Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC).