

ÉLECTRO-ACTIVATION POUR LA PRODUCTION DE JUS DE BETTERAVE SANS ODEUR MOISI-TERREUSE

Mohammed Aider, Steve Labrie

No de projet : IA115288

Durée : 07/2015 – 01/2019

FAITS SAILLANTS

Ce projet a démontré l'efficacité de la technologie d'électro-activation dans la stratégie intégrée à la production de jus de betterave sans odeur et goût moisi-terreux qui sont associés à la présence de géosmine dans la betterave. Il a été également possible de démontrer l'efficacité des solutions électro-activées à détruire des bactéries et moisissures qui produisent de la géosmine sur des légumes entreposés, notamment la betterave. À ce sujet, les solutions électro-activées se sont avérées hautement efficaces contre différentes moisissures d'altération comme *Streptomyces avermitilis*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* et *Botrytis cinerea*.

Ce projet a également permis de démontrer que le jus de betterave soumis à l'électro-activation anodique est caractérisé par un pouvoir antioxydant élevé, une couleur vive (typique de la betterave) et une teneur élevée en bêtaïnes et polyphénols totaux. En plus, l'électro-activation anodique du jus de betterave a permis de produire un jus légèrement acidulé et dans lequel l'odeur moisi-terreuse n'est plus perceptible. En effet, la géosmine responsable de l'aspect moisi-terreux dans le jus de betterave serait éliminée lors du traitement par électro-activation suite à la création de conditions hautement oxydantes.

Le jus de betterave électro-activé a été séché par atomisation en vue d'en produire une poudre utilisable comme ingrédient fonctionnel dans différentes matrices alimentaires. Les résultats obtenus ont montré que la poudre obtenue par séchage du jus de betterave électro-activé est d'une couleur vive et possède des propriétés antioxydantes élevées. Ainsi, cette poudre est utilisée comme additif alimentaire dans une matrice carnée en vue d'y apporter une protection contre l'oxydation du gras et de jouer le rôle de colorant rouge utilisable pour substitut naturel au colorant artificiel.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Les principaux objectifs de ce projet consistaient à (a) Générer et caractériser les solutions électro-activées par rapport aux propriétés d'intérêt en lien avec l'élimination de la géosmine. (b) Étudier l'impact des solutions électro-activées sur différents microorganismes en lien avec la géosmine et l'altération de la betterave. (c) Comprendre et expliquer les mécanismes d'actions des solutions électro-activées sur la prévention, à la source, de la formation de la géosmine. (d) Étudier l'impact de l'utilisation des solutions électro-activées sur la valeur nutritionnelle du jus de betterave et validation de la technologie proposée.

L'approche méthodologique consistait à produire des solutions électro-activées dans un réacteur d'électro-activation constitué de trois compartiments séparés par des membranes échangeuses d'anions et de cations en vue de produire des solutions ayant des propriétés ciblées en lien avec l'élimination de la géosmine et la production de jus de betterave de haute valeur nutritionnelle et compatible avec des matrices alimentaires en tant qu'ingrédient antioxydant et colorant naturel.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Génération et propriétés des solutions électro-activées : Des solutions aqueuses électro-activées à base d'acétate de potassium, de citrate de potassium et de lactate de calcium et de propionate de sodium ont été produites avec succès dans un réacteur d'électro-activation que nous avons développé au Département des sols et de génie agroalimentaire de l'Université Laval. Ce réacteur, dont le design est unique, permet de produire des solutions électro-activées avec des propriétés modulables en termes de pH, d'acidité titrable, d'alcalinité titrable, de potentiel d'oxydation-réduction et de teneur en oxygène dissous. Les résultats présentés dans le **Tableau 1** illustrent les propriétés des solutions à la fin du traitement d'électro-activation. Ces propriétés sont celles qui permettent d'éliminer les microorganismes responsables de la production de géosmine à la surface des betteraves quand celles-ci sont entreposées dans des entrepôts. Ces résultats montrent clairement qu'il est possible d'obtenir des solutions hautement réactives qui sont très efficaces pour le processus d'élimination des microorganismes responsables de la formation de géosmine sur la betterave ou de l'oxydation de cette molécule pour la rendre inodore.

Tableau 1: Propriétés principales des solutions électro-activées utilisées pour le lavage de la betterave.

Type de solution produite	pH	ORP ¹ , mV	OD ² , mg*L ⁻¹	FC ³ , mg*ml ⁻¹
Eau déionisée-témoin (DW)	6.7 ± 0.05	331 ± 15	3.9 ± 1.40	N/A
Hypochlorite de sodium (NaOCl)	8.6 ± 0.03	578 ± 15	4.0 ± 1.33	100
Acétate de potassium électro-activé (EAS-PA)	2.33 ± 0.4	≥ 1200	22.3 ± 4.1	N/A
Lactate de calcium électro-activé (EAS-CL)	1.98 ± 0.2	944 ± 32	25.0 ± 2.9	N/A
Citrate de potassium électro-activé (EAS-PC)	1.99 ± 0.3	695 ± 11	24.1 ± 2.2	N/A
Propionate de sodium électro-activé (EAS-PS)	1.55 ± 0.1	980 ± 15	25 ± 1.5	N/A

Effet des solutions électro-activées sur des pathogènes et moisissures productrices de géosmine:

Le but de ce travail était d'étudier le potentiel des solutions électro-activées diluées de sel d'acides organiques faibles (acétate de potassium, citrate de potassium et lactate de calcium, propionate de sodium), en conditions modèles, dont le but de les utiliser pour prolonger la durée de conservation de la betterave pendant le stockage post-récolte et de minimiser (exclure) la production de géosmine, tout en assurant une salubrité totale du produit. Les solutions électro-activées ont été caractérisées par une forte acidité et un potentiel Redox oxydatif. Pour cela, la capacité de désinfection de ces solutions a été étudiée contre plusieurs bactéries pathogènes dont *Listeria monocytogenes* et *Escherichia coli* O157: H7 ainsi que contre les moisissures phytopathogènes *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* et *Botrytis cinerea* et *Streptomyces avermitilis*.

Les résultats obtenus ont montré qu'un traitement de quelques minutes avec les solutions électro-activées que nous avons développées a permis d'atteindre une réduction de 4 log CFU / g de *Listeria monocytogenes*, quelle que soit la solution utilisée. Pour ce qui est de *E. coli* O157: H7, les solutions d'acétate de potassium et de citrate de potassium électro-activées ont permis d'atteindre une diminution de 3,5 log CFU/g en moins de 5 minutes de lavage. La réduction des moisissures a été obtenue en utilisant un lavage avec une solution électro-activée d'acétate de potassium qui donne un résultat similaire à celui obtenu avec une solution d'hypochlorite de sodium NaOCl, ce qui permet en conditions réelles de substituer ce dernier (toxique) par la solution électro-activée que nous avons développée. En effet, après 5 minutes de lavage avec une solution d'acétate de potassium électro-activée, on a observé un effet de réduction très élevé de *A. alternata*, *F. oxysporum* et *B. cinerea*, avec un taux de survie de seulement 2.2, 0.34 et 0.21 Log CFU / g, respectivement. Nous avons également étudié l'effet de solutions électro-activées à base d'acétate de sodium et de propionate de sodium contre *Streptomyces*

avermitilis, une espèce de bactéries de l'ordre des Actinomycetales connue pour son pouvoir de produire de la géosmine. Les résultats obtenus ont montré un effet hautement bactéricide de ces solutions, ce qui suggère que le traitement proposé permettra d'éliminer, à la source, les microorganismes responsables de la production de géosmine en conditions post récolte (**Fig. 1**).

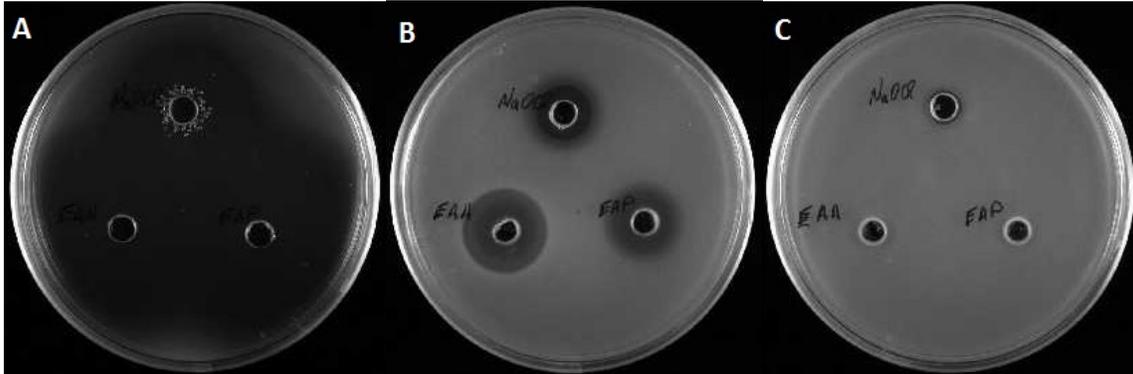


Fig. 1: Effet inhibiteur des solutions électro-activées sur les spores de *S. avermitilis*.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

- 1) **Conservation post-récolte de la betterave** : Les solutions électro-activées produites dans la section anodique du réacteur développé dans ce projet possèdent des propriétés antibactériennes et antifongiques qui sont facilement exploitables pour le lavage des betteraves en conditions d'entreposage post-récolte afin de minimiser la charge microbienne à la surface de ce produit. Cela permet d'éliminer ou de réduire considérablement l'effet d'altération de cette flore complexe et ainsi de prolonger la durée de conservation de la betterave. En plus, les solutions produites par électro-activation sont à base de sels d'acides organiques non chlorés, ce qui exclue complètement la présence du chlore qui est connu comme étant un agent chimique nocif et irritant.
- 2) **Production de jus de betterave sans géosmine** : La géosmine est la molécule responsable du goût (odeur) moisi-terreux qui limite la consommation et l'utilisation alimentaire du jus de betterave. Ainsi, son élimination est un défi majeur pour l'industrie de transformation de la betterave. Dans le cadre de ce projet, l'électro-activation anodique du jus de betterave a permis d'obtenir un produit stable, légèrement acidulé et exempt de l'odeur moisi-terreuse. En plus, le jus de betterave électro-activé est caractérisé par une haute valeur nutritionnelle et un aspect organoleptique très attrayant. Ainsi, sur le plan nutritionnel, le jus de betterave électro-activé est caractérisé par une haute teneur en polyphénols totaux, bêtaïnes et un grand pouvoir antioxydant. Sur le plan organoleptique, l'électro-activation du jus de betterave a préservé la couleur vive du produit et le séchage n'y a pas modifié cet aspect hautement important pour des applications alimentaires.
- 3) **Utilisation comme additif alimentaire** : Le jus de betterave électro-activé peut être utilisé comme additif liquide ou sous forme de poudre. Dans l'état liquide, il peut être combiné à des breuvages alimentaires pour améliorer leurs valeurs nutritionnelles et l'apparence globale du produit. En effet, il existe sur le marché différents breuvages à base d'ingrédients végétaux qui sont très peu compétitifs en raison de la couleur terne du produit (couleur grisâtre), mais qui sont hautement intéressants sur le plan nutritionnel. Ainsi, l'ajout de jus de betterave pourrait améliorer leur apparence et mieux les positionner sur le marché. En tant que poudre, le produit issu de l'électro-activation du jus de betterave peut être ajouté à des produits carnés, car il y a une très bonne compatibilité chromatique entre cette poudre

et la viande (tonalité rougeâtre). En plus, le pouvoir antioxydant du jus de betterave électro-activé et de la poudre qui en découle permettra d'offrir aux produits carnés une protection accrue contre l'oxydation du gras et améliorer leur durée de vie tout en maintenant une haute valeur nutritionnelle et un aspect organoleptique attrayant. En plus, comme la teneur naturelle en nitrates du jus de betterave électro-activé n'est pas affecté par le traitement et le séchage, ce produit pourrait être utilisé comme substitut naturel du sel nitraté utilisé dans l'industrie des produits carnés comme préservatif contre *Clostridium botulinum*. Ainsi, il sera possible de produire des aliments plus naturels.

- 4) **Commercialisation d'un système d'électro-activation** : Ce projet pourrait être exploité par des entreprises qui se spécialisent dans la fabrication d'équipements pour le lavage post-récolte avec des solutions électro-activées en vue de prolonger la durée d'entreposage de différents produits agricoles qui sont susceptibles d'être altérés par différents microorganismes, incluant ceux qui produisent de la géosmine.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Mohammed Aider
Téléphone : 418-656-2131 poste 409051
Télécopieur : 418-656-3723
Courriel : mohammed.aider@fsaa.ulaval.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

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