

APPROCHES ÉLECTROMEMBRANAIRES DE LA DÉSACIDIFICATION DU JUS DE CANNEBERGE : IMPACT SUR LES PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES ET EFFET SUR L'INFLAMMATION INTESTINALE

Laurent Bazinet, Leslie Boudesocque, Yvan Boutin, Marie-Ève Langevin, Stella Lacour,
Florence Lutin, Sergey Mikhaylin, Karine Pedneault, Stéphanie Pelletier, Élodie Rozoy,
Philippe Sostat, Élodie Serre

Projet : IA113021

Durée : 05/2014 – 12/2016

FAITS SAILLANTS

Le jus de canneberge est bien connu pour ses effets bénéfiques sur la santé. Toutefois, il contient une grande concentration d'acides organiques pouvant causer des problèmes gastro-intestinaux. L'électrodialyse est une méthode permettant de réduire l'acidité de ce jus sans impacter ses qualités organoleptiques. En effet, différents types de membranes et différentes configurations ont été testées. Plus précisément, cinq configurations ont été testées à l'échelle laboratoire : une configuration utilisant des membranes anioniques, cationiques et bipolaires (+| AEM/BP/CEM/AEM/BP/CEM |-), une seconde configuration utilisée précédemment pour la désacidification du vin utilisant des membranes AEM et BP (+| BP/AEM/AEM/BP |-), une troisième (ED2MB) utilisant des membranes bipolaires et anioniques (+| MB/AEM/MB |-), une quatrième (ED2MBUF) utilisant des membranes bipolaires et d'ultrafiltration (+| MB/UF/MB |-) et, enfin, une cinquième configuration (EDUF) comprenant des membranes cationiques et d'ultrafiltration (+| CEM/UF/CEM |-). La configuration ED2MB s'est avérée la plus efficace, avec un pourcentage de désacidification de 40 % après 3 h de traitement et 80 % après 6 h. Pour les configurations ED2MBUF et EDUF, les pourcentages de désacidification étaient respectivement de 0 % et 8 %; pour (+| AEM/BP/CEM/AEM/BP/CEM |-), une désacidification de 22 % (6 h) a été obtenue, tandis qu'environ 3 % et 7 % ont été obtenus pour la configuration déjà testée pour le vin (+| BP/AEM/AEM/BP |-). De plus, avec la configuration ED2MB, il s'est produit une migration sélective des acides organiques, l'acide citrique a migré à 22 ppm/min et l'acide malique à 11 ppm/min. L'acide quinique, quant à lui, n'a migré qu'à partir de 40 % de désacidification. D'autre part, des analyses *in vitro* sur une monocouche de cellules épithéliales intestinales Caco-2 ont été réalisées sur les jus à différents taux de désacidification (0 %, 19 %, 37 %, 50 % et 77 %). Selon les résultats obtenus, un minimum de 37 % de désacidification est nécessaire pour préserver l'intégrité des cellules Caco-2. Par ailleurs, afin de mieux comprendre le comportement de migration des acides organiques et pour amener le procédé à l'échelle industrielle, des expériences avec solutions modèles ont été réalisées afin d'obtenir un modèle mathématique. Ce modèle sera généralisé pour l'acide citrique. Enfin, la désacidification utilisant les champs électriques pulsés au lieu d'un courant conventionnel a été testée avec la configuration optimale (ED2MB). Neuf combinaisons différentes de pulsations et de pauses ont été réalisées : 10s/2s; 1s/0,1s; 10s/0,1s; 6s/2s; 10s/1s; 2s/2s; 1s/1s; 6s/0,1s; 6s/1s. La désacidification du jus a été de 15-18 % plus rapide avec la combinaison 1s/1s et 2s/2s de champs électriques pulsés et elle a permis de diminuer la consommation énergétique de 10 % par rapport à l'électrodialyse conventionnelle en courant continu.

Grâce à ces résultats, un brevet a été déposé, 3 articles publiés et 3 autres sont actuellement en rédaction.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

Les objectifs du projet ont d'abord été d'étudier la désacidification du jus de canneberge à l'aide de différentes configurations d'électrodialyse, puis d'optimiser la ou les meilleure(s) par l'utilisation de différentes combinaisons de champs électriques pulsés, en comparaison avec un courant continu et en étudiant le colmatage potentiel des différentes membranes. Ensuite, un autre objectif du projet a été d'effectuer le transfert de la meilleure configuration de l'échelle laboratoire à l'échelle pilote. De plus, des tests *in vitro* ont été effectués afin de déterminer les effets intestinaux des jus désacidifiés à l'échelle pilote. Également, la modélisation et la compréhension des phénomènes de transport des acides organiques en cours de procédé ont constitué un autre objectif. Finalement, il a également été question de caractériser les jus désacidifiés en termes de propriétés physico-chimiques et organoleptiques.

RETOMBÉES SIGNIFICATIVES POUR L'INDUSTRIE

Des cinq configurations testées, la ED2MB est celle qui a permis la meilleure désacidification du jus (Fig. 1a). En effet, dans le compartiment du jus, l'acidité titrable, mesurée en équivalent d'acide citrique monohydrate est passée de $9,5 \pm 1,0$ g/L à $1,9 \pm 0,6$ g/L. Dans le compartiment de récupération, l'acidité titrable a augmenté de $0,03$ g/L à $7,6 \pm 0,6$ g/L. Des taux de désacidification de 40 % en 3 h et de 80 % en 6 h ont été obtenus. La configuration EDUF a permis une désacidification de seulement 8 % ($10,8 \pm 0,2$ g/L à $9,9 \pm 0,3$ g/L), contre 0 % pour la ED2MBUF. L'avantage d'utiliser des membranes bipolaires dans cette étude est la libération d'ions OH^- de la membrane vers le jus, ce qui modifie le pH et favorise la migration des acides organiques. De plus, lorsqu'on passe de l'échelle laboratoire à l'échelle pilote, le taux de désacidification passe de 80 % en 360 minutes à 77 % en 80 minutes, ce qui représente une amélioration de 4,5 fois.

Avec la configuration ED2MB, différentes conditions de champs électriques pulsés ont été testées : 10s/2s; 1s/0,1s; 10s/0,1s; 6s/2s; 10s/1s; 2s/2s; 1s/1s; 6s/0,1s; 6s/1s. Selon la **Fig. 1 b)**, la désacidification du jus a été de 15-18 % plus rapide qu'en régime de courant continu, avec la combinaison 1s/1s et 2s/2s de champs électriques pulsés.

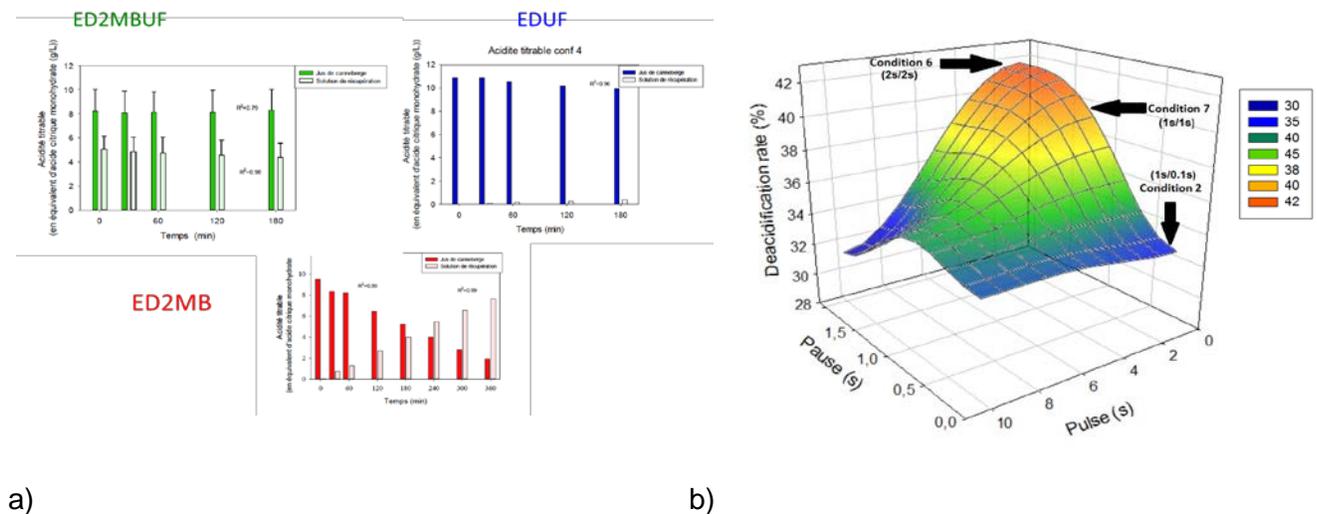


Fig. 1 : **a)** Acidité titrable (g/L) d'équivalent d'acide citrique monohydrate dans les compartiments de jus et de récupération et **b)** Évolution du taux de désacidification calculé à 2 750 charges transportées en fonction des conditions de pulsation et de pause.

La **Fig. 2** présente les effets anti-inflammatoires des jus désacidifiés à différents pourcentages sur des cellules Caco-2, en comparaison avec un témoin positif (Triton 1 %) et négatif (HBSS). Un pourcentage minimum de désacidification de 37 % a été nécessaire pour protéger l'intégrité des cellules intestinales. Le procédé a également conservé les composantes bénéfiques du jus, soit les anthocyanines et les proanthocyanidines. Aucune migration des sucres n'a été observée au cours de la désacidification. De plus, à 37 % de désacidification, l'acide quinique ne migre pas, ce qui est un autre avantage majeur de la technologie, car cet acide organique est nécessaire pour évaluer la qualité du jus et aussi pour détecter son adultération : cet acide organique est pris comme référence dans le jus de canneberge.

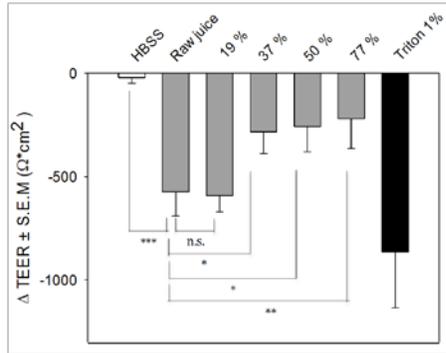


Fig. 2 : Effet de différents taux de désacidification du jus sur la variation de la résistance électrique transépithéliale (Δ TEER).

Enfin, des tests de dégustation des jus désacidifiés ont été réalisés par Lassonde, en comparaison avec un jus de canneberge de référence, fourni par l'entreprise Fruit d'Or. Le panel de dégustation a déterminé que le jus désacidifié était plus sucré et moins acide que le jus de référence.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUIVI À DONNER

Les applications possibles pour l'industrie sont nombreuses. En effet, grâce à la configuration optimale déterminée, avec les champs électriques pulsés ou en courant continu, différents jus de fruits reconnus pour leur forte teneur en acidité (orange, fruit de la passion, citron, pamplemousse, etc.) pourront être désacidifiés par cette technologie. De plus, la modélisation permettra aux industries de prédire les performances en électrodialyse avec membrane bipolaire et la détermination des meilleurs paramètres électrodialytiques (courant, voltage, etc.) à utiliser pour la désacidification optimisée du jus de canneberge. En d'autres mots, les industries pourront savoir quelles conditions utiliser pour obtenir le pourcentage de désacidification désiré en un temps donné.

POINT DE CONTACT

Nom du responsable du projet : Laurent Bazinet
 Téléphone : 418 656-2131, poste 7445
 Télécopieur : 418 656-3353
 Courriel : laurent.bazinet@fsaa.ulaval.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, et Agriculture et Agroalimentaire Canada.