

## Régulation électrochimique du potentiel d'oxydoréduction du lait : impact sur l'efficacité de transformation et la qualité des produits

Durée : 07/2003 – 06/2007

### Résumé

L'électroréduction conduit à l'abaissement du potentiel d'oxydoréduction (POR) et de la concentration en oxygène dissous du lait; l'effet dépend de l'intensité et de la durée du traitement. L'électroréduction améliore sensiblement la coagulation à la présure des laits chauffés et la stabilité à haute température. Le traitement n'a pas d'impact sur le développement des flores contaminantes, mais favorise la survie de certaines souches de bifidobactéries. Les effets de l'électroréduction sur le lait s'expliquent essentiellement par la diminution de la concentration en oxygène dissous. La remontée rapide du POR après le traitement, suggère une faible capacité tampon du lait électroréduit et le rééquilibrage lent des réactions électrochimiques.

### Objectifs et méthodologie

Les objectifs et la méthodologie sont définis selon quatre axes de recherche.

#### Axe 1 : Identifier les transformations physico-chimiques pendant le traitement électrolytique du lait

L'effet de l'électroréduction est mesuré sur les paramètres suivants : POR, oxygène dissous, pH, bilan minéral, état d'oxydation de composés cibles, capacité antioxydante, résistance au stress oxydatif et colmatage des membranes.

#### Axe 2 : Mesurer l'effet de l'électroréduction sur le comportement du lait à la chaleur

L'électroréduction est comparée à un traitement de dégazage pour moduler l'aptitude à la transformation des laits chauffés. L'effet des traitements est mesuré sur le diamètre et l'hydratation des micelles de caséine, la concentration des thiols libres et le taux de dénaturation des protéines sériques. L'aptitude à la transformation fromagère (cinétique de coagulation à la présure et bilans fromagers) et la stabilité thermique (temps de coagulation à 140 °C, lysine disponible, dégradation du lactose, production d'acides organiques, dissociation des caséines) sont aussi étudiées.

#### Axe 3 : Déterminer l'impact de l'électroréduction sur le métabolisme bactérien

L'électroréduction est comparée à un traitement de dégazage pour moduler l'écologie bactérienne du lait. L'effet des traitements sur la croissance de la flore contaminante dans le lait cru réfrigéré est d'abord mesuré. Par la suite, la survie dans le lait pasteurisé de trois souches probiotiques sensibles à l'oxygène est quantifiée.

#### Axe 4 : Mesurer la dégradation oxydative des matières grasses dans les breuvages laitiers électroréduits

L'effet de l'électroréduction est mesuré sur la cinétique d'oxydation des gras sensibles pendant l'entreposage des breuvages laitiers enrichis d'huile de lin. Des essais d'injection de gaz réducteurs sont aussi réalisés afin de contrôler le potentiel d'oxydoréduction et la stabilité des breuvages.

### Résultats et applications

L'électroréduction du lait a été réalisée sur trois types de cellules électrolytiques. L'électroréduction accroît significativement la résistance au stress oxydatif du lait. Toutefois, cet effet est similaire à celui d'un dégazage. Le traitement d'électroréduction ralentit la dégradation de la vitamine C; après 4 jours d'entreposage, sa concentration étant près de 3 fois plus élevée dans le lait traité que dans le lait témoin.

Le chauffage du lait à 75 °C entraîne la dénaturation des protéines sériques et des changements du diamètre et de l'hydratation des micelles de caséine. L'électroréduction du lait ne modifie pas l'effet

de la chaleur sur ces paramètres. Toutefois, on observe une réduction du temps de prise (8 %) et une augmentation de la fermeté des caillés (2 %) obtenus après l'emprésurage des laits chauffés. Pour les traitements à haute température (140 °C), l'électroréduction augmente le temps de coagulation à pH neutre ou légèrement alcalin. Après cinq minutes de chauffage, la concentration en thiols libres est deux fois plus élevée dans le lait électroréduit que dans le lait témoin. Des effets similaires sont toutefois observés sur un lait dégazé. L'électroréduction ne montre aucun effet sur la dégradation thermique du lactose ou de la lysine.

## Résultats et applications - suite...

L'électroréduction a été appliquée au lait cru afin de créer un environnement réducteur et ralentir la croissance des bactéries contaminantes. Malgré l'abaissement initial de la concentration d'oxygène dissous et du POR, on observe une croissance similaire dans les laits crus traités et non traités. L'effet de l'électroréduction a aussi été évalué sur la survie de cultures probiotiques ajoutées au lait pasteurisé. L'efficacité du traitement varie selon la souche et les meilleurs résultats sont obtenus sur *Bifidobacterium longum* ATCC 15708. Pour cette souche, la population bactérienne après 28 jours d'entreposage à 5 °C est 100 fois plus élevée dans le lait électroréduit que dans le lait témoin. Toutefois, l'élimination de l'oxygène du lait par dégazage sous vide, conduit à des résultats similaires.

L'effet de l'électroréduction sur la stabilité à l'oxydation des gras sensibles a été évalué et comparé à l'effet d'un dégazage. L'injection d'un mélange gazeux, contenant une faible concentration d'hydrogène, a également été utilisée pour réduire le potentiel d'oxydo-réduction de breuvages laitiers enrichis d'huile de lin. Suite aux traitements, les breuvages ont été pasteurisés ou stérilisés avant

d'être entreposés dans des conditions favorables à l'oxydation. Les indices d'oxydation ont été mesurés en cours d'entreposage. Les résultats démontrent que le contrôle de l'oxygène dissous est le principal facteur déterminant la sensibilité à l'oxydation. Bien que les traitements thermiques entraînent une dégradation importante des gras sensibles, on observe une protection accrue pendant l'entreposage. Cet effet est attribué aux dérivés de Maillard produits lors du chauffage (stérilisation) des breuvages laitiers.

L'électroréduction du lait modifie sa résistance au stress oxydatif, son comportement à la chaleur et sa capacité à supporter la croissance bactérienne. Toutefois, ces effets sont principalement attribuables à l'élimination de l'oxygène. La remontée du POR suite au traitement suggère un faible pouvoir tampon redox (*poising capacity*) du lait électroréduit et un rééquilibrage lent des réactions électrochimiques. Malgré cette limite, l'électroréduction se présente comme une alternative au traitement sous vide pour contrôler l'oxygène dissous dans le lait et les produits laitiers.

## Transfert des résultats

Les membres du réseau ont utilisé les divers véhicules de transfert disponibles pour atteindre les entreprises pouvant exploiter les résultats de cette recherche. Les résultats ont été présentés à des congrès et publiés (ou soumis) dans des revues scientifiques. Les outils de transfert de Novalait, du Centre STELA et du CRDA ont également été exploités.

## Partenaires financiers

Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Novalait inc.

**BUDGET TOTAL : 250 000 \$**

## Point de contact

**Responsable du projet :**

**Michel Britten**

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA)

3 600, Casavant Ouest

Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 8E3

Téléphone : (450) 773-1105

Télécopieur : (450) 773-8461

Courriel : brittenm@agr.gc.ca

**Collaborateurs :**

**Claude P. Champagne, Patrick Fustier et Hélène J. Giroux** –

Agriculture et Agroalimentaire Canada (CRDA)

**Monica Araya, Paul Angers, Laurent Bazinet, Yves Pouliot,**

**Jean-Christophe Vuillemard,** Université Laval

**Jean-Marc Chapuzet et Jean Lessard,** Université de Sherbrooke

**Marie-Pierre Bolduc, Michèle Filion, Sanaz Haratifar**

**et Arnaud Schreyer,** étudiants, Université Laval



2750, rue Einstein, bureau 220-A, Québec (Québec) G1P 4R1  
Tél. : (418) 527-7947 • Téléc. : (419) 527-5957  
novalait@novalait.ca • www.novalait.ca