

RÉSUMÉ

L'impact de la structure sur les propriétés biologiques et nutritionnelles des aliments est un sujet d'intérêt récent. La digestion est un processus complexe faisant intervenir plusieurs mécanismes, tels que l'hydrolyse des macronutriments, leur vidange gastrique et leur transit dans l'intestin, la libération de leurs produits d'hydrolyse et l'absorption finale de leurs constituants élémentaires. Tous ces mécanismes sont susceptibles d'être modifiés par la structure de l'aliment ingéré.

Le lait est l'un des produits majoritaires de la nutrition humaine et les protéines laitières sont connues pour leur apport en acides aminés essentiels. Le lait peut être transformé et valorisé en de nombreux produits, tels que les yaourts ou les fromages. De plus ces aliments sont très digestibles et apparaissent comme des sources intéressantes de peptides potentiellement bioactifs et d'acides aminés ayant des rôles physiologiques connus. Pour ces raisons, le lait peut être considéré comme un vecteur de bénéfices nutritionnels.

Cette étude a ainsi été menée pour comprendre les effets de la structure d'une matrice laitière, modifiée par des procédés technologiques couramment utilisés en industrie, sur les cinétiques de digestion des protéines laitières majeures, les caséines et la β -lactoglobuline. Trois procédés technologiques ont été étudiés, soit seul ou en combinaison : un traitement thermique et une gélification du lait induite par acidification ou par la présure. Six matrices laitières, ayant la même composition mais de structures différentes, ont ainsi été préparées : deux laits écrémés dont l'un natif et l'autre traité thermiquement, les gels présures issus de ces deux laits, et deux gels acides (l'un ferme et l'autre brassé) préparés à partir du lait traité thermiquement. Ces matrices ont ensuite été ingérées par 6 mini-porcs équipés de canules digestives au niveau du duodénum et du jéjunum moyen, ainsi que d'un cathéter artériel. Les effluents digestifs et les plasmas ont alors été prélevés à différents temps sur une période de 7 heures après ingestion. Les concentrations duodénales en chrome (un marqueur de la phase liquide du repas), le contenu en matière sèche, les concentrations résiduelles en protéines, la formation des peptides et les concentrations plasmatiques en acides aminés ont été déterminés sur la période postprandiale.

Les caséines et la β -lactoglobuline étaient respectivement sensibles et résistantes à l'hydrolyse dans l'estomac avec les matrices natives, mais leurs cinétiques de digestion étaient au contraire très similaires avec les matrices traitées thermiquement. Les gélifications présure ou acide du lait ont ralenti la vidange gastrique du repas et retardé l'apparition duodénale des protéines et par conséquent, l'absorption

des acides aminés, induisant ainsi une diminution de leur biodisponibilité dans le sang. Les gels présures, et plus particulièrement le gel présure non traité thermiquement, ont généré un comportement digestif spécifique, caractérisé par des quantités très faibles de tous les paramètres mesurés au niveau duodénal et dans le sang. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce résultat, telle qu'une rétention gastrique très longue associée à des sécrétions digestives prolongées et à une résistance accrue à la protéolyse. Les protéines laitières étaient complètement hydrolysées au niveau jéjunal, quelle que soit la structure de la matrice ingérée. Nous avons ainsi montré que la phase gastrique joue un rôle déterminant dans le contrôle de la biodisponibilité des acides aminés, leur absorption étant en effet fortement liée à la vitesse d'apparition des protéines dans le duodénum. Lorsque nous nous sommes intéressés à la population de peptides libérés dans le duodénum, la structure des matrices laitières n'a pas modifié la localisation des sites de clivage, mais a eu une influence importante sur le nombre de peptides identifiés.

Une approche mécanistique de modélisation mathématique a été développée de manière complémentaire aux analyses biologiques. Un modèle à compartiments, basé sur des équations différentielles, a été construit de manière à reproduire les données *in vivo* en intégrant les processus de vidange et de sécrétions gastriques, de transit intestinal et d'absorption des acides aminés exogènes. Ce modèle était capable de simuler correctement les données expérimentales et d'estimer différents paramètres, principalement liés au transit le long du tractus digestif. Les simulations du modèle ont montré que les différences de cinétiques d'absorption des acides aminés étaient étroitement liées au comportement des matrices laitières dans l'estomac. Ce modèle offre des perspectives intéressantes pour l'intégration de paramètres décrivant la structure des aliments, et plus spécifiquement des produits laitiers, dans un but de prédiction de la biodisponibilité en fonction de la structure de l'aliment ingéré. Les approches *in vivo* et *in silico* menées en interaction dans ce projet ont ainsi mis en évidence le rôle majeur de la matrice alimentaire dans la biodisponibilité des nutriments. Cette étude suggère par ailleurs de considérer la modulation de la structure des aliments comme un outil de régulation lors de stratégies nutritionnelles ciblées, notamment pour des populations spécifiques (personnes âgées, en surpoids...).

Mots-clés : biodisponibilité, digestion, gélification, *in vivo*, matrice alimentaire, modélisation, protéines laitières, protéolyse, traitement thermique, vidange gastrique.

Compréhension et modélisation de l'impact de la structure des matrices laitières sur la biodisponibilité des acides aminés chez le mini-porc

AGRO CAMPUS

OUEST



UNIVERSITÉ
EUROPÉENNE
DE BRETAGNE

Florence BARBÉ • 19 octobre 2012

Thèse AGROCAMPUS OUEST
sous le label de l'Université européenne de Bretagne
pour obtenir le grade de
DOCTEUR D'AGROCAMPUS OUEST
Spécialité Biologie et agronomie

ÉCOLE DOCTORALE • Vie-Agro-Santé
LABORATOIRE D'ACCUEIL •
UMR 1253 INRA-AGROCAMPUS OUEST
Science et technologie du lait et de l'œuf (STLO)



AGROCAMPUS OUEST • Institut supérieur des sciences agronomiques,
agroalimentaires, horticoles et du paysage
65 rue de Saint-Brieuc - CS84215 - F-35042 Rennes Cedex
Tél. : 02 23 48 50 00
www.agrocampus-ouest.fr



Thèse B-229 — 2012-19 • BARBÉ Florence



Compréhension et modélisation de l'impact de la structure des matrices laitières sur la biodisponibilité des acides aminés chez le mini-porc

Françoise NAU
Professeur, AGROCAMPUS OUEST, UMR STLO / *président*

Cristian TRÉLÉA
Professeur, UMR GMPA Inra-AgroParisTech, Versailles / *rapporteur*

Alan MACKIE
Senior Scientist, Institute of Food Research, Norwich / *rapporteur*

Guy VERGÈRES
Senior Scientist, Agroscope Liebefeld-Posieux, Berne / *examinateur*

Didier DUPONT
Directeur de recherche, INRA Rennes, UMR STLO / *directeur de thèse*

Béatrice LAROCHE
Directrice de recherche, INRA, Jouy-en-Josas / *co-directrice de thèse*