

SUJET DE THESE 2021

Optimisation multicritère des propriétés fonctionnelles des poudres laitières séchées par atomisation (OptiLait)

Lieu de travail : Laboratoire d'ingénierie des biomolécules (LIBio) - 2, avenue de la Forêt de Haye - BP 20163 - 54505 VANDŒUVRE-LES-NANCY - France.

Direction et codirection de thèse : Jérémy PETIT et Claire GAIANI

Ecole doctorale : N° 607 - Sciences et Ingénierie des Ressources Naturelles (SIReNa) - Université de Lorraine.

Origine du financement : Contrat doctoral du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Date de prise de fonction : 04/10/21.

Date limite de candidature : 14/07/21.

Contact : Jérémy PETIT - jeremy.petit@univ-lorraine.fr

Merci d'envoyer un curriculum vitae et une lettre de motivation.

Domaines scientifiques : génie des procédés - physicochimie des aliments - solides divisés.

Mots clés : poudres - lait - réhydratation - écoulement - gélification - encapsulation - séchage par atomisation - filtration membranaire - évapoconcentration - modélisation - optimisation multicritère.

Mention du diplôme doctoral : génie biotechnologique et alimentaire.

Profil du·de la candidat·e :

- Le·a candidat·e doit posséder des compétences et savoirs théoriques de niveau M2 en **génie des procédés** et **modélisation**. Ceci lui permettra de piloter la mise en place de **plans d'expériences multicritère**, la **modélisation empirique** des liens entre conditions de procédés de fabrication et propriétés fonctionnelles des poudres laitières, ainsi que de s'approprier l'approche d'**optimisation multicritère** qui sera développée en partenariat avec le LRGP (Université de Lorraine).
- Le·a candidat·e doit avoir des connaissances en **sciences des aliments** et en **physicochimie du lait**. Une formation dans ces domaines serait un plus.
- Le **niveau d'anglais** du·de la candidat·e doit lui permettre d'échanger à l'oral avec d'autres chercheur·ses et de rédiger des textes scientifiques : un **niveau B2** est exigé.
- Le·a candidat·e doit avoir un fort intérêt pour la **démarche de recherche scientifique**, un appétit pour les **études interdisciplinaires**, de bonnes aptitudes au **travail en équipe**, une bonne capacité à **synthétiser l'information** et à la **communiquer**, ainsi qu'une

curiosité naturelle pour les énigmes scientifiques. De plus, il-elle doit être **autonome, rigoureux·se et investi·e** dans son travail.

Description du sujet de thèse :

La maîtrise de la qualité des poudres laitières représente un enjeu de taille puisque leurs **fonctionnalités** (aptitude à la texturation, pouvoir nutritionnel...) sont **exploitées dans de nombreux produits alimentaires** ; or, pour pouvoir les utiliser dans des procédés industriels, de **bonnes propriétés d'écoulement et de réhydratation**, entre autres, sont nécessaires. Les fonctionnalités des poudres laitières sont particulièrement **dépendantes de leur composition chimique**, en particulier de leur **composition protéique**. Au-delà de leurs propriétés fonctionnelles leur permettant une grande variété d'applications comme ingrédients fonctionnels, les poudres laitières constituent également des **matrices d'encapsulation** intéressantes pour **préserver des ingrédients bioactifs**, tels que des bactéries probiotiques ou des molécules antioxydantes. Les poudres laitières étant majoritairement fabriquées par **séchage par atomisation**, la compréhension de l'impact des conditions de séchage par atomisation sur les propriétés fonctionnelles des poudres laitières constitue un sujet d'étude important, mais complexe au vu de la **diversité des mécanismes biochimiques en jeu**. Pour répondre à ces enjeux, l'étude de l'impact des **conditions de procédés de fabrication** sur les **propriétés physicochimiques globale et de surface** des poudres laitières et du lien entre physicochimie, structure et **fonctionnalités des poudres laitières** est nécessaire.

L'**objectif principal** du projet doctoral OptiLait est de développer un **outil numérique** de choix des **conditions de fabrication des poudres laitières** (formulation du concentré et séchage par atomisation) permettant d'obtenir simultanément de **bonnes propriétés fonctionnelles** en termes d'aptitudes à l'écoulement, à la réhydratation, à la conservation, à la fabrication de gels lactiques et à la préservation d'ingrédients bioactifs, i.e. bactéries probiotiques ou molécules actives.

La démarche globale du projet doctoral OptiLait s'articule en deux grandes phases.

- La **première phase, expérimentale**, sera consacrée à la mise en œuvre de conditions variées de procédés de **fabrication de poudres de lait écrémé et de protéines laitières à différents ratios caséines/protéines sériques** et à la **caractérisation des propriétés physicochimiques et fonctionnelles** des poudres produites.
- La **deuxième phase, numérique**, du projet doctoral s'attèlera d'abord à **identifier les paramètres de procédé les plus influents** pour l'ensemble des fonctionnalités des poudres laitières produites par **analyse en composantes principales et/ou par régression par la méthode des moindres carrés partielle**. Ensuite, des **modèles empiriques faisant le lien entre conditions de procédés de fabrication et propriétés fonctionnelles des poudres laitières** seront développés sur la base des **plans d'expériences multicritère** mis en place et/ou en s'inspirant de l'approche d'**analyse dimensionnelle**. Ces modèles empiriques permettront de **prédire les fonctionnalités** des poudres laitières dans les gammes de variation des conditions de procédés étudiées et serviront de base à une démarche d'**optimisation multicritère**. Dans cette dernière, un **algorithme génético-évolonnaire** sera développé pour explorer l'ensemble du domaine de variation des conditions de procédés de fabrication des poudres laitières et déterminer la **zone de Pareto**, c'est-à-dire l'ensemble des **conditions de procédés** permettant de réaliser les **meilleurs compromis** en termes de fonctionnalités des poudres laitières. Ensuite, un **cahier des charges** prenant en

compte les fonctionnalités des poudres laitières attendues et les limitations des conditions de procédés de fabrication **sur la base des pratiques industrielles habituelles** en matière de séchage par atomisation de poudres laitières sera traduit en algorithme de **classement des conditions de procédé** de la zone de Pareto. Enfin, les **contraintes relatives à l'encapsulation d'ingrédients bioactifs** seront prises en compte pour faire le **choix des conditions de procédé optimales** pour ces applications spécifiques.

Des **essais de fabrication des poudres laitières encapsulant des ingrédients actifs**, bactérie probiotique, enzyme et molécule antioxydante, seront réalisés dans ces conditions optimales et la physicochimie et les fonctionnalités de ces poudres seront caractérisées pour vérifier l'efficacité de la démarche d'optimisation multicritère sur ces **preuves de concept**.

L'originalité du projet doctoral OptiLait repose d'une part sur la prise en compte de **toutes les étapes de transformation du lait en poudre usuellement utilisées dans l'industrie laitière** dans les expérimentations de fabrication des poudres laitières et la conception des modèles prédictifs des propriétés fonctionnelles des poudres laitières. D'autre part, le développement d'une **démarche de modélisation prédictive et d'optimisation multicritère** permettra d'identifier les conditions de fabrication des poudres laitières permettant les meilleurs compromis entre plusieurs propriétés fonctionnelles.

Adéquation avec la thématique de recherche du LIBio :

Le projet doctoral OptiLait s'inscrit totalement dans la thématique de recherche du LIBio, qui positionne notamment ses recherches sur la **conception rationnelle de matrices et vecteurs biosourcés adaptées à la stabilisation de différents composés actifs et d'ingrédients alimentaires à fonctionnalités données**. Au LIBio, différentes architectures moléculaires sont conçues de façon rationnelle, en prenant en compte l'influence de la nature des macromolécules biosourcées utilisées (protéines laitières notamment), des conditions de structuration (environnement, bioprocédé, formulation), sur la structuration des systèmes et la fonctionnalité des systèmes élaborés. Ainsi, **la modification de la formulation et du procédé d'obtention des poudres laitières permet de moduler leur structuration et ainsi leurs propriétés d'usage** ou leur capacité à véhiculer des composés bioactifs.

La réalisation du projet doctoral OptiLait permettra de renforcer les compétences du LIBio dans le domaine des produits laitiers, un des thèmes phares du projet de recherche du LIBio et un des points de compétence de la région Grand Est.