



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance
THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Madame BOUCHRA SOUMATI

Discipline : Agroalimentaire
Spécialité : Agroalimentaire

Sujet de la thèse

Caractérisation et valorisation de lactosérum

Formation Doctorale " Sciences et Génie de la matière, de la Terre et de la Vie "

Thèse présentée et soutenue **le lundi 13 juillet 2026 à 09h** à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
LAHSEN EL GHADRAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
EL OUAZNA BOUCHAMMA	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
HANANE DOUNAS	MCH	Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech	Rapporteur
KHALID BOURAADA	MCH	Faculté Polydisciplinaire de Larache	Rapporteur
KARIMA MIKOU	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
MAJID ATMANI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
ABDERRAHIM LAZRAQ	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse
ASMAE ABOUABDERRAMANE	Dr	Secteur Privé	Invitée

Laboratoire de recherche : Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Génie de l'Environnement
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Résumé de la thèse

Le lactosérum acide, coproduit issu principalement de la fabrication du fromage frais tel que le Jben, constitue un enjeu environnemental et économique majeur, en particulier au Maroc où sa valorisation reste limitée. Cette thèse s'inscrit dans une démarche de valorisation durable de ce coproduit, en visant sa transformation en ressources à haute valeur ajoutée grâce à l'intégration de technologies innovantes, répondant aux besoins du secteur agroalimentaire et aux principes de l'économie circulaire.

Dans un premier temps, une revue scientifique approfondie a été réalisée afin d'établir un état de l'art des stratégies de valorisation du lactosérum, qu'il soit doux ou acide, à l'échelle internationale. Publiée sous le titre ***“Whey Valorization – Innovative Strategies for Sustainable Development and Value-Added Product Creation”***, cette revue met en évidence les potentiels nutritionnels et fonctionnels du lactosérum, ainsi que les voies émergentes de transformation et leurs applications industrielles. Bien que couvrant l'ensemble des types de lactosérum, cette analyse a permis de poser les bases scientifiques et méthodologiques des travaux expérimentaux, orientés spécifiquement vers le lactosérum acide, en lien direct avec les enjeux de l'industrie laitière marocaine.

Le deuxième axe de recherche s'est focalisé sur l'étude des technologies de filtration membranaire appliquées au lactosérum acide. Une revue dédiée, intitulée ***“Modern achievements and future prospects in membrane filtration technologies for acid whey valorization – An overview”***, met en lumière le fort potentiel des procédés d'ultrafiltration, de nanofiltration et d'osmose inverse pour le fractionnement sélectif des constituants du lactosérum. Ces technologies permettent l'obtention de fractions valorisables telles qu'un rétentat riche en protéines (RUF), un concentré en lactose et minéraux (RNF) et une eau purifiée (ROS), tout en préservant leurs propriétés nutritionnelles et fonctionnelles. L'analyse des performances et des matériaux membranaires souligne leur rôle clé dans l'efficacité du procédé et la qualité des fractions obtenues.

Sur la base de ces acquis théoriques, un protocole expérimental innovant de fractionnement du lactosérum acide par filtration membranaire, avec et sans diafiltration, a été développé. Ces travaux ont donné lieu à la publication de l'article ***“From gutter to value: Valorization of acid whey from fresh cheese using membrane filtration”***. Les résultats expérimentaux ont mis en évidence l'influence significative des



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

conditions opératoires sur les propriétés physico-chimiques, technologiques et sensorielles des fractions obtenues. L'ajustement du pH par ajout d'acide citrique a permis de limiter les phénomènes de précipitation et d'améliorer la stabilité des fractions, tandis que la diafiltration a contribué à une meilleure rétention protéique et à une pureté accrue des concentrats. Les analyses statistiques (ANOVA, $p < 0,05$) confirment l'impact significatif de ces paramètres sur la qualité finale des produits.

Enfin, un quatrième volet, en cours de soumission, porte sur le développement conceptuel de produits laitiers enrichis en fractions de lactosérum acide, à travers différents scénarios de formulation adaptés au marché marocain. Les matrices ciblées, notamment le fromage frais et – *An overview*”, met en lumière le fort potentiel des procédés d'ultrafiltration, de nanofiltration et d'osmose inverse pour le fractionnement sélectif des constituants du lactosérum. Ces technologies permettent l'obtention de fractions valorisables telles qu'un rétentat riche en protéines (RUF), un concentré en lactose et minéraux (RNF) et une eau purifiée (ROS), tout en préservant leurs propriétés nutritionnelles et fonctionnelles. L'analyse des performances et des matériaux membranaires souligne leur rôle clé dans l'efficacité du procédé et la qualité des fractions obtenues.

Sur la base de ces acquis théoriques, un protocole expérimental innovant de fractionnement du lactosérum acide par filtration membranaire, avec et sans diafiltration, a été développé. Ces travaux ont donné lieu à la publication de l'article “*From gutter to value: Valorization of acid whey from fresh cheese using membrane filtration*”. Les résultats expérimentaux ont mis en évidence l'influence significative des conditions opératoires sur les propriétés physico-chimiques, technologiques et sensorielles des fractions obtenues. L'ajustement du pH par ajout d'acide citrique a permis de limiter les phénomènes de précipitation et d'améliorer la stabilité des fractions, tandis que la diafiltration a contribué à une meilleure rétention protéique et à une pureté accrue des concentrats. Les analyses statistiques (ANOVA, $p < 0,05$) confirment l'impact significatif de ces paramètres sur la qualité finale des produits.

Enfin, un quatrième volet, en cours de soumission, porte sur le développement conceptuel de produits laitiers enrichis en fractions de lactosérum acide, à travers différents scénarios de formulation adaptés au marché marocain. Les matrices ciblées, notamment le fromage frais et le yaourt à boire, ont démontré une bonne aptitude à

