



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم علوم التغذية

Département des Sciences Alimentaires



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Intitulé :

Peptides et protéines comme marqueurs de la qualité et de
la sécurité des aliments : Etude bibliographique

Présenté par : SAMAI Khaoula

Soutenu le 30 / 06/ 2024, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	Mme. BENBOUGUERRA Nawel	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	Mme. BOUTANA Wissem	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur :	M. ALILI Dahmane	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2023/2024

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les protéines et peptides

I. Notions générales	2
I.1. Structure des protéines et peptides	3
I.1.1. Structure primaire	3
I.1.2. Structure secondaire	3
I.1.3. Structure tertiaire	3
I.1.4. Structure quaternaire	4
I.2. Fonction des protéines et peptides	4
I.2.1. Dans l'organisme humains	4
I.2.2. Dans les aliments	5
I.3. Types des protéines et peptides	5
I.4. Source des protéines et peptides	6
I.4.1. Source végétale	6
I.4.2. Source animale	6
I.5. Protéines et peptides dans les produits alimentaires	7
I.6. Tendance actuelle pour l'utilisation des protéines et peptides	8
I.6.1. Produits laitiers	8
I.6.2. Produits carnés	9
I.6.3. Produits de la pêche	10

Chapitre II : Marqueurs de la qualité et la sécurité alimentaire

II.1. Peptides et protéines bioactifs	11
II.1.1 Principales fonctionnalités des protéines et peptides bioactifs du lait	11
II.1.2. Peptides bioactifs de poisson	12
II.2. Influence des protéines et peptides sur les propriétés des aliments	13
II.3. Allergie alimentaire	13
II.3.1. Définition	14

II.3.2. Classification de l'allergie	14
II.3.3. Exemples d'aliments allergènes	15
Chapitre III : Les techniques d'analyse et de détection des protéines	
III.1. Spectrométrie de masse ou	17
III.2. Chromatographie	18
III.2.1. Chromatographie liquide haute performance (HPLC)	19
III.2.2. Chromatographie d'affinité	21
III.2.3. Chromatographie d'échange d'ions	22
III.2.4. Chromatographie d'exclusion	23
III.3. L'électrophorèse	23
III.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)	25
III.5. Cristallographie	25
Conclusion générale	27
Références bibliographiques	
Résumés	

Remerciements

*Au terme de ce travail je tiens, en premier lieu
à remercier le bon dieu pour le courage et la patience
qu'il m'a donné afin de mener ce travail à terme.*

je remercie vivement madame

BOUTANA WISSEM. *Pour toutes les
connaissances qu'elle m'a transmises. Pour
l'encadrement et les interventions enrichissantes et
encourageantes qu'elle m'a accordées au cours de ce
travail.*

*Nos vifs remerciements à madame **Benbouguerra Nawel** de m'avoir
honoré en président de jury de soutenance et monsieur
Alili Dahman d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

à ma petite

famille, mon homme, mes enfants : ziad,

eiad.

À mes très chers parents Tahar et Ghania pour

leur amour et bienveillance infinie et pour leurs

sacrifices quotidiens.

A mon frère et ma sœur.

A tout mes collègues.

Khaoula

Liste des abréviations

CA : Chromatographie d'affinité.

ECA : Enzyme de conversion de l'angiotensine.

ADN : Acide désoxyribonucléique.

ARN : acide ribonucléique.

ASB : Albumine sérique bovine.

CPG : Chromatographie en phase gazeuse.

CLT : Cellules T cytotoxiques.

AEAIC : Académie Européenne d'Allergologie et d'Immunologie Clinique.

CE : Chromatographie d'exclusion.

SAH : Sérum d'albumine humaine.

CLHP : Chromatographie liquide haute performance.

CEI : Chromatographie d'échange d'ion.

IgE : Immunoglobulines E.

IgG : immunoglobulines G.

KDa : kilo dalton.

M/Z : Masse sur charge.

NK : Natural killer.

OGM : Organismes génétiquement modifiés.

RMN : Résonance Magnétique Nucléaire.

Liste des Figures

Figure 1 : Structure des acides aminés.....	2
Figure 2 : Schéma des quatre structures de protéine	4
Figure 3 : Proportions de protéines animales et végétales de certains aliments	7
Figure 4 : Principaux allergènes alimentaire	15
Figure 5 : Principe de la spectrométrie de masse	17
Figure 6 : Schéma représentatif d'un chromatographe HPLC.....	20
Figure 7 : principe de la chromatographie d'affinité.....	22
Figure 8 : Schématisation de la chromatographie échangeuse d'ion.....	22
Figure 9 : Principe de l'électrophorèse.....	24
Figure 10 : Principe général de la Cristallographie.....	26

Liste des tableaux

Tableau 01 : Cibles d’actions potentielles des peptides bioactifs de lait	12
Tableau 02 : Méthodes sélectionnées pour la séparation et la purification des peptides et des protéines.....	23

Introduction générale

Introduction Générale

Dans un scénario en évolution, la croissance démographique a accru les besoins alimentaires, ce qui met l'accent sur le développement de techniques avancées de production et de transformation des aliments. Augmentant ainsi le besoin de recherche en science alimentaire en se focalisant sur l'amélioration de la qualité nutritionnelle et de la sécurité alimentaire des aliments (**Jagadeesh et al., 2017**).

D'autre part et dans un monde où la qualité et la sécurité alimentaire revêtent une importance cruciale, l'utilisation de peptides et de protéines comme marqueurs est devenue un domaine de recherche vital, en raison de leur sensibilité aux altérations et aux contaminants (**Marwa et al., 2022**). Ces biomolécules, présentes naturellement dans les aliments, offrent une multitude d'applications dans l'évaluation et la garantie de la qualité des produits alimentaires (**Lakis, 2023**). A cet effet, Comprendre ces fondamentaux est essentiel pour apprécier pleinement leur utilisation en tant que marqueurs.

Cette étude bibliographique vise à explorer en détail le rôle des peptides et des protéines en tant que marqueurs de la qualité et de la sécurité des aliments. Premièrement, nous aborderons des généralités sur les protéines et les peptides, en mettant en lumière leur structure, leur fonction et leur présence dans les aliments. Ensuite, nous examinerons les marqueurs de la qualité et de la sécurité alimentaire, en mettant en évidence les critères utilisés pour évaluer la fraîcheur, l'authenticité et la contamination des aliments. Nous discuterons des techniques d'analyse et de détection des protéines, qui sont essentielles pour identifier et quantifier ces biomarqueurs dans les produits alimentaires. Des méthodes traditionnelles aux technologies de pointe, nous explorerons les outils disponibles pour assurer une évaluation précise de la qualité et de la sécurité alimentaire.

Cette étude vise à fournir un aperçu complet sur le rôle des peptides et des protéines en tant que marqueurs de la qualité et de la sécurité des aliments, offrant ainsi des perspectives précieuses pour l'industrie alimentaire, la recherche scientifique et la réglementation gouvernementale.

Partie

Bibliographique

Chapitre I : généralités sur les protéines et peptides

Chapitre 1 : généralités sur les protéines et peptides

I. Notions générales

Les protéines se distinguent par leur nature composée de larges molécules, formées par l'assemblage d'acides aminés (**figure 01**) par des liaisons peptidiques. Leur diversité se manifeste, allant de structures simples telles que l'insuline à des entités complexes comme l'hémoglobine (**Cingöz, 2009**). À l'inverse, les peptides présentent une taille plus modeste, constitués d'une courte chaîne d'acides aminés, généralement inférieure à 50 unités (**Amara, 2011**).

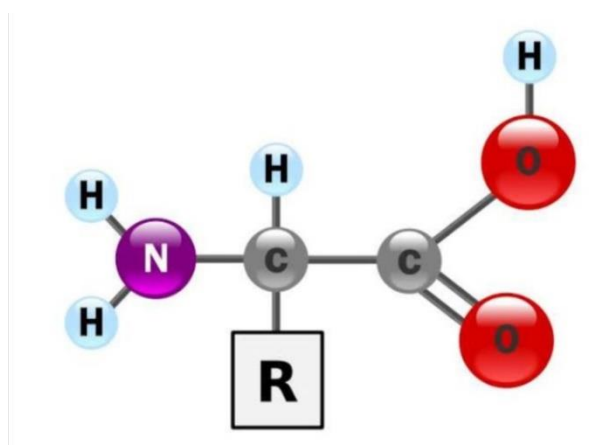


Figure 1 : Structure des acides aminés (**Wu, 2021**).

Les protéines occupent un rôle central dans de multiples aspects de la biologie, participant notamment à la catalyse enzymatique, au transport des nutriments, à la transmission des signaux cellulaires, ainsi qu'à la constitution même des structures cellulaires (**Caffin, 2012**).

Les peptides, de leur côté, se révèlent polyvalents dans leurs fonctions biologiques, agissant en tant qu'hormones, neurotransmetteurs, ou encore antibiotiques (**Gros, 1990**). Quant à leurs sources, les protéines abondent dans une variété d'aliments, allant de la viande au poisson en passant par les œufs, les produits laitiers, les légumineuses et les noix (**Campbell et al., 2008**). Les peptides, quant à eux, se retrouvent dans les mêmes sources alimentaires, ainsi que dans des produits fermentés tels que le yaourt et le fromage (**Baillargeon, 2016**).

Concernant leur synthèse, les protéines sont produites par les ribosomes au sein des cellules, suivant les instructions encodées dans l'ADN (**Fakih, 2023**). En revanche, les peptides peuvent être synthétisés dans l'organisme ou être introduits par l'alimentation (**Ouedraogo et al., 2023**). Ces biomolécules trouvent de vastes applications, des secteurs de la recherche biomédicale à l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Les protéines sont largement utilisées

dans ces domaines, tout comme les peptides, qui connaissent également une utilisation croissante dans le développement de médicaments et de produits cosmétiques **(Yassa et Tarzout, 2021)**.

1.1. Structure des protéines et peptides

L'étude de la structure des protéines et peptides est essentielle pour comprendre leur fonctionnement et leurs interactions **(Lemieux, 2023)**. Les protéines ont une structure tridimensionnelle spécifique, déterminant ainsi leur activité biologique **(Rondeau, 2009)**. Les peptides, quant à eux, sont des chaînes plus courtes d'acides aminés qui peuvent également adopter des structures repliées complexes **(Frémaux, 2013)**.

Cette structure tridimensionnelle des protéines et peptides est importante pour leur fonctionnement, leur stabilité et leur interaction avec d'autres molécules dans les organismes vivants **(Moujani, 2010 ; Bessem, 2014)**. Il existe quatre structures de protéines :

I.1.1. Structure primaire

La structure primaire des protéines représente la séquence linéaire d'acides aminés qui composent une protéine spécifique. Chaque acide aminé dans cette séquence est relié au suivant par une liaison peptidique, de type covalent qui résulte de la condensation d'un groupe carboxyle d'un acide aminé avec le groupe amine d'un autre **(Denielou, 2006)**.

La séquence d'acides aminés dans la structure primaire est codée par l'information génétique contenue dans l'ADN, et elle détermine la configuration tridimensionnelle ultérieure de la protéine **(Lambert, 2003)**. L'ordre spécifique des acides aminés dans la structure primaire est crucial pour la fonction de la protéine, car il influence sa capacité à se replier de manière spécifique et à interagir avec d'autres molécules biologiques **(Delsaux, 2008)**. Ainsi, la détermination de la structure primaire d'une protéine est généralement réalisée par des techniques de séquençage, telles que la spectrométrie de masse ou le séquençage automatique de l'ADN **(Coo et al., 2002)**.

I.1.2. Structure secondaire

La structure secondaire des protéines se développe lorsqu'une chaîne polypeptidique se replie sur elle-même, formant des motifs réguliers tels que les hélices alpha et les feuillets bêta. Ces motifs sont stabilisés par des liaisons hydrogène établies entre les atomes d'oxygène et d'azote de la chaîne principale des acides aminés **(Achoch, 2015)**.

I.1.3. Structure tertiaire

La structure tertiaire des protéines représente la configuration tridimensionnelle totale de la protéine. Cette configuration est influencée par les interactions entre les groupes latéraux des acides aminés, telles que les liaisons ioniques, les ponts disulfures, les interactions hydrophobes, etc. Ces interactions déterminent la forme tridimensionnelle globale de la protéine (**Ratté, 2013**).

I.1.4. Structure quaternaire

La structure quaternaire concerne les protéines formées par l'association de multiples sous-unités polypeptidiques. Elle caractérise l'agencement spatial de ces sous-unités ainsi que leurs interactions mutuelles. Il existe des protéines qui ne possèdent pas de structure quaternaire car elles sont composées d'une seule chaîne polypeptidique (**Robisson, 2013**).

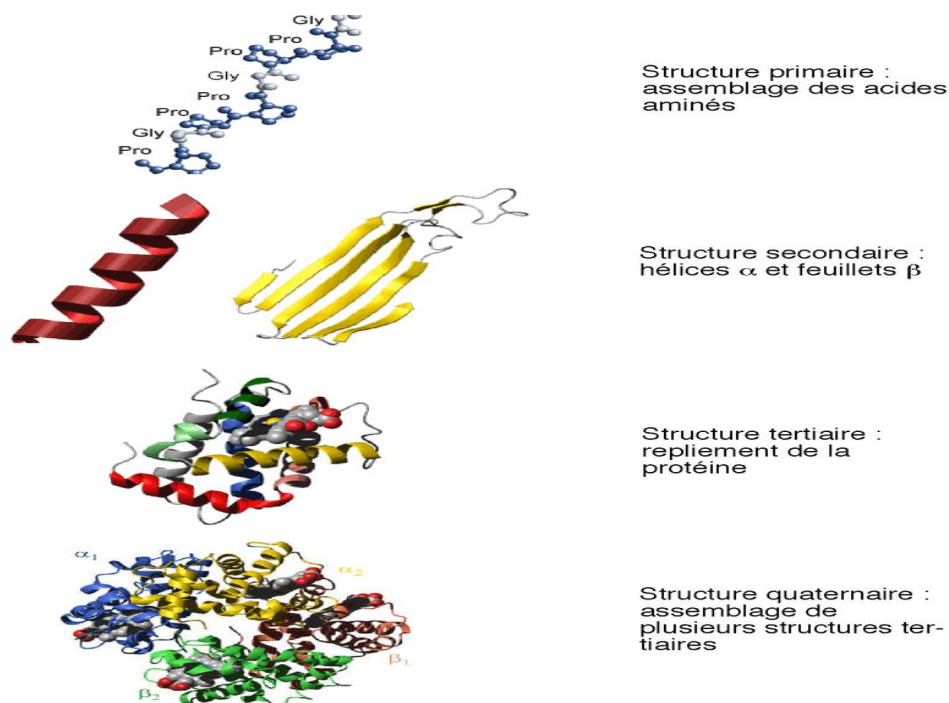


Figure 2 : Schéma des quatre structures de protéine (**Zened *et al.*, 2020**)

I.2. Fonction des protéines et peptides

I.2.1. Dans l'organisme humains

Les protéines remplissent diverses fonctions essentielles dans l'organisme. Tout d'abord, en tant qu'enzymes, elles agissent comme des catalyseurs, accélérant les réactions chimiques nécessaires au métabolisme. Par exemple les enzymes digestives décomposent les aliments en nutriments assimilables (**Lanneau, 2010**). Les protéines contribuent également à la structure et à la robustesse des tissus en fournissant un soutien structural crucial, le collagène, par exemple,

joue un rôle majeur dans les tissus conjonctifs **(Pétinot, 2011)**. De plus, certaines protéines agissent en tant que transporteurs, facilitant le mouvement de substances telles que l'oxygène ou les nutriments à travers les membranes cellulaires, par exemple l'hémoglobine transporte l'oxygène dans le sang **(Taleb, 2021)**. Les protéines participent également à la communication cellulaire en agissant comme des récepteurs de surface et en transmettant des signaux entre les cellules **(Servant, 2023)**. Les protéines contractiles, comme la myosine et l'actine, permettent le mouvement des cellules et des tissus, notamment dans le cas de la contraction musculaire **(Kierszenbaum, 2006)**.

I.2.2 Dans les aliments

Les protéines, éléments fondamentaux des aliments, remplissent diverses fonctions essentielles pour le corps, elles fournissent les acides aminés indispensables à la croissance, à la réparation des tissus et au maintien de la santé **(Marieb et Hoehn, 2014)**. En outre, bien que leur rôle principal ne soit pas celui de fournir de l'énergie, les protéines peuvent servir de source d'énergie lorsque les réserves de glucides et de lipides sont épuisées **(Mayes, 2002)**. De plus, la consommation de protéines favorise un sentiment de satiété, contribuant ainsi à réguler l'appétit et à contrôler la quantité de nourriture consommée **(Auclair, 2024)**.

Les protéines contribuent également à la texture et à la structure des aliments, stabilisent les émulsions présentes dans les produits alimentaires pour maintenir leur homogénéité, et peuvent se transformer en gels lorsqu'elles sont chauffées, ce qui est avantageux dans la fabrication de produits tels que les desserts gélifiés et les pâtisseries **(Rakotondramavo, 2019)**. Les protéines influencent également le goût et l'odeur des aliments **(Bellisle, 2012)**.

I.3. Types des protéines et peptides

Les protéines structurelles sont essentielles au maintien de l'intégrité et de la résistance des tissus conjonctifs, le collagène est fondamental pour la structure de la peau, des os et des cartilages **(Mahmoudi, 2023)**, la kératine est une protéine fibreuse présente dans les cheveux, la peau et les ongles, offrant une protection et une résistance **(Khtaoui, 2012)**.

Les protéines enzymatiques, telles que la pepsine joue un rôle crucial dans les processus digestifs, **(Vintéjoux et Shoar, 2005)**, la pepsine est une enzyme digestive qui dégrade les protéines dans l'estomac **(Bessagnet et al., 2021)**. Il existe aussi les protéines de transport comme l'hémoglobine et l'albumine assurent le transport de substances essentielles à travers le corps, l'hémoglobine transporte l'oxygène et le dioxyde de carbone **(Nawel et Zineb, 2017)**, tandis que l'albumine impliquée dans le transport de diverses substances dans le plasma sanguin **(Rondeau, 2009)**. Les protéines de signalisation, comme l'insuline et les facteurs de croissance, régulent des processus cellulaires clés, l'insuline est une hormone régulant le métabolisme des

glucides (**Ben Djoudi, 2009**), tandis que les facteurs de croissance contrôlent la croissance, la multiplication et la spécialisation cellulaire (**Corvol, 2008**). Aussi, les protéines de défense, telles que les immunoglobulines et le lysozyme, protègent l'organisme contre les agents pathogènes, les immunoglobulines (anticorps) ont une importance cruciale dans la défense immunitaire en identifiant et en neutralisant les agents pathogènes (**Olivier, 2014**), le lysozyme est une enzyme qui possède des propriétés antibactériennes en dégradant la paroi cellulaire des bactéries (**Rehault et al., 2007**).

Les protéines de stockage, telles que l'ovalbumine et la caséine, fournissent des réserves nutritionnelles importantes, l'ovalbumine est la protéine principale présente dans le blanc d'œuf fournissant des nutriments essentiels pour le développement embryonnaire (**Nyemb, 2015**) tandis que la caséine est la protéine prédominante dans le lait, essentielle pour fournir les acides aminés nécessaires à la croissance du nourrisson, principale protéine du lait (**Aliouat, 2021**). Enfin, les protéines contractiles, comme l'actine et la myosine, qui se trouvent dans les muscles squelettiques et qui participent à la contraction musculaire (**Orliag et al., 2004**).

I.4. Source des protéines et peptides

I.4.1. Source végétale

Les protéines d'origine végétale sont présentes dans divers aliments en proportions variables (**Figure 03**). Elles sont principalement fournies par les légumineuses telles que les pois (cassés, chiches, petits pois), les haricots (secs), le soja, les lentilles et les fèves. On les trouve également dans les fruits oléagineux comme les arachides, le sésame, le colza, les amandes, les noix et les noisettes, ainsi que dans les céréales comme le blé, le riz, l'avoine et le maïs, et les pseudo-céréales comme le quinoa et le sarrasin. Les tubercules tels que les pommes de terre, la patate douce et le manioc contiennent également des protéines végétales, de même que les fruits et légumes, bien qu'en quantités minimales. On en retrouve également dans les champignons, les microalgues (comme la spiruline), ainsi que dans les épices et les aromates (**Pouomogne, 1995**).

I.4.2. Source animale

Les protéines animales sont des macromolécules composées d'acides aminés qui sont essentielles à la structure, à la fonction et à la régulation des cellules, des tissus et des organes des animaux (**Campbell et al., 2017**). Les protéines animales sont dérivées des muscles des animaux (**Figure 03**), présent dans une variété de produits de viande tels que le bœuf, le poulet, le porc (**Micha et al., 2012**) et d'autres animales provenant du lait de vache et d'autres mammifères (**Thorning et al., 2016**).

ALIMENT	PROTÉINE		
	g/100 g	g/portion	% VNR*
 viande de bœuf hachée (5% de matières grasses)	22,7 g	75 g portion: 17 g	29%
 blanc de poulet	28,4 g	75 g portion: 21,3 g	37%
 saumon	25,3 g	100 g portion: 25,3 g	44%
 œuf entier	14,1 g	50 g portion o 1 huevo: 7 g	12%
 fromage gouda	25,3 g	50 g portion: 12,7 g	22%
 fromage de chèvre	21,1 g	50 g portion: 10,6 g	18%
 lait (entier)	3,5 g	200 ml portion: 7 g	12%
 lait (demi-écrémé)	3,4 g	200 ml portion: 6,8 g	12%
 haricots rouges	8,6 g	100 g portion: 8,6 g	15%
 mélange de noix	23,8 g	25 g portion: 5,9 g	10%
 pâtes (cuites)	5,5 g	150 g portion: 8,3 g	14%
 quinoa (cuit)	4,4 g	150 g portion: 6,6 g	11%
 flocons d'avoine	10,9 g	50 g portion: 5,5 g	9%

Figure 3 : Proportions de protéines animales et végétales de certains aliments (Carter, 2016).

En outre, certains produits issus d'animaux, comme le poisson, représentent également une source significative de protéines (Mozaffarian et Rimm, 2006). Les poules pondeuses fournissent également des œufs, qui constituent une autre source importante de protéines animales (Dimarco *et al.*, 2017).

I.5. Protéines et peptides dans les produits alimentaires

Les protéines et les peptides jouent un rôle vital dans la composition nutritionnelle des produits alimentaires, offrant non seulement des éléments structuraux mais aussi des fonctionnalités biologiques essentielles (Lifa, 2020). Ces macromolécules sont présentes dans une variété d'aliments, allant des sources animales aux végétales, et leur diversité fonctionnelle contribue à la texture, au goût et à la valeur nutritionnelle des produits (Laouana, 2021). Comprendre leur présence et leur interaction dans les aliments est crucial pour évaluer leur impact sur la santé humaine et pour optimiser les propriétés des produits alimentaires (Meriem, 2017) :

- **Amélioration de la texture** : Les protéines sont fréquemment employées afin d'optimiser la texture des aliments, en leur conférant de la consistance, de la solidité ou de la souplesse. Par exemple, dans les produits de boulangerie comme le pain et les pâtisseries, les protéines jouent un rôle crucial dans la structure finale du produit (Lahlou, 2001).

- **Stabilisation des émulsions** : Les peptides ont la capacité d'être employés en tant qu'émulsifiants pour assurer la stabilité des émulsions dans divers produits alimentaires tels que les sauces, les vinaigrettes et les desserts. Leur utilisation permet de prévenir la séparation des ingrédients et de maintenir une texture uniforme (**Bascou, 2023**).
- **Augmentation de la teneur en protéines** : Les protéines et peptides ont le potentiel d'optimiser la valeur nutritionnelle des produits alimentaires en fournissant des acides aminés indispensables et en améliorant la digestibilité des nutriments. Par exemple, incorporer des protéines de pois dans les produits alimentaires végétaliens peut enrichir leur contenu nutritionnel en offrant une source de protéines complètes (**Bax., 2012**).
- **Amélioration de la saveur** Les peptides issus de protéines peuvent influencer la saveur des aliments. Par exemple, les peptides produits lors de la fermentation de produits comme le fromage ou le yaourt peuvent apporter des arômes distincts et des profils gustatifs uniques aux produits finis (**Guinee et al., 2004**).

I.6. Tendances actuelles pour l'utilisation des protéines et peptides

I.6.1. Produits laitiers

L'utilisation des protéines et des peptides issus du lait est en plein essor dans l'industrie alimentaire, alimentée par les tendances actuelles en matière de nutrition, de durabilité et de recherche d'ingrédients fonctionnels (**Schneider, 2015**). Les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles remarquables de ces composants laitiers en font des candidats de choix pour une variété d'applications alimentaires, allant des substituts de viande aux produits laitiers alternatifs et aux compléments nutritionnels (**Corredig et Salvatore, 2016**).

De plus, les avancées technologiques dans le domaine de l'extraction et de la purification des protéines laitières ont ouvert de nouvelles perspectives pour leur utilisation dans des produits alimentaires innovants (**koumba, 2020**). Comprendre les tendances actuelles dans l'utilisation des protéines et des peptides laitiers permet de mieux appréhender leur rôle croissant dans l'industrie alimentaire et leurs implications pour la santé et l'environnement (**Da Silva, 2023**).

Les protéines dérivées des produits laitiers sont largement utilisées pour améliorer la texture et la structure des produits laitiers tels que les yaourts, les fromages et les desserts. Elles contribuent à augmenter la viscosité, la crémosité et la stabilité de ces produits (**Bentayeb, 2023**). Ces protéines laitières agissent comme des stabilisants d'émulsion, garantissant la stabilité des émulsions dans des produits comme les crèmes glacées, les crèmes fouettées et les sauces, ce qui prévient la séparation des phases et maintient une texture homogène (**Douyère, 2021**). En

outre, les protéines laitières sont intégrées dans divers produits laitiers pour enrichir leur teneur en protéines, répondant ainsi à la demande croissante de produits alimentaires protéinés tels que les boissons protéinées, les barres énergétiques et les substituts de repas (**Gésan, 2011**). Sur le plan nutritionnel, ces protéines fournissent des acides aminés essentiels facilement digestibles, ce qui contribue à améliorer la qualité nutritionnelle des produits laitiers en soutenant la croissance, le développement et la récupération musculaire (**Réo, 2017**). Enfin, les protéines laitières jouent un rôle dans la saveur des produits laitiers en influençant les arômes et les caractéristiques gustatives grâce aux peptides et acides aminés libérés lors de la fermentation et du vieillissement, ajoutant ainsi des nuances distinctes et des profils de saveur uniques aux produits (**Lasme, 2019**).

I.6.2 Produits carnés

La tendance actuelle pour l'utilisation des protéines et peptides des produits carnés reflète une évolution vers une approche plus consciente de la consommation alimentaire (**Smith et al., 2023**). Les protéines et peptides issus des produits carnés sont de plus en plus valorisés pour leurs propriétés nutritionnelles et fonctionnelles (**Jones et al., 2022**). En effet, ces composants peuvent fournir des acides aminés essentiels, favoriser la satiété et contribuer à la régénération musculaire après l'effort physique (**Brown et al., 2021**).

De plus, les peptides bioactifs présents dans les produits carnés suscitent un intérêt croissant en raison de leurs potentiels effets bénéfiques sur la santé, tels que leurs propriétés antioxydants, antimicrobiennes et anti-inflammatoires (**Johnson et al., 2020**). Cette tendance s'accompagne également d'une volonté de réduire la consommation de viande rouge et transformée, souvent associée à des risques pour la santé et à des préoccupations environnementales (**Garcia et al., 2024**). Ainsi, l'industrie alimentaire explore de nouvelles méthodes de valorisation des protéines et peptides des produits carnés, notamment à travers des procédés de fractionnement et d'extraction, pour répondre à la demande croissante de produits alimentaires plus sains et durables (**Patel et al., 2023**).

Les protéines présentes dans les produits carnés sont utilisées pour améliorer la texture et la jutosité de produits tels que les saucisses, les hamburgers et les steaks. Leur fonction comprend la rétention de l'humidité et l'amélioration de la tendreté (**Guelmamene et al., 2021**), ces protéines agissent en tant qu'agents de liaison, renforçant la cohésion et la stabilité des produits carnés transformés comme les saucisses et les pâtés, ce qui est important pour maintenir la forme et la structure des produits finis (**Corbeau, 2010**). L'incorporation de protéines dans les produits carnés peut également augmenter leur valeur nutritionnelle en fournissant des acides aminés

essentiels et en améliorant leur profil nutritionnel global. Ainsi, elles sont souvent utilisées dans les produits carnés enrichis en protéines **(De Gavelle, 2019)**.

Avec la montée en popularité des régimes à base de plantes, la demande pour des alternatives végétales aux produits carnés traditionnels est en hausse. Les protéines végétales sont donc exploitées dans le développement de substituts de viande visant à reproduire la texture et le goût des produits carnés **(N’Gatta, 2022)**. Par ailleurs, des protéines de substitution sont développées pour répondre aux besoins des consommateurs souffrant d'allergies alimentaires ou d'intolérances. Des sources telles que le soja, le pois et le gluten de blé sont ainsi utilisées comme alternatives dans les produits carnés destinés à ces populations **(Baum et al., 2018)**.

I.6.3 Produits de la pêche

Les protéines et peptides extraits des fruits de mer, tels que les poissons, les crustacés et les mollusques, sont de plus en plus recherchés pour leurs qualités nutritionnelles exceptionnelles et leurs bienfaits pour la santé **(Johnson et al., 2021)**. La prise de conscience croissante des avantages d'une alimentation riche en produits de la mer, reconnus pour leur teneur élevée en acides gras oméga-3, en vitamines et en minéraux essentiels **(Garcia et al., 2022)**. En outre, les protéines et peptides marins sont étudiés pour leurs propriétés fonctionnelles, comme leur capacité à améliorer la texture, la saveur et la stabilité des produits alimentaires **(Brown et al., 2020)**.

La recherche de sources de protéines durables et respectueuses de l'environnement, devient une préoccupation croissante pour les consommateurs et les industries alimentaires. L'utilisation croissante des protéines et peptides des produits de la mer dans une variété d'applications alimentaire reflète une évolution vers une alimentation plus saine, plus respectueuse de l'environnement et plus diversifiée **(Martinez et al., 2024)**.

*Chapitre II : Les marqueurs de la qualité et la
sécurité alimentaire*

Chapitre II : les marqueurs de la qualité et la sécurité alimentaire

II.1. Peptides et protéines bioactifs

Les peptides biologiquement actifs peuvent être définis comme des fragments de protéines qui sont inactifs au sein de leur protéine d'origine, présentent un intérêt particulier en science alimentaire et en nutrition car Il a été démontré qu'ils jouent des rôles physiologiques, notamment des caractéristiques semblables à celles des opioïdes, ainsi que des activités immunostimulantes et anti hypertensives et ont la capacité à améliorer l'absorption du calcium **(Soumia et Chettibi, 2021)**.

Une attention croissante est portée aux peptides physiologiquement actifs dérivés du lait, du soja, des œufs, des viandes, poissons et autres protéines **(Korhonen et pihlanto, 2007)**. De nombreux peptides bioactifs ont en commun des caractéristiques structurelles qui incluent une durée de vie relativement courte. Une longueur moyenne de 2 à 9 acides aminés, la présence de résidus d'acides aminés hydrophobes en plus de groupes proline, lysine ou arginine. Les peptides bioactifs résistent également à l'action de la digestion peptidases.

Les peptides antihypertenseurs, connus sous le nom d'enzyme de conversion de l'angiotensine I (ACE) des inhibiteurs ont été trouvés dans le lait, le maïs et le poisson **(Schanbacher et al., 1997)**. Certains peptides ayant des activités opioïdes sont dérivés à partir de gluten de blé ou de caséine. Après digestion avec de la pepsine, ont un effet et une structure similaire aux peptides opioïdes endogènes, avec un résidu tyrosine situé à l'extrémité amine.

Les peptides immunomodulateurs dérivés d'hydrolysats trypsiques de protéines de riz et de soja agissent pour stimuler les anions superoxydes (espèces réactives de l'oxygène-ERO), qui déclenchent des systèmes de défense immunitaire **(Gibbs et al., 2004)**. Propriétés antioxydantes qui empêchent la peroxydation des graisses essentielles des acides ont également été démontrés pour les peptides dérivés des protéines de caséine produisant des caséinophosphopeptides présentent à la fois des propriétés hydrophiles et lipophiles activité antioxydante due à la fois aux propriétés de séquestration des ions métalliques du lait **(Ben-Abbes, 2022)**.

II.1.1 Principales fonctionnalités des protéines et peptides bioactifs du lait

Les recherches sur les protéines du lait suggèrent que certaines sont bioactives de manière intrinsèque **(Gryson et al., 2008)**. De nos jours, l'attention se porte également sur les divers peptides résultant de la digestion de ces protéines. En effet, la digestion de la β -lactoglobuline, de l' α -lactalbumine et de la lactoferrine produit des peptides avec des séquences d'acides aminés pouvant réguler diverses fonctions corporelles **(Tableau 1)**. Ces peptides, qu'ils circulent dans le sang ou interagissent avec des récepteurs intestinaux, semblent avoir des activités périphériques

telles que d'être des agonistes ou des antagonistes des opiacés, des agents anti-thrombose ou anti-hypertension, des régulateurs de l'immunité, ainsi que des agents antibactériens ou antiviraux (Gryson *et al.*, 2008).

Tableau 1 : Cibles d'actions potentielles des peptides bioactifs de lait (Silva et Malcata, 2005).

Système cardiovasculaire	Système nerveux	Système digestif	Système immunitaire
Peptides antithrombotiques	Peptides anxiolytique	caséinophosphopeptides	Peptides immunomodulants
Peptides antihypertenseurs	Peptides opiacés	glycomacropéptide	Peptides antimicrobiens

II.1.2. Peptides bioactifs de poisson

Les peptides et protéines bioactifs des poissons sont des composés naturels présents dans les tissus musculaires, les organes et les autres parties des poissons. Ils sont considérés comme bioactifs car ils ont la capacité d'interagir avec des processus biologiques dans le corps humain, ce qui peut conduire à des effets bénéfiques sur la santé (Durand, 2019). Voici quelques-uns des principaux peptides et protéines bioactifs trouvés dans les poissons et leur rôle potentiel :

- Effets cardiovasculaires : Certains peptides de poissons ont démontré des propriétés hypotensives, ce qui signifie qu'ils peuvent aider à abaisser la pression artérielle. Par exemple, les peptides inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE) présents dans les poissons peuvent aider à réguler la pression artérielle en bloquant l'activité de l'ACE, une enzyme impliquée dans la régulation de la pression artérielle (Sénéchal, 2018).

- Propriétés anti-inflammatoires : Certains peptides de poissons ont montré des activités anti-inflammatoires en réduisant la production de médiateurs inflammatoires dans le corps. Cela peut être bénéfique pour traiter les maladies inflammatoires chroniques telles que l'arthrite, les maladies cardiovasculaires et les maladies auto-immunes (Weill et Batteux, 2003).

- Activités antioxydantes : Les peptides et protéines bioactifs des poissons peuvent également agir comme des antioxydants, aidant à neutraliser les radicaux libres et à réduire le stress oxydatif dans le corps. Cela peut contribuer à prévenir les maladies liées au vieillissement et à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres (Namsi, 2019).

- Effets sur la santé de la peau : Certains peptides de poissons ont des propriétés hydratantes et régénératrices pour la peau, ce qui peut aider à améliorer l'apparence de la peau et à traiter les affections cutanées telles que l'eczéma et le psoriasis (**Schmitt, 2019**).

- Soutien de la santé digestive : Certains peptides de poissons peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé digestive en favorisant la croissance des bonnes bactéries intestinales et en améliorant la fonction intestinale. Cela peut contribuer à réduire l'inflammation et améliorer la digestion (**Yvon, 2017**).

II.2. Influence des protéines et peptides sur les propriétés des aliments

Les protéines et les peptides ont une influence significative sur les propriétés des aliments à plusieurs niveaux (**Creveu, 1999**).

- **Structure et Texture** : dans les produits de boulangerie, les protéines de gluten fournissent l'élasticité et la texture moelleuse. Dans les produits laitiers comme le fromage, les protéines jouent un rôle clé dans la texture et la cohésion (**Kana et Lounici, 2023**).

- **Stabilité** : Les protéines peuvent améliorer la stabilité des aliments en agissant comme des émulsifiants ou des agents de rétention d'eau. Elles aident à stabiliser les émulsions dans les sauces et les vinaigrettes, ainsi que dans les produits de boulangerie et les desserts (**Guzun, 2010**).

- **Fonctionnalité** : Les protéines ont des propriétés fonctionnelles qui influencent les performances des aliments lors du traitement, de la cuisson et de la conservation. Par exemple, les protéines du lait sont utilisées dans la fabrication de produits laitiers pour leur capacité à former des gels et des mousses (**Mourda, 2023**).

- **Saveur et arôme** : Certains peptides et acides aminés issus de la dégradation des protéines peuvent contribuer à la saveur et à l'arôme des aliments. Par exemple, la cuisson des viandes génère des composés aromatiques qui contribuent à leur saveur distinctive (**Guichard, 2012**). –

Nutrition : Les protéines sont une source importante d'acides aminés essentiels et de nutriments pour le corps. Elles sont essentielles pour la croissance, la réparation des tissus et le fonctionnement optimal du corps humain. Ainsi, la composition en protéines des aliments affecte leur valeur nutritionnelle (**Pietri, 2011**).

II.3. Allergie alimentaire

Les aliments fournissent les matériaux et l'énergie essentiels au corps et ne posent pas de danger en soi. Chez les individus en bonne santé, ils favorisent naturellement une tolérance immunitaire, mais chez certains sujets prédisposés génétiquement, une réaction immunitaire

inappropriée peut se déclencher contre certaines protéines alimentaires, les transformant en allergènes alimentaires appelés trophallergènes.

Cette réaction entraîne une série de réponses inflammatoires qui causent les symptômes cliniques des allergies alimentaires. La colonisation bactérienne du tractus gastro-intestinal dès la naissance participe au développement du système immunitaire de l'individu, suggérant que le microbiote intestinal peut jouer un rôle crucial dans l'apparition des maladies allergiques (**Morin, 2012**).

II.3.1. Définition

Les allergies alimentaires "vraies", par opposition aux "fausses" allergies, résultent de réactions immuno-allergiques suite à l'ingestion d'un allergène alimentaire. Les "fausses" allergies, également appelées "intolérances alimentaires", ne déclenchent pas de réaction immunitaire, bien que leurs symptômes cliniques puissent ressembler à ceux des allergies "vraies" (**Johansson et al., 2001**).

II.3.2. Classification de l'allergie

En 2001, l'Académie Européenne d'Allergologie et d'Immunologie Clinique (EAACI) a proposé une classification des réactions adverses aux aliments basée sur les symptômes cliniques et les mécanismes sous-jacents. Cette classification distingue les réactions toxiques, comme les intoxications alimentaires causées par des contaminants bactériens, des réactions non toxiques qui peuvent être d'origine immunologique ou non (**Johansson et al., 2001**).

- **Allergie type 1** : Immédiate, elle est médiée par les IgE. Les réponses de type I sont induites par les IgE, via l'activation des mastocytes et des basophiles. C'est la réaction la plus souvent impliquée dans le cas de l'allergie alimentaire.

- **Allergie type 2** : Cette réaction est cytotoxique et cytolytique. Les réponses de types II sont induites par la liaison d'IgG à des antigènes de la surface cellulaire ou de la matrice extra-cellulaire. Ces anticorps sont alors capables d'entraîner la destruction de la cellule cible portant ces antigènes de surface par activation du complément ou de cellules NK.

- **Allergie type 3** : C'est une réaction semi-tardive, à complexes immuns. Les réponses de type III sont causées par le dépôt tissulaire ou vasculaire de complexes immuns antigène-anticorps capables d'activer le complément et de recruter les cellules sanguines polynucléaires et les macrophages, contribuant à des lésions tissulaires locales.

- **Allergie type 4** : Cette réaction est retardée et à médiation cellulaire. Les réactions d'hypersensibilité de type IV impliquent les cellules T et peuvent être réparties en trois groupes. Dans le premier groupe, les lésions tissulaires sont liées à l'activation des macrophages par les

cellules T auxiliaire de type 1 (T helper 1 ou Th1), et à la réaction inflammatoire qui s'en suit. Dans le second groupe, elles sont liées à une réaction inflammatoire initiée par les cellules T auxiliaires de type 2 (Th2) et dans laquelle les éosinophiles jouent un rôle prédominant. Dans le troisième groupe, les lésions sont causées directement par les cellules T cytotoxiques (CTL) (Blanc, 2008).

II.3.3. Exemples d'aliments allergènes

Les aliments ayant la capacité de provoquer des réactions allergiques sont très nombreux (Figure 4). Cependant quelques aliments sont à l'origine de la majorité des allergies. Les allergènes alimentaires ou trophallergènes sont classés en deux groupes en fonction de leur provenance (végétale ou animale) (Morin, 2012).

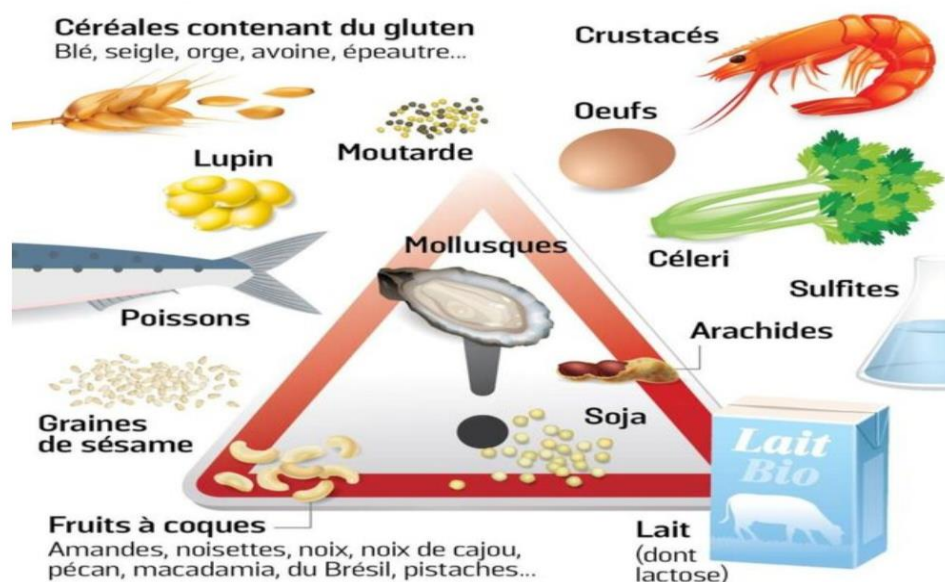


Figure 4 : Principaux allergènes alimentaire (Lavaud, 2019).

- Lait de vache :

L'allergie aux protéines du lait de vache est très répandue, souvent liées à la β -lactoglobuline et à l' α -lactalbumine (Daoudi, 2011). Cette allergie touche environ 2 à 3% des nourrissons dans la population générale (Viola et Sarrio, 2004), ce qui la place au 4ème rang des allergies alimentaires chez les enfants, après l'œuf, l'arachide et le poisson.

Les symptômes se manifestent généralement avant l'âge de 6 mois, principalement par des réactions cutanées telles que l'urticaire et l'eczéma, mais aussi par des symptômes digestifs comme les vomissements, les diarrhées et les reflux gastro-œsophagiens, ainsi que des symptômes respiratoires comme la toux et l'asthme (Host, 2002).

En outre, les protéines du lait sont de plus en plus utilisées dans divers produits alimentaires, soulignant ainsi l'importance d'un étiquetage clair et précis pour les personnes sensibles **(Robitaille et al., 2023)**.

- Le poisson :

Le poisson, en particulier les poissons de mer, est un aliment à haut risque d'allergie. Les différents types de poissons peuvent provoquer des réactions allergiques croisées. Les composants sarcoplasmiques, constituant 20 à 30% du tissu musculaire, contiennent les allergènes principaux.

Même après cuisson, les allergènes aéroportés, comme l'odeur de poisson ou la vapeur de cuisson, restent présents. Certains poissons, comme le thon, sont riches en histamine, pouvant entraîner des réactions semblables à des allergies **(Hamada et al., 2001)**.

L'allergène majeur responsable de l'allergie au poisson, au moins au Japon, est une protéine cytoplasmique liée au calcium, de type parvalbumine et de poids moléculaire 12 kDa, appelée Gad c1 **(Elsayed et Aas, 1971 ; Elsayed et Bennich, 1975)**. Elle a été retrouvée chez plusieurs espèces de poissons tels que le cabillaud, le saumon d'Atlantique, la carpe, et le chinchard japonais **(Vando et al., 2003)**.

Chez des patients allergiques aux poissons, des IgE spécifiques à la gélatine de poisson (collagène) ont aussi été mis en évidence. De plus, une étude réalisée par une équipe japonaise a identifié un allergène de haut poids moléculaire chez le thon. Cinq fractions protéiques préparées à partir du muscle du thon et analysées par la technique ELISA ont montré que l'allergène de haut poids moléculaire se trouvait dans la fraction protéique **(Sato et al., 1986)**. A partir des tests de SDS-PAGE, immunoblot et analyse d'acides aminés de cette fraction, il a montré que cet allergène de haut poids moléculaire reconnu par le sérum de plusieurs patients était le collagène **(Hamada et al., 2001)**.

- Les fruits

L'allergie à l'orange est courante parmi les fruits, manipuler des agrumes peut causer de l'eczéma aux mains. Les fruits de la famille des rosacées, comme la pêche, la prune, l'abricot, la cerise, l'amande, la pomme, la poire, la framboise et la fraise, sont souvent en cause et constituent la principale source d'allergie alimentaire chez les adultes. Cependant, les cas d'allergie chez les enfants sont moins fréquents et peu rapportés **(Giovannini et al., 2004)**.

L'allergie aux rosacées se manifeste généralement à un âge avancé, car dans les pays d'Europe du Nord, comme c'est traditionnellement le cas, la sensibilisation à ces fruits nécessite d'abord une sensibilisation au pollen de bouleau (connue sous le nom de syndrome pomme-bouleau). En revanche, en Italie et en Espagne, l'allergie aux rosacées est bien plus répandue chez les enfants **(Crespo et al., 1995)**.

*Chapitre III : Les techniques d'analyse et de
détection des protéines*

Chapitre III : Les techniques d'analyse et de détection des protéines

Les méthodes de protéomique offrent une nouvelle approche pour repérer les protéines dans les aliments et explorer les interactions entre elles, ainsi qu'avec d'autres composants alimentaires, qu'ils soient crus ou transformés. En détectant avec sensibilité les modifications de la structure protéique à l'échelle des acides aminés, cette méthode permet de repérer les constituants liés qui émergent lors du traitement. De plus, en utilisant différentes techniques d'extraction et de cartographie 2D, il est possible d'analyser les interactions entre les composants. En identifiant les biomolécules cruciales pour la qualité finale du produit, notamment les composés bioactifs et les ingrédients des aliments fonctionnels, la protéomique ouvre la voie à un criblage plus efficace (Nadolski et Linder, 2005).

III.1. Spectrométrie de masse ou MS

La spectrométrie de masse est une technique physico-chimique utilisée pour identifier des substances toxiques. Elle consiste à mesurer les rapports masse-sur-charge (m/z) des molécules ionisées et de leurs fragments. Pour ce faire, le spectromètre de masse doit effectuer trois opérations : volatiliser les molécules pour les vaporiser, les ioniser en ions chargés électriquement, puis mesurer les rapports m/z pour déterminer la masse moléculaire (Temgoua, 2020).

Le spectromètre de masse ionise une molécule A en utilisant des électrons, créant ainsi une entité A^+ dépourvue d'un électron. Cette entité peut se diviser en divers groupes (chargés ou non) plus petits ou se réarranger (Figure 5). Par la suite, les particules sont accélérées par un champ électrique et déviées par un champ magnétique. Pour étalonner un spectromètre de masse sans modifier ses paramètres, on le calibre selon les masses molaires, étant donné que la charge élémentaire reste constante. Le nombre de molécules influence la densité des ions sur le détecteur. Les détecteurs informatisés actuels permettent d'obtenir directement un spectre calibré (Zeghilet N, 2009).

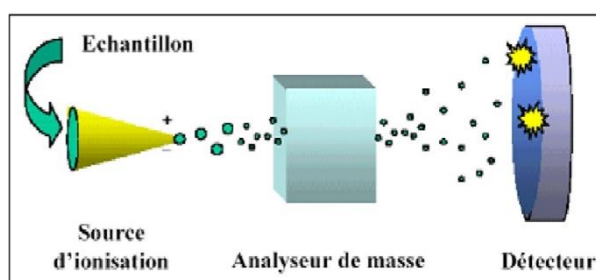


Figure 5 : Principe de la spectrométrie de masse (Laurence, 2003).

La spectrométrie de masse des protéines et des peptides est employée pour examiner la constitution, la configuration et les fonctions des protéines **(Lysiak, 2022)**. Elle permet l'identification des protéines dans un échantillon, la détermination de leur séquence d'acides aminés, la caractérisation des modifications post-traductionnelles et l'évaluation de leur quantité. Cette technique polyvalente est largement utilisée en biochimie, en biologie structurale et en protéomique afin de mieux comprendre le rôle des protéines dans les processus biologiques **(Rémy, 2013)**.

Plusieurs types de protéines peuvent être analysés. Certains exemples courants incluent les protéines sériques, telles que l'albumine et la globuline, ainsi que des protéines spécifiques à un organe ou à une fonction particulière, comme l'insuline pour le pancréas ou l'hémoglobine pour le sang. De plus, les protéines associées à des maladies ou des conditions spécifiques peuvent également être étudiées, telles que la protéine C-réactive pour l'inflammation ou les protéines tumorales pour le cancer. En fonction de l'objectif de l'analyse, une large gamme de protéines peut être explorée par la spectrométrie de masse **(Cingose, 2009)**.

Cette approche a permis d'obtenir des informations précieuses sur les protéines associées à la qualité du blé destiné à la panification, notamment en ce qui concerne la dureté des grains **(Bahrman et al., 2004)**. Prenant l'exemple des protéines amphiphiles présentes dans les grains de blé et dans le but d'approfondir les connaissances sur leur rôle physiologique et technologique **(Minour et al., 20002)**. En utilisant le protéome du blé, il a été possible de prédire la qualité du pain produit à partir de ce dernier. De plus, une analyse multivariée a été utilisée pour faciliter le traitement des données de chromatographie et de spectrométrie de masse, afin de mieux comprendre le protéome **(Agrawal et Rakwal, 2006)**.

III.2. Chromatographie

En 1906, le chimiste russe Mikhaïl Tswett a réussi à isoler des pigments végétaux colorés en utilisant une colonne remplie de carbonate de calcium pulvérulent et de l'éther de pétrole comme solvant. Pendant ce processus, il a observé la formation de différentes bandes de couleur (vert, orange, jaune, etc.) sur la colonne. Il a baptisé cette méthode de chromatographie, faisant référence à l'écriture des couleurs. Tswett a également introduit des termes tels que "chromatogramme", "élution" et "rétention". Malgré cela, la technique a été largement négligée jusqu'aux années 1930. **(Berthilier, 2013)**.

En 1952, la chromatographie en phase gazeuse (CPG) a été mise au point, suivie en 1965 par la découverte de la chromatographie liquide à haute performance (CLHP ou HPLC) par Halasz et Horvath **(Berthilier, 2013)**.

La chromatographie est principalement une technique de séparation physique qui repose sur les variations d'attraction des substances à analyser envers deux phases distinctes. L'une de ces phases consiste en un lit de matériau stationnaire à travers lequel la deuxième phase, mobile, se déplace (**Abbaci, 2017**).

Selon la méthode chromatographique utilisée, la séparation des composants transportés par la phase mobile est le résultat soit de leur adsorption et désorption répétées sur la phase stationnaire, soit de leur solubilité distincte dans chacune des phases (**Pascotto, 2021**). Ainsi, il se produit une répartition ou une partition des composants entre ces deux types de phases ; étant donné que le flux du fluide vecteur est continu, c'est la rétention plus ou moins prolongée des différentes molécules sur le support fixe qui les sépare les unes des autres. La répartition des molécules entre la phase stationnaire et la phase mobile est déterminée par les forces d'interaction relatives entre la phase stationnaire et les molécules, à l'exception de la chromatographie d'exclusion (**Hadef, 2009**). La séparation repose sur le déplacement différencié des constituants du mélange. Ces derniers traversent la phase stationnaire à des vitesses proportionnelles à leurs caractéristiques intrinsèques (taille, structure, etc.) ou à leur affinité avec la phase stationnaire (polarité, etc.) (**Stéphane, 2009**).

La chromatographie permet de séparer les différents colorants présents dans un produit alimentaire et de déterminer leur concentration. Par exemple, dans les bonbons, les colorants artificiels peuvent être identifiés et quantifiés grâce à la chromatographie (**Ba, 2016**). De même, la chromatographie peut être utilisée pour détecter les pesticides dans les fruits et légumes. En séparant les différents composés chimiques présents, la chromatographie permet d'identifier les résidus de pesticides et de mesurer leur concentration, assurant ainsi la sécurité alimentaire (**Fillatre., 2011**).

III.2.1. Chromatographie liquide haute performance (HPLC)

Depuis son adoption généralisée en 1995, la chromatographie liquide haute performance a considérablement raccourci les délais d'analyse de nombreux composés biochimiques, en moyenne par un facteur de 10. Ainsi, les durées d'analyse qui étaient auparavant de plusieurs dizaines de minutes sont désormais réduites à quelques minutes seulement. Ce gain de temps et cette amélioration significative de la résolution constituent les principaux avantages de cette technologie (**Audigié et al., 1995**).

Ce qui différencie l'HPLC des systèmes classiques, c'est une accélération notable de l'échange entre la phase solide et liquide, ainsi qu'une augmentation du nombre de plateaux théoriques.

Dans le cadre de l'HPLC, un fluide appelé phase mobile traverse un tube appelé colonne. Cette colonne peut être remplie de granulés poreux (colonne remplie) ou recouverte d'un film mince à l'intérieur (colonne capillaire), formant ainsi la phase stationnaire. Au moment de l'injection initiale, le mélange à séparer est introduit à l'entrée de la colonne où il se dilue dans la phase mobile, laquelle le transporte à travers la colonne.

Lorsque la phase stationnaire est judicieusement choisie, les composants du mélange, communément appelés solutés, sont retenus de manière inégale pendant leur passage dans la colonne, phénomène connu sous le nom de rétention. Cette rétention entraîne un déplacement différencié des solutés par rapport à la phase mobile, les séparant ainsi les uns des autres au fur et à mesure de leur éluant de la colonne.

Un détecteur placé à la sortie de la colonne, couplé à un enregistreur, permet d'obtenir un chromatogramme. Ce détecteur enregistre un signal constant appelé ligne de base en présence du seul fluide porteur ; chaque soluté séparé induit l'apparition d'un pic distinct dans le temps.

Dans des conditions chromatographiques données, le "temps de rétention" caractérise qualitativement une substance, représentant le temps nécessaire pour qu'un composé soit élué de la colonne et détecté. L'amplitude de ces pics, ou l'aire limitée par ces pics et la prolongation de la ligne de base, permet de mesurer la concentration de chaque soluté dans le mélange injecté (Audigié *et al.*, 1995).

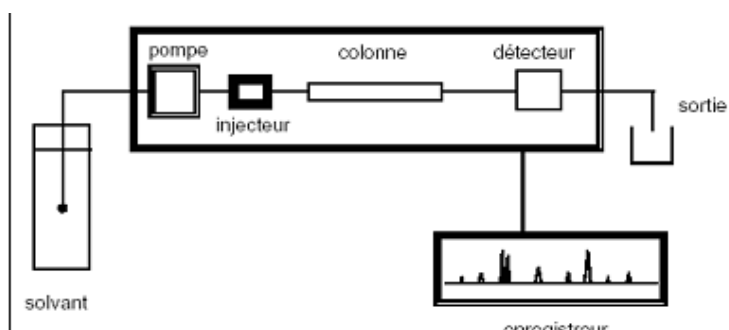


Figure 6 : Schéma représentatif d'un chromatographe HPLC (Salghi, 2004).

La chromatographie liquide haute performance est principalement utilisée pour des analyses quantitatives plutôt que qualitatives, car il est difficile d'explorer l'intégralité de la gamme des longueurs d'onde disponibles pour détecter tous les produits présents dans la solution étudiée (Pascotto, 2021).

- **Application de l'HPLC**

- L'HPLC est de plus en plus utilisée pour un large éventail de molécules, telles que les hormones, les vitamines, les médicaments, et est devenue un équipement de base indispensable dans de nombreux laboratoires de recherche **(Grine, 2018)**.
- En cosmétologie, l'HPLC est également employée pour analyser des substances thermiquement instables, peu volatiles ou ionisées **(Belarbi, 2021)**.
- Les molécules d'intérêt biologique, telles que les vitamines, les sucres et les acides aminés, peuvent être analysées directement sans nécessiter la formation de dérivés, tandis que la séparation des protéines et des polymères synthétiques peut être réalisée même lorsque leur masse est élevée **(Smatel et Oudiai, 2016)**.
- L'HPLC est particulièrement adaptée à l'analyse de composés polaires et thermolabiles, offrant ainsi une grande polyvalence dans divers domaines de la recherche et de l'industrie **(Herbette et al., 2002)**.

III.2.2. Chromatographie d'affinité

La chromatographie d'affinité est un procédé de purification qui se base sur l'adsorption spécifique et réversible d'une molécule cible sur un ligand immobilisé sur une matrice insoluble. Ce procédé offre un facteur de purification souvent de plusieurs milliers et un rendement élevé en produit actif. Il permet des séparations remarquables en une seule étape, ce qui économise considérablement du temps par rapport aux méthodes moins sélectives nécessitant plusieurs étapes **(Jungbauer, 2005)**.

Grâce à son effet de concentration, la chromatographie d'affinité peut traiter efficacement de grands volumes. Sa sélectivité élevée découle de l'interaction spécifique entre les molécules, offrant ainsi plusieurs applications pratiques :

- La purification de produits dans des mélanges biologiques complexes.
- La séparation de la forme active d'un produit de son dérivé inactif.
- L'isolation de petites quantités de produits biologiques par rapport à de grandes quantités d'impuretés **(Mondal et Gupta, 2005)**.

La chromatographie d'affinité est le type de chromatographie le plus sélectif, permettant une purification d'une protéine jusqu'à un facteur de 10^3 à 10^4 en une seule opération **(Shi et al., 2004)**. Son principe (**figure 7**) repose sur la reconnaissance spécifique entre une molécule de la substance à séparer et une molécule greffée sur la résine, appelée ligand, assurant une interaction hautement sélective **(Boudjeroua, 1999)**.

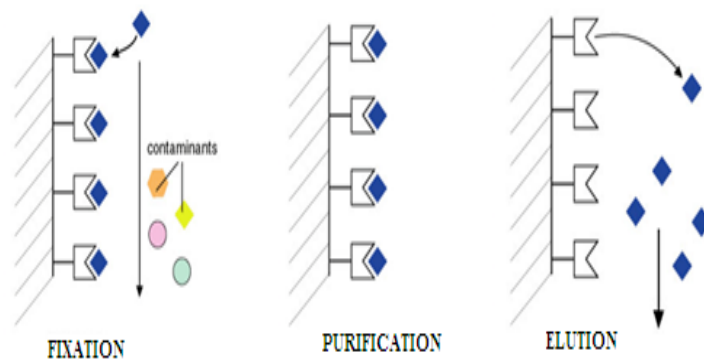


Figure 7 : principe de la chromatographie d'affinité (Xiang Zhang, 2010)

III.2.3. Chromatographie d'échange d'ions

Dans le contexte de la biochimie, la chromatographie par échange d'ions est particulièrement adaptée à de nombreuses substances biologiquement pertinentes telles que les acides aminés et les protéines, qui ne peuvent pas être analysées par chromatographie en phase gazeuse en raison de leur faible volatilité **(Freissien, 2010)**.

Ces substances sont généralement solubles dans l'eau et peuvent être facilement ionisées en ajustant le pH de la solution, ce qui les rend compatibles avec la chromatographie par échange d'ions. La matrice utilisée est généralement constituée de réseaux macromoléculaires tridimensionnels, le plus souvent un copolymère styrène-divinylbenzène, sur lequel sont greffés des groupes fonctionnels **(Gallant, 1996)**.

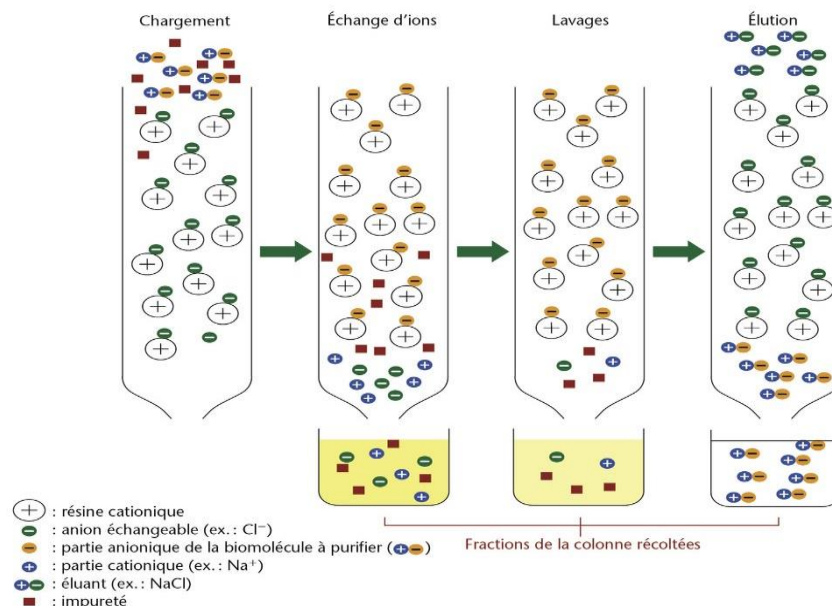


Figure 8 : Schématisation de la chromatographie échangeuse d'ion (Louis, 2018)

La phase stationnaire facilite l'échange d'ions, où un solide contenant des groupes fonctionnels ionisés, liés de manière covalente, coexiste avec des ions mobiles de charge opposée pour maintenir la neutralité électrique. Les ions, retenus près des groupes fonctionnels par des forces d'attraction électrostatiques, peuvent être échangés en nombre équivalent avec ceux présents dans la solution en contact avec l'échangeur **(Sheehan, 2008)**.

III.2.4. Chromatographie d'exclusion

Aussi nommée chromatographie d'exclusion stérique, elle permet la séparation des macromolécules par élution dans l'ordre inverse de leur taille, elle utilise la différence de pénétration des constituants sur un gel de polymère. Les molécules dont le diamètre est inférieur à une certaine valeur sont les seules à pouvoir pénétrer dans les pores du gel et sont donc retardées dans leur traversée de la colonne **(Bourfis, 2017)**.

Tableau 2 : Méthodes sélectionnées pour la séparation et la purification des peptides et des protéines **(Larive, 1999)**.

Méthode	Remarques
Chromatographie HPLC	Convient pour l'évaluation du niveau d'hydrophile et de lipophile.
Chromatographie d'affinité (AC)	Le ligand biosélectif lié chimiquement à une matrice inerte retient le composant cible ayant une affinité sélective pour le ligand.
Chromatographie d'échange d'ion (IEC)	Most commonly used method for protein purification
Chromatographie d'exclusion (SEC)	Séparation basée sur la taille moléculaire ; les molécules plus grosses éluent davantage rapidement que les plus petits

III.3. L'électrophorèse

L'électrophorèse est une méthode qui déplace les ions (molécules sans neutralité électrique) grâce à un champ électrique **(Figure 9)**. Les anions se dirigent vers l'anode tandis que les cations vont vers la cathode. Les molécules neutres ne subissent pas de déplacement. Les variations de vitesse et de parcours dans la matrice permettent leur séparation **(Fellous, 2011)**.

L'électrophorèse des protéines est une technique employée pour fractionner et étudier les protéines en se basant sur leur taille et leur charge électrique. Elle est particulièrement utile pour

repérer les protéines, les acides nucléiques et d'autres molécules cruciales dans les aliments **(Durand, 2014)**. Ce processus permet de définir les caractéristiques des protéines, repérer d'éventuelles altérations ou irrégularités, ainsi que mesurer leur concentration dans un échantillon **(Fitouri, 2011)**.

Parmi les exemples de protéines et peptides couramment utilisés dans l'électrophorèse. On retrouve l'albumine sérique bovine (BSA), utilisée comme standard de référence pour la quantification des protéines dans les échantillons ; Le cytochrome C, une petite protéine soluble impliquée dans le transport des électrons ; L'hémoglobine, responsable du transport de l'oxygène dans le sang ; La myoglobine, une protéine musculaire qui lie l'oxygène dans les cellules musculaires ; La sérum d'albumine humaine (HSA), également utilisé comme standard de référence pour la quantification des protéines dans les échantillons humains ; L'insuline, un peptide hormonal produit par le pancréas, impliqué dans la régulation de la glycémie ; Les immunoglobulines (anticorps), protéines du système immunitaire impliquées dans la défense contre les agents pathogènes ; La caséine, une famille de protéines présentes dans le lait, utilisée comme standard pour l'analyse des protéines laitières. Ces exemples représentent une gamme de tailles et de fonctions protéiques, ce qui les rend utiles dans diverses applications d'électrophorèse **(Tili, 2012)**.

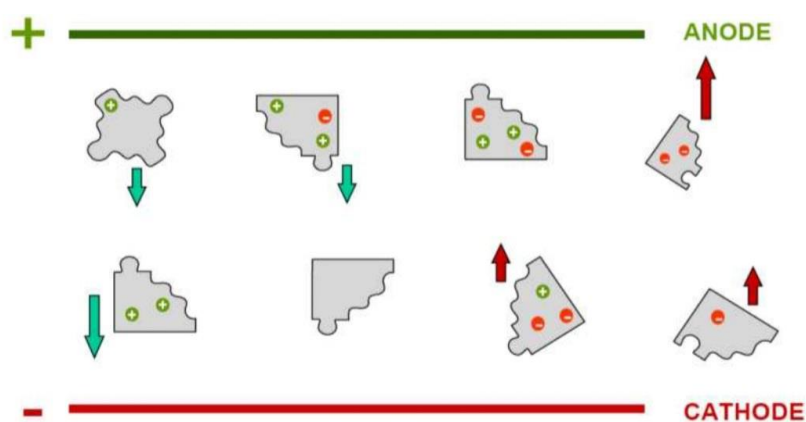


Figure 9 : Principe de l'électrophorèse (Ahouansou, 2010).

Dans l'industrie alimentaire, elle est employée pour diverses applications : pour le contrôle de la qualité des produits laitiers en détectant des protéines spécifiques comme la caséine **(Yahia, 2016)**, assurant ainsi l'intégrité des produits et révélant toute contamination **(Zidani, 2019)**, pour la détection des allergènes alimentaires comme les arachides **(Mani, 2011)**, le gluten ou les œufs, qui peuvent provoquer des réactions allergiques.

L'électrophorèse quantifie ces allergènes, garantissant la sécurité alimentaire. Elle permet d'identifier les organismes génétiquement modifiés (OGM) en analysant leur ADN, assurant ainsi la traçabilité des aliments. Enfin, elle est utilisée pour analyser les contaminants tels que les

pesticides, les métaux lourds ou les toxines microbiennes, contribuant à assurer la conformité aux normes alimentaires **(Lalande, 2013)**.

III.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)

La spectroscopie RMN est une technique cruciale pour analyser la structure des composés organiques, surtout en solution **(Albercht, 2007)**. L'étude des complexes d'inclusion repose sur la perturbation notable des atomes d'hydrogène à l'intérieur de la cavité des cyclodextrines lorsque la molécule invitée y pénètre, tandis que ceux en surface restent inchangés **(Zekri, 2015)**.

La technique de la RMN est employée dans l'étude des protéines et peptides afin d'élucider leur configuration spatiale, ce qui favorise la compréhension de leur mécanisme d'action, de leurs interactions avec d'autres composés, et facilite même la conception de médicaments **(Boivin, 2008)**. Certaines protéines couramment étudiées par RMN incluent l'ubiquitine, la myoglobine, l'hémoglobine, la protéine G et la protéine kinase A **(Campbell, 2008)**.

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est une technique d'analyse puissante utilisée dans l'industrie alimentaire pour étudier la composition et la structure des molécules présentes dans les aliments **(Guelmamene, 2021)**. Par exemple, la RMN peut être utilisée pour analyser les huiles et les graisses présentes dans les aliments. En examinant les spectres RMN, les chercheurs peuvent déterminer la composition en acides gras, les proportions d'acides gras saturés et insaturés, ainsi que la présence éventuelle d'impuretés **(Olivier, 2003)**. De même, la RMN est utilisée pour détecter et quantifier les sucres, les protéines et les vitamines dans les aliments. Par exemple, dans les jus de fruits, la RMN peut être utilisée pour mesurer la teneur en sucre et en acide ascorbique, aidant ainsi à évaluer leur qualité nutritionnelle **(Alouani, 2022)**. En outre, la RMN peut être utilisée pour détecter les fraudes alimentaires, telles que l'ajout de sucres ou d'additifs non déclarés. En comparant les spectres RMN des échantillons alimentaires avec des références connues, les analystes peuvent identifier les différences significatives et détecter toute falsification **(Guelmamene, 2021)**.

III.5. Cristallographie

La cristallographie, une technique physique, permet d'examiner la disposition tridimensionnelle des protéines, de l'ADN et de l'ARN, des molécules essentielles à la vie. En biologie, la structure est intimement liée à la fonction, donc ces analyses éclairent sur le fonctionnement moléculaire des organismes vivants. Cette méthode fonctionne de manière similaire à un microscope optique : la lumière traversant l'échantillon est diffusée, puis focalisée par des lentilles successives pour reconstituer une image **(Hardy et Robillard, 2001)**.

La cristallographie des protéines permet de déterminer la structure tridimensionnelle des protéines et peptides à l'échelle atomique en formant des cristaux de ces molécules. Cette technique est utilisée pour comprendre leur fonctionnement, leurs interactions avec d'autres molécules, et pour concevoir des médicaments plus efficaces **(Renvez, 2010)**. Certaines protéines couramment étudiées par cristallographie incluent la lysozyme, l'insuline, la lactase, l'hémoglobine et la ribonucléase A **(Denis, 2021)**.

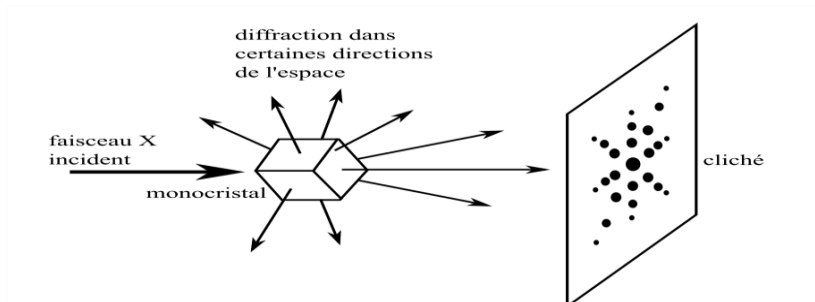


Figure 10 : Principe général de la Cristallographie (Rousseau et Gibaud, 2007).

La cristallographie est une technique utilisée dans l'analyse des aliments pour étudier la structure moléculaire des composants alimentaires, tels que les protéines, les lipides et les hydrates de carbone **(Boutata, 2023)**. Par exemple, la cristallographie aux rayons X peut être utilisée pour déterminer la structure tridimensionnelle des protéines présentes dans les aliments. Cette information est cruciale pour comprendre comment les protéines interagissent avec d'autres composés alimentaires, comme les enzymes digestives, et comment elles influencent les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments **(Manal, 2022)**.

De même, la cristallographie peut être utilisée pour étudier la structure des cristaux de sel présents dans les aliments **(This, 2022)**. En comprenant la disposition spatiale des ions sodium et chlorure dans les cristaux de sel, les scientifiques peuvent mieux comprendre les propriétés de dissolution, de saveur et de conservation des aliments salés. En outre, la cristallographie peut être utilisée pour étudier la structure des cristaux de glace dans les aliments surgelés. En comprenant la taille et la forme des cristaux de glace, les fabricants d'aliments peuvent optimiser les procédés de congélation pour préserver la qualité des aliments et éviter la formation de cristaux de glace indésirables qui pourraient altérer la texture et le goût des produits **(Amaud, 2017)**.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ces dernières années, la science alimentaire s'est considérablement développée, concevant des procédés pour produire de nouveaux produits alimentaires, améliorant les matériaux d'emballage, la durée de conservation des aliments et leurs caractéristiques sensorielles (**Marwa et al., 2020**).

En effet, Dans le domaine de la foodomics, les chercheurs travaillant en chimie alimentaire, chimie analytique, biochimie, microbiologie, biologie moléculaire, technologie alimentaire, sciences cliniques et humaines peuvent enfin travailler ensemble, avec une approche omics, pour atteindre l'objectif principal, l'optimisation de la santé humaine et le bien-être (**Capozzi & Bordoni, 2013**).

La recherche sur les peptides et les protéines en tant que marqueurs de qualité et de sécurité alimentaire a révélé leur importance cruciale dans l'industrie alimentaire. Cependant, malgré les progrès réalisés dans ce domaine, il reste des défis à relever, notamment l'amélioration des techniques d'analyse pour une détection plus précise et rapide des contaminants, ainsi que l'intégration de ces marqueurs dans la pratique industrielle standard (**Sondes Ben, 2020**).

À travers cette étude, nous avons exploré les fondements des peptides et des protéines, leur rôle en tant que marqueurs de qualité et sécurité alimentaire, ainsi que les techniques avancées d'analyse et de détection utilisées pour les identifier. Nous avons constaté que ces biomolécules offrent une richesse d'informations sur la composition, la fraîcheur et la contamination des aliments, permettant ainsi aux acteurs de l'industrie alimentaire de garantir des normes élevées en matière de qualité et de sécurité.

La recherche continue sur les peptides et les protéines en tant que marqueurs de qualité et de sécurité alimentaire est essentielle pour assurer la confiance des consommateurs, promouvoir la santé publique et soutenir le développement durable de l'industrie alimentaire (**Guillin, 2021**).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abbaci, A., & Zazoua, A. E. (2017).** Extraction des alcaloïdes et leur utilisation comme biocapteur pour la détection de l'urée (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- Achoch, M. (2015).** Méthodes d'apprentissage et approches expérimentales appliqués aux réseaux d'interfaces protéiques (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes (ComUE)).
- Agrawal GK, Rakwal R (2006).** Rice proteomics: a cornerstone for cereal food crop proteomes. *Mass Spectrom Rev.* 1:1- 53
- Ahouansou D-J. (2010).** Etude comparative de deux techniques d'électrophorèse des protéines sériques : sur gel d'agarose Hydrasys® et en capillaire Capillarys®. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V faculté de médecine et de pharmacie, Rabat, Maroc
- Aissa, S. B. (2020).** Élaboration de plateformes nanométriques pour la détection dans le domaine agroalimentaire et environnemental (Doctoral dissertation, Université de Perpignan; Université de Tunis El Manar).
- Albrecht, R. (2007).** Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique (Doctoral dissertation, Université de droit, d'économie et des sciences-Aix-Marseille III).
- Aliouat, M., Mesbah, F. Z., Saber, H., & Medouri, A. E. (2021).** Le protéome du lait maternel: capacité fonctionnelle (effet des Ig contre le SARS-CoV-2) (Doctoral dissertation, Université de jijel).
- Amara, N. (2011).** Modélisation de l'évolution dirigée de la tyrosyl-ARNt synthétase in silico. Introduction d'acides aminés non naturels dans les protéines (Doctoral dissertation, Ecole Polytechnique X).
- Arnaud, C. A. (2017).** Structure de la queue du phage T5 et mécanisme de perforation de l'enveloppe bactérienne par les Siphoviridae (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes (ComUE)).
- Auclair Mangliar, I. (2024).** L'hormone GLP-1, sensations d'appétit et apports énergétiques usuels durant la grossesse.
- Audigié CL, Dupont G , Zonszain F.,(1995).**Principes des méthode d'analyse biochimiques. tome 1.Doin Editeurs ,Paris . 220 p.
- Aurousseau, B. (2002).** Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. *INRAE Productions Animales*, 15(1), 67-82.
- Ba, F. (2016).** Bioraffinerie de la microalgue *Haematococcus pluvialis* (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
- Bahrman N, Le Gouis J, Negroni L, Amilhat L, Leroy P, Lainé A-L, Jaminon O (2004).**Differential protein expression assessed by two-dimensional gel eletrophoresis for two wheat varieties grown at four notrogen levels. *Proteomics* , 4:709-719.
- Baillargeon, A. (2016).** Perceptions du «bien manger» chez des intervenants clés agissant auprès d'enfants fréquentant des services de garde préscolaires.

- Bascou, R. (2023).** Développement des nouvelles voies de valorisation de la séricine de soie (Doctoral dissertation, Compiègne).
- Bauchart, C. (2006).** Contribution à l'étude d'oligopeptides (< 5 kDa) générés par la préparation et la digestion de deux aliments carnés, la viande bovine et la chair de la truite (Doctoral dissertation, Université d'Auvergne-Clermont-Ferrand I).
- Bax, M. L. (2012).** Impact des procédés de transformation sur le devenir digestif des protéines de la viande (Doctoral dissertation, Université d'Auvergne-Clermont-Ferrand I).
- Belarbi, S. (2021).** Développement de nouvelles stratégies de préparation de l'échantillon et d'analyse pour la recherche de traces de pesticides et de contaminants dans diverses matrices agroalimentaires (Doctoral dissertation, Normandie Université).
- Bellisle, F. (2012).** Acquisition des goûts alimentaires: l'inné et l'acquis. Alimentation de l'enfant en situations normale et pathologique, 1576.
- Ben Djoudi Ouadda, A. (2009).** Caractérisation de la voie de signalisation AMPK/ACC dans le foie et l'intestin du *Psammomys obesus*, un modèle animal de résistance à l'insuline et de diabète de type 2.
- Ben-Abbes, F. (2022).** Propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de la caséine du lait de chamelle et ses hydrolysats pepsiques et applications (Doctoral dissertation).
- Bentayeb ait lounis, S. (2023).** Les produits laitiers analogues en Algérie: Etat des lieux et qualité de la matière grasse de substitution (Doctoral dissertation).
- Berthilir.(2013)** . La chromatographie et ses applications. edition DUNOD Paris.
- Bessaguet, F., de Bandt, J. P., & Desmoulière, A. (2021).** L'estomac. Actualités Pharmaceutiques, 60(611), 53-56.
- Blanc F. (2008).** Développement d'un modèle cellulaire de déclenchement de la réaction allergique. Application à l'étude des allergènes du lait et de l'arachide, et évaluation de l'effet de traitements thermiques sur l'allergénicité de ara h1. Thèse de doctorat, Paris.
- Boivin, S. (2008).** Étude structurale du récepteur de l'urotensine-II et caractérisation du site de liaison. Institut National de la Recherche Scientifique (Canada).
- Boudjeroua, K. (1999).** Purification d'IgY de poule par chromatographie d'affinité à l'aide d'une protéine de *Streptococcus suis* sérotype 2 liant les immunoglobulines de façon non-immune.
- Bourfis, N., & Chabani, M. (2017).** Les acides gras polyinsaturés en alimentation humaine et relation avec la santé (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Boutata, F. Z. (2023).** Évaluation de l'état nutritionnel au sein d'une population de sujets hospitalisés (Doctoral dissertation, Université Batna 1 El Hadj Lakhdar).
- Brahim, B. (2014).** Étude de la stabilité des interactions ioniques en phase gazeuse: application aux complexes biologiques (Doctoral dissertation, Paris 6).
- Burel, C., & Médale, F. (2014).** Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture. OCL, 21(4), D406.
- Caffin, F. (2012).** Rôle d'OPA1 dans le fonctionnement et l'architecture des cellules musculaires striées et dans la réponse à un stress (Doctoral dissertation, Paris 11).

Campbell-Valois, F. X. (2006). Application des librairies de codons dégénérés à l'étude du mécanisme de repliement et de la stabilisation de la structure du domaine liant ras de Raf.

Capozzi, F., & Bordoni, A. (2013). Foodomics: a new comprehensive approach to food and nutrition. *Genes & nutrition*, 8, 1-4.

Carter, M. C., Hancock, N., Albar, S. A., Brown, H., Greenwood, D. C., Hardie, L. J. & Cade, J. E. (2016). Development of a new branded UK food composition database for an online dietary assessment tool. *Nutrients*, 8(8), 480.

Chikhi, K., & Bencharif, A. (2016). La consommation de produits carnés en Méditerranée: quelles perspectives pour l'Algérie. Zaragoza: CIHEAM, Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, 115, 435-440.

Cingöz, A. (2009). Analyse d'une protéine ciblée par immunoaffinité et digestion sur micro-réacteur enzymatique couplés en ligne à une analyse par chromatographie liquide et spectrométrie de masse: synthèse, caractérisation et miniaturisation des outils bioanalytiques (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).

Coo, H., H&C, H., & Coo, N. (2002). Les acides aminés α -l liés par des liaisons peptidiques forment les peptides. *Biochimie de harper*, 37.

Corredig, M., & Salvatore, E. (2016). Enzymatic coagulation of milk. In *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects* (pp. 287-307). New York, NY: Springer New York.

Corbeau, J. P., Issanchou, S., Poulain, J. P., & Sauvageo, F. (2010). Rapport du groupe PNNS sur la qualité gustative des aliments et environnement des repas: restauration scolaire, hospitalière et aide alimentaire (Doctoral dissertation, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire).

Corvol, M. T., Tahiri, K., Montembault, A., Daumard, A., Savouret, J. F., & Rannou, F. (2008). La thérapie cellulaire du cartilage: bases cellulaires et moléculaires. *Journal de la Société de Biologie*, 202(4), 313-321.

Crespo J.F., Pascual C., Burks A.W., Helm R.M. Et Esteban M.M.(1995). Frequency of food allergy in a pediatric population from Spain. *Pediatr Allergy Immunol*, 6(1): 39-43.

Crevieu-Gabriel, I. (1999). Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. *INRAE Productions Animales*, 12(2), 147-161.

da Silva Barreira, D. (2023). Biogenèse et rôles des vésicules membranaires de *Lactocaseibacillus casei* BL23 (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté).

Daoudi Ibtissem, M. A. (2011). Contribution à la caractérisation Biochimique des protéines d'origine animale (lait de vache, l'œuf de poule).

De Gavelle, E. (2019). Modélisation de trajectoires acceptables de réarrangement de la consommation de sources protéiques pour augmenter l'adéquation nutritionnelle et impacts sur la durabilité (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE)).

Delsaux, N. (2008). Développement d'une méthode de prédiction des sites d'interaction protéines-molécules à partir de la structure primaire.

Denielou, Y. P. (2006). Programmation Linéaire pour la Caractérisation par Automates de Protéines.

Denis-Quanquin, S. (2021). Etude des interactions supramoléculaires entre complexes de lanthanides et acides aminés: application en cristallographie des protéines (Doctoral dissertation, Université de Lyon).

Douyère, G. (2021). Émulsions de Pickering stimulables stabilisées par des polymères: élaborations, caractérisations et applications catalytiques et pharmaceutiques (Doctoral dissertation, Université de Lille).

Dubuisson, C., La Vieille, S., & Martin, A. (2002). Allergies alimentaires: état des lieux et propositions d'orientations. AFSSA.

Durand, L. (2014). Ecologie et diversité des bactéries thermophiles formant des spores dans les conserves alimentaires (Doctoral dissertation, Université Montpellier 2).

Durand, R. (2019). Valorisation d'hydrolysats de poisson pour la santé humaine: séparation des composés bioactifs par électrodialyse avec membranes d'ultrafiltration et évaluation de leurs activités biologiques impliquées dans le développement du syndrome métabolique.

Ekouala, L. (2013, January). Le développement durable et le secteur des pêches et de l'aquaculture au Gabon: une étude de la gestion durable des ressources halieutiques et leur écosystème dans les provinces de l'Estuaire et de l'Ogooué Maritime. Littoral.

Elsayed S. et Aas K. (1971). Isolation of purified allergens (cod) by isoelectric focusing. *Int Arch Allergy Appl Immunol*, 40(3): 428-438.

Elsayed S. et Bennich H.(1975). The primary structure of allergen M from cod. *Scand J Immunol*, 4(2): 203-208.

Fakih, Z. (2023). Rôle des protéines de la petite sous-unité du ribosome dans la défense chez la plante (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).

Fellous S. (2011). Mise au point de la technique d'électrophorèse bidimensionnelle appliquée à des espèces sauvages de genre *Medicago*. Mémoire de magister, Université d'Oran ES-Sénia faculté des sciences, Oran, Algérie.

Ferraro, V. (2020). Valorisation des sous-produits de la filière viande (et poisson). *Viandes & Produits Carnés*, 1.

Fillatre, Y. (2011). Produits phytosanitaires: Développement d'une méthode d'analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem (Doctoral dissertation, Université d'Angers).

Fitouri, S. D. (2011). Diversités phénotypique et moléculaire des microsymbiotes du *Sulla* du nord (*Hédysarum Coronarium* L.) et sélection de souches rhizobiales efficaces (Doctoral dissertation, PhD dissertation).

Freissinet, C. (2010). Recherche de traces de vie extraterrestre: élaboration d'une unité d'extraction et d'analyse chirale pour la séparation énantiomérique in situ de molécules organiques d'intérêt exobiologique (Doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris).

Frémaux, J. (2013). Foldamères peptidomimétiques à base d'urées: vers le développement de structures complexes mimant d'architectures biologiques (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

Gallant, S.R., Vunnum, S. and Cramer, S.M. (1996). Optimization of preparative ion-exchange chromatography of proteins: Linear gradient separations. *Journal of Chromatography*

A, 725, 295–314. A review of prediction of chromatographic performance during protein chromatography.

Gallant, S.R., Vunnum, S. and Cramer, S.M. (1996). Optimization of preparative ion-exchange chromatography of proteins: Linear gradient separations. *Journal of Chromatography A*, 725, 295–314. A review of prediction of chromatographic performance during protein chromatography.

Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., & Culioli, J. (2002). Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRAE Productions Animales*, 15(1), 37-52.

Gésan-Guiziu, G., Van Audenhaege, M., Omont, S., & Frolich, D. (2011). Séparations à membrane et fonctionnalités ciblées de fractions protéiques: vers une approche d'éco-conception. In *Journée du Carrefour de l'Innovation Agronomique Protéines Laitières: aspects nutritionnels et fonctionnels* (Vol. 13, pp. 101-115).

Gibbs B.F.; Zougman A.; Masse R.; Mulligan C. (2004). Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food. *Food Research International*, 37, 2, 123-131

Giovannini L.B., T. Noormahomed M.T., Albertini M. Et Boutté P. (2004). L'allergie aux Rosacées chez l'enfant : à propos de vingt-deux cas. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 44(8): 625-633.

Gros, F. (1990). Ingénierie du vivant (L'). Odile Jacob.

Gryson C; Walrand S; Guillet C; Boirie Y (2008). Protéines fonctionnelles : le nouvel « Eldorado » des aliments santé, *Médecine des maladies Métaboliques*. Vol. 2 - N°4.

Guelmamene, R., Bennoune, O., & Elgroud, R. (2021). Techniques utilisées pour le contrôle de la qualité structurelle des viandes et des produits carnés. *Nature & Technology*, (25), 12-26.

Guelmamene, R., Bennoune, O., & Elgroud, R. (2021). Techniques utilisées pour le contrôle de la qualité structurelle des viandes et des produits carnés. *Nature & Technology*, (25), 12-26.

Guichard, E. (2012). Texture et flaveur des aliments: vers une conception maîtrisée. Educagri Editions.

Guillin, F. (2021). Qualité nutritionnelle de la protéine de pois et développement méthodologique sur la digestibilité des acides aminés chez le rat et chez l'Homme (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).

Guzun-Cojocar, T. (2010). Peroxydation des lipides émulsionnés et transfert d'ions fer à l'interface huile/eau stabilisée par des protéines de lait: influence des résidus phosphates et de la stabilité du chélate de fer (Doctoral dissertation, Dijon).

Hadef L.,(2009). optimisation des paramètres de détection et de quantification par chromatographie liquide haute performance (HPLC)résidus d'antibiotiques dans la viande. Thèse magister en médecine vétérinaire : surveillance de la chaîne alimentaire de la filière viande . Constantine : Université Mentouri , EL Khroub , 101 P

Hamada Y., Nagashima Y., Et Shiomi K. (2001). Identification of collagen as a new fish allergen. *Biosci Biotechnol Biochem*, 65(2): 285-291

Hardy, S., & Robillard, P. N. (2001). Les protéines: des molécules de génie: rapport sur la recherche en bio-informatique, en protéomique et en génie protéique.

HOST A. (2002). Frequency of cow's milk allergy in childhood. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 89(6 Suppl 1): 33-37.

Imane, B., Ferial, M., & Rabaa, M. (2020). Contribution à l'étude de fabrication de fromage à partir de trois types du lait:«cas du lait de vache; lait de chèvre; lait de dromadaire».

Jagadeesh, D. S., Kannegundla, U., & Reddy, R. K. (2017). Application of proteomic tools in food quality and safety. *Adv. Anim. Vet. Sci*, 5(5), 213-225.

Johansson S. G. O., Hourihane J. O'b., Bousquet J., Brujinzeel- Koomen C., Dreborg S., Haahtela T., Kowalski M.I., Mygind N., Ring J., Van Cauwenberge P., Van Hage-Hamsten M., Et Wu Trich B. (2001). An Eaaci position statement from the EAACI nomenclature task force. *Allergy*, 56:813-824.

Jungbauer, A. (2005). Chromatographic media for bioseparation. *Journal of Chromatography A*, 1065, 3–12. A review of chromatography packings.

Kana, D., & Lounici, G. (2023). Recherche bibliographique sur les données récentes d'utilisation des enzymes en agro-alimentaire (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Khtaoui, L. (2012). Etude de la protection thermique et UV des cellules photovoltaïques par un dépôt des fibres kératiniques afin d'améliorer leurs rendements (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Kierszenbaum, A. L. (2006). Histologie et biologie cellulaire: Une introduction à l'anatomie pathologique. De Boeck Supérieur.

Korhonen, H. Pihlanto, A. (2007). Bioactive peptides from food proteins. *Handbook of Food Products Manufacturing*, 2: 5-37

Koumba Ibinga, S. K. (2020). Coupure de liaisons glycosidiques de la biomasse saccharifère couplée à la formation de liaisons esters amphiphiles (Doctoral dissertation).

Lahlou, I. (2001). Caractéristiques de texture et propriétés tribologiques des systèmes alimentaires. National Library of Canada= Bibliothèque nationale du Canada, Ottawa.

Lakis, R. (2023). Modifications de l'albumine comme biomarqueurs précoces des hépatopathies chroniques (Doctoral dissertation, Université de Limoges).

Lalande, J. (2013). Détermination de l'impact du pentachlorophénol sur la diversité bactérienne dans les sols à partir de la technique de l'électrophorèse sur gel en gradient dénaturant (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).

Lambert, C. (2003). Développement d'une méthode automatique fiable de modélisation de la structure tridimensionnelle des protéines par homologie et application au protéome de *Brucella melitensis*. département de biologie. FUNDP, Namur.

Lanneau, D. (2010). Rôle des Protéines de Choc Thermique HSP90 et HSP70 dans la différenciation macrophagique (Doctoral dissertation, Dijon).

Laouana, N. E. H., Dikes, N. E. H., Djellit, Z., & Khennouf, T. E. (2021). Exopolysaccharides microbiens: diversités et applications alimentaires et médicales (Doctoral dissertation, Université de jijel).

Larive, C. K.; Lunte, S. M.; Zhong, M.; Perkins, M. D.; Wilson, G. S.; Gokulrangan, G.; Williams, T.; Afroz, F.; Schöneich, C.; Derrick, T. S.; Middaugh, R.; Bogdanowich-Knipp, S. (1999). Separation and analysis of peptides and proteins, *Anal. Chem*, 71, 389-423.

Laurence C .,(2003). Spectrométrie de masse Centre régional de spectrométrie de masse de Marseille. Faculté des sciences et techniques de saint Jérôme-Aix-Marseille III . 2 p.

Lavaud, F. (2019). L'allergie aux pollens reste d'actualité. *Revue Française d'Allergologie*, 59(8), 511-513.

Lemieux, P. (2023). Analyse de l'espace de séquence des domaines SH3 paralogues par l'étude des séquences ancestrales.

Lesme, H. (2019). Impact des modifications de texture obtenues par des assemblages protéiques innovants sur la qualité organoleptique de produits laitiers (Doctoral dissertation, Nantes, Ecole nationale vétérinaire).

Lifa ép Benathmane, M., & Haddi, M. L. (2020). Conversion microbienne des résidus de biomasse agro-alimentaire et leur valorisation en alimentation animale (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

Louis Tessier, (2018) . Chromatographie par échanges d'ions , Technologies des bioprocédés industriels, 2e édition, 116375.

Lysiak, A. (2022). Développement de méthodes informatiques pour l'évaluation et l'amélioration de l'identification par spectrométrie de masse des peptides modifiés (Doctoral dissertation, Nantes Université).

Mahmoudi, N. (2023). Développement d'une matrice à base d'Elastin-like polypeptides (ELPs) pour favoriser la néoformation osseuse (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).

Manal, A. B. D. (2022). Détermination de mode de liaison de la thymoquinone et ses dérivées contre la xanthine oxydoréductase avec la simulation informatique (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).

Manny, E. (2021). Occurrence et évaluation des risques des allergènes alimentaires dans des produits de consommation avec étiquetage préventif vendus au Canada.

Marieb, E., & Hoehn, K. (2014). Anatomie et physiologie humaines: Livre+ eText+ plateforme numérique MonLab-Licence étudiant 60 mois. Pearson Education France.

Marwa, A., Boukerche Chaima, C. S., & Asma, H. (2022). Fraude des produits alimentaires d'origine animale: techniques de détections rapides basées sur la spectroscopie.

Mayes, P. A. (2002). Partie II Bioénergétique et métabolisme des glucides et des lipides. *Biochimie de Harper*, 123.

Médart, J. (2009). Manuel pratique de nutrition: l'alimentation préventive et curative. De Boeck Supérieur.

Méjean, M. (2014). Développement d'un couplage de chromatographie en phase supercritique et spectrométrie de masse pour l'analyse de substances naturelles (Doctoral dissertation, Université Paris Sud-Paris XI).

Miour N, Merlino M, Leroy P, Branlard G. (2002). Proteomic analysis of amphiphilic proteins of hexaploid wheat kernels. *Proteomics*, 2:632-641.

Monaco, A., & Prouzet, P. (2014). Valorisation et économie des ressources marines (Vol. 4). ISTE Group.

Mondal, K. and Gupta, M. N. (2006). The affinity concept in bioseparation: Evolving paradigms and expanding range of applications. *Biomolecular Engineering*, 23, 59–76. A thought-provoking review on the affinity concept in bioseparation including precipitation and chromatography

Morin S. (2012). Influence de la présence et de la composition du microbiote intestinal sur le développement et la prévention des allergies alimentaires . Thèse de doctorat, Paris

Moujani, A. (2010). Médicaments issus de la biotechnologie: Mise du point sur les biosimilaires.

Mourda, T. (2023). Séchage de crevettes (*Penaeus monodon* et *Litopenaeus vannamei*) par swell-drying et jets d'air impactants: cinétique de déshydratation et qualité texturale (Doctoral dissertation, Université de Bretagne Sud).

Nadolski M. J. and Linder M, E. (2005). Protein lipidation *FEBS Journal* 2005 274, 20, 5202–5210.

Namsi, A. (2019). Étude des mécanismes moléculaires associés aux effets de l'ODN sur des cellules astrogliales et microgliales soumises à un stress oxydant: impact sur le métabolisme lipidique et la mort cellulaire (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté; laboratoire de neurophysiologie fonctionnelle et pathologies UR11ES/09).

Nawel, G., & Zineb, G. (2017). Etude préliminaire de la variabilité de fer sérique chez les sujets anémique de Tébessa (Doctoral dissertation).

N'Gatta, C. (2022). Combinaison de procédés de malaxage et de marinage pour une amélioration de la tendreté et une préservation des qualités nutritionnelles des pièces de viande bovine de second choix (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne).

Nyemb-Diop, K. (2015). Étude de l'impact de la structure de la matrice alimentaire sur le devenir digestif des protéines: investigations in vitro et in vivo sur aliment modèle (Doctoral dissertation, Rennes 1).

Olivier, C. (2014). Impact d'une supplémentation précoce en immunoglobulines chez le chiot sur la croissance, la morbidité et la mortalité néonatale et pédiatrique (Doctoral dissertation).

Ollivier, D. (2003). Recherche d'adultération dans les huiles végétales: application à la qualité des huiles vierges et notamment de l'huile d'olive. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 10(4), 315-320.

Orliaguet, G., Riou, B., & Leguen, M. (2004). Maturation postnatale du diaphragme: des modifications ultrastructurales aux modifications fonctionnelles. In *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation* (Vol. 23, No. 5, pp. 482-494). Elsevier Masson.

Ouedraogo, I. Z., Kiendrebeogo, T., Komdombo, S. R., Sombie, P. É., N'Gom, S., Ouattara, L., ... & Kabore-Zoungrana, C. Y. (2023). Disponibilité et technologies d'amélioration des teneurs en lysine et en méthionine des ingrédients utilisés dans l'alimentation des porcs et des poulets: Revue de littérature. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 40(2), 532-544.

Pascotto, K. (2021). Développement d'une méthode de couplage FFF multi-détection pour la caractérisation de la fraction macromoléculaire impliquée dans l'astringence des vins rouges (Doctoral dissertation).

Pétinot, A. (2011). Dynamique de la jonction adhérente: rôle d'EPLIN dans la stabilité des contacts intercellulaires de l'endothélium vasculaire (Doctoral dissertation, Grenoble).

Pietri, A. M. (2011). L'aliment le plus complet de la planète: L'algue bleu-vert AFA. Fernand Lanore.

Rakotondramavo, A. (2019). Procédé innovant de stabilisation du jambon cuit combinant hautes pressions et biopréservation (Doctoral dissertation, Nantes, Ecole nationale vétérinaire).

Ratté, G. (2013). Interaction entre un peptide de β -lactoglobuline bovine (β -lg f1-8) et les protéines du lactosérum.

Rehault, S., Anton, M., Nau, F., Gautron, J., & Nys, Y. (2007). Les activités biologiques de l'oeuf. *INRAE Productions Animales*, 20(4), 337-348.

Rémy-Martin, F. (2013). Développement d'une plateforme pour l'analyse sur puce d'un biomarqueur par couplage des technologies de résonance des plasmons de surface et de spectrométrie de masse (Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté).

Renvez, G. (2010). Application des modes statiques à l'étude de la flexibilité des protéines: vers un processus de docking (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).

Robisson, B. (2013). Méthodes de classification de réseaux d'interactions protéine-protéine et évaluations pour l'étude de la fonction (Doctoral dissertation, Aix-Marseille).

Robitaille, M. C., Mialon, M., & Moubarac, J. C. (2023). Recherche qualitative originale Activités politiques corporatives de l'industrie bioalimentaire pendant la révision du guide alimentaire canadien par Santé Canada.

Rondeau, P. (2009). Stress oxydant et glycation: relation structure et activités biologiques de l'albumine in vitro et in vivo dans le cadre de la pathologie diabétique (Doctoral dissertation, Université de la Réunion).

Roudot-Algaron, F. (1996). Le goût des acides aminés, des peptides et des protéines: exemple de peptides sapides dans les hydrolysats de caséines. *Le lait*, 76(4), 313-348.

Rousseau, J. J., & Gibaud, A. (2007). Cristallographie géométrique et radiocristallographie. Paris: Dunod.

Salghi R., (2004). Cours d'analyses physico-chimiques des denrées alimentaires II. GPÉE, ENSA Agadir. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir.7p.

Sato K., Yoshiyama R., Sato M. Et Ikeda S. (1986). A simplified method for determining collagen in fish muscle. *Nippon suisan Gakkaishi*, 52: 889- 893.

- Schanbacher, F. L., Talhouk, R. S., & Murray, F. A. (1997).** Biology and origin of bioactive peptides in milk. *Livestock Production Science*, 50(1-2), 105-123.
- Schmitt, M. (2019).** CHAVIC-Valorisation de la flore Champardennaise dans le domaine du vieillissement cutané (Doctoral dissertation, Reims).
- Schneider, A., & Huyghe, C. (2015).** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables (p. 512). éditions Quae.
- Scislawski, V., Massoulier, F., Giboulet, A., Picgirard, L., & ADIV, Z. (2019).** Caractérisation biochimique des produits d'abattage en vue de leur valorisation économique. *Viandes et produits carnés*, 1.
- Selila, L., & Grine, Z. (2018).** Mise au point et validation d'une methode de dosage de l'irbesartan dans des comprimés de 150 mg par la chromatographie liquide a haute performance.
- Sénéchal, C. (2018).** Optimisation des conditions de fabrication fromagère et d'affinage pour l'obtention d'un fromage de type Chester enrichi en acide gamma aminobutyrique.
- Servant, Z. (2023).** Implication du récepteur de mort Fas dans la formation et la sécrétion de vésicules extracellulaires (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur).
- Sheehan, D. (2008)** Ion exchange chromatography, in *Molecular Biomethods Handbook* (eds J. Walker and R. Rapley), 2nd edn, Humana Press, Totowa, NJ, USA. Description of protein ion exchange chromatography.
- Shi, Y., Xiang, R., Horvath, C. and Wilkins, J.A. (2004).** The role of liquid chromatography in proteomics. *Journal of Chromatography A*, 1053, 27–36. A review on aspects of L C relevant to proteomics.
- Silva, S. V., & Malcata, F. X. (2005).** Caseins as source of bioactive peptides. *International dairy journal*, 15(1), 1-15.
- Smatel, T., & Oudiai, Z. (2016).** La technologie de la microencapsulation et l'analyse physico-chimique de quelques produits alimentaires (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Soumia, C., & Chettibi Manel, K. B. (2021).** Intérêts thérapeutiques des protéines du lactosérum.
- Stéphane, Bouchonnet (2009).** La spectrométrie de masse en couplage avec la chromatographie en phase gazeuse. Lavoisier.
- Taleb, M. (2021).** Apport dans le métabolisme du fer du modèle murin macrophage autophagie déficient & relations fer-inflammation (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- Temgoua, R. C. T. (2020).** Simulation des dégradations environnementales de quelques pesticides électroactifs par couplage électrochimie-spectrométrie de masse haute résolution-calculs théoriques DFT (Doctoral dissertation, Université de Nantes, Faculté des sciences et des techniques; Université de Dschang-Cameroun).
- Terrien, C. (2018).** La consommation de viande et ses substituts: enjeux, acceptabilité et évolution. ISTE Group.
- This, H. (2022).** Louis Pasteur: de la physico-chimie à la biologie. *Comptes Rendus. Chimie*, 25(G1), 237-251.

Tlili, Amal (2012). Développement de biocapteurs électrochimiques fonctionnalisés avec des empreintes moléculaires pour la détection de protéines. Diss. Faculté de Sciences de Monastir. Université de Monastir. Tunisie, 2021.

Van Do T., Hordvik I., Endresen C. Et Elsayed S. (2003). The major allergen (parvalbumin) of codfish is encoded by at least two isotypic genes: cDNA cloning, expression and antibody binding of the recombinant allergens. *Mol Immunol*, 39(10): 595- 602.

Van Eekeren, N., Maas, A., Saatkamp, H. W., & Verschuur, M. (2006). L'élevage des poules à petite échelle. Digigraphi, Wageninagen-Pays Bas, 97p.

Vintéjoux, C., & Shoar-Ghafari, A. (2005). Glandes digestives de l'Utriculaire : ultrastructures et fonctions. *Acta botanica gallica*, 152(2), 131-145.

Viola S. et Sarrio F. (2004). Traitement diététique de l'allergie aux protéines du lait de vache. *EMC-Pédiatrie*, 1(4): 335-340. 19:13

Weill, B., & Batteux, F. (2003). Immunopathologie et réactions inflammatoires. De Boeck Supérieur.

Wu, G. (2021). Amino acids: biochemistry and nutrition. CRC Press.

Xiang Zhang, Aiqin Fang, Catherine P, Mu Wang, Fred E. Regnier, and Charles Buck. Anal Chim Acta (2010). Multi-dimensional Liquid Chromatography in Proteomics; 644(2): 101-113

Yahia Mahammed Zhor, Y. N. (2016). Extraction et purification d'une protéase coagulant le lait Extraite à partir du rhizome de gingembre (*Zingiber Officinale Rosces*).

Yassa, K., & Tarzout, D. (2021). Nanomédicaments à base de minéraux, bienfaits et risques. Quel avenir pour les produits commercialisés en Algérie.

Youssef, M. (2017). Compréhension et analyse alimentaire d'un mix fermenté de protéines animales/protéines végétales: influence sur la physico-chimie et l'acceptabilité des produits obtenus (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté).

Yvon, S. (2017). Conception d'un produit alimentaire aux propriétés santé constantes basée sur la caractérisation des effets positifs sur la sphère digestive d'une matrice naturellement riche en lysozyme: le lait d'ânesse (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT).

Zeghilet N., (2009). Optimisation des paramètres de détection et de quantification des résidus d'antibiotiques dans la viande blanche par chromatographie liquide haute performance (HPLC).Thèse magister en médecine vétérinaire : surveillance de la chaîne alimentaire de la filière viande . Constantine : Université Mentouri , EL Khroub , 181 P .

Zekri, K. E. (2015). Etude par modélisation moléculaire des interactions dans le complexe d'inclusion β -cyclodextrine/acide tolfénamique (Doctoral dissertation).

Zened, A., Forano, E., Delbes, C., Verdier-Metz, I., Morgavi, D., Popova, M. & Marie-etancelin, C. (2020). Les microbiotes des ruminants : état des lieux de la recherche et impacts des microbiotes sur les performances et la santé des animaux:(Full text available in English). *INRAE Productions Animales*, 33 (4), 249-260.

Zidani, A. (2019). Diagnostic Biologique et Moléculaire de l'Hémophilie B dans une Partie de la Population Algérienne (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

Résumés (Arabe, Français, Anglais)

ملخص :

إن الأهمية المتزايدة للبحوث المتعلقة بالببتيدات والبروتينات كعلامات لجودة الأغذية وسلامتها، تسلط الضوء على الدور الحاسم لهذه الجزيئات الحيوية في تحديد وقياس الملوثات الغذائية، وكذلك في تحسين التقنيات التحليلية لضمان مستويات عالية من جودة الأغذية. بالإضافة إلى ذلك، فهو يسلط الضوء على تطور علوم الأغذية نحو نهج متعدد التخصصات، "اقتصاديات الغذاء"، لتحسين صحة الإنسان ورفاهيته. تهدف مراجعة الأدبيات الحالية إلى استكشاف دور الببتيدات والبروتينات بالتفصيل كعلامات لجودة الأغذية وسلامتها. وعلى الرغم من التقدم الذي تم إحرازه، لا تزال هناك تحديات، بما في ذلك تحسين تقنيات الكشف ودمجها في الممارسات الصناعية القياسية. ومن خلال الاستمرار في استكشاف هذه المؤشرات الحيوية، يمكن دعم ثقة المستهلك والصحة العامة والتنمية المستدامة لصناعة الأغذية بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: الجزيئات الحيوية، سلامة الغذاء، مراقبة الجودة، المؤشرات الحيوية.

Résumé :

L'importance croissante de la recherche sur les peptides et les protéines en tant que marqueurs de qualité et de sécurité alimentaire, met en évidence le rôle crucial de ces biomolécules dans l'identification et la quantification des contaminants alimentaires, ainsi que dans l'amélioration des techniques d'analyse pour garantir des normes élevées en matière de qualité alimentaire. En outre, elle met en lumière l'évolution de la science alimentaire vers une approche interdisciplinaire, la "foodomics", pour optimiser la santé humaine et le bien-être. La présente étude bibliographique vise à explorer en détail le rôle des peptides et des protéines en tant que marqueurs de la qualité et de la sécurité des aliments. Bien que des progrès aient été réalisés, des défis persistent, notamment l'amélioration des techniques de détection et leur intégration dans les pratiques industrielles standard. En continuant à explorer ces biomarqueurs, la confiance des consommateurs, la santé publique et le développement durable de l'industrie alimentaire peuvent être mieux soutenus.

Mots clés : Biomolécules, sécurité alimentaire, Contrôle de qualité, biomarqueurs.

Summary:

The growing importance of research on peptides and proteins as markers of food quality and safety, highlights the crucial role of these biomolecules in the identification and quantification of food contaminants, as well as in the improvement analytical techniques to ensure high standards of food quality. Additionally, it highlights the evolution of food science toward an interdisciplinary approach, "foodomics," to optimize human health and well-being. The present literature review aims to explore in detail the role of peptides and proteins as markers of food quality and safety. Although progress has been made, challenges remain, including improving detection techniques and integrating them into standard industrial practices. By continuing to explore these biomarkers, consumer trust, public health and the sustainable development of the food industry can be better supported.

Keywords: Biomolecules, food safety, Quality control, biomarkers.