



VALORISATION DE SOUS-PRODUITS ANIMAUX SOUS FORMES D'INGRÉDIENTS ALIMENTAIRES♦

D. Selmane¹, A. Masselot¹, Ch. Vial¹, G. Djelveh¹,
E. Lemoine², V. Santé³, A. Peyron²

¹*LGCB, Université Blaise Pascal, 24 av. des Landais, BP 206,
63174 Aubière Cedex, France.*

²*ADIV, 2 rue Chappe, 63100 Clermont-Ferrand, France.*

³*INRA Theix, Unité QUAPA, 63122 St Genès Champanelle, France.*

Abstract: After the interdiction of using animal flours, important amounts of slaughterhouse by-products increased the waste quantity from meat processing technology, concomitant with a steady demand in pet foods. The aim of this work is to prove that some by-products from meat processing, considered right now as wastes, can become a valuable source of proteins, usable for functional or nutritional ingredients.

Two types of by products have been used: pork lungs and poultry hearts. Based on their proteomic maps, the extraction pH has been determined. The extraction yield, as a function of temperature, time, solid:liquid ratio, solution ionic strength and pH, has been studied. For concentrating the protein solutions, membrane processes such as ultrafiltration and microfiltration have been used. The functional properties of the concentrates, gelation, foaming and emulsifying capacity have been compared to those of some commercial products. The results showed that proteic concentrates derived from pork lungs or poultry hearts are good foaming agents.

Keywords: *slaughterhouse byproducts, proteic concentrates, foaming agents, meat processing*

♦ Paper presented at **COFrRoCA 2006: Quatrième Colloque Franco-Roumain de Chimie Appliquée**, 28 June – 2 July, Clermont-Ferrand, France

Résumé : Depuis l'interdiction de l'utilisation des farines animales, des quantités considérables de sous-produits animaux issus de l'abattage viennent grossir le stock de déchets produits par la filière viande, en même temps les besoins pour le petfood plafonnent. L'objectif de ce travail est de montrer que certains de ces sous-produits, actuellement considérés comme des déchets, peuvent constituer une source de protéines qui peut être valorisée dans des ingrédients fonctionnels ou nutritionnels.

Nous avons utilisé deux types d'abats : poumon de porc et cœur de poulet. A partir de leurs cartes protéomiques, le pH d'extraction en solution a été déterminé. Les rendements d'extraction en fonction de la température et de la durée d'extraction, du rapport entre la masse d'abats et la masse de solution, ainsi que de la force ionique et du pH de la solution ont été déterminés. Des procédés membranaires (microfiltration et ultrafiltration) ont été utilisés pour concentrer les solutions. Les propriétés fonctionnelles : gélifiante, moussante et émulsifiante des concentrats ont été comparées avec celles d'ingrédients commerciaux. Les résultats ont montré que les concentrats protéiques de poumon de porc ont un très fort pouvoir gélifiant et ceux obtenus à partir des cœurs de volailles sont de très bons agents moussants.

Mots clés : *sous-produits d'abattage, concentrats protéiques, agente moussante, technologie viande*

INTRODUCTION

Il y a encore quelques années, la consommation traditionnelle des abats assurait une bonne exploitation de la carcasse. Or, depuis une quinzaine d'années, ce marché est en constante baisse, essentiellement pour des questions d'image et de changements d'habitudes alimentaires. La quantité croissante d'abats non-valorisés en alimentation humaine vient alors grossir le stock de sous-produits de catégorie 3. Cette catégorie correspond aux sous-produits issus d'animaux sains. Ce qui a eu un impact économique important pour les entreprises de la filière. Sachant également que le cours des sous-produits utilisés en petfood s'effondre, il y a donc un intérêt majeur à apporter aux industriels des solutions « alternatives » de valorisation des co-produits de qualité alimentaire.

Cependant, des potentialités de valorisation des protéines animales fonctionnelles vont réapparaître, notamment parce que les verrous réglementaires semblent se desserrer au fur et à mesure que les garanties relatives à la sécurisation de ces produits sont édictées, il est donc indispensable pour préparer l'avenir de s'intéresser aux nouvelles possibilités de valorisation des co-produits animaux de qualité alimentaire.

Une nouvelle voie de valorisation de ce type de co-produits serait d'extraire à partir des co-produits, des composés de qualité alimentaire tels que les protéines pour les utiliser comme ingrédients fonctionnels et biologiques. En effet, dans les abats, les protéines représentent 15 à 20 % de la matière sèche. Ces protéines peuvent être utilisées comme

agents émulsifiant, moussant, gélifiant ou pour la rétention d'eau dans des produits élaborés par l'industrie alimentaire.

Traditionnellement, les ingrédients protéiques commercialisés sont d'origine végétale, laitière, ovo produits ou animale. L'homme a toujours essayé d'extraire et purifier ces protéines de leurs matières originales. En générale, pour extraire des protéines, on utilise un solvant (le plus souvent l'eau) dans un milieu acide ou basique selon les points isoélectriques des protéines. L'extraction est habituellement suivie par une centrifugation pour séparer les protéines solubilisées (surnageante) du matériel insoluble (culot). L'étape de purification consiste soit à faire précipiter les protéines en utilisant une solution dont le pH est ajusté au point PI des protéines. Soit faire pour précipiter les impuretés en laissant les protéines en solution [1].

Lorsque la matière première contient un taux élevé de matière grasse, elle doit être traitée avec des dissolvants tels que l'hexane ou l'éther [2] avant d'effectuer la séparation des protéines. A titre d'exemple, Coffmann et al [3] ont obtenu un isolat de protéine à partir de la farine de fèves de mungo par la solubilisation des protéines dans une solution de NaOH (0,001N) ensuite une précipitation dans une solution acide (pH = 4,5).

D'ailleurs, les sous-produits de l'industrie laitière et fromagère ont connu une valorisation exceptionnelle. Les caséines sont obtenues par précipitation à pH 4,5. Quant aux protéines sériques présentes dans lactosérum, leurs séparations nécessitent l'utilisation des procédés membranaires (UF, MF) suivie de séchage par atomisation.

Dans ce travail, on a essayé d'extraire et valoriser les protéines des sous produits d'abattage notamment le poumon de porc et le cœur de volaille en utilisant des combinaisons des méthodes citées plus haut : solubilisation à l'aide d'une solution acide ou basique ensuite concentration par microfiltration (MF), et ultrafiltration (UF). Ensuite nous avons étudié les fonctionnalités de ces protéines notamment leur pouvoir émulsifiant, moussant, gélifiant et stabilisant.

MATERIELS ET METHODES

Matières premières

Dans ce travail on a choisi le poumon de porc et le cœur de poulet. Ces abats ont fait l'objet d'un broyage mais les conditions restent une propriété industrielle, puis ils sont congelés. La composition en protéine et en lipide de ces produits est mentionnée dans le tableau 1.

Tableau 1. Composition des abats en % massique

Composition, % (m/m)	Poumon du porc	Cœur de poulet
Matières sèches	20,70	28,90
Protéines récupérables	14,34	13,48
Collagène	2,56	0,82
Lipides	2,40	13,90

Protocole d'extraction des protéines

Nous avons établi une carte protéomique par une méthode de l'électrophorèse 2D pour choisir le pH optimal de l'extraction des protéines. L'extraction a été effectuée dans différentes conditions de température du temps et du rapport massique produit/solution. Le rendement de récupération a été calculé par la relation suivante :

$$RE (\%) = M_{\text{protéine extraite}} / M_{\text{protéine initiale}} \quad (1)$$

La concentration en protéines a été déterminée par la méthode Hach. Il s'agit de convertir toutes les formes d'azote en nitrate par le persulfate en milieu alcalin sur 500 µL de la solution protéique. Ensuite on additionne un kit de métabisulfite de sodium après trois minutes on additionne un autre kit de l'acide chromotrope en milieu acide pour former un complexe jaune. Le dispositif Hach qui est réglé à 420 nm permet de lire la concentration en azote totale. La concentration en protéine (mg/L) est alors obtenue en multipliant cette valeur par 6,25.

Avant l'étape de concentration par MF et/ou UF, les solutions ont subi une centrifugation et une filtration frontale pour clarifier les surnageants.

Protocole de filtration

Il s'agit de techniques de séparations membranaires, microfiltration - MF et ultrafiltration - UF (figure 1).

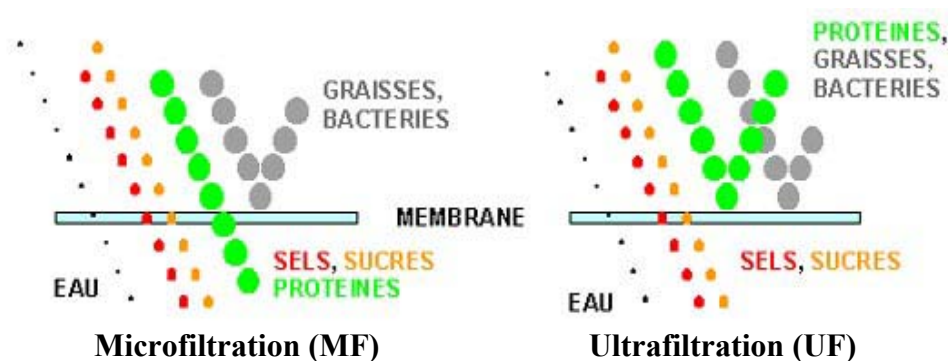


Figure 1. Comparaison entre microfiltration et ultrafiltration

Comme le montre la figure 1, par MF on retient les bactéries et les matières grasses dans le rétentat alors que par l'UF se sont les protéines qui resteront dans le rétentat. Les essais de MF et d'UF ont été effectués sur un pilote (figure 2). Plusieurs membranes de taille de pores différentes ont été utilisées : pour la microfiltration (MF), (UF1) (UF2). La séparation s'effectue grâce à une différence de pression transmembranaire (PTM), qui définie par :

$$PTM = \frac{P_e + P_s}{2} \quad [\text{bar}] \quad (2)$$

ou P_e - pression à l'entrée, et P_s - pression à la sortie.

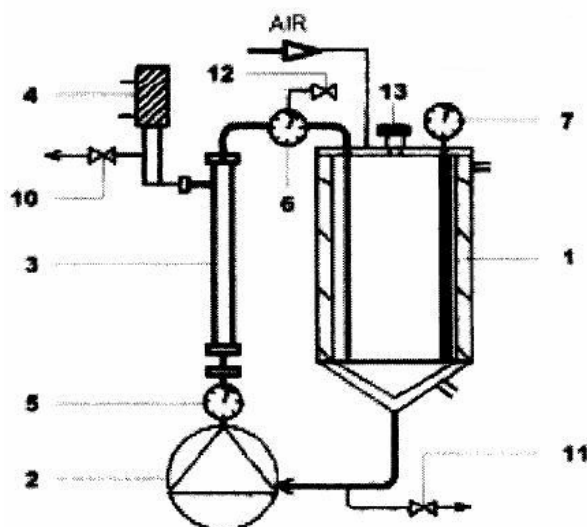


Figure 2. Schéma du pilote X - lab 3 :

1 - réservoir, 2 - pompe, 3 - support membrane, 4 - décolmateur, 5 et 6 - manomètre (0/4 bar), 7 - thermomètre, 10 et 11 –vanne pour récupérer respectivement le perméat et le rétentat, 12 - vanne de purge de l'air.

Propriétés fonctionnelles des protéines

Propriétés gélifiantes

Le but est de déterminer à partir de quelle concentration la solution protéique gélifie. La méthode a été mise au point à partir des résultats de Sathe et Salunkhe [4]. Elle consiste à préparer des solutions protéiques à diverses concentrations et à les chauffer pendant 1 heure à 100 °C puis à les refroidir pendant 2 heures dans le réfrigérateur. Pour déterminer la température à partir de laquelle solution protéique se gélifie, une analyse du comportement viscoélastique des divers rétentats obtenus lors de microfiltrations ou d'ultrafiltrations a été réalisée à l'aide d'un rhéomètre Rheometric Scientific (USA) de type SR-5 à contrainte imposée. La géométrie de mesure choisie a été celle du système plan-plan (diamètre 4,5 cm) en mode oscillatoire. Le plateau inférieur de la géométrie de mesure étant thermostaté à l'aide d'un effet Peltier, la méthode consiste à mesurer l'évolution du module viscoélastique G' en fonction du temps.

Propriétés moussantes

Le protocole a été établi à partir de la méthode de Coffman et Garcia [3]. Une solution protéique à 2 % (w/w) est mélangée à l'aide d'un système rotor stator (Ultra-turrax, Janke & Kunkel IKA-WERK (Allemagne) de type TP 18/10 pendant 2 minutes. Le pouvoir moussant est calculé de la façon suivante :

$$FA = 100 \times (\text{Volume}_{\text{final}} - \text{Volume}_{\text{initial}}) / \text{Volume}_{\text{initial}} \quad (3)$$

La capacité stabilisante s'obtient à partir de la même manipulation que le pouvoir moussant. C'est le temps nécessaire pour que le volume de mousse diminue de 50%.

Propriétés émulsifiantes

Activité émulsifiante (EA) : Elle est mesurée à partir de la turbidité des solutions à 500 nm, selon la méthode modifiée de Moure et al [5]. Le pouvoir émulsifiant augmente lorsque l'activité émulsifiante diminue. L'activité émulsifiante n'a pas d'unité et se calcule de la façon suivante à partir de l'absorbance mesurée :

$$EA = 100 \times T_0 = 100 \times (2,303 \times \text{Absorbance}) \quad (4)$$

Pouvoir stabilisant (ES) : Pour cette mesure nous avons utilisé la méthode décrite par Moure et al. (5). Il s'agit de mesurer l'absorbance de l'émulsion à une longueur d'onde donnée au temps 0 et après 10 minutes. ES se calcule de la façon suivante et il est exprimé en minute :

$$ES = (T_0 \times t) / (T_0 - T_{10}) \quad (5)$$

Capacité émulsifiante : La mesure a été mise en place à partir de celle de Wang et Kinsella [6]. La capacité émulsifiante est définie comme la quantité d'huile pour laquelle la séparation de phase se produit. La méthode consiste à ajouter progressivement l'huile à 100 mL d'une solution protéique à 2% (w/v) et mélangés jusqu'à l'apparition d'une phase stable.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Extraction des protéines de poumon de porc

L'étude protéomique par l'électrophorèse 2D du poumon de porc a montré qu'il est préférable d'extraire ces protéines dans un milieu basique. Des échantillons ayant plusieurs rapports produit/solution ont été préparés. Afin de déterminer les conditions optimales d'extraction des protéines, nous avons étudié l'effet de la température, du pH, la durée d'extraction (ces conditions resteront une propriété industrielle). Les rendements de la solubilisation des protéines étaient environ 75 %.

Extraction des protéines de coeur de poulet

L'étude protéomique par l'électrophorèse 2D du cœur de poulet a montré qu'il est préférable d'extraire ces protéines dans un milieu acide. Afin de déterminer les conditions optimales du rapport produit/solution et du pH pour l'extraction des protéines, nous avons réalisé plusieurs expériences dans différentes conditions de température, du pH et la durée d'extraction. Les évolutions des solutions après l'extraction des protéines sont présentées sur la figure 3. On constate que les solutions dont le pH étaient maintenu à Y₂ et à Y₃ décantent après quelque heures, quelle que soit le pourcentage du produit (X₁, X₂, X₃). Ces solutions étaient instables et par conséquent, il était impossible de les utiliser pour la suite de l'étude. En revanche, les solutions à pH Y₁ étaient stables même après 24 h. Cette durée étant suffisante pour procéder à l'étape de concentration des solutions protéiques.

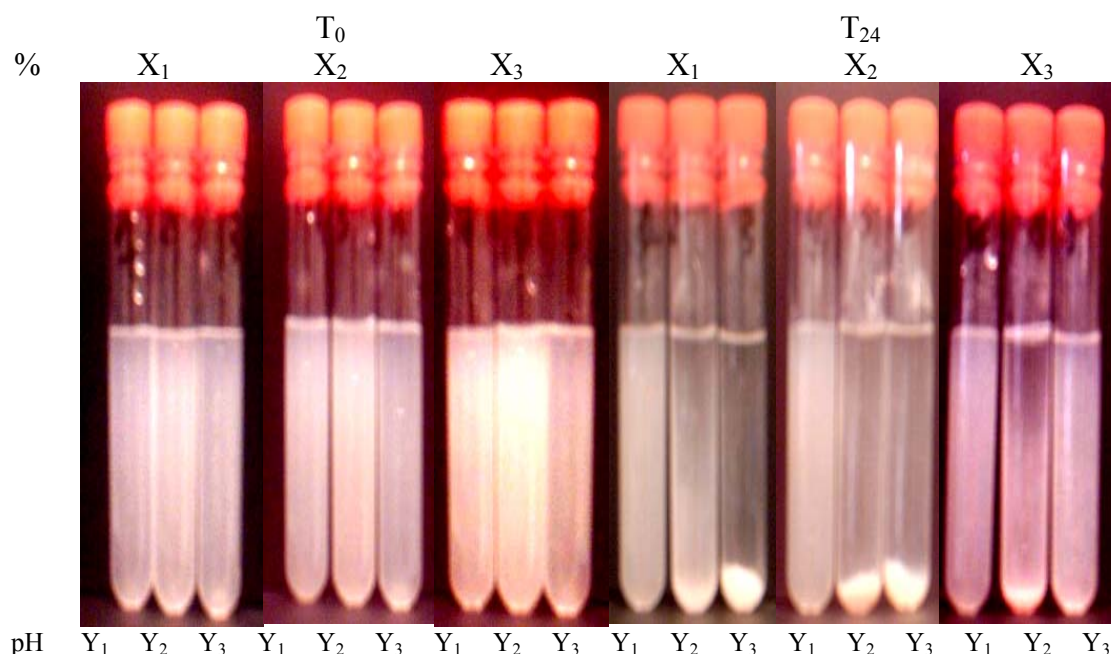


Figure 3. Décantation des solutions de cœur de poulet aux différents pH et pour différent % de produit en solution

Purification et concentration par membrane

L'extraction de protéines du poumon de porc a été effectuée dans les conditions optimales, ainsi nous avons récupéré 90 % de protéines présentes dans le poumon. Après l'extraction les solutions ont subi une centrifugation. Ensuite les solutions ont fait l'objet d'une concentration par microfiltration et ultrafiltration selon le schéma présenté sur la figure 4.

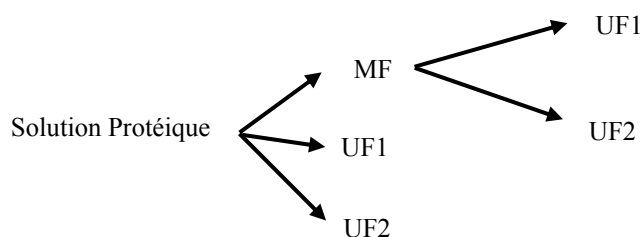


Figure 4. Plan des expériences

Effet du mode opératoire sur le débit de filtration

Pour les solutions qui ont subi d'abord une microfiltration, on a trouvé que le débit mesuré par ultrafiltration sur la membrane UF₂ était beaucoup plus faible que ceux obtenus avec la membrane UF₁ (figure 5). De même, lors de l'ultrafiltration directe, le débit obtenu avec la membrane UF₁ était également largement supérieur à celui obtenu avec la membrane UF₂ (figure 6).

Ce résultat était attendu puisque la membrane UF₁ laisse passer dans le perméat les protéines jusqu'à 200 kDa, alors que la membrane de UF₂ fractionne les protéines à une valeur plus faible.

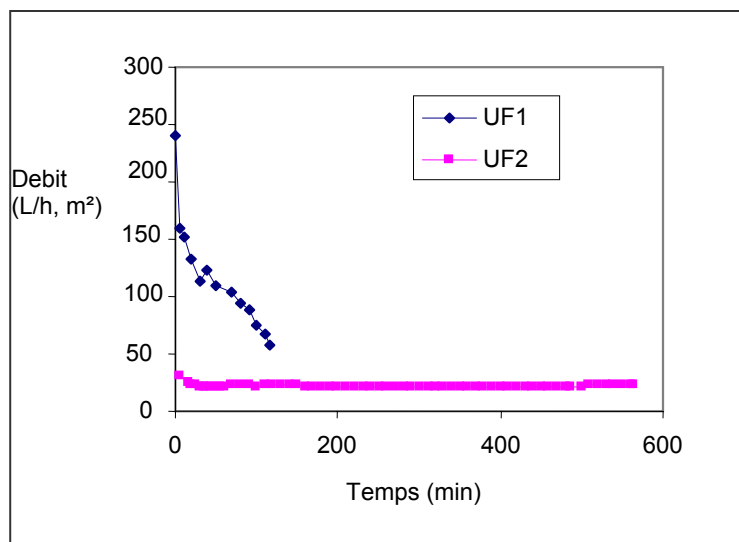


Figure 5. Effet de la taille de membrane 100 nm et 20 nm sur le débit du perméat d'une solution microfiltrée

Comparaison des rendements protéiques

Les masses de protéine dans le perméat et dans le rétentat obtenu après une opération de microfiltration suivie d'ultrafiltration ou une ultrafiltration seule sont données dans le tableau 2 (lignes 2 et 3). Les rendements protéiques pour les deux phases sont consignés dans le même tableau (lignes 3 et 4). L'examen des résultats montre que une opération de microfiltration n'est pas nécessaire au regard des rendements de récupération en protéines.

En effet une opération l'ultrafiltration seule avec une membrane de UF₁ permet d'avoir un rendement d'environ 94 %.

Tableau 2. Masse et rendement massique des protéines après MF-UF et UF seule

Masse de la solution initiale (g)		MF→ UF1	MF→ UF2	UF1	UF2
		24,88	20,43	23,73	25,52
Masse (g)	Perméat	3,73	2,04	1,64	2,38
	Rétentat	17,44	12,82	22,5	18,76
Rendement (%)	Perméat	15,00	10,00	6,90	9,36
	Rétentat	70,10	62,8	93,8	730

Cependant une étape préalable de microfiltration permet d'éliminer d'une part les bactéries et d'autre part les matières grasses.

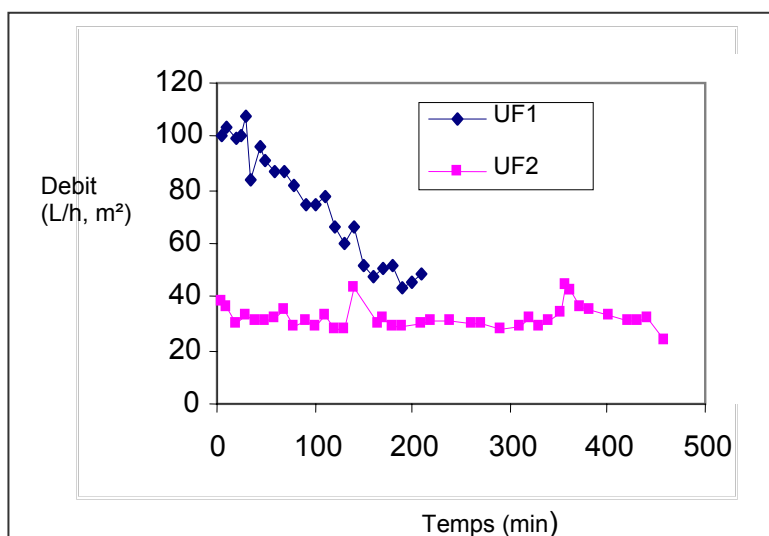


Figure 6. Effet de la taille de membrane UF_1 et UF_2 sur le débit de perméat

Etude des propriétés fonctionnelles des protéines de poumon de porc

Une étude préalable a été menée sur des poudres protéiques commerciales (les protéines du blanc d'œuf, de plasma de bœuf, caséinates de sodium, concentrât de protéines sériques et isolat de soja) afin de valider les techniques choisies et pour pouvoir positionner les protéines de poumons de porc par rapport à ces poudres commerciales. L'analyse des propriétés fonctionnelles des protéines de poumons de porc a été réalisée sur les rétentats obtenus après l'ultrafiltration.

Propriétés gélifiantes

Concentration minimale de gélification : Nous avons apporté le % minimum de protéine nécessaire pour obtenir la gélification pour les rétentats obtenus soit MF suivie par UF ou par UF seule (tableau 3). Dans le tableau 4 nous avons données les % minimum des protéines commerciales pour obtenir la gélification. La comparaison des résultats de ces deux tableaux montre que les protéines de poumon de porc ont un meilleur pouvoir gélifiant que les protéines commerciales.

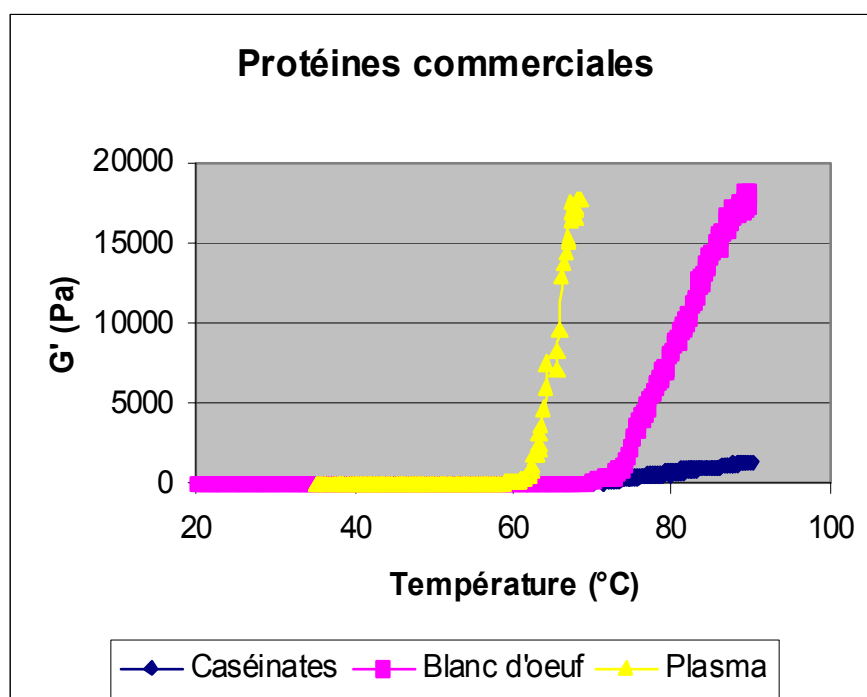
Tableau 3. % minimum de protéines de poumon de porc pour la gélification

Rétentat	% minimum de protéines pour la gélification
MF → UF_1	1
MF → UF_2	2
UF_1	2
UF_2	2

Tableau 4. % minimum des protéines commerciales pour la gélification

Produits commerciaux	% minimum de protéines pour la gélification
Protéines sériques	4,0
Blanc d'oeuf	3,3
Protéines de soja	4,5
Caséinantes	4,3

Température de gélification : D'après la figure 7 on constate que la température de gélification des poudres commerciale est comprise entre 60 et 68 °C pou le plasma et caséinants respectivement. Leurs modules viscoélastiques sont très différent en fonction de la poudre étudiée (entre 40 et 15.10^4 Pa à 90 °C).

**Figure 7.** Température de gélification des poudres commerciales

Les rétentats obtenus de poumons de porc ont une température de gélification entre 45 et 62 °C (figure 8). La température de gélification des rétentats est inférieure à celle des protéines commerciales. Ceci implique que les rétentats de poumons de porc sont de meilleurs gélifiants que les protéines commerciales. On remarque aussi que les rétentats ultrafiltrés après une MF ont un meilleur module viscoélastique que les protéines du blanc d'œuf.

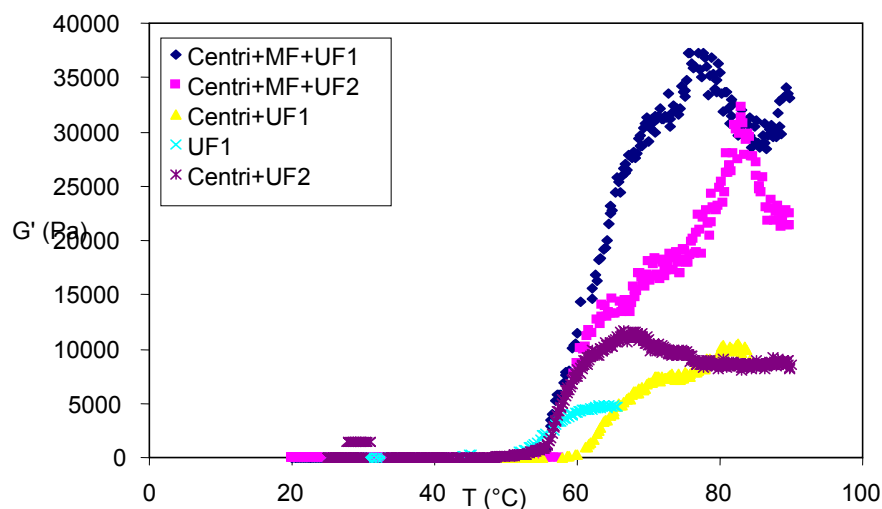


Figure 8. Température de gélification des protéines de poumon de porc obtenu par MF - UF et UF seule

Propriété moussante

Pouvoir moussant : Le tableau 5 donne les pouvoirs moussants des poudres commerciales contenant différents types de protéines. Ce paramètre a été calculé à l'aide de la relation (3). Dans le tableau 6 nous avons donné le même paramètre pour les protéines issues du poumon de porc. La comparaison des résultats de ces deux tableaux montre que les protéines de poumon de porc ont un meilleur pouvoir moussant que les protéines du blanc d'œuf et les caséinates.

Tableau 5. Le pouvoir moussant des poudres commerciales

Poudres commerciales	Pouvoir moussant, %
Protéines sériques	74,00
Blanc d'œuf	42,00
Protéines de soja	18,34
Caséinates	45,00

Tableau 6. Le pouvoir moussant des protéines de poumon de porc

Rétentat	Pouvoir moussant, %
MF→ UF ₁	62,5 ± 2,5
MF→ UF ₂	55,0 ± 3,0
UF ₁	57,0 ± 3,0
UF ₂	57,0 ± 4,0

Capacité stabilisante : Le tableau 7 montre que les mousses obtenues avec les protéines de poumon ne sont pas stables (stabilité inférieure à 70 min) par rapport aux protéines commerciales du blanc d'œuf (environ 237 minutes). Cependant les protéines

obtenues par une UF₂ présentent une meilleure stabilité (66 min) que les protéines du soja (41,5 minutes).

Tableau 7. Capacité stabilisante des rétentats exprimée en minute

Rétentat	Capacité stabilisante, min
MF→ UF ₁	15 ± 0,2
MF→ UF ₂	5 ± 0,4
UF ₁	4 ± 0,3
UF ₂	66 ± 1,0

Propriétés émulsifiantes

Activité émulsifiante : Les tableaux 8 et 9 montrent que les protéines obtenues ont toutes une activité émulsifiante supérieure à celle des protéines commerciales. Cela signifie que les protéines de poumon de porc sont de mauvais agents émulsifiants. Il y a peut être une exception pour les protéines obtenues après une UF₂.

Tableau 8. Activité émulsifiante des poudres commerciales

Poudres commerciales	Activité émulsifiante
Protéines de plasma	0,418
Blanc d'oeuf	0,617
Protéines de soja	0,518
Caséinantes	0,647

Tableau 9. Activité émulsifiant des rétentats

Rétentat	Activité émulsifiante
MF→ UF ₁	0,848 ± 0,059
MF→ UF ₂	0,767 ± 0,075
UF ₁	0,755 ± 0,053
UF ₂	0,673 ± 0,221

Pouvoir stabilisant : Le pouvoir stabilisant des protéines commerciales est compris entre 33,7 et 68,7 minutes, par contre les protéines n'ont pas d'activité émulsifiante stable dans le temps car leurs pouvoirs stabilisants sont inférieurs à ceux des poudres commerciales (voir tableau 10). Quant aux protéines obtenues par UF₂, elles ont un pouvoir stabilisant compris entre ceux de deux protéines commerciales.

Tableau 10. Pouvoir stabilisant des protéines de poumon de porc exprimé en minutes

Rétentat	Pouvoir stabilisant
MF→ UF ₁	18,87 ± 2,0
MF→ UF ₂	17,36 ± 0,6
UF ₁	18,88 ± 4,0
UF ₂	41,87 ± 34

Capacité émulsifiante : La capacité émulsifiante de protéines commerciales est très élevée entre 80 et 97 mL d'huile/gr de protéine sèche. Tous les rétentats obtenus ont

une capacité émulsifiante égale à 10 mL d'huile /gr de protéine sèche. Ils ont donc une capacité émulsifiante très faible.

Etude des propriétés fonctionnelles des protéines du cœur de poulet

Pour le cœur de poulet, des résultats similaires ont été obtenus en terme de température de gélification (Figure 9).

La valeur de T_{gel} est proche de celle des protéines de poumon de porc et donc inférieure à celle du plasma de bœuf. L'effet bénéfique de l'étape d'UF est confirmé. En revanche, les cinétiques de gélification et les forces de gel atteintes sont bien plus faibles que celles obtenues avec le plasma et les protéines de poumon de porc. Par conséquent, il est clair que les protéines de cœur de poulet présentent un pouvoir gélifiant bien moins fort que celles de poumon de porc et que celle de plasma.

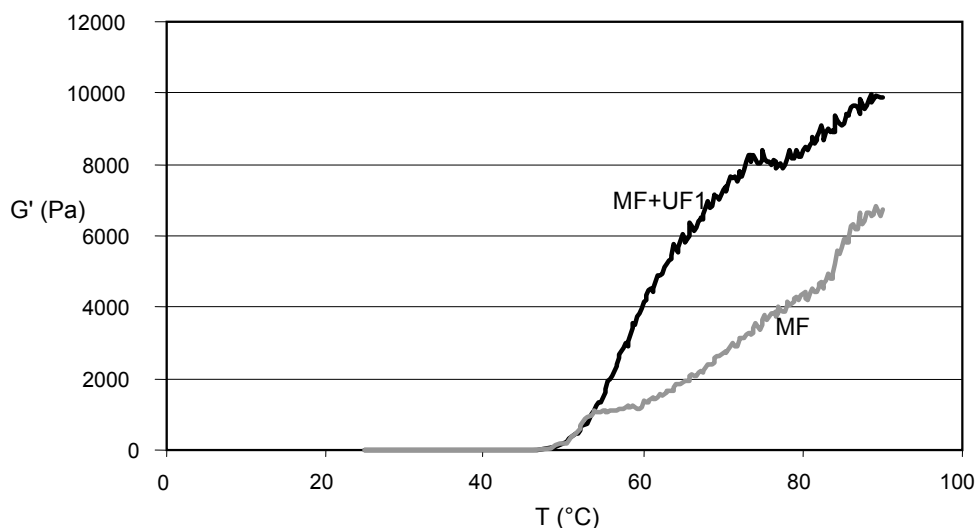


Figure 9. Comparaison du comportement de gélification en température des protéines de cœur de poulet à concentration protéique fixée (2 % w/v)

Pour ce qui concerne la capacité moussante, contrairement au poumon de porc, la figure 10 montre que la capacité moussante (FA) des protéines de cœur de poulet est plus élevée, même par rapport aux ingrédients de référence comme le blanc d'œuf, aussi bien pour le rétentat de la MF que celui obtenu après une UF précédée d'une MF.

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la capacité stabilisante (FS) (figure 11), en particulier pour le rétentat de MF. Ce dernier présente une capacité stabilisante plus élevée que le blanc d'œuf. De même, bien que le rétentat, d'UF ait une valeur de FS bien plus faible, on peut estimer en combinant FA et FS qu'il est seulement deux fois moins moussant que le blanc d'œuf, ce qui reste tout de même très élevé pour des ingrédients issus de la viande (il est par exemple deux fois plus moussant que le plasma testé). En conclusion, les protéines de cœur de poulet présentent des propriétés moussantes assez prononcées, aussi bien après MF que UF.

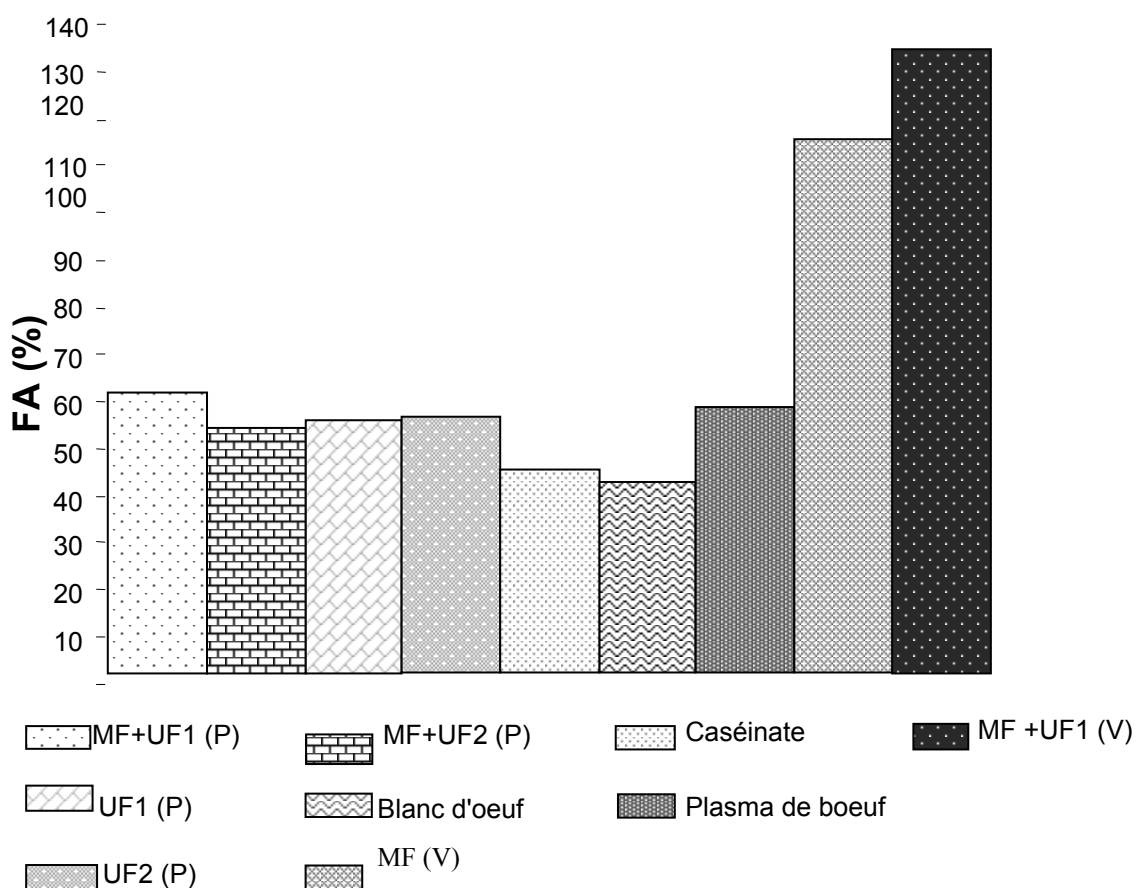


Figure10. Comparaison de la capacité moussante (FA) des protéines commerciales et de celles des protéines issues du poumon de porc (P) et des cœurs de volailles (V)

CONCLUSIONS

Dans cette étude, nous avons mis au point des méthodologies permettant de tester les propriétés techno fonctionnelles des protéines extraites de co-produits animaux. : le poumon de porc et les cœurs de volailles,

La caractérisation des propriétés fonctionnelles des extraits de poumon de porc et de cœur de volailles a démontré que certaines fractions protéiques présentent d'excellentes propriétés et pourraient être utilisés en lieu et place d'ingrédients commerciaux de référence. Par exemple, le poumon de porc présente d'excellentes propriétés gélifiantes puisque celles-ci sont supérieures à celles du plasma de bœuf testé dans cette étude.

De même, les protéines de cœur de volailles présentent des propriétés de surface intéressantes, notamment un pouvoir moussant exceptionnellement fort, parfois supérieur à celui des protéines de blanc d'œuf, ainsi qu'un certain pouvoir gélifiant à faible concentration, mais moins important que celui du poumon de porc ou du plasma en terme de force de gel.

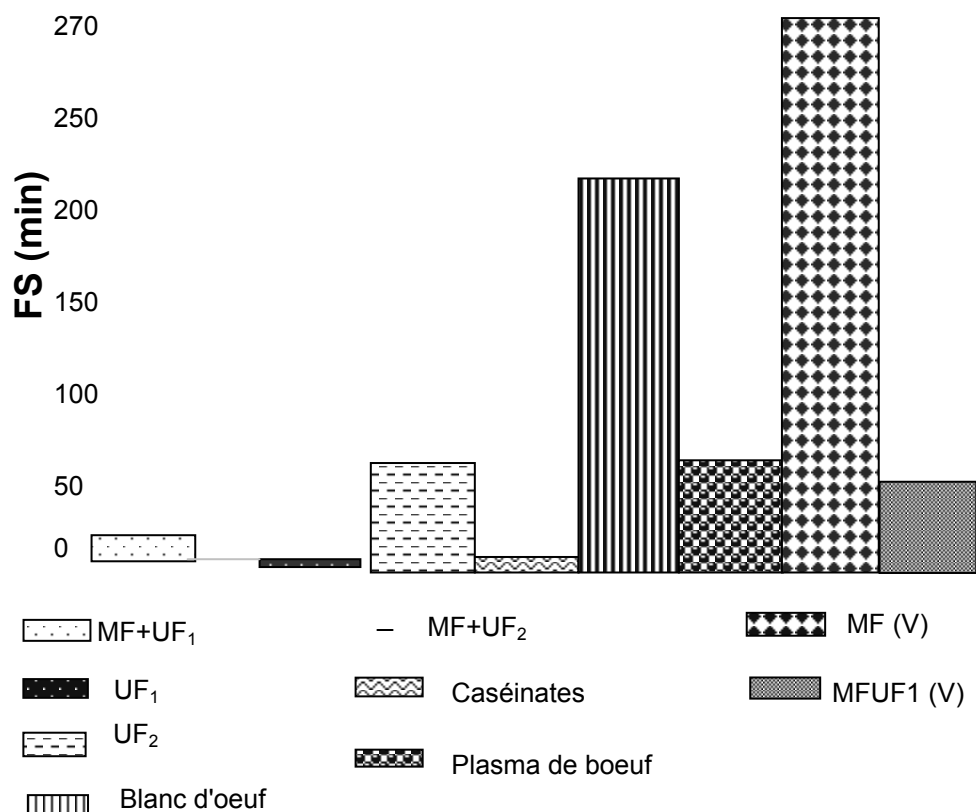


Figure 11. Comparaison de la capacité stabilisante de mousse (FS) des protéines commerciales et de celles des protéines issues du poumon de porc (P) et des cœurs de volailles (V)

Toutefois, les propriétés obtenues se sont montrées sensibles aux traitements de purification et de concentration appliqués, comme par exemple l'ajout d'une étape de MF préalable à l'UF, ou bien le diamètre des pores de la membrane d'UF. Bien souvent, l'amélioration des propriétés s'accompagne d'une diminution du rendement massique en protéines, ce qui fait clairement apparaître la nécessité d'une analyse technico-économique du procédé pour une application industrielle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Yada, Y.R.: *Proteins in food processing*, **2004**.
2. Sathe, S.K., Hamaker, B.R., Sze-Tao, K.W.C., Venkatachalam, M.: Isolation, purification, and biochemical characterization of a novel water soluble protein from Inca peanut; *J. Agric. Food. Chem.*, **2002**, 50, 4096-4908.
3. Coffman, C.W., Garcia, W.W.: Functional properties amino acid composition protein isolate from mug bean flour, *Journal of Food Technology*, **1977**, 12, 473-484.

4. Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. : Functional properties of the Great Northern Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: emulsion foaming, viscosity, and gelation properties, *Journal of Food Science*, **1981**, **46**, 71-74.
5. Moure, A., Dominguez, H., Zuniga, M.E., Soto, C., Chamy, R. : Characterisation of protein concentrates from pressed cakes of *Gueniva avellana* (Chilean hazelnut), *Food Chemistry*, **2002**, **78**, 179-186.
6. Wang, J.C., Kinsella, J.E.: Functional properties novel proteins alfalfa leaf proteins, *Journal of Food Science*, **1976**, **41**, 286-292.