

Recherche de marqueurs lipidiques aptes à montrer l'absence de tissus nerveux dans les matières premières des gélatines d'os

Search for lipid markers evidencing the absence of central nervous tissues in raw materials of bone-source gelatine

Auteur(s) : Nicole COMBE, Corinne MIGNEROT, Claude RIDOUX, Sylviane GUEDJ, Christine POISSON, Itegr, Département de biochimie et de nutrition, avenue des Facultés, Université Bordeaux I, 33405 Talence cedex, France.

Author(s) : Nicole COMBE, Corinne MIGNEROT, Claude RIDOUX, Sylviane GUEDJ, Christine POISSON

Résumé : La gélatine est fabriquée à partir de deux catégories de matières premières, dénommées « os lourds » et « os légers », obtenues après dégraissage, séchage, broyage, puis tamisage d'os frais de bœuf, à l'exclusion de matériaux à risques vis-à-vis de l'encéphalopathie spongiforme bovine (cerveaux, yeux, amygdales et moelle épinière). L'objectif de cette étude était d'identifier un ou plusieurs constituants lipidiques spécifiques des tissus nerveux, et principalement de la moelle épinière, permettant de vérifier l'absence de tissus nerveux dans les matières premières utilisées pour la fabrication de gélatine. Pour cela, la composition lipidique de la moelle épinière a été comparée à celle des matières premières de gélatine. La pertinence d'un paramètre (p), vis-à-vis d'une source donnée, a été évaluée par la valeur du facteur : $F(p) = [p]_{\text{moelle épinière}}/[p]_{\text{OS}}$, qui est le rapport entre sa concentration dans les lipides de moelle épinière et celle dans la source osseuse considérée. Plus la valeur de F est élevée, plus le paramètre est pertinent. Trois paramètres ont été ciblés sur la base de leur caractère spécifique des tissus nerveux par rapport aux graisses d'os : (1) les phospholipides (PL) ; (2) les acides gras à très longues chaînes (AGTLC = 20:0 + 20:1 + 22:0 + 22:1 n-9 + 23:0 + 24:0 + 24:1 n-9) ; (3) les alcools gras, analysés sous la forme de dérivés diméthyl acétals (DMA). Eu égard aux matières premières servant à la fabrication de gélatine, la valeur de FPL varie de 8 à 15, celle de FAGTLC de 25 à 41. La valeur de FDMA est égale à 26 vis-à-vis des « os légers », elle est infiniment grande vis-à-vis des « os lourds » puisque, dans cette matière première, les DMA sont indétectables. Ainsi pour cette catégorie de matière première, le paramètre DMA s'avère le plus adapté pour détecter du matériel d'origine nerveuse (moelle épinière).

Summary : Raw materials for gelatine production are obtained through processing bovine bone materials from which fat has been previously removed. These ones are named "heavy bones" and "light bones". Use any raw materials exhibiting a health risk in that which concerns BSE or bovine spongiform encephalopathy (head and skull bones, brains, eyes, tonsils and spinal cord) is forbidden. The aim of this study was to identify one or several lipid characteristics sufficiently specific to central nervous system tissues, allowing them to be used as markers for the latter, in the residual fatty matters of raw materials, for quality tests. Comparison of lipid compositions between bovine Spinal Cord (SC) and bone materials (marrows and tissues of long and flat bones of oxen or pigs, vertebrae) for gelatine production provided three parameters, namely proportions of phospholipids (PL), very long chain fatty acids (VLCFA: 20:0 + 20:1 n-9 and n-7 + 22:0 + 22:1 n-9 + 23:0 + 24:0 + 24:1 n-9) and fatty alcohols analysed as dimethyl acetal (DMA) derivatives. The pertinence of a given parameter (p)

for detecting nervous tissues in raw materials was assessed through a factor: $F_p = [p]_{SC} / [p]_{bone}$ materials. The higher is the value of F_p , the greater is the pertinence of the parameter. In regard to these raw materials ("light" and "heavy" bones), the values of FPL ranged from 8 to 15; those of FVLCFA ranged from 25 to 41; that of FDMA was 26 in regard to "light bones", while it reached to infinity in regard to "heavy bones" in which DMA were undetected, therefore this parameter was the most appropriate for detecting nervous system-origin tissues in this raw material used for gelatine production.

Mots-clés : gélatine, os, bœuf, moelle épinière, marqueurs lipidiques.

Keywords : gelatine, bones, bovine spinal cord, lipid markers.

ARTICLE

Introduction

La gélatine produite en France est obtenue à partir d'os dégraissés, de bœuf et de porc. La réglementation sanitaire stipule l'interdiction d'utiliser des matériaux à risques vis-à-vis de l'encéphalopathie spongiforme bovine, tels que têtes, y compris cerveaux, yeux et amygdales, et moelle épinière pour la production de gélatines (décision de la Commission 97/534/EC). Les os frais utilisés dans la préparation des matières premières de gélatines sont donc dépourvus de ces matériaux à risques ; ils proviennent d'animaux sains, abattus sous contrôle vétérinaire *ante* et *post mortem*, autorisés pour l'alimentation humaine. Néanmoins, un tri supplémentaire de sécurité est effectué avant le concassage des os.

L'objectif de l'étude était de rechercher une ou plusieurs caractéristiques lipidiques qui soient suffisamment spécifiques du tissu nerveux pour servir de marqueurs de celui-ci dans les préparations d'os (ou « ma-tières premiè-res ») pour la fabrication de gélatine en vue de réaliser un contrôle « en aval » qui apporterait une garantie supplémentaire, vis-à-vis de l'absence de tissus d'origine nerveuse. Les contrôles porteraient sur deux catégories de matières premières (les « os lourds » et les « os légers ») dont le taux de lipides est compris entre 2,5 et 4 % du poids sec. En effet, il n'est pas envisageable d'appliquer ces contrôles à la gélatine elle-même, le taux de matière grasse résiduelle n'excédant pas habituellement 0,02 % (données SKW).

Les os lourds et les os légers sont obtenus après traitement des os « longs » et des os « plats », et après passage sur tamis. Dans ces préparations, la matière grasse extractible provient d'une part de la moelle osseuse, imparfaitement éliminée lors du traitement à l'eau chaude, d'autre part du tissu des diverses catégories d'os entrant dans ces préparations. L'étude a été ciblée sur trois paramètres lipidiques qui sont les phospholipides, les acides gras à très longues chaînes et les alcools gras. En effet, les lipides de la moelle osseuse sont essentiellement des triglycérides [1, 2], alors que ceux des tissus d'origine nerveuse se distinguent des autres tissus par leur composition en phospholipides [3, 4], et les acides et alcools gras qui leurs sont associés [5, 6]. En vue d'en apprécier le caractère *a priori* discriminant, il était d'abord nécessaire de déterminer ces trois paramètres lipidiques dans les différents types d'os frais (os longs et os plats) servant à l'obtention des matières premières de gélatine, comparativement à la moelle épinière. La pertinence de ces trois paramètres eu égard à

l'objectif a été évaluée sur les deux catégories de matière première elles-mêmes (« os lourds » et « os légers ») dans la deuxième partie de ce travail.

Matériel et méthodes

Échantillons

À l'exception de la moelle épinière de bœuf qui a été fournie par l'abattoir de Montguyon (France), avec l'autorisation du service vétérinaire, tous les échantillons proviennent de la Société SKW Biosystems SAS. Les analyses lipidiques ont porté sur de la moelle épinière fraîche de bœuf (n = 1), sur de la moelle d'os longs de bœuf (n = 1) et de porc (n = 1), et d'os plat de bœuf (n = 1), sur des préparations dégraissées d'os longs, d'os plats et de vertèbres de bœuf (n = 1 par préparation) et sur les matières premières de gélatine (= « os lourds » et « os légers », n = 1 par catégorie). Pour l'obtention de ces matières premières (*figure 1*), les os frais (os longs et os plats) sont concassés puis nettoyés des résidus externes et dégraissés par trempage dans l'eau chaude (75-80 °C) pendant 20 min. Les os sont ensuite séparés mécaniquement du mélange liquide/eau/graisse, égouttés, broyés et rincés à l'eau chaude ; ils sont enfin séchés au four. Après passage sur tamis, les broyats (6 à 12 mm de granulométrie) sont répartis, en fonction de leur densité, en deux catégories de matière première, les « os lourds » et les « os légers ».

Extraction des lipides totaux

L'extraction des lipides totaux a été réalisée, par un mélange chloroforme/méthanol (2/1 ; v/v), selon la technique de Folch [7], sur une partie aliquote précisément mesurée de chaque échantillon (2 g pour la moelle épinière fraîche, 2 g pour les moelles d'os fraîches, 6 g pour les préparations d'os dégraissés secs, 6 g pour les matières premières de gélatine). La teneur en matière grasse de chaque échantillon a été déterminée par gravimétrie d'une partie aliquote de l'extrait lipidique correspondant, après évaporation du solvant à poids constant. Le reste de l'extrait lipidique, en solution dans le mélange chloroforme/méthanol (2/1 ; v/v), a été conservé à - 20 °C, sous atmosphère inerte (azote), en vue des analyses décrites ci-dessous.

Dosage des phospholipides (PL)

La teneur en PL a été obtenue par dosage colorimétrique du phosphore, après minéralisation de l'extrait lipidique selon la méthode de Ames [8]. Un dosage sur l'extrait non minéralisé permet de tenir compte du phosphore non lipidique éventuellement présent dans les échantillons. Dans le cas des échantillons à faible teneur en phospholipides (*i.e.* moelles d'os), ceux-ci ont été préalablement purifiés [9].

Préparation des esters méthyliques d'acides gras (EMAG) et des diméthyl acétals (DMA) d'alcools gras

Les EMAG et les DMA ont été préparés par transméthylation de 5-10 mg de lipides totaux selon la méthode de Morrison et Smith [10], à 90 °C pendant 90 min, en présence de 0,5 ml d'hexane et de 1 ml de trifluorure de bore (à 14 % dans du méthanol). Les EMAG et les DMA obtenus simultanément ont été extraits à l'hexane, puis conservés à - 20 °C, sous azote, jusqu'à analyse.

Analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

L'analyse quantitative des EMAG et DMA par CPG a été réalisée avec un chromatographe (CARLO-ERBA Instruments ; GC-8000), équipé d'un détecteur à ionisation de flamme, d'un injecteur diviseur (rapport de fuite 1:80) et d'une colonne capillaire en silice greffée [BPX 70, 60 m x 0,25 mm (diamètre interne), 0,25 µm (épaisseur de film) ; SGE, Villeneuve-Saint-Georges, France], dans les conditions suivantes : pression d'entrée du gaz vecteur (H_2) : 1 kg/cm² ; température de la colonne : programmation de 150 °C jusqu'à 200 °C à raison de 1,5 °C/min, maintien à 200 °C pendant 15 min, puis montée en température jusqu'à 235 °C (20 °C/min) et maintien à cette température jusqu'à la fin de l'analyse (15 min) ; température de l'injecteur et du détecteur : 250 °C. Les analyses quantitatives sont fournies par un intégrateur-enregistreur SP 4400 (Spectra Physics) [11].

Expression du facteur « F » discriminant entre origine osseuse et origine nerveuse

Pour apprécier le caractère discriminant, entre échantillons osseux et moelle épinière, de chaque paramètre (p), un facteur « F » a été déterminé. Ce facteur est égal au rapport des quantités (Q) présentes dans les lipides d'une part de la moelle épinière (ME), d'autre part de toutes les catégories d'os entrant dans la fabrication de la gélatine, soit $F_p = Q(ME)/Q(os)$. Plus la valeur de F est élevée, plus le paramètre est pertinent.

Résultats et discussion

Recherche de paramètres discriminants (PL, AGTLC et DMA) sur les divers constituants des matières premières de gélatine

L'objectif était d'identifier des paramètres lipidiques suffisamment spécifiques de l'origine nerveuse (moelle épinière) pour servir de marqueurs dans les lipides des matières premières servant à la fabrication de gélatine. Les lipides des différentes origines de matières premières ont été comparés à ceux de la moelle épinière sur la base de ces paramètres. Un facteur discriminant « F » en découle.

*** Teneurs comparées en phospholipides (PL)**

- Cas des moelles osseuses (*tableau 1*)

Le taux de lipides de la moelle osseuse varie avec son origine. Par rapport au poids humide de la moelle considérée, il est égal à 10 ou 86 % respectivement pour les os plats ou longs de bœuf, ou encore 78 % pour les os longs de porc. Dans le cas de la moelle épinière de bœuf, les lipides constituent 20 % du poids humide. Comme attendu [3], les phospholipides représentent plus de la moitié des lipides de la moelle épinière (54,5 %), alors qu'ils sont quasiment absents de la moelle des os longs de bœuf (0,1 % des lipides totaux). Ainsi, les PL sont 586 fois plus concentrés dans les lipides de la moelle épinière de bœuf que dans ceux de la moelle osseuse ($F_{PL} = 586$). En conséquence, si les lipides présents dans les matières premières de gélatine provenaient exclusivement de la moelle des os longs, la teneur en PL pourrait constituer un critère intéressant pour détecter la présence éventuelle de lipides d'origine nerveuse. Cependant, l'utilisation d'os plats de bœuf et d'os longs de porc, en proportions moindres néanmoins que les os longs de bœuf, contribuent à affaiblir la pertinence de ce paramètre. En effet, le pourcentage de PL atteint 6 % des lipides totaux dans la moelle des os plats de bœuf et 0,16 % dans celle des os longs de porc. Ainsi le facteur F_{PL} est égal à 330 à l'égard des os longs de porc et seulement 9 à l'égard des os plats de bœuf, contre 586 à l'égard

des os longs de bœuf. Qu'il s'agisse de porc ou de bœuf, la moelle « jaune » des os longs contient peu de phospholipides (< 0,2 %). En revanche, la moelle « rouge » des os spongieux, comme celle des os plats analysés ici, est connue pour contenir plus de PL que la moelle « jaune », en raison de sa fonction hématopoïétique [1].

- Cas des tissus osseux (*tableau 1*)

Il s'agit des préparations d'os, longs ou plats, ou de vertèbres, « dégraissés ». Le dégraissage industriel intervenant dans la préparation des os à gélatine élimine la moelle interne des os longs et des os plats ; en ce qui concerne les vertèbres, le cordon moelleux spinal est obligatoirement retiré avant le dégraissage. La matière grasse extractible au laboratoire à partir de ces préparations dégraissées provient donc du tissu osseux lui-même. Elle représente respectivement 4,9, 6,2 et 6,5 % du poids sec des os longs, os plats et vertèbres de bœuf. Dans ces lipides du tissu osseux, le pourcentage de PL est égal à 4 % (os longs), 12 % (os plats) et 14 % (vertèbres). Les données de la littérature concernant l'os compact bovin [12] confirment les résultats observés dans cette étude sur les os longs de bœuf. Il est également connu que les tissus cartilagineux calcifiés contiennent 2 à 4 fois plus de PL que l'os compact [13]. C'est en effet ce que l'on observe au niveau des os plats et des vertèbres. Ainsi, les lipides du tissu osseux sont plus riches en phospholipides que ceux de la moelle osseuse correspondante. La valeur du facteur F_{PL} pour les tissus osseux est respectivement égale à 14 pour les os longs, 5 pour les os plats et 4 pour les vertèbres (*figure 2a*). La présence de ces lipides tissulaires dans la matière grasse extractible à partir des matières premières de gélatine devrait diminuer fortement la pertinence du paramètre PL pour la détection de l'origine nerveuse.

*** Teneurs comparées en AGTLC et DMA**

- Cas des moelles osseuses (*tableau 2*)

L'examen des compositions en acides gras montre que les pourcentages d'acides gras saturés sont plus faibles dans la moelle épinière (34,3 %) que dans les moelles osseuses (49 à 60 % selon l'origine). Les différences les plus remarquables entre moelle épinière et moelles osseuses concernent d'une part les acides gras saturés et mono-insaturés à chaînes très longues (AGTLC), d'autre part les diméthylacétals (DMA).

Les AGTLC constituent 26,7 % des acides gras de la moelle épinière ; il s'agit des acides 20:1 (9,3 %), 24:0 (3,6 %) et 24:1 n-9 (8,4 %) ; on trouve également les acides 20:0, 22:0, 22:1 et 23:0. Ces acides gras sont caractéristiques de la sphingomyéline et des cérébrosides, lipides polaires du tissu nerveux [5]. Comme attendu, la moelle osseuse, dépourvue de cette catégorie de lipides, contient peu d'AGTLC (0,3 et 0,7 % respectivement pour la moelle des os longs et plats de bœuf ; 1,83 % pour la moelle des os longs de porc). Le facteur F_{AGTLC} , à l'égard de ces moelles osseuses, est respectivement de 89 (os longs de bœuf), 36 (os plats de bœuf) et 15 (os longs de porc) (*figure 2b*).

Les DMA représentent 8,8 % des chaînes grasses de la moelle épinière. Il s'agit des dérivés de méthylation des chaînes alkényles des plasmalogènes, phospholipides connus pour être présents dans les tissus nerveux [6, 14, 15]. Ces DMA sont indétectables dans la moelle des os longs (bœuf et porc). Celle-ci contient en effet très peu de phospholipides, la forme plasmalogène étant absente. On remarque la présence de DMA (0,3 %) dans la moelle des os plats de bœuf. L'origine des plasmalogènes dans cette moelle osseuse « rouge » s'explique par sa fonction hématopoïétique, les

plasmalogènes étant des constituants des membranes érythrocytaires. Le facteur F_{DMA} est égal à 28 vis-à-vis de la moelle des os plats ; il est infiniment grand vis-à-vis de la moelle des os longs (bœuf et porc) dans laquelle les DMA sont indétectables (*figure 2c*).

- Cas des tissus osseux (*tableau 3*)

Les compositions en acides gras des trois échantillons dégraissés d'os bovins sont similaires.

Au total, on remarque que le tissu osseux, quelle que soit son origine, contient très peu d'AGTLC (de 0,3 à 0,5 %), comparativement à la moelle épinière (26,7 %). Le facteur F_{AGTLC} est ainsi compris entre 50 et 85.

Les DMA sont indétectables dans les lipides des tissus osseux. À leur égard, ce paramètre est un excellent marqueur de l'origine nerveuse.

Évaluation de la pertinence des paramètres (PL, AGTLC et DMA) sur les matières premières de gélatine

Les deux catégories de « matière première » de gélatine, fournies par la Société SKW, sont dénommées en fonction de leur densité « os lourds » et « os légers ». La pertinence des paramètres discriminants potentiels, déterminés dans la première partie de ce travail sur les différentes sources osseuses de ces deux matières premières, a donc été évaluée sur les lipides totaux présents dans chacune de ces matières premières. Ces lipides représentent 2,2 % du poids sec des « os lourds » et 4,4 % des « os légers ». Rappelons que, pour un paramètre lipidique donné, plus la valeur du facteur F sera élevée, plus ce paramètre sera pertinent pour détecter la présence de tissu d'origine nerveuse (*cf. Matériels et méthodes*).

*** Paramètre PL : F_{PL}**

La teneur en PL de la matière grasse extractible des « os légers » et des « os lourds » est respectivement égale à 6,6 et 3,6 % (*tableau 1*). On remarque que la matière première « os lourds » présente les mêmes proportions de PL que les os longs de bœuf, qui sont les constituants majoritaires de cette matière première (respectivement 36 ± 3 mg de PL/g de lipides totaux et 38 ± 1 mg/g). La teneur en PL des « os légers » est plus élevée (66 ± 5 mg/g). Les constituants majeurs de cette matière première sont les os spongieux, plus riches en PL (118-140 mg/g) que les os longs. En conséquence, à l'égard des « os légers » et des « os lourds », le facteur F_{PL} est respectivement égal à 8 et 15 (*tableau 1*).

*** Paramètre AGTLC : F_{AGTLC}**

Les compositions en acides gras des « os lourds » et des « os légers » sont comparables (*tableau 3*). Les AGTLC sont faiblement représentés (0,6-1,0 %), ainsi le facteur F_{AGTLC} est égal à 43 vis-à-vis des « os lourds » ; il est de 26 pour les « os légers ».

*** Paramètre DMA : F_{DMA}**

Les DMA sont indétectables dans les « os lourds ». À l'égard de cette matière première, la valeur de F_{DMA} est infiniment grande. En revanche, on note la présence de DMA dans les « os légers », à raison de 0,3 % par rapport aux acides gras totaux. Leur origine est liée aux lipides de la moelle rouge des os

spongieux, majoritaires dans cette matière première. À l'égard des « os légers », le facteur F_{DMA} est égal à 26.

Les valeurs du facteur F pour chaque paramètre à l'égard des différentes sources osseuses étudiées (moelles et tissus des os longs, os plats et vertèbres) et des matières premières de gélatine (« os lourds » et « os légers ») sont rassemblées sur la *figure 2*. Concernant le paramètre PL, la valeur de F est faible à l'égard des matières premières, respectivement 8 et 15 pour les « os légers » et les « os lourds », en raison de leur contenu en PL. Le choix d'un phospholipide, comme la sphingomyéline, *a priori* caractéristique du tissu nerveux ne peut être envisagé comme marqueur. En effet, cette étude montre que les lipides extractibles des matières premières appartiennent majoritairement au tissu osseux, or la sphingomyéline représente 38 à 40 % des PL de l'os compact bovin [12]. Le pourcentage d'AGTLC dans les lipides des matières premières paraît être un meilleur critère que les PL. Ces acides gras sont de 26 à 43 fois plus concentrés dans les lipides de la moelle épinière que dans ceux des « os légers » et des « os lourds » respectivement. Des trois paramètres étudiés, le pourcentage de DMA s'avère le plus adapté pour détecter du matériel d'origine nerveuse (moelle épinière) dans les « os lourds », puisque dans cette matière première les DMA sont indétectables. Vis-à-vis des « os légers », la pertinence du paramètre DMA est comparable à celle du paramètre AGTLC ($F_{DMA} = F_{AGTLC} = 26$). Ces paramètres sont actuellement en cours d'évaluation, au niveau industriel (process de dégraissage utilisé par SKW Biosystems SAS), sur une gamme complète de matières premières osseuses de diverses origines.

Reçu le 8.04.02 - Accepté le 18.08.02

CONCLUSION

Remerciements

Les auteurs remercient le professeur Bernard Entressangles pour ses précieux conseils et son intérêt permanent, ainsi que Laurence Fonseca et Pascale Nonatel pour leur contribution technique efficace.

REFERENCES

1. MULDER E, DE GIER J, VAN DEENEN LLM (1962). Phosphatide patterns of bone marrow. *Biochim Biophys Acta*, 59 : 502-4.
2. SHARMA N, KESHRI RC, GANDEMER G (1990) Effect of cooking on lipid composition of buffalo bone marrow. *J Fd Sci Technol*, 27 : 365-7.
3. SVENNERHOLM L, BOSTROM K, FREDMAN P, JUNGBER B, MANSSON JE, RYNMARK B (1992). Membrane lipids of human peripheral nerve and spinal cord. *Biochim Biophys Acta*, 1128 : 1-7.
4. SIAKOTOS AN, ROUSER G, FLEISCHER S (1969). Phospholipid composition of human, bovine and frog myelin isolated on a large scale from brain and spinal cord. *Lipids*, 4 : 239-42.
5. CURATOLO W, JUNGALWALA FB (1985). Phase behavior of galactocerebrosides from bovine brain. *Biochemistry*, 24 : 6608-13.

6. WEISSER M, SPITELLER G (1996). Increase of aldehydic compounds derived from plasmalogens in the brain of aged cattle. *Chem Phys Lipids*, 82 : 173-8.
7. FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY GH (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 226 : 497-509.
8. AMES B (1966). Assay of inorganic phosphate and phosphatase. *Methods Enzymology*, 18 : 115-8.
9. WOLFF R, COMBE N, ENTRESSANGLES B (1985). Modification of alkenyl chain profile in plasmalogens of rat heart mitochondria by dietary trielaidin. *Lipids*, 20 : 367-72.
10. MORRISON WR, SMITH LM (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals with boron fluoride methanol. *J Lipid Res*, 5 : 600-8.
10. BOUÉ C, COMBE N, BILLEAUD C, *et al.* (2000). Trans fatty acids in adipose tissue of french women in relation to their dietary sources. *Lipids*, 35 : 561-6.
11. SHAPIRO IM (1970). The phospholipids of mineralized tissues, I. Mammalian Compact Bone. *Calc Tiss Res*, 5 : 21-9.
12. WUTHIER RE (1968). Lipids of mineralizing epiphyseal tissues in the bovine fetus. *J Lipid Res*, 9 : 68-78.
13. PALTAUF F (1983). Ether lipids in biological and model membranes. In : Mangold HK, Paltauf F, ed. *Ether lipids Biochemical and biomedical aspects*. London : Academic Press, 309-53.
14. MARTINEZ M, MOUGAN I (1999). Fatty acid composition of brain glycerophospholipids in peroxisomal disorders. *Lipids*, 34 : 733-40.

Illustrations

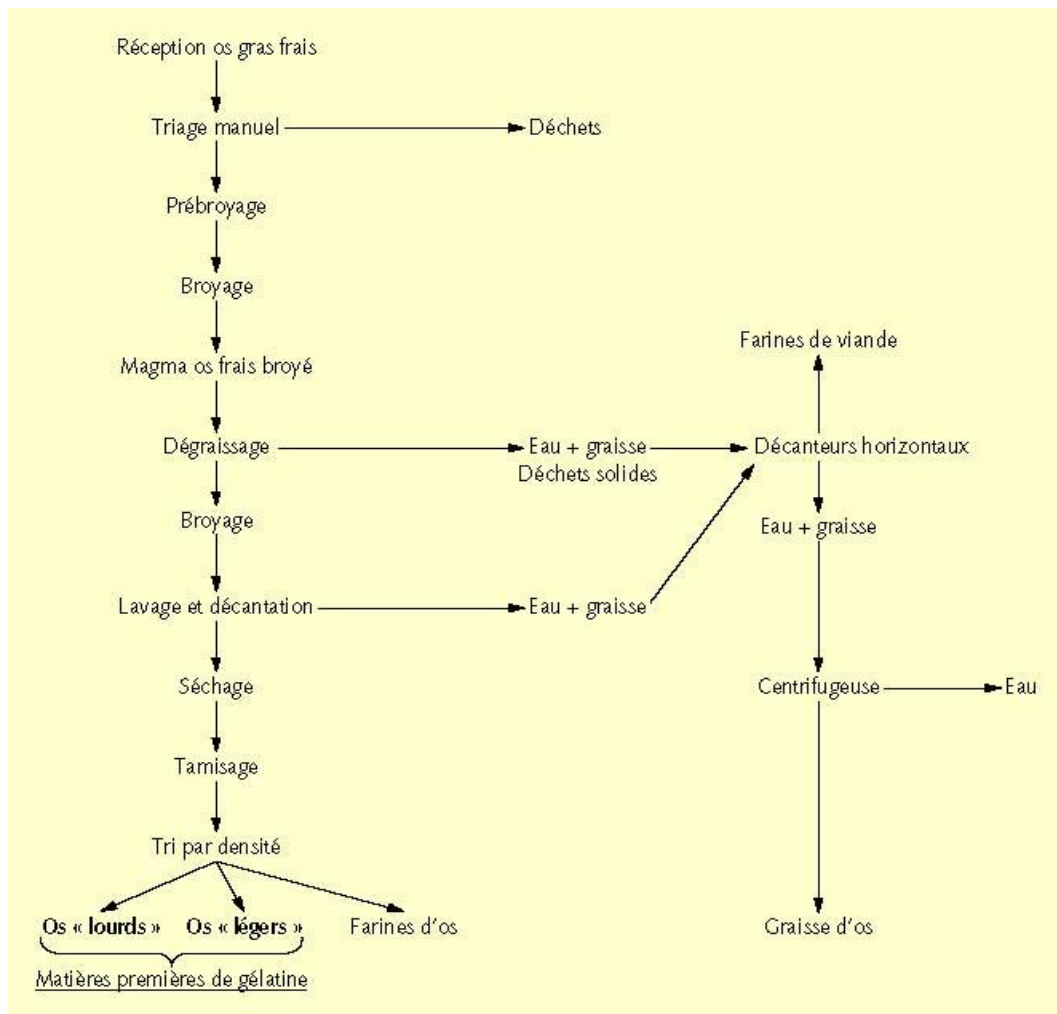
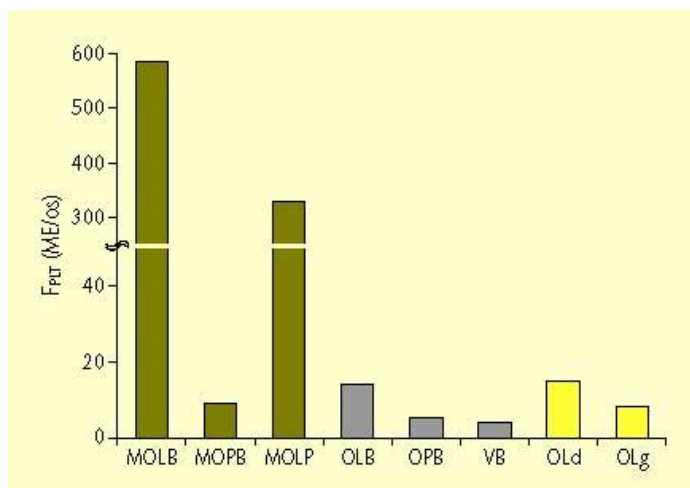


Figure 1. Procédé industriel pour la préparation des matières premières servant à la fabrication de gélatine (i.e. « os légers » et « os lourds »).



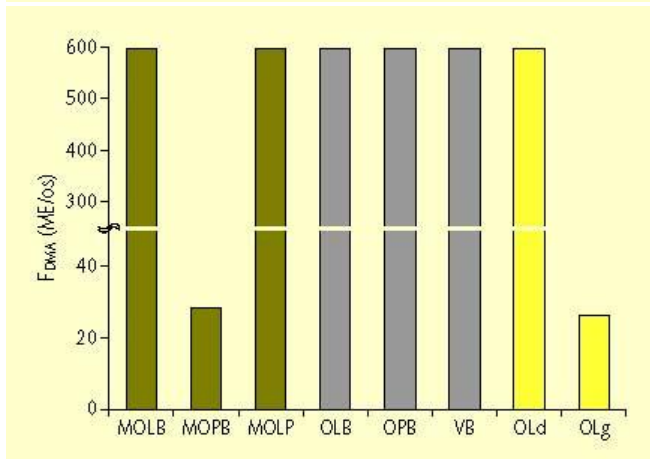
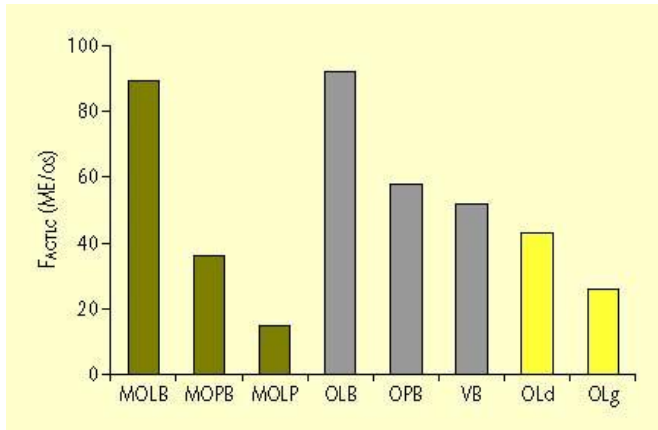


Figure 2. Potentiel discriminant de trois paramètres (p) lipidiques, pour détecter des lipides d'origine nerveuse (moelle épinière) dans les matières premières de gélatine et leurs divers constituants osseux, estimé par la valeur du facteur « $F_p = [p]$ dans la moelle épinière/ $[p]$ dans le matériel osseux considéré ».

a. Teneur en phospholipides (PL).

Figure 2b. Pourcentage en acides gras à très longues chaînes (AGTLC).

Figure 2c. Pourcentage en diméthylacétals (DMA).

ME : moelle épinière ; **MOLB** : moelle d'os longs de bœuf ; **MOPB** : moelle d'os plats de bœuf ; **MOLP** : moelle d'os long de porc ; **OLB** : os longs de bœuf ; **OPB** : os plats de bœuf ; **VB** : vertèbres de bœuf ; **OLd** : « os lourds » ; **OLg** : « os légers »

Tableau 1. Teneurs (mg/g lipides) en phospholipides des préparations d'échantillons osseux comparées à celle de la moelle épinière de bœuf.

	Moelle épinière de bœuf	Moelle osseuse (bœuf)		Moelle osseuse (porc)	Préparations dégraissées d'os bovins			Matières premières*	
		os long	os plat	os long	os longs	os plats	vertèbres	os lourds	os légers
PL*	545	0,93	60	1,6	38	118	140	36	66
F _n *	-	586	9	330	14	5	4	15	8

* PL : phospholipides ; F_n : rapport ([PL] moelle épinière/[PL] échantillons osseux) ; matières premières de l'obtention de la gélatine.

Tableau 2. Composition (%) en acides gras de la moelle épinière de bœuf et de la moelle osseuse de bœuf et de porc.

Acides gras	Moelle épinière (bœuf)	Moelle osseuse (bœuf)		Moelle osseuse (porc)
		os long	os plat	os long
AGS totaux	34,3	60,5	56,4	49,2
AGMI totaux	45,1	36,5	37,2	43,9
AGPI totaux	4,7	3,0	6,1	7,0
DMA 16:0	1,9	0,0	0,0	0,0
DMA 18:0	2,0	0,0	0,1	0,0
DMA 18:1	4,9	0,0	0,2	0,0
DMA totaux	8,8	0,0	0,3	0,0
20:0	1,0	0,2	0,1	0,2
20:1 n-9 + n-7	9,3	0,1	0,4	1,7
22:0	1,4	0,0	0,0	0,0
22:1 n-9	1,8	0,0	0,0	0,0
23:0	1,2	0,0	0,0	0,0
24:0	3,6	0,0	0,1	0,0
24:1 n-9	8,4	0,0	0,1	0,0
AGTLC totaux	26,7	0,3	0,7	1,8
Autres	7,1	-	-	-

AGS : acides gras saturés ; AGMI : acides gras mono-insaturés ; AGPI : acides gras polyinsaturés ; DMA : diméthylacétal ; AGTLC : acides gras à très longues chaînes (20:0, 20:1, 22:0, 22:1, 23:0, 24:0, 24:1) ; autres : acides gras hydroxylés principalement.

Tableau 3. Composition (%) en acides gras des préparations dégraissées d'os bovins et des matières premières de gélatine.

Acides gras	Préparations dégraissées d'os bovins			Matières premières	
	os long	os plat	vertèbre	os lourds	os légers
AGS totaux	52,1	56,9	58,4	47,0	48,1
AGMI totaux	44,8	40,3	38,8	49,8	48,8
AGPI totaux	3,1	2,8	2,8	3,2	2,8
DMA totaux	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
20:0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
20:1 n-9 + n-7	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
22:0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
22:1 n-9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24:0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
24:1 n-9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
AGTLC totaux	0,3	0,5	0,5	0,6	1,0

Abréviations fournies dans le tableau 2.