

Distribution des acides gras natifs en fonction de la granulométrie des semoules de graines dégermées de maïs

DISTRIBUTION STUDY OF NATIVE FATS AS FUNCTION OF GRITS PARTICLE SIZES FROM THE GERM REMOVED MAIZE SEEDS

SANYA E. A.^{1*}, FAGBÉMI L. A.¹, BOUVIER J-M.²

¹Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA). Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey - Calavi (UAC). 01 BP: 2009 Bénin.

²Prof. des Universités, Directeur de l'Extrusion Technologie Bivis et Membre du Directoire CLEXTRAL S.A, BP: 10, 42702 Firminy Cedex France

*Auteur correspondant, E-mail : easanyas@hotmail.com

RESUME

Le comportement rhéologique en cuisson extrusion des pâtes de semoules de maïs, durant dans la fabrication des produits croustillants, est influencé par leurs teneurs en matières grasses. De ce fait, on réalise la dégermination des graines de maïs en vue d'éliminer les substances grasses avant le broyage en semoules. Cependant, les changements espérés ne sont souvent pas consistants. La présente étude est consacrée à l'analyse de la répartition des acides gras natifs rémanents en fonction de la distribution des tailles des particules (granulométrie) représentée par différentes coupes de semoules élaborées à partir des graines de maïs dégermées. Les résultats des analyses chromatographique sous colonne CPSIL88 et de la spectrométrie de masse sous colonne DB1-OV1, ont montré que la répartition des acides gras natifs, tels que les acides myristique (C14), palmitique (C16), complexes oléiques (C18:1, 2, 3), arachidique (C20) et béhénique (C22), n'est pas fonction de la distribution granulométrique des semoules étudiées.

Mots clés : maïs, semoules, granulométrie; dispersion; lipides natifs.

ABSTRACT

The rheological behavior of maize grits pastes in extrusion cooking during manufacture of crunchy foods, is influenced by their fat contents. Therefore, germs are removed from maize seeds to eliminate fatty substances before grinding them into grits or semolina. However, the expected rheological changes are often not consistent. The present study aims to explore whether distribution of native fats depends on distribution of the particles sizes of different semolinas from degermed maize seeds. The obtained results, from CPG chromatographic analyzes using CPSIL88 column coupled with mass spectrometry on DB1-OV1 column, show that distribution of native fatty acids such as myristic (C14), palmitic (C16), complex acids as oleic (C18: 1, 2, 3), arachidic (C20) and behenic (C22) has no significant correlation with particles size of the studied maize grits.

Keywords : maize, grits; granulometry; dispersion; native fats.

INTRODUCTION

Les semoules et farines de maïs sont des produits granuleux résultant du broyage industriel ou de la mouture des graines. Elles sont constituées de petites granules concassées ou particules, de tailles variées, dues aussi bien, à l'hétérogénéité des graines, au matériel de concassage, qu'à la séparation postérieure réalisée notamment par la technique de tamisage. Ce qui conduit aux différentes fractions ou coupes de semoules habituellement présentées (Huitchinson et Siodlack, 1987 ; Shuaila, 1990 ; Willett et al., 1995 ; Sanya et al., 2005 ; Bimbenet et al., 2007). En étudiant le comportement rhéologique développé par les pâtes de semoules durant la cuisson extrusion, les effets des variables opératoires ont largement été investis (Bhuiyan et Blanshard, 1982 ; Vergnes et Villemaire, 1987 ; Alvarez-Martinez et al., 1988 ; Sanya, 1994 ; Desrumeaux, 1996 ; Tara et al., 2004 ; Sanya et al., 2005). On y distingue les influences liées à la matière première, telles que celles de la teneur en eau (Shuaila, 1990), la taille et la dispersion des particules des semoules (Sanya, 1994 ; Desrumeaux, 1996 ; Sanya et al., 2005), des teneurs en amylose et en amylopectine (Chinnaswamy et Hanna, 1990 ; Camire et King, 1991 ; Della-Valle et al., 1996 ; David, 1997 ; Tara et al., 2004), en protéines (Racicot et al., 1981) et des divers additifs dont les matières grasses ajoutées (Bhattacharya et Hanna, 1988 ; Bruetcher et al., 1988 ; Patel et Sanghi, 1990). Or, les graines de maïs

concassées, broyées et séparées par tamisage en semoules de granulométries variées, contiennent elles-mêmes des lipides natifs (Larkins et al., 1988 ; Pflugfelder et al., 1988b ; Riaz et al., 2009). Ces derniers pourraient également exercer des influences différentes de ceux ajoutés en cours des procédés de transformation. Par ailleurs, les germes des graines de maïs seraient la zone de concentration des matières grasses (Larkins et al., 1982). Les acides gras libres se forment par hydrolyse ou lipolyse des triglycérides, composantes majeures des matières grasses (Larkins et al., 1982 ; Camire et King, 1990 ; Patel et Sanghi, 1990). L'ajout de matières grasses additionnelles peut alors constituer l'excédent perturbateur au niveau comportement rhéologique développé par les pâtes de ces semoules.

En conséquence, dans les applications industrielles de cuisson extrusion, les graines de maïs sont souvent dégermées avant leur broyage et fractionnement en coupes de semoules livrées (Shuaila, 1990 ; Sanya, 1994 ; Desrumeaux, 1996 ; Sanya et al., 2005 ; Bimbenet et al., 2007) sans pour autant résoudre les problèmes observés (Ilo et al., 2000 ; Tran et al., 2008 ; Riaz et al., 2009).

Dans la présente investigation, on s'intéresse à l'exploration des teneurs en matières grasses natives rémanentes des graines de maïs dégermées et le lien entre leur répartition et la distribution des tailles des particules constituant les coupes de semoules issues de ces graines.

MATERIEL ET METHODES

La matière première est essentiellement constituée de six (06) coupes de semoules élaborées à partir d'une même variété de maïs jaune dégermé et fournies par la société Whesthove, une filiale de Nestlé. En plus, trois (03) autres coupes ont été reconstituées en mélangeant des proportions bien déterminées de celles existantes. Ainsi, on a finalement exploré un ensemble constitué de neuf (09) coupes ou fractions de semoules caractérisées et numérotées SEM1, SEM2, SEM3, SEM4, SEM5, SEM6, SEM7, SEM8 et SEM9 (Tableau I).

Tableau I : Caractéristiques granulométriques des semoules: dimensions (d_m) et dispersion de tailles des particules (C_m)

Coupes	Dimensions (d_m en μm)			Dispersion (C_m)
	Indicatives *	Mesurées	Ecart type	
SEM 1	50 - 150	168,62	0,03	0,77
SEM 2	150 - 250	208,02	3,88	0,42
SEM 3	250 - 355	275,64	3,47	0,31
SEM 4	355 - 450	379,29	2,87	0,42
SEM 5	450 - 530	498,34	1,54	0,39
SEM 6	530 - 630	517,84	0,82	0,36
SEM 7	200	252,87	0,99	0,62
SEM 8	350	349,52	1,09	0,48
SEM 9	500	453,53	1,28	0,54

*: valeurs des tailles (dimensions moyennes) fournies par le producteur des semoules (Whesthove)

Détermination des caractéristiques granulométriques des semoules

Les paramètres retenus pour la caractérisation des coupes de semoules sont ceux classiques: la granulométrie ou distribution de tailles moyenne des particules et la dispersion des tailles dans chaque coupe. La méthodologie et la technique adoptées sont celles du tamisage. L'agencement des tamis normalisés (AFNOR) utilisés a été basé sur les valeurs indicatives données par le fournisseur pour les dimensions des semoules (colonne 2 du tableau 1). Les procédures respectives de détermination des paramètres caractéristiques et de constitution des mélanges dispersés, à partir des coupes existantes, ont été antérieurement décrites et publiées (Sanya et al., 2005). Une coupe de semoule de maïs est caractérisée par le diamètre moyen d_m (mm) des particules qui la composent et la dispersion (déviations massiques) des tailles (C_m) par rapport à d_m . La dispersion est dite «normale ou moyenne» si C_m est égal à 0,50, «étroite ou fine» si C_m inférieur à 0,50 et «large ou forte» si C_m est supérieur à 0,50.

Détermination des teneurs en matières grasses natives des semoules

La quantification des matières grasses libres contenues dans les coupes de semoule a été réalisée par extraction à l'éther de pétrole au SOXHLET. Pour ce faire, trois (03) échantillons d'environ 20 g, par coupe de semoule finement broyée, sont respectivement prélevés, emballés dans du papier filtre et introduits dans le SOXHLET. La durée d'extraction est de huit (08) heures par échantillon, à température de chauffe ballon de 60 °C. L'éther de pétrole est ensuite séparé par évaporation sous vide à l'aide d'un évaporateur de type BÜCHI ROTAVAPOR-R. L'évaporation est poursuivie en étuve à 105 °C, afin d'éliminer l'humidité résiduelle éventuelle de l'extrait. Ce dernier subit des séquences de pesée périodiques (30min) après séjours de 15 min en dessiccateur, jusqu'à poids constant. Il faut préciser que l'humidité initiale des semoules est également évaluée en suivant la procédure décrite dans la norme AFNOR NFOV3 707.

La méthode adoptée, dans la préparation des différents esters méthyliques d'acides gras, est celle définie par l'Union Internationale de la Chimie Pure et Appliquée (UICPA, 1979) Annexe 12 1968/II D19. La composition des matières grasses extraites est ensuite déterminée par séparation sous chromatographie en phase gazeuse (CPG, phase polaire), en suivant la méthode AOAC (1990). Cette analyse a été effectuée sur un chromatographe de marque GIRDEL 300 à colonne capillaire CPSIL (silice fondue, 50 m de long, 0,2 mm de diamètre intérieur) équipé d'un enregistreur Chromatopac Shimadzu C-R3A. Les conditions opératoires de ces analyses sont celles réunies dans le tableau II.

Tableau II : Conditions opératoires adoptées pour les analyses chromatographiques en C.P.G

Paramètres opératoires	Type / Valeurs
Colonne capillaire	CP SIL 88
Température de colonne	180 °C
Débit du vecteur hydrogène	10 ml/10-20 s
Débit d'air	100 ml/20-25 s
Température injecteur diviseur	220 °C
Température du détecteur	190 °C
Pression du gaz vecteur	0,9 - 1,0 bar
Quantité d'ester méthylique injectée	0,70 μl

L'identification nominative des composés hydrocarbonés ainsi détectés par chromatographie a été effectuée sur un spectromètre de masse GIRDEL 300 sous colonne DB1/OV1 (Methylpolysiloxane) en phase non polaire dans les conditions opératoires consignées dans le tableau III.

Tableau III : Conditions opératoires adoptées pour les analyses en spectrométrie de masse sur GIRDEL 300

Paramètres opératoires	Type / Valeurs
Colonne capillaire	DB1-OV1
Température de colonne	100 à 265 °C (10 °C/min)
Température ligne de transfert	265 °C
Température injecteur diviseur	285 °C
Tension appliquée	70 eV - 15 kV

La méthode empruntée dans le traitement des données en vue d'exprimer quantitativement les différents acides gras détectés est celle de normalisation des aires des surfaces sous les pics enregistrés. On y rapporte l'aire des pics respectifs à celle du pic de référence basé sur le solvant.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des dosages des acides gras libres extraits des différentes coupes de semoules constituent l'objet du tableau IV. La masse des matières grasses est rapportée à celle des échantillons analysés et les valeurs obtenues exprimées en pourcentages. On peut y noter les faibles écarts types obtenus sur les valeurs moyennes enregistrées. En effet, le nombre d'essais réalisés, par coupe de semoule testée, a été limité à trois (03) en raison de la très bonne répétabilité des résultats expérimentaux. Comme indiquées dans le tableau IV (en colonne 4), les valeurs expérimentales nous ont montré que, bien que les graines de maïs soient dégermées, elles contiennent toujours des matières grasses natives.

Tableau IV : Pourcentages en masse d'acides gras libres extraits des échantillons des coupes de semoules (%): moyenne de trois (03) essais par coupe et écart-type.

Coupes	Tailles (μm)	Dispersion (-)	Valeur moyenne ($\text{g}/100 \text{g}$)	Ecart type ($\text{g}/100 \text{g}$)
SEM 1	168,62	0,77	0,61	0,007
SEM 2	208,02	0,42	0,96	0,043
SEM 3	275,64	0,31	0,35	0,021
SEM 4	379,29	0,42	0,52	0,111
SEM 5	498,34	0,39	0,61	0,014
SEM 6	517,84	0,36	0,59	0,045
SEM 7	252,87	0,62	0,92	0,064
SEM 8	349,52	0,48	0,60	0,000
SEM 9	453,53	0,54	0,60	0,000

Les teneurs en lipides libres natifs rémanents dans l'endosperme des graines de maïs broyées en différentes fractions de semoules testées sont relativement faibles: entre 0,35 et 0,96% soit moins de 1 g d'acides gras libres pour 100 g de semoule. Aussi, ces résultats confirment-ils ceux publiés ailleurs à l'issue des investigations se rapportant à des sujets similaires (Bhattacharya et Hanna, 1988; Aguilera et Lusas, 1986). En effet, ces auteurs ont rapporté des valeurs de matières grasses allant de 0,5 à 1,5% du poids de l'endosperme, lorsque les graines de maïs ont également été dégermées. Mieux, selon les résultats d'une étude variétale portant sur soixante quatre (64) différents génotypes de maïs, les matières grasses natives totales collectées représentent entre 1,90 et 6,45% du poids de la graine entière (Larkins et al., 1982). Par ailleurs, les données recueillies dans la présente étude révèlent que les plus fortes teneurs en acides gras sont issues de la coupe de semoule SEM2 (0,96%) et de celle constituée SEM7 (0,92%). Ce résultat est cohérent car la coupe SEM7 découle d'un mélange réalisé à partir de 40% de SEM2, 30% de SEM1 (0,61%) et 30% de SEM3 (0,35%). Les données issues des dosages ont dévoilé l'effectivité normale de la forte teneur en matières grasses de la coupe SEM2 contenue dans celle notée SEM7. Par contre, les plus faibles teneurs sont enregistrées pour la coupe de semoule SEM3 (0,35%). Ces variabilités de teneurs en acides gras entre SEM1, SEM2 et SEM3 nous ont laissé penser que les lots de maïs ayant servi à l'élaboration des coupes de semoules SEM2 et SEM3 sont différents de ceux utilisés à la fabrication des autres fractions de semoules étudiées.

Au-delà des observations précédentes, les résultats expérimentaux présentés à la Figure 1 sont ceux mettant en relief les teneurs en acides gras des coupes de semoules (SEM1 à SEM9) en fonction des valeurs moyennes de leurs granulométries respectives d_m (valeurs entre parenthèses).

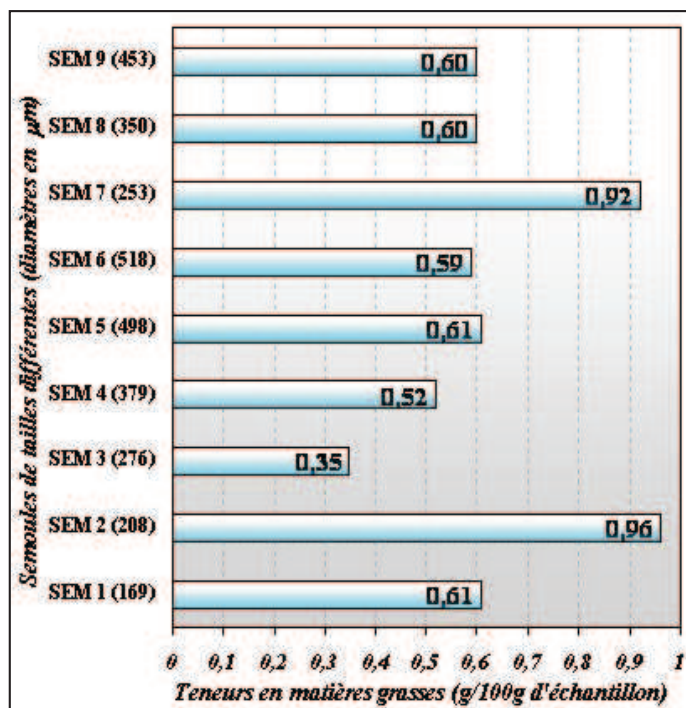


Figure 1 : Répartition des teneurs en lipides libres natifs des semoules de maïs étudiées en fonction de leur distribution granulométrique.

L'exploration statistique des données ainsi récoltées a fourni des résultats qui ne laissent présager véritablement d'aucune corrélation significative entre les distributions des tailles moyennes des particules formant les différentes coupes de semoules et leurs teneurs en matières grasses. Cela est confirmé par le fait que le seul modèle mathématique décrivant de façon approchée la tendance des données obtenues soit une fonction polynômiale de degré 6 exprimée

par l'équation :

$$y = -0,0004 d_m^6 + 0,0156 d_m^5 - 0,2142 d_m^4 + 1,45 d_m^3 - 4,9675 d_m^2 + 7,778 d_m - 3,443$$

où d_m est la granulométrie moyenne de la coupe de semoule et Y sa teneur en acides gras libres. Cette équation de tendance est obtenue avec un coefficient de régression $R^2 = 0,65$. C'est seulement à partir du degré 6, où la constante vaut (-0,0004) donc quasi négligeable, qu'il devienne possible de discerner cette faible valeur du coefficient de corrélation $R^2=0,65$ entre les deux variables étudiées. En effet, dès que l'exposant du polynôme est successivement réduit à 5, puis à 4 et à 3, le coefficient de régression R^2 s'effondre en passant respectivement à 0,60 puis à 0,265 et à 0,123. Ce résultat nous a amené à conclure que la distribution des matières grasses (Y) n'a quasiment aucune relation significative avec la distribution des tailles des particules (granulométrie d_m) des coupes de semoules étudiées.

L'identification des constituants des extraits d'acides gras, par chromatographique en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, a fourni des chromatogrammes dont l'exemple type est celui présenté à la figure 2.

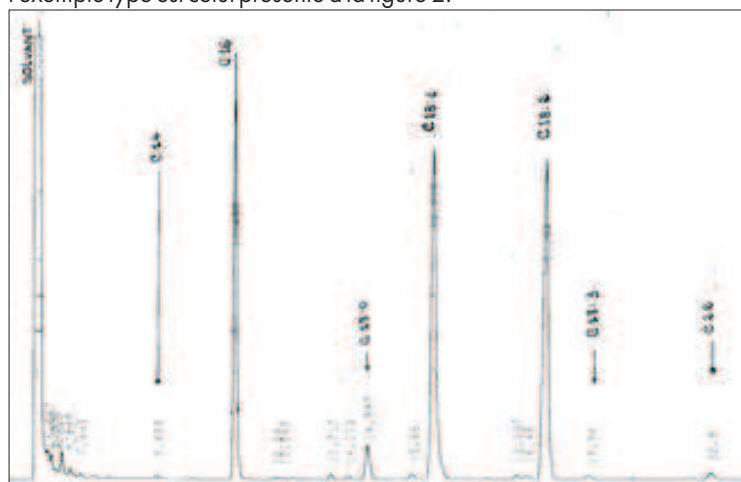


Figure 2 : Exemple de chromatogrammes obtenus avec l'appareil GIRDEL 300 équipé de l'enregistreur

CHROMATOPAC SHIMADZU C R3A muni d'une colonne de type CP SIL 88 durant les analyses.

On y voit apparaître les pics localisant les différents constituants carbonés des acides gras natifs, le premier pic étant celui du témoin, le solvant.

L'exploitation de ces chromatogrammes, par calcul des aires sous pics des différentes chaînes carbonées rapportées à celle du solvant, a conduit aux valeurs estimées (exprimées en pourcentages massiques) et consignées dans le tableau V.

Tableau V : Résultats d'analyses en spectrométrie de masse pour la composition des acides gras des coupes de semoules de maïs (%): (moyennes faites sur 4 à 5 mesures par coupe en raison de la très bonne répétabilité des essais).

Coupes de semoules	Constituants carbonés représentatifs en:							
	C ₁₄ Acide myristique	C ₁₆ Acide palmitique	C _{18:0} Acide stéarique	C _{18:1} Acides oléiques	C _{18:2} Acide linoléique	C _{18:3} Acide linoléique	C ₂₀ Acide arachidique	C ₂₂ Acide béhénique
SEM 1	0,15	25,5	3,05	32,5	31,5	trace	0,45	1,00
SEM 2	0,30	32,6	4,20	33,7	28,7	trace	0,45	0,13
SEM 3	0,25	28,3	4,25	34,0	23,0	trace	1,00	0,50
SEM 4	0,20	24,7	3,13	33,8	33,1	trace	0,70	1,03
SEM 5	0,40	30,6	4,63	36,2	29,4	trace	1,00	1,10
SEM 6	0,20	23,8	3,63	32,4	32,3	0,40	0,70	0,75
SEM 7	0,10	20,2	2,45	29,2	40,5	0,40	1,30	trace
SEM 8	0,15	25,3	3,25	34,1	33,2	trace	0,65	1,05
SEM 9	0,20	25,5	3,25	34,1	33,7	trace	0,40	1,05

L'analyse des données ainsi acquises a permis de conclure que les différentes coupes de semoules, de SEM1 à SEM9, ont exhibé des compositions en acides gras quasi identiques. En effet, d'après ces résultats, on a pu observer que, quelle que soit la granulométrie des semoules, les pourcentages des constituants en C14, C16, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20 et C22 des matières grasses extraites,

sont de mêmes ordres de grandeur. Ce qui nous a amenés à attester de l'homogénéité, en ce qui concerne la qualité des semoules de maïs utilisées. Les très faibles écarts notés entre les valeurs obtenues pourraient être liés, d'une part, aux imperfections des mesures, mais aussi à la formation de l'azélate de méthyle, un oxyde identifié comme résultant de l'action de la lumière sur certaines fractions méthyliques telle que révélée par nos essais préliminaires de méthylation. Il est important de souligner à cet effet que plusieurs heures de travail consacrées à la phase d'extraction des matières grasses (8h par échantillon) d'une part, ajoutées à celles requises pour la méthylation, ainsi que les coûts liés d'autre part, auraient pu être ainsi perdus, en raison de cette formation de l'azélate. Fort heureusement, cet oxyde inattendu a été détecté tôt en spectrométrie de masse et son mode de formation appréhendé.

Une fois que les extraits de matières grasses placés à l'abri de la lumière, nous avons alors pu éviter les énormes pertes qu'aurait engendré la formation d'azélate.

Par ailleurs, l'analyse des données recueillies a révélé que, les matières grasses natives encore contenues dans les graines dégermées de maïs, sont constituées des acides suivants (Figure 3) :

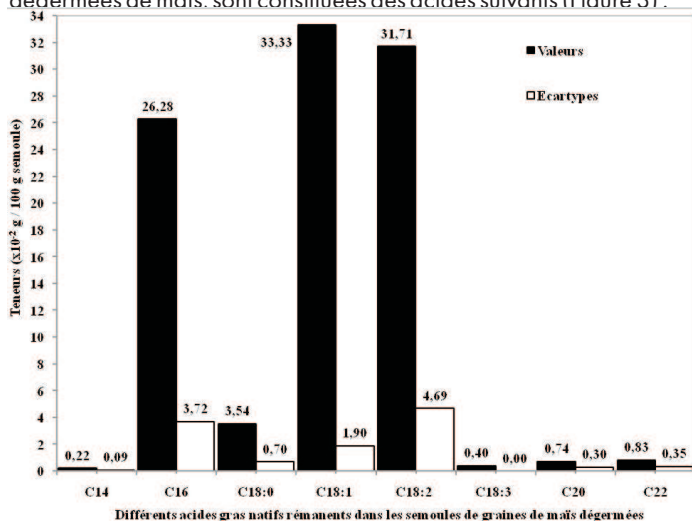


Figure 3: Constituants et teneurs en chaînes carbonées des matières grasses rémanentes des semoules issues de graines dégermées du maïs jaune Whesthove.

- myristique (C14), linoléiques (C18:3) et complexes arachidique (C20) et béhénique (C22), en de très faibles proportions (0,02 à 1,1%);

- stéarique (C18:0) à 3,2% une proportion trois fois supérieure à celle de l'ensemble des précédents;

- oléiques (C18:1) à 34,5%, linoléiques (C18:2) à 33,5% et palmitique (C16) à 27,1% qui sont donc les constituants majeurs des acides gras natifs rémanents dans l'endosperme des graines de maïs.

Etant donné que les germes demeurent les sites de concentration des matières grasses (Larkins et al., 1982 ; Ilo et al., 2000 ; Tran et al., 2008), les valeurs obtenues ne sont pas significativement différentes de celles collectées ailleurs par d'autres auteurs à l'issue des dosages des mêmes substances dans le maïs cru (Bhattacharya et Hanna, 1988; Patel et Sanghi, 1990) et dans le maïs cuit et dans les tortillas (Bedolla et al., 1983). En effet, ces derniers, en analysant les caractéristiques des graines de maïs utilisées dans la préparation des tortillas, ont également dosé les matières grasses natives et les constituants en C18:1: 36,45-35,08%, en C18:2: 43,83 47,10%, en C18:0: 2,92 3,12% et en C16: 12,89 15,71%. Ils ont alors abouti à la conclusion stipulant que, bien que certaines des substances solubles dans l'éther se perdent au cours de la transformation du maïs en tortillas, la composition en acides gras des matières grasses recueillies n'est pas significativement modifiée pour les variétés de maïs analysées.

En dehors des teneurs en acide palmitique C16 enregistrées (20,3 32,6%) relativement élevées par rapport à celles publiées par Bedolla et al. (1983) (12,89 15,71%), les résultats obtenus dans la présente investigation concernant la composition des matières grasses extraites des coupes de semoules étudiées restent cohérents et corroborent ceux fournis par ces auteurs. Aussi, Bedolla et al. (1983) ont-ils fourni, à travers la quantification des extraits de matières grasses à l'éther, des teneurs relativement encore plus élevées que celles enregistrées dans nos présents travaux: respectivement 5,0% dans les graines de maïs crues contre 3,1% dans les graines de maïs cuites et 3,6% dans les tortillas !

Soulignons néanmoins que ces auteurs n'ont essentiellement focalisé leurs interrogations que sur les pertes en matières grasses durant la transformation de maïs cru en maïs cuit et en tortillas. Ces pertes n'ont pu être parfaitement élucidées. Les auteurs ont plutôt tenté d'attribuer les différences notées aux pertes de tégument séminal de la coiffe, de l'assise à aleurone et, éventuellement, d'une partie du germe, sans oublier que des substances solubles dans l'éther puissent ne pas être toutes nécessairement des graisses. C'est là également l'une des préoccupations de Pflugelder et al. (1988b) qui, en évaluant les lipides totaux de la masa, ont relevé des pertes allant de 11,8 à 18,1%. Ils estimaient ainsi que les pertes enregistrées pourraient s'expliquer partiellement par le traitement énergétique conféré aux variétés de graines de maïs, au niveau des établissements industriels, avant qu'elles ne leur soient livrées pour les différentes expérimentations de cuisson à elles appliquées dans leurs travaux.

Les valeurs enregistrées concernant les coupes de semoules utilisées dans la présente investigation ne contrarient pas celles avancées par ces différents auteurs. Toutefois, la différence notable réside dans le fait que les semoules analysées dans ce travail sont issues du broyage des graines de maïs préalablement dégermées par comparaison à celles entières traitées dans les recherches effectuées ailleurs. Les germes enlevés ici sont les sites de concentration des matières grasses et justifient les faibles écarts de teneurs relevées pour certains acides gras constitutifs. A cette différence, s'ajoute la possibilité d'une influence variétale de ces matières végétales. En effet, nous ne saurions totalement exclure que la variété du maïs utilisé dans le présent travail puisse être légèrement différente de celles investies par ces auteurs. Ce qui peut contribuer à l'explication des faibles écarts notés entre les valeurs obtenues et celles des auteurs cités. Il convient de souligner que ces variabilités ne sont nullement de nature à perturber le principal résultat de cette étude, à savoir la non existence de relation significative entre la répartition des matières grasses natives et la distribution des particules dans les coupes de semoules étudiées.

CONCLUSION

Les résultats expérimentaux présentés dans cet article ont montré que la teneur en matières grasses natives des graines de maïs n'est pas significativement corrélée avec la distribution de tailles des particules constitutives des coupes de semoules. Contrairement aux tendances qui laissent croire que les germes soient les seuls sites de concentration des matières grasses, les résultats issus de nos travaux confirment la bonne distribution de ces dernières dans toutes les parties de l'endosperme des graines de maïs. On a ainsi enregistré qu'après la dégermination des graines de maïs, le reste de l'endosperme contient encore une quantité significative de matières grasses natives: 0,35 à 0,96g pour 100g de graines. L'analyse chromatographique (identification des résidus acyl) suivie de la spectrométrie de masse ont dévoilé que les composants majeurs sont les acides oléiques C18:1 (34,5%), linoléique C18:2 (33,5%) et palmitique C16 (27,1%) et les mineurs étant l'acide myristique C14, stéarique C18:0, linoléique C18:3 et les complexes glycolipides C20 et C22. Enfin, les valeurs obtenues à l'issue de nos expériences, pour les teneurs en acides gras des maïs, corroborent celles rapportées dans la littérature sur le sujet, notamment lorsque les graines sont préalablement débarrassées de leurs germes.

REMERCIEMENTS

Les différentes analyses en spectrométrie de masse n'auraient pu être réalisées sans la franche collaboration du personnel du Laboratoire de Bio Physico Chimique des Technologies Alimentaires de l'Université de Technologies de Compiègne à qui nous tenons à exprimer nos vives gratitude.

REFERENCES

- Aguilera JM, Lusas EW. 1986. Laboratory and pilot plant solvent extraction of extruded high-oil corn. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 62 (2): 239-243.
- Alvarez-Martinez L, Kondury KP, Harper JM. 1988. A general model for expansion of extruded products. *Journal of Food Sciences*. 53 (2): 605-615.
- Aoac. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. In: Helrich K, Editor, Fifteenth edition. Virginia (USA), 963-964.
- Bedolla S, De Palacios MG, Rooney LW, Ciehl KC, Khan MN. 1983. Cooking characteristics of sorghum and corn for tortilla preparation by several cooking methods. *Cereal Chemistry*, 60: 263-268.
- Bimbenet J-J, Duquenoy A, Trystram G. 2007. Génie des procédés Alimentaires: des bases aux applications. 2e Edition. France: Dunod.
- Bhattacharya M, Hanna MA. 1988. Effects of lipids on the properties of extruded products. *Journal of Food Sciences*. 53 (4): 1230-1234.
- Bhuiyan MZ, Blanshard JMV. 1982. The behaviour of maize flour and grits in relation to extrusion quality: 2-Gelatinization characteristics of extruded starches. *Starch / Stärke*. 34 (8): 262-266.
- Bruechert JL, Zhang YG, Huang T-C, Rosen TR, Hartman TG. 1988. Contribution of lipids to volatiles generation in extruded corn-based model systems. *Journal of Food Sciences*. 53 (5): 1444-1447.
- Camire ME, King CC. 1991. Protein and fiber supplementation effects on extruded corn meal snack quality. *Journal of Food Sciences*. 56 (3): 760-763.
- Chinnaswamy R and Hanna MA. 1990. Macromolecular and functional properties of native extrusion cooked starch based products. *Cereal Chemistry*. 67 (5): 490-499.
- David S. 1997. The Molecular and Supra Molecular Chemistry of Carbohydrates. New York: Paperback, Oxford University Press Edition.
- Della-Valle G, Colonna P, Patria A, Vergnes B. 1996. Influence of amylose content on the viscous behaviour of low hydrated molten starches. *Journal of Rheology*, 40: 347-362.
- Desrumeaux A. 1996. Effets de la taille des particules et de sa dispersion sur le comportement rhéologique des semoules de maïs en cuisson extrusion. Université de Technologie de Compiègne (France), Thèse de Doctorat Unique, Génie des Procédés Industriels, 220.
- Huitchinson RJ, Siodlack GDE. 1987. Influence of processing variables on mechanical properties of extruded maize. *Journal of Material Sciences*, 22 (11): 3956-3962.
- Ilo S, Schoenlechner R, Berghofe E. 2000. Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas y Aceites*, 51 (1-2), 97-110.
- Larkins AB, Mason CA, Hurkman JW. 1982. Molecular mechanisms regulating of the synthesis of storage proteins in maize endosperm. *Critical Review in Food Sciences and Nutrition*, 16 (2): 199-215.
- Patel DR, Sanghi AK. 1990. Maize oil fatty acid composition study. *Gujar agriculture University Research Journal*, 15 (2): 51-52.
- Pflugfelder RL, Rooney LW, Waniska RD. 1988b. Fractionation and composition of commercial corn masa. *Cereal Chemistry*, 65: 262-266.
- Racicot WF, Saterlee LD, Hanna MA. 1981. Interaction of lactose and sucrose with corn meal protein during extrusion. *Journal of Food Sciences*, 46 (5): 1500-1506.
- Riaz MN, Asif M, Ali R. 2009. Stability of Vitamins (fat water soluble) during Extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49: 361-368.
- Sanya EA, Chaffa G, Bouvier J-M. 2005. Effets des facteurs influençant les propriétés rhéologiques durant l'opération de cuisson extrusion des semoules de maïs. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo), Série E*, 7 (2): 163-173.
- Sanya EA. 1994. Effets de la taille des particules et de sa dispersion sur le comportement rhéologique des semoules de maïs en cuisson extrusion. Université de Technologie de Compiègne (France), Mémoire DEA Génie des Procédés Industriels, 98.
- Shuaïla M. 1990. Factors affecting extrusion characteristics of extruded starch based products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14: 437-452.
- Tara A, Berzin F, Tighzert L, Vergnes B. 2004. Preparation of cationic wheat starch by twin screw reactive extrusion. *Journal of Applied Polymers Sciences*, 93: 201-208.
- Tran QD, Hendriks WH, van der Poel AFB. 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (9): 1487-1493.
- Uicpa. 1979. Méthodes d'analyses des matières grasses et dérivées. Union International de Chimie Pure et Appliquée. 6e Edition. Paris : Lavoisier, Technique § Documentation.
- Vergnes B, Villemaire JP. 1987. Rheological behaviour of moisture molten maize starch. *Rheology Acta*, 26: 570-576.
- Willet JL, Jasberg BK, Swanson CL. 1995. Rheology of thermoplastic starch: effects of temperature, moisture content and additives on melt viscosity. *Polymers Engineering Sciences*, 35: 202-210.