

Transformation des déchets de poisson par voie biotechnologique

Mohamed Faïd, Abdellatif Achkari-Begdouri, Abdelhaq Elmarrakchi

Diverses variétés de poissons sont toujours pêchées avec les crevettes. Le poids de ces prises accidentelles par unité de poids de crevettes varie très largement (de 40/1 jusqu'à 1,3/1). Si l'on adopte un rapport moyen de 6/1 à l'échelle internationale, l'apport total en poisson des chaluts de crevettes est situé entre 5 et 6 millions de tonnes par an, ce qui correspond à environ 10 % des captures totales de poisson. Il s'agit d'espèces très variables en taille et en nature et dont la majeure partie comporte des individus de petite taille, pleins d'arêtes et d'écaillés. Par ailleurs, certaines espèces sont toxiques.

Pendant certaines périodes de l'année, les captures de poissons peuvent excéder les capacités de conservation ou de congélation. Selon la FAO, les captures de poissons à l'échelle mondiale ont atteint 75 millions de tonnes en 1984, dont 70 % seulement ont été utilisés dans l'alimentation humaine. Les 30 % restants sont utilisés dans la fabrication de sous-produits. Au Maroc, le tiers de la pêche côtière seulement, soit 120 000 tonnes par an environ, est desti-

né à l'industrie des sous-produits (farine + huile de poisson).

L'industrie du poisson produit environ 40 % de chair consommable par l'homme et 60 % de déchets constitués de têtes, peaux, arêtes, écaillés et viscères qui sont transformés en sous-produits. Au Maroc, la sardine (*Sardina pilchardus*) représente 80 % de toutes les espèces pêchées annuellement, soit 100 000 tonnes. La plus grande proportion des sardines est utilisée par les conserveries ou par les fabricants de farine de poisson. Le maquereau (*Scorpaenopsis scorpaenoides*) est, au Maroc, l'espèce de poisson pélagique le plus important économiquement après la sardine. Il est utilisé essentiellement pour la conserverie. Ces données nationales montrent l'importance des déchets de poisson comme matière potentielle pour la fabrication de sous-produits, notamment la production d'ensilage de poisson.

De nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur l'utilisation de l'ensilage de poisson dans l'alimentation animale [1-8]. Il est à signaler, par ailleurs, que l'ensilage de poisson est obtenu par acidification chimique [1] ou par fermentation [9]. La biotechnologie de transformation de déchets de poisson n'a pas encore été étudiée de manière approfondie.

Dans ce travail, nous avons fait une étude biodynamique des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de la fermentation des déchets de poisson en présence de mélasse comme source de carbone.

Matériel et méthodes

Préparation du mélange de fermentation

Les déchets de poisson de l'espèce *Sardina pilchardus* récupérés au marché de poissons de Rabat ont été broyés par un broyeur à viande et additionnés de 15 % de mélasse. Des quantités de 2,5 kilogrammes ont été mises dans des bidons de 5 litres en plastique. Le mélange a été acidifié à pH 5 par de l'acide sulfurique à 50 %.

Préparation de l'inoculum

Deux souches de bactéries lactiques appartenant aux espèces *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus* sp ont été cultivées sur milieu MRS (De-Man Rogosa et Sharpe). Après 48 heures d'incubation à 30 °C, le bouillon a été centrifugé pour concentrer la biomasse microbienne qui sera utilisée comme inoculum. Les échantillons inoculés sont ensuite incubés à température ambiante pendant 10 à 14 jours.

Analyses chimiques

Le pH a été déterminé par un pH-mètre de type Crison Micro-pH 2000. L'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldhal [10], l'azote non protéique (NNP) par la même méthode après précipitation par l'acide trichloracétique à

M. Faïd, A. Achkari-Begdouri, A. Elmarrakchi : Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, Maroc.

Tirés à part : M. Faïd

1 %, l'azote basique volatil total (ABVT) par la méthode de Conway [11] et la triméthylamine (TM) par la méthode de Murray et Gibson [12].

Analyses microbiologiques

La flore d'intérêt hygiénique a été dénombrée sur milieu solide de MacConkey glucosé. Des dilutions de 10^{-1} à 10^{-4} ont été ensemencées en profondeur. L'incubation a été réalisée à 30 °C pendant 48 heures. Les micro-organismes lipolytiques sont déterminés par la méthode d'Alford [13] et les protéolytiques par la méthode de Lee [14].

Résultats

La diminution du pH au cours de la fermentation dans le système semi-solide représenté par les déchets de poisson est l'un des facteurs déterminants pour la stabilisation et la transformation des déchets solides riches en matière organique périssable. La *figure 1* montre la diminution du pH du mélange durant quatorze jours de fermentation. Le pH atteint est de l'ordre de 4,04 et on assiste à une tendance à la stabilisation.

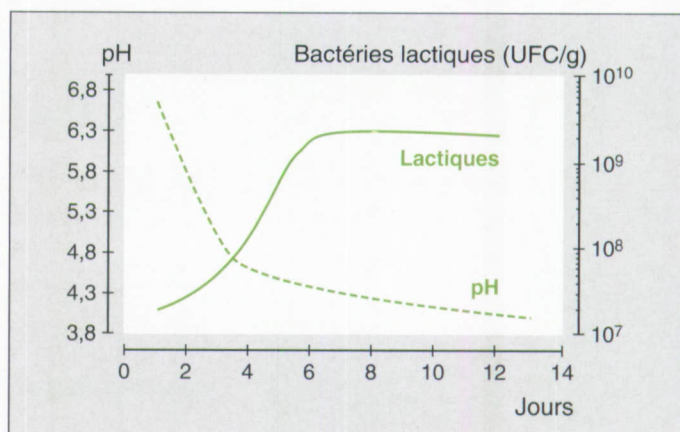
L'évolution de l'ABVT est représentée sur la *figure 2*. On note une légère augmentation relativement aux autres paramètres. Le niveau atteint dans notre cas est inférieur à ceux atteints dans les produits altérés. Haaland et Njaa [4] ont trouvé des valeurs élevées d'ABVT dans l'ensilage de poisson. Certains auteurs rapportent aussi que la liquéfaction des protéines est plus complète dans l'ensilage acide de poisson que dans l'ensilage fermenté [1]. Dans notre cas, l'ABVT augmente de 21,11 mg/g (matière première) à 99,1 mg/g après treize jours de fermentation à 22 °C.

L'azote non protéique augmente dans le mélange durant les onze premiers jours de fermentation (*figure 2*) et atteint 1,3 %. Aucune évolution n'a été observée durant le reste de la période de fermentation. Le niveau de l'azote non protéique traduit le degré d'hydrolyse des protéines sous l'effet des enzymes endogènes et de celles produites par les micro-organismes protéolytiques.

La triméthylamine évolue en diminuant au cours de la fermentation (*figure 2*). Le niveau atteint est de 3,5 mg/100 g après trois jours de fermentation. Aucune variation significative n'a été observée

Figure 1. Population des bactéries lactiques et variations du pH au cours de la biotransformation des déchets de poisson.

Figure 1. Population of lactic bacteria and pH during biotransformation of fish waste.



durant le dernier stade de la fermentation. Ceci semble dû à la disparition constante de la triméthylamine sous l'effet de l'entraînement par les gaz qui se dégagent au cours de la fermentation et aussi en raison de la volatilité de ce composé.

La disparition de la triméthylamine est un phénomène très intéressant en ce qui concerne le produit final. En effet, un niveau bas de triméthylamine dans les résidus obtenus après biotransformation s'accompagne d'une bonne désodorisation. L'odeur de poisson fait que l'utilisation d'ingrédients à base de déchets de poisson dans l'alimentation animale reste limitée. L'élimination de l'odeur de poisson du produit fini est d'un grand intérêt pour son utilisation en alimentation animale à des proportions élevées, sans risque que cette odeur se retrouve dans la chair (porc) ou dans les œufs (poulet). Les bactéries lactiques responsables de la fermentation ont une bonne croissance

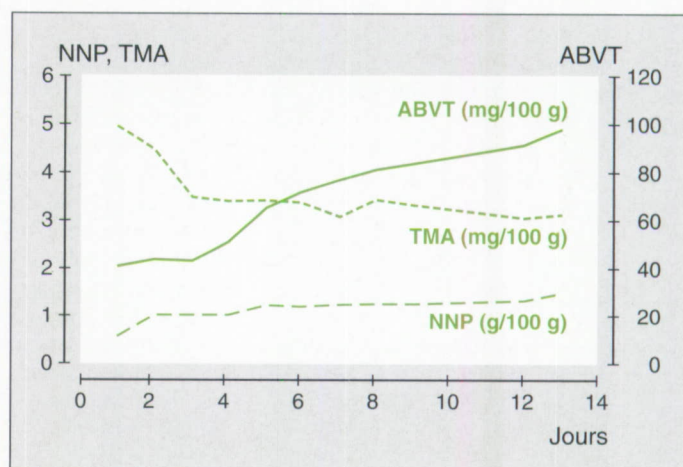
sur les déchets de poisson au cours de la fermentation (*figure 1*). La phase stationnaire est atteinte après huit jours à la température ambiante. Le développement des bactéries lactiques est couplé à la production d'acides organiques, dont l'acide lactique recherché pour stabiliser le produit par diminution du pH (acidification).

Le niveau des micro-organismes d'intérêt hygiénique représentés par les entérobactéries a subi une réduction considérable (*figure 3*). En effet, une disparition quasi totale des entérobactéries est atteinte après deux jours seulement. Leur nombre est inférieur à 10 ufc/g. La réduction des micro-organismes témoigne d'un bon déroulement de la biopréservation des déchets de poisson par l'action acidifiante et microbicide des bactéries lactiques.

Les micro-organismes associés aux altérations et groupant les protéolytiques et les lipolytiques ont été aussi évalués pour

Figure 2. Évolution des indices chimiques au cours de la biotransformation des déchets de poisson.

Figure 2. Changes in chemical indicators during biotransformation of fish waste.



juger de l'état de dégradation du produit obtenu. Les profils des deux groupes microbiens sont représentés sur la figure 3. Les micro-organismes protéolytiques subissent une diminution plus rapide que celle des lipolytiques. Les premiers atteignent leur niveau minimum après cinq jours (inférieur à 1 UFC/g) alors que les seconds atteignent ce niveau après huit jours.

La disparition des micro-organismes d'altération indique que les phénomènes biochimiques responsables de l'altération du produit et, surtout, l'apparition de composés indésirables dans le produit fini tels que les amines, l'azote basique volatil total et les acides gras libres ou leurs produits d'oxydation n'ont plus lieu.

La disparition des micro-organismes d'altération s'explique par les mêmes phénomènes que pour les autres micro-organismes : acidité et composés inhibiteurs sécrétés par les bactéries lactiques.

Discussion

L'utilisation des biotechnologies dans le domaine de l'industrie (bio-industrie) permet de pallier les pertes d'une source potentielle importante de protéines et le manque de composés riches en azote pour l'alimentation animale (bétail, volaille et poisson). L'aquaculture se développe de plus en plus et le manque d'aliments pour poissons constitue un handicap pour cette production. L'ensilage se liquéfie graduellement à cause de l'activité des enzymes de dégra-

dation des tissus (protéases présentes naturellement dans les organes du système digestif), et non à cause de la dégradation bactérienne. En effet, si on chauffe la matière première, on n'observe pas de liquéfaction durant le stockage. Cette autodigestion (ou autolyse) favorise le déshuilage de l'ensilage. Elle présente toutefois un effet négatif sur la valeur protéique de l'ensilage quand elle est poussée. En conséquence, lorsqu'on veut produire des produits humides, de grandes quantités de farines de fixation sont nécessaires : jusqu'à 60 à 70 % de matière sèche proviennent des farines de fixation.

Les protéases digestives du poisson ont une activité optimale sur l'hémoglobine à des pH de l'ordre de 2 à 4 et à des températures de l'ordre de 45 à 50 °C. Ces valeurs diffèrent pour l'autolyse du poisson, car celui-ci contient des protéines très diverses.

Dans un ensilage acide, environ 80 % des protéines se solubilisent après une semaine à des températures situées entre 23 et 30 °C. La solubilisation des protéines dépend étroitement de la nature de la matière première : la chair se prête bien et les viscères mal au phénomène de solubilisation. Une fraction de protéines résiste toujours à l'action des protéases. Ceci peut s'expliquer par le fait que la réaction entre l'enzyme et le substrat devient très lente lorsque les sites de fixation les plus favorables du substrat sont déjà engagés dans d'autres liaisons.

La valorisation des déchets de poisson par séchage représente une méthode coûteuse, ayant des contraintes économiques nutritionnelles et techniques. En effet, le séchage ne permet pas de traiter la totalité des déchets de poisson des conserveries, le coût de l'énergie étant très élevé, surtout pour un produit comme les déchets de poisson.

Les farines obtenues par séchage présentent différents défauts : mauvaises odeurs (% limité en formulation), teneurs élevées en minéraux (problèmes pour l'aquaculture), teneurs faibles en azote soluble.

Summary

Using biotechnology to transform fish waste

M. Faid, A. Achkari-Begdouri, A. Elmarakchi

Fish waste was mixed with molasses in a proportion of 85:15 by weight, inoculated with strains of lactic acid bacteria and incubated at room temperature for 15 to 17 days. The physico-chemical and microbiological characteristics during fermentation were studied. The chemical analyses included pH, non-protein nitrogen, total volatile nitrogen and trimethylamine. The microbiological analyses monitored microorganisms of health interest (enterobacteria) and lytic microorganisms (lipolytic and proteolytic). The results showed a reduction of all microorganisms. Total volatile nitrogen and non-protein nitrogen increased slightly. Trimethylamine also increased slowly and tended to stabilise at the end of the process.

Cahiers Agricultures 1995 ; 4 : 109-12

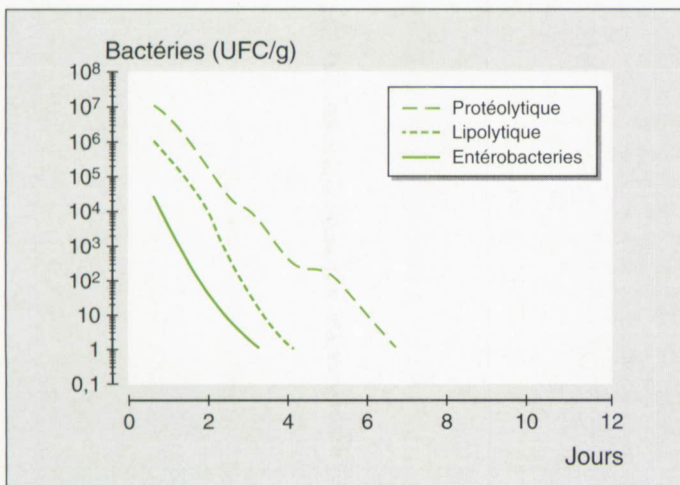


Figure 3. Comportement des différents groupes microbiens dans les déchets de poisson en fermentation.

Figure 3. Behaviour of various microbial groups in fermenting fish waste

Le séchage doit être appliqué le plus vite possible pour éviter les problèmes d'altération des déchets. Les farines obtenues doivent être conservées à l'abri de l'humidité, faute de quoi une altération/dégradation peut avoir lieu au cours de l'entreposage.

La valorisation des déchets de poisson par des moyens biotechnologiques semble pallier ces problèmes. Le procédé par fermentation des déchets de poisson (ensilage) répond aux contraintes industrielles et zootechniques. Il comporte en effet une réduction considérable de la consommation d'énergie par rapport au séchage. Le produit obtenu peut être préhydrolysé (donc riche en azote soluble pour les monogastriques) ou légèrement hydrolysé (pour les ruminants).

Ce produit est stable et aucune altération ne se produit, même si la teneur en eau est élevée. Le procédé par fermentation permet également de désodoriser les déchets. La technique est simple, accessible à tous les industriels et même à des éleveurs. Les déchets de poisson ou du poisson altéré peuvent être traités, même après une dégradation poussée. Le procédé permet de traiter toutes les quantités de déchets sans nécessiter un équipement coûteux, ni une technique compliquée.

La composition globale du produit est maîtrisable (élimination de la phase grasse et/ou de la phase osseuse par décantation), ce qui permet d'utiliser le produit obtenu pour réaliser des formules d'alimentation telles que les aliments pour les poissons, les volailles, le gros bétail, les animaux de zoo, les chiens et les chats et les animaux de laboratoire ■

Références

1. Raa J, Gilberg A, Strom T. Silage production theory and practice. In : Ledward DA, Taylor AJ, Lawrie RA, eds. *Upgrading waste for feeds and food*. Nottingham, 1983.
2. Jackson AS, Kerr AK, Conway CB. Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I - Nutritional and storage characteristics. *Aquaculture* 1984 ; 38 : 211-20.
3. Jackson AS, Kerr AK, Cowey CB. Fish silage as a dietary ingredient for salmon. II - Preliminary growth findings and nutritional pathology. *Aquaculture* 1984 ; 40 : 238-91.
4. Haaland H, Njaa LR. Fish silages prepared from raw materials of varying quality. Chemical analysis related to balance experiments in rats. *Fisk Dir Skr Ser Ernoering* 1990 ; III : 27-35.
5. Haaland H, Njaa LR. Effect of temperature on the autolysis of capelin silages stored for one year. *Fisk Dir Skr Ser Ernoering* 1989 ; III : 219-26.
6. Espe M, Haaland H. The protein value of fish silage prepared from capelin stored under different conditions before ensiling. Effect of storing the silage for one year. *Fisk Dir Skr Ser Ernoering* 1992 ; 5 : 37-44.
7. Espe M, Haaland H, Njaa LR. Substitution of fish silage protein and a free amino acid mixture for fish meal protein in a chicken diet. *J Sci Food Agric* 1992 ; 58 : 315-9.
8. Espe M, Raa J, Njaa LR. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. *J Sci Food Agr* 1989 ; 49 : 259-70.
9. Faid M, Karani H, Elmarrakchi A, Achkari-Begdouri A. Fish waste fermentation by the association of yeasts and lactic acid bacteria. *Biore-source Technology* 1994 ; 49 : 237-41.
10. APHA (American Public Health Association). *Standard methods for examination of water and waste water (19th)*. Washington DC : APHA Pub, 1989 : 1134 p.
11. Conway F. *Microdiffusion analysis and volumetric error*. London : Crosby Lockwood and Sons, 1947 : 157-9.
12. Murray CK, Gibson DM. An investigation of the methods of determining trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salts. *J Food*.

13. Alford JA. Lipolytic microorganisms. In : Speck ML, ed. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Washington DC : APHA, 1976 : 184-8.

14. Lee JS. Proteolytic microorganisms. In : Speck ML, ed. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Washington DC : APHA, 1976 : 190-3

Résumé

Les déchets de poisson ont été mélangés avec de la mélasse dans les proportions 85/15 en poids, inoculés par des souches de bactéries lactiques et incubés à la température ambiante pendant 15 à 17 jours en vue d'en étudier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques au cours de la fermentation. Les analyses chimiques comprennent le pH, l'azote non protéique, l'azote basique volatil total et la triméthylamine. Les analyses microbiologiques groupent le suivi des micro-organismes d'intérêt hygiénique (entérobactéries) et les micro-organismes d'altération (lipolytiques et protéolytiques). Les résultats indiquent qu'il y a une diminution de tous les micro-organismes. L'azote basique volatil total et l'azote non protéique augmentent légèrement. La triméthylamine augmente aussi lentement et tend à se stabiliser à la fin du processus. Ce procédé de fermentation permet donc de valoriser les déchets de poissons en conduisant à un produit sans odeur désagréable et directement incorporable dans les aliments pour animaux.
