

EVENTUEL MECANISME PHYSICO-CHIMIQUE DU POUVOIR CONSERVATEUR DU SEL SUR LE *PSEUDOTOLITHUS SENEGALENSIS*

M. NGANGUEM*, P. DOSSOU-YOVO*, R. JOSSE* & J. GBENOU*

*Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi , 01BP526
Cotonou - Email : pidam57@yahoo.fr

RESUME

L'objet de cette étude est d'apporter une approche explicative du pouvoir de conservation du sel sur le *Pseudotolithus senegalensis* frais, entreposé à 20 ± 2 °C. L'effet du sel à 10, 15 et 20 % sur les filets du poisson a été étudié pour une série de lots à l'aide de la conductivité et du pH pendant une période de conservation de 4 jours. Il a été déterminées d'autres paramètres comme la teneur en eau (20 heures après l'application du sel) et certains constituants chimiques (cendres totales et azote total). Des résultats obtenus, il ressort qu'on peut établir un lien étroit entre l'évolution de la conductivité et la forme (ionique ou métallique) du sel dans le milieu. Le sel, en plus de sa facilité à utiliser l'eau disponible dans la chair du poisson pour s'ioniser en Na^+ et Cl^- , a la capacité de créer une force ionique qui provoque la déshydratation des protéines. Ceci permet de limiter les altérations dues aux modifications biochimiques. Cela s'est traduit d'une part, par la diminution de la teneur en eau dans les filets de 9,37 ; 11,40 et 16,43 %, et d'autre part, par la concentration élevée des matières azotées dans les filets salés de 53,21 ; 52,06 et 46,13 % pour des concentrations respectives en sel de 10, 15 et 20 %.

Mots clés : conservation, sel, *Pseudotolithus senegalensis*, conductivité, pH, altération.

POSSIBLE PHYSICO-CHEMICAL MECHANISM OF SALT PRESERVATION POTENCY ON *PSEUDOTOLITHUS SENEGALENSIS*

ABSTRACT

The main purpose of this study is to bring out an explanatory approach of salt preservation potency on fresh *Pseudotolithus senegalensis* stored at 20 ± 2 °C. Effect of salt at 10, 15 and 20 % in flesh was studied on a series of samples by the measurement of the conductivity and the pH during 4 days of conservation. Other parameters like moisture content (20 hours after salting) and chemical constituents of flesh (total ashes and total nitrogen) were also determined. According to the results obtained, it comes out that a straight relationship can be established between conductivity's evolution and salt form (ionic or crystal) in a specific context. Salt, in addition to have the facility to use available water in the fish to ionise into Na^+ and Cl^- , has also the capacity to create an ionic power which causes the proteins dehydration. That activity permits to reduce spoilage due to biochemical modifications. That is expressed on one hand, by the decrease of the moisture content in flesh of 9.37, 11.40 and 16.43 %, and on the other hand, by the concentration in the salted fish of nitrogenous substances of 53.21, 52.06 and 46.13 % for salt concentrations of 10, 15 and 20 % respectively.

Keywords : preservation, salt, *Pseudotolithus senegalensis*, conductivity, pH, spoilage.

INTRODUCTION

En Afrique, le poisson représente l'une des principales sources de protéines d'origine animale du fait de son accessibilité. Cependant c'est une denrée extrêmement périssable nécessitant d'être rapidement conservée. Les techniques de conservation du poisson ont été revues et améliorées plusieurs fois pendant l'histoire de l'humanité et sont encore largement utilisées^[1]. Depuis des temps très anciens, le séchage, le salage et le fumage étaient utilisés pour conserver le poisson. Pour certains auteurs comme Sainclivier (1985) ou Linden & Lorient (1994), le produit (poisson) salé est tantôt un produit fini, tantôt une matière première destinée à un traitement complémentaire : séchage, fumage, semi-conserve. En effet, dans certains pays ouest africains à l'instar du Bénin ou du Sénégal, mais aussi en Afrique centrale, certains traitements artisanaux ont pris une place importante dans l'industrie du poisson et par là dans l'économie du pays. Il s'agit notamment du *lanhouin*, du *métora*, du *ketiakh*, du *tambadiang*, du *sali* et du *makayabu* qui sont des produits à base de poisson, impliquant le sel dans la technologie de préparation pour la conservation.

Ce qui mérite d'accorder à cet ingrédient (sel) un accent particulier, du point de vue de la physicochimie, réside dans l'interrogation de l'éventuel mécanisme de son pouvoir de conservation. Plusieurs auteurs se sont d'ailleurs appesantis sur l'action du sel sur le poisson. Zugarramurdi *et al.* (1999), pense que le salage des produits de mer peut-être un moyen efficace de valorisation de certaines espèces. D'autres chercheurs Grau (1961), Cutting (1962), Jeantet *et al.* (2006), ont étudié l'aspect physico-chimique du sel sur le poisson. Le processus peut être décrit d'une manière sommaire comme comportant une série de mécanismes consécutifs et parfois simultanés^[11]. La question qui se pose immédiatement, est celle de savoir ce qui est à la base réelle de tels mécanismes et comment on peut les expliquer ? Le cristal NaCl se disloquant fortement en Na^+ et Cl^- , lequel des ions joue, beaucoup plus, le rôle de conservateur dans le corps biologique ? Cette étude se propose d'être une nouvelle approche aux diverses interprétations qui ont déjà été émises à ce sujet, vis-à-vis de la nature conservateur du sel sur les corps biologiques. Car le comportement de ces ions dans le corps biologique n'a jamais été clairement élucidé. Il s'agira d'expliquer le mécanisme de conservation du poisson par le sel sur la base du suivi de l'évolution de certains paramètres physico-chimiques notamment la conductivité électrique et le pH qui mettent en exergue la

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée sur le *Pseudolithus senegalensis* (*Cassava croaker*), poisson de la famille des *Scianidae*.

Le prélèvement est fait de très bonne heure (entre 05h et 06h du matin) au quai d'accostage des chalutiers du Port Autonome de Cotonou (PAC), et à l'aide d'une glacière pourvue de morceaux de glace de petite taille. Ensuite, le conteneur rempli de poissons est acheminé au laboratoire.

Une fois au laboratoire, les poissons jugés encore frais (selon la grille d'évaluation organoleptique de Johansen *et al.*, 1996), sont immédiatement nettoyés et transformés en filets. Les filets sont ensuite salés à 10, 15 et 20 % par rapport au poids et entreposés à la température de $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

- Mesures de la conductivité et du pH : elles ont été faites sur des solutions de hachis de poisson salé, par lecture directe à l'aide d'un conductimètre et d'un pH-mètre de type CG854 et pH730 respectivement. Les mesures sont enregistrées à des intervalles de temps (entre 1 à 15 heures), et pendant quatre jours, sur trois différents lots.

- Détermination de la teneur en eau par la méthode basée sur la perte de poids : 3-5 g d'échantillon est séché à l'étuve à 65°C pendant 72 heures, puis suit un second séchage à 105°C jusqu'à stabilisation du poids du produit séché.

- Détermination des cendres totales selon le principe qui repose sur l'incinération de la matière sèche analytique (échantillon après étuvage à 105°C) dans un four à moufle à 550°C pendant 08 heures.

- Détermination du taux de protéines par la méthode de Kejdahl, basée sur la minéralisation de l'azote organique total puis distillation et titrage du distillat par une solution d'acide chlorhydrique à 0,1 N.

RESULTATS

Evolution de la conductivité

Elle présente trois phases : croissance, décroissance, constance ou faible croissance.

La croissance de la conductivité dans les filets au cours des premières heures qui suivent le salage montrent que le degré d'ionisation est de plus en plus significatif ou qu'il se dégage continuellement des ions dans le milieu. En effet, le sel se dissocie progressivement mais fortement dans l'eau car il appartient au groupe d'électrolytes forts^[2]. Avec 80 % d'eau, nos échantillons facilitent cette dislocation de NaCl. Par ailleurs, rappelons que pendant l'ionisation du NaCl, et donc l'augmentation de la conductivité, il y a simultanément réduction de l'eau de la chair du poisson. La deuxième phase correspond à la décroissance de la conductivité. Nous pouvons penser à un appauvrissement ionique du milieu. Les ions Na^+ , Cl^- et les protéines ayant une affinité pour l'eau entrent en compétition pour la faible quantité d'eau restant dans les filets. Le comportement de la conductivité dans la troisième phase présente de légères différences. Nous pouvons constater une constance au niveau du salage à 20%, une légère croissance avant stabilisation pour le salage à 15% et une croissance nette pour le salage à 10%.

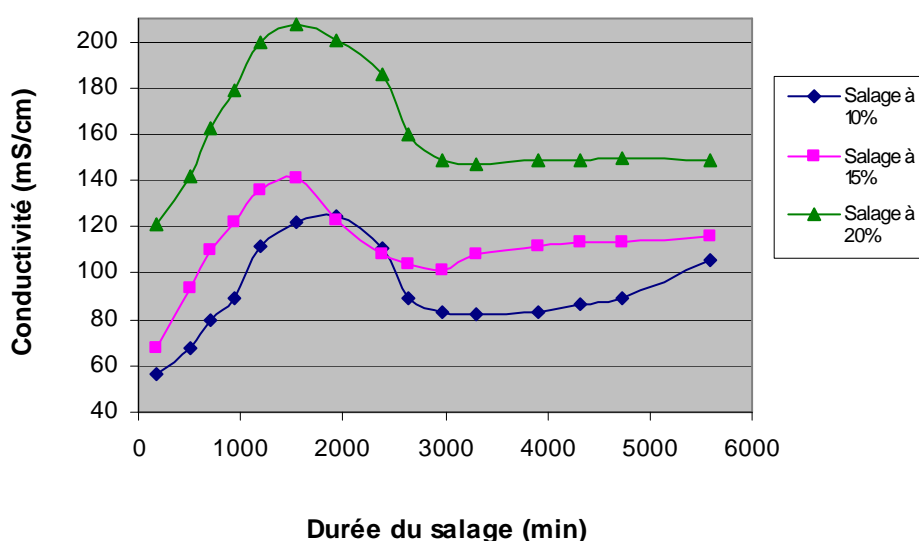


Figure 1. Evolution de la conductivité dans les solutions de hachis de *Pseudotolithus senegalensis* salé à différents pourcentages et à 20 ± 2 °C

Evolution du pH

Nous notons une succession de phase de croissance et de décroissance sur les courbes représentant l'évolution du pH. Ce qui confirme, comme nous le

signalions déjà, au regard du comportement de la conductivité, l'instabilité du système les premières minutes qui suivent le salage. Nous remarquons aussi que les courbes tendent à se stabiliser au-delà de 3310 min après le salage. Ce qui voudrait dire que la quantité de sel ajoutée a pu stopper en partie les réactions d'autolyse, même si, bien avant nous pouvons observer que la courbe de salage à 10 % a passé la limite de pH neutre. Avec la première phase d'augmentation de la conductivité qui est plus longue (1940 min) que celle des salages à 15 et 20 % (1545 min) et une troisième phase de conductivité relativement croissante, nous constatons que cette traversée du pH dans le milieu basique est prévisible.

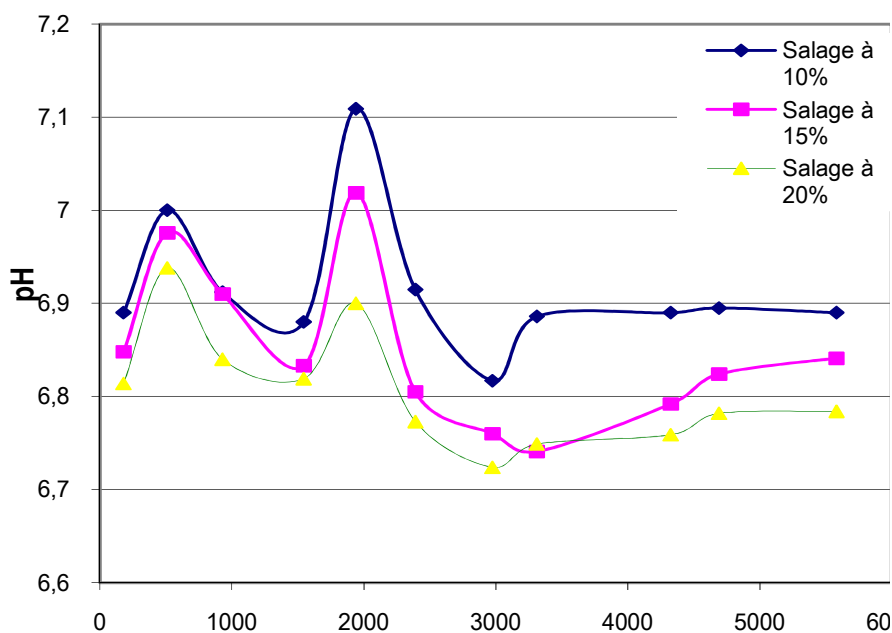


Figure 2. Evolution du pH dans les solutions de hachis de *Pseudolithus senegalensis* salé à différents pourcentages et à 20 ± 2 °C

Teneur en eau

Le résultat de la teneur en eau (20 heures après application du sel) représenté dans le Tableau 1 sous forme de moyenne \pm écart type révèle qu'elle diminue graduellement dans les filets salés par rapport aux filets sans sel, et que cette diminution est plus marquée selon que la concentration en sel augmente. Ce résultat est en accord avec la littérature. Nous nous y attendions déjà, vu les résultats de la

conductivité. En réalité, le sel pour se dissocier utilise l'eau disponible dans la chair. D'autre part, le salage du poisson implique la migration du sel dans la chair, et de l'eau vers l'extérieur.

Cendres totales

Le résultat des cendres totales (Tableau 1), sur la matière sèche analytique, montre que le taux croît des filets sans sel aux filets salés. Cette grande proportion de cendres se justifie par l'ajout du sel et sa pénétration dans la chair. En effet les cendres donnent une idée sur la teneur en minéraux et le NaCl ajouté à la chair pour le salage est un sel minéral. L'augmentation du taux de cendres totales trouve donc son explication dans l'ajout du sel et l'insertion de ce sel dans la chair.

Teneur en protéines

Les teneurs en protéines déterminées sur la matière sèche première sont indiqués dans le tableau I ci-après. Il montre des taux de protéine de 66,75 ; 53,32 ; 52,06 et 45,81 respectivement dans les filets sans sel, salé à 10, 15 et 20 %. En effet, dans les solutions saturées en sel, la plus grande partie des protéines précipitent dans le muscle^[6]. Il a aussi été précisé que le taux d'extraction maximum des protéines s'obtient à pH compris entre 7 et 9 et qu'il diminue très rapidement de pH 6 à pH 5, valeur voisine du point isoélectrique de la plupart des protéines^[6]. Nous pensons donc qu'avec des valeurs de pH oscillant entre 6,72 et 7,11, il est bien évident d'observer cette précipitation des protéines, surtout, concernant le salage à 20 %. Cette teneur en protéines, n'est rien d'autre que l'expression de l'azote total duquel n'est pas dissocié l'azote non protéique, pour en avoir l'azote protéique qui donnerait après calcul ($N \times 6,25$) les taux précis. L'effort de cette recherche n'ayant pas ce but, le dosage est resté global.

Tableau 1 . teneurs en eau, en cendres totales et en protéines

Echantillons	Teneur en eau (g/100g)	Cendres (g/100g MS)	Protéines (Azote total) (%)
Témoin (sans sel)	79,57±0,38	6,74±0,07	66,75±0,08
Salé à 10%	70,20±0,12	36,85±1,06	53,32±0,55
Salé à 15%	68,17±0,23	42,52±0,24	52,06±0,85
Salé à 20%	63,14±0,20	53,69±0,79	45,81±2,08

Les résultats de la conductivité et du pH confirmant bien le phénomène de précipitation qui est accélérée en présence du sel, nous pouvons dire que la matière organique a cédé de l'eau pour s'agglomérer. En se libérant de l'eau, la matière organique est plus ou moins protégée contre les manifestations des microorganismes qui ont besoin d'eau pour agir et détruire cette dernière : il y a donc un phénomène de conservation.

La question est alors de savoir où réside le pouvoir conservateur du sel ?

DISCUSSION

Au vu des résultats obtenus, nous constatons que l'ionisation continue est la preuve de l'hydrolyse de composés organiques, indice de fermentation des filets soumis au salage. Dans un premier temps tout porte à croire, que c'est uniquement la production du Na^+ et Cl^- qui serait responsable de l'augmentation de la conductivité. Cependant, la période de croissance de la courbe représentant le salage à 10 % dément cette hypothèse. On peut en effet voir sur la figure 1 que cette courbe dure un peu plus au cours de la première phase (croissance de la conductivité), comparée aux deux autres courbes, même si la quantité de sel à dissoudre, dans la même quantité d'eau et dans les mêmes conditions de température, soit moindre. Preuve que la dissolution du sel n'est pas la seule responsable de l'accroissement de la conductivité. Dans une seconde période, les ions Na^+ et Cl^- qui sont en forte concentration, et ont une plus grande affinité que les protéines, déshydratent celles-ci^[10]. D'autre part, suite à l'enrichissement du système en ions, au cours de la première phase, la force ionique a augmenté dans le système. Il s'en suit que les charges de surface des protéines sont écrantées et l'hydratation diminue pendant que les protéines précipitent^[7].

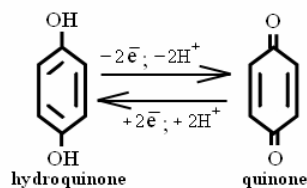
L'étude des propriétés physico-chimiques du NaCl nous permet d'évoquer l'hypothèse du probable mécanisme de son action conservatrice. Nous avons énoncé dans nos résultats que le NaCl dans l'eau se dissocie totalement parce qu'il appartient au groupe des électrolytes forts. Et la conductivité de l'ion Cl^- est presque 1,5 fois supérieure à la conductivité de l'ion Na^+ , soit $73,31.10^{-4} \text{ m}^2\text{Ohm}^{-1}\text{Eqg}^{-1}$ et $50,1.10^{-4} \text{ m}^2\text{.Ohm}^{-1}\text{Eqg}^{-1}$, respectivement^[4]. Puisque la conductivité électrique des ions représente leur mobilité^[9], alors on peut dire que les ions Cl^- se déplacent plus rapidement dans la solution que les ions Na^+ ^[4].

Dossou-Yovo (2002) a signalé qu'en présence d'interface dans les corps biologiques, les ions Cl^- apparaissent plus tôt dans les surfaces de séparation des phases que les ions Na^+ . Et que le rayon des ions Cl^- est presque deux fois supérieur au rayon des ions Na^+ : 0,181nm et 0,095 nm, respectivement. Il en déduit que plus grand est le rayon de l'ion, moins hydrolysé est l'ion, et que plus grande est sa capacité d'adsorption. Les ions Cl^- vont être adsorbés plus facilement que les ions Na^+ .

Toujours selon les travaux de Dossou-Yovo (2002), les ions Na^+ restent dans l'interface ; l'ion Na^+ s'hydrolyse fortement, abaissant ainsi la quantité d'eau libre de l'interface. Au bout de ce mécanisme, à la surface des cellules des enzymes microbiennes, peuvent être adsorbés les ions chlore. Les microorganismes en premier lieu sont sujet à la plasmolyse du fait de l'hydratation des ions chlore adsorbés et en second lieu, il y a perte d'entrée d'eau libre aux fins d'échange de substances.

Citant Rikova (1967), Dossou-Yovo (2002), stipule que les microorganismes, sont soit détruits, soit vivent au ralenti : la vitalité des microorganismes est directement proportionnelle aux conditions d'oxydoréduction du milieu. Divers microorganismes peuvent se développer dans des limites données de potentiel d'oxydoréduction.

Il est alors vraisemblable que l'activité des ions chlore s'apparente à l'activité des conservateurs de nature phénolique (hydroquinone, pyrotexine, etc.) qui ont la capacité de participer au processus d'oxydoréduction.



CONCLUSION

Le suivi de l'évolution de la conductivité se trouve être ainsi, un moyen physique express pour expliquer le réel phénomène physico-chimique, qui fait conférer au sel, l'attribut de conservateur. La production et la dispersion des ions sodium et chlore, dans la chair du poisson, a eu pour effet de réduire la disponibilité de l'eau et d'empêcher la solubilisation des protéines. Dans un premier temps, nous assistons à l'augmentation de la

conductivité et la réduction simultanée de la teneur en eau dans les filets pendant les 20 premières heures qui ont suivies le salage. Dans un second temps il y a diminution de la conductivité qui dure 23 heures 50 minutes, 18 heures 20 minutes et 11heures 45 minutes respectivement dans les filets salés à 20, 15 et 10 %, s'accompagnant de l'élimination, en partie, de l'eau liée et de l'agglomération des protéines de la chair. Enfin, on observe une phase de stabilisation réactionnelle, aussi bien, pendant la production qu'au cours de la fixation des ions sur la matière organique.

De l'étude des trois différents lots, il ressort que la fraîcheur du poisson, est déterminante dans l'appréciation des concentrations en sel à appliquer, et a une incidence sur la profondeur des observations. Plus le poisson sera initialement frais, plus appréciables seront les résultats. Il ressort aussi que les concentrations en sel de 15 et 20 % donnent de meilleurs résultats, mais il est important de noter que les résultats de salage concluant exigent une matière première de très bonne qualité, avant tout traitement.

Enfin, il faut dire que cette étude a mis en exergue le mécanisme physicochimique, qui a cours lors de la dislocation du cristal NaCl, dans le milieu biologique, pour acquérir l'attribut de conservateur, et conférer à la matière biologique l'aspect conservé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AITKEN A., MACKIE I. M., MERRITT J. H. & WINDSOR M. L., 1982. Manipulation de poissons et traitement. Edimbourg : Centre de recherches de Torry. 157 p.
- CREAN P. B., 1961. The light pickle salting of cod. J. Fish. Res. Bd Can. 18 :833 p.
- CUTTING C. L., 1962. The influence of drying, salting and smoking on the nutritive value of fish. In: Fish in Nutrition, ed. Ed E. Heen & R. Kreuzer, Fishing News (Books) Ltd., Londres. 213 p
- DOSSOU-YOVO P., 2002. Justification biochimique de l'amélioration des procédés traditionnels de production du *Lanhouin* au Bénin. Thèse de Doctorat ès Sciences techniques, soutenue à Astrakkan, Russie. 129 p.
- GRAU R., 1961. Biochemical and physicochemical principles of salting and curing. Proc. 5th int. Congress Biochemistry. Moscow, 8 : 206 p.
- HATTULA T., 1997. Adenosine triphosphate breakdown products as freshness indicator of some fish species and fish products. VTT Publications 297. 48 p.+app. 31p. Technical Research Centre of Finland.
- JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCH P. & BRULE G., 2006. Science des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits, Vol 1 : Stabilisation biologique et physico-chimique, Tech & Doc, Paris, 383 p.
- JOHANSEN S., MAGNUSSEN O. M. & NORDTVEDT T. S., 1996. Transformation : 50-53. In : Elevage des Salmonidés. Fascicule 12. Québec. 131 p.

- KIREEV V. A., 1975 Kurs fizicheskoi khimii. Moscow : Khimiya. 226 p.
- LIDEN G. & LORIENT D., 1994. Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole, Masson SA, Paris, 367 p.
- MACKIE I. M., HARDY R. & HOBBS G., 1971. Poisson fermenté et produits dérivés. Rapport de la FAO sur les pêches, N° 100, Rome. 62 p.
- MEDINA-VIVANCO M. L., do A. SOBRAL P. J. & HUBINGER M. D., 2006. Kinetic aspects of salting Tilapia fillets using small volumes of brine. Braz.J. Food Technology V.9, n°1. p. 9-17
- RIKOVA L. I., CHERNYAEVA M. I., 1967. Osnovi mikrobiologiticheskovo kontrolya konservnovo praïvodstva. Moscow : Pitchevaya Prom. , 404 p.
- SAINCLIVIER M., 1985. *L'industrie alimentaire halieutique, Vol 2 : des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines*, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes. 218p.
- ZUGARRAMURDI A., PARIN M. A. & LUPIN H. M., 1999. Ingénierie économique appliquée aux industries de la pêche. In : Food Agriculture Organisation (FAO). Documents techniques sur la pêche – T 351. Rome, 268 p.