

Biologie appliquée

ÉTUDE DE LA CONSERVABILITÉ DE LA SARDINE CONGELÉE (*SARDINA PILCHARDUS*) APRÈS SIX MOIS D'ENTREPOSAGE

par

Romuald AKENDENGUE^{1,2}, Nadia RHARBI¹, Meriem KHARROUBI²,
Jamal CHAIRA², Youssef RADI² et Naima BOUMHANDI²

La conservation par le froid des produits de la mer constitue l'un des principaux maillons de la filière halieutique : pêche, valorisation, commercialisation. Ainsi, le froid permet d'améliorer la durée de stockage, en dépit du fait qu'il peut entraîner certaines altérations, en particulier si certaines normes ne sont pas respectées. Les principales modifications affectent les protéines, qui peuvent être plus ou moins dénaturées, ainsi que les lipides, qui sont exposés à l'oxydation. À cet effet, un programme d'analyses organoleptiques et chimiques (fraction grasse et azotée) a été effectué lors de la phase de réception, et ensuite après congélation et entreposage de 3 mois d'une part et 6 mois d'autre part, et ceci à différentes températures (-18°C, -25°C et -30°C). Dans le cadre de cette étude, les paramètres retenus découlent d'une enquête menée au sein des unités de congélation, à Laâyoune. Les résultats obtenus montrent que les acides gras polyinsaturés de la famille oméga-3, et particulièrement l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA), ont subi une légère diminution due probablement à leur oxydation. S'agissant des paramètres sanitaires (ABVT et organoleptiques), le produit ne présente aucun signe d'altération jusqu'à trois mois d'entreposage. Toutefois, après six mois d'entreposage, le seuil toléré en ABVT (30 mg/100 g) est légèrement dépassé. Il apparaît ainsi que la sardine conserve un bon état organoleptique jusqu'à six mois de stockage, particulièrement aux plus basses températures (-25°C et -30°C).

Mots-clés : Conservabilité, sardine, congélation, altération chimique, acides gras omega-3, EPA, DHA, ABVT et organoleptique.

1. Laboratoire d'Écologie, d'Environnement et d'Aquaculture, Université Hassan II, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca, Maroc.

2. Centre Spécialisé de Valorisation et de Technologie des Produits de la Mer (CSVTPM) de l'Institut National de Recherche Halieutique (INRH), Unité Associée au CNRST (URAC 50), Agadir, Maroc.

Auteur pour la correspondance : <rakendengue@yahoo.fr>.

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

Study of frozen sardine (*Sardina pilchardus*) conservation after six months of storage

The cold storage of seafood constitutes one of the main links of the fisheries industry from capture to commercialisation. Consequently, cold storage allows the storage period to be increased although it can bring about some deterioration if certain standards are not complied with.

The main forms of deterioration are the denaturation of protein, and the oxidation of lipids. In this regard, an organoleptic and chemical analysis program (fat and nitrogen content) has been performed during the reception the seafood, and after periods of freezing and storage of 3 and 6 months under different temperatures (-18°C, -25°C, and -30°C). The parameters were chosen based on an enquiry carried out in the freezing units of Laâyoune. The results obtained show that omega-3 fatty acids, especially eicosapentaenoic acid (DHA) and docosahexaenoic acid (EPA), were only slightly damaged, likely due to oxidation of the polyunsaturated fatty acids. As far as health standards are concerned (TVB-N and Organoleptic), the seafood does not show any sign of deterioration, even though the TVB-N content exceeded the tolerated threshold after 6 months of storage (30 mg/100 g). Therefore, it appears that sardine is preserved in a good organoleptic condition after 6 months of storage under the different temperatures.

Keywords: Preservation, sardine, freezing, chemical weathering, omega-3 fatty acids, EPA, DHA, TVB-N and organoleptic.

Introduction

La production des poissons pélagiques au Maroc, dominée principalement par la sardine, a atteint 670 000 tonnes en 2012 (Rapport statistiques ONP, 2012) soit une augmentation de 34 % par rapport à 2011. La consommation de la sardine (*Sardina pilchardus*) au cours de ces dernières années a enregistré une augmentation notable, compte tenu de sa grande valeur nutritionnelle, reflétée par la teneur élevée en lipides, notamment en acides gras de la série n-3 et n-6 (ARO *et al.*, 2000 ; SURH *et al.*, 2003).

Les produits de la mer, particulièrement les poissons, sont parmi les denrées alimentaires les plus périssables. Cette fragilité est liée à la forte teneur en eau, de l'ordre de 75 à 80 %, constituant un milieu favorable au développement des micro-organismes, et à l'activité des enzymes, qui représentent les causes essentielles de l'altération de ces produits.

Le secteur de la congélation constitue une composante essentielle de l'industrie des produits halieutiques, notamment ceux destinés à la transformation, et il présente des perspectives économiques et sociales prometteuses pour le Maroc.

La congélation se révèle comme un procédé efficace pour pallier les problèmes d'approvisionnement en sardines. En effet, elle permettra d'une part, aux usines de transformation des produits de la mer, de s'approvisionner en matières premières durant toute l'année et, d'autre part, de répondre aux besoins de la consommation humaine.

Conservabilité de la sardine congelée

Ce procédé permet d'obtenir des produits de la mer congelés de bonne qualité, à condition de respecter certaines mesures de précaution, et ce afin d'éviter des altérations qui pourraient affecter la qualité nutritionnelle et organoleptique de la sardine.

Le but de cette étude est de déterminer l'augmentation de l'ABVT (Azote Basique Volatil Total) ainsi que l'évolution organoleptique de la sardine congelée, d'appréhender l'impact du froid sur les acides gras oméga-3 de la sardine, afin d'avoir une meilleure connaissance de sa valeur nutritionnelle et obtenir ainsi une matière première riche en ce composant et déterminer les meilleures conditions de conservation permettant d'obtenir une bonne qualité sanitaire.

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée en trois étapes :

- une enquête menée sur les aspects techniques et analytiques au sein des unités de congélation de la sardine dans la ville de Laâyoune ;
- un échantillonnage réalisé au niveau du port d'Agadir ;
- un suivi du taux des oméga-3, de l'ABVT ainsi que des analyses organoleptiques, au niveau de la sardine fraîche d'une part et de la sardine congelée, puis, après 3 et 6 mois d'entreposage, et ce à trois températures différentes (-18, -25 et -30°C), d'autre part.

Enquête à Laâyoune

Cette étude a été réalisée sur la base d'un questionnaire rempli lors de la visite des unités de congélation de la sardine (*Sardina pilchardus*), dans le but de recenser l'ensemble des unités opérationnelles de congélation de sardine et de cerner les paramètres techniques et analytiques utilisés par ces industriels dans la ville de Laâyoune. Cette enquête nous a permis d'élaborer le protocole expérimental de notre étude.

Échantillonnage

Pour mener à bien notre étude sur la sardine, des opérations d'échantillonnages de la sardine ont concerné les débarquements au niveau du port d'Agadir. Ainsi un lot de 100 kg de sardines a été réparti dans 8 caisses de polystyrène, avec un ratio de 2 kg de poisson pour 1 kg de glace.

Congélation et conditionnement

Les 100 kg de sardines ont été divisés en deux lots, un lot constitué de sardines entières (ST) et l'autre de sardine étêtées et éviscérées (SE) (l'étêtage et l'éviscération ont été réalisés manuellement). Après lavage, les 2 lots ont subi une congélation dans un tunnel à air pulsé à -35°C, puis ont été conditionnés à trois températures d'entreposage différentes (-18, -25 et -30°C).

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

Les lots de sardines ont été analysés selon le schéma chronologique suivant :

- T0 : à la réception des échantillons,
- T1 : après congélation (à la sortie du tunnel de congélation),
- T3 : après 3 mois d'entreposage,
- T6 : après 6 mois d'entreposage.

Décongélation

Les techniques satisfaisantes pour la décongélation de grandes portions de tissus d'origine animale comprennent la décongélation au réfrigérateur ou au micro-ondes. Dans notre étude, la décongélation au réfrigérateur a été choisie.

Analyses sensorielles

Les tests sensoriels pour la sardine fraîche ont été effectués selon le barème de cotation de l'Union Européenne (COUNCIL REGULATIONS, 1989). Ils ont été réalisés par un panel constitué de 6 personnes. Chaque échantillon (6 échantillons au total), composé de 10 pièces de sardines, a fait l'objet d'une évaluation de la peau, des yeux, des branchies et de la chair pour la sardine fraîche (Tableau 1). À chaque caractère évalué correspond une note de 0 à 3. L'indice de fraîcheur (IF) est égal à la

Tableau 1

Critères d'évaluation du poisson frais (Source : Cotation Union Européenne).
Criteria for evaluation of fresh fish (Source: Trading EU).

Critères de contrôle		3	2	1	0
ASPECT	Peau	Pigmentée et brillante	Peu pigmentée	En voie de décoloration	Pigmentation terne
	Œil	Convexe, pupille noire et brillante	Convexe et légèrement affaissé, pupille noire	Plat, papille opaque grise	Concave au centre, pupille grise
	Branchies	Rouges et brillantes	Moins colorées	Se décolorant	Jaunâtres
	Chair	Brillante et lisse	Couleur légèrement modifiée	Légèrement opaque	Opaque
	Couleur le long de la colonne vertébrale	Pas de coloration	Légèrement rose	Rose	Rouge
ÉTAT	Organes	Rouge brillant	Rouge mat	Se décolorant	Brunâtre
	Chair	Ferme et élastique	Élasticité diminuée	Légèrement mobile	Mobile
	Colonne vertébrale	Se brise	Adhérente	Peu adhérente	Non adhérente
	Péritoine	Totalement adhérent	Adhérent	Peu adhérent	Non adhérent
	ODEUR	Branchies, Peau et Cavité Abdominale	D'algues marines	Ni d'algue ni mauvaise	Légèrement aigre

Conservabilité de la sardine congelée

moyenne arithmétique des notes attribuées aux différents caractères observés sur le poisson; la zone d'acceptabilité pour la consommation est comprise entre 2 et 3.

Ce tableau est celui de la norme européenne de 1989 citée en référence du tableau 2, en dehors du fait que des notes de 0 à 3 ont été ajoutées pour définir un indice de fraîcheur. Cf. NICOLLE & KNOCKAERT, 1989.

L'indice de fraîcheur (IF) est donné par l'équation $IF = \sum i / N$, Avec : **i** : note attribuée pour chaque caractère, **N** : nombre de caractères examinés.

$IF \geq 2,7$: Catégorie E (extra-frais) ; $2 < IF < 2,7$: Catégorie A (en bon état) ; $1 < IF < 2$: Catégorie B (à consommer le plus tôt possible) ; $IF < 1$: Catégorie C (à retirer de la consommation).

L'analyse sensorielle de la sardine congelée a été réalisée par un jury composé de six personnes selon les lignes directrices présentées dans le tableau 2 (adapté de LOSADA *et al.*, 2007). Quatre catégories ont été distinguées : qualité supérieure (**E**), bonne qualité (**A**), qualité acceptable (**B**) et à rejeter (**C**). L'évaluation sensorielle a été basée sur l'évaluation des paramètres suivants: odeur externe, aspect de la peau et l'aspect de la chair. Odeur rance et couleur jaunâtre ont été choisies comme étant directement liées au développement de rancissement. Une odeur aigre et une dépigmentation ont également été déterminées comme des indicateurs de mécanismes de dégradation microbienne et de l'action du froid sur les constituants (lipides en général) du poisson pendant le stockage. L'apparence de la chair a été considérée comme un indicateur des modifications du muscle pendant le stockage. À chaque temps de prélèvement, les échantillons de poissons de chaque lot ont été analysés. Les membres du panel ont partagé des échantillons testés. Le poisson a été servi aux membres du panel à l'intérieur des sacs individuels en polyéthylène où ils avaient été gardés congelés. (Tableau 2).

Tableau 2

Échelle utilisée pour évaluer la qualité de la sardine congelée (d'après LOSADA *et al.*, 2007).
Scale used to assess the quality of frozen sardine (after LOSADA *et al.*, 2007).

Caractères	Classes de qualité			
	4	3	2	1
	E (qualité supérieure)	A (bonne qualité)	B (qualité acceptable)	C (à rejeter)
Odeur externe	Forte odeur d'algues et de crustacés	Faible odeur d'algues et de crustacés	Odeur légèrement aigre et rance	Odeur fortement aigre et rance
Peau et couleur externe	Pigmentation très intense, absence de taches jaunâtres	Baisse de pigmentation négligeable, absence de taches jaunâtres	Pigmentation grise et sans éclat, taches jaunâtres naissantes	Pertes de pigmentation importantes, présence de taches jaunâtres
Apparence de la chair	Fortement hydratée et rose ; myotomes totalement adhérents	Toujours hydratée et rose ; myotomes adhérents	Légèrement sèche et pâle ; myotomes adhérents par groupes	Jaunâtre et sèche ; myotomes totalement séparés

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

Analyses chimiques

Pour chaque analyse chimique, un lot de 10 pièces de sardine a été analysé deux fois, et les résultats sont représentés sous forme de moyennes et écarts type. La signification des résultats a été établie selon le niveau de probabilité p inférieur ou supérieur à 0,05.

Azote Basique Volatil Total (ABVT)

Le dosage de l'ABVT a été effectué selon la méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide trichloracétique (comité du codex). Le principe du dosage des amines basiques volatiles totales consiste à déprotéiniser le muscle du poisson, puis à extraire les composés azotés volatils qui sont entraînés par distillation à la vapeur, et ensuite à les titrer par l'acide chlorhydrique. Cette méthode est un excellent moyen d'évaluer les composés azotés volatils basiques associés à l'altération des produits de la mer.

Oméga 3

Des mesures biométriques de longueur et de poids (la longueur totale et le poids total) ont été effectuées pour 10 sardines (fraîches ou congelées), avant de passer à l'étape de l'éêtage et de l'éviscération. Ce traitement préliminaire sert à préparer la partie consommable de la sardine. Les lipides sont extraits des broyats selon la méthode de BLIGH & DYER (1959) et sont stockés sous azote à -20°C jusqu'à méthylation. La préparation des esters méthyliques d'acides gras a été effectuée par la méthode d'estérification à froid (Ref. NF EN ISO 5509). La Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) 2010 a été réalisée avec un appareil GC 2010 Shimadzu équipé d'un injecteur split/splitless, d'un détecteur FID et d'une colonne capillaire Famewax de 30 m, D.I. 0,25 mm, épaisseur du film 0,30 μm . Le gaz vecteur est l'hélium. Les gaz auxiliaires sont l'hydrogène et l'air. La séparation est réalisée en conditions isothermes à 205°C . Les acides gras ont été identifiés par leur temps de rétention déterminé par l'analyse de standards (NPA) et d'huiles de référence. La composition centésimale de l'EPA et du DHA est exprimée en pourcentage du total des esters méthyliques d'acides gras et elle est donnée en déterminant le pourcentage représenté par le rapport de l'aire du pic correspondant à la somme des aires de la totalité des pics à l'aide de la formule :

$$A_i \times 100 / \text{somme des } A_i, \text{ avec } A_i = \text{aire du pic correspondant au composé } i.$$

Résultats et discussion

Exploitation des résultats de l'enquête dans la ville de Laâyoune

Avec une évolution foudroyante des exigences du consommateur, qui devient de plus en plus méticuleux, l'importance de maîtriser et/ou d'optimiser la qualité des aliments, la sécurité alimentaire et la traçabilité constituent des atouts majeurs et stra-

Conservabilité de la sardine congelée

tégiques pour la filière de la congélation du poisson. Toutes les unités de congélation de la sardine présentes dans la ville de Laâyoune, utilisent la congélation par tunnel, seul le gaz utilisé diffère en fonction des unités.

Par ailleurs, tout au long du processus de congélation, certains paramètres techniques et analytiques varient d'une unité à l'autre et peuvent avoir un impact direct sur le produit au cours de la réception, la congélation et le stockage.

En somme, cette enquête nous a permis de réajuster le protocole expérimental pour l'étude de la conservabilité de la sardine congelée et de déterminer à long terme le mode et la durée optimale de congélation des sardines préservant au mieux l'intérêt nutritionnel et l'atout santé des oméga 3 et par suite promouvoir le secteur de la congélation.

Variation organoleptique

L'analyse sensorielle a été évaluée à l'aide des lignes directrices traditionnelles concernant les poissons frais (Barème de cotation de l'Union Européenne) avec des modifications mineures pour le poisson éviscéré. Chaque évaluation a été réalisée par un panel composé de 6 personnes.

Au moment de la réception (T0), la sardine fraîche se caractérise par une peau pigmentée et brillante, une pupille noire, des branchies de couleur rouge, une chair brillante, lisse, ferme et élastique et une odeur spécifique d'algues marines. Avec un Indice de Fraîcheur (IF) de $2,75 \pm 0,217$, la sardine est d'excellente qualité sanitaire, qualité « extra-frais » (selon le Barème de cotation de l'Union Européenne).

Le poisson congelé est d'abord examiné à l'état congelé, puis décongelé. L'évaluateur doit vérifier si des changements de couleur sont visibles, ainsi que l'étendue et la profondeur d'une éventuelle déshydratation de la chair. (LOSADA *et al.*, 2007). Les résultats d'analyses sensorielles obtenus par les lots de sardines congelées (ST et SE) sont résumés dans le tableau 3.

On voit dans le tableau 3 que les sardines ont été bien congelées, et que le produit résultant (à T1) est de très bonne qualité organoleptique. Dans les conditions usuelles de stockage au froid, les poissons perdent progressivement leurs qualités organoleptiques en fonction du temps et de la température de stockage. La dégradation sensorielle des produits congelés se poursuit tout au long de l'entreposage, mais sans pourtant rendre le poisson impropre à la consommation. Cette dégradation est d'autant plus faible que la température est basse. Il est à souligner que la qualité des sardines SE se dégrade plus rapidement que celle des sardines ST, en raison sans doute d'une augmentation de la surface de contact avec l'air des lots SE.

Les températures de stockage sont un facteur déterminant pour évaluer la durée de conservation. MARTI DE CASTRO *et al.* (1997) ont montré que, plus la température de stockage est basse, plus le poisson conserve une meilleure qualité organoleptique. En outre, TOKUR *et al.* (2005) ont montré que des croquettes de poissons entreposées à -18°C ont gardé après 5 mois de bonnes qualités organoleptiques. De même, MONTERO *et al.* (1997) ont observé que la température de congé-

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

Tableau 3

Résultats des tests organoleptiques des sardines congelées et entreposées à différentes températures (-18°C, -25°C et -30°C).

Results of the organoleptic tests of frozen sardines stored at different temperatures (-18°C, -25°C and -30°C).

		Caractères			
		Odeur externe	Peau et couleur externe	Apparence de la chair	
T1		ST	E	E	E
		SE	E	E	E
T3	-18 °C	ST	A	A	A
		SE	A	A	A
	-25 °C	ST	E	E	E
		SE	E	E	E
	-30 °C	ST	E	E	E
		SE	E	E	E
T6	-18 °C	ST	A	A	A
		SE	A	B	A
	-25 °C	ST	A	A	A
		SE	A	A	A
	-30°C	ST	E	A	A
		SE	A	A	A

lation et celle de l'entreposage joue sur le degré d'altération des propriétés chimiques du poisson. Plus la température de congélation et d'entreposage est très basse, mieux le poisson est mieux conservé (poisson se conserve mieux à -40°C qu'à -18°C).

Toutefois, des changements destructeurs de la qualité (saveur, odeur, texture, couleur) se produisent lors de la congélation, de l'entreposage à l'état congelé et de la décongélation du poisson (COLEEN *et al.*, 2012).

Variations de la qualité chimique

Azote Basique Volatil Total (ABVT)

Des taux d'ABVT de 30 à 35 mg/100 g de chair de poisson sont généralement considérés comme la limite de l'acceptabilité du poisson stocké dans la glace (CONNELL, 1995 ; HUSS, 1988). Lors de la réception (T0), la teneur initiale en Acide Basique Volatil Total chez la sardine était de $13,85 \pm 0,35$ mg/100 g de chair. Cette concentration a augmenté de façon importante entre T0 et T1, car on passe à $26,8 \pm 0,42$ mg/100 g pour ST et à $24,85 \pm 0,35$ mg/100 g de chair pour SE. Cette forte altération observée entre la réception (T0) et la congélation (T1), bien qu'elle reste inférieure au seuil toléré, serait liée à la cadence et aux températures de mani-

Conservabilité de la sardine congelée

pulation du produit avant congélation (équipe réduite pour les opérations d'ététagage et de lavage du poisson ; ces opérations étaient en outre conduites à température ambiante dans la halle technologique). Cette altération résulte sans doute de la dégradation bactérienne des substances azotées et de l'altération générale de la chair (DEBEVERE & BOSKOU, 1996).

Tout au long de l'entreposage aux différentes températures, le taux d'ABVT augmente significativement (Tableau 4).

Tableau 4

Dosages de l'ABVT (mg/100 g) dans les sardines congelées et entreposées à différentes températures (-18°C, -25°C et à -30°C) (P < 0, 05).

Assays of TVB (mg/100 g) in frozen sardines stored at different temperatures (-18°C, -25°C and -30°C). (P < 0, 05).

	ST			SE		
	-18°C	-25°C	-30°C	-18°C	-25°C	-30°C
T3	30,35 ± 0,21	29,8 ± 0,14	29,25 ± 0,21	28,6 ± 0,42	27,35 ± 0,21	27,35 ± 0,21
T6	38,2 ± 0,99	34,95 ± 1,06	32,85 ± 0,21	33,95 ± 1,20	32,45 ± 0,35	32,4 ± 0,35

À la lumière de ces résultats, on peut conclure que la sardine entreposée à basse température, qu'il s'agisse de la sardine entière (ST) ou celle étêtée et éviscérée (SE), se conserve dans de bonnes conditions. Le taux d'ABVT des lots SE est toujours inférieur à celui des lots ST, et les différences sont d'autant plus marquées que les températures de stockage sont plus élevées. Ceci est sans doute dû à l'absence des viscères, source de bactéries, dans les lots SE. Ces résultats rappellent ceux trouvés par ABABOUC (1996) et KILINC & CAKLI (2004) sur la sardine. ÉTIENNE (2005) a également constaté que la teneur en ABVT augmente au cours de l'entreposage. La teneur en ABVT initiale est toujours faible par rapport à celle finale, et elle augmente au cours de la manipulation (CALANCHE *et al.*, 2013)

L'ABVT comme indicateur de fraîcheur et critère de contrôle de la qualité des produits de la mer a été utilisé chez divers poissons comme la morue de l'Atlantique (BOTTA *et al.*, 1984), la sardine (ABABOUC *et al.*, 1996 ; ÖZOGUL *et al.*, 2004) et l'anguille européenne (ÖZOGUL *et al.*, 2005). L'augmentation d'ABVT résulte majoritairement de la dégradation des protéines sous l'action de bactéries ou d'enzymes présentes dans le poisson. Ces changements peuvent être favorisés par la dénaturation et l'agrégation des protéines induites par la congélation (GRABOWSKA & SIKORSKI, 1974). Toutefois, ce critère ne constitue pas un moyen efficace pour évaluer la qualité des poissons stockés et entreposés à des basses températures (SELMİ & SADOK, 2006). Un produit peut en effet présenter des teneurs en ABVT dépassant le seuil de tolérance alors qu'il conserve de bonnes qualités organoleptiques.

Oméga 3

Les sardines fraîches et congelées destinées aux analyses ont une longueur moyenne de 14,35 ± 0,79 cm (ST) ; 11,02 ± 0,63 cm (SE) et un poids moyen de

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

27,25 ± 4,62 g (ST) ; 18,67 ± 3,72 g (SE). Les teneurs en lipides totaux dans les sardines congelées et entreposées à différentes températures ont tendance à diminuer tout au long du stockage.

On constate que plus la température est basse, moins cette diminution est marquée : les teneurs en lipides totaux diminuent plus significativement dans les sardines entreposées à -18°C qu'à -30°C (Tableau 5). Cette variation démontre que la sardine se dégrade moins lorsqu'elle est conservée à des températures très basses et que les teneurs de lipides totaux du lot SE sont inférieures à celle de ST tout au long de l'entreposage.

Le tableau 5 résume les teneurs de l'EPA et DHA dans la partie consommable de la sardine fraîche ou congelée et entreposée aux différentes températures pour ST et SE.

Tableau 5

Teneur moyennes (en % des acides gras totaux) en EPA et DHA des sardines congelées et entreposées à différentes températures (-18°C, -25°C et -30°C). (P> 0, 05).

Average content (in % of total fatty acids) of EPA and DHA in frozen sardines stored at different temperatures (-18°C, -25°C and -30°C) (P> 0, 05).

		Longueur (cm)	Poids (g)	Teneur en lipides totaux (g/100 g de chair)	% EPA	% DHA	
T0	ST	15,7 ± 1,37	33,29 ± 5,66	7,12 ± 0,31	7,21 ± 0,26	8,25 ± 0,49	
	SE						
T1	ST	14,65 ± 0,78	27,53 ± 5,66	6,6 ± 0,14	2,99 ± 0,09	7,28 ± 0,53	
	SE	11,5 ± 1,39	20,91 ± 5,86	6,47 ± 0,03	3,18 ± 0,12	6,95 ± 0,07	
T3	-18°C	ST	13,85 ± 1,45	24,55 ± 5,77	5,27 ± 0,10	2,83 ± 0,14	6,45 ± 0,35
		SE	10,15 ± 1,00	14,49 ± 4,19	5,05 ± 0,14	2,96 ± 0,02	6,30 ± 0,28
	-25°C	ST	14,78 ± 0,96	26,85 ± 5,72	5,85 ± 0,07	2,85 ± 0,14	6,65 ± 0,21
		SE	10,55 ± 1,61	14,79 ± 4,27	5,55 ± 0,07	2,99 ± 0,01	6,65 ± 0,21
	-30°C	ST	13,11 ± 1,20	20,84 ± 2,87	6,65 ± 0,21	2,89 ± 0,12	7,02 ± 0,10
		SE	10,57 ± 1,20	16,41 ± 3,97	5,95 ± 0,21	3,12 ± 0,03	6,99 ± 0,01
T6	-18°C	ST	13,90 ± 0,61	22,72 ± 3,04	4,87 ± 0,31	2,60 ± 0,14	6,25 ± 0,21
		SE	11,21 ± 0,76	20,22 ± 3,40	4,62 ± 0,17	2,04 ± 0,04	4,65 ± 0,21
	-25°C	ST	14,06 ± 1,07	28,50 ± 4,68	5,12 ± 0,03	2,80 ± 0,06	6,40 ± 0,14
		SE	11,98 ± 1,17	24,85 ± 5,46	4,8 ± 0,42	2,25 ± 0,07	5,05 ± 0,21
	-30°C	ST	14,8 ± 1,79	33,77 ± 5,12	5,72 ± 0,53	2,85 ± 0,07	6,60 ± 0,14
		SE	11,19 ± 0,88	19,04 ± 3,76	5,25 ± 0,07	2,50 ± 0,14	5,50 ± 0,14

En analysant les teneurs de l'EPA, on remarque une forte diminution entre T0 et T1, qui est sans doute due, comme pour l'ABVT, à la cadence et aux températures de manipulation du produit avant congélation.

Les teneurs en EPA et en DHA diminuent (p > 0,05) au cours de l'entreposage. Cette diminution est d'autant plus réduite que les températures d'entreposage sont plus basses. Par ailleurs, on constate que la teneur en EPA diminue plus rapidement

Conservabilité de la sardine congelée

que celle en DHA. La baisse de la teneur en EPA et en DHA est due à l'oxydation des graisses insaturées dans le poisson congelé, causée par l'action de l'oxygène de l'air et facilitée par tout ce qui augmente le volume d'air en contact avec la surface du poisson, comme l'entreposage prolongé. On remarque que les teneurs en DHA et EPA dans SE sont inférieures à celles de ST : cette différence étant plus marquée après 6 mois d'entreposage, et elle peut être due à l'augmentation des surfaces de contact avec l'oxygène de l'air, qui va favoriser l'oxydation dans les lots SE.

Nos résultats sont en accord avec ceux de ROUGEREAU & PERSON (1991), qui ont étudié l'évolution des taux des EPA-DHA dans la chair des sardines congelées et ont constaté que le taux de ces acides gras oméga-3 baisse au cours de la période d'entreposage, et ceux d'AUBOURG *et al.* (2005), qui ont montré que l'oxydation lipidique est plus marquée dans les filets que dans les poissons entiers entreposés à -25°C.

CASTRILLON *et al.* (1996) ont observé de légère diminution du taux d'acide gras dans des sardines surgelées, stockées à -20°C pendant 4 mois puis décongelées en ambiance réfrigérée à 4°C. CHAIJAN *et al.* (2006) ont observé des diminutions marquées des acides gras polyinsaturés, particulièrement l'EPA et le DHA, lorsque le temps de stockage augmente. Ces changements indiquent qu'il y a eu oxydation des lipides dans les muscles de la sardine.

Il s'avère donc que la congélation constitue un bon procédé pour augmenter la durée de conservation des produits halieutiques. En effet, les vitesses d'oxydation des lipides et des pigments hémiques sont notablement réduites aux basses températures. L'hème ferrique (présent dans le sang) est un catalyseur majeur de l'oxydation lipidique. Le sang résiduel présent dans la chair constitue donc un facteur majeur de son brunissement et du développement de saveurs indésirables lors du stockage en glace (JEONG-HO & TOSHIKI, 2011). Les températures les plus basses (inférieures à -30°C) limitent davantage l'oxydation. Aux températures supérieures, KE *et al.* (1977) ont constaté que la formation de peroxydes peut persister, et ce même à -15°C.

Par ailleurs, des précautions lors de la manipulation du poisson sont nécessaires, et les modifications induites seront d'autant moins importantes que le poisson sera bien traité (peu de manipulations, pas de meurtrissures) et refroidi précocement (la température à cœur devrait être proche de 0°C au maximum dans les 6 heures suivant la capture et ne jamais remonter au-dessus de +2°C). Le poisson frais est sensible à la dégradation causée par des réactions tant microbiologiques que chimiques. La détérioration des lipides a facilement lieu et limite la durée de conservation des poissons gras (CHO *et al.*, 1989 ; McDONALD & HULTIN, 1987).

Conclusions

La congélation est une technologie de traitement du poisson permettant de répondre à certains besoins tels que la surabondance permanente ou saisonnière du poisson, l'irrégularité de l'approvisionnement des industries en produits de la pêche, l'exportation des produits de la pêche et la préservation de leur qualité commerciale. Cependant, la qualité des produits congelés dépend entre autres de la technique de congélation utilisée, des conditions de stockage à l'état congelé notamment la température et la durée, de la matière première (entière ou étêtée et éviscérée), ainsi que de la technique de décongélation utilisée.

Les modifications qui surviennent lors de l'entreposage à l'état congelé, particulièrement pour les petits pélagiques (sardine, maquereau et anchois) limitent l'utilisation de ces poissons en tant que matière première pour l'industriel ou comme aliment pour le consommateur.

Ces modifications concernent les fractions lipidiques et protéiques du poisson. Les principales transformations de la fraction grasse concernent la lipolyse et l'oxydation, susceptibles de provoquer un rejet par le consommateur. À cela, il faut ajouter la perte substantielle lors d'un entreposage défectueux (stockage prolongé ou fluctuations de température) des acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3, particulièrement les acides eicosapentaénoïque (EPA) et docosahexaénoïque (DHA), dont le rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires est bien établi et donne un intérêt particulier à la consommation des poissons gras. Quant à la fraction azotée du poisson, la modification la plus déterminante est la dénaturation des protéines, qui fait perdre aux poissons leurs propriétés organoleptiques originelles, notamment la tendreté de la chair.

Cette étude nous a permis de démontrer que la sardine conserve une meilleure qualité sanitaire et nutritionnelle lorsqu'elle est conservée entière (ST), et de confirmer que la congélation des produits de la mer, particulièrement la sardine, s'avère comme une des meilleures voies de conservation du poisson. Néanmoins, certaines précautions sont nécessaires, notamment entreposer aux températures les plus basses et de préférence conserver les sardines entières et pour une période limitée. Par conséquent, et pour une meilleure évaluation de la dégradation de la sardine durant un entreposage prolongé, nous avons entamé une étude qui concernera l'évolution des paramètres sanitaires et nutritionnels de la sardine entière ou étêtée et éviscérée, après 12 mois d'entreposage et à différentes températures (-18°C, -25°C et à -30°C). Mais, dans tous les cas, il apparaît nécessaire d'améliorer les manipulations préalables à la congélation, car les dégradations qui se produisent au cours de celles-ci sont finalement plus importantes quantitativement que celles qui ont lieu pendant le stockage à l'état congelé pendant les 6 mois suivants.

Conservabilité de la sardine congelée

RÉFÉRENCES

- ABABOUC, L.H. (1996).- *Conservation des petits poissons pélagiques par la glace et par l'eau de mer refroidie à la glace*. FAO, Rapport sur les pêches n° 574, 23-30.
- ABABOUC, L. H., SOUIBRI, L., RHALIBY, K., OUADHI, O., BATTAL, M. & BUSTA, F.F. (1996).- Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperatures. *Food Microbiol.*, **13**, 123-132.
- AUBOURG, S.P., RODRIGUEZ, A. & GALLARDO, J.M. (2005).- Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of catching season and commercial presentation. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **107**, 316-323.
- BERNA, K. & SUKRAN, C. (2004).- Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination. *Food Chem.*, **88**, 275-280.
- BLIGH, E. & DYER, W. (1959).- A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917.
- BOTTA, J.R., LAUDER, J.T. & JEWER, M. A. (1984).- Effect of methodology on the total volatile basic nitrogen (TVB-N) determination as an index of quality of fresh Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food Sci.*, **49**, 734-736.
- CALANCHE, J., SAMAYOA, S., ALONSO, V., PROVINCIAL, L., RONCALÉS, P. & BELTRÁN, J.A. (2013).- Assessing the effectiveness of a cold chain for fresh fish salmon (*Salmo salar*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in a food processing plant. *Food Control*, **33**, 126-135.
- CASTRILLON, A.M., ALVAREZ-PONTES, E., GARCIA ARIAS, M.T. & NAVARRO, P. (1996).- Influence of frozen storage and defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). *J. Sci. Food Agric.*, **70** (1), 29-34.
- CHAIJAN, M., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. & FAUSTMAN, C. (2006).- Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. *Food Chem.*, **99**, 83-91.
- CHO, S., ENDO, Y., FUJIMOTO, K., & KANEDA, T. (1989).- Oxidative deterioration of lipids in salted and dried sardines during storage at 5°C. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 541-544.
- COLEEN, L., TREVOR, J.B. & LOUWRENS, C.H. (2012).- Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Sci.*, **91**, 93-98
- CONNELL, J.J. (1995).- *Control of fish quality* (Fourth Ed.). Farnham Surrey: Fishing News Books Ltd, pp. 157, 159-160.
- COUNCIL REGULATIONS (1989).- Barème de Cotation - Fraîcheur. In: *Journal officiel des Communautés européennes* (Règlement CEE 33/89 No. L 5/21 (07/01/1989)). Bruxelles (Belgique): Commission Européenne.
- DEBEVERE, J. & BOSKOU, G. (1996).- Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets. *Int. J. Food Microbiol.*, **31**, 221-229.
- ETIENNE, M. (1998).- L'ABVT. Fiche technique Ifremer, Département Valorisation des Produits, Bibliomer n°4, notice 1998-0348.
- ETIENNE, M. (2005).- Traceability - Project 6.3 - Valid - Methods for chemical quality assessment - Volatile amines as criteria for chemical quality assessment. European Project SeaFoodPlus, 21 p.
- GROBOWSKA, J. & SIRKORSKI, Z. (1974).- The emulsifying capacity of fish proteins. In *Proceedings of the fourth international congress of food science and technology*, Madrid. Topic 2, pp. 5-7.
- HUSS, H.H. (1988).- *Fresh fish-quality and quality changes*. Roma: FAO Fisheries Series No. 29.
- JEONG-HO, S. & TOSHIAKI, O. (2011).- *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications - Manuel sur la qualité et la sécurité des produits de la mer, et leurs applications santé*. Vol. Part I, Seafood quality (chapitre 8), p. 96-108 - 542 p. ISBN 978-1-4051-8070-2.

Bulletin de la Société zoologique de France 139 (1-4)

- KE, P.J., ACKMAN, R.G., LLINKE, B.A. & NASH, D.M. (1977).- Differential lipid oxidation in various part of frozen mackerel. *J. Food Technol.*, **12**, 37-47.
- LOSADA, V., BARROS-VELÁZQUEZ, J. & AUBOURG, S.P. (2007).- Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT - Food Sci. Technol.*, **40**, 991-999.
- MARTI DE CASTRO, M.A.M., GÓMEZ-GUILLEN, M.C. & MONTERO, P. (1997).- Influence of frozen storage on textural properties of sardine (*Sardina pilchardus*) mince gels. *Food Chem.*, **60**, 85-93.
- McDONALD, R.E. & HULTIN, H.O. (1987).- Some characteristics of the enzymic lipid peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeletal muscle. *J. Food Sci.*, **52**, 15-21, 27.
- MONTERO, P., MARTI DE CASTRO, M.A., SOLA, M.T. & GÓMEZ-GUILLEN, M.C. (1997).- Textural and microstructural changes in frozen stored sardine mince gels. *Food Sci.*, **64**, 838-842.
- NICOLLE, J.P. & KNOCKAERT, C. (1989).- *Les conserves des produits de la mer*. IFREMER, Collection « Valorisation des produits de la mer ». 15-31.
- ÖZOGUL, F., POLTA, A. & ÖZOGUL, Y. (2004).- The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chem.*, **85**, 49-57.
- ÖZOGUL, Y., ÖZYURT, G., ÖZOGUL, F., KULEY, E. & POLAT, A. (2005).- Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chem.*, **92**, 745-751.
- ROUGEREAU, A. & PERSON, O. (1991).- Intérêt nutritionnel des acides gras insaturés de la sardine et maquereau : influence du mode de conservation *Médecine et Nutrition*, **39** (1), 9-14.
- SELMİ, S. & SADOK, S. (2006).- Évaluation de la qualité sensorielle et biochimique de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* au cours du stockage dans l'eau de mer refroidie à la glace. *Bull. Inst. Natn. Sci. Tech. Mer, Salammbô*, **33**, 101-106.
- SURH, J., RYU, J.S. & KWON, H. (2003). - Seasonal variations of fatty acid compositions in various Korean shellfish. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 1617-1622.
- TOKUR, B., OZKÜTÜK, S., ATICI, E., OZYURT, G. & OZYURT C.E. (2005).- Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18 °C). *Food Chem.*, **99**, 335-341.

(reçu le 30/01/2013 ; accepté le 14/10/2013)