

Effet de l'entreposage à l'état congelé sur la qualité de la sardine (*Sardina pilchardus*)

Naïma BOU M'HANDI^{1*}, Romuald AKENDENGUE^{1,3}, Nadia MAATA² et Nadia RHARBI³

¹ 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

² Laboratoire Officiel d'Analyses et de Recherches Chimiques (LOARC), Casablanca, Maroc

³ Laboratoire d'Ecologie, d'Environnement et d'Aquaculture, Université Hassa II, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca, Maroc

* Correspondance, courriel : nboumhandi@yahoo.fr

Résumé

Pour une meilleure compréhension des effets du stockage à l'état congelé de la sardine (*Sardina pilchardus*), principale espèce de poissons pélagiques produite au Maroc, la présente étude s'est proposée d'évaluer les effets du stockage à différentes températures (- 18°C, - 25°C et - 30°C) durant 6 mois sur les paramètres organoleptiques et nutritionnels principalement les acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3 (EPA et DHA) de la sardine congelée. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation de la glace pour refroidissement avant congélation a un effet positif sur la qualité sensorielle et chimique de la sardine après capture. La sardine congelée puis entreposée aux températures les plus basses (-30°C) a conservé de meilleures propriétés sensorielles et nutritionnelles (oméga 3 : EPA-DHA). De même, la sardine congelée conserve une meilleure qualité organoleptique et nutritionnelle lorsqu'elle est conservée entière. D'autre part, la corrélation de l'évolution des teneurs en ABVT avec l'altération organoleptique a permis de conclure que l'ABVT peut être utilisé comme indice fiable et objectif pour évaluer la qualité de la sardine congelée.

Mots-clés : *conservabilité, sardine, congélation, altération chimique, acides gras oméga-3, EPA, DHA, ABVT et organoleptique.*

Abstract

Effect of frozen storage on quality of sardine (*Sardina pilchardus*)

For a better understanding of the effects of storage frozen sardine (*Sardina pilchardus*), the main species of pelagic fish produced in Morocco, this study is proposed to evaluate the effects of storage at different temperatures (- 18°C, - 25°C, - 30°C) for 6 months on the organoleptic and nutritional parameters mainly polyunsaturated fatty acids omega 3 (EPA and DHA) of frozen sardine. The results showed that the use of ice for cooling before freezing has a positive effect on the sensory and chemical quality of the sardine after capture. Frozen sardine stored at lower temperatures (-30 °C) was maintained better sensory and nutritional properties (omega 3 EPA - DHA). Similarly, frozen sardines retains better organoleptic and nutritional quality when stored whole. On the other hand, the correlation of changes in TVB-N with impaired sensory concluded that TVB can be used as reliable and objective index to evaluate the quality of frozen sardine.

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

1. Introduction

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 voir leur amélioration [1, 2]. 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 ainsi que de la technique de décongélation utilisée [3-5]. 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 [4, 6]. Les principales transformations de la fraction grasse concernent la lipolyse et l'oxydation susceptibles de provoquer une aversion pour le consommateur.

A cela, il faut signaler la perte substantielle lors d'un entreposage défectueux (stockage prolongé ou fluctuation 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 maintenant bien établi [7-9]. Quant à la fraction azotée du poisson, la modification la plus déterminante est la dénaturation des protéines qui fait perdre aux poissons ses propriétés organoleptiques originelles notamment la tendreté de sa chair [10, 11]. Pour une meilleure compréhension des effets du stockage à l'état congelé de la sardine (*Sardina pilchardus*), principale espèce de poissons pélagiques produite au Maroc et afin d'aider à établir les paramètres de qualité qui seraient utilisés pour prédire la durée de conservation de ce produit, la présente étude se propose d'évaluer les effets du stockage à différentes températures (- 18°C, - 25°C et - 30°C) pendant 6 mois sur les paramètres organoleptique et nutritionnels principalement les acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3 (EPA et DHA) de la sardine congelée.

Sur le plan professionnel, cette étude permettra d'apprécier la période de stockage au cours de laquelle le poisson, sans entamer sa phase d'altération proprement dite, commencera à perdre ses qualités originelles recherchées en l'occurrence les acides de type oméga 3. Les résultats attendus seront donc en mesure de déterminer la date optimale d'utilisation pour l'industriel. Sur le plan économique, les résultats obtenus contribueront au renforcement du label qualité de la sardine congelée et contribueront à promouvoir l'exportation de ce produit.

2. Matériel et méthodes

2-1. Echantillonnage

Pour mener à bien notre étude, il a été indispensable d'utiliser une sardine d'une extrême fraîcheur. Les échantillons de sardine ont ainsi été prélevés au niveau du port d'Agadir quelques heures après capture courant du mois de septembre 2012 (taux maximal en lipides). Un lot de 10 kg de poisson a été échantillonné et réparti dans des caisses en polystyrène puis mis immédiatement sous glace avec un ratio glace/ poisson de 1/3. Le temps écoulé entre la capture et l'arrivée au laboratoire est compris entre 5 à 6 heures.

2-2. Congélation

Immédiatement après Arrivée au laboratoire, un premier prélèvement est effectué (T0). Le reste du poisson est réparti en deux lots. Un premier lot est constitué de sardine entière (SE) et le second de sardine étêtée et éviscérée (SEE). Après lavage, les 2 lots ont subi une congélation dans un tunnel à air pulsé à -35°C . Le poisson congelé a été par la suite conditionné sous forme de petits lots (40 pièces) pour les besoins d'analyse.

2-3. Entreposage

La température de stockage a un rôle déterminant dans l'évolution des modifications des constituants du poisson et par conséquent, dans la définition de la durée de conservation. Trois températures de stockage ont été choisies : -18°C (qui concernera le lot de référence), -25°C et -30°C pendant **6 mois**.

2-4. Décongélation

Pour le suivi analytique du poisson au cours de son entreposage, les échantillons de sardine congelée ont été décongelés dans une chambre froide à $+4^{\circ}\text{C}$ pendant 18 heures environ.

2-5. Suivi du poisson au cours de son stockage

Les lots de sardines SE et SEE 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.

2-6. Suivi organoleptique

L'évaluation organoleptique a été réalisée par un panel composé de 6 personnes. Pour la sardine fraîche à la réception (T0), les tests sensoriels ont été effectués selon le barème de cotation de la fraîcheur du poisson défini par le règlement (CE) N° 2406/96 du Conseil du 26 Novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche dont le poisson bleu, sardine inclus [12]. Cette appréciation a concerné l'observation des caractères relatifs à la peau, les yeux, les branchies, la consistance de la chair, le mucus cutané, les opercules et l'odeur des branchies. Trois catégories ont été distinguées : qualité Extra, A ou B (Tableau 1). Pour la sardine congelée, l'analyse sensorielle a été réalisée selon le barème de cotation de la fraîcheur du poisson défini par le règlement du conseil N°33/89/CEE [13]. Quatre catégories de fraîcheur 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 choisis 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. A 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 1 : Critères d'évaluation de la fraîcheur de la sardine fraîche [7]

	Critères			
	Catégories de fraîcheur			Non admis ⁽¹⁾
	Extra	A	B	
Peau	Pigmentation vive, couleurs vives, brillantes et iridescentes; nette différence entre surfaces dorsale et ventrale	Perte d'éclat et de brillance; couleurs plus fades; moins de différence entre surfaces dorsale et ventrale	Ternie, sans éclat, couleurs délavées; peau plissée lorsqu'on courbe le poisson	Pigmentation très terne; peau se détache de la chair
Mucus cutané	Aqueux, transparent	Légèrement trouble	Laiteux	Gris jaunâtre, Mucus opaque
Consistance de la chair	Très ferme, rigide	Assez rigide, ferme	Un peu molle	Molle (flasque)
Opercules	Argentés	Argentés, légèrement teintés de rouge ou de brun	Brunissement et extravasations sanguines étendues	Jaunâtres
Œil	Convexe, bombé; pupille bleu-noir brillante, «paupière» transparente	Convexe et légèrement affaissé; pupille foncée, cornée légèrement opalescente	Plat; pupille voilée; extravasations sanguines autour de l'oeil	Concave au centre; pupille grise; cornée laiteuse
Branchies	Rouge vif à pourpre uniformément; pas de mucus	Couleur moins vive, plus pâle sur les bords; mucus transparent	S'épaississant, se décolorant, mucus opaque	Jaunâtre; mucus laiteux
Odeur des branchies	D'algues marines fraîches; âcre, iodée	Absence d'odeur ou odeur d'algues marines, odeur neutre	Odeur grasse un peu sulfureuse, de lard rance ou de fruit pourri	Odeur aigre de putréfaction

(1) Les critères de cette colonne ne s'appliqueront que jusqu'à l'adoption d'une décision de la Commission fixant les critères qui caractérisent le poisson impropre à la consommation humaine, conformément à la directive 91/493/CEE du Conseil.

Tableau 2 : Critères d'évaluation de la fraîcheur de la sardine congelée [3]

	Critères			
	Catégories de fraîcheur			
	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

2-7. Suivi analytique

Il s'agit essentiellement d'un suivi chimique, les analyses bactériologiques ne sont pas d'une grande utilité pour apprécier l'altération des produits congelés. Les modifications qui ont fait l'objet d'un suivi ont concerné les fractions azotées et grasses en l'occurrence, l'ABVT comme indice d'altération du poisson, les lipides totaux et les acides gras libres. Les analyses chimiques ont été effectuées en double pour chaque lot de 10 pièces de sardine. Les résultats sont représentés sous forme de moyennes et d'écart type et la signification des résultats a été établie selon le niveau de probabilité p inférieur ou supérieur à 0,05.

2-8. Azote Basique Volatil Total (ABVT)

Le dosage de l'ABVT a été effectué selon la méthode de référence CE N° 2074/2005 [14]. Cette méthode 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.

2-9. Lipides totaux et acides gras Oméga 3 (EPA- DHA)

Dans un premier temps les lipides sont extraits des broyats selon la méthode de Bligh and Dyer (1959) [15] et sont stockés sous azote à -20°C jusqu'à méthylation. La préparation des esters méthyliques d'acides gras a été effectuée dans un second temps par la méthode d'estérification à froid référencée NF EN ISO 5509 [16]. La Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) a été réalisée à l'aide d'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 : $A_i \times 100 / \text{somme des } A_i$, avec A_i = aire du pic correspondant au composé i .

2-10. Traitement statistique des données

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée par le logiciel STATISTICA [17] suivant le programme ANOVA ($p < 0,05$), afin d'analyser la comparaison des moyennes, les écarts types, les différences significatives et les corrélations.

3. Résultats

3-1. Appréciation organoleptique

Au moment de la réception au temps (T0), la sardine fraîche s'est caractérisée 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. La sardine échantillonnée est d'excellente qualité, qualité "extra-frais" selon le barème de cotation de la fraîcheur du poisson défini par le règlement CE N° 2406/96 [12]. Juste après congélation au temps T1, la sardine aussi bien entière (SE) que éviscérée (SEE) est de très bonne qualité organoleptique (**Tableau 3**). Cependant, lors de l'entreposage à l'état congelé, le poisson commence à perdre progressivement ses qualités organoleptiques en fonction des différents temps et températures étudiées. Après 3 mois d'entreposage, les premiers signes d'apparition de tâches jaunâtres sur le poisson sont observables sur les lots de sardine SEE entreposés à -18°C . Ces lots se caractérisent aussi par une diminution de l'odeur d'algues et de crustacés et d'une diminution de l'apparence de la chair traduite par un aspect jaunâtre et sec avec des myotomes séparés. Après 6 mois d'entreposage, les dégradations sensorielles du produit se poursuivent. A -25°C , les lots SEE se caractérisent par l'apparition de tâches jaunâtres et d'une légère odeur externe aigre et rance, sans doute due à l'oxydation des lipides. Toutefois, on constate que tout au long de la durée de l'entreposage aux trois températures étudiées, les lots de sardine SE se sont dégradés plus rapidement que les lots de sardine SEE. Il ressort également de ces résultats, que la sardine entreposée aux températures les plus basses (-30°C) a conservé de meilleures propriétés sensorielles.

Tableau 3 : *Evolution des paramètres organoleptiques au cours de l'entreposage de la sardine à l'état congelé*

Entreposage			Paramètres d'appréciation		
Temps	Température (°C)	Type de Produit	Odeur externe	Peau et couleur externe	Apparence de la chair
T1	-	Sardine entière	E	E	E
	-	Sardine étêtée éviscérée	E	E	E
T3	-18	Sardine entière	A	A	A
		Sardine étêtée éviscérée	A	B	A
	-25	Sardine entière	E	E	E
		Sardine étêtée éviscérée	E	A	E
-30	Sardine entière	E	E	E	
	Sardine étêtée éviscérée	E	E	E	
T6	-18	Sardine entière	A	A	A
		Sardine étêtée éviscérée	A	B	B
	-25	Sardine entière	A	A	A
		Sardine étêtée éviscérée	A	B	A
	-30	Sardine entière	E	A	A
		Sardine étêtée éviscérée	A	A	A

E : qualité supérieure ; A : bonne qualité ; B : qualité acceptable ; C : à rejeter

3-2. Evolution de l'Azote Basique Volatil Total (ABVT)

Les résultats du suivi de l'évolution de la teneur en ABVT dans la sardine congelée et entreposée aux différentes températures et temps de stockage sont présentés dans la figure 1. A T0 les teneurs initiales en ABVT dans la sardine fraîche sont de $15,54 \pm 0,39$ mg/100 g. Ces teneurs augmentent significativement ($P < 0,05$) lors de l'entreposage à l'état congelé pour atteindre au terme du stockage (T6) les valeurs de $30,77 \pm 0,56$ mg/100 g. Toutefois, les valeurs ABVT n'ont jamais dépassé la limite légale de 35 mg/100g de chair. La comparaison des lots entreposés aux différentes températures de congélation montre que les teneurs en ABVT des lots de sardine étêtée éviscérée (SEE) sont toujours inférieures à celles des lots de sardine entière (SE). Ces différences sont d'autant plus marquées que les températures de stockage sont plus élevées.

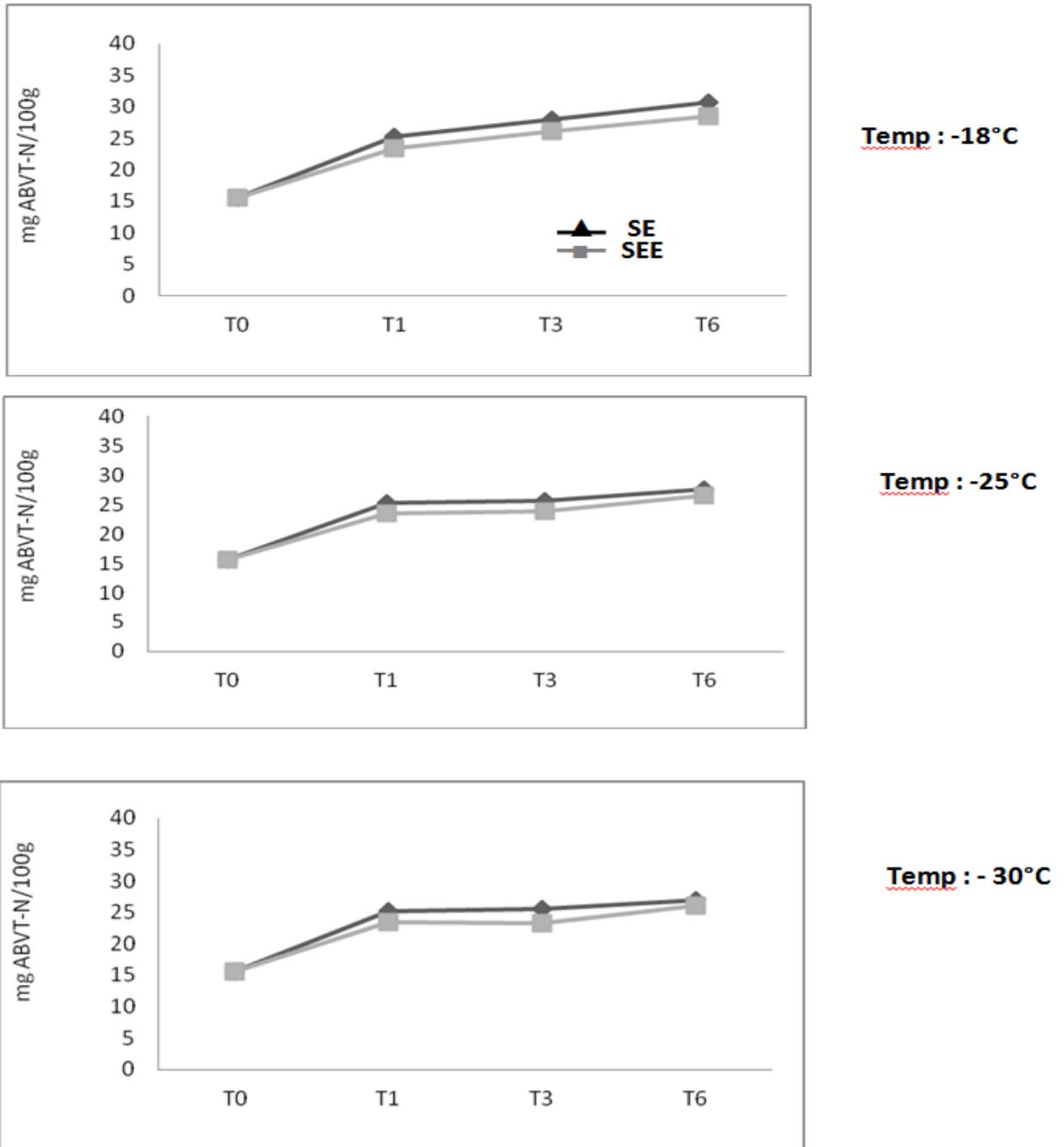


Figure 1 : Evolution de l'ABVT au cours de l'entreposage de la sardine à l'état congelé ($n=10$, $p < 0,05$) (SE: Sardine entière; SEE: Sardine étêtée éviscérée)

3-3. Evolution des lipides totaux et acides gras Oméga 3 (EPA- DHA)

Les résultats du suivi de l'évolution des teneurs en lipides totaux et leur composition en acides gras polyinsaturés de la série n-3 (EPA-DHA) dans la partie consommable de la sardine congelée et entreposée à différentes températures sont présentés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Teneurs moyennes des acides gras totaux, EPA et DHA de la sardine congelée et entreposée à différentes températures (n=10, p > 0,05)

Entreposage			Longueur (cm)	Poids (g)	lipides totaux (g/100 g de chair)	% EPA	% DHA
Temps	Température (°C)	Produit					
T0	-	SE	16,35 ± 0,75	38,46 ± 2,91	16,80 ± 0,49	12,10 ± 0,47	14,02 ± 0,47
T1	-	SE	16,44 ± 0,69	39,54 ± 2,39	16,55 ± 0,60	9,40 ± 0,33	13,35 ± 0,53
		SEE	12,25 ± 0,69	27,11 ± 4,47	15,77 ± 0,14	8,42 ± 0,24	12,30 ± 0,67
T3	-18	SE	15,87 ± 0,65	36,8 ± 3,66	12,55 ± 0,35	5,44 ± 0,17	9,22 ± 0,45
		SEE	12,27 ± 0,54	26,73 ± 3,86	11,62 ± 0,23	4,94 ± 0,11	8,26 ± 0,38
	-25	SE	15,06 ± 0,61	36,60 ± 1,80	14,27 ± 0,24	5,98 ± 0,14	10,27 ± 0,41
		SEE	12,05 ± 0,50	26,32 ± 3,33	11,91 ± 0,37	5,16 ± 0,17	9,61 ± 0,31
	-30	SE	15,37 ± 0,73	40,24 ± 3,89	15,01 ± 0,48	7,43 ± 0,12	10,71 ± 0,40
		SEE	12,23 ± 0,64	24,61 ± 1,87	12,49 ± 0,16	5,74 ± 0,13	9,61 ± 0,41
T6	-18	SE	16,35 ± 0,91	33,30 ± 3,50	12,05 ± 1,27	4,21 ± 0,14	7,23 ± 0,21
		SEE	12,03 ± 0,60	24,01 ± 1,72	10,03 ± 0,21	3,68 ± 0,07	6,67 ± 0,21
	-25	SE	15,81 ± 0,68	38,20 ± 4,33	13,77 ± 0,79	5,05 ± 0,15	9,32 ± 0,34
		SEE	12,27 ± 0,53	25,66 ± 2,04	10,34 ± 0,27	4,85 ± 0,14	8,45 ± 0,31
	-30	SE	15,84 ± 0,67	38,62 ± 2,01	14,35 ± 0,35	6,06 ± 0,17	9,95 ± 0,34
		SEE	12,46 ± 0,59	28,02 ± 1,88	12,23 ± 0,84	5,11 ± 0,14	9,23 ± 0,44

SE: Sardine entière; SEE: Sardine étêtée éviscérée

La teneur en lipides totaux dans la sardine fraîche (T0) est de 16,80 ± 0,49g/100 g de chair, elle diminue légèrement juste après congélation et atteint à T1 les valeurs de 16,55 ± 0,60 g/100 g et 15,77 ± 0,14 g/100 g de chair respectivement dans les lots de sardine SE et SEE. Ces teneurs diminuent significativement (p >0,05) tout au long de l'entreposage en fonction des températures et temps de stockage. Plus la température est basse moins cette diminution est marquée. Les teneurs en lipides totaux diminuent plus significativement dans la sardine entreposée à - 18°C qu'à -30°C. Dans le même sens, les teneurs en EPA et en DHA diminuent significativement (p > 0,05) au cours de l'entreposage de la sardine à l'état congelée. Cette diminution est d'autant moins importante que les températures d'entreposage sont basses. Par ailleurs, il est à constater que les teneurs en EPA diminuent plus rapidement que celles en DHA et que les teneurs en EPA et DHA des lots de sardine SEE sont toujours inférieures à celles des lots SE.

4. Discussion

4-1. Appréciation organoleptique

Au moment de la réception au temps (T0), la sardine est d'excellente qualité, qualité "extra-frais". Des recherches antérieures ont montré une forte influence du refroidissement lors du stockage préliminaire à l'état frais sur la qualité du poisson congelé [18, 19].

[20] ont démontré que l'utilisation de la glace pour refroidissement avant congélation a un effet positif sur la protection de la qualité chimique du poisson après sa capture. Juste après congélation au temps T1, la sardine est de très bonne qualité organoleptique. Cependant, lors de l'entreposage à l'état congelé, le poisson commence à perdre progressivement ses qualités organoleptiques en fonction des différents temps et températures étudiées. Les principaux signes liés à la perte de la qualité organoleptique de la sardine congelée ont ainsi porté sur la dégradation de l'apparence de la chair qui s'est traduite par un aspect jaunâtre et sec avec des myotomes totalement séparés, d'une perte de pigmentation importante avec une présence de taches jaunâtres et d'une odeur légèrement de rance. Les conditions de stockage à l'état congelé, en termes de températures et temps, sont des facteurs déterminant pour évaluer la durée de conservation d'un produit. Aussi, Marti De Castro *et al.* (1997) [21] ont montré que plus la température de stockage est basse, plus le poisson conserve une meilleure qualité organoleptique.

En outre, [22] ont montré que des croquettes de poissons entreposées à -18°C ont gardé une bonne qualité organoleptique après 5 mois d'entreposage. De même, [23] ont montré que les températures de congélation et d'entreposage jouent un rôle important sur le degré d'altération des propriétés chimiques du poisson. Plus les températures de congélation et d'entreposage sont basses, mieux le poisson est conservé (poisson se conserve mieux à -40°C qu'à -18°C). L'un des principaux aspects liés à l'altération de la qualité du poisson congelé est la dénaturation des protéines myofibrillaires [24]. La dégradation des lipides, reste cependant la principale cause d'altération des poissons gras, dû à l'oxydation progressive et l'hydrolyse enzymatique des acides gras insaturés du poisson [25].

4-2. Evolution de l'Azote Basique Volatil Total (ABVT)

Des teneurs de 30 à 35 mg/100 g sont généralement considérées comme limites supérieures, au-delà de laquelle les produits de la pêche sont considérés comme altérés [26- 29]. A la lumière des résultats obtenus on peut conclure que la sardine entreposée à basse température (T_0) s'est conservée dans de bonnes conditions. L'utilisation de la glace avant congélation et entreposage est une pratique courante utilisée pour prolonger la durée de vie des produits aquatiques [30]. L'augmentation sensible des teneurs d'ABVT dans la chair de sardine après congélation serait due à la libération d'ammoniac et d'autres amines volatiles issus de la dégradation des tissus musculaires. [31] ont démontré que ces changements peuvent être causés par la dénaturation et l'agrégation des protéines par la congélation. [32] ont également démontré que le muscle de sardine se détériore progressivement au cours de la congélation à cause de l'accumulation de produits d'oxydation et d'agrégation des protéines musculaires.

D'autres auteurs en l'occurrence [23, 33] ont constaté une perte nette de fonctionnalité des protéines dans la sardine congelée et entreposée pendant de longues durées (3-6 mois). La diminution de la fonctionnalité des protéines musculaires peut être attribuée à leur hydrophobicité suite à l'augmentation des produits d'oxydation des lipides au cours du stockage à l'état congelé [34]. Récemment, [35] ont confirmé l'effet des produits d'oxydation des lipides sur la structure et fonction des protéines de poisson gras congelé. Par ailleurs, la corrélation de l'évolution des teneurs en ABVT avec l'altération organoleptique permet de conclure que l'ABVT peut être utilisé comme indice fiable et objectif pour évaluer la qualité de la sardine congelée, ce qui corrobore avec les résultats d'études antérieures menées sur la morue de l'Atlantique [36], la sardine [37, 38] et l'anguille européenne [39]. Les teneurs inférieures en ABVT enregistrés dans les lots de sardine SEE serait sans doute dû aux opérations de lavage et à l'absence des viscères, source de bactéries, dans les lots SE. Ces résultats rappellent ceux trouvés par [37] sur la sardine entreposée aux basses températures et [40], sur le maquereau congelé.

4-3. Evolution des lipides totaux et acides gras Oméga 3 (EPA- DHA)

La baisse des teneurs en lipides totaux et de leur composition en acides gras polyinsaturés de la série n-3 (EPA- DHA) dans la sardine congelée serait due à l'oxydation des graisses causée par l'action de l'oxygène. Les teneurs inférieures en DHA et EPA dans la sardine étêtée et éviscérée (SEE) comparées à la sardine entière (SE) seraient probablement due à l'augmentation des surfaces de contact avec l'oxygène favorisant ainsi l'effet d'oxydation des lots SEE. Nos résultats sont en accord avec plusieurs auteurs qui évoquent aussi une diminution des taux d'acides gras polyinsaturés sur de longues durées de conservation. Ainsi, [41] ont mis en évidence des pertes d'acides gras au cours du stockage de poissons chanidés (*Chanos chanos*) à -20°C . Les constatations formulées ont été attribuées à une hydrolyse préférentielle et progressive des phospholipides suivie d'une hydrolyse prédominante des lipides neutres à partir de la 10^{ème} semaine. Par ailleurs, l'hydrolyse des lipides, surtout les lipides neutres, est accélérée quand le poisson a été stocké sous glace avant congélation.

[42] ont aussi mis en évidence une diminution importante des EPA- DHA de poissons au cours du stockage à l'état congelée (38% de pertes en moyenne pour la sardine au bout de 2 ans et 72% pour le maquereau). [43] ont aussi montré que les acides gras polyinsaturés oméga 6 de pulpes de « Cachama » (*Colossoma macropomum*) et « d'Allache » (*Sardinella anchovia*) sont affectés par un stockage pendant 4 mois mais uniquement lorsqu'ils sont stockés à -10°C (et pas à -20°C). [44] ont abouti aux mêmes conclusions sur des filets de saumons stockés pendant 3 mois à -12°C . [45] ont également observé une diminution des acides gras polyinsaturés au cours du stockage de filets de mulets à -18°C pendant 9 mois, mais uniquement dans certaines fractions lipidiques (lipides polaires). [46] ont également observé ce phénomène dans des muscles adducteurs de coquilles Saint- Jacques (*Pecten maximus*). [47] ont eux prouvé que c'est la formation d'acides gras polyinsaturés libres (provoquée par hydrolyse enzymatique des lipides neutres) qui entraîne des détériorations de goût dans le saumon stocké à l'état congelé et qu'une pré- cuisson avant stockage à l'état congelé peut inhiber la formation de ces acides gras libres. Globalement, les différents auteurs ont observé une relative stabilité sur des durées de conservation assez courtes et une perte d'acides gras sur des durées de conservation plus longues, d'autant plus importante que la durée de stockage est importante et que les conditions de stockage sont défavorables (températures plus élevées,...). Toutefois la comparaison des études est difficile car les modes opératoires, les matrices étudiées et les conditions de conservation ne sont pas identiques.

5. Conclusion

Au terme de cette étude nous pouvons avancer que :

- i- L'utilisation de la glace pour refroidissement avant congélation a un effet positif sur la qualité sensorielle et chimique de la sardine après capture,
- ii- La sardine congelée entreposée aux températures les plus basses (-30°C) a conservée de meilleures propriétés sensorielles et nutritionnelles (oméga 3 : EPA-DHA),
- iii- La sardine congelée conserve une meilleure qualité organoleptique et nutritionnelle lorsqu'elle est conservée entière,
- iv- La corrélation de l'évolution des teneurs en ABVT avec l'altération organoleptique permet de conclure que l'ABVT peut être utilisé comme indice fiable et objectif pour évaluer la qualité de la sardine congelée.

Cette étude a permis 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, et pour une meilleure évaluation de la dégradation de la sardine durant un entreposage prolongé, une étude est entamée en vue d'apprécier l'évolution des paramètres organoleptiques et nutritionnels de la sardine après 12 mois d'entreposage et à différentes températures (-18°C, -25°C et à -30°C). Dans le cadre de cette étude, seront pris en considération des paramètres analytiques complémentaires plus poussés, à savoir l'étude de l'évolution des paramètres d'oxydation primaire et secondaire des lipides ainsi, que la mesure des composés fluorescents résultants de l'interaction composés protéiniques-lipides oxydés.

Références

- [1] - G. CAPPELN, J. NIELSEN and F. JESSEN, Synthesis and degradation of adenosine triphosphate in cod (*Gadus morhua*) at subzero temperatures. *J. Sci. Food Agric.*, 79(8) (1999) 1099-1104.
- [2] - J. NIELSEN and F. JESSEN F, Quality of Frozen Fish. In: Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality. Nollet, L. M. L. (Ed.) Blackwell Publishing, Iowa (2007) 577-586.
- [3] - K. Nilsson and B. Ekstrand, Frozen storage and thawing methods affect biochemical and sensory attributes of rainbow Trout. *J. Food Sci.*, 60(3) (1995) 627-630.
- [4] - P. POPELKA, O. LUPTÁKOVÁ, S. MARCINČÁK, J. NAGY, L. MESARČOVÁ and A. NAGYOVÁ, The effect of glaze and storage temperature on the quality of frozen mackerel fillets. *Acta Vet. Brno*, 81 (2012) 397-402.
- [5] - G. ROOPMA, S. SHALINI, K. MEENAKSHI and G. SWETA, Effect of Chilling and Freezing on Fish Muscle. *J. Pharm. Biol. Sci.* 2 (5) (2012) 05-09.
- [6] - S. SIMEONIDO, A. GOVARIS and K. VARELTZIS, Effect of frozen storage on the quality of whole fish and fillets of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and mediterranean hake (*Merluccius mediterraneus*). *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, 204 (6) (1997) 405-410.
- [7] - R. ACKMAN, Fatty acids, in Marine biogenic lipids, fats and oils, edited by R. Ackman, CRC Press, Boca Raton, Florida (USA), 1 (1998) 103-137.
- [8] - S. AUBOURG, C. SOTELO and J. GALLARDO, Changes in flesh lipids and fill oils of albacore (*Thunnus alalunga*) during canning and storage. *J. Agric. Food Chem.* 38 (1990) 809-812.
- [9] - M. HALE and T. BROWN, Fatty acids and lipid classes of three underutilized species and change due to canning. *Marine Fish. Rev.* 45 (1983) 4-6.
- [10] - M. BARROSO, M. CARECHE and A.J. BORDERIAS, Quality- control of frozen fish using rheological technique. *Trends in Food Sci. Technol.* 9(6) (1998) 223-229.
- [11] - M. G. BURGAARD and BO M. JØRGENSEN, Effect of frozen storage temperature on quality-related changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Aquat. Food Prod. Tech.* 20(1) (2011) 53-63.
- [12] - ANONYME, Règlement (CE) N° 2406/96 du Conseil, du 26 novembre 1996. *J. off. Eur. Commun.*, (1996) N° L 334/1.
- [13] - ANONYME, Council Regulations (1989). Baremo de Clasificación de Frescura. In *Diario Oficial de las Comunidades Europeas. European Commission. Brussels (Belgium)*, (1989) No. L 5/21 : 5-6.
- [14] - ANONYME, Règlement (CE) n° 2074/2005 de la commission du 5 décembre 2005. *J. Off. Un. Commun. Europ.*, (2005) N° L 338 : 35-39.
- [15] - E. BLIGH and W. DYER, A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 (1959) 911-917.
- [16] - 5- ANONYME, Corps gras d'origines animale et végétale. Préparation des esters méthyliques d'acides gras. *Norme NF EN ISO 5509*, (2000) T60-233.

- [17] - ANONYME, STATSOFT : Statistica pour Windows®, (1997), StatSoft France -31-cours des juilliottes - 94700- Maison Alfort. France.
- [18] - S. P. AUBOURG, I. LEHMANN and J. GALLARDO, Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *J. Sci. Food Agric.*, 82 (2002) 1764–1771.
- [19] - I. UNDELAND and H. LINGNERT, Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea harengus*) during frozen storage: Influence of prefreezing storage. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (1999) 2075–2081.
- [20] - V. LOSADA, J. BARROS-VELÁZQUEZ and S.P. AUBOURG, Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *Food Sci. Technol.*, 40 (2007) 991-999.
- [21] - M. A. MARTI DE CASTRO, M.C. GOMEZ-GUILLEN AND P. MONTERO, Influence of frozen storage on textural properties of sardine (*Sardina pilchardus*) mince gels. *Food Chem.*, 60(1) (1997) 85-93.
- [22] - B. TOKUR, S. OZKÜTÜK, E. ATICI, G. OZYURT and C.E. OZYURT, Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18°C). *Food Chem.*, 99 (2005) 335–341.
- [23] - P. MONTERO, M.A. MARTI DE CASTRO, M.T. SOLA and M.C. GÓMEZ-GUILLÉN, Textural and microstructural changes in frozen stored sardine mince gels. *Food Sci.*, 64 (1997) 838-842.
- [24] - L. COLEEN L., J.B. TREVOR AND C.H. LOUWRENS, Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91 (2012) 93–98.
- [25] - L. N. SRIKAR and J. G. HIREMATH, Fish preservation. Studies on changes during frozen storage of oil sardine. *J. Food Sci. Technol.*, 9 (1972) 191-193.
- [26] - J. J. CONNELL, Control of fish quality (Fourth Ed.). Farnham Surrey: Fishing News Books Ltd, pp. 157 (1995) 159–160.
- [27] - H. H. HUSS, Fresh fish: Quality and quality changes. FAO Fisheries Technical Paper, (1988) 348p, FAO, Rome.
- [28] - W. LUDOFF and V. MEYER, Fische und Fischerzeugnisse. Paul Parey Verlag. Hamburg- Berlin, Germany, (1973) 95-111, 176-269.
- [29] - J. SCHORMÜLLER, Handbuch der Lebensmittel Chemie. Band 4. Fette und Lipide [Lipids]. Springer Berlin, (1969) 872-878.
- [30] - H. HONG, Y. LUO, Z. ZHOU, Y. BAO, H. LU and H. SHEN, Effects of different freezing treatments on the biogenic amine and quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads during ice storage. *Food Chemistry*, 138 (2013) 1476-1482.
- [31] - J. SARMA, G.V.S. REDDY AND L.N. SRIKAR, (2000). Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*). *Food Res. Int.*, 33 (2000) 815-820.
- [32] - J. GOMEZ-ESTACA, B. GIMENEZ, C. GOMEZ-GUILLEN and P. MONTERO: Influence of frozen storage on aptitude of sardine and dolphin fish for cold-smoking process. *LWT - Food Sci. Technol.*, 43 (2010) 1246-1252.
- [33] - J. VALLS, A. PAREDES and D. GONZALEZ, Estabilidad de filetes de sardina (*Sardinella aurita* V.) en almacenamiento congelado a -18°C. *Revista científica*, XVI(2) (2006) 176-185.
- [34] - S. SHENOUDA, Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. In C. Chichester, E. Mrak, & G. Stewart (Eds.), *Advances in food research*, (1980) 275–311, London, UK: Academic Press.
- [35] - S. SAEED and N.K. HOWELL, 12-Lipoxygenase activity in the muscle tissue of atlantic mackerel (*scomber scombrus*) and its prevention by antioxidants. *J. Sci. Food Agric.*, 81 (2001) 745-750.
- [36] - J. R. BOTTA, J. T. LAUDER and M. A. JEWER, 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 (1984) 734-736.

- [37] - L. H. ABABOUCHE, L. SOUIBRI, K. RHALIBY, A. O. OUADHI, M. BATTAL and F. F. BUSTA, Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperatures. *Food Microbiol.*, 13 (1996) 123-132.
- [38] - F. ÖZOGUL, A. POLTA and Y. ÖZOGUL, The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chem.*, 85 (2004) 49-57.
- [39] - Y. ÖZOGUL, G. ÖZYURT, F. ÖZOGUL, E. KULEY AND A. POLAT, Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chem.*, 92 (2005) 745–751.
- [40] - F. R. SOFI, S. M. ZOFAIR, V. K. R. SURASANI, K. K. S. NISSAR and R. R. SINGH, Effect of a Previous Washing Step with Tannic Acid on the Quality of Minced Horse Mackerel (*Trachurus trachurus*) During Frozen Storage. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, 23(3) (2014) 253-263.
- [41] - N. VISWANATHAN and K. GOPAKUMAR, Selective release of fatty acids during lipid hydrolysis in frozen- stored milk fish (*Chanos chanos*). *Fish. Techn.*, 22(1) (1985) 1-4.
- [42] - A. ROUGEREAU and O. PERSON, Intérêt nutritionnel des acides gras insaturés de la sardine et du maquereau : influence du mode de conservation. *Méd. Nutr.*, 27(6) (1991) 353- 358.
- [43] - H. ORTIZ and R. BELLO, Composition and stability of fatty acids from deboned cachama and sardine meat during freezer storage. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 42 (4) (1992) 460- 466.
- [44] - S. M. POLVI, R. G. ACKMAN, S. P. LALL and R. L. SAUDERS, Stability of lipids and omega- 3 fatty acids during frozen storage of atlantic Salmon. *J. Food Proc. Pres.*, 15(3) (1991) 167-181.
- [45] - R. BARBANI and M. MARCHESELLI, Effetto della conservazione a -18°C sulla composizione lipidica del tessuto muscolare di triglia (*Mullus barbatus*). *Riv. Ital. Sostanze Grasse.*, 72(3) (1995) 11- 114.
- [46] - B. Y. JEONG, T. OHSHIMA AND C. KOIZUMI, Changes in fatty chain compositions of lipid classes during frozen storage of the adductor muscle of giant ezo scallop (*Patinopecten yessoensis*), *Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol.* 122 (4) (1999) 415- 422.
- [47] - H. H. F. PEFGAARD, P. M. BROCKHOFF and B. JENSEN, Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.*, 48(8) (2000) 3280- 3285.