

DIVERSIFICATION DE LA PRODUCTION DE L'AQUACULTURE SICILIENNE A TRAVERS LA PRODUCTION DE FILETS DE MAIGRE (*Argyrosomus regius*) FUMES: DE LA CARACTERISATION NUTRITIONNELLE AU CONSUMER TEST.

Concetta MESSINA^{°*}, Mariano RANDAZZO[°], Simona MANUGUERRA[°], Maria MORGHESE[°], Giuseppe RENDA[°], Rosaria ARENA^{°*}, Senda GHARBI[°], Laura LA BARBERA[°], Gianluca FORTINO[°], Saloua SADOK⁺ et Andrea SANTULLI^{°*}

[°]Istituto di Biologia Marina, Consorzio Universitario della Provincia di Trapani, Via Barlotta, 4, 91100 - Trapani

^{*}Laboratorio di Biochimica Marina ed ecotossicologia, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo.

⁺Laboratoire de Biotechnologie Bleu et Bioproduits Aquatiques (B3Aqua), INSTM, centre La Goulette, Port de Pêche 2060, Tunis, TUNISIE,

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la composante 5 « Valorisation de l'image des produits aquacoles » et de l'Activité 5.3 « Innovation en vue de valoriser les produits aquacoles », un protocole de fumage à froid a été appliqué sur les filets de maigre *Argyrosomus regius*, une espèce émergente pour l'aquaculture sicilienne. Une caractérisation nutritionnelle des échantillons, ainsi que trois *consumer test* à différentes échelles (laboratoire, restaurant, foire d'exposition), ont été appliqués afin de pouvoir enregistrer le niveau de satisfaction des consommateurs par le produit.

Les résultats obtenus montrent que le protocole de fumage appliqué, permet d'obtenir un produit dont les propriétés nutritionnelles sont comparables au poisson frais. La basse teneur lipidique et le contenu élevé en acides gras polyinsaturés de la catégorie oméga 3 (PUFA n-3) représentent particulièrement les éléments distinctifs de la qualité de cette espèce. Ces informations, à reporter dans l'étiquetage, permettent de définir positivement les caractéristiques du produit.

Les résultats recueillis permettent d'affirmer que *A. regius* est une espèce qui est bien adaptée au processus de fumage à froid, ce qui représente une excellente stratégie pour diversifier les produits de l'aquaculture sicilienne.

ABSTRACT

Within the Work-package 5 « Valorisation de l'image des produits aquacoles », activity 5.3 « Innovation en vue de valoriser les produits aquacoles », a cold smoking protocol was applied on meagre, *Argyrosomus regius* filets, an emerging species for Sicilian aquaculture.

Nutritional characterization and consumer tests were conducted on three different scales (laboratory, restaurant, seafood exhibition), in order to record the level of consumers' satisfaction towards this new product.

The results obtained indicate that the applied cold smoking protocol yielded a product with nutritional value comparable to fresh filets. The low level of lipids and the high content of polyunsaturated fatty acids of the omega-3 (n-3 PUFAs) represent distinctive elements of species quality. This information should be reported on the label, to allow outlining positive features of the product.

The data show that *A. regius* is a species that is well adapted to the transformation process such as cold-smoking, which is an excellent strategy to diversify Sicilian, and to a larger extend the Mediterranean aquaculture products.

INTRODUCTION

Grâce à ses propriétés diététiques et nutritionnelles particulières, le poisson a toujours représenté un élément clé de la nutrition humaine, en particulier dans les zones côtières. Au cours des dernières décennies, il est devenu l'un des aliments les plus demandés de la part des consommateurs de mieux en mieux informés.

La demande croissante de poissons, enregistrée à l'échelle mondiale, est de plus en plus satisfaite par la production issue de l'aquaculture qui s'oriente

progressivement, avec les changements des habitudes alimentaires en faveur de la consommation de produits transformés comparativement aux produits frais.

En effet, grâce à la disponibilité des produits transformés de poissons, il a été possible, d'une part de résoudre l'un des plus grands problèmes de cette catégorie de produit: la haute périssabilité (Ghaly *et al.*, 2010), et d'autre part, de résoudre le problème de l'approvisionnement en produits frais et donc d'améliorer la consommation.

Cependant, la transformation de poissons ne devrait

pas être considérée seulement comme une stratégie pour améliorer et préserver la qualité, mais aussi comme un instrument de diversification, pour satisfaire la demande de nouveaux produits de la part du marché mondial (Castillo-Yáñez *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2014). En même temps, la diversification des catégories des produits, à travers la transformation des espèces excédentaires de la pêche ou bien des espèces d'aquaculture, peut aussi contribuer à améliorer la durabilité environnementale, en réduisant la demande en produits frais, et donc la pression sur les espèces cibles.

Parmi les nombreuses techniques de conservation et de transformation du poisson, le fumage à froid, est l'objet d'une attention particulière du monde de la recherche. En effet au cours des dernières années, le fumage qui est considéré comme une méthodologie à caractère traditionnel, a réussi à travers l'aspect innovant introduit par les nouvelles technologies, à conférer aux produits finis les caractéristiques des produits typiques avec en plus une amélioration de la conservation.

Le fumage à froid, effectué à une température maximale de 30°C, est une méthode utile, délicate et non invasive qui améliore la conservation du produit sans pour autant le modifier radicalement, lui conférant ainsi une saveur caractéristique. En effet, suite au fumage, la meilleure résistance du filet vis-à-vis de l'action bactérienne et des processus oxydatifs est due à la déposition de composés phénoliques, comme les polyphénols, dans la chair. Parmi les antioxydants naturels, les polyphénols représentent les composés les plus recherchés grâce à leurs applications (Ngo *et al.*, 2011; Maisuthisakul *et al.*, 2007; Oueslati *et al.*, 2012). Les polyphénols, contenus dans la fumée durant le processus de fumage, se déposent initialement à la surface du filet pour pénétrer ensuite, progressivement, à l'intérieur du filet. Durant le fumage, une augmentation progressive du dépôt de ces composés se produit, d'où la possibilité d'utiliser la quantité de polyphénols déposés en tant que paramètre indicateur de la stabilité oxydative potentielle (Gómez-Estaca *et al.*, 2013).

L'atteinte de normes de qualités élevées représente l'objectif principal de chaque filière productive dans le secteur alimentaire et, dans le cas des produits de la pêche, une telle finalité est étroitement liée à la qualité de la matière première (Nuvoloni *et al.*, 2007). Aussi, l'acceptabilité d'un produit est strictement liée aux caractéristiques sensorielles perçues par les utilisateurs. Plusieurs études de marché ont mis en évidence l'influence de la composition des aliments sur la perception sensorielle des consommateurs (Verbeke *et al.*, 2007).

Vue l'importance de la perception du consommateur, il a été procédé à la mise au point d'un *consumer test*, visant l'évaluation, des produits transformés innovants, objet de notre étude. Le *consumer test* est un test que nous avons utilisé au cours des programmes de recherche précédents comme un outil pour indiquer la satisfaction des consommateurs vis à vis des produits de poissons, ainsi que les caractéristiques intrinsèques de chaque produit (sensoriels) et celles extrinsèques (l'image liée à ce dernier) qui peuvent influencer le goût du consommateur. En détail, ce test a été utilisé pour la discrimination de l'origine de l'espèce *Dicentrarchus labrax* au cours du Projet MIPAAF "Qualité et sécurité alimentaire du loup de mer des élevages nationaux, définition d'indicateurs et d'applications instrumentales innovantes" (code 6-C-155), pour l'évaluation des produits de la pêche fumés à froid, utilisant une grille d'évaluation précédemment définie (Messina *et al.*, 2015). Il a aussi été utilisé au cours des projets "Biotechnologie marine vecteur d'innovation & qualité. BioVecQ Cod PS1.3_08" et "Innovation technologique et développement durable dans le secteur de la transformation des produits de la pêche du littoral de Trapani" Mesure 4.1 FEP Sicilia 2007-2013.

Dans la présente étude, l'espèce utilisée pour l'application du protocole de fumage à froid a été le maigre, *Argyrosomus regius*, largement répartie en méditerranée, et qui représente aujourd'hui l'une des nouvelles espèce de l'aquaculture, comme cela a été indiqué dans plusieurs études (Piccolo *et al.*, 2008; Grigorakis *et al.*, 2011; Giogios *et al.*, 2013). Il s'agit d'une espèce d'une valeur commerciale élevée et résistante aux variations climatiques typiques des conditions d'élevage. La demande de cette espèce a augmenté considérablement au cours des dernières années, grâce à ses propriétés biochimico-nutritionnelles, en particulier sa faible teneur lipidique, comparée à d'autres espèces d'élevage (Chatzifotis *et al.*, 2010; Grigorakis *et al.*, 2011).

L'utilisation de nouvelles méthodologies de conservation et de transformation permet de produire de nouvelles catégories de produits, ouvrant ainsi des opportunités de marché innovant, et de diminuer la pression sur les espèces utilisées traditionnellement dans l'industrie de la transformation. La production de filets de maigre fumés a eu l'objectif d'utiliser le fumage à froid pour la prolongation de la durée de salubrité (*shelf-life*) de ce produit, dans le respect de ses caractéristiques organoleptiques et de sa qualité nutritionnelle.

MATEREL ET METHODES

Les échantillons de maigre *A. regius* à soumettre aux analyses proviennent d'une installation d'aquaculture en Sicile. Une fois transportés au laboratoire, ils ont été soumis au relevé des mesures biométriques, à l'éviscération et au filetage. Les filets ont été numérotés et conservés sous vide au congélateur - 20°C.

Le processus de fumage prévoit trois phases (Fuentes *et al.*, 2011):

- Bain en saumure
- Fumage
- Séchage.

Le bain en saumure a été effectué en utilisant une solution à 15% (rapport filet-saumure 1:4 w/v) pendant 90 min.

Après le traitement avec la saumure, le filet a été séché à 30°C pendant 30 min. Le fumage a eu lieu à froid au moyen d'un four Moduline modèle (FA082E), en adoptant les paramètres suivants: temps de fumage 30 min, température de fumage 30°C, dans une chambre précédemment saturée en fumée.

Après le fumage, les filets ont été soumis à un second cycle de séchage d'une durée de 30 min. à une température de 30°C. Après le séchage, les filets ont été conservés sous vide à 4°C.

A la fin de chaque phase, le poids des filets a été noté, afin de vérifier d'éventuelles différences de poids, et par la suite dans le contenu d'eau entre le produit frais et celui transformé.

CONSUMER TEST

L'évaluation sensorielle réalisée au cours des *consumer test* (Figure 1), a été effectuée sur des filets de *A. regius* fumés à froid en utilisant une grille d'évaluation (Tableau I) précédemment définie au

cours des activités réalisées par le Consortium Universitaire de Trapani (CUPT) dans le cadre de la réalisation des projets BIOVeCQ et SECURAQUA.

Quinze chercheurs du CUPT ont participé au *consumer test* réalisé à l'échelle du laboratoire, selon des modalités standardisées. Avant chaque test, le staff du laboratoire se familiarise avec les propriétés sensorielles de chaque produit en suivant les instructions relatives à l'attribution de la note pour chaque attribut, donc un pré-test est réalisé sur un nombre sélectionné d'échantillons afin de familiariser les opérateurs avec les procédures de mesures. Après le pré-test, les opérateurs analysent les échantillons. En plus de ce test au laboratoire, plusieurs *consumers tests* ont été réalisés tels que celui effectué au niveau d'un restaurant (40 personnes y ont participé) et deux autres au niveau de la foire SIAMAP 2015 - Salon International de l'Agriculture, du Machinisme Agricole et de la Pêche (où environ 200 personnes ont participé - Figure 2). Le SIAMAP 2015 a été organisé par l'Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche (UTAP) au Parc des Expositions du Kram à Tunis, en Tunisie, du 28 octobre au 1er novembre 2015. Pendant la foire, le test de consommation de produit fumé a été effectué les jours 29 et 30 octobre. Au total, le produit a été évalué par environ 250 consommateurs, selon des grilles d'évaluation spécialement conçues (Tableau I)

En détail, une série d'attributs a été évaluée, communément pris en considération au cours du *consumer test*, avec des descripteurs spécialement sélectionnés pour la même typologie de produit transformé: aspect visuel, odeur, saveur et consistance à la dégustation, en attribuant trois catégories de jugement (agréable, neutre, désagréable)



Figure 1 Consumer test effectué à l'Institut de Biologie Marine du CUPT, à Trapani.



Figure 2 Consumer test réalisé au cours de la foire SIAMAP à Tunis

Tableau I Grille pour l'évaluation sensorielle des filets de *A. regius* fumés à froid

CRITÈRES	JUGEMENT		
	Agréable	Neutre	Désagréable
Aspect visuel			
Odeur			
Saveur			
Consistance à la dégustation			

CARACTERISATION NUTRITIONNELLE

Pour évaluer les paramètres biochimiques corrélés à la qualité nutritionnelle, les filets ont été homogénéisés à froid; l'homogénéisation a été réalisée à 10.000 rpm pendant 2 minutes. Les analyses décrites ci-dessous, ont été réalisées sur des aliquotes de l'homogénat.

DETERMINATION DES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

La détermination des différents paramètres est basée sur les procédures de l'AOAC qui ont été harmonisées entre l'INSTM et le CUPT dans le projet BIOVecQ. Les valeurs sont exprimées en pourcentage. Le contenu d'eau a été déterminé en des aliquotes du filet homogénéisé, pesé avec précaution et mis dans une étuve à 110°C pendant 24 h; le contenu en cendres a été obtenu en incubant le résidu sec à une température de 600°C pendant 5 heures (AOAC, 1990).

La détermination du contenu en protéines brutes a été réalisée selon la procédure Kjeldhal (AOAC, 1992). Les lipides totaux ont été extraits à partir de l'homogénat avec une solution de dichlorométhane: méthanol (2:1) contenant 0,01% de toluène

hydroxybutyl (BHT), selon la méthode Folch (Folch *et al.*, 1957).

ANALYSES DE GAS CHROMATOGRAPHIE

Les acides gras ont été extraits à partir des lipides totaux et transformés en méthylestères, à travers une Trans estérification directe selon la méthode de Lepage et Roy (Lepage et Roy, 1984).

Les acides gras méthylés ont été identifiés et quantifiés grâce à la chromatographie en phase gazeuse. Un chromatographe Perkin Helmer autosystem XL doté d'un révélateur à ionisation de flamme (FID), une colonne de type capillaire (Omegawax 320, Supelco), 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm à phase hautement polaire (polyéthylène glycol) (Omegawax 320, Supelco, Bellefonte, PA, USA) a été utilisé. Les flux d'air et d'hydrogène ont été réglés respectivement, à 450 ml/min et 45 ml/min. De l'hélium à un flux de 1,1 ml/min a été utilisé comme gaz vecteur. La température de la colonne était de 200°C, celle de l'injecteur était de 250°C et celle du révélateur FID était de 300°C. La séparation a eu lieu en isothermie pendant environ 40 minutes.

L'identification de chaque acide gras des échantillons a été obtenue par comparaison entre le chromatogramme de l'échantillon et celui d'un

mélange d'acides gras standards dont les temps de rétention sont connus (PUFA n-3, Supelco, Bellefonte, PA, USA).

RESULTATS

CONSUMER TEST

Les résultats de l'évaluation sensorielle au cours des trois *consumer test*, n'ont pas montré une variation significative, et donc elles sont rapportées comment des données globales. Le pourcentage des consommateurs qui ont exprimé un jugement agréable l'a emporté. En détail, plus de 80% des consommateurs a considéré le goût des filets de maigres fumés soumis à l'évaluation comme "agréable" ($P < 0,05$). Pour tous les autres attributs, le pourcentage des évaluateurs qui a exprimé un jugement "agréable" a été supérieur à 60% ($P < 0,05$).

COMPOSITION PROXIMALE ET PROFIL DES ACIDES GRAS

Le Tableau II, compile les résultats de la composition proximale et les classes des acides gras des filets d'*A. regius* fumés à froid. Le contenu lipidique a été trouvé égal à $1,55 \pm 0,16$ %, alors que celui des protéines a été de $18,03 \pm 0,08$ %.

Tableau II Composition proximale (g/100g) et classes des acides gras (% des acides gras totaux) de filets de *A. regius* fumés. N=6.

Lipides	1,55±0,16
Eau	75,13±0,54
Protéines	18,03±0,08
Cendres	5,13±0,08
Saturés	23,38±0,90
Monoinsaturés	32,84±2,21
Tot n-3	20,39±1,13
Tot n-6	22,93±0,16

Les acides gras polyinsaturés (PUFA) constituent environ 40% des acides gras totaux. Parmi ces derniers, ceux de la série n-6 sont les plus représentés (23%), suivis des PUFA n-3 (20%). La classe des acides gras saturés constitue la classe la moins représentée $23,38 \pm 0,90$ %, suivie de celle des monoinsaturés ($32,84 \pm 2,21$ %) (Tableau II).

DISCUSSION

Les résultats, obtenus au cours de l'évaluation sensorielle du *consumer test*, ont été en accord avec ceux obtenus lors de l'expérimentation préliminaire

du protocole, appliqué à l'échelle du laboratoire, sur la même typologie du produit transformé.

En plus de son activité antimicrobienne et préservative, le fumage à froid du maigre a donné un produit fortement apprécié (80% des consommateurs l'ont jugé agréable). Ainsi l'objectif du fumage n'est pas seulement de prolonger au maximum la durée de salubrité, mais aussi celui de modifier le goût, la consistance et la structure du produit initial, créant ainsi un produit avec une saveur caractéristique et agréable (Fuentes *et al.* 2011; Gómez-Estaca *et al.*, 2011).

L'évaluation de la composition proximale confirme que les valeurs nutritionnelles des filets de maigre *A. regius* fumés à froid sont comparables à celles des filets frais de la même espèce (Grigorakis *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2013) sauf pour le contenu des cendres qui montre une augmentation, comme attendu, à cause des salaisons préliminaires.

Des résultats comparables ont été obtenus lors de l'expérimentation préliminaire du protocole de fumage, appliqué à l'échelle du laboratoire, sur l'espèce *Coryphaena hippurus* au cours du projet BioVecQ et qui ont démontré que suite au processus de fumage à froid, les valeurs nutritionnelles ne subissent pas de variations, à l'exception du contenu en pourcentage des cendres.

Egalement, le pourcentage en lipides que nous avons détecté ($1,55 \pm 0,16$) confirme, comme déjà observé par d'autres auteurs que: *A. regius* peut être définie comme une espèce maigre, (Grigorakis *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2013) caractérisée par un faible apport lipidique, aussi bien à l'état frais que dans le produit transformé.

Après le processus de fumage, le profil des acides gras des filets de maigre est comparable à celui du filet frais. Des résultats similaires ont été reportés dans d'autres études (Grigorakis *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2013). Le contenu élevé des acides gras polyinsaturés (PUFA) (environ 40% des acides gras totaux) (Tableau II) dans le filet fumé à froid d'*A. regius* est comparable aux résultats existants dans la littérature et une telle évidence suggère une ultérieure valeur ajoutée au produit fumé, objet de la présente étude.

CONCLUSION

Il est possible d'affirmer que *A. regius* (Figure 3) est une espèce qui s'adapte bien au processus de transformation par fumage à froid, et que le protocole mis au point permet d'obtenir un produit, dans lequel les caractéristiques nutritionnelles sont comparables à celles du produit frais.



Figure 3. Maigre *Argyrosomus regius*, élevé en Sicile

Par ailleurs, l'application de processus productifs et innovants, précédemment mis au point ainsi que l'amélioration de la qualité des produits issus de poissons d'élevages, leur confèrent une valeur ajoutée les rendant plus compétitifs sur le marché de plus en plus concurrentiel du secteur.

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet **SecurAqua** PS1.3.020 "Sécurité et Qualité des Produits Aquacoles le Développement d'une Voie Commune Tuniso-Sicilienne" co-financé par l'Union Européenne à travers la coopération transfrontalière Italie-Tunisie (Programme Instrument Européen de Voisinage et de Partenariat-IEVP).

BIBLIOGRAPHIE

- AOAC, (1990) - Association of Official Analytical Chemists Official Method, 935. 29. Moisture in malt, gravimetric method. Official Methods of Analysis 15th edn.
- AOAC, (1992) - Association of Official Analytical Chemists Official Method, 981. 10. Crude protein in meat block digestion method. J. AOAC Inter., 65: 1339.
- CASTILLO-YÁÑEZ, F.J., PACHECO-AGUILAR R., MÁRQUEZ-RÍOS E., LUGO-SÁNCHEZ M.E., LOZANO-TAYLOR J. (2007) - Freshness loss in sierra fish (*Scomberomorus sierra*) muscle stored in ice as affected by post-capture handling practices. *J Food Biochem.*, 31: 56-67.
- CHATZIFOTIS S., PANAGIOTIDOU M., PAPAIOANNOU N., PAVLIDIS M., NENGAS I., MYLONAS C. C. (2010) - Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. *Aquacult.*, 307: 65-70.
- COSTA, S., AFONSO, C., BANDARRA, N.M., GUEIFAO, S., CASTANHEIRA, I., CARVALHO, M. L., CARDOSO, C., NUNES, M. L. (2013) - The emerging farmed fish species meagre (*Argyrosomus regius*): How culinary treatment affects nutrients and contaminants concentration and associated benefit-risk balance, *Food and Chemical Toxicology*, 60: 277-285.
- FOLCH J., LEES M., STANLEY G.H.S. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- FUENTES, A., FERNÁNDEZ-SEGOVIA I., BARAT J. M., SERRA J. A. (2011) - Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Sc Technol.*, 44: 917-923.
- GHALY A. E., DAVE D., BUDGE S., BROOKS M. S. (2010) - Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review. *Am J of Appl Sci.*, 7(7): 859.
- GIOGIOS I., GRIGORAKIS K., KALOGEROPOULOS N. (2013) - Organoleptic and chemical quality of farmed meagre (*Argyrosomus regius*) as affected by size. *Food Chem.*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.154>
- GÓMEZ-ESTACA J., GÓMEZ-GUILLÉN M., MONTERO P., SOPELANA P., GUILLÉN M. D. (2011) - Oxidative stability, volatile components and polycyclic aromatic hydrocarbons of cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*) and dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). *Food Sci. and Technol.*, 44: 1517-1524.
- GÓMEZ-ESTACA J., GÓMEZ-GUILLÉN M. C., AND MONTERO P. (2013) - The effect of combined traditional and novel treatments on oxidative status of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) and sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Sci and Technol Inter.*, 1-10.
- GRIGORAKIS K., FOUNTOULAKI E., VASILAKI A., MITTAKOS I., NATHANAILIDES C. (2011) - Lipid quality and filleting yield of reared meagre (*Argyrosomus regius*). *Inter. J. of Food Sci. and Technol.*, 46: 711-716.

- LEPAGE G., ROY C.C. (1984). Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification, *J. Lipid Res.*, 25: 1391-1396.
- MAISUTHISAKUL P., SUTTAJIT M., PONGSAWATMANIT R. (2007) - Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem.*, 4: 1409–1418.
- MESSINA C. M., BONO G., RENDA G., LA BARBERA L., SANTULLI A. (2015) - Effect of natural antioxidants and modified atmosphere packaging in preventing lipid oxidation and increasing the *shelf life* of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fillets. *Food Sci and Technol.*, 62: 271- 277.