TECA: *Tecnologia i Ciència dels Aliments,* vol. 22 (2023), p. 24-26
ISSN (ed. impresa): 1137-7976 / ISSN (ed. electrònica): 2013-987X
DOI: 10.2436/20.2005.01.123 / *https://revistes.iec.cat/index.php/TECA*

Sensors d'espectroscòpia d'infraroig proper per avaluar la frescor del peix i els cicles de congelació

CLARA VERGÉS I BASAGAÑA
Graduada en innovació i seguretat alimentària (Universitat de Girona, Escola Politècnica Superior). Màster en Desenvolupament i Innovació d'Aliments (Universitat de Barcelona). Premi M. del Carmen de la Torre Boronat de l'Associació Catalana de Ciències de l'Alimentació (per a estudiants).

El peix i els productes de la pesca representen una font de nutrients essencials per a una dieta saludable i equilibrada, ja que tenen un alt contingut en proteïnes, minerals i vitamines, així com un baix contingut en greixos, i contenen àcids grassos poliinsaturats que gairebé no es troben en altres fonts d'aliments. Aquests nutrients tenen efectes positius sobre la salut humana, com ara ajudar a prevenir el desenvolupament de malalties del cor i reduir la mortalitat per malalties coronàries.

Tanmateix, un cop el peix ha estat pescat i tret de l'aigua, es poden desenvolupar olors desagradables a causa de la degradació enzimàtica de determinats nutrients (especialment proteïnes, lípids i nucleòtids) i de la degradació microbiana per part dels bacteris de la superfície. Així doncs, la qualitat del peix està directament relacionada amb l'oxidació dels lípids, la descomposició de proteïnes i el trifosfat d'adenosina (ATP), la reducció del pH i la producció d'olors característiques.

En l'actualitat, a causa del creixement continu de la demanda de peix pel consum individual i per a la recerca de la qualitat de vida, els requisits de qualitat del peix també són cada cop més alts. Indicadors com la frescor, el contingut de proteïnes, el color de la carn i la textura són importants per avaluar la qualitat del peix. Per tant, garantir la seguretat d'aquests recursos pesquers durant el transport, l'emmagatzematge i el processament s'ha convertit en un tema d'investigació cada cop més rellevant. Molts d'aquests problemes de deteriorament de la qualitat del peix es poden controlar mitjançant la conservació per congelació, que impedeix el deteriorament microbiològic i alenteix els processos bioquímics de degradació del peix i, en conseqüència, permet allargar-ne la vida útil i vendre'l amb una major qualitat.

A la indústria alimentària existeixen diferents tecnologies per reduir la pèrdua de qualitat i allargar la vida útil dels aliments. Dins dels productes de la pesca, destaquen la congelació i l'elaboració de conserves. El fonament de la congelació és sotmetre els aliments a temperatures iguals o inferiors a –18 °C per tal d'aconseguir congelar la major part de l'aigua que conté el producte i formar així cristalls de gel. Aquesta tecnologia permet mantenir pràcticament totes les propietats nutricionals —ja que no afecta les proteïnes, les vitamines ni els minerals—, però en contraposició inhibeix parcialment o totalment l'acció perjudicial dels microorganismes i enzims deteriorants. Els peixos congelats i emmagatzemats fins a tres mesos en condicions ideals (baixa temperatura, igual o inferior als –18 °C, no variable) no es poden distingir dels peixos frescos pel que fa al color, el gust i la textura. Encara que és possible obtenir peixos congelats amb una alta qualitat nutricional, la qualitat del peix fresc es considera superior.

No obstant això, alguns productors o distribuïdors d'aliments poden intentar vendre peixos congelats i posteriorment descongelats, declarant que són frescos, per augmentar els seus beneficis. Les preferències dels consumidors pel peix fresc es basen bàsicament en la caracterització sensorial, ja que durant la congelació, l'emmagatzematge del producte congelat i el procés de descongelació, es poden produir alteracions aparents en el sabor, l'olor, la consistència i el color de la carn. Aquesta activitat fraudulenta representa una amenaça primària per a la producció i la comercialització d'aquests productes, així com per al consumidor final.

A partir d'aquest gran interès de la indústria dels productes de la pesca i derivats es desenvolupa una metodolo-

gia de control de qualitat que permet monitorar i avaluar els efectes de la congelació i descongelació en mostres de peix.

El verat (*Scomber scombrus*), objecte d'aquest estudi, probablement sigui un dels peixos amb més interès nutricional de les costes del mediterrani, atesa la seva composició, especialment pel seu contingut en greix insaturat. Aquest pertany a la família dels escòmbrids (*Scombridae*). Es tracta d'una espècie pelàgica que es troba dins del grup de peixos blaus, pel seu alt contingut de greix al múscul.

La tecnologia d'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS, de l'anglès *near infrared spectroscopy*) emet una radiació electromagnètica que ens permet mostrar informació fonamental de la banda vibratòria per als enllaços químics en molècules que contenen majoritàriament àtoms d'hidrogen, com ara grups N—H, O—H i C—H. Són enllaços molt relacionats amb el fenomen de la congelació i la formació de cristalls de gel (O—H) i amb el del trencament cel·lular del múscul del peix (N—H i C—H). Tanmateix, la NIRS és un mètode de control econòmic i respectuós amb el medi ambient que no requereix la manipulació de les mostres. Però, en contrapartida, aquesta tecnologia avui dia encara té algunes limitacions en l'anàlisi espectral com les interferències de fons, incloent-hi el soroll i les bandes superposades.

El treball va ser desenvolupat en el marc d'un projecte de recerca del Programa de Tecnologia Alimentària de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), centre de Monells (Girona). L'objectiu principal va ser analitzar la capacitat d'un espectròmetre de baix cost i d'un espectrofotòmetre d'alta resolució, basats en la tecnologia de NIRS, per a la discriminació entre mostres de verat (*Scomber scombrus*) fresc i descongelat (sotmeses a un o dos cicles de congelació-descongelació) i entre diferents mètodes de congelació. Per tal d'assolir aquest objectiu, el treball es va desenvolupar en diferents etapes. Inicialment, es varen adquirir els espectres en les mostres de peix fresc i, tot seguit, es varen congelar les mostres a diferents temperatures fins a arribar a temperatures a l'interior de –20 °C i –80 °C en cambra de congelació (lenta) i –20 °C mitjançant un abatedor (congelació ràpida), i es va realitzar una adquisició dels espectres en verat congelat i descongelat. Finalment, les mostres es van congelar una altra vegada per realitzar una segona tanda d'adquisició d'espectres en els dos estats. Paral·lelament, es va determinar el contingut d'humitat de les mostres de peix fresques i descongelades dels dos cicles de congelació.

«El peix i els productes de la pesca representen una font de nutrients essencials per a una dieta saludable i equilibrada.»

Tot seguit, a partir dels espectres adquirits, es varen desenvolupar models de classificació del producte segons els mètodes de congelació utilitzats per a la conservació del producte; l'estat del peix en el moment de l'adquisició d'espectres, i les vegades que havia patit una congelació i, posteriorment, una descongelació. També es va desenvolupar un model de classificació segons l'estat de la mostra, descongelada (amb prèvia congelació indiferent del mètode) o fresca.

Els resultats obtinguts han mostrat que durant els diferents cicles de congelació i descongelació hi ha una pèrdua d'humitat respecte a les mostres fresques. Aquesta pèrdua d'humitat està estretament relacionada amb la velocitat de congelació i el tipus de tractament que han patit les mostres; si han tingut una congelació ràpida perden menys contingut d'aigua que si han estat congelades en una cambra a una velocitat menor. Tanmateix, també s'ha observat que el moment de captura i els cicles de congelació i descongelació que s'hagin fet tenen influència en el contingut d'humitat; la pèrdua d'aigua és major com més cicles s'hagin realitzat.

A partir d'aquest estudi, es podria concloure que el contingut d'humitat de les mostres és un factor important a l'hora d'estudiar la capacitat dels sensors NIRS per classificar les mostres. Cal tenir en compte que tant el moment de captura com el tractament de congelació aplicat, així com els cicles de congelació i descongelació i l'estat de la mostra, influiran en el contingut d'humitat de les mostres. Els models predictius desenvolupats per diferenciar les mostres de verat fresc del congelat i els múltiples mètodes de congelació aplicats, han estat satisfactoris. Es pot diferenciar amb elevada precisió el peix en un estat fresc del que ha estat sotmès a tractaments de congelació, així com les vegades que s'ha descongelat i tornat a congelar. Els models desenvolupats tenen capacitat per classificar el producte segons els cicles de congelació i descongelació en ambdós casos, però es destaquen els resultats obtinguts amb l'equip d'infraroig proper de baix cost. Cal considerar aquest equip una eina útil i amb una aplicabilitat potencial pels organismes de control i pels consumidors, ja que permet el control del frau, en relació amb el contingut d'humitat del peix.

Aquest estudi té una vessant d'aplicabilitat important, ja que els instruments miniaturitzats basats en NIRS són d'especial interès pels organismes de control i els consumidors, pel seu baix cost. Aquests instruments estan a l'abast de les empreses alimentàries i obren un ampli ventall de possibilitats per al control de qualitat de diverses matèries primeres i productes, així com pel control del procés. Els models predictius desenvolupats en aquest projecte amb el sensor NIRS de baix cost poden ser molt útils, ja que actualment ha augmentat l'interès per a la determinació en línia de la qualitat del peix i d'una manera no destructiva. Aquestes tecnologies poden ser molt adequades per evitar el frau en el sector pesquer, comprovar que s'està venent al consumidor el que realment està etiquetat i determinar l'estacionalitat en què s'han capturat. En aquest projecte s'han desenvolupat models predictius específics per al verat (*Scomber scombrus*), però aquest sensor NIRS de baix cost també es podria utilitzar en altres productes de la pesca o productes alimentaris, només caldria realitzar un procés de calibratge específic per al tipus producte que es vulgui analitzar.

BIBLIOGRAFIA

Agyekum, A. A.; Kutsanedzie, F. Y. H.; Annavaram, V.; Mintah, B. K.; Asare, E. K.; Wang, B. (2020). «FT-NIR coupled chemometric methods rapid prediction of K-value in fish». *Vibrational Spectroscopy* [en línia], 108, article 103044. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103044>.

Cappeln, G.; Nielsen, J.; Jessen, F. (1999). «Synthesis and degradation of adenosine triphosphate in cod (*Gadus morhua*) at subzero temperatures». *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línia], 79 (8), p. 1099-1104. <https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199906)79:8%3C1099::AID-JSFA332%3E3.0.CO;2-%23>.

Collell, C. (2012). *Espectroscòpia NIR per a la determinació* on-line *de l'AW i del contingut d'aigua i sal durant l'assecat de productes crus-curats* [en línia]. Tesi doctoral. Universitat de Girona i Institut de Tecnologia Agroalimentària, Catalunya. <http://hdl.handle.net/10803/84083>.

Collell, C.; Gou, P.; Picouet, P.; Arnau, J.; Comaposada, J. (2010). «Feasibility of near-infrared spectroscopy to predict a_w and moisture and NaCl contents of fermented pork sausages». *Meat Science* [en línia], 85 (2), p. 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.022>.

Coppey, F.; Bécue, A.; Sacré, P.-Y.; Ziemons, E. M.; Hubert, P.; Esseiva, P. (2020). «Providing illicit drugs results in five seconds using ultra-portable NIR technology: An opportunity for forensic laboratories to cope with the trend toward the decentralization of forensic capabilities». *Forensic Science International* [en línia], article 110498. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110498>.

Guo, Y.; Ni, Y.; Kokot, S. (2016). «Evaluation of chemical components and properties of the jujube fruit using near infrared spectroscopy and chemometrics». *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* [en línia], 153, p. 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.08.006>.

Kim, S. H.; Park, J. H.; Kwon, J. S.; Cho, J. G.; Park, K. G.; Park, C. H.; Yoo, J. J.; Atala, A.; Choi, H. S.; Kim, M. S.; Lee, S. J. (2020). «NIR fluorescence for monitoring *in vivo* scaffold degradation along with stem cell tracking in bone tissue engineering». *Biomaterials* [en línia], 258, article 120267. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2020.120267>.

Moriarity, R. J.; Liberda, E. N.; Tsuji, L. J. S. (2020). «Subsistence fishing in the *Eeyou Istchee* (James Bay, Quebec, Canada): A regional investigation of fish consumption as a route of exposure to methylmercury». *Chemosphere* [en línia], 258, article 127413. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127413>.

Nollet, L. M. L. (ed.) (2012). *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. 2a ed. Ames: Wiley-Blackwell.

Nordey, T.; Joas, J.; Davrieux, F.; Chillet, M.; Léchaudel, M. (2017). «Robust NIRS models for non-destructive prediction of mango internal quality». *Scientia Horticulturae* [en línia], 216, p. 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.023>.

Wang, S.; Dong, D.; Li, P.; Hua, X.; Zheng, N.; Sun, S.; Hou, S.; An, Q.; Li, P.; Li, Y.; Song, X.; Li, X. (2020). «Mercury concentration and fatty acid composition in muscle tissue of marine fish species harvested from Liaodong Gulf: An intelligence quotient and coronary heart disease risk assessment». *Science of the Total Environment* [en línia], 726, article 138586. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138586>.

Zhou, J.; Wu, X.; Chen, Z.; You, J.; Xiong, S. (2019). «Evaluation of freshness in freshwater fish based on near infrared reflectance spectroscopy and chemometrics». *LWT* [en línia], 106, p. 145-150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.056>.