

## Millora de la qualitat de productes carnis amb sensors òptics on-line

### Resum

Es tracta d'un projecte que s'ha dividit en 3 grups de treball i tots ells treballen temes de desenvolupament i validació de sensors òptics on-line.

### Objectius

WP1. Disminució de les pèrdues per cocció en la fabricació de salsitxes Frankfurt mitjançant un sensor òptic en línia (EmulsioScan). Es vol calibrar i validar la tecnologia òptica proposada per el control d'emulsificació.

WP2. Desenvolupament d'un sistema NIR *low cost* per la determinació de: paràmetres de qualitat i seguretat alimentària durant la curació d'embotits crus curats; paràmetres físics/químics dels embotits crus curats en diferents fases del seu procés.

WP3. Optimització i millora del procés d'elaboració de pernil cuit extra amb sensor òptic FO-NIRS, per obtenir un producte d'alta qualitat sense defectes organolèptics i incrementar els rendiments de cocció i llescat.

### Descripció de les actuacions dutes a terme en el projecte

WP1.

- Depuració (*debuging*) i ajust *in situ* de la tecnologia.
- Selecció de paràmetres per generar un rang de pèrdues per cocció, calibratge i validació industrial dels algorismes de predicció.

WP2.

- Identificació dels productes carnis de l'empresa més adequats pel control NIR.
- Desenvolupament del procediment de control del producte durant el procés d'elaboració, mostreig i anàlisi de paràmetres de composició.
- Estudi dels models matemàtics que relacionen els paràmetres físics/químics amb els espectres del producte en les diferents etapes i validació de la metodologia.

WP3.

- Integració del sistema FO-NIRS a línia de triatge.
- Caracterització de la matèria primera amb els mètodes actuals i amb el sistema FO\_NIRS
- Estudi comparatiu dels mètodes de selecció de matèria primera
- Anàlisi de resultats, informes i difusió.

### Resultats finals i recomanacions pràctiques

Els resultats esperats seran la validació de les diverses tecnologies desenvolupades a cada empresa.

WP1. Disminució de les pèrdues per cocció en la fabricació de salsitxes Frankfurt mitjançant un sensor òptic en línia (EmulsioScan). Es vol calibrar i validar la tecnologia òptica proposada per el control d'emulsificació.

Es realitzen amb èxit, a les instal·lacions d'Argal, els assajos de calibratge i validació industrial del primer prototip de sensor d'emulsions càrnies, una tecnologia òptica de control del

grau d'emulsificació en salsitxes Frankfurt que s'instal·la directament en la línia de producció (vegeu figures).

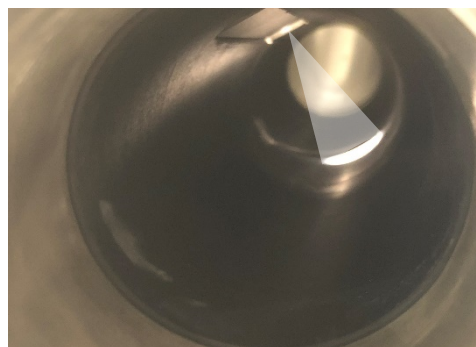


Figura 1. Sensor d'emulsions càrnies instal·lat a la línia de producció de salsitxes Frankfurt, a la sortida de l'homogeneïtzador

S'espera que aquesta tecnologia suposi un canvi de paradigma a l'hora de prendre decisions durant el processat, ja que, per primera vegada, serà possible estimar objectivament i abans de l'etapa de cocció, les pèrdues de massa induïdes a conseqüència del tractament tèrmic. Addicionalment, la nova tecnologia òptica de processament permetrà controlar millor les propietats de textura del producte, així com l'homogeneïtat entre lots.

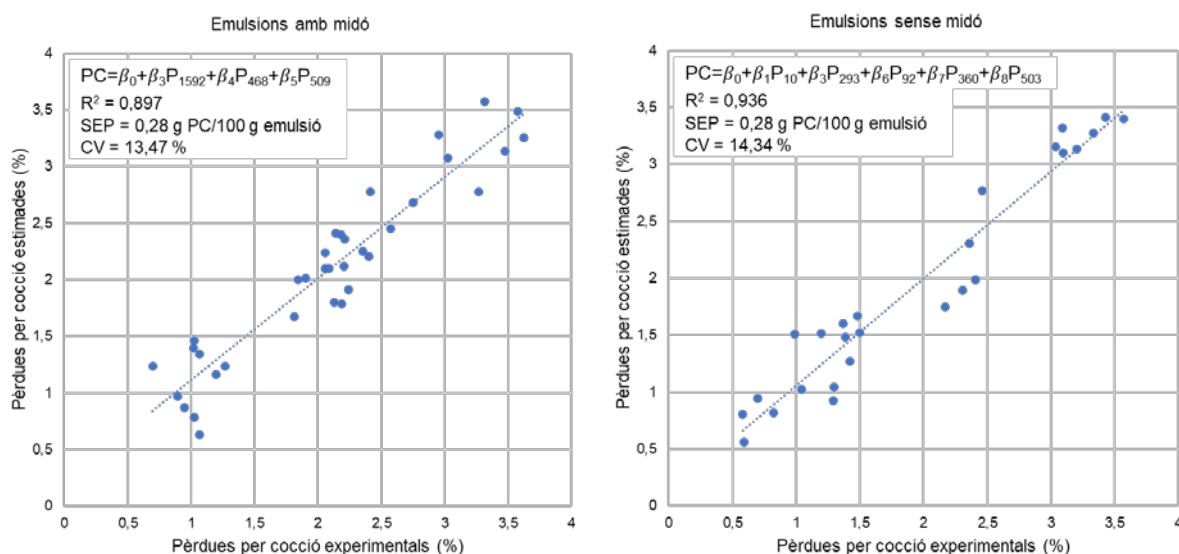


Figura 2. Ajust de les dades als models seleccionats en funció del midó.

Gràcies a l'enorme quantitat de dades sobre formulació i condicions de processament, entre altres, que fa servir la indústria actual i amb la contribució de la intel·ligència artificial, els espectres recollits en continu per la sonda presenten un enorme potencial com a eina analítica de control de processos. Precisament per això, és previsible que aquesta tecnologia també sigui d'interès en la producció d'altres emulsions càrnies i alimentàries o fins i tot en altres sectors industrials com el farmacèutic o cosmètic, multiplicant el potencial d'aquesta innovadora tecnologia.

WP2. Desenvolupament d'un sistema NIR low cost per la determinació de: paràmetres de qualitat i seguretat alimentària durant la curació d'embotits crus curats; paràmetres físics/químics dels embotits crus curats en diferents fases del seu procés.

A Boadas 1880 es va considerar d'interès avaluar la tecnologia NIR per la determinació de contingut de greix i aigua en masses de Llonganissa de Pagès i Xoriç Extra abans de l'etapa d'embotició. A Salgot, els paràmetres i producte de més interès a avaluar va ser l'activitat d'aigua i contingut d'aigua del Fuet durant el procés d'assecat.

En les masses de llonganissa i xoriç es va analitzar com varia l'error en la determinació dels paràmetres d'interès en funció de si l'espectre es pren a sortida d'amassadora o després de reduir la grandària de partícula i homogeneïtzant la mostra de la massa mitjançant una picadora (Figura 1). Els resultats mostraren que recollint la massa de l'amassadora i homogeneïtzant-la mitjançant un picat permet reduir l'error de predicció dels paràmetres de greix i humitat de la massa (Taula 1).



Massa a sortida d'amassadora



Massa homogeneïtzada mitjançant picat

Figura 1. Presa d'espectre NIR en la massa del producte a sortida d'amassadora i després de homogeneïtzar-la després del picat.

Taula 1. Errors de validació creuada (RMSE) i coeficient de determinació ( $R^2$ ) dels models de predicció NIR desenvolupats per Llonganissa Pagès i Xoriç Extra.

		Format mostra	RMSE	$R^2$
Llonganissa Pagès	Greix, %	Massa	0.888	0.941
		Massa picada	0.443	0.985
	Humitat, %	Massa	0.782	0.926
		Massa picada	0.425	0.978
Xoriç Extra	Greix, %	Massa picada	0.916	0.945
	Humitat, %	Massa picada	0.628	0.941

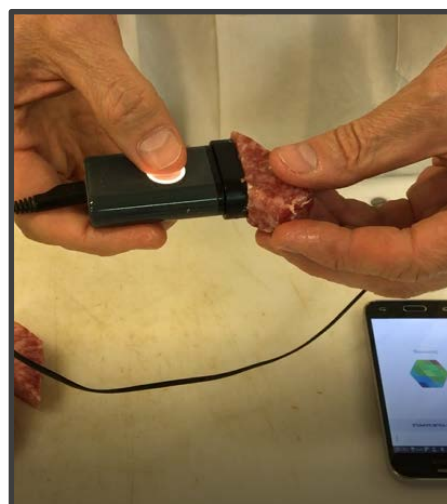
Pel que fa al fuet, es va valorar prendre l'espectre amb l'equip estàtic i amb l'equip en moviment per minimitzar els efectes de la heterogeneïtat de partícules (greix i magres) a superfície i centre del producte. Com que l'àrea de lectura/escajejat de l'equip NIR és de uns 2 cm<sup>2</sup> i la grandària de partícula del fuet és de uns 4 mm, es va considerar que l'àrea era suficientment gran com per tenir un espectre representatiu del producte (incloent les partícules de greix i de magre), i per tant, una mesura amb l'equip estàtic facilitava la presa de l'espectre (Figura 2) i el feia més independent de l'usuari, considerant-lo per tant un mètode més adequat. La predicció del contingut d'aigua i activitat d'aigua mitjançant els models desenvolupats mostren que els errors son inferiors al 1 % quan es mesura a l'interior del producte (Taula 2), i és lleugerament superior quan es mesura a la superfície de producte. També s'ha obtingut una relació entre l'activitat d'aigua mesurada a superfície i la mesurada a l'interior del producte (Figura 3). L'estimació de l'activitat d'aigua a l'interior del producte a partir de la mesura NIR a la superfície es considera factible sempre i quan les característiques inicials del producte (composició, diàmetre, picat,...) i les condicions del procés (temperatura, humitat relativa, ventilació) siguin iguals en els diferents lots de producció que es vulgui fer la mesura.

Taula 2. Errors de validació creuada (RMSE) i coeficient de determinació ( $R^2$ ) dels models de predicció NIR desenvolupats per Fuet.

	Zona mostreig	RMSE	R <sup>2</sup>
$a_w$	Superfície	0.0063	0.982
	Interior centre	0.0035	0.982
Humitat, %	Superfície	1.426	0.984
	Interior centre	0.920	0.986



Mostreig NIR a superfície de peça



Mostreig NIR a interior de peça

Figura 2. Mostreig NIR a superfície i interior centre del fuet

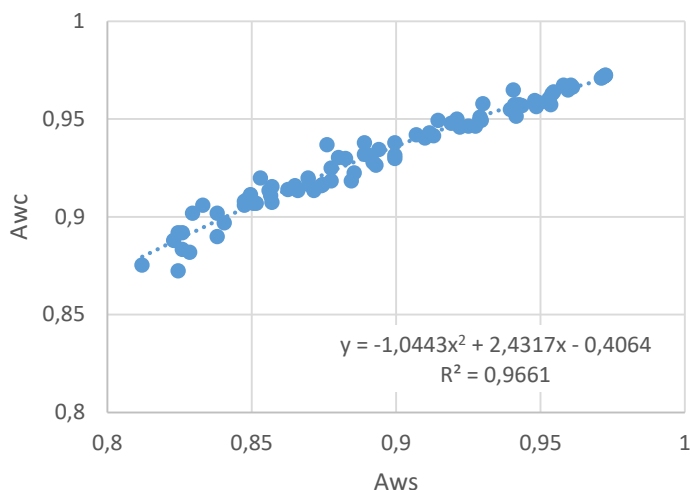


Figura 3. Relació entre activitat d'aigua determinada a superfície de fuet (Aws) respecte l'activitat d'aigua determinada a interior centre del fuet (Awc).

WP3. Optimització i millora del procés d'elaboració de pernil cuit extra amb sensor òptic FO-NIRS, per obtenir un producte d'alta qualitat sense defectes organolèptics i incrementar els rendiments de cocció i llescat.

En el decurs de les proves realitzades es van identificar i separar diferents lots de 30 pernils de cadascuna de les categories anteriors. La selecció es va dur a terme sobre el producte proporcionat per diferents proveïdors i en diferents setmanes no consecutives. Sobre el producte seleccionat en cadascuna de les categories, es va efectuar una segona selecció aleatòria. D'aquesta forma, es van analitzar un total de 30 pernils de cadascuna de les categories. Aquest anàlisi es va realitzar sobre el producte final, un cop cuït. El mètode emprat com a referència va ser la inspecció visual per dos tècnics de qualitat experts de J. Albertí, que van avaluar la qualitat del pernil en termes de aparença, color, textura, presència de defectes, retenció d'aigua i propietats organolèptiques.



Figura 4. Pernil PSE

Les analítiques realitzades van permetre identificar una forta incidència de pernils de baixa qualitat dintre del grup de pernils categoritzat com a "Carn PSE". Tanmateix, el percentatge de pernils amb defectes és significativament més gran dintre dels grups de "Carn Àcida" i de "Carn Pàl·lida". En el cas

oposat, la incidència de pernills amb defectes dintre del grup categoritzat com a RFN és notablement més baix que la incidència promig.

## Conclusions

*WP1. Disminució de les pèrdues per cocció en la fabricació de salsitxes Frankfurt mitjançant un sensor òptic en línia (EmulsioScan). Es vol calibrar i validar la tecnologia òptica proposada per el control d'emulsificació.*

Durant el projecte, s'han generat i validat protocols de l'ús del software i de neteja i manteniment de l'equip. S'ha comprovat que no es genera cap problema en utilitzar el sensor en continu durant 1h 30', però és crítica la quantitat de dades generades. Els models obtinguts en la calibració i validats presenten biaixos menors al 0,3% de les pèrdues per cocció i en algun cas milloren respecte a projectes anteriors al necessitar menys predictors. Tanmateix, en aquest projecte s'ha aconseguit obtenir un model general que serviria per a totes les fórmules, independentment de si tenen o no midó, i fins i tot per a fórmules amb matèria primera només d'au, que són diferents pel que respecte a la resposta òptica. Finalment, s'ha desenvolupat una eina per poder analitzar la gran multitud d'espectres que es generen en línia, pas necessari no només per analitzar les dades generades en continu sinó també in situ.

*WP2. Desenvolupament d'un sistema NIR low cost per la determinació de: paràmetres de qualitat i seguretat alimentària durant la curació d'embotits crus curats; paràmetres físics/químics dels embotits crus curats en diferents fases del seu procés.*

El desenvolupament d'un mètode de predicció de paràmetres físics-químics com el contingut de greix, humitat i activitat d'aigua en diferents matrius de productes carnis utilitzant un sistema NIR de de butxaca de baix cost ha resultat en l'obtenció d'uns models de calibració amb uns errors inferiors al 1 %. En concret, els models obtinguts d'humitat i greix són per les masses de barreja càrnia a sortida d'amassadora i repicades de Llonganissa de Pagès i Xoriç Extra. En el fuet, els models obtinguts són per la determinació d'activitat d'aigua i humitat a interior de producte. També s'han obtingut models per la predicció dels paràmetres estudiats en les masses sense repicar i pel fuet a superfície, tot i que els errors augmenten lleugerament. Així doncs, es considera que el sistema NIR utilitzat és potencialment una eina útil en l'entorn industrial per la determinació dels paràmetres de control de qualitat i seguretat alimentària estudiats.

*WP3. Optimització i millora del procés d'elaboració de pernil cuit extra amb sensor òptic FO-NIRS, per obtenir un producte d'alta qualitat sense defectes organolèptics i incrementar els rendiments de cocció i llescat.*

- El sistema de inspecció QMEAT ha estat implementat de forma satisfactòria a la línia de producció de pernil cuit de LaSelva
- Els mòduls de mesura (pH i FONIRS) han demostrat un bon funcionament al llarg del període de proves, tant en termes funcionals com en termes de precisió i repetibilitat
- Les proves de validació industrial han constatat la sensibilitat del sistema QMEAT per discriminar diferents categories de carn. En particular, s'ha constatat la presència de defectes – en molts casos greus, dintre del grup de pernills pàl·lids
- La implementació del sistema QMEAT en producció ha permès establir diferents qualitats de producte en base a paràmetres objectius (pH i PSE<sub>INDEX</sub>)

El sistema FO-NIRS assegura en un percentatge molt elevat la identificació de pernills exsudatius. Per la seva part, el sistema de triatge basat en l'escala japonesa de color, si bé pot arribar a ser un sistema vàlid en la categorització de pernil desossat in-situ, té limitacions molt importants quan aquest sistema s'aplica a peça sencera. En contraposició, el sistema FO-NIRS s'ha demostrat com a mètode vàlid, fiable i robust per a la categorització del pernil en recepció. A més, una avantatge fonamental d'aquest sistema rau en el fet de què proporciona un índex quantitatiu, objectiu, repetitiu i independent de

l'operari. En base a aquest paràmetre quantitatiu, es poden establir criteris per destinar cada peça a l'elaboració d'una qualitat concreta de producte (peça sencera, llescat, etc), i assegurar al mateix temps la consistència de la qualitat del producte final.

#### Líder del Grup Operatiu

ENTITAT: ARGAL ALIMENTACIÓN SA

#### Coordinador del Grup Operatiu

ENTITAT: INNOVACC

E-MAIL DE CONTACTE: [innovacc@olot.cat](mailto:innovacc@olot.cat)

#### Altres membres del Grup Operatiu (perceptors d'ajut)

ENTITAT: EMBOTITS SALGOT SA

ENTITAT: BOADAS 1880 SA

ENTITAT: JOAQUIM ALBERTÍ SA

#### Altres membres del Grup Operatiu (no perceptors d'ajut)

ENTITAT: UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

E-MAIL DE CONTACTE: [manuel.castillo@uab.cat](mailto:manuel.castillo@uab.cat)

ENTITAT: IRTA

E-MAIL DE CONTACTE: [josep.comaposada@irta.cat](mailto:josep.comaposada@irta.cat)

#### Àmbit/s temàtic/s d'aplicació

Qualitat alimentària / processament i nutrició

#### Àmbit/s territorial/s d'aplicació

PROVINCIA/ES: LLEIDA, BARCELONA, GIRONA

COMARCA/QUES: PLA D'URGELL, GIRONÈS, GARROTXA, VALLÈS ORIENTAL, BARCELONÈS

#### Difusió del projecte: publicacions, jornades, multimèdia... (Indicar enllaços)

Revista anual 2021 d'INNOVACC on hi consta, un article sobre el projecte.

[https://www.innovacc.cat/wp-content/uploads/2021/06/disseny-revista-innovacc-2021\\_ok.pdf](https://www.innovacc.cat/wp-content/uploads/2021/06/disseny-revista-innovacc-2021_ok.pdf)

#### Pàgina web del projecte

<https://www.innovacc.cat/2021/08/11/millora-de-la-qualitat-de-productes-carnis-amb-sensors-optics-on-line-3/>

#### Altra informació del projecte

DATES DEL PROJECTE	PRESSUPOST TOTAL
Data d'inici: juliol 2019	Pressupost total: 212.000,00 €
Data final: setembre 2021	Finançament DARP: 86.640,00€
Estat actual: Executat	Finançament UE: 65.360,00€
	Finançament propi: 60.000,00€

Amb el finançament de:

Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01 (Cooperació per a la innovació) a través del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020.

Ordre ARP/133/2017, de 21 de juny, per la qual s'aproven les bases reguladores dels ajuts a la cooperació per a la innovació a través del foment de la creació de grups operatius de l'Associació Europea per a la Innovació en matèria de productivitat i sostenibilitat agrícoles i la realització de projectes pilot innovadors per part d'aquests grups, i Resolució ARP/1282/2018, de 8 de juny, per la qual es convoca l'esmentat ajut.



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Acció Climàtica,  
Alimentació i Agenda Rural**



**Fons Europeu Agrícola  
de Desenvolupament Rural:**  
Europa inverteix en les zones rurals