

Mejora de la calidad de productos cárnicos con sensores ópticos on-line

Resumen

Se trata de un proyecto que se ha dividido en 3 grupos de trabajo y todos ellos trabajan temas de desarrollo y validación de sensores ópticos on-line.

Objetivos

WP1. Disminución de las pérdidas por cocción en la fabricación de salchichas Frankfurt mediante un sensor óptico en línea (EmulsioScan). Se quiere calibrar y validar la tecnología óptica propuesta por el control de emulsificación.

WP2. Desarrollo de un sistema NIR low cost para la determinación de: parámetros de calidad y seguridad alimentaria durante la curación de embutidos crudos curados; parámetros físicos / químicos de los embutidos crudos curados en diferentes fases de su proceso.

WP3. Optimización y mejora del proceso de elaboración de jamón cocido extra con sensor óptico FO-NIRS, para obtener un producto de alta calidad sin defectos organolépticos e incrementar los rendimientos de cocción y loncheado.

Descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto

WP1.

- Depuración (debuging) y ajuste in situ de la tecnología.
- Selección de parámetros para generar un rango de pérdidas por cocción, calibración y validación industrial de los algoritmos de predicción.

WP2.

- Identificación de los productos cárnicos de la empresa más adecuados para el control NIR.
- Desarrollo del procedimiento de control del producto durante el proceso de elaboración, muestreo y análisis de parámetros de composición.
- Estudio de los modelos matemáticos que relacionan los parámetros físicos / químicos con los espectros del producto en las diferentes etapas y validación de la metodología.

WP3.

- Integración del sistema FO-NIRS en línea de selección.
- Caracterización de la materia prima con los métodos actuales y con el sistema FO_NIRS
- Estudio comparativo de los métodos de selección de materia prima
- Análisis de resultados, informes y difusión.

Resultados finales y recomendaciones prácticas

Los resultados esperados serán la validación de las diversas tecnologías desarrolladas en cada empresa.

WP1. Disminución de las pérdidas por cocción en la fabricación de salchichas Frankfurt mediante un sensor óptico en línea (EmulsioScan). Se quiere calibrar y validar la tecnología óptica propuesta por el control de emulsificación.

Se realizan con éxito, en las instalaciones de Argal, los ensayos de calibración y validación industrial del primer prototipo de sensor de emulsiones cárnicas, una tecnología óptica de control del grado de

emulsificación en salchichas Frankfurt que se instala directamente en la línea de producción (ver figuras).



Figura 1. Sensor de emulsiones cárnicas instalado en la línea de producción de salchichas Frankfurt, a la salida del homogeneizador

Se espera que esta tecnología suponga un cambio de paradigma a la hora de tomar decisiones durante el procesado, ya que, por primera vez, será posible estimar objetivamente y antes de la etapa de cocción, las pérdidas de masa inducidas consecuencia del tratamiento térmico. Adicionalmente, la nueva tecnología óptica de procesamiento permitirá controlar mejor las propiedades de textura del producto, así como la homogeneidad entre lotes.

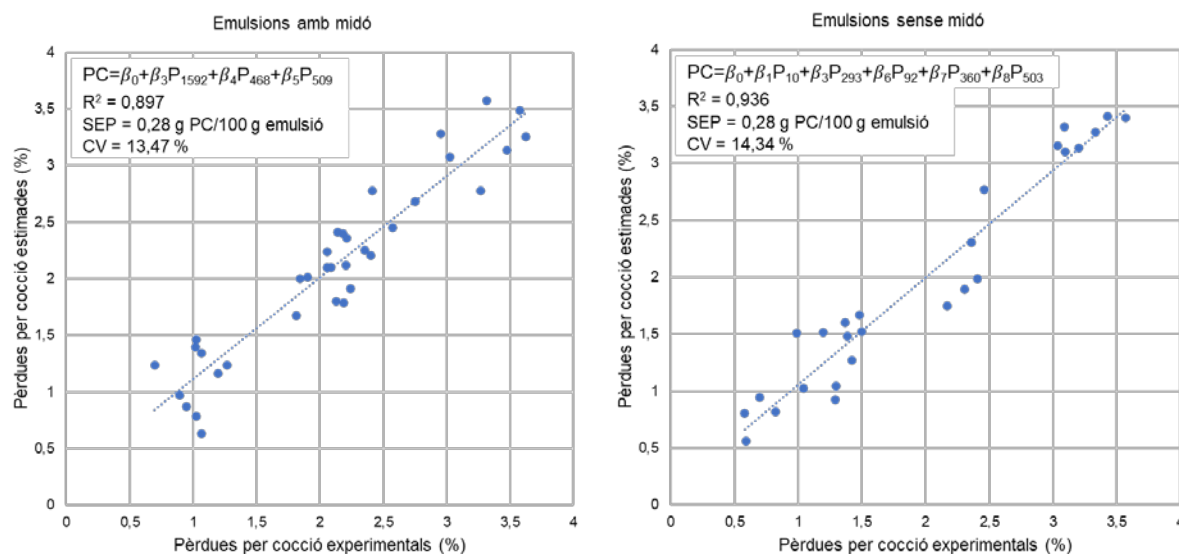


Figura 2. Ajuste de los datos a los modelos seleccionados en función del almidón.

Gracias a la enorme cantidad de datos sobre formulación y condiciones de procesamiento, entre otros, que utiliza la industria actual y con la contribución de la inteligencia artificial, los espectros recogidos en continuo por la sonda presentan un enorme potencial como herramienta analítica de control de procesos. Precisamente por ello, es previsible que esta tecnología también sea de interés en la producción de otras emulsiones cárnicas y alimentarias o incluso en otros sectores industriales como el farmacéutico o cosmético, multiplicando el potencial de esta innovadora tecnología.

WP2. Desarrollo de un sistema NIR low cost para la determinación de: parámetros de calidad y seguridad alimentaria durante la curación de embutidos crudos curados; parámetros físicos / químicos de los embutidos crudos curados en diferentes fases de su proceso.

A Boadas 1880 se consideró de interés evaluar la tecnología NIR para la determinación de contenido de grasa y agua en masas de Longaniza de Payés y Chorizo Extra antes de la etapa de embutición. A Salgot, los parámetros y producto de mayor interés a evaluar fue la actividad de agua y contenido de agua del látigo durante el proceso de secado.

En las masas de salchichón y chorizo se analizó cómo varía el error en la determinación de los parámetros de interés en función de si el espectro se toma a salida de amasadora o después de reducir el tamaño de partícula y homogeneizando la muestra de la masa mediante una picadora (Figura 1). Los resultados mostraron que recogiendo la masa de la amasadora y homogeneizando mediante un picado permite reducir el error de predicción de los parámetros de grasa y humedad de la masa (Tabla 1).



Masa salida de la amasadora

Masa homogeneizada

Figura 1. Toma de espectro NIR en la masa del producto a salida de amasadora y después de homogeneizarla después del picado.

Tabla 1. Errores de validación cruzada (RMSE) y coeficiente de determinación (R^2) de los modelos de predicción NIR desarrollados por Longaniza Pagès y Chorizo 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

En cuanto al látigo, se valoró tomar el espectro con el equipo estático y con el equipo en movimiento para minimizar los efectos de la heterogeneidad de partículas (grasa y magros) a superficie y centro

del producto. Como el área de lectura / escaneado del equipo NIR es de unos 2 cm² y el tamaño de partícula del látigo es de unos 4 mm, se consideró que el área era suficientemente grande como para tener un espectro representativo del producto (incluyendo las partículas de grasa y de magro), y por tanto, una medida con el equipo estático facilitaba la toma del espectro (Figura 2) y el hacía más independiente del usuario, considerándolo por tanto un método más adecuado. La predicción del contenido de agua y actividad de agua mediante los modelos desarrollados muestran que los errores son inferiores al 1% cuando se mide en el interior del producto (Tabla 2), y es ligeramente superior cuando se mide en la superficie de producto. También se ha obtenido una relación entre la actividad de agua medida en superficie y la medida en el interior del producto (Figura 3). La estimación de la actividad de agua en el interior del producto a partir de la medida NIR a la superficie se considera factible siempre y cuando las características iniciales del producto (composición, diámetro, picado, ...) y las condiciones del proceso (temperatura, humedad relativa, ventilación) sean iguales en los diferentes lotes de producción que se quiera hacer la medida.

Tabla 2. Errores de validación cruzada (RMSE) y coeficiente de determinación (R²) de los modelos de predicción NIR desarrollados por Látigo.

	Zona mostreig	RMSE	R ²
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



Toma de muestra con NIR en la superficie

Toma de muestra con NIR en el interior

Figura 2. Muestras con NIR a la superficie y en el interior de la pieza

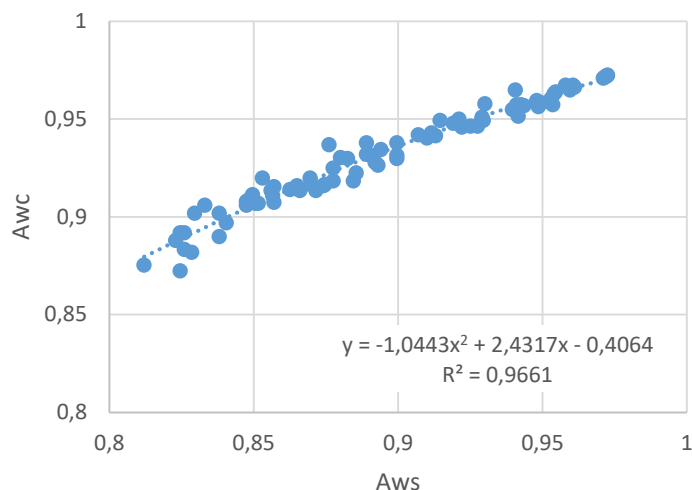


Figura 3. Relación entre actividad de agua determinada superficie de látigo (Aws) respecto la actividad de agua determinada interior centro del látigo (AWC).

WP3. Optimización y mejora del proceso de elaboración de jamón cocido extra con sensor óptico FO-NIRS, para obtener un producto de alta calidad sin defectos organolépticos e incrementar los rendimientos de cocción y loncheado.

En el transcurso de las pruebas realizadas se identificaron y separar diferentes lotes de 30 jamones de cada una de las categorías anteriores. La selección se llevó a cabo sobre el producto proporcionado por diferentes proveedores y en diferentes semanas no consecutivas. Sobre el producto seleccionado en cada una de las categorías, se efectuó una segunda selección aleatoria. De esta forma, se analizaron un total de 30 jamones de cada una de las categorías. Este análisis se realizó sobre el producto final, una vez cocido. El método empleado como referencia fue la inspección visual por dos técnicos de calidad expertos de J. Albertí, que evaluaron la calidad del jamón en términos de apariencia, color, textura, presencia de defectos, retención de agua y propiedades organolépticas.



Figura 4. Jamón PSE

Las analíticas realizadas permitieron identificar una fuerte incidencia jamones de baja calidad dentro del grupo de jamones categorizado como "Carne PSE". Sin embargo, el porcentaje de jamones con defectos es significativamente mayor dentro de los grupos de "Carne Ácida" y de "Carne Pálida". En el

caso opuesto, la incidencia de jamones con defectos dentro del grupo categorizado como RFN es notablemente más bajo que la incidencia promedio.

Conclusiones

WP1. Disminución de las pérdidas por cocción en la fabricación de salchichas Frankfurt mediante un sensor óptico en línea (EmulsioScan). Se quiere calibrar y validar la tecnología óptica propuesta por el control de emulsificación.

Durante el proyecto, se han generado y validado protocolos del uso del software y de limpieza y mantenimiento del equipo. Se ha comprobado que no se genera ningún problema en utilizar el sensor en continuo durante 1h 30', pero es crítica la cantidad de datos generados. Los modelos obtenidos en la calibración y validados presentan sesgos menores al 0,3% de las pérdidas por cocción y en algún caso mejoran respecto a proyectos anteriores al necesitar menos predictores. Sin embargo, en este proyecto se ha conseguido obtener un modelo general que serviría para todas las fórmulas, independientemente de si tienen o no almidón, e incluso para fórmulas con materia prima sólo de ave, que son diferentes en lo que respecta a la respuesta óptica. Finalmente, se ha desarrollado una herramienta para poder analizar la gran multitud de espectros que se generan en línea, paso necesario no sólo para analizar los datos generados en continuo sino también in situ.

WP2. Desarrollo de un sistema NIR low cost para la determinación de: parámetros de calidad y seguridad alimentaria durante la curación de embutidos crudos curados; parámetros físicos / químicos de los embutidos crudos curados en diferentes fases de su proceso.

El desarrollo de un método de predicción de parámetros físico-químicos como el contenido de grasa, humedad y actividad de agua en diferentes matrices de productos cárnicos utilizando un sistema NIR de bolsillo de bajo coste ha resultado en la obtención de unos modelos de calibración con unos errores inferiores al 1%. En concreto, los modelos obtenidos de humedad y grasa son para las masas de mezcla cárnica en salida de amasadora y repicadas de Longaniza de Payés y Chorizo Extra. En el látigo, los modelos obtenidos son para la determinación de actividad de agua y humedad en interior de producto. También se han obtenido modelos para la predicción de los parámetros estudiados en las masas sin repicar y por el látigo en superficie, aunque los errores aumentan ligeramente. Así pues, se considera que el sistema NIR utilizado es potencialmente una herramienta útil en el entorno industrial para la determinación de los parámetros de control de calidad y seguridad alimentaria estudiados.

WP3. Optimización y mejora del proceso de elaboración de jamón cocido extra con sensor óptico FO-NIRS, para obtener un producto de alta calidad sin defectos organolépticos e incrementar los rendimientos de cocción y loncheado.

-El sistema de inspección QMEAT ha sido implementado de forma satisfactoria a la línea de producción de jamón cocido de la Selva

-Los módulos de medida (pH y FONIRS) han demostrado un buen funcionamiento a lo largo del periodo de pruebas, tanto en términos funcionales como en términos de precisión y repetibilidad

- Las pruebas de validación industrial han constatado la sensibilidad del sistema QMEAT para discriminar diferentes categorías de carne. En particular, se ha constatado la presencia de defectos - en muchos casos graves, dentro del grupo de jamones pálidos

- La implementación del sistema QMEAT en producción ha permitido establecer diferentes calidades de producto en base a parámetros objetivos (pH y PSEINDEX)

El sistema FO-NIRS asegura en un porcentaje muy elevado la identificación de jamones exsudatius. Por su parte, el sistema de triaje basado en la escala japonesa de color, si bien puede llegar a ser un sistema

válido en la categorización de jamón deshuesado in-situ, tiene limitaciones muy importantes cuando este sistema se aplica en pieza entera. En contraposición, el sistema FO-NIRS se ha demostrado como método válido, fiable y robusto para la categorización del jamón en la recepción. Además, una ventaja fundamental de este sistema radica en el hecho de que proporciona un índice cuantitativo, objetivo, repetitivo e independiente del operario. En base a este parámetro cuantitativo, se pueden establecer criterios para destinar cada pieza a la elaboración de una calidad concreta de producto (pieza entera, rebanado, etc), y asegurar al mismo tiempo la consistencia de la calidad del producto final.

Líder del Grupo Operativo

ENTITAT: ARGAL ALIMENTACIÓN SA

Coordinador del Grupo Operativo

ENTIDAD: INNOVACC

E-MAIL DE CONTACTO: innovacc@olot.cat

Otros miembros del Grupo Operativo (perceptores de ayuda)

ENTITAT: EMBOTITS SALGOT SA

ENTITAT: BOADAS 1880 SA

ENTITAT: JOAQUIM ALBERTÍ SA

Otros miembros del Grupo Operativo (no perceptores de ayuda)

ENTITAT: UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

E-MAIL DE CONTACTE: manuel.castillo@uab.cat

ENTITAT: IRTA

E-MAIL DE CONTACTE: josep.comaposada@irta.cat

Ámbito/s temático/s de aplicación

Calidad alimentaria / procesamiento y nutrición

Ámbito/s territorial/es de aplicación/es

PROVINCIA/ES: LLEIDA, BARCELONA, GIRONA

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

Difusión del proyecto: publicaciones, jornadas, multimedia... (Indicar enlaces)

Revista anual 2021 de INNOVACC donde consta, un artículo sobre el proyecto.

https://www.innovacc.cat/wp-content/uploads/2021/06/disseny-revista-innovacc-2021_ok.pdf

Página web del proyecto

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

Otra información del proyecto

FECHAS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO TOTAL
Fecha de inicio: julio 2019	Presupuesto total: 212.000,00 €
Fecha final: setiembre 2021	Financiación DARP: 86.640,00€
Estado actual: Ejecutado	Financiación UE: 65.360,00€
	Financiación propia: 60.000,00€

Con la financiación de:

Proyecto financiado a través de la Operación 16.01.01 (Cooperación para la innovación) a través del Programa de desarrollo rural de Cataluña 2014-2020.

Orden ARP/133/2017, de 21 de junio, por la que se aprueban las bases reguladoras de las ayudas a la cooperación para la innovación a través del fomento de la creación de grupos operativos de la Asociación Europea para la innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas y la realización de proyectos piloto innovadores por parte de estos grupos, y la Resolución ARP/1282/2018, de 8 de junio, por la que se convoca la citada ayuda.

