

## Clasificación automática de melocotón y nectarina según estado de madurez mediante tecnología no destructiva

### Resumen

Este Grupo Operativo (GO) centra su actuación en el ámbito sectorial de la fruticultura para ejecutar el Proyecto titulado "Clasificación automática de melocotón y nectarina según estado de madurez mediante tecnología no destructiva NIR". Este GO está formado por BARÓ E HIJOS SL, FRUITS DE PONENT SCCL y INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES (IRTA), junto con la colaboración de MAF RODA. El objetivo de este GO es obtener una herramienta para poder clasificar frutos de forma no destructiva según su estado de madurez. Esta clasificación se realiza mediante un sistema NIR en línea diseñado para MAF RODA. Se ha evaluado el rendimiento de modelos NIR para diferentes parámetros instrumentales (firmeza, azúcares, acidez y clorofila) según diferentes tipologías de muestreo (especie, tipología de fruto, variedad) y se han identificado los parámetros con mayor potencial para la clasificación de los melocotones a nivel industrial. Finalmente se ha implantado el sistema a BARÓ E HIJOS y GRUP COOPERATIU FRUITS DE PONENT.

### Objetivos

El objetivo general del proyecto es clasificar melocotones en línea de forma no destructiva con tecnología NIR para obtener diferentes categorías en función de su estado de maduración con el fin de obtener una herramienta para decidir el destino de la fruta (los frutos más maduros se destinarán a los mercados de corto recorrido y los menos maduros a los de largo recorrido).

### Descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto

El primer año de proyecto (2019) se evaluó el rendimiento de un sistema NIR de reflectancia para medir diferentes parámetros instrumentales de calidad de los melocotones (firmeza, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y contenido de clorofila) con el objetivo de identificar los parámetros con mayor potencial para ser candidatos a ser utilizados a nivel industrial. Las medidas NIR y los análisis de referencia se realizaron en el IRTA Fruitcentre (Lleida).

En el segundo año de proyecto (2020) se instaló un sistema NIR de transmitancia en la línea de escandallo de la central Fruits de Ponent. Se evaluó en condiciones reales, el rendimiento de este sistema para medir los parámetros instrumentales identificados en la fase anterior (firmeza, contenido de sólidos solubles, y contenido de clorofila).

El tercer año de proyecto (2021) se instaló el mismo sistema NIR de transmitancia de Fruits de Ponent en una de las líneas de calcificación de fruta de la central Baró e Hijos. Se ha validado en condiciones reales la implementación de un procedimiento para la creación de modelos de calibración y validación para medir el índice de clorofila y los grados brix mediante el sistema NIR instalado en la central.

### Resultados finales y recomendaciones prácticas

#### Resultados finales

La espectroscopia NIR para transmitancia resultado ser más eficiente que la espectroscopia NIR por reflectancia para medir parámetros de calidad de la fruta. En el caso de la transmitancia, la luz interacciona atravesando el fruto en su totalidad lo que permite obtener resultados más precisos del estado del fruto en todo su conjunto. Por el contrario, en las medidas por reflectancia la luz interactúa con un punto superficial del fruto.

De los parámetros instrumentales de calidad y maduración analizados (firmeza, grados brix, acidez, índice de clorofila), el índice de clorofila y los grados brix han sido los que han mostrado modelos de calibración NIR más robustos para uso industrial. La medida de estos dos parámetros proporciona información desde dos vertientes: el índice de clorofila permite conocer el nivel de maduración del fruto y los grados brix la calidad organoléptica.

El rendimiento de los modelos de calibración NIR variaron en función de su especificidad. En general, modelos globales mostraron rendimientos más bajos que modelos locales o específicos. No obstante, el índice de clorofila resultó menos sensible que los grados brix al tipo de muestreo. En el caso de la clorofila, sería factible utilizar modelos globales para diferentes tipos de frutos. En el caso de los grados brix necesario desarrollar modelos específicos a nivel de variedad y estacionalidad.

Los valores de índice de clorofila permiten una separación en dos categorías: frutos 'maduros' y 'inmaduros'. La interpretación de los resultados y los umbrales de tolerancia pueden variar ligeramente en función de la variedad o tipología de fruto. En general, para una misma categoría de maduración, los frutos tipo melocotón redondo registraron valores de clorofila más altos que los de tipo nectarinas y melocotón plano.

En definitiva, el índice de absorbancia de la clorofila se perfila como el mejor candidato para determinar el estado de maduración de los melocotones en línea de forma no destructiva, con ventajas significativas (no destructivo, medida rápida y fácil, correlación con la percepción global de madurez) respecto a los otros parámetros tradicionales como la firmeza, lo que facilita su implementación a nivel industrial. La adopción de este parámetro por parte de toda la cadena de producción puede aportar varias ventajas y agilizaría su implementación en las líneas de clasificación. Sin embargo, se requieren más esfuerzos para la obtención de umbrales de tolerancia debido a la gran variabilidad genética.

#### Recomanaciones prácticas

Antes de que la espectroscopia NIR se pueda utilizar a nivel industrial, se deben desarrollar modelos de calibración robustos para garantizar que los resultados de predicción sean exactas.

Varios factores pueden influir en la robustez de los modelos, es decir, en la precisión y reproducibilidad de los métodos de referencia, como el método de muestreo utilizado para recoger muestras representativas (por especie, tipo de fruto, variedad), la procedencia, el calibre los frutos, los métodos de pre-procesamiento de los espectros, los métodos de modelización cuantitativa o cualitativa, entre otros.

La Figura 1 ilustra un procedimiento general para el desarrollo de un modelo de calibración NIR y su validación. Este procedimiento, implementado por otras industrias agro-alimentarias más familiarizadas en el uso de la tecnología NIR en línea (leche, yogures, quesos, forrajes, etc.), debe ser también implementado por las centrales frutícolas de forma sistemática para garantizar resultados fiables.

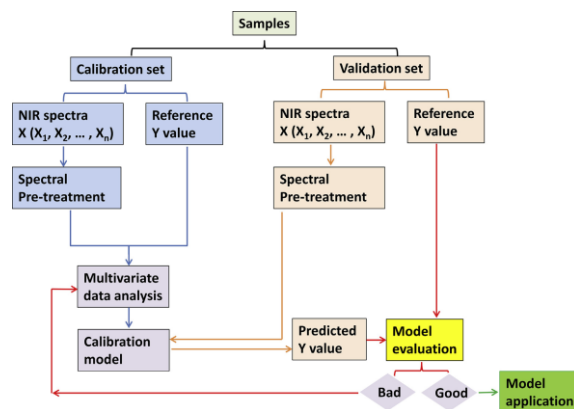


Figura 1. Desarrollo y validación de modelos de calibración NIR [Pu, Y. Y., O'Donnell, C., Tobin, J. T., & O'Shea, N. (2020). Review of near-infrared spectroscopy as a process analytical technology for real-time product monitoring in dairy processing. *International Dairy Journal*, 103, 104,623].

Se pueden desarrollar modelos globales o locales / específicos, según los datos utilizados en el desarrollo de la calibración. Cabe destacar que para alcanzar un modelo global robusto, este debe ser resistente a las variaciones estacionales, geográficas y genéticas. El melocotón es una fruta con una alta heterogenita genética. Además, hay que añadir la variabilidad local y estacional debida a los diferentes años y procedencias.

Para conseguir un modelo global robusto la central debe aprovechar los datos espectroscópicos históricas acumuladas a lo largo de varios años. Esto supone un gran esfuerzo durante los primeros años de implementación de esta tecnología (3-5 años) en la recopilación de espectros y medidas instrumentales antes de construir modelos globales suficientemente robustos. Mientras tanto, habrá que utilizar modelos locales / estacionales / específicos.

Una vez desarrollado un modelo de calibración, este debe validarse y, en el caso de modelos globales, actualizar periódicamente para garantizar el rendimiento de la predicción del modelo. Las muestras del conjunto de calibración se utilizan para desarrollar el modelo de calibración, posteriormente, se debe utilizar un conjunto externo de muestras para evaluar y validar el rendimiento del modelo. Según estándares para otras industrias agroalimentarias (ISO 21543: 2020 [IDF 201: 2020] - Milk and milk products), se requieren al menos 120 muestras de calibración para construir un modelo robusto, y 25 muestras que sean independientes de las muestras de calibración para la validación. Según nuestra experiencia, este número de muestras serían suficientes para la construcción de modelos específicos de grados brix e índice de clorofila.

Hay que remarcar que, desgraciadamente, un modelo que se desarrolla en un instrumento NIR no puede utilizarse directamente en otro instrumento NIR similar debido a las variaciones en los componentes del instrumento y en el entorno de detección. Esta premisa se global para cualquier aplicación NIR y supone que los modelos generados para un equipo NIR no podrán ser utilizados para otros equipos similares, están instalados en otras centrales o en la misma central. En este casos, hay un experto en espectrometría por la aplicación de técnicas de normalización y transferencia de calibración para garantizar la transferibilidad de los modelos para una aplicación más amplia.

Las centrales deben recordar que es esencial identificar las variables que pueden afectar a los espectros y estas variables deben tenerse en cuenta a la hora de desarrollar un modelo de calibración. Por ejemplo, la temperatura de las muestras y del entorno operativo puede influir en la repetibilidad de las señales espectrales recogidos, lo que resulta en una reducción de la precisión de predicción del modelo de calibración.

Los equipos NIR implementados en línea deben ser capaces de soportar entornos de funcionamiento duros, tales como alta temperatura, alta humedad, vibraciones de proceso. Para evitar estos efectos el espectrómetro NIR debe estar protegido. La instalación de sondas o sensores NIR no debe afectar a la línea de procesamiento (por ejemplo, no introducir contaminantes externos, no molestar el flujo del proceso). Las sondas y los sensores deben cumplir un estándar higiénico adecuado para garantizar un alto nivel de seguridad alimentaria.

El resultado generado a partir del análisis NIR debería poder integrar en un sistema de control, supervisión y adquisición de datos para supervisar y conseguir un control y optimización continuos del proceso. Por ello, en el momento de la implementación de sistemas NIR en línea en las centrales debería considerar también el coste de la integración y la comunicación entre el sistema NIR y el sistema de control de calidad para aplicaciones industriales en tiempo real.

## Conclusiones

La clasificación de melocotones en línea según su estado de maduración con sistemas NIR es posible gracias a la medida del índice de clorofila. En general, los frutos con valores más altos tienden a deteriorarse antes y, por tanto, tienen un menor potencial de conservación. Su interpretación o umbrales de tolerancia pueden variar en función del tipo de fruto y / o la variedad. Los modelos de calibración NIR para la medida del índice de clorofila suelen ser más robustos que los modelos de otros parámetros instrumental, como los grados brix o la firmeza. Además, el índice de clorofila aporta otras ventajas que facilita su implantación en los procesos de calidad de las centrales. Sin embargo, como en cualquier otra aplicación de la tecnología NIR en línea, para garantizar resultados fiables, se requiere

la implementación de procedimientos sistemáticos para el desarrollo y validación de los modelos de calibración.

### Líder del Grupo Operativo

ENTIDAD: BARÓ E HIJOS, S.L.

E-MAIL DE CONTACTO: baro@baroehijos.com

### Coordinador del Grupo Operativo

ENTIDAD: IRTA

E-MAIL DE CONTACTO: Estanis.torres@irta.cat

### Otros miembros del Grupo Operativo (perceptores de ayuda)

ENTIDAD: FRUITS DE PONENT SCCL

E-MAIL DE CONTACTO: info@fruitsponent.com

### Ámbito/s temático/s de aplicación

- Sistema de producción agraria
- Práctica agraria
- Equipamiento y maquinaria agraria
- Ganadería y bienestar animal
- Producción vegetal y horticultura
- Paisaje / Gestión del territorio
- Control de plagas y enfermedades
- Fertilización y gestión de nutrientes
- Gestión del suelo
- Recursos genéticos
- Silvicultura
- Gestión del agua
- Clima y cambio climático
- Gestión energética
- Gestión de residuos y subproductos
- Gestión de la biodiversidad y del medio natural
- Calidad alimentaria / procesamiento y nutrición
- Cadena de suministro, marketing y consumo
- Competitividad y diversificación agraria y forestal
- General

### Ámbito/s territorial/es de aplicación/es

PROVINCIA/S: Lleida

COMARCA/S: Segrià

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

#### Notes de prensa

Ayuda para la ejecución de proyectos piloto innovadores. Convocatoria 2018  
Octubre 2021

<https://www.innovagri.es/actualidad/perfeccionan-la-clasificacion-comercial-de-los-melocotones-con-tecnologia-nir.html>

<https://www.freshplaza.es/article/9239163/como-conocer-el-punto-de-maduracion-idoneo-del-melocoton-utilizando-la-tecnologia-nir/>

<https://agroinformacion.com/como-conocer-el-punto-de-maduracion-idoneo-del-melocoton-utilizando-la-tecnologia-nir-en-la-clasificacion/>

<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/311728-Tecnologia-NIR-para-conocer-el-punto-de-maduracion-idoneo-del-melocoton.html>

<https://www.agrodiario.com/texto-diario/mostrar/2051270/aplican-tecnologia-nir-clasificacion-comercial-conocer-punto-maduracion-adecuado-melocoton>

**Ponència XIX Jornada Tècnica de Postcollita (en línia, 21 maig 2021) “PEACHNIR: conèixer el punt de maduració del préssec amb tecnologia NIR”**

<https://www.youtube.com/watch?v=UPDpZYr-7S0>

**Jornada INNOESPAI Fira Mollerussa (en línia, 4 de juny 2021) “PEACHNIR: situació actual i reptes de la tecnologia NIR en fructicultura”**

<https://www.youtube.com/watch?v=VAHCRb6iTew>

<https://www.youtube.com/watch?v=ErTeMEJUyM>

#### **Difusió TV**

<https://www.rtve.es/m/alacarta/videos/linformatiu/27062021/5959930/>

[https://www.rtve.es/play/videos/telediario-fin-de-semana/agricultura-tecnologia/5985123/?utm\\_term=Autofeed&utm\\_medium=Social&utm\\_source=Twitter#Echobox=1625950390](https://www.rtve.es/play/videos/telediario-fin-de-semana/agricultura-tecnologia/5985123/?utm_term=Autofeed&utm_medium=Social&utm_source=Twitter#Echobox=1625950390)

#### **Espais a les webs corporatives**

<https://www.fruitsponent.com/node/2164>

<https://www.fruitsponent.com/ca/blog/fruits-de-ponent-reforca-la-seva-aposta-lid-amb-la-participacio-en-quatres-projectes>

<https://www.irta.cat/ca/coneixer-el-punt-de-maduracio-idoni-del-pressec-utilitzant-la-tecnologia-nir-en-la-classificacio/>

## Otra información del proyecto

FECHAS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO TOTAL
Fecha de inicio: julio 2019	Presupuesto total: 207.126,76 €
Fecha final: setiembre 2021	Financiación DARP: 84.648,41 €
Estado actual: Ejecutado	Financiación UE: 63.857,57 €
	Financiación propia: 58.620,78 €

## 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.

