

## Classificació automàtica de préssec i nectarina segons estat de maduresa mitjançant tecnologia no destructiva NIR

### Resum

Aquest Grup Operatiu (GO) centra la seva actuació en l'àmbit sectorial de la fructicultura per executar el Projecte titulat "Classificació automàtica de préssec i nectarina segons estat de maduresa mitjançant tecnologia no destructiva NIR". Aquest GO està format per BARÓ E HIJOS SL, FRUITS DE PONENT SCCL i INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES juntament amb la col·laboració de MAF RODA. L'objectiu d'aquest GO és obtenir una eina per tal de poder classificar fruits de forma no destructiva segons el seu estat de maduresa. Aquesta classificació es fa mitjançant un sistema NIR en línia dissenyat per MAF RODA. S'ha avaluat el rendiment de models NIR per diferents paràmetres instrumentals (fermesa, sucres, acidesa i clorofil·la) segons diferents tipologies de mostreig (espècie, tipologia de fruit, varietat) i s'han identificat els paràmetres amb major potencial per la classificació dels préssecs a nivell industrial. Finalment s'ha implantat el sistema a BARÓ E HIJOS i FRUITS DE PONENT.

### Objectius

L'objectiu general del projecte és classificar préssecs en línia de forma no destructiva amb tecnologia NIR per tal d'obtenir diferents categories en funció del seu estat de maduració amb la finalitat d'obtenir una eina per decidir la destinació de la fruita (els fruits més madurs es destinaran als mercats de curt recorregut i els menys madurs als de llarg recorregut).

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

El primer any de projecte (2019) es va avaluar el rendiment d'un sistema NIR de reflectància per mesurar diferents paràmetres instrumentals de qualitat dels préssecs (fermesa, contingut de sòlids solubles, acidesa titulable i contingut de clorofil·la) amb l'objectiu d'identificar els paràmetres amb major potencial per ser candidats a ser utilitzats a nivell industrial. Les mesures NIR i els anàlisis de referència es van realitzar a l'IRTA Fruitcentre (Lleida).

En el segon any de projecte (2020) es va instal·lar un sistema NIR de transmitància en la línia d'escandall de la central Fruits de Ponent. Es va avaluar en condicions reals, el rendiment d'aquest sistema per mesurar els paràmetres instrumentals identificats en la fase anterior (fermesa, contingut de sòlids solubles, i contingut de clorofil·la).

El tercer any de projecte (2021) es va instal·lar el mateix sistema NIR de transmitància de Fruits de Ponent en una de les línies de calcificació de fruita de la central Baró e Hijos. S'ha validat en condicions reals la implementació d'un procediment per la creació de models de calibratge i validació per mesurar l'índex de clorofil·la i els graus brix mitjançant el sistema NIR instal·lat a la central.

### Resultats finals i recomanacions pràctiques

#### Resultats finals

**La espectroscòpia NIR per transmitància ha resultat ser més eficient que la espectroscòpia NIR per reflectància per mesurar paràmetres de qualitat de la fruita.** En el cas de la transmitància, la llum interacciona travessant el fruit en la seva totalitat el que permet obtenir resultats més precisos del l'estat del fruit en tot el seu conjunt. Per contra, en les mesures per reflectància la llum interactua amb un punt superficial del fruit.

Dels paràmetres instrumentals de qualitat i maduració analitzats (fermesa, graus brix, acidesa, índex de clorofil·la), **l'índex de clorofil·la i els graus brix han set els que han mostrat models de calibratge NIR més robustos per us industrial**. La mesura d'aquest dos paràmetres proporciona informació des de dos vessants: l'índex de clorofil·la permet conèixer el nivell de maduració del fruit i els graus brix la qualitat organolèptica.

El rendiment dels models de calibratge NIRs van variar en funció de la seva especificitat. En general, models globals van mostrar rendiments més baixos que models locals o específics. No obstant, **l'índex de clorofil·la va resultar menys sensible que els graus brix al tipus de mostreig**. En el cas de la clorofil·la, seria factible utilitzar models globals per diferents tipus de fruits. En el cas dels graus brix cal desenvolupar models específics a nivell de varietat i estacionalitat.

Els valors d'índex de clorofil·la permeten una separació en dos categories: fruits 'madurs' i 'immadurs'. La interpretació dels resultats i els llindars de tolerància poden variar lleugerament en funció de la varietat o tipologia de fruit. En general, per a una mateixa categoria de maduració, **els fruits tipus préssec rodó van registrar valors de clorofil·la més alts que els de tipus nectarines i préssec pla**.

En definitiva, **l'índex d'absorbància de la clorofil·la es perfila com el millor candidat per determinar l'estat de maduració dels préssecs en línia de forma no destructiva**, amb avantatges significatives (no destructiu, mesura ràpida i fàcil, correlació amb la percepció global de maduresa) respecte als altres paràmetres tradicionals com la fermesa, el que facilita la seva implementació a nivell industrial. L'adopció d'aquest paràmetre per part de tota la cadena de producció pot aportar diverses avantatges i agilitzaria la seva implementació en les línies de classificació. No obstant, es requereixen més esforços per la obtenció de llindars de tolerància degut a la gran variabilitat genètica.

#### Recomanacions pràctiques

Abans que l'espectroscòpia NIR es pugui emprar a nivell industrial, s'han de **desenvolupar models de calibratge robustos** per garantir que els resultats de predicció siguin exactes.

**Diversos factors poden influir en la robustesa dels models**, és a dir, en la precisió i reproductibilitat dels mètodes de referència, com el mètode de mostreig utilitzat per recollir mostres representatives (per espècie, tipus de fruit, varietat), la procedència, el calibre dels fruits, els mètodes de pre-processament dels espectres, els mètodes de modelització quantitativa o qualitativa, entre altres.

La Figura 1 il·lustra un **procediment general per al desenvolupament d'un model de calibratge NIR i la seva validació**. Aquest procediment, implementat per altres indústries agro-alimentàries més familiaritzades en l'ús de la tecnologia NIR en línia (llet, iogurts, formatges, farratges, etc.), **cal que sigui també implementat per les centrals fructícoles de forma sistemàtica per garantir resultats fiables**.

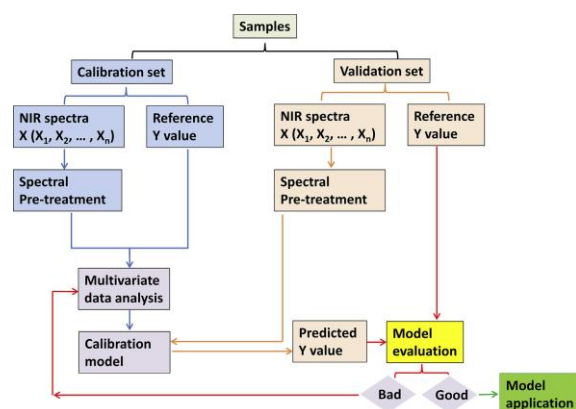


Figura 1. Desenvolupament i validació de models de calibratge NIR [Pu, Y. Y., O'Donnell, C., Tobin, J. T., & O'Shea, N. (2020). Review of near-infrared spectroscopy as a process analytical technology for real-time product monitoring in dairy processing. *International Dairy Journal*, 103, 104623].

Es poden desenvolupar models globals o locals/específics, segons les dades utilitzades en el desenvolupament del calibratge. Cal remarcar que per assolir **un model global robust**, aquest ha de ser resistent a les variacions estacionals, geogràfiques i genètiques. El préssec es una fruita amb una alta heterogenitat genètica. A més a més, s'ha d'afegir la variabilitat local i estacional deguda als diferents anys i procedències.

Per aconseguir un model global robust la central ha d'aprofitar les dades espectroscòpiques històriques acumulades al llarg de diversos anys. Això suposa un gran esforç durant els primers anys d'implementació d'aquesta tecnologia (3–5 anys) en la recopilació d'espectres i mesures instrumentals abans de construir models globals suficientment robustos. Mentrestant, caldrà utilitzar models locals/estacionals/específics.

Un cop desenvolupat un model de calibratge, aquest s'ha de validar i, en el cas de models globals, actualitzar periòdicament per garantir el rendiment de la predicció del model. Les mostres del conjunt de calibratge s'utilitzen per desenvolupar el model de calibratge, posteriorment, s'ha de utilitzar un conjunt extern de mostres per avaluar i validar el rendiment del model. Segons estàndards per altres indústries agroalimentàries (ISO 21543:2020 [IDF 201:2020] - Milk and milk products), es requereixen almenys 120 mostres de calibratge per construir un model robust, i 25 mostres que siguin independents de les mostres de calibratge per a la validació. Segons la nostra experiència, aquest número de mostres serien suficients per la construcció de models específics de graus brix i índex de clorofil·la.

Cal remarcar que, malauradament, un model que es desenvolupa en un instrument NIR no pot utilitzar-se directament en un altre instrument NIR similar a causa de les variacions en els components de l'instrument i en l'entorn de detecció. Aquesta premissa es global per qualsevol aplicació NIR i suposa que els models generats per a un equip NIR no podran ser utilitzats per altres equips similars, ja estiguin instal·lats en altres centrals o en la mateixa central. En aquest cas, cal un expert en espectrometria per l'aplicació de tècniques de normalització i transferència de calibratge per garantir la transferibilitat dels models per a una aplicació més àmplia.

Les centrals han de recordar que és essencial identificar les variables que poden afectar els espectres i aquestes variables s'han de tenir en compte a l'hora de desenvolupar un model de calibratge. Per exemple, la temperatura de les mostres i de l'entorn operatiu pot influir en la repetibilitat dels senyals espectrals recollits, cosa que resulta en una reducció de la precisió de predicció del model de calibratge.

Els equips NIR implementats en línia han de ser capaços de suportar entorns de funcionament durs, com ara alta temperatura, alta humitat, vibracions de procés. Per evitar aquest efecte l'espectròmetre NIR ha d'estar protegit. La instal·lació de sondes o sensors NIR no ha d'afectar la línia de processament (per exemple, no introduir contaminants externs, no molestar el flux del procés). Les sondes i els sensors han de complir un estàndard higiènic adequat per garantir un alt nivell de seguretat alimentària.

El resultat generat a partir de l'anàlisi NIR s'hauria de poder integrar en un sistema de control, supervisió i adquisició de dades per supervisar i aconseguir un control i optimització continu del procés. Per això, en el moment de la implementació de sistemes NIR en línia a les centrals s'hauria de considerar també el cost de la integració i la comunicació entre el sistema NIR i el sistema de control de qualitat per a aplicacions industrials en temps real.

## Conclusions

La classificació de préssecs en línia segons el seu estat de maduració amb sistemes NIR és possible gràcies a la mesura de l'índex de clorofil·la. En general, els fruits amb valors més alts tendeixen a deteriorar-se abans i, per tant, tenen un menor potencial de conservació. La seva interpretació o límits de tolerància poden variar en funció del tipus de fruit i/o la varietat. Els models de calibratge

**NIR per la mesura de l'índex de clorofil·la solen ser més robustos que els models d'altres paràmetres instrumental**, com els graus brix o la fermesa. A més a més, l'índex de clorofil·la aporta altres avantatges que facilita la seva implantació en els processos de qualitat de les centrals. No obstant, com en qualsevol altre aplicació de la tecnologia NIR en línia, per garantir resultats fiables, **es requereix la implementació de procediments sistemàtics per al desenvolupament i validació dels models de calibratge.**

### Líder del Grup Operatiu

ENTITAT: BARÓ E HIJOS, S.L.

E-MAIL DE CONTACTE: baro@baroehijos.com

### Coordinador del Grup Operatiu

ENTITAT: IRTA

E-MAIL DE CONTACTE: estanis.torres@irta.cat

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

ENTITAT: FRUITS DE PONENT SCCL

E-MAIL DE CONTACTE: info@fruitsponent.com

### Àmbit/s temàtic/s d'aplicació

- Sistema de producció agrària
- Pràctica agrària
- Equipament i maquinària agrària
- Ramaderia i benestar animal
- Producció vegetal i horticultura
- Paisatge / Gestió del territori
- Control de plagues i malalties
- Fertilització i gestió dels nutrients
- Gestió del sòl
- Recursos genètics
- Silvicultura
- Gestió de l'aigua
- Clima i canvi climàtic
- Gestió energètica
- Gestió de residus i subproductes
- Gestió de la biodiversitat i del medi natural
- Qualitat alimentària / processament i nutrició
- Cadena de subministrament, màrqueting i consum
- Competitivitat i diversificació agrària i forestal
- General

### Àmbit/s territorial/s d'aplicació

PROVINCIA/ES: Lleida

COMARCA/QUES: Segrià

## Difusió del projecte: publicacions, jornades, multimèdia...

<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=ErTeMEJUyrM>

### 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-quatre-projectes>

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

**Altra informació del projecte**

DATES DEL PROJECTE	PRESSUPOST TOTAL
Data d'inici: juliol 2019	Pressupost total: 207.126,76 €
Data final: setembre 2021	Finançament DARP: 84.648,41 €
Estat actual: Executat	Finançament UE: 63.857,57 €
	Finançament propi: 58.620,78 €

**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.

