Résumés des communications

Communications orales

Pages

Mardi 28 juin 2022

T. GIORDANENGO, N MOUREY Application de la spectroscopie proche infrarouge en tonnellerie 2

M. LENNON et al. Qualiphen - Système d'estimation qualifiée des traits phénotypiques obtenus par imagerie spectrale passive et active 3

F. ABDELGHAFOUR et al. Correcting time-induced measurement effects in NIRS model: application to the early detection of "early blight" 4

L. LE PICARD Pilotage et contrôle process d'une usine d'aliments 6

K. MEGHAR et al. Imagerie hyperspectrale pour le suivi de la teneur en matière sèche de l'igname pendant le stockage 7

Mercredi 29 juin 2022

B. JAILLAIS Imagerie hyperspectrale : principe et acquisition 9

C. RUCKEBUSCH Approche chimiométrique du démélange d'images hyperspectrales 10

V. BAETEN et al. L'imagerie NIR au service de l'authentification des produits et de la détection des contaminants : avantages et perspectives 11

A HERRERO-LANGREO et al. Integration of visible and near infrared hyperspectral imaging for the detection of bacteria on food related surfaces 12

S. MAS GARCIA Combinaison de la méthode de résolution multivariée de courbes avec la méthode d'analyse discriminante factorielle pour la détection des maladies de la vigne à l'aide de l'imagerie hyperspectrale 13

H. VILLESECHE et al. Caractérisation de la réponse du blé à la septoriose par l'analyse temporelle d'images hyperspectrales 14

W. WIESER et al. On-line monitoring of microalgae bioprocess by Raman spectroscopy 15

O. BOUZERDA et al. Etude des cinétiques de perte en eau de pommes stockées en chambre froide par analyse microNIR 16

B. GACI et al. Traitement conjoint des données spectrales et spatiales des images hyperspectrales par une méthode multibloc 17

T. GONZALEZ Utilisation de la SPIR pour prédire des paramètres physiques en nutrition animale 18

N. REYNOUD et al. Architectural dynamics of plant cuticle by spectral mapping approaches 19

V. FONSECA DIAZ et al. A review of calibration transfer and maintenance in an unsupervised way 20

P. BERZAGHI et X. YANG Calibration transfer from laboratory to portable instruments: challenges and applications 21

A VAUTIER et al. Développement d'un imageur hyperspectrale dédié à la prédiction de la qualité de la viande de porc en abattoir 22

M. PROVOT Retour d'expérience : remplacement du FT-NIR par l'imagerie hyperspectrale 23

J.M. ROGER et V. FONSECA DIAZ Nouvelle méthode de transfert d'étalonnage U-DOP 24

D. BERTRAND et al. Suivi par imagerie multispectrale des changements morphologiques lors de la germination de graines de blé 25

Application de la spectroscopie proche infrarouge en tonnellerie

Thomas Giordanengo[1*] et Nicolas Mourey[1]

[1] *Tonnellerie Radoux, 17500 Jonzac – France*

[*] t-giordanengo@radoux.fr

Résumé :

Au cours de leur élaboration, les vins et spiritueux sont fréquemment élevés au contact de bois de chêne. Le boisage est une pratique mise en œuvre afin de modifier l'arôme et la saveur des vins et spiritueux. Différentes méthodes existent, comme le traditionnel fût de chêne, les grands contenants en bois ou encore les fragments de chêne torréfiés, directement immergés en cuve.

Trois étapes de la fabrication du fût conditionnent la qualité sensorielle du boisage. La sélection du chêne est primordiale, elle détermine la composition initiale du bois. La matière est ensuite transformée en merrain, pièce de chêne dont l'orientation anatomique est maitrisée, puis subit une phase de séchage naturel. Cette étape est nécessaire au séchage du bois et en modifie la composition. Enfin, au montage du fût, le bois est cintré et chauffé. La surface du chêne en contact avec le vin ou le spiritueux est donc modifiée par un traitement thermique réalisé à la flamme.

L'élevage en fût, ou tout autre technique de boisage, a une incidence sur l'expression aromatique du vin et des spiritueux. En effet, le chêne libère différents composés olfactifs comme les whiskylactones, à l'arôme de noix de coco, la vanilline à l'arôme vanillé ou encore les aldéhydes furaniques à l'arôme d'amande grillée. Au total, une quarantaine de molécules volatiles peuvent avoir une incidence sur l'arôme du vin et des spiritueux. Le chêne est également riche en tanins ellagiques. Ces tanins ont une astringence et une amertume qui leur sont propres. Ils sont également très réactifs et ont un impact important sur les réactions qui se déroulent au cours de l'élevage. Enfin, il est important de préciser que l'expression aromatique et gustative du boisage est fortement dépendante des caractéristiques du vin ou du spiritueux (composition, richesse, maturité dans le cas du vin ou encore équilibre d'oxydo-réduction).

Pour piloter la qualité du boisage, il est essentiel de maitriser la composition chimique du bois de chêne lors des process de fabrication tonneliers.

La spectroscopie proche infrarouge est une technique d'analyse rapide présentant de nombreux atouts en industrie. Au cours de cette intervention, un bilan sur les applications de la spectroscopie proche infrarouge en tonnellerie est effectué. Un focus particulier est réalisé sur le procédé Oakscan®, méthode d'analyse de la richesse tannique du bois de chêne. Le procédé est utilisé en usine depuis 2009 et se décline en trois applications distinctes, avec deux capteurs installés sur les lignes de production en tonnellerie et en merranderie, et un procédé spécifiquement dédié au Bois pour l'Œnologie. Une machine de tri automatisée a spécialement été développée pour cette application et mise en service en 2019.

L'usage de la spectroscopie proche infrarouge en tonnellerie a permis d'accéder à de nouveaux critères de sélection du bois chêne, plus précis, et plus proche de la composition de la matière. La spectroscopie proche infrarouge est devenue un outil important pour le développement de nouvelles solutions de boisage. Elle est également très utile pour étudier les mécanismes mis en jeu au cours de l'élevage. Une synthèse sur les travaux menés sur les tanins du chêne en partenariat avec l'Université de Tarragone est présentée.

Qualiphen

Système d'estimation qualifiée des traits phénotypiques obtenus par imagerie spectrale passive et active

[1]Marc Lennon*, [1]Nicolas Thomas, [1]Alexandre Guyot, [2]Antoine Fournier, [3]Benjamin Gac, [4]Denis Tregoat

[1]Hytech-imaging, 29280 Plouzané – France

[2]ARVALIS-Institut du végétal, Service adaptation des cultures aux Agro-Climats, génétiques et Phénotypage, 41240 Beauce-La-Romaine – France

[3]ARVALIS-Institut du végétal, Partenariat AgroPhotonique, 22300 Lannion – France

[4]Photonics Bretagne, 22300 Lannion – France

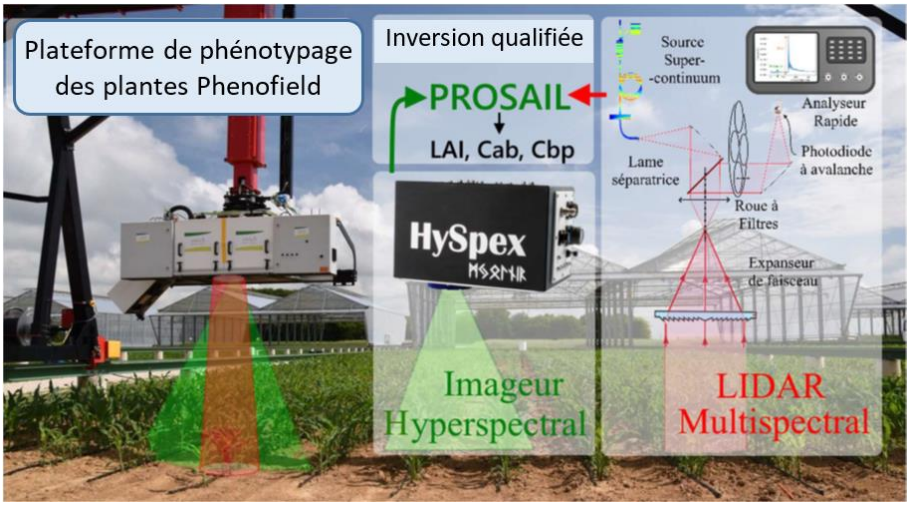
[*]marc.lennon@hytech-imaging.fr

Résumé :

Le projet QUALIPHEN consiste à évaluer la faisabilité d'estimer spatialement et en même temps i/ les caractères biochimiques (ex. teneur en chlorophylle) et structurels (ex. surface foliaire) exprimés par les plantes au champ (ie. le 'phénotype') ;et ii/ l'incertitude associée d'estimation de ces paramètres (ex. 1.2 g/m3 Chl +/- 0.2 g/m3) qui n'est pas disponible aujourd'hui (ie. la 'qualification' du phénotype), à l'aide de technologies de capteurs imageurs hyperspectraux passif et actif (ie. permettant l'enregistrement de l'intégralité du spectre lumineux réfléchi pour chaque pixel).

Un capteur imageur hyperspectral passif dans la gamme spectrale VNIR/SWIR est installé conjointement à un LIDAR multispectral spécifiquement développé par ARVALIS, et fournissant la réflectance et le profil de rebond à 6 longueurs d'onde sur un champs de vue réduit (quelques centimètres) ou étendu (quelques décimètres). Les modèles de bruit des capteurs seront estimés et propagés dans les modèles de transfert radiatif en vue d'estimer les incertitudes associées aux paramètres eux-mêmes estimés par fusion des données issues des 2 capteurs.

Nous présenterons le projet, le protocole expérimental, et les premiers résultats du suivi de la phase végétative du maïs obtenue en mai 2022 sur la plateforme de phénotypage en plein champ d'ARVALIS : Phenofield.



Principe du système de mesure Qualiphen

Correcting time-induced measurement effects in NIRS model: application to the early detection of "early blight"

Florent Abdelghafour[1*], Sajeevan Radha Sivarajan[2], Maxime Ryckewaer[1], Jean-Michel Roger[1], Ryad Bendoula[1], Erik Alexandersson[2]

[1]*ITAP, Univ. Montpellier, INRAE, Institut Agro,34196 Montpellier, France*

[2]*SLU Alnarp, Plant protection department of Alnarp, Sweden*

*: florent.abdelghafour@inrae.fr

Spectroscopy and hyperspectral imaging (HSI), especially in the visible and near infrared (VIS-NIR) domain are very popular automated and non-destructive techniques for the detection of numerous plant pathologies [1]. Indeed, with the appropriate analysis and modelling methods, it is possible to discriminate infected plants from healthy ones, to predict infection levels and stages, or even to discriminate between different diseases [2–5]. Although there are some examples in the existing literature, early detection remains a challenge [6]. Indeed, the changes in signals induced by the infection at early stages can be occulted by important variabilities. Some variations can be reduced or corrected by ensuring stable measurement environments and controlled growing conditions. However, plant-pathogen interaction remains a dynamic process, and healthy plants themselves are subject to uncontrolled natural physiological fluctuations. In this article, it is proposed to consider the time induced variabilities, within the modelling process in order to improve their robustness and performances of discrimination between healthy and infected plants. The problem is addressed with the case study of the monitoring of potatoes' early blight (*Alternaria solani*) during the first hours after infections (HAI). The purpose of this article is to investigate three practical correction methods of the time induced measurement effects and to compare them with the reference method PLSDA (Partial Least Square Discriminant Analysis):

(a) predicting the health status and the HAI time-points altogether within a PLS2 model

(b) predicting health status after internal linear correction ([7]) with a time constraint PLS2

(c) predicting health status with EPO-PLSDA considering time (external parameter orthogonalisation - partial least square [8]

Eventually, early blight can be detected 36h after inoculation for six different varieties of potatoes with an average accuracy above 75% when the reference method cannot achieve reliable predictions. Know resistant varieties such as "Aracy" are however not properly modelled. The proposed method could be extended into a more generic framework of correction.

References

[1] A.-K. Mahlein, M. Kuska, J. Behmann, G. Polder, A. Walter, Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology: State of the art, Annual Review of Phytopathology 56 (1) (2018) 535–558, pMID: 30149790. doi:10.1146/annurev-phyto-080417-050100.

[2] S. Mas Garcia, M. Ryckewaert, F. Abdelghafour, M. Metz, D. Moura, C. Feilhes, F. Prezman, R. Bendoula, Combination of multivariate curve resolution with factorial discriminant analysis for the detection of grapevine diseases using hyperspectral imaging. a case study: flavescence dorée, Analyst 146 (2021) 7730–7739. doi:10.1039/D1AN01735G.

[3] A. Lowe, N. Harrison, A. French, Hyperspectral image analysis techniques for the detection and classification of the early onset of plant disease and stress, Plant Methods 13 (10 2017). doi:10.1186/s13007-017-0233-z.

[4] A.-K. Mahlein, U. Steiner, C. Hillnhütter, H.-W. Dehne, E.-C. Oerke, Hyperspectral imaging for small-scale analysis of symptoms caused by different sugar beet disease, Plant methods 8 (2012) 3doi:10.1186/ 1746-4811-8-3.

[5] J. J. Couture, S. P. Serbin, P. A. Townsend, Spectroscopic sensitivity of real-time, rapidly induced phytochemical change in response to damage, New Phytologist 198 (1) (2013) 311–319. doi:https://doi.org/10.1111/nph.12159.

[6] A. Terentev, V. Dolzhenko, A. Fedotov, D. Eremenko, Current state of hyperspectral remote sensing for early plant disease detection: A review, Sensors 22 (3) (2022) 757. doi:10.3390/s22030757. URL https://doi.org/10.3390/s22030757349

[7] F. Wülfert, W. Kok, O. De Noord, A. Smilde, Linear techniques to correct for temperature-induced spectral variation in multivariate calibration, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 51 (2000) 189–200. doi:10.1016/S0169-7439(00)00069-1.356

[8] J.-M. Roger, F. Chauchard, V. Bellon-Maurel, Epo–pls external parameter orthogonalisation of pls application to temperature-independent measurement of sugar content of intact359

fruits, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 66 (2) (2003)191–204. doi:https://doi.org/10.1016/S0169-7439(03)00051-0.

Pilotage et contrôle process d'une usine d'aliments

[1]Laurent LE PICARD*,

[1]*COOPÉRATIVE LE GOUESSANT, Laboratoire de contrôle, 22400 LAMBALLE-ARMOR – France*

[*]laurent.lepicard@legouessant.fr

Résumé :

L'usine Aquacole de LE GOUESSANT est équipée d'instruments NIR en amont et en aval des étapes critiques de la fabrication d'aliments pour poissons.

Le séchage et l'enrobage d'huile de l'aliment sont optimisés grâce aux prédictions des spectromètres NIR placé sur le process.

Imagerie hyperspectrale pour le suivi de la teneur en matière sèche de l'igname pendant le stockage

[1] Karima Meghar*, [1] Fabrice Davrieux, [1] Christian Mestres, [1] Léa Ollier, [1]Julien Ricci, [1] Julien Ricci,

[1]CIRAD, UMR Qualisud, 34000 – France

*karima.meghar@cirad.fr

Résumé :

L'igname est un aliment de base majeur dans les régions tropicales et subtropicales d'Afrique, d'Asie du Sud-Est et des Caraïbes. C'est une source de calories et de nutriments alimentaires et contribue au revenu des ménages.

Les propriétés organoleptiques de l'igname dépendent de plusieurs paramètres physico-chimiques et texturaux. Matière sèche, amidons, protéine et sucres sont d'importants traits de qualité. Les analyses physicochimiques de l'igname ont montré que les variétés avec un taux de matière sèche élevé sont caractérisées par une bonne qualité de cuisson. Cependant, la caractérisation biochimique et physique est couteuse, longue et laborieuse.

Les méthodes de phénotypage à haut débit tel que l'imagerie hyperspectrale couplée à la spectroscopie proche infrarouge (HSI-NIR) sont capables de caractériser un grand nombre d'échantillons issues des programmes d'amélioration variétale. En effet, L'HSI-NIR est déjà largement utilisée pour la prédiction des constituants majeurs des tubercules de pomme de terre et patate douce[1,2,3].

L'objectif de cette étude était d'évaluer le potentiel de l'HSI-NIR pour visualiser et prédire la teneur en matière sèche (MS) dans des tranches d'igname frais pendant le processus de stockage (0, 15, 30, 45, 60 et 75 jours) à 16 °C et 70 % d'humidité relative. Des méthodes chimiométriques ont été appliquées pour établir l'étalonnage. Le coefficient de détermination pour l'étalonnage (R^2) était égal à 0.89 et la racine carrée moyenne de l'erreur de validation croisée (RMSECV) était de 2.85 % avec un rapport performance sur écart (RPD) de 3.05. Enfin, des cartes de distribution ont été affichées pour visualiser la répartition de la MS au sein des tubercules à différents jours de stockage (fig.1).

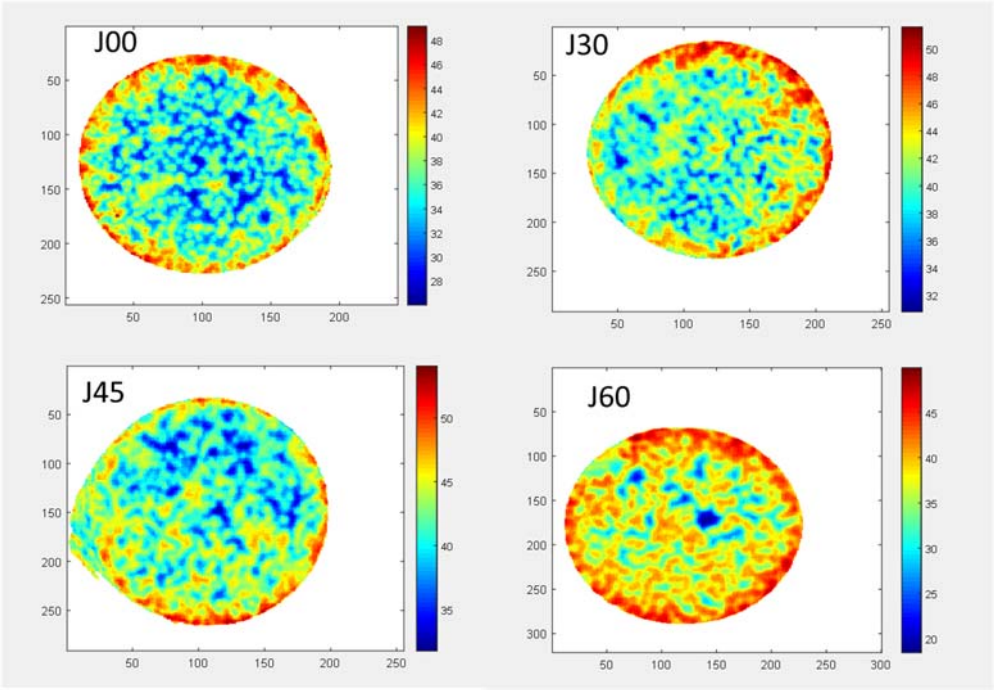


Figure 1 : Répartition de la matière sèche des tranches d'igname à 0, 30, 45, 60 jours de stockage.

Références

1. Amjad, W., Crichton, S.O.J., Munir, A., Hensel, O., and Sturm, B. (2018). Hyperspectral imaging for the determination of potato slice moisture content and chromaticity during the convective hot air drying process. Biosyst. Eng. *166*, 170–183.

2. Kjær, A., Nielsen, G., Stærke, S., Clausen, M.R., Edelenbos, M., and Jørgensen, B. (2016). Prediction of Starch, Soluble Sugars and Amino Acids in Potatoes (Solanum tuberosum L.) Using Hyperspectral Imaging, Dielectric and LF-NMR Methodologies. Potato Res. *59*, 357–374.

3. Nguyen Do Trong, N., Tsuta, M., Nicolaï, B.M., De Baerdemaeker, J., and Saeys, W. (2011). Prediction of optimal cooking time for boiled potatoes by hyperspectral imaging. J. Food Eng. *105*, 617–624.

Imagerie hyperspectrale : principe et acquisition

Benoit Jaillais*

StatSC, Oniris INRAE, Rue de la géraudière, 44322, Nantes, France

*benoit.Jaillais@inrae.fr

Résumé :

L'imagerie hyperspectrale est un outil d'analyse qui combine l'imagerie et la spectroscopie. Il est ainsi possible de cartographier chimiquement des échantillons au moyen de la signature spectrale des pixels. En effet, dans ce système d'imagerie, chaque pixel est considéré comme un détecteur similaire à celui d'un spectromètre, et est donc caractérisé par un spectre. En fonction de la matière première utilisée pour fabriquer le détecteur de la caméra, la gamme de longueur d'onde correspond à celle du visible, du proche infrarouge, du moyen infrarouge.

L'acquisition de l'image peut se faire de plusieurs manières : point par point, ligne par ligne ou matriciellement. Lorsqu'on parle d'image hyperspectrale, cela se traduit par un cube-image (**x**×**y**×**z**) dans lequel x et y représentent une dimension spatiale - soit le nombre de pixels- et **z** la dimension spatiale - soit le nombre de longueurs d'onde. En regardant ce cube-image en fonction de **x** et **y**, on obtient une image à une longueur d'onde donnée, et en le regardant dans l'axe des **z** on a le spectre associé à un pixel donné.

Différents modes d'acquisition :

- L'acquisition point par point ou « micro-spectroscopie » correspond à un spectromètre couplé à un microscope, sous lequel l'échantillon est déplacé à l'aide d'une tablette XY. Les spectres sont ensuite arrangés mathématiquement dans un cube-image en fonction de leur position dans l'échantillon.
- L'acquisition ligne par ligne ou « pushbroom » est actuellement la plus répandue dans la gamme du proche infrarouge. Dans ce cas, la caméra est constituée d'une ligne de détecteur (plusieurs centaines) qui acquièrent simultanément un spectre. Après cette acquisition, soit l'échantillon, soit la caméra bouge d'un incrément, et une nouvelle ligne est acquise. Après un nombre défini de lignes acquises, le cube-image est formé par concaténation des lignes.
- L'acquisition matricielle ou « snapshot » correspond à l'acquisition rapide des images pour toutes les longueurs d'ondes de façon séquentielle. Les images sont ensuite concaténées le cube-image.

Approche chimiométrique du démélange d'images hyperspectrales

Cyril Ruckebusch*

LASIRE CNRS U LILLE, Villeneuve d'Ascq, France

* :cyril.ruckebusch@univ-lille.fr

Résumé :

L'imagerie (hyper)spectrale est devenue un outil analytique incontournable dans de nombreuses disciplines scientifiques, pour des applications variées et toujours plus nombreuses. Les imageurs fournissent des données spatiales-spectrales dont l'analyse permet de révéler à la fois la structure spatiale et l'information chimique caractéristiques des systèmes complexes observés. A cet égard, la solution proposée par les approches de résolution de courbes multivariées (MCR) consiste à décomposer les données en une somme de cartes de distributions et profils spectraux associés aux constituants individuels sous-tendant la composition de l'échantillon étudié. Néanmoins, le caractère inverse du problème de démélange ainsi que la nature des données spectroscopiques en font un sujet de recherche qui reste d'actualité [1, 2].

On démarre l'exposé par la présentation géométrique du problème de (dé)mélange spectral. On insiste sur l'importance de la situation analytique considérée, notamment sur le fait de s'approcher le plus possible de conditions de sélectivité spectrale et/ou spatiale. On se focalise ensuite sur les approches bilinéaires de résolution de courbes multivariées (MCR). On contraste leur objectif par rapport à celui de l'analyse en composantes principales (ACP). On montre l'importance de la prise en compte de contraintes spécifiques, propres au domaine et à la nature ou à la structure des données analysées. Finalement, les travaux effectués récemment dans le cadre de l'imagerie hyperspectrale vibrationnelle [3, 4], notamment ceux s'appuyant sur l'implémentation de contraintes spatiales [5] ou la sélection de l'information essentielle [6], sont discutés en s'appuyant sur les concepts introduits.

[1] R.Vitale, C. Ruckebusch, *Wiley Analytical Science, Microscopy and image Processing*, 2020.

[2] C. Ruckebusch, R. Vitale, M. Ghaffari, S. Hugelier, N. Omidikia, *Trends in Analytical Chemistry*, 132, 2020.

[3] S. Hugelier, R. Vitale, C. Ruckebusch, *Applied spectroscopy*, 2017.

[4] L. Coic, P.Y. Sacre, A. Dispas, C. De Bleye, C. Ruckebusch, P. Hubert, E. Ziemons, *Analytica Chimica Acta*, 1198, 2022.

[5] S. Hugelier, O. Devos, C. Ruckebusch, *Journal of Chemometrics*, 2015.

[6] M. Ghaffari, N. Omidikia, C. Ruckebusch, *Analytical Chemistry*, 17, 2019.

L’imagerie NIR au service de l’authentification des produits et de la détection des contaminants : avantages et perspectives

Vincent Baeten*, Philippe Vermeulen, & Juan Antonio Fernandez Pierna

Walloon Agricultural Research Centre (CRA-W), Quality and Authentication of Products Unit (QAP Unit), Chaussée de Namur, 24, 5030-Gembloux, Belgium.

* v.baeten@cra.wallonie.be

Résumé

Il existe une demande croissante pour des techniques rapides et fiables afin d’adresser adéquatement des défis au niveau du contrôle de la qualité des aliments. Dans ce contexte, des technologies récentes - comme l'imagerie hyperspectrale dans le proche infrarouge (NIR HSI) - sont proposées. La technique NIR-HSI permet d'obtenir simultanément les informations spatiales et spectrales caractérisant les produits. Ainsi, plusieurs milliers de spectres par échantillon peuvent être collectés simultanément et génèrent un hypercube qui comprend tant les spectres que l’information spatiale.

Depuis 2001, des systèmes NIR-HSI sont installés au sein de notre laboratoire et sont dédiés à l'analyse de produits agro-alimentaires en laboratoire et sur le terrain. La démonstration que l'imagerie hyperspectrale dans le proche infrarouge était une solution élégante pour relever les défis de l'analyse des aliments a été largement faite et est à l’origine d’une littérature scientifique florissante. Lors d’une première étape, nous avons développé et validé suivant des standards internationaux des méthodes pour la détection de particules animales de différentes espèces [1]. Lors d’une deuxième étape, le potentiel du NIR HSI a été démontré pour la détection de contaminants chimiques (p. ex., l'azote non protéique comme la mélamine) [2] et botaniques (p. ex., les corps de l'ergot dans les céréales), d’impuretés botaniques (p. ex., les feuilles d'olivier dans les épices), de contaminants d'origine animale (p. ex., insectes ou kystes); ou de contaminants industriels (p. ex., des particules de plastique) [3,4].

Plus récemment, la technique NIR HSI a été proposée pour l’authentification des produits et pour la détection de fraudes. Des études récentes concernant la discrimination entre les grains de blé dur et de blé tendre [5] et l'authentification des hybrides de fèves de cacao (*Theobroma cacao*) ont montré les perspectives offertes par l'imagerie hyperspectrale dans le proche infrarouge [6].

Références :

[1] Fernández Pierna et al. (2005). Combination of SVM and NIR imaging spectroscopy for the detection of MBM in compound feeds. Journal of Chemometrics, 18(7-8), 341-349. [2] Baeten et al. (2014). From targeted to untargeted detection of contaminants and foreign bodies in food and feed using NIR spectroscopy. New Food, 17(3), 16-23. [3] Vermeulen et al. (2012). Online detection and quantification of ergot bodies in cereals using near infrared hyperspectral imaging. Food additives and contaminants, 29(2), 232-40. [4] Dale et al. (2013). Hyperspectral Imaging Applications in Agriculture and Agro-Food Product Quality and Safety Control: A Review, Applied Spectroscopy Reviews, 48:2, 142-159. [5] Vermeulen et al. (2018). Discrimination between durum and common wheat kernels using near infrared hyperspectral imaging. Journal of Cereal Science, 84, 74-82. [6] Cruz-Tirado et al. (2020). Authentication of cocoa (Theobroma cacao) bean hybrids by NIR-hyperspectral imaging and chemometrics. Food Control, 118, art. no. 107445.

Integration of visible and near infrared hyperspectral imaging for the detection of bacteria on food related surfaces.

[1] Ana Herrero-Langreo, [1] Jun-Li Xu, [2,3] Sakshi Lamba, [1,2] Mariateresa Ferone, [2,3] Amalia G.M. Scannell, [1*] Aoife A. Gowen

[1]*School of Biosystems and Food Engineering, University College Dublin, Belfield, Ireland.*

[2]*School of Agriculture and Food Science, University College Dublin, Belfield, Ireland.*

[3]*Institute of Food and Health, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.*

*: aoife.gowen@ucd.ie

This work aims to investigate the potential for hyperspectral imaging to be used as a rapid, effective, and non-destructive tool for detection and differentiation of multiple bacterial strains deposited and dried on the stainless-steel surface. Hyperspectral images of two Gram-positive (i.e., *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum*) and three Gram-negative (i.e., *Escherichia coli*, *Cronobacter sakazakii* and *Pseudomonas fluorescens*) bacteria were collected using push broom macroscopic hyperspectral imaging both in the visible range (VNIR, 406 – 997 nm), and in the Short-Save Infrared (SWIR, 997 – 2517 nm). A total of 160 samples, prepared throughout 16 independent dates were analysed in this work. As a first step to discriminating between bacteria species, partial least square discriminant analysis (PLS-DA) models were built at the pixel level to differentiate between gram-positive (*B. subtills*, *L. plantarum*) and gram-negative species (*C. sakazakii, E. coli*, *P. fluorescens*). Then, PLS-DA models were built to discriminate between bacteria species within gram type. Discrimination models, built at a pixel level, were compared with models built on mean spectra per sample. Models at a pixel level showed to be more robust on their discrimination performance on an independent test set. Image fusion of VNIR and SWIR ranges also improved model performance. At a pixel level, discrimination between Gram types improved from 77% for VNIR and 74.8% for SWIR to 83.2% for fused images using both spectral ranges.

Funding for this research was provided by the European Research Council (ERC) under the starting grant programme ERC-2013-StG call-Proposal No. 335508-BioWater; and Science Foundation Ireland (SFI) under the investigators programme Proposal ID 15/IA/2984-HyperMicroMacro.

Combinaison de la méthode de résolution multivariée de courbes avec la méthode d'analyse discriminante factorielle pour la détection des maladies de la vigne à l'aide de l'imagerie hyperspectrale. Une étude de cas : la flavescence dorée.

Silvia Mas Garcia[1,2*], Maxime Ryckewaert[1,2], Florent Abdelghafour[1], Maxime Metz[1,2], Daniel Moura[1], Carole Feilhes[3], Fanny Prezman[3], Ryad Bendoula[1].

[1]ITAP, INRAE, Institut Agro, Université Montpellier, 34196 Montpellier, France
[2]Groupe de recherche ChemHouse, 34196 Montpellier, France
[3]IFV, 1920 Route de Lisle-sur-Tarn, 81310 Peyrole, France

* silvia.mas-garcia@inrae.fr

L'imagerie hyperspectrale est une technique émergente en viticulture qui peut potentiellement détecter les maladies de manière non-destructive. Cependant, le principal problème est de traiter la quantité substantielle d'informations obtenues à partir de ce type de données, pour lesquelles sont nécessaires des outils d'analyse de données fiables. Dans ce travail, la combinaison de la méthode de résolution multivariée de courbes par moindres carrés alternés (MCR-ALS) [1] et de la méthode d'analyse discriminante factorielle (FDA) [2] est proposée pour détecter la maladie de la vigne de la Flavescence dorée à partir de l'imagerie hyperspectrale.

L'objectif principal de la MCR-ALS dans ce travail est de fournir des signatures spectrales chimiquement significatives et des cartes de distribution des constituants nécessaires pour décrire les images saines et infectées par la Flavescence dorée. Les scores MCR (cartes de distribution) ont été utilisés comme informations de départ pour la FDA afin de distinguer les pixels/images sains et infectés. Cette approche est vraisemblablement plus puissante que l'utilisation directe de la FDA sur les données d'imagerie brutes, car les scores MCR sont des informations compressées et filtrées du bruit sur les propriétés des pixels, ce qui les rend plus adaptées à l'analyse de discrimination. Des taux élevés de discrimination de pixels corrects (CR=85,1%) ont été obtenus pour le modèle de discrimination MCR-ALS/FDA. Le modèle présente une moins bonne capacité à déterminer les feuilles infectées que les feuilles saines. Néanmoins, seules deux images ont été mal classées. Par conséquent, la stratégie proposée constitue une bonne approche pour la détection de la Flavescence dorée qui pourrait potentiellement être utilisée pour détecter d'autres phytopathologies.

[1] A. de Juan, S. Rutan and R. Tauler. Two-Way Data Analysis: Multivariate Curve Resolution – Iterative Resolution Methods, in: S.D. Brown, R. Tauler and B. Walczak (Ed.). Comprehensive Chemometrics, Elsevier, 2010: pp. 325–344.

[2] D. J. Hand. Discrimination and classification. Biometrical Journal. 27 (1985) 148.

Caractérisation de la réponse du blé à la septoriose par l'analyse temporelle d'images hyperspectrales

[1]Héloïse Villesseche*, [1] Martin Ecarnot, [2] Elsa Ballini, [3] Ryad Bendoula, [3] Nathalie Gorretta, [1] Pierre Roumet

[1]AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

[2]PHIM, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

[3]ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

[*]heloise.villesseche@inrae.fr

Résumé :

Face au changement climatique, l'agriculture est confrontée à l'apparition de stress biotiques et abiotiques plus fréquents. Pour gérer ces stress et réduire leur impact, des outils et méthodologies innovants tels que l'analyse d'images couplée ou non à l'imagerie hyperspectrale sont prometteurs. Aujourd'hui, les méthodes utilisées pour traiter des données variant dans le temps sont généralement des méthodes supervisées, reposant sur des indices. Ces méthodes présentent l'inconvénient de nécessiter la construction d'une base de données suffisamment importante pour permettre l'apprentissage du modèle. Les méthodes non supervisées sont rarement proposées pour les applications agricoles, mais constituent une alternative pour analyser des processus complexes impliquant des variations multifactorielles. Le plus souvent basées sur l'analyse en composantes principales (ACP), ces méthodes sont très courantes dans le suivi des processus pour les spectres variant dans le temps. Dans ce travail, nous avons utilisé l'ACP à fenêtre mobile (MWPCA) (Schmitt et al. 2016) pour analyser les interactions plantes-pathogènes au sein des feuilles, en utilisant l'imagerie hyperspectrale.

Des feuilles de blé dur issues de 2 génotypes, sensible et résistant, ont été suivies sur une période de 20 jours après infection à la septoriose. Le suivi s'est fait quotidiennement en utilisant une caméra hyperspectrale VNIR (entre 400 et 1000nm), sur feuilles vivantes. Les feuilles étaient divisées en deux catégories, les inoculés (Inoc) ou les non-inoculés (Mock).

Une MWPCA a été appliquée sur des spectres acquis au cours de l'expérience afin d'obtenir la cinétique de T^2 d'Hotelling correspondant aux individus Mock ou Inoc. L'analyse de données s'est basée sur des spectres non prétraités. Les cinétiques de T^2 permettent de voir une différence entre Mock et Inoc au cours du temps. Elles permettent de sélectionner globalement la date à laquelle l'interaction plantes–pathogènes influence l'histoire de vie de la plante. Ces cinétiques, appliquées au suivi des feuilles individuelles, permettent aussi de mieux quantifier les différences d'histoire de vie, spécifique à chaque plante.

En conclusion, la MWPCA permet de différencier des individus inoculés d'individus non-inoculés. L'avantage de cette approche est qu'elle évite la création d'une base de données d'apprentissage, contrairement à une méthode supervisée. Le principal problème de cette méthode est que le processus précis derrière la cinétique du T^2 ne peut pas être identifié directement. Cependant, nos résultats suggèrent que la MWPCA semble être un outil efficace pour repérer des phénomènes complexes.

On-line monitoring of microalgae bioprocess by Raman spectroscopy

[1,2]Wiviane Wieser*, [1]Ali Assaf, [2]Marine Bittel, [3]Benjamin Le Gouic, [3]Emmanuel Dechandol, [3]Laura Herve, [1]Thomas Louineau, [4]Omar Dib, [1]Gerald Thouand

[1]Nantes Université, Oniris, CNRS, GEPEA, UMR 6144, F-85035, La Roche sur Yon - France

[2]Société Tronico, 85660, Saint-Philbert-De-Bouaine - France

[3]Plate-forme R&D Algosolis, 44602, Saint Nazaire - France

[4]INRA/AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR 914, 75005 Paris – France

*wiviane.wieser@univ-nantes.fr

Abstract:

Raman spectroscopy offers a promising technique for rapid and non-destructive analysis in several domains: medical, pharmaceutical, food, and bioprocess. The main objective is simplifying the analysis process and reducing the investigation time of samples. The analysis does not require an extensive sample preparation and the molecular composition can be obtained without labelling or the use of any chemical products.

The present study shows an example of application of Raman spectroscopy to monitor the algal production. In fact, microalgae have a considerable interest due to its bio compounds that are used in health supplements, cosmetics, and biofuels. The high demand on this photosynthetic microorganism promotes its bioproduction on a large scale resulting in a need to optimize the bioprocess monitoring. Our study shows the different possibilities to use Raman spectroscopy for in line control of algal bioproduction[1]. The experiments were done on *Parachlorela kessleri* in different production conditions to evaluate the ability of this technique to monitor the physiology of cells in a complex environment. The statistical exploration of data shows good classification efficiency for each physiological growth phases of algal cells. Regardless of the advantages offered by this technique, many challenges remain for its application in real conditions. Indeed, several factors affect the spectral profile of biological elements and Raman data are subject to considerable variability. The cells can be permanently in move inducing problems of irregular scattering of Raman photons and the reproducibility of measurement. The development of data processing software could provide a considerable help in the resolution of the problems of characterization and to extract the useful signature from the global signal and the recent technological development could propose portable devices having an acceptable price to help this technique to become widely used.

Keywords: Raman spectroscopy; cells; monitoring; chemometric, challenges

References

[1]Lieutaud, C., Assaf, A., Gonçalves, O., Wielgosz-Collin, G., & Thouand, G. (2019). Fast non-invasive monitoring of microalgal physiological stage in photobioreactors through Raman spectroscopy. Algal Research, 42, 101595.

Etude des cinétiques de perte en eau de pommes stockées en chambre froide par analyse microNIR

Outmane Bouzerda*[1], Kévin Vidot[1], Benoit Jaillais[2]

[1]*DPKL-Quercy Réfrigération, Rue des Cerises, 82200 Moissac, France*
[2]*StatSC, Oniris INRAE, Rue de la géraudière, 44322, Nantes, France*

*: o.bouzerda@quercy-refrigeration.fr

Résumé

Les pommes sont le troisième fruit le plus cultivé et le plus consommé au monde. Le marché de consommation des pommes est très exigeant en termes de qualité, ce qui nécessite un système de contrôle qualité efficace permettant une sélection rigoureuse des fruits. Pour cela la spectroscopie proche infrarouge (NIRS) est très utilisée pour l'évaluation de la qualité des produits agricoles. Elle présente plusieurs avantages tels qu'une acquisition rapide du spectre, des exigences de préparation d'échantillons limitées ou même inexistantes, aucun déchet chimique et ne nécessite pas l'utilisation des solvants chimiques.

La présente étude a pour objectif de comparer les performances de deux systèmes de froid industriel sur la qualité de conservation des pommes, à savoir le froid classique (FC) et la nouvelle technologie de réfrigération HD COLD. Cette technologie HDCOLD, breveté par DPKL, est particulièrement adaptée à la conservation des produits frais tel que les pommes, car elle permet une meilleure régulation de la température et du brassage d'air de l'enceinte, tout en maintenant une humidité relative quasi saturante sans apport d'eau ou d'humidificateur supplémentaire. Ces conditions réduisent la déshydratation des produits, améliorant leurs qualités en chambre froide tels que le ralentissement du métabolisme des fruits (maturité), favorise également l'annulation du stress hydrique tout en limitant les maladies liées au froid. Cette étude est faite par une analyse réalisée au moyen d'un spectromètre NIR miniaturisé (NIRONE Sensor) effectué sur des pommes de type « Chantecler » durant leurs séjours dans des chambres froides en exploitant les résultats obtenus par des méthodes statistiques multivariées. Les gammes de longueur d'onde étudiées de 1350-1650 nm et 1750-2150 nm ciblent les bandes spectrales de l'eau, afin de corréler la perte de poids liée à la déshydratation. Une corrélation avec l'évolution des critères de qualité organoleptique est également réalisée.

Traitement conjoint des données spectrales et spatiales des images hyperspectrales par une méthode multibloc

Belal Gaci [1,2,3*], Florent Abdelghafour [2,3], Maxime Ryckewaert[2,3], Silvia Mas-Garcia [2,3], Marine Louargant [1], Ryad Bendoula [2,3], Jean-Michel Roger [2,3].

[1] *CTIFL, France*
[2] *ITAP-INRAE, Institut Agro, University Montpellier, Montpellier, France*
[3] *ChemHouse Research Group, Montpellier, France*

*: belal.gaci@ctifl.fr

Résumé

Ce travail propose une nouvelle méthodologie pour le traitement des images hyperspectrales. Cette méthode modélise conjointement des descripteurs spatiaux et des descripteurs spectraux avec un algorithme de fusion de données (figure 1). Ces indicateurs sont estimés sur les mêmes individus, qui sont des sous-ensembles de l'image hyperspectrale (collection d'imagettes). Pour la partie spatiale, les images hyperspectrales ont été projetées sur les loadings d'une ACP, pour obtenir des images monochromatiques. Cette ACP est calculée sur des spectres extraits de l'ensemble de calibration. Puis, pour chaque imagette monochromatique, un ensemble de matrices de cooccurrence des niveaux de gris (GLCM) est estimée selon un groupe de paramètre (distance, nombre de niveaux de gris). A partir de chaque matrice, 14 descripteurs de texture (paramètres d'Haralick) sont calculés. Pour la partie spectrale, les imagettes ont été dépliées en matrices 2D, dont le nombre de lignes est égale au nombre de pixels dans l'imagette et le nombre de colonnes est égale au nombre de longueurs d'ondes. Une SVD non centrée a été réalisée sur chaque matrice et un certain nombre de loadings ont été retenus, ils constituent les descripteurs spectraux. Finalement, l'ensemble des variables correspond à des tableaux (des tableaux de 14 variables pour la parties spatiale et des tableaux 256 variables pour la partie spectrale), qui ont été traités avec la méthode multi-tableaux Rosa-PLS suivie d'une classification FDA sur les scores obtenus. Cette méthode a été appliquée au problème de la discrimination de la tavelure du pommier. Dans cette étude 16 images hyperspectrales dans le SWIR [1000-2500nm] de feuilles de pommiers (saines et infectées) ont été utilisées. La méthode proposée permet, après étalonnage, une classifcation dont le taux d'erreur est de 8% pour les feuilles saines et de 14 % pour les feuilles infectées. Ce résultat est plus performant que celui obtenu en utilisant uniquement les tableaux spectraux et dans lequel les taux d'erreur de classification atteignent 14% et 13% respectivement pour les imagettes infectées et saines. Cette étude montre le potentiel de la méthodologie proposée comme stratégie générique pour analyser les images hyperspectrales.

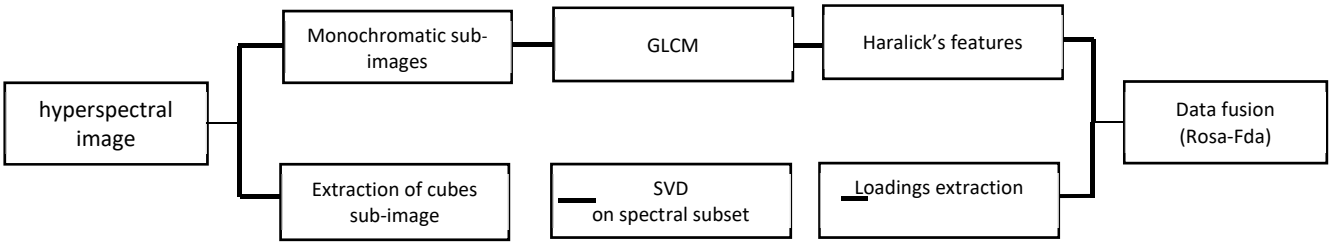


Figure 1. Schéma de la méthodologie

Utilisation de la SPIR pour prédire des paramètres physiques en nutrition animale

Timothé GONZALEZ*

TECHNA, 44220 Couëron – France

* :timothe_gonzalez@techna.fr

Résumé :

Les acteurs de la nutrition animale utilisent depuis longtemps la spectroscopie proche infrarouge pour caractériser les matières premières et produits finis. Un des rôles des firmes-services est d'approfondir et d'affiner cette méthode. Cela permet ainsi aux fabricants d'aliments et agriculteurs d'avoir des valeurs nutritionnelles permettant de répondre au plus proche des besoins des animaux.

La caractérisation physique des aliments porte sur beaucoup d'aspects : la taille des granulés, la forme, la dureté, la résistance, la viscosité etc. Ces paramètres ont un rôle direct sur la façon de consommer, d'apprécier et de digérer de l'animal.

Pour des aliments volaille, les paramètres physiques viennent compléter la nutrition pour les trois aspects du comportement alimentaire : identification, préhension et ingestion de l'aliment.

Pour ce qui est des ruminants, un autre aspect des paramètres physiques de l'aliment peut être appréhendé : la taille des fractions composant l'ensilage, matière première à la base de l'alimentation de l'animal. C'est un élément qui joue un rôle important pendant la rumination et digestion.

Le but de cette étude est de mettre en évidence une corrélation entre le spectre infrarouge et la granulométrie d'une matière première ou d'un aliment composé. Pour cela, l'étude sera divisée en deux parties : une première partie traitant de la granulométrie d'un aliment pour volaille et la seconde partie portant sur l'étude des différentes fractions composant un ensilage de maïs.

Architectural dynamics of plant cuticle by spectral mapping approaches.

Nicolas Reynoud[1], Nathalie Geneix[1], Johann Petit[3], Angelina D'Orlando[1,2], Mathieu Fanuel[1,2], Didier Marion[1], Christophe Rothan[3], Marc Lahaye[1], Bénédicte Bakan[1*]

[1] *INRAE, Unité Biopolymères, Interactions, Assemblages, BP71627 44316, Nantes Cedex3, France*
[2] *INRAE PROBE research infrastructure, BIBS Facility, F- 44300, Nantes, France*
[3] *INRAE, Univ. Bordeaux, UMR BFP, F-33140, Villenave d'Ornon, France.*

* : benedicte.bakan@inrae.fr

Abstract :

The cuticle is a complex polymer matrix that protects all aerial organs of plants, fulfills multiple roles in plant-environment interactions, and is critical for plant development. These functions are associated with the structural features of cuticles, and the architectural modeling of cuticles during plant development is one of the crucial issues to understand their physical properties and biological functions. Deciphering the architecture of cuticle is challenging and require multiscale approaches such as hyperspectral imaging which possesses the polyvalence and the resolution needed to resolve the structure of cuticular layers. In this work, the in-depth architecture of the cutin polymer matrix during fruit development was investigated. Using cherry tomato fruit as a model, from the beginning of the cell expansion phase to the red ripe stage, we designed an experimental scheme combining, Raman reference database building, sample pre-treatment, Raman mapping, and multivariate data analyses. This study provides new insights into the plant cuticle architecture and in particular into the organization of the epidermal cell wall-cuticle upon tomato fruit development.

.

A review of calibration transfer and maintenance in an unsupervised way

Valeria Fonseca Diaz[1*], Jean-Michel Roger[2], Wouter Saeys[1]

[1]*KU Leuven, Division of Mechatronics, Biostatistics and Sensors, Kasteelpark Arenberg 30, 3001 Leuven, Belgium*
[2]*ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France*

*: valeria.fonsecadiaz@kuleuven.be

Calibration transfer has been classically defined as the transfer of calibration models across instruments. For this purpose, the predominant methodology has focused on modeling techniques that use the so-called standard samples or new reference analyses in order to adapt the models successfully for their future use in new devices [1,2]. In this review, we have generalized the concept of calibration transfer beyond the use of models across different instruments to other types of domains, opening a framework of unsupervised model adaptation suitable for transfer. This concept of adapting a model is no longer restricted to the aforementioned types of samples, but a number of techniques which use only unsupervised and unpaired samples are suitable for a successful adaptation [3,4]. With the generalization of the concept, we provide here a review of the most predominant and novel techniques that are suitable for calibration transfer in such unsupervised way. Within this framework, it is also possible to position the task of maintenance or model update as a particular case of model transfer or adaptation when the domain is time. Applications in the agrofood industry are presented and the conditions for a successful unsupervised adaptation are discussed.

References

[1] Mishra, P., Nikzad-Langerodi, R., Marini, F., Roger, J. M., Biancolillo, A., Rutledge, D. N., and Lohumi, S. Are standard sample measurements still needed to transfer multivariate calibration models between near-infrared spectrometers? The answer is not always. TrAC Trends in Analytical Chemistry 143 (2021), 116331.

[2] Workman, J., "A Review of Calibration Transfer Practices and Instrument Differences in Spectroscopy," *Appl. Spectrosc.*, vol. 72, no. 3, pp. 340–365, **2018**, doi: 10.1177/0003702817736064.

[3] Diaz, V. F., Mishra, P., Roger, J.-M., and Saeys, W. Domain invariant covariate selection (Di-CovSel) for selecting generalized features across domains. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 222, January (2022), 104499.

[4] Nikzad-Langerodi, R., Zellinger, W., Lughofer, E., and Saminger-Platz, S. Domain-Invariant Partial-Least-Squares Regression. Analytical Chemistry 90, 11 (2018), 6693–6701.

Calibration transfer from laboratory to portable instruments: challenges and applications

Paolo Berzaghi [1,2*] and Xueping Yang[1],

[1]*Department of Animal Medicine, Production and Health, University of Padova, Legnaro, Italy*
[2]*GraiNit s.r.l., Padova, Italy*

*: paolo.berzaghi@unipd.it

Abstract:

Recently, portable instruments have been available on the market and with their smaller size, weight and cost have provided the opportunity to perform NIR analysis on site meaning at farm or directly in the field. Calibration development for these portables then becomes a major constraint because of the costs and time necessary to collect reference data. This study evaluated different calibration transfer methods for alfalfa and grass calibrations developed for a scanning benchtop monochromator (Foss 6500, 400-2498 nm, Foss, DK; LAB) to a diode array (AuroraNir, 950-1650 nm, GraiNit, IT; DA), a digital light processing instrument (NIR-S-G1, 950-1650 nm, Innospectra, TW; DLP) and a short wavelength instrument (SCiO, 740–1070 nm, Consumer Physics, Israel; SW). Alfalfa (n. 612) and grass (n. 516) samples from 8 agronomic studies were analyzed by wet chemistry for crude protein, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), in-vitro digestibility (IVTD) and NDF digestibility (NDFD) and divided into calibration, test-set, standardization and inoculation/prediction datasets. Different calibration transfer strategies were evaluated: Spectral Bias Correction (SBC), Shenk and Westerhaus algorithm, Piecewise Direct Standardization (PDS) or creating a new calibration using LAB predictions of the inoculation/prediction dataset as reference values. All computations for trimming, calibration, validation and standardization were developed using R Version 1.3.1093.

SBC with inoculation was an effective method to transfer calibrations only for DA. Validation errors between DA transferred calibration were about 7 % greater than LAB for both forage data sets. Prediction errors with DLP and SW were two to three times greater than LAB even after inoculation. PDS for some unknown reasons created spectral artifacts for the spectral of all three portables, which then resulted in large validation errors. Using LAB prediction as reference value was suitable only for DA, while DLP and DA had large prediction errors.

This study showed that spectral bias correction plus inoculation was the best method to transfer multivariate models for the forage components' prediction from LAB to handhelds, particularly for DA. For SW, calibration transfer was successful maintaining performances of original calibration, but because of instrument limitation, the prediction models were not accurate.

Keyword: Near Infrared Spectroscopy, Calibration transfer, Portable NIR instrument, Standardization, forage

Développement d'un imageur hyperspectrale dédié à la prédiction de la qualité de la viande de porc en abattoir

[1]Antoine Vautier*, [1] Thierry Lhommeau, [2] Ronan Le Page, [1]Gérard Daumas

[1]IFIP, La motte au vicomte, 35651 Le Rheu – France

[2] CNRS UMR 6082 FOTON ENSSAT, 6 rue de Kerampont, 22300 Lannion – France

[*]antoine.vautier@ifip.asso.fr

Résumé :

La spectroscopie visible et proche infrarouge (Vis-Nirs) a fait l'objet de nombreux projets à l'IFIP pour la prédiction de la qualité de viande de porc, paramètre difficile à mesurer en abattoir/découpe. Le pH ultime de la viande, meilleur indicateur actuel de sa qualité technologique, exige en effet l'intervention d'un opérateur qualifié, d'une sonde invasive et est très sensible à la dérive de mesure en conditions industrielles. Des niveaux de précision équivalents à la prédiction apportée par la mesure du pH ultime ont été obtenus par Vis-Nirs, mais les conditions pratiques de la mesure restant similaires à celle du pH (intervention d'un opérateur + sonde optique de contact), les essais n'ont pas dépassé le stade de preuve de concept. Des travaux en visionique s'intéressant plus spécifiquement à la détection du défaut de déstructuration du jambon frais ont par contre conduit au développement industriel et à la commercialisation d'un système de tri automatique en abattoir/découpe (CSB-Jamboflash®). C'est la base technique de ce système d'acquisition d'images visioniques qui a permis le développement accéléré d'un imageur hyperspectral (projet Casdar Hyperscan) pour la prédiction de la qualité de viande des pièces désossées de porc (jambon et longe). Cet imageur est composé d'un convoyeur industriel adapté au transport de la viande sur lequel repose un châssis semi-fermé dont le rôle est de diffuser une lumière indirecte homogène (tubes fluorescents + projecteurs halogènes). Au sommet du dôme diffuseur sont installées 2 caméras hyperspectrales couvrant un large domaine spectral de 400 nm à 1700 nm (Specim Fx10 400-1000 nm + Specim Fx17 900-1700 nm). Un logiciel a été développé par notre partenaire Foton (CNRS) pour le contrôle simultané des deux caméras linéaires et la vérification de la qualité du signal. Le système permet de réaliser des acquisitions sur un champ de 50 cm de largeur à une vitesse de défilement du convoyeur de 0,15 m/sec. La résolution de 3 et 6 mm (Fx10 et Fx17) est suffisante pour la sélection de zones d'intérêts identifiées à l'échelle de la pièce de découpe (jambon, longe…). Bien que restreintes pour le moment à des populations de calibration d'effectifs réduits (80 échantillons pour chaque pièce), les performances de prédiction de l'imageur concernant la qualité de viande sont encourageantes. Ainsi, les modèles de prédiction du pH ultime montrent un bon niveau d'ajustement en validation croisée : R^2_{cv}=0,69 et 0,66 pour la longe et le jambon. Nous retrouvons également le niveau de précision des modèles précédemment développés en spectroscopie Vis-Nir pour la prédiction du rendement technologique par imagerie hyperspectrale (R^2_{cv}=0,65 pour le jambon cuit supérieur et R^2_{cv}=0,47 pour le rôti cuit supérieur). Toujours en lien avec la capacité de rétention en eau de la viande, les modèles de prédiction de l'exsudat de la viande fraiche montrent des niveaux d'ajustement exploitables mais plus faibles (R^2_{cv}=0,36 et 0,52 pour le jambon et la longe). L'imageur a également permis le développement de modèles de discrimination pour la note de déstructuration qui ont révélé un niveau d'erreur de classification plus faible qu'avec le système visionique CSB-Jamboflash® (3,8% d'erreur globale). Enfin, l'imagerie hyperspectral fait preuve d'un potentiel supérieur au Vis-Nirs pour la prédiction de la teneur en lipides intramusculaire, en lien probablement avec le caractère plus représentatif du spectres moyen extraits des images. Un projet de calibration et validation de modèles à grande échelle est en cours avec l'imageur hyperspectral sur 1440 échantillons. L'objectif est de proposer un système robuste et validé pour la prédiction de variables simples telles que le pH ultime, l'exsudat et la notation du défaut déstructuré à l'aide d'acquisitions réalisées sur jambons désossés.

Retour d'expérience : remplacement du FT-NIR par l'imagerie hyperspectrale

Marc Provot [1]
LABORAGRO – UNION INVIVO, CD 39 – Tavers – 77130 LA GRANDE PAROISSE

*: mprovot@laboragro.com; contact@laboragro.com

Résumé :
Laboragro est un laboratoire prestataire qui réalise des analyses commerciales pour les acteurs de la filière grains (céréales, oléagineux, protéagineux). C'est un service du département Logistique et Stockage de l'Union Nationale des Coopérative Agricole InVivo. Disposant de nombreuses reconnaissances nationales et internationales pour les analyses qui servent à déterminer la valeur marchande des lots de grains commercialisés, Laboragro propose ses prestations à tous les acteurs de la filière grains : coopératives, négoces, traders, courtiers, industriels de 1ère et 2ème transformation. Laboragro est également le principal prestataire pour un fournisseur de l'industrie pharmaceutique qui met en culture la production nationale d'œillette. Laboragro a dû, au cours de son histoire mettre en place différentes techniques pour assumer l'affluence croissante des échantillons en provenance de ce client.

La détermination fournie est le pourcentage de capsules déterminé sur des échantillons de pailles d'œillette. Ceux-ci sont prélevés sur les livraisons que les agriculteurs apportent dans les usines chargées de transformer le produit en granulés, format plus facilement transportable et manutentionnable que la paille brute. Traditionnellement et jusqu'en 2004, cette détermination était réalisée par un tri manuel suivi d'une pesée des fractions "capsule" et "tige" afin d'en calculer les proportions respectives. Ce travail, à délivrer dans une échéance stricte, nécessitait l'embauche d'un grand nombre d'intérimaires qu'il fallait former et suivre tout au long des 2 mois que durait cette campagne.

Depuis la récolte 2005, Laboragro s'est équipé d'un spectromètre NIR-FT pour réaliser cette détermination. Les modèles de prédiction du taux de capsules (calibrations) ont été développés en interne en mettant en relations des spectres NIR-FT avec les valeurs de référence déterminées manuellement. Laboragro n'étant pas un laboratoire de recherche, mais de routine, le choix a été fait d'utiliser le logiciel de développement de calibrations (Opus) proposé par le constructeur de l'instrument acheté (MPA de la société Bruker).

Cette technologie a été utilisée jusqu'à la récolte 2017 et les calibrations ont été enrichies d'années en années avec de nouvelles données spectrales dans l'espoir de gagner en performances et en robustesse. Ainsi, pendant 12 campagnes, la technologie NIR-FT a permis à Laboragro de passer, dans un même laps de temps (10 juillet – 15 septembre), à la fourniture de 750/1000 résultats à 2500/4000 résultats selon les années. L'analyse par la méthode de référence a toujours été maintenue, d'abord 1 échantillon sur 5 puis 1 échantillon sur 10, dans le but, à la fois, de contrôler les performances des résultats et de disposer de spectres de référence pour enrichir les calibrations.

Le constat a été fait qu'au bout de quelques années les performances prédictives (RMSEP, R^2) ne progressaient plus, voire se dégradaient, ce qui a amené à partir de 2013 à préférer utiliser chaque année une calibration spécifique développée avec les seuls échantillons du millésime. La principale problématique reste que l'on cherche à déterminer un pourcentage en masse (analyse physique) par une technologie adaptée à prédire une composition chimique. Même si la composition chimique diffère sensiblement entre les différents types de fragments quantifiés, il n'en reste pas moins vrai que la technologie NIR-FT souffre d'un certain handicap pour réaliser une analyse pondérale.

Différentes opportunités, ont permis à Laboragro de remplacer la technique NIR-FT par l'imagerie hyper-spectrale. Les différentes étapes de la démarche ayant conduit à la validation de l'IHS sont détaillées avec une approche pragmatique. L'utilisation de l'IHS permet un gain de productivité conséquent et une amélioration de la fiabilité de la mesure. Toutefois, celle-ci fourni un pourcentage en surface (nombre de pixels sur l'image) alors que le résultat à délivrer doit être un pourcentage en masse (nombre de grammes). Le passage d'une expression à l'autre se fait à l'aide d'une équation de régression établie sur l'analyse d'environ 300 échantillons chaque année par les deux technique (IHS et tri manuel).

Les performances relatives, les contraintes et les avantages des deux technologies sont justifiées au cours de la présentation.

Nouvelle méthode de transfert d'étalonnage U-DOP

[1,2,*] Jean Michel Roger*, [3] Valeria Fonseca Diaz

[1]INRAE, UMR ITAP Team COMiC, Montpellier – France

[2]ChemHouse Research Group, Montpellier, France

[3] KU Leuven Department of Biosystems, MeBioS division, Leuven, Belgium

[*]jean-michel.roger@inrae.fr

Résumé :

Le transfert d'étalonnage a été traditionnellement effectué dans le contexte de modèles de transfert entre instruments utilisant des échantillons standard. Récemment, de nouvelles méthodologies et applications ont montré que les techniques de transfert peuvent être utilisées aussi pour réaliser le transfert d'étalonnage entre d'autres types de domaines, tels que la forme de l'échantillon, la variété ou la saisonnalité du produit. En outre, afin d'obtenir une plus grande efficacité pour le transfert d'étalonnage, il est souhaitable d'effectuer le transfert sans avoir besoin d'échantillons standards ou de nouvelles analyses de référence. Nous proposons donc une méthode de transfert d'étalonnage non supervisée basée sur l'orthogonalisation des différences structurelles entre les domaines. Cette méthode ne requiert que deux ensembles de spectres, pris dans les deux conditions « source » et « cible ». La méthode a été appliquée avec succès à un ensemble de données simulées et à deux ensembles de données réelles. Dans les cas étudiés, la méthodologie proposée a permis de réaliser un transfert réussi des modèles d'étalonnage et a permis l'interprétation des interférences responsables de la dégradation des modèles d'étalonnage originaux lors du transfert du domaine source vers le domaine cible.

Suivi par imagerie multispectrale des changements morphologiques lors de la germination de graines de blé

Dominique Bertrand[1], Eloïse Lancelot[2], Benoit Jaillais[3]*

[1] *DATA_FRAME, Nantes, FRANCE*

[2] *ThermoFischer Scientific,* 16 avenue du Québec, BP 30210, 91941 Courtaboeuf Cedex

[3] *StatSC, Oniris INRAE, Rue de la géraudière, 44322, Nantes, France*

*: benoit.Jaillais@inrae.fr

Résumé :

La prédiction de la bonne période de récolte des céréales est un problème important pour l'agriculture, qui peut être solutionné en analysant des grains à différents temps de développement et en établissant un modèle. Préalablement à la construction du modèle, il est nécessaire de décrire finement les traits morphologiques des grains et leurs évolutions au cours du temps.

Le but de cette étude est de caractériser les changements histologiques (morphologie, évolution et nature qualitative des tissus) pendant les stades précoces de développement du grain. Un système d'imagerie multispectrale « MUWI » (MUltiWay Imager) est utilisé pour acquérir des images de grains, coupés transversalement, récoltés à partir de 7 jours jusqu'à 29 jours après anthèse. Les images sont traitées par analyse en composantes principales (ACP) afin de mettre en évidence les changements qui se déroulent au cours du temps. Il est alors possible d'estimer la taille des tissus et de suivre leur évolution.

Sur les images brutes, éclairées à 360 nm, (Fig. 1), il est facile de voir l'évolution de la taille du grain, la proportion des tissus et leurs réponses spectrales en auto-fluorescence. L'ACP conduit à l'obtention d'images-scores qui peuvent être représentées en fausses couleurs. La comparaison de ces images-scores permet d'estimer qualitativement et quantitativement l'évolution des tissus, et de suivre celle de la texture de l'amande du grain.

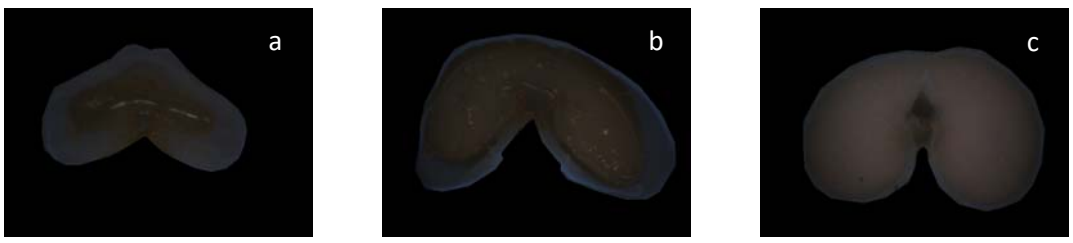


Figure 1: Images RGB obtenues par illumination UV à 360 nm, montrant le développement des grains.

Stades de développement: (a): 6 jaa; (b): 10 jaa; (c): 26 jaa

jaa: jours après anthèse