NIR-Hyperspectral Imaging for the quantification of rind percentage in grated Parmigiano Reggiano cheese

R. Calvini1\*, S. Michelini2, V. Pizzamiglio2, L. Governatori1, G. Foca1, A. Ulrici1

1 Department of Life Sciences and Interdepartmental Centre BIOGEST-SITEIA, University of Modena and Reggio Emilia, Pad. Besta – Via Amendola, 2, 42122, Reggio Emilia, Italy, [rosalba.calvini@unimore.it](mailto:rosalba.calvini@unimore.it), [lorenzo.governatori@unimore.it](mailto:lorenzo.governatori@unimore.it), [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it), [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)

2 Parmigiano Reggiano Cheese Consortium, Via J. F. Kennedy, 18, 42124, Reggio Emilia, Italy, [michelini@parmigianoreggiano.it](mailto:saramichelini@parmigianoreggiano.it), [pizzamiglio@parmigianoreggiano.it](mailto:pizzamiglio@parmigianoreggiano.it)   
\*Corresponding author

According to the Specifications of Parmigiano Reggiano cheese, the rind percentage in grated cheese products should not exceed the 18% (w/w) threshold value (Specifications of Parmigiano Reggiano Cheese). In order to ensure product compliance to the quality standards, the present study has two main objectives: evaluating the potential of NIR-hyperspectral imaging (NIR-HSI) in the quantification of rind percentage, and estimating the effect of factors related to sample preparation and composition on the determination of this percentage. In the first step, hyperspectral images of grated cheese samples with varying levels of rind were acquired in the 1000 nm – 1650 nm NIR range. The hyperspectral images were converted into one-dimensional signals, named Common Space Hyperspectrogram (CSH), which are obtained by merging in sequence the frequency distribution curves of quantities derived from a Principal Component Analysis (PCA) model common to the whole image dataset (Calvini et al., 2016). The CSH signals were used to calculate a calibration model using Partial Least Squares (PLS) algorithm, in order to predict the rind amount of the corresponding samples. In the second step, fat content of the pulp and grater type were considered as potential factors influencing the spectral response for the quantification of rind percentage. Grated cheese samples were prepared considering all the possible combinations between three levels of rind amount (8%, 18% and 28%), two grater types, and two levels of fat content. The hyperspectral images were analysed by means of ANOVA Simultaneous Component Analysis (ASCA) in order to evaluate the influence of these factors and their interactions both on the spectral response and on the CSH signals.

**Keywords:** grated cheese, NIR-HSI, multivariate calibration, ASCA

**Acknowledgements:** First Author gratefully acknowledges receiving funding from Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano (Italy).

REFERENCES

Calvini, R., Foca, G., Ulrici, A., 2016. Data dimensionality reduction and data fusion for fast characterization of green coffee samples using hyperspectral sensors. Anal. Bioanal. Chem. 408(26), 7351-7366. https://doi.org/10.1007/s00216-016-9713-7

Specifications of Parmigiano Reggiano Cheese. <https://www.parmigianoreggiano.com/consortium/rules_regulation_2/default.aspx>

Imaging iperspettrale nel vicino infrarosso per la determinazione della percentuale di crosta in campioni di Parmigiano Reggiano grattugiato

R. Calvini1\*, S. Michelini2, V. Pizzamiglio2, L. Governatori1, G. Foca1, A. Ulrici1

1 Dipartimento di Scienze della Vita e Centro Interdipartimentale BIOGEST-SITEIA, Università di Modena e Reggio Emilia, Pad. Besta – Via Amendola, 2, 42122, Reggio Emilia, Italia, [rosalba.calvini@unimore.it](mailto:rosalba.calvini@unimore.it), [lorenzo.governatori@unimore.it](mailto:lorenzo.governatori@unimore.it), [giorgia.foca@unimore.it](mailto:giorgia.foca@unimore.it), [alessandro.ulrici@unimore.it](mailto:alessandro.ulrici@unimore.it)

2 Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano, Via J. F. Kennedy, 18, 42124, Reggio Emilia, Italia, [michelini@parmigianoreggiano.it](mailto:saramichelini@parmigianoreggiano.it), [pizzamiglio@parmigianoreggiano.it](mailto:pizzamiglio@parmigianoreggiano.it)   
\*Corresponding author

Il Disciplinare di Produzione del Formaggio Parmigiano Reggiano prevede che nel formaggio grattugiato la percentuale di crosta non sia superiore al 18% (p/p). (Disciplinare di Produzione del Formaggio Parmigiano Reggiano). Per garantire il rispetto degli standard di qualità di questo prodotto, il presente lavoro ha due obiettivi principali: valutare le potenzialità dell’imaging iperspettrale nel vicino infrarosso (NIR-HSI) per quantificare la percentuale di crosta, e studiare i fattori relativi alla preparazione e alla composizione del campione che hanno maggior influenza nella determinazione di tale percentuale. In una prima fase sono state acquisite immagini iperspettrali nel range 1000 nm – 1650 nm di campioni di formaggio grattugiato con diverse percentuali di crosta. Le immagini iperspettrali sono state convertite in segnali mono-dimensionali, chiamati Common Space Hyperspectrograms (CSH), ottenuti unendo in sequenza le curve di distribuzione delle frequenze di parametri derivati dall’Analisi delle Componenti Principali (PCA) effettuata sull’intero dataset di immagini (Calvini et al., 2016). La matrice dei CSH è stata utilizzata per calcolare un modello calibrazione per stimare la percentuale di crosta utilizzando l’algoritmo Partial Least Squares (PLS). Nella seconda fase, il contenuto di grasso della pasta e la tipologia di grattugia sono stati presi in considerazione come fattori che possono influenzare la risposta spettrale nella determinazione della percentuale di crosta. In particolare, sono stati preparati campioni di Parmigiano Reggiano grattugiato considerando tutte le possibili combinazioni tra tre livelli di percentuale di crosta (8%, 18% e 28%), due tipologie di grattugia e due livelli di contenuto di grasso della pasta. Le immagini iperspettrali di questi campioni sono state analizzate utilizzando ANOVA Simultaneous Component Analysis (ASCA) per valutare l’influenza dei diversi fattori e delle loro interazioni sulla risposta spettrale e sui segnali CSH.

**Keywords:** formaggio grattugiato, NIR-HSI, calibrazione multivariata, ASCA

**Ringraziamenti**: il primo autore ringrazia il Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano per il supporto finanziario.

REFERimenti

Calvini, R., Foca, G., Ulrici, A., 2016. Data dimensionality reduction and data fusion for fast characterization of green coffee samples using hyperspectral sensors. Anal. Bioanal. Chem. 408(26), 7351-7366. https://doi.org/10.1007/s00216-016-9713-7

Disciplinare di Produzione del Formaggio Parmigiano Reggiano.  
<https://www.parmigianoreggiano.com/consortium/rules_regulation_2/default.aspx>