

Innovazioni optoelettroniche e logistiche per il post-raccolta nel settore agro-alimentare



Paolo Menesatti e Corrado Costa

paolo.menesatti@entecra.it - corrado.costa@entecra.it

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura

L' Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria è dal 2004 parte CRA

Ente pubblico di ricerca e sperimentazione

- vigilato dal Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali
- con competenze scientifiche generali in agricoltura, foreste, alimentare e acquacoltura

■ *uno dei settori scientifici tecnologicamente più all'avanguardia (paragonabile alle nanotecnologie)*

■ *genera un indotto economico e sociale rilevante*

■ *UE, 2005 = 50 mld €, 246mila addetti*

■ *Elevati tassi di crescita del settore = 7-8% l'anno*

■ *Notevole produzione scientifica*

■ *½ milione di riferimenti 2000-2007*

■ *>60mila per i soli settori agroalimentare e biologico-ambientale (2007 +100% rispetto al 2000)*

Macchine da campo
sistemi ottici utilizzati solo di recente

sistemi di rilevamento spettrale NIR
per qualità e quantità uva

color sorter per la selezione colorimetrica e per difetti
del pomodoro



Macchine da industria (selezione qualitativa):

Qualità esterna (RGB) - colore, dimensioni, forma e difetti

Alcuni caratteristiche operative

- 10-30 frutti/s per linea;
- frutto in rotazione per visualizzazione completa superficie (10-80 immagini/frutto);
- 2-3 telecamere: 1 RGB, 1 NIR, 1 specifica lunghezza per prodotto;



Macchine da industria (selezione qualitativa):

Qualità interna (NIR)

grado zuccherino

acidità

consistenza

agrumi, pomacee, drupacee, meloni...



Selezione corpi estranei biotici

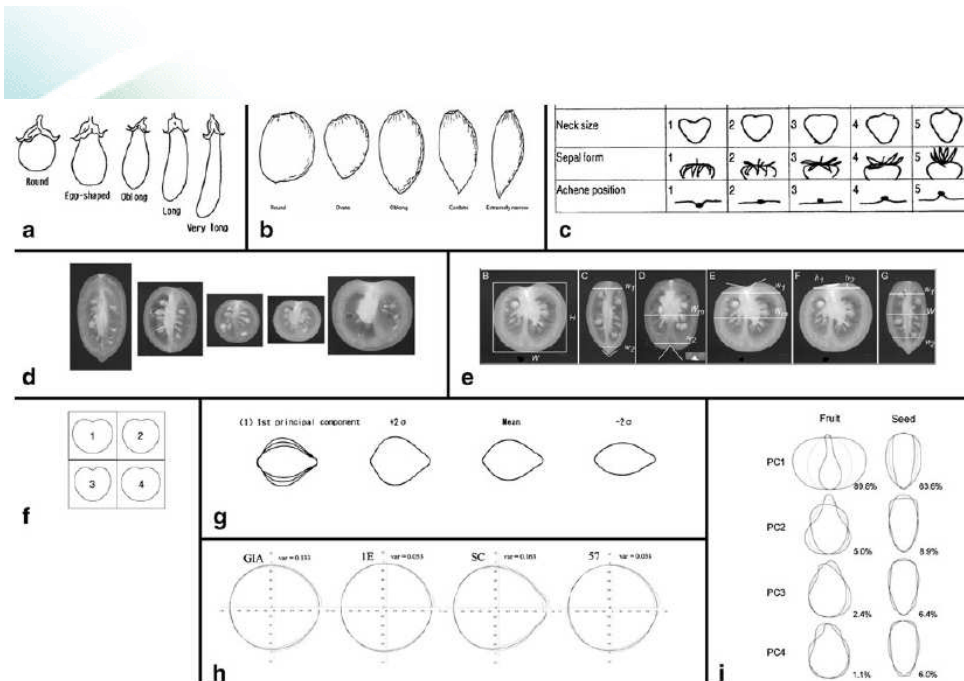


- In campo:
 - proximal sensing colorimetrico e spettrale
 - calibrazione colorimetrica
 - termografia
- Industria:
 - Descrizione più complessa della forma/colore
 - Hyperspectral imaging
 - Maggiore velocità
 - Integrazione multisensoriale



Morfometria di immagine

- » processo metodologico che si basa sull'impiego di tecnologie optoelettroniche, partendo da immagini digitali
- » per il rilievo e la misura quantitativa di caratteristiche e parametri della forma di oggetti o prodotti acquisiti in modo automatico e non
- » utilizzando particolari metodologie di morfometria
- » sistemi di classificazione multivariata



Costa C, Antonucci F, Pallottino F, Aguzzi J, Sun DW, Menesatti P, 2011. Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision. FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY, 4: 673-692.

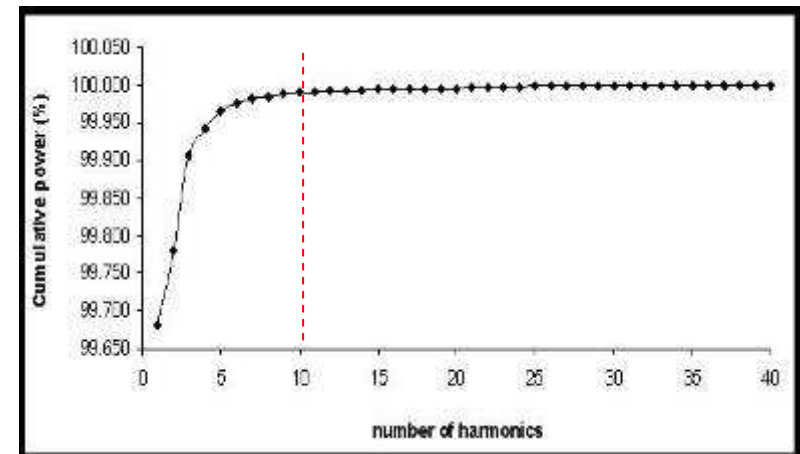
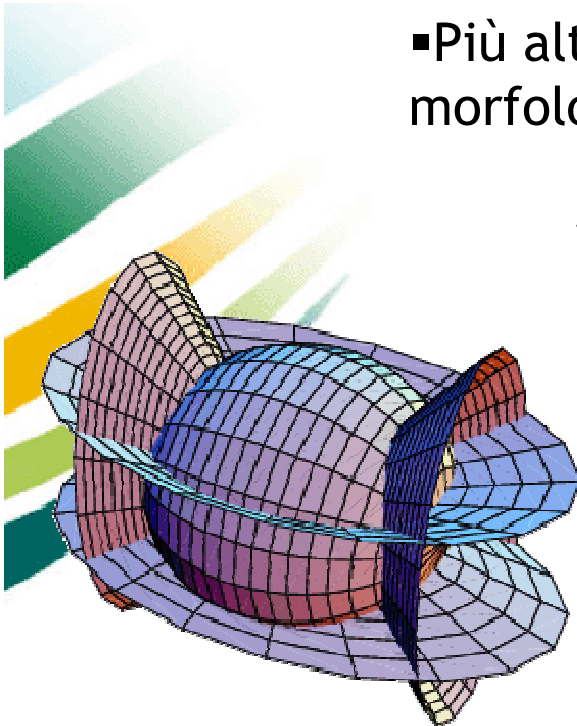


Analisi Ellittica di Fourier

- L'analisi EFA approssima il perimetro chiuso a una serie di equazioni armoniche (ellissi) che consentono di riassumere l'informazione e renderla indipendente dalla taglia.
- Più alto è l'ordine dell'armonica, maggiore è il dettaglio morfologico descritto.

$$x(t) = \sum_{k=1}^N \left(A_k \cos \frac{2\pi kt}{T} - B_k \sin \frac{2\pi kt}{T} \right)$$

$$y(t) = \sum_{k=1}^N \left(C_k \cos \frac{2\pi kt}{T} - D_k \sin \frac{2\pi kt}{T} \right)$$



Crampton, J. S. (1995). Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. *Lethaia*, 28, 179-186.

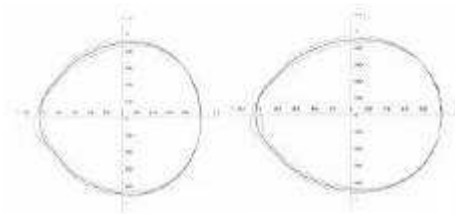
Morfometria di immagine



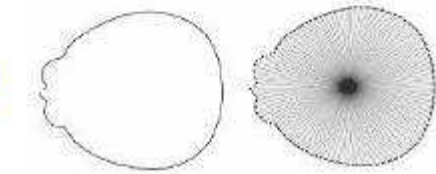
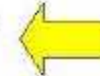
Acquisizione dell'immagine digitale



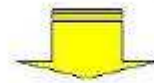
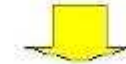
Elaborazione e segmentazione



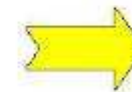
morfometria del profilo



estrazione del profilo dall'immagine



Data set valori
parametri descrittivi
della forma

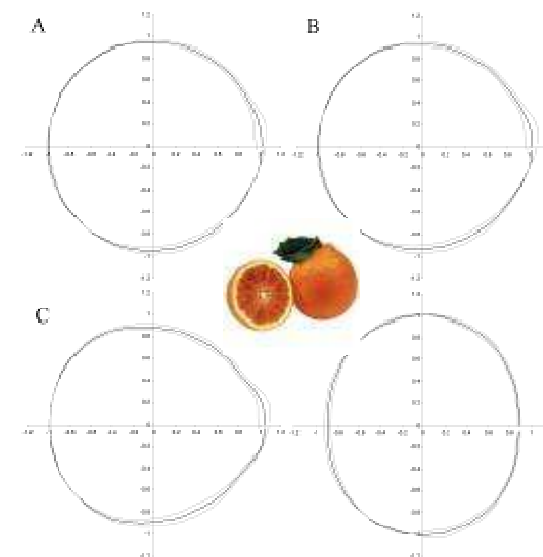
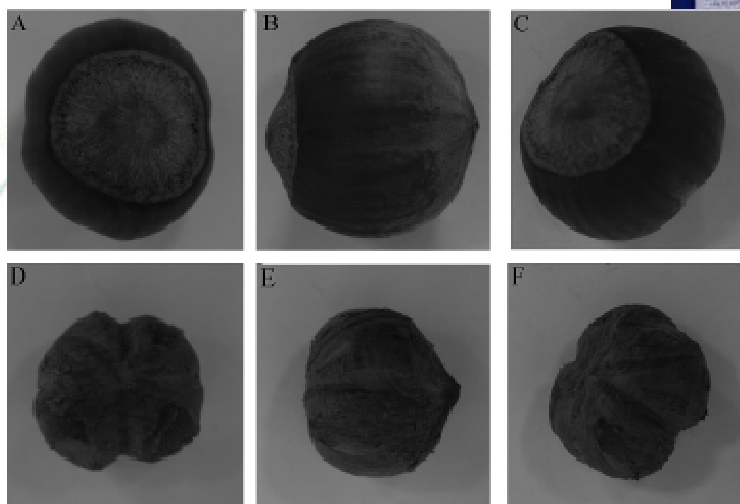


Classificazione del prodotto
in base alla forma
modellistica multivariata

Costa C, Menesatti P, Paglia G, Pallottino F, Aguzzi J, Rimatori V, Russo G, Recupero S, Reforgiato Recupero G, 2009. Quantitative evaluation of Tarocco sweet orange fruit shape using opto-electronic elliptic Fourier based analysis. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 54: 38-47.



Nella caratterizzazione varietale in sostituzione degli attuali descrittori semantici o pittogrammi



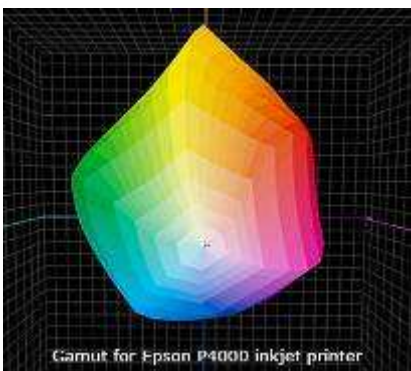
Costa C, Menesatti P, Paglia G, Pallottino F, Aguzzi J, Rimatori V, Russo G, Recupero S, Reforgiato Recupero G, 2009. Quantitative evaluation of Tarocco sweet orange fruit shape using opto-electronic elliptic Fourier based analysis. *POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY*, 54: 38-47.

Menesatti P, Costa C, Paglia G, Pallottino F, D'Andrea S, Rimatori V, Aguzzi J, 2008. Shape-based methodology for multivariate discrimination among Italian hazelnut cultivars. *BIOSYSTEMS ENGINEERING*, 101(4): 417-424.



La valutazione quantitativa del colore può essere effettuata attraverso diversi strumenti:

- Macchine fotografiche associate a standard colorimetrici
- Colorimetri
- Spettrofotometri

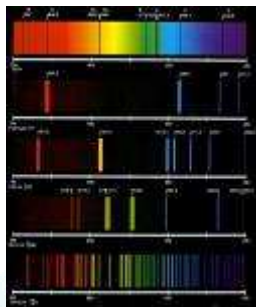




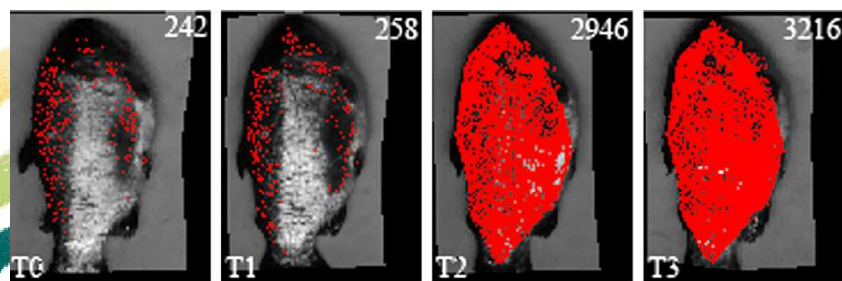
E' stato messo a punto un algoritmo di calibrazione colorimetrica (3D Thin-Plate Spline) per standardizzare la misura del colore su immagini direttamente in campo



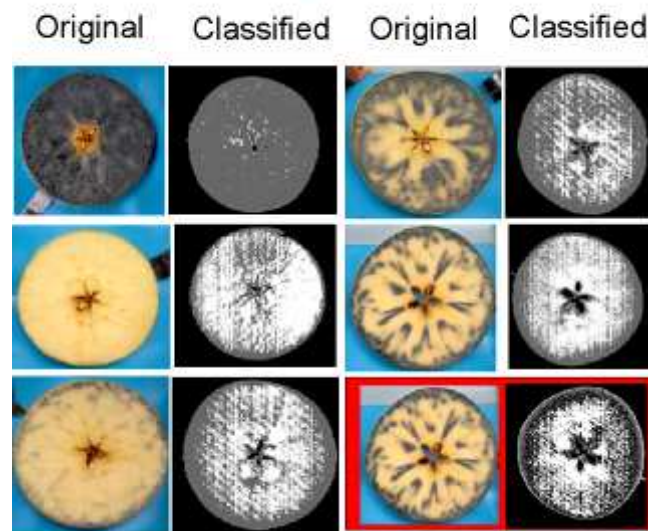
Menesatti P, Angelini C, Pallottino F, Antonucci F, Aguzzi J, Costa C, 2012. RGB color calibration for quantitative image analysis: the "3D Thin-Plate Spline" warping approach. SENSORS, 12: 7063-7079. (IF2011=1.739, Q1)



Valutare la componente topografica della variazione spettrale (hyperpectral imaging) è un valore aggiunto di fondamentale importanza



PLS imaging

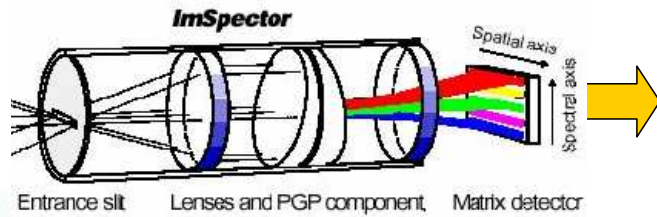


Menesatti P, Zanella A, D'Andrea S, Costa C, Paglia G, Pallottino F, 2009. Supervised multivariate analysis of hyperspectral NIR images to evaluate the starch index of apples. *FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY*, 2(3): 308-314.

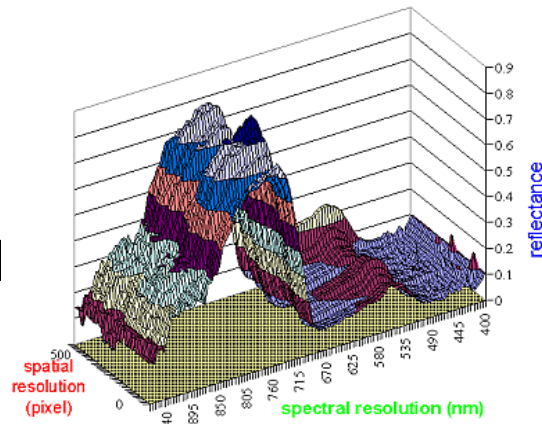
Menesatti P, Costa C, Aguzzi J, 2010. Quality evaluation of fish by hyperspectral imaging. In: *Hyperspectral imaging for food quality: analysis and control*. D.-W. Sun (Ed), London, Burlington, San Diego: Academic Press, Elsevier: 273-294.

Analisi di immagine iperspettrale

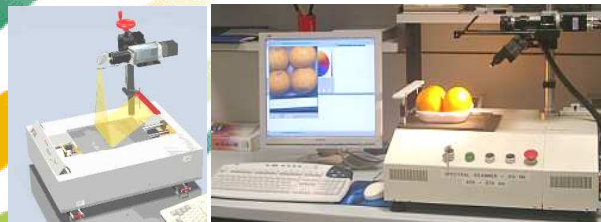
IMAGING SPECTROPHOTOMETER (VIS-Nir, Nir)



single line acquisition

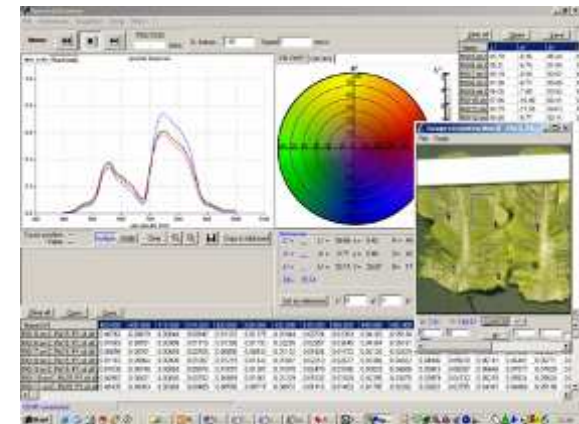
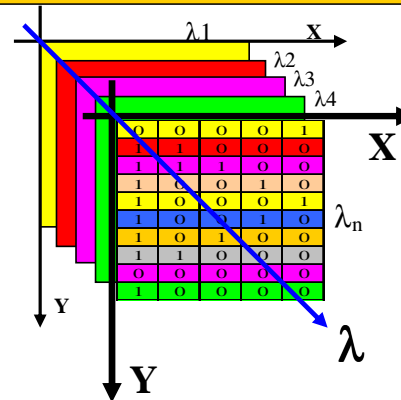
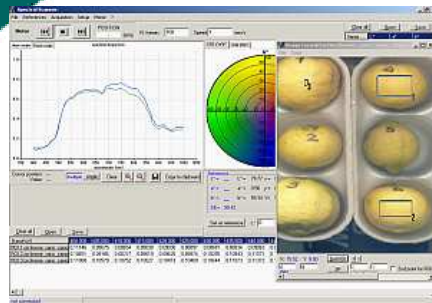


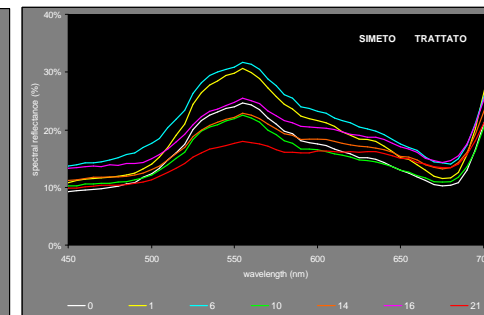
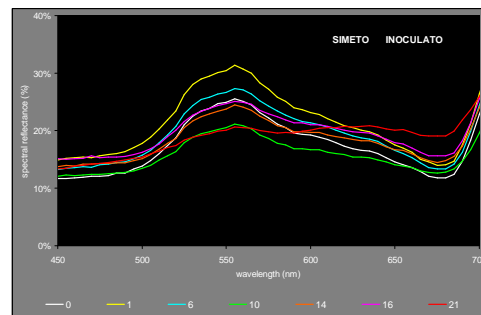
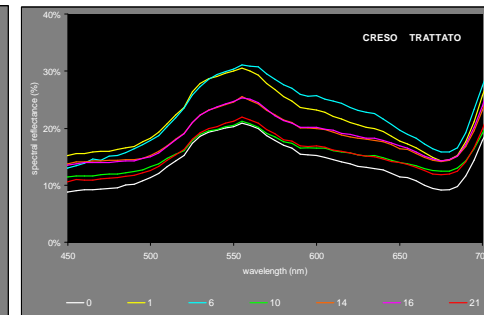
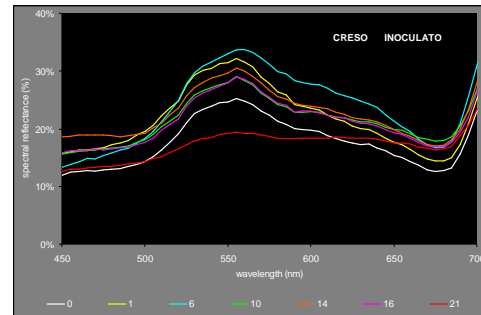
object motion on spectral scanner plate



spectral image = data hypercube

spectral image reconstruction





Menesatti P, Antonucci F, Pallottino F, Giorgi S, Matere A, Nocente F, Pasquini M, D'Egidio MG, Costa C, 2013. Laboratory vs. in-field spectral proximal sensing for early detection of Fusarium head blight infection in durum wheat. *BIOSYSTEMS ENGINEERING*, 114: 289-293.

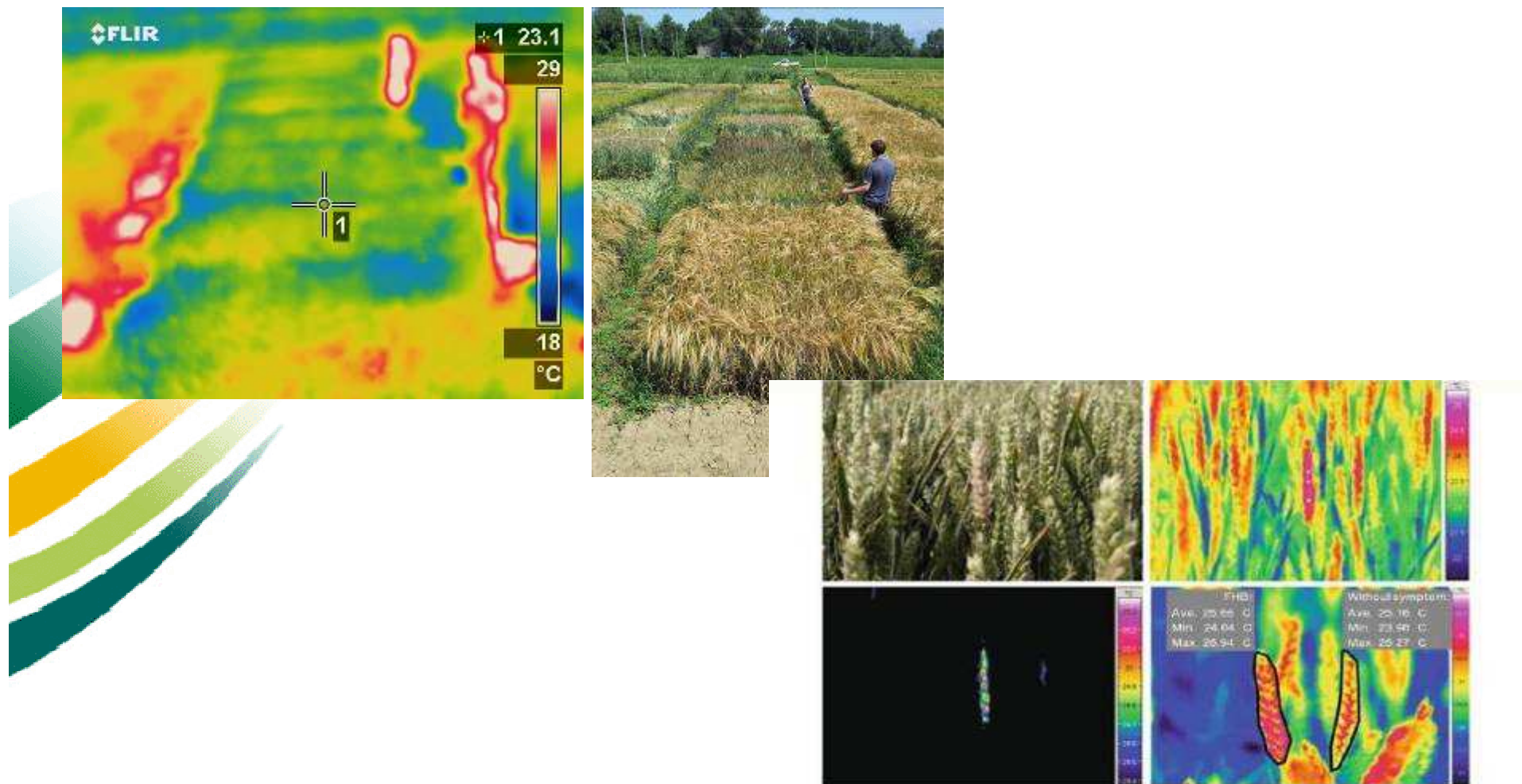
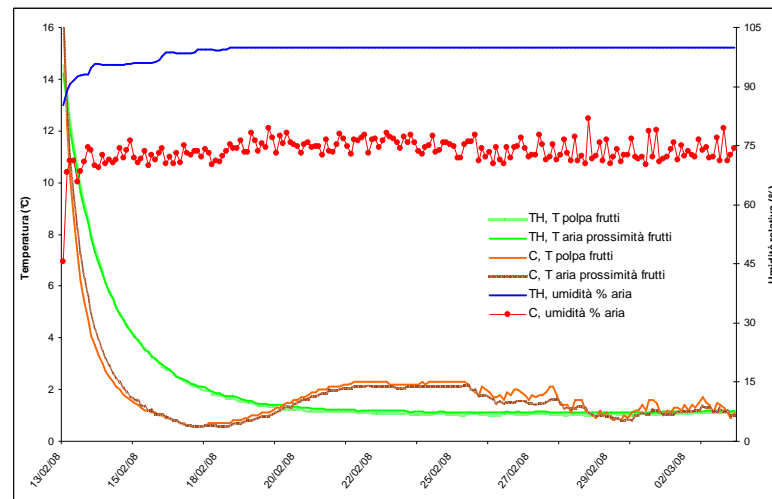


Fig. 11.6 Detection of *Fusarium* head scab infected ears in wheat (GS 77–79). Reflectance image (a); thermographic image of the same area with broad (b) and narrow temperature range (c); effect of infection on absolute temperatures of ears, MTD 2.90 K (infected) and 2.29 K (healthy) (d)

- Tracciabilità elettronica (RFID)
- Unità di carico
- Intermodalità (gomma-ferro-nave)
- Risparmio energetico e miglioramento della efficienza nella refrigerazione

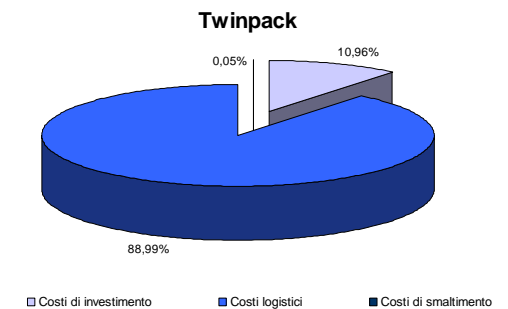
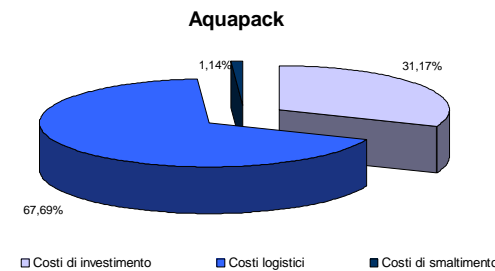
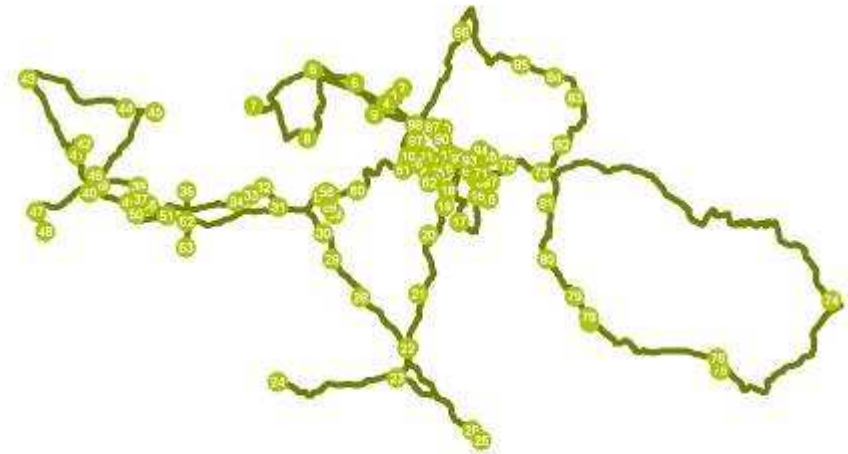


- + qualità
- + + intermodalità
- + risparmio energetico

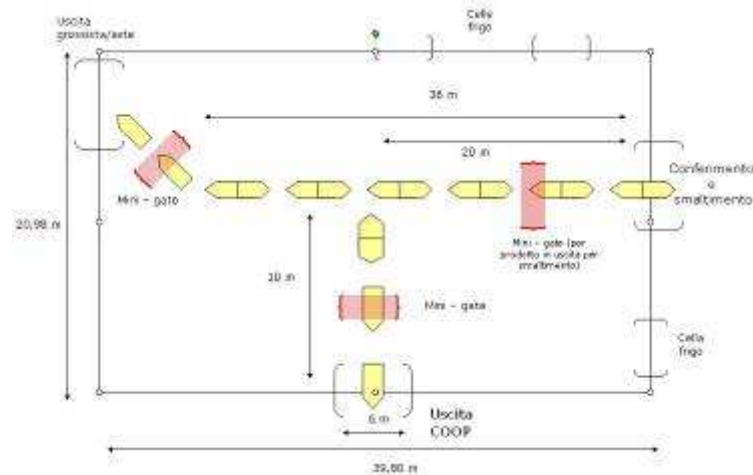


Pallottino F, Costa C, Antonucci F, Menesatti P, ACCEPTED. Sweet cherry freshness evaluation through colorimetric and morphometric stem analysis: two refrigeration systems compared. ACCEPTED BY ACTA ALIMENTARIA ISSN: 0139-3006

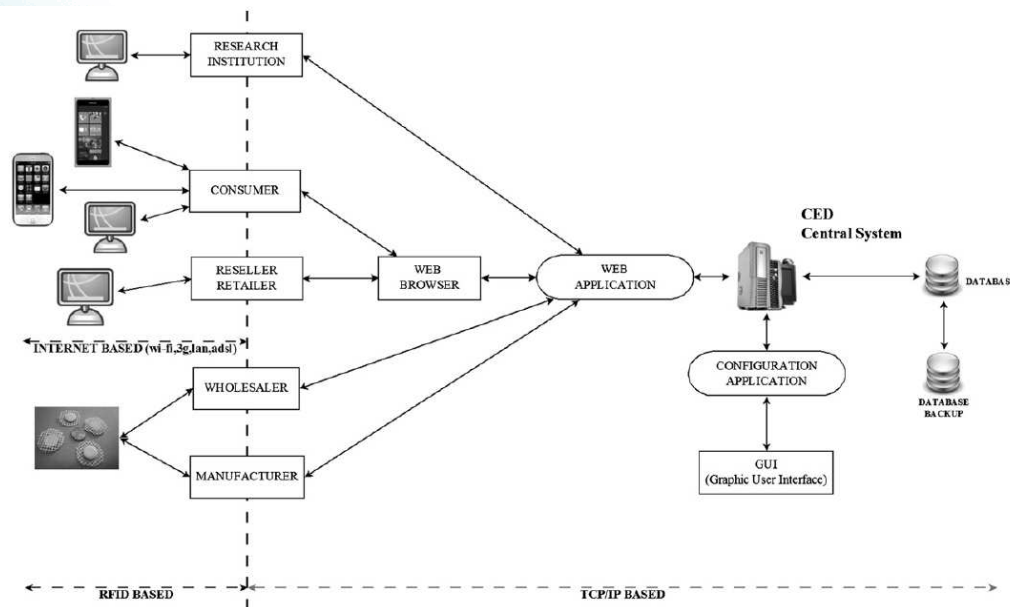
Costa C, Antonucci F, Menesatti P, Pallottino F, Boglione C, Cataudella S, IN PRESS. An advanced colour calibration method for fish freshness assessment: a comparison between standard and passive refrigeration modalities. IN PRESS ON FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY DOI 10.1007/s11947-011-0773-6



Menesatti P, Canali E, Sperandio G, Burchi G, Devlin G, Costa C, 2012. Cost and waste comparison of reusable and disposable shipping containers for cut flowers. *PACKAGING TECHNOLOGY AND SCIENCE*, 25: 203-215. ISSN: 1099-1522



L'*infotracing* è la combinazione tra tracciabilità del prodotto combinata con le informazioni qualitative del prodotto stesso e integrate in una piattaforma web a servizio dell'intera filiera



Costa C, Antonucci F, Pallottino F, Aguzzi J, Sarrià D, Menesatti P, 2013. A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology. *FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY*, 6: 353-366. ISSN: 1935-5130

Papetti P, Costa C, Antonucci F, Figorilli S, Solaini S, Menesatti P, 2012. A RFID web-based infotracing system for the artisanal Italian cheese quality traceability. *FOOD CONTROL*, 27: 234-241. ISSN: 0956-7135

Conclusioni

Data l'articolazione dei settori del sistema agro-alimentare potenzialmente coinvolti, la complessità e la forte innovatività delle tecnologie e metodologie che il mercato mette a disposizione è necessaria una forte integrazione scientifico/applicativa tra i diversi attori potenzialmente coinvolgibili a partire dalla ricerca, passando per le aziende di tecnologie e della filiera fino al consumatore.