

Ricerca di inquinanti radioopachi nelle confezioni alimentari¹

Luigi Capra - A.I.T. ScanVision

I controlli di qualità non distruttivi nell'industria alimentare

L'industria alimentare è da sempre molto attenta alla qualità dei prodotti immessi sul mercato, ciò non solo per tutela della salute pubblica, ma soprattutto perché un consumatore soddisfatto è la migliore pubblicità che si possa avere per i propri prodotti.

Negli ultimi anni si sta tuttavia assistendo ad un ripensamento dei modi secondo cui debbono essere intese la Qualità e i metodi per assicurarla: non più un obbligo imposto dal legislatore al fine di tutelare i consumatori, ma uno strumento indispensabile per competere efficacemente sul mercato.

Qui nasce il problema che volendo garantire la Qualità di un prodotto è indispensabile controllarlo non soltanto durante il processo ma anche e soprattutto quando questo è confezionato e pronto per la distribuzione.

Poiché aprendo la confezione per verificarne il contenuto questa perde il suo valore d'uso e la possibilità di essere posta in commercio, tradizionalmente si è ovviato a questo inconveniente operando un monitoraggio passivo della produzione mediante *controlli a campione*. In altri termini si "sacrificano" alcune confezioni di ciascun lotto che vengono aperte (e quindi distrutte) per effettuare i test richiesti.

Il monitoraggio passivo non è tuttavia una panacea, i controlli a campione consentono di tenere sotto controllo i soli *parametri medi* caratteristici dei lotti prodotti, sono invece del tutto inadeguati quando si tratta di gestire dei parametri che presentano una elevata *varianza*.

Ad esempio: se si fosse avvertiti che un sabotatore ha inquinato anche **una** sola confezione di un prodotto, in un dato giorno, questo sarebbe un motivo più che sufficiente per respingere tutte le confezioni di tutti i lotti prodotti in tale giorno, non ci si potrebbe certo basare sul risultato di controlli a campione per accertare l'idoneità dei lotti all'immissione sul mercato.

Viceversa, la scoperta di una vite all'interno di una confezione sigillata non è in genere una ragione sufficiente per scartare un intero lotto poiché la perdita di una vite da parte di un macchinario lungo la linea di produzione è presumibilmente un evento casuale; tuttavia anche in questo caso l'immissione sul mercato di una confezione inquinata espone l'azienda potenzialmente ad un grave danno: d'immagine ed economico.

E' chiaro allora che occorre un setaccio dalle "maglie più fitte" rispetto ai controlli a campione, dei criteri di test che si possano applicare all'intera produzione senza tuttavia compromettere l'integrità e il valore d'uso dei prodotti stessi; si parla quindi di: *controlli di qualità non distruttivi* intendendo tutte quelle tecniche (in genere non invasive) che permettono di verificare la Qualità e l'idoneità all'uso di un prodotto senza renderlo inservibile.

Disponendo di criteri di test del tipo suddetto diventa possibile, in teoria, controllare l'intera produzione (cioè tutti gli esemplari prodotti uno per uno) garantendone la conformità alle specifiche richieste.

Si noti comunque che la semplice disponibilità di un criterio di test non distruttivo non implica automaticamente la fattibilità tecnica ed economica di monitorizzare l'intera produzione poiché il test potrebbe risultare molto costoso o di difficile esecuzione. Ad esempio: la speratura delle uova pur essendo un test apparentemente semplice (che può essere eseguito manualmente da un operatore con l'impiego di una lampadina), se le uova viaggiano su di un nastro trasportatore alla velocità 600 al minuto è praticamente impossibile da realizzare senza strumenti automatici.

1 Documento presentato alla Facoltà di Veterinaria dell'Università di Milano. Ottobre 1997

Controlli non distruttivi basati su tecniche radiografiche

I cosiddetti raggi X sono radiazioni elettromagnetiche o se si preferisce flussi di fotoni aventi energie comprese fra quelle dei raggi ultravioletti e dei raggi gamma. Data la loro natura estremamente penetrante tali radiazioni sono state utilizzate fin dalla loro scoperta per effettuare osservazioni "non invasive" di organi biologici per fini diagnostici, ma anche per esaminare il contenuto di involucri sigillati, divenendo una delle tecniche di controllo non distruttivo per eccellenza.

Quando un fascio di raggi X illumina un corpo solido i fotoni interagiscono con gli atomi dell'oggetto considerato, alcuni di essi vengono riflessi, altri riescono a passare; si verifica in generale una attenuazione del fascio che è proporzionale alla densità e allo spessore dei materiali attraversati. Dallo studio dell'ombra del corpo radioopaco proiettata su di una superficie piana, ad esempio una lastra radiografica, si possono ricavare numerose informazioni circa la struttura interna del corpo altrimenti inaccessibile. Ad esempio restando su di un alimento, studiando la radiografia di un trancio di pesce si potrebbe scoprire la presenza di lische che non sono state rimosse.

Contrariamente a quanto accade in ambito ospedaliero nel contesto delle applicazioni industriali delle tecniche radiografiche per controlli non distruttivi raramente le immagini vengono registrate sotto forma di lastra, si preferisce invece acquisire direttamente l'immagine in forma digitale mediante telecamere di tipo particolare.

L'acquisizione di immagini radioscopiche mediante telecamera presenta tre vantaggi rispetto alla registrazione su lastra:

- la disponibilità immediata (si evitano i lunghi tempi richiesti per lo sviluppo delle lastre);
- le informazioni acquisite essendo in formato elettronico sono già idonee per l'elaborazione automatica mediante l'ausilio di un computer;
- è possibile utilizzare tecniche di elaborazione per migliorare la qualità dell'immagine acquisita, mentre non è possibile intervenire su di un'immagine impressa su lastra radiografica.

Naturalmente c'è anche un fattore economico: registrare un'immagine in memoria o su un supporto magnetico è enormemente più economico del processo di incisione e della stessa pellicola radiografica.

Per contro la risoluzione delle immagini riprese mediante telecamera è notevolmente inferiore rispetto a quella di una lastra; solitamente si tratta di immagini di dimensioni comprese fra 256 e 1024 pixels (che consentono comunque di evidenziare particolari di dimensioni fino a 0,2 - 0,4 mm di diametro).

Le immagini radiografiche acquisite mediante telecamera vengono rappresentate all'interno della memoria del computer sotto forma di matrici numeriche, associando un numero a ciascuno dei possibili livelli di grigio dell'immagine. Semplificando il concetto, è un po' come se ciascuno dei sensori della telecamera effettuasse un conteggio del numero di fotoni incidenti su di esso nell'unità di tempo e restituendo poi il risultato sotto forma di livello di grigio del pixel corrispondente.

Supponendo di discernere fra 256 livelli di grigio differenti, al numero 0 sarà associato il colore nero, cioè il buio, ovvero l'assenza di fotoni dovuta all'assorbimento completo del raggio; mentre il valore 255 corrisponderà al colore bianco, cioè alla piena luce, ottenuta in assenza di attenuazione alcuna.

L'immagine acquisita, una volta trasferita e salvata in forma di matrice numerica nella memoria di un computer, può essere elaborata al fine di estrarre il suo contenuto informativo. Gli algoritmi utilizzati per l'analisi dell'immagine sono estremamente vari (sogliature, filtri numerici, trasformate di Fourier, ecc.) e cambiano in funzione del tipo di immagine e delle informazioni cui si è interessati.

Consideriamo a titolo di esempio il problema della ricerca degli inquinanti radioopachi all'interno di confezioni alimentari, come il sacchetto di riso di Figura 2. Osservando che i corpi estranei (nel caso specifico una scheggia di vetro e un frammento metallico) appaiono

notevolmente più scuri dello sfondo, si potrebbe pensare di adottare un semplice criterio di discriminazione basato sul colore o meglio sulle tonalità di grigio presenti nell'immagine.

Fissato un livello di grigio (*soglia*) si potrebbe decidere di scartare come contaminate tutte le confezioni che contengono agglomerati di pixel più scuri di quello preso come riferimento. Basterebbe quindi utilizzare un semplice algoritmo del tipo:

1) Acquisisci l'immagine in forma numerica.

2) Esamina i pixel dell'immagine uno ad uno contando il numero dei pixel sotto soglia (cioè più scuri del consentito).

3) Se il numero di pixel sotto soglia è superiore alle aspettative scarta la confezione come possibile contaminata.

Il procedimento illustrato sembra apparentemente semplice. Tale illusione purtroppo sfuma nel momento in cui si passa dalle prove di laboratorio alla situazione reale; si constata allora che i criteri in base ai quali deve essere determinata la soglia di discriminazione sono tutt'altro che ovvi.

I sacchetti non sono confezioni rigide, inoltre il loro contenuto è libero di spostarsi al loro interno, pertanto in funzione degli urti subiti la confezione può presentare deformazioni, ammassamenti locali e concavità.

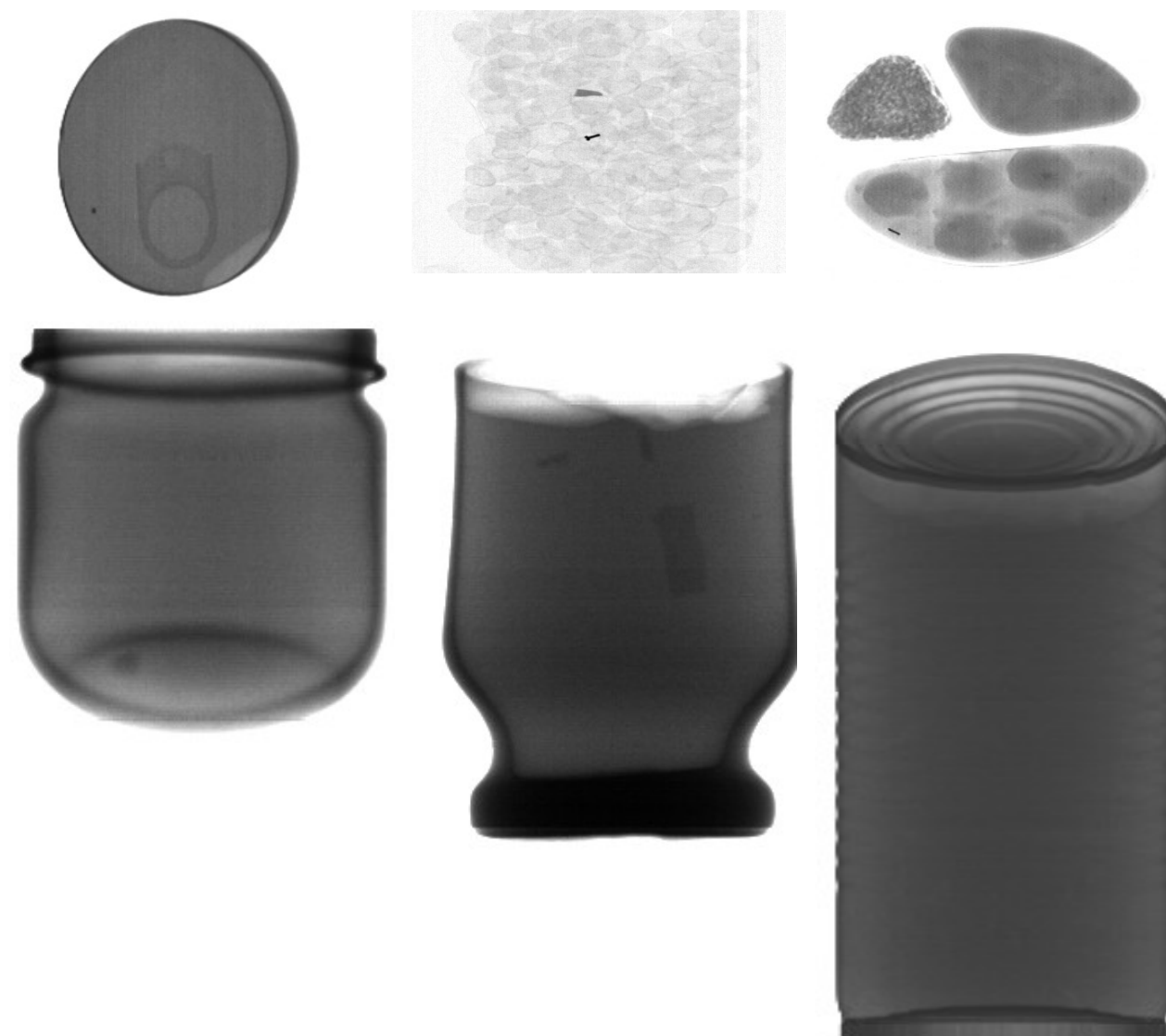


Figura 1 - immagini radioscopiche di varie confezioni.

Lo spessore dello strato di riso e quindi il corrispondente potere di assorbimento, pertanto, si può discostare anche sensibilmente dal valore medio atteso; conseguentemente un corpo opaco "nascosto" in un avvallamento rischia di passare inosservato, viceversa una confezione non contaminata può essere scartata a causa di un rigofiammento dovuto ad un accumulo di riso.

La procedura sopra illustrata, pur nella sua semplicità, consente di farsi un'idea dei criteri di discriminazione impiegati nei sistemi automatici per il controllo di confezioni alimentari.

Gli algoritmi realmente utilizzati nelle applicazioni industriali impiegano una serie di tecniche statistiche, più o meno sofisticate, per "gestire" la variabilità intrinseca della popolazione di immagini analizzate. Per una descrizione dettagliata delle tecniche suddette si rimanda ai testi specialistici di elaborazione delle immagini.

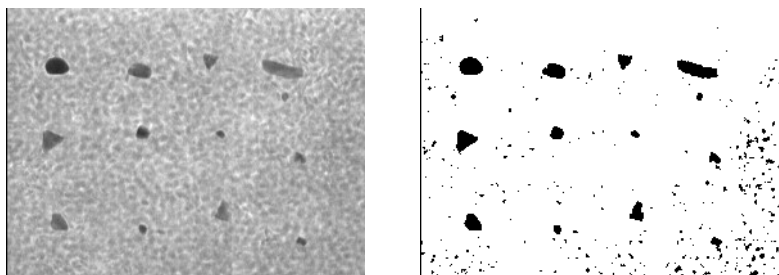


Figura 2 - L'immagine di sinistra riporta la radiografia di un campionario di contaminanti sovrapposti ad uno strato di riso. Nel riquadro di destra appare la stessa immagine sogliata. Si noti che accanto ai contaminanti appaiono numerosi "falsi difetti" dovuti al fatto che la soglia utilizzata per la discriminazione non è ottimale.

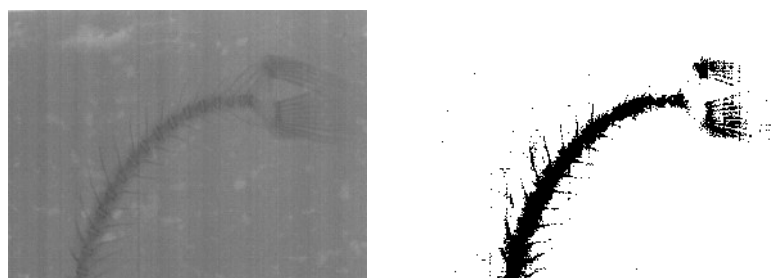


Figura 3 - Immagine radiografica di un trancio di pesce (tonno) in cui è ancora presente la lisca.



Figura 4 - Nel caso di una geometria più complessa come quella di un vasetto di omogeneizzati i criteri di discriminazione basati sulla sogliatura non sono praticamente di nessuna utilità, bisogna avvalersi di algoritmi più sofisticati.