



HS GC IMS nel controllo qualità alimentare: una tecnica rapida e sostenibile per il profilo volatile

Il profilo volatile è un indicatore chiave in termini di qualità e sicurezza alimentare. La tecnologia HS-GC-IMS offre un'impronta digitale chimica rapida e sostenibile per monitorare i processi industriali, come la tostatura, contrastare le frodi alimentari, differenziare l'origine geografica e l'evoluzione della shelf-life. Il tutto, grazie ad una doppia separazione e alla creazione di mappe topografiche intuitive garantendo standard qualitativi elevati in tempo reale.

6 Febbraio 2026 in [Blog](#), [Qualità](#), [Sostenibilità](#) Reading Time: 10 mins read

[AA](#)[in](#) Condividi su LinkedIn[f](#) Condividi su Facebook[wa](#) Condividi su Whatsapp

Indice



- > [Il profilo volatile come leva per il controllo qualità alimentare](#)
- > [HS-GC-IMS: tecnologia chiave per il controllo qualità alimentare](#)
 - > [Preparazione del campione e separazione cromatografica](#)
 - > [Ionizzazione, separazione ionica e acquisizione dell'impronta volatile](#)
 - > [Dal campione all'impronta aromatica: la lettura del profilo volatile](#)
- > [Applicazioni della HS-GC-IMS nel controllo qualità alimentare](#)
 - > [Autenticazione e frodi alimentari](#)
 - > [Monitoraggio dei processi produttivi e trasformazioni aromatiche](#)
 - > [Tracciabilità dell'origine e differenziazione geografica](#)
 - > [Shelf-life e stabilità: monitorare l'ossidazione e la conservazione](#)
- > [Conclusioni](#)

Il profilo volatile come leva per il controllo qualità alimentare

I **profilo volatile di una matrice alimentare** rappresenta un indicatore fondamentale della sua **qualità, sicurezza e integrità**. Lungo l'intero arco della filiera, dalle prime fasi di trasformazione fino allo stoccaggio, la frazione volatile è soggetta a **dinamiche**

aromatica di prodotti da forno e prodotti torrefatti come il caffè, dall'altro fenomeno ossidativi, degradazioni enzimatiche o proliferazioni microbiche possono **compromettere la salubrità del prodotto**. In questo contesto, pertanto, il monitoraggio sistematico e rapido dei composti organici volatili (Volatile Organic Compounds, VOCs) emerge come una **strategia analitica imprescindibile per tracciare l'evoluzione delle derrate e garantire standard qualitativi elevati** (4).

Nell'attuale scenario del comparto agroalimentare, le aziende sono chiamate a implementare **protocolli di controllo sempre più rigorosi per garantire prodotti sicuri, salubri e qualitativamente costanti**. Questa esigenza spinge i professionisti del settore verso l'adozione di metodologie analitiche **rapide, intuitive ed economicamente sostenibili**, che riducano al minimo l'impiego di solventi chimici nocivi per l'ambiente e per la salute degli operatori. In risposta a tali sfide, stanno emergendo tecnologie innovative capaci di **coniugare efficienza e sostenibilità**; tra queste, la **gas cromatografia accoppiata alla spettrometria di mobilità ionica nello spazio di testa** (HS-GC-IMS) si distingue come una delle soluzioni più promettenti (6).

HS-GC-IMS: tecnologia chiave per il controllo qualità alimentare

Preparazione del campione e separazione cromatografica

La tecnologia HS-GC-IMS si basa su una **doppia separazione dei composti volatili** (approccio "comprehensive"), garantendo un'elevata risoluzione analitica attraverso **un processo completamente automatizzato**.

L'analisi ha inizio con una preparazione minima del campione: una quantità ridotta (tipicamente tra 0,5 e 3 grammi) viene sigillata in apposite fiale dotate di setto perforabile. Una volta inserite nell'autocampionatore, le fiale subiscono una fase di condizionamento termico (ad esempio, 30 °C per 15 minuti). Questo **processo di ripartizione permette ai composti volatili di liberarsi dalla matrice e distribuirsi nello "spazio di testa"** (la parte gassosa della fiala). Successivamente si raggiunge un equilibrio termodinamico (Fig. 1).



Fig. 1 – Preparazione del campione, fase di equilibrio e iniezione

Raggiunto l'equilibrio, una siringa automatizzata preleva un volume definito di **gas e lo inietta nel gas cromatografo**. Qui, un flusso di gas carrier inerte (azoto al 99,999%) trasporta i composti attraverso una **colonna cromatografica**. In questa fase avviene la prima separazione, basata sulla **diversa affinità chimico-fisica delle molecole con la fase stazionaria della colonna**, che determina tempi di uscita (eluizione) differenziati (Fig. 2).



Fig. 2 – Colonna cromatografica e drift tube.

Ionizzazione, separazione ionica e acquisizione dell'impronta volatile

All'uscita dalla colonna, le molecole eluite entrano nella **camera di ionizzazione** dove, grazie a una sorgente di trizio, vengono ionizzate. Gli ioni spinti all'interno del tubo di deriva (drift tube), dove avviene la seconda separazione. In questa camera, gli **ioni si muovono all'interno di un campo elettrico scontrandosi con un flusso di gas in direzione contraria** (drift gas). Inoltre, la separazione avviene qui in base alla **mobilità ionica**, ovvero alla forma, alle dimensioni e al rapporto massa/carica delle molecole: gli **ioni più piccoli e compatti percorrono il tubo più velocemente rispetto a quelli voluminosi o pesanti** (Fig. 3).

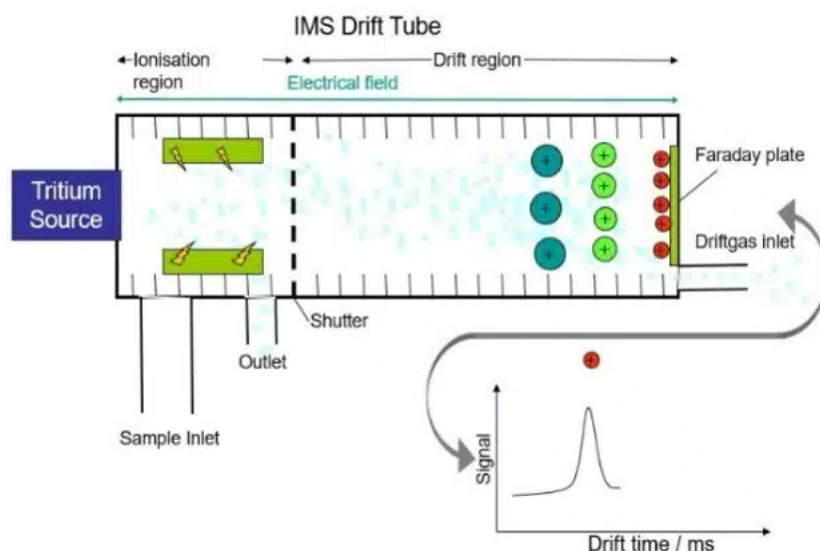


Fig. 3 – Funzionamento drift tube e separazione degli ioni.

Dal campione all'impronta aromatica: la lettura del profilo volatile

Al termine del percorso, gli ioni impattano sulla **piastra di Faraday**, un **rilevatore che trasforma la carica degli ioni in una corrente elettrica**. Questo segnale viene amplificato, convertito in voltaggio ed elaborato dal software. Infine, si genera un **grafico bi- o tridimensionale** (o un cromatogramma) (Fig.4) che rappresenta l'impronta volatile univoca del campione.

Tuttavia, il **risultato finale dell'analisi HS-GC-IMS è un'impronta digitale chimica complessa**, che incrocia i dati di due diverse separazioni:

- i) asse delle ordinate (Y), che riporta il **tempo di ritenzione**, ovvero il tempo impiegato dalle molecole per attraversare la colonna cromatografica (prima separazione)
- ii) asse delle ascisse (X), che indica il **tempo di deriva (drift time)**, cioè il tempo impiegato dagli ioni per percorrere il tubo di volo (seconda separazione).
- iii) Asse Z (Intensità), rappresenta l'**ampiezza del segnale**, proporzionale alla concentrazione di ogni specifico composto nel campione.

HOME BLOG MAGAZINE NEWSLETTER PODCAST

(comprehensive GC). In questa modalità, l'intensità del segnale (asse Z) è indicata da una scala cromatica: le **"macchie" di colore diverso indicano la presenza dei vari composti volatili**. Questo permette di confrontare visivamente e istantaneamente diversi campioni, individuando a colpo d'occhio differenze qualitative o quantitative nella composizione del prodotto (4;6;9).

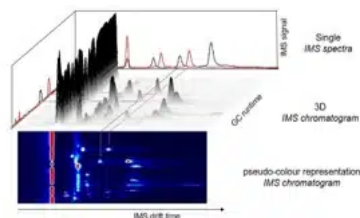


Fig. 4 – Cromatogramma 3D

Applicazioni della HS-GC-IMS nel controllo qualità alimentare

Autenticazione e frodi alimentari

L'interesse della comunità scientifica verso questa tecnologia emergente è testimoniato dalla **crescita esponenziale di pubblicazioni e ricerche** che ne esplorano l'efficacia su diverse matrici alimentari. Un esempio significativo è rappresentato dallo studio condotto da Tian et al., (2019) i quali hanno impiegato la **tecnologia GC-IMS per l'autenticazione dell'olio di arachidi**. Per esempio, il caso studio sull'olio di arachidi mostra che l'impronta volatile generata dallo strumento è in grado di **discriminare con estrema precisione l'olio di arachidi puro da campioni adulterati con olio di colza**. Osservando le mappe topografiche (Fig. 5), in effetti, è possibile distinguere chiaramente i profili degli oli di arachidi puri (campioni 1 e 2) rispetto gli oli contraffatti artificialmente con diverse quantità di olio di colza (campioni 314, 529 e 423), dove **l'insorgenza o la variazione di specifici spot segnala la presenza dell'agente adulterante**.

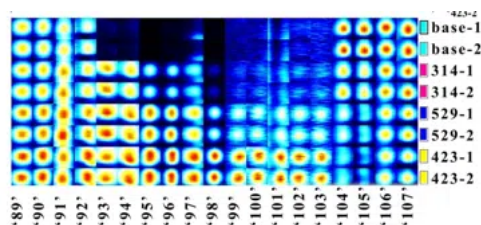


Fig. 5 – impronta volatile oli tal quali ed adulterati Tian et al., (2019).

Monitoraggio dei processi produttivi e trasformazioni aromatiche

Un ulteriore e rilevante esempio applicativo è fornito dallo studio di Chen et al., (2022), incentrato sull'**evoluzione del profilo volatile in tre differenti brand di caffè**, analizzati in tre diverse forme commerciali: in grani, macinato e come bevanda estratta. Attraverso l'impiego della tecnologia GC-IMS, i ricercatori sono riusciti a **identificare mediante gli indici di Kovats 37 composti volatili chiave** (Fig. 6), che fungono da **marcatori discriminanti per distinguere le peculiarità aromatiche di ciascun prodotto e le**

bouquet sensoriale tipico della tostatura.

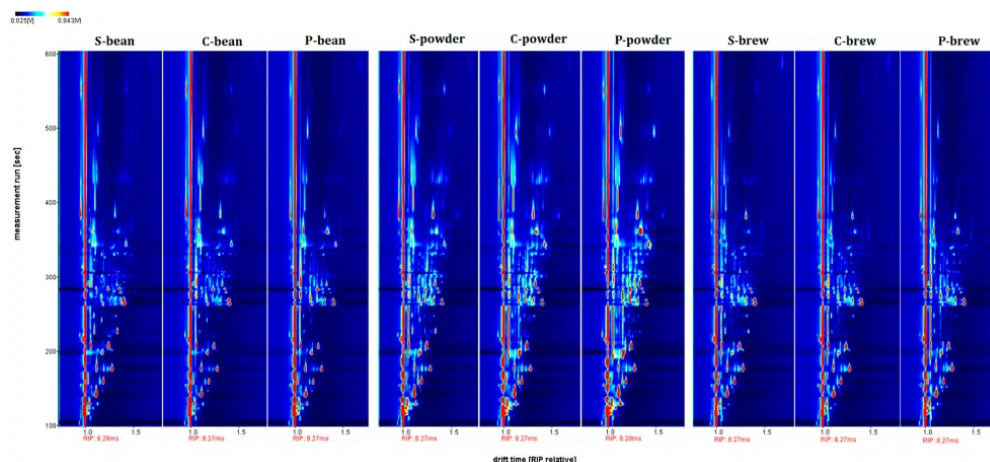


Fig. 6 – Cromatogrammi 3D dell'impronta dei composti volatili del caffè analizzati da Chen et al., (2022).

Tracciabilità dell'origine e differenziazione geografica

Ma et al., (2024) hanno dimostrato come la **provenienza geografica dell'orzo influenzi in modo determinante il profilo volatile**, seguendo l'evoluzione aromatica dal malto fino alla birra finita. Analogamente, Bordiga et al., (2025) hanno **impiegato questa tecnologia per mappare le differenze nei composti volatili di campioni di Coffea arabica** provenienti da Etiopia, Brasile, Nicaragua e Guatemala (Fig. 7), fornendo uno strumento oggettivo per la tracciabilità delle origini.

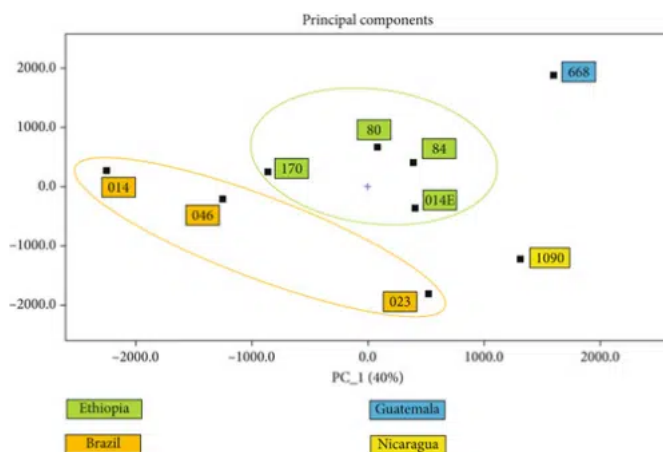


Fig. 7 – PCA di campioni di Coffea arabica provenienti da Etiopia, Brasile, Nicaragua e Guatemala Bordiga et al., (2025).

Shelf-life e stabilità: monitorare l'ossidazione e la conservazione

Oltre alla tracciabilità, la **GC-IMS si rivela un potente alleato nel monitoraggio dello stato di conservazione**. Cui et al., (2024) hanno condotto uno studio comparativo tra olio di colza fresco (conservato per meno di 18 mesi) e olio ossidato (oltre i 18 mesi). La ricerca ha permesso di **identificare i marker volatili dell'ossidazione secondaria, evidenziando un netto incremento delle aldeidi, prodotti diretti dell'autossidazione lipidica**. Tra le molecole identificate figurano: 2-octenale, 2,4-eptadienale, 2-eptenale, 2-pentenale, esenale e 3-metil-2-butenale. Tutte queste, infatti, sono considerate marker dell'ossidazione secondaria.

L'efficacia di questa discriminazione è chiaramente visibile nell'analisi delle componenti principali (PCA, Figura 8): la tecnologia GC-IMS ha permesso di separare nettamente gli

qualità e della degradazione degli alimenti.

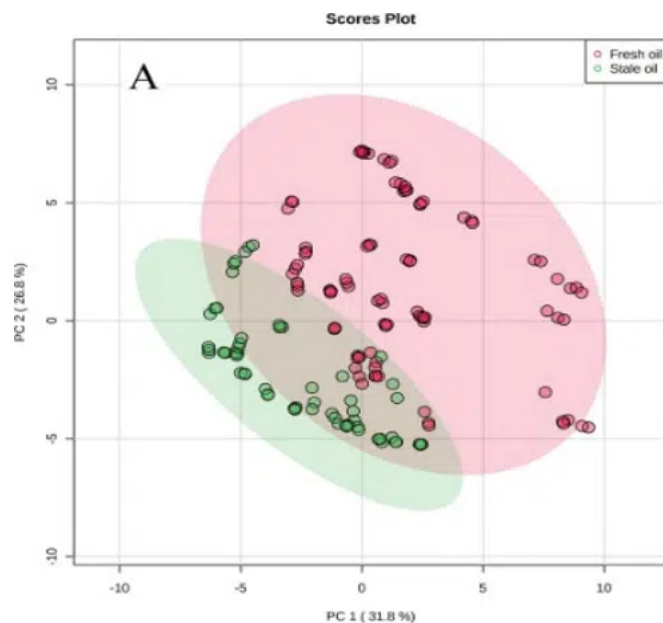


Fig. 8 – PCA oli di colza freschi (rosso) e ossidati (verde) Cui et al., (2024).

Conclusioni

In conclusione, la tecnologia GC-IMS si prospetta come uno strumento imprescindibile per l'industria alimentare del futuro. Pertanto, la sua capacità di unire sensibilità analitica, rapidità e semplicità operativa ne permette inoltre l'integrazione efficace lungo le linee di produzione, garantendo un monitoraggio puntuale di processi complessi come la tostatura o la fermentazione. Dalla tutela contro le frodi alla rilevazione di alterazioni microbiche, fino al supporto oggettivo per l'analisi sensoriale, la GC-IMS non rappresenta solo un'innovazione tecnica, ma un nuovo standard per la sicurezza e la valorizzazione del prodotto.

*Speriamo che tu abbia trovato la lettura di questo articolo sulla **HS-GC-IMS controllo qualità alimentare** interessante. Per altri contenuti simili, consulta la sezione [RICERCA & SVILUPPO](#) del nostro sito web. E se vuoi restare sempre al passo con le ultime novità in fatto di Agrifood, iscriviti alla nostra [Newsletter](#)!*

+ Bibliografia



Giacomo Pedron

Nato a Torino, 1997, laureato in Biologia, è dottorando presso il Dipartimento di Scienze del Farmaco dell'Università del Piemonte Orientale. In collaborazione con Unigrà S.p.A., la sua ricerca si focalizza sullo sviluppo di tecniche analitiche innovative per ottimizzare la produzione

Dott. Occeili Paolo: co-autore.

Dott. Jaouhari Yassine PhD: co-founder di Nutractiva s.r.l., co-autore.

Prof. Arlorio Marco: co-founder di Nutractiva s.r.l., supervisore.

Prof. Bordiga Matteo: supervisore.

Si ringrazia per la collaborazione:

Dott. Cesare Rossini, Senior Business Manager di LabService Analytica s.r.l., Via Emilia 51/c, 40011

Anzola Emilia (Bologna), Italy.

Ministero dell'Università e della Ricerca Italiana; fondi PNRR.

Tags: [profilo volatile](#) [qualità](#) [shelf life](#) [sicurezza](#) [sicurezza alimentare](#) [sostenibilità](#) [tracciabilità](#)

Previous Post

NaDES: Valorizzazione sostenibile degli scarti delle arance



Food Hub Srl SB

P. IVA 04598540401

Via Martiri della Libertà, 14C

47521 Cesena (FC)

Risorse utili

[Privacy Policy](#) / [Cookie Policy](#)

Seguici

[in](#) [@](#) [f](#) [RSS](#)