

# Microonde e prodotti agro-alimentari

I trattamenti assistiti da microonde dei prodotti agro-alimentari, possono costituire un valido strumento per migliorare le performance delle operazioni unitarie tradizionali tipiche dell'industria alimentare, per ottenere cibi con un elevato profilo nutrizionale oltre che sanitizzati, edibili e conservabili

► di Anna Angela Barba\* e Matteo d'Amore\*

**L**o sviluppo di tecnologie innovative e sostenibili sotto il profilo energetico per la lavorazione di prodotti alimentari è motivato dall'esigenza di ottenere prodotti non solo sanitizzati, edibili e conservabili ma anche non depauperati dei componenti che ci permettono il mantenimento in buona salute e che hanno un ruolo di prevenzione per numerose patologie. La ricerca scientifica sull'applicazione di metodologie di trasformazione innovative, supportata da sinergie tra competenze tecnologiche e bio-medicali,

può costituire un valido strumento per migliorare le performance delle operazioni unitarie tradizionali (scottatura, essiccamento, concentrazione, distillazione, cottura, etc...) tipiche dell'industria alimentare, e per l'ottenimento di cibi con un elevato profilo nutrizionale attraverso la messa a punto di nuovi protocolli di lavorazione.

## Intensificazione e sostenibilità

In campo industriale il nuovo approccio alla conduzione dei processi è sintetizzato nei ter-

mini *intensificazione e sostenibilità*. Un processo intensificato è finalizzato alla razionalizzazione delle risorse energetiche e umane e alla selezione di protocolli di trattamento sicuri e con ridotto impatto ambientale.

La sostenibilità esprime la possibilità di sviluppare nuove tecniche che soddisfino le esigenze industriali attuali senza compromettere quelle delle generazioni future.

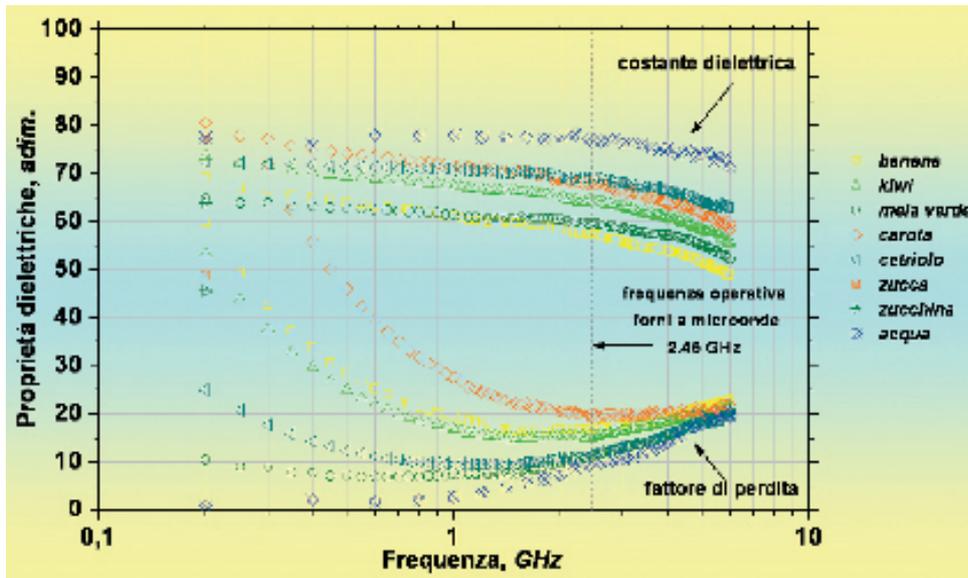
L'applicazione di tecnologie innovative e sostenibili nell'industria alimentare è stata da sempre terreno di sfide. L'esigenza di ottenere prodotti edibili e conservabili limitando al massimo la perdita del loro valore nutrizionale è stata l'obiettivo primario associato a quello del contenimento dei costi di lavorazione. Oggi le motivazioni a fare meglio e in maniera più efficace derivano da sinergie multidisciplinari: di fatto, se da un lato gli ingegneri propongono i processi intensificati, i nutrizionisti richiedono, per i consumatori, prodotti nutraceutici, ossia alimenti capaci di mantenerci in buona salute nonché essere strumenti di prevenzione.

Tra le tecnologie per il trattamento degli alimenti, soprattutto dei prodotti agro-alimentari, quelle basate sull'uso del calore (sterilizzazione, pastorizzazione, scottatura, essiccamento, cottura) sono senz'altro le metodologie più diffuse per tradizione, per efficacia, per *know-how* consolidato. L'impiego delle diverse tecniche a caldo è fondamentalmente legato alle cinetiche di riscaldamento che si vogliono applicare (quanto velocemente il calore deve essere trasferito) poiché influenti per azioni denaturanti (distruzione termica), per effetti che inducono una maggiore biodisponibilità (per isomerizzazioni strutturali) di fattori nutrizionali o che rallentano la naturale degradazione bio-chimica degli alimenti (inibizione enzimatica).

L'attività di ricerca è stata diretta ad investigare gli effetti dei processi di trasformazione a caldo sul profilo nutrizionale di alcuni prodotti agro-alimentari. In particolare, l'attenzione è rivolta alla applicazione di processi assistiti da microonde visto che nel settore alimentare le applicazioni di potenza (cioè per riscaldare) di radiazioni elettromagnetiche (comprese in una banda spettrale ben definita) sono tecnologie che rispondono ai requisiti di intensificazione e sostenibilità sopra citati.



Dida dida



### Aspetti fondamentali del riscaldamento a microonde e applicazioni

Le microonde sono onde elettromagnetiche con frequenza da 300 MHz a 1 THz, cui corrispondono lunghezze d'onda comprese tra 1 m (300 MHz) e 0,3 mm (1 THz). Le frequenze di uso più comune per riscaldare sono quelle di 915 e di 2450 MHz; quest'ultima è la frequenza a cui lavorano i comuni forni a microonde.

Come metodologia di riscaldamento, l'uso di microonde è dotato di alcune caratteristiche peculiari: rende possibili trattamenti con cinetiche veloci, selettive (riscaldano in maniera differenziale), e può coinvolgere l'intero volume dell'alimento da trattare (compatibilmente alle sue caratteristiche dielettriche e alla pezzatura). Ciò è possibile perché nei trattamenti a microonde la generazione di calore ha luogo direttamente nel materiale da riscaldare, per cui i trasporti conduttivi (diffusione del calore all'interno del materiale) e convettivi (che interessano materiali fluidi e l'ambiente di processo) di energia sono fenomeni consequenziali, in genere molto più lenti, alla fase di irraggiamento.

Naturalmente, la condizione necessaria affinché si abbia un'efficace azione riscaldante è la buona interazione tra il campo elettromagnetico applicato e il materiale da processare. Il calore dissipato dipende, di fatto, dalle proprietà dielettriche (esprese con la costante dielettrica e il fattore di perdita) dei materiali: queste proprietà esprimono l'intensità dell'interazione campo/materia. Le capacità dissipative dipendono dalla costituzione del materiale (composizione e struttura), dalla temperatura, dalla frequenza e dalla intensità del campo elettromagnetico applicato. Alle caratteristiche dielettriche dei materiali è strettamente legata la *profondità di penetrazione*. Questa costituisce un parametro di importanza basilare nella tecnologia del riscaldamento a microonde

in quanto è indice della distribuzione spaziale dei fenomeni dissipativi nei materiali irradiati (cioè l'entità dell'avanzamento di un campo elettromagnetico e quindi del riscaldamento del materiale che si sta irradiando).

Nella figura sono riportati i profili della permittività complessa relativi ai prodotti ortofruitticoli utilizzati nell'attività di ricerca. Come si può evincere, per naturale composizione (ricchezza in acqua, sali e zuccheri) tutte le matrici investigate esibiscono capacità dissipative intense. Tali proprietà rendono i prodotti ortofruitticoli particolarmente idonei ad essere processati via microonde. (Figura 1) Nel seguito sono sinteticamente descritti alcuni risultati selezionati dell'attività di ricerca svolta che evidenziano le potenzialità specifiche di trattamenti quali cottura, essiccamento e scottatura quando assistiti da microonde. In particolare è stata posta attenzione sul ruolo che i parametri di processo hanno sulla preservazione e sulla trasformazione di una classe di molecole aventi un ruolo biochimico rilevante nel metabolismo umano: gli antiossidanti. Le ricerche condotte sono motivate dal fatto che il quotidiano consumo di frutta e verdura ha azione preventiva per malattie croniche, cardiovascolari, cancro e diabete.

### Materiali e metodi

I processi investigati sono stati condotti su due prodotti ortofruitticoli: zucca e banane. I diversi trattamenti a microonde sono stati eseguiti utilizzando cavità multimodali (forni a microonde) di tipo commerciale o appositamente modificati per avere condizioni di esercizio opportunamente definite. I trattamenti basati sul trasporto di calore attraverso meccanismi convettivi (metodi tradizionali), condotti per avere dati di confronto, sono stati eseguiti in stufa e con l'ausilio di bagni termostatici. Durante la conduzione dei trattamenti sono state utilizzate le strumentazioni



Figura 1 - Profili della permittività complessa relativi ai prodotti ortofruitticoli utilizzati nell'attività di ricerca

necessarie ad acquisire le evoluzioni di diverse grandezze tra cui la storia termica (con l'ausilio di termometri a fibra ottica) e il contenuto di componenti specifici preventivamente definiti (attraverso tecniche spettrofotometriche e di cromatografia liquida ad elevata prestazione, HPLC).

I protocolli di trattamento sono stati, in particolare, così organizzati:

- I. selezione del processo da applicare (cottura, essiccamento, scottatura) alla matrice;
- II. selezione dei parametri operativi per i processi attuati a microonde (potenza, tempo, regime pulsato o continuo) e per via tradizionale (tempo, temperatura, mezzo di riscaldamento: aria calda, acqua bollente, vapore);
- III. caratterizzazioni pre-trattamento di tutti i campioni (peso, volume, proprietà dielettriche, composizione in contenuto acquoso e in contenuto di composti bio-attivi) con eventuale operazione di carotaggio per le matrici con pezzatura non omogenea e di grandi dimensioni (zucca);
- IV. conduzione del processo selezionato con monitoraggio della storia termica;
- V. caratterizzazioni post-trattamento di tutti i campioni (peso, volume, composizione in contenuto acquoso e in contenuto di composti bio-attivi);

### Risultati e discussione

Il processo di cottura è stato applicato a cilindretti di zucca appositamente preformati applicando diverse metodologie: la bollitura, la cottura a vapore (metodi convenzionali), la cottura a microonde. Le analisi condotte (monitoraggio del contenuto in carotenoidi) hanno dimostrato che durante i processi di cottura si assiste ad un graduale aumento dei livelli di carotenoidi disponibili rispetto ai campioni freschi relativamente alle condizioni di cottura e alla durata del processo. Sia l' $\alpha$  - che l'*all-trans*  $\beta$ -carotene



**I processi di disidratazione assistiti da microonde sono molto più veloci rispetto ai metodi tradizionali**



raddoppiano la loro concentrazione in campioni trattati per cottura in acqua bollente (tempo di cottura, t.c.: 5 minuti): in queste condizioni il calore trasmesso per convezione dall'ambiente di cottura permette il loro rilascio dalle membrane tilacoidali e l'isomerizzazione dell'*all-trans* in una forma, la struttura *cis*, meno stabile al calore, ma meglio assorbibile dal nostro organismo. In condizioni di cottura a vapore (t. c.: 8 minuti) i valori degli stessi componenti sono quasi paragonabili a quelli del campione fresco poiché le condizioni termiche meno drastiche (temperature di processo più basse) non inducono la distruzione delle membrane cellulari contenenti i carotenoidi (inibizione del rilascio extra-cellulare). La cottura a microonde, che avviene, a parità di volume, in tempi più ridotti (t.c.: 2 minuti) conduce a risultati con andamenti diversi. Influiscono sul rilascio e sul grado di isomerizzazione dei nutrienti sia la modalità di irraggiamento sia la potenza. A regime pulsato (cioè in condizioni di irraggiamento non continuo nel tempo) le concentrazioni di  $\alpha$  e *all-trans*  $\beta$ -carotene aumentano proporzionalmente alla potenza (da 300 a 750 W); a regime continuo (operativamente condotto alla massima potenza disponibile, 1000 W) si è ottenuta, invece la distruzione dei carotenoidi probabilmente anche a causa della denaturazione delle proteine della membrana tilacoidale. Quindi, condizioni di irraggiamento pulsate sembrano essere le condizioni ideali per il rilascio dei caroteni dalle membrane e per il processo di isomerizzazione, cioè per promuovere la formazione di molecole più "adatte" per l'assimilazione.

Campioni di banana sotto forma di dischetti sono stati sottoposti a processi di essiccamento e a processi di scottatura (o *blanching*). In questo lavoro è presentato l'impatto dei trattamenti di essiccamento convettivi e dielettrici (condotti fissando diverse temperature di esercizio: 80,

70 e 60°C) sulle cinetiche di essiccamento e sul contenuto in polifenoli (in particolare catechine: fitocomposti con proprietà antiossidanti). I processi di disidratazione assistiti da microonde hanno mostrato essere molto più veloci rispetto a quelli condotti in maniera convettiva: i tempi di essiccamento sono risultati quasi quattro volte minori e dunque una esposizione dei campioni al calore per tempi molto brevi. Il risultato netto di questa situazione si è tradotto nell'ottenimento di prodotti essiccati a diverso contenuto di polifenoli. Il monitoraggio post-trattamento di polifenoli ha evidenziato che i fattori tempo/temperatura e quindi le metodologie di fornitura del calore (via microonde o per convezione) hanno ripercussioni sui processi di liberazione/preservazione di questa classe di fotocomposti. Nell'essiccamento per via dielettrica si osserva che il contenuto in polifenoli si riduce lievemente nei campioni trattati a 60°C, rimane pressoché costante (pari cioè al contenuto nel prodotto fresco) nei campioni trattati a 70°C, aumenta nei campioni essiccati a 80°C. Per tutti i trattamenti di essiccamento per via convettiva (con aria calda), invece, si assiste sempre ad una diminuzione del contenuto in polifenoli. I risultati ottenuti sono stati interpretati attribuendo all'azione termica due effetti fondamentali: la rottura delle membrane cellulari, promossa in particolare dall'azione delle microonde e l'inattivazione degli enzimi polifenolossidasi. Il primo effetto permette la liberazione di un maggior quantitativo di

polifenoli; il secondo è dovuto al fatto che le microonde inattivano più rapidamente l'azione delle polifenolossidasi (PPO), enzimi coinvolti nel fenomeno dell'imbrunimento e della degradazione dei polifenoli. L'inibizione dell'attività enzimatica è una delle finalità dei trattamenti di scottatura (o *blanching*), trattamenti condotti per preservare alcune proprietà organolettiche soprattutto di prodotti agro-alimentari. Ricerche intraprese sulla conduzione di processi di *blanching* assistiti da microonde hanno mostrato che, ancora una volta, rispetto ai metodi più tradizionali (uso di correnti di vapore o acqua bollente), quelli dielettrici conducono a prodotti trattati con una maggiore disponibilità di componenti funzionali. Conducendo trattamenti di *blanching* di banane, in particolare, è stato osservato che l'uso di microonde a basse potenze (300-450W) consente di ottenere prodotti scottati con un contenuto in polifenoli maggiore rispetto al prodotto fresco e ai campioni scottati con il metodo più tradizionale dell'immersione in acqua bollente.

### Conclusioni

Gli aspetti tecnologici più interessanti che sono emersi dalla ricerca presentata possono essere sintetizzati in due punti fondamentali.

- L'uso di microonde per il trattamento di prodotti agro-alimentari è particolarmente efficace poiché questi essendo ottimi "assorbitori" di microonde sono rapidamente riscaldati (cinetiche di riscaldamento veloci e, quindi, processi intensificati) senza ricorrere all'ausilio di mezzi riscaldanti esterni (aria, acqua).
- L'efficacia del riscaldamento (il raggiungimento di alte temperature in tempi brevi) a microonde risponde alle caratteristiche di sostenibilità. L'azione termica indotta è, di fatto, duplice: concorre alla disorganizzazione di strutture cellulari e quindi al rilascio di sostanze utili altrimenti poco disponibili all'assimilazione e, nello stesso tempo, alla loro preservazione per la ridotta durata di esposizione al calore.

\*Dipartimento di Scienze Farmaceutiche  
(Facoltà di Farmacia dell'Università degli Studi di Salerno) [www.minerva.unisa.it](http://www.minerva.unisa.it)

### Bibliografia

- AVV (2005) *The microwave processing of foods*, Edited by Helmar Schubert - Marc Regier, CRC Press Cambridge England ISBN -13 978-1-85573-964-2
- A.A. Barba, M. d'Amore (2008). *Applicazioni delle microonde nel settore agroalimentare - Capitolo 10 del libro "Il riscaldamento a microonde. Principi ed Applicazioni"* Pitagora Editrice, Bologna (Italy) pp. 269-295 - ISBN9-788837-116996