

# SCUOLA PERMANENTE PER L'AGGIORNAMENTO DEGLI INSEGNANTI DI SCIENZE SPERIMENTALI



*Scuola Permanente per l'Aggiornamento  
degli Insegnanti di Scienze Sperimentali*

Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?

VI EDIZIONE



## *Nutrirsi di Scienza*

Hotel Tonnara  
Bonagia (TP)  
26 – 31 luglio 2012

A cura di

Michele A. Floriano  
Giovanni Magliarditi



**SPAIS** Scuola Permanente per l'Aggiornamento  
degli Insegnanti di Scienze Sperimentali  
Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?

**Contributi alla**

**Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali**

**VI edizione: "NUTRIRSI DI SCIENZA"**

**BONAGIA (TP), 26 – 31 LUGLIO 2012**

*A cura di:*

Michele A. Floriano

Giovanni Magliarditi

---

Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Numero speciale 4

Editor in Chief: Claudio Fazio – University of Palermo, Italy

Editorial Director: Benedetto di Paola - University of Palermo, Italy

ISBN: 978-88-907460-2-4

First edition, 30<sup>th</sup> October 2013

# SCUOLA PERMANENTE PER L'AGGIORNAMENTO DEGLI INSEGNANTI DI SCIENZE SPERIMENTALI



## NUTRIRSI DI SCIENZA

Bonagia (Tp)

26 – 31 luglio 2012

A cura di:

**Michele A. Floriano  
Giovanni Magliarditi**

*Atti della Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali  
"Nutrirsi di Scienza", Bonagia (Tp), 26-31 luglio 2012  
Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)", n. speciale 4, 2013*

## *Indice*

*Programma della Scuola*

6

*Prefazione*

di Michele Antonio Floriano e Anna Caronia

*Nutrirsi di Scienza*

7

Enrico Prenesti

*La persona al baricentro della terna alimenti-alimentazione-nutrizione*

9

Luigi Tranchina, Antonio Bartolotta, Maria Brai, Maria Cristina D'oca e Maurizio Marrale

*Impiego delle radiazioni ionizzanti per il trattamento degli alimenti a scopo conservativo*

16

Giacomo Dugo, Rossana Rando e Maria Rita Fede

*La chimica degli alimenti a difesa della salute del cittadino*

21

Maria Luisa Scatassa e Isabella Mancuso

*La tradizione e le grandi trasformazioni alimentari: gli alimenti fermentati (latte e yogurt), i formaggi e le loro peculiarità nutrizionali*

32

Roberto Corradini e Rosangela Marchelli

*Problemi attuali ed emergenti della sicurezza alimentare*

44

Valeria Guarrasi and Pier Luigi San Biagio

*Sensory analysis in food quality control: training experiments*

53

Giacomo Dugo e Nicola Cicero

*Il pesto alla trapanese: trionfo della dieta mediterranea*

56

Salvatore La Bella, Raffaele Leone e Teresa Tuttolomondo

*Suolo e alimentazione: dalla rivoluzione verde all'agricoltura blu*

62

Enrico Prenesti

*Gli integratori alimentari: legislazione, definizione e funzioni*

72

*Atti della Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali  
 "Nutrirsi di Scienza", Bonagia (Tp), 26-31 luglio 2012  
 Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)", n. speciale 4, 2013*

<p><b>Programma</b></p> <p>▶ giovedì 26</p> <p>ore 15:00 Registrazione</p> <p>ore 16:00 Saluti e apertura dei lavori</p> <p>ore 17:00 «Le applicazioni della ricerca scientifica nell'ambito delle correlazioni tra alimentazione e salute» Lucilla Titta Istituto Europeo di Oncologia, Milano</p> <p>ore 18:00 «Vini e territorio» Giovanni Giardina Istituto Regionale Vini e Oli di Sicilia</p> <p>▶ venerdì 27</p> <p>ore 9:00 «La persona al baricentro della terna alimenti-alimentazione-nutrizione» Enrico Prenesti Università degli studi di Torino</p> <p>ore 10:00 «Il contributo della genetica per la lotta alle avversità biotiche e abiotiche: gli alimenti transgenici» Fabrizio Vitale Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia "A. Mirri"</p> <p>ore 11:00 ~ intervallo</p> <p>ore 11:30 «Impiego delle radiazioni ionizzanti per il trattamento degli alimenti a scopo conservativo» Luigi Tranchina Università degli studi di Palermo</p> <p>ore 12:30 ~ dibattito</p> <p>ore 16:00 Visita Cantine FLORIO - Marsala</p> <p>▶ sabato 28</p> <p>ore 9:00 «La scelta dei grassi da condimento» Giacomo Dugo</p>	<p>Università degli studi di Messina</p> <p>ore 10:00 «Aree protette, prodotti tipici e sicurezza alimentare» Vincenzo Di Marco Lo Presti Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia "A. Mirri"</p> <p>ore 11:00 ~ intervallo</p> <p>ore 11:30 «La tradizione e le grandi trasformazioni alimentari: gli alimenti fermentati (latte e yogurt), i formaggi e le loro peculiarità nutrizionali» Maria Luisa Scatassa Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia "A. Mirri"</p> <p>ore 12:30 ~ dibattito</p> <p>ore 16:00 «I segreti molecolari della gastronomia» Roberto Corradini Università degli studi di Parma</p> <p>ore 17:00 «La qualità degli alimenti attraverso l'analisi sensoriale: i sensi in tavola» Valeria Guarrasi Istituto di Biofisica CNR Palermo</p> <p>▶ domenica 29</p> <p>ore 9:00 «Temi emergenti di sicurezza alimentare» Roberto Corradini Università degli studi di Parma</p> <p>ore 10:00 «Siamo quello di cui ci "nutriamo": dal mito e dalle credenze popolari alle evidenze scientifiche dell'epigenetica e nutraceutica» Fortunato A. Ascoti Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria</p> <p>ore 11:00 ~ intervallo</p> <p>ore 11:30 «I lipidi: non solo "grassi"» Sergio Rosselli Università degli studi di Palermo</p> <p>ore 12:30 ~ dibattito</p>	<p>▶ lunedì 30</p> <p>ore 9:00 «La contaminazione da plastificanti degli alimenti» Giacomo Dugo Università degli studi di Messina</p> <p>ore 10:00 «Suolo e alimentazione: dalla rivoluzione verde all'agricoltura blu» Salvatore La Bella Università degli studi di Palermo</p> <p>ore 11:00 ~ intervallo</p> <p>ore 11:30 «Gli integratori alimentari: legislazione, definizione e funzione» Enrico Prenesti Università degli studi di Torino</p> <p>ore 12:30 ~ dibattito</p> <p>ore 16:00 «Didattica per competenza» Ludovico De Padova Liceo Scientifico "Sante Simone" Coversano (BA)</p> <p>ore 17:00 Lavori di gruppo e discussioni</p> <p>▶ martedì 31</p> <p>▶ ore 9:00 Tavola Rotonda su «Disordini alimentari» «Ruolo dell'educatore nelle alterazioni del comportamento alimentare: Modelli culturali, sociali che possono compromettere gli equilibri metabolici in età scolastica» Claudia Bottino Ospedali Riuniti Villa Sofia Cervello «Insegnanti e prevenzione dei Disturbi Alimentari» Pepa Patti Istituto Tolman Coordina Maria Luisa Altomonte Direttore Generale USR Sicilia</p> <p>ore 11:00 ~ intervallo</p> <p>ore 11:30 Presentazione Poster</p> <p>ore 12:30 Chiusura</p>
--	---	---



## *Prefazione*

### **Nutrirsi di Scienza**

**Michele Antonio Floriano<sup>1,2</sup> e Anna Caronia<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Divisione Didattica della Società Chimica Italiana

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche", Università di Palermo

<sup>3</sup> I.S. "Ettore Majorana", Palermo

e-mail: michele.floriano@unipa.it; anna.caronia@tin.it

Sito web: [www.unipa.it/flor/spais.htm](http://www.unipa.it/flor/spais.htm)

L'alimento è una risorsa indispensabile alla vita degli organismi eterotrofi che viene prelevata dalla biosfera, dalla litosfera e dall'idrosfera. All'interno degli alimenti di origine animale, vegetale e minerale si ritrovano miriadi di sostanze classificate in svariate categorie, dai nutrienti agli antinutrienti ai non nutrienti e altre ancora. L'alimento di oggi, poi, subisce spesso operazioni tecnologiche di trasformazione artigianale o industriale prima di entrare in una catena di conservazione fino alle nostre dispense, cucine e tavole. Si comprende facilmente, quindi, come all'interno della maggior parte degli alimenti – tanto più in quelli radicalmente trasformati (attraverso complesse operazioni che includono cottura e confezionamento) – si possano ritrovare, al di là di quelle intrinsecamente caratterizzanti, svariate sostanze provenienti dall'ambiente di origine (contaminanti ambientali) o dalla filiera di produzione (ingredienti, additivi, contaminanti tecnologici). Il contatto dell'alimento con l'essere umano – che è tema di competenza della Scienza dell'Alimentazione e della Nutrizione – apre ulteriori spazi di dibattito, poiché entrano in gioco variabili a spiccata valenza individuale che vanno dalla tolleranza ai diversi significati psicologici attribuiti all'assunzione del cibo.

Produzione, trasferimento/conservazione, cottura e consumo degli alimenti costituiscono fasi di un pianeta che raccoglie una grandissima quantità di competenze e di responsabilità. Chi opera, a qualsiasi titolo, nel campo degli alimenti si assume importanti responsabilità per la consegna ai consumatori di prodotti salubri e nutrienti. Ai singoli consumatori, però, va la responsabilità della scelta di cosa mangiare e quanto mangiarne: in questa direzione è importante accrescere le conoscenze individuali dei principi essenziali delle Scienze degli Alimenti e dell'Alimentazione affinché ciascuno possa operare scelte funzionali alla propria salute in un'ottica di benessere e di prevenzione delle patologie correlate con l'alimentazione e lo stile di vita. Del resto, pur a fronte di abbondanza d'informazione e di alimenti, nella società occidentale non sono rari i casi di malnutrizione per eccesso (sovrappeso, obesità) o per difetto (carenze di micronutrienti quali oligoelementi e vitamine) e di uso improprio di alimenti (bulimia, anoressia, alcolismo, ecc.) che espongono a svariati tipi di patologie.

Questi temi – di evidente importanza per la gestione della salute individuale e collettiva – si prestano efficacemente ad approcci interdisciplinari di studio, dai quali emergono importanti aree di interazione fra molte discipline scientifiche. I contenuti della ricerca scientifica avanzata e dei principi di base della biologia, della medicina, della chimica, della fisica, della geologia, dell'agronomia, della psicologia e della sociologia convergono utilmente sull'alimento e sull'alimentazione per fornire strumenti avanzati di comprensione di fenomeni multidimensionali e in rapida evoluzione. A esperti di alcune delle discipline menzionate si è rivolta SPAIS 2012 per concretizzare uno spazio di aggiornamento e di riflessione per gli insegnanti che operano a contatto con organismi in crescita (che esprimono, quindi, bisogni articolati e differenziati) e che

sono costantemente sollecitati – a titolo professionale e personale – dagli stimoli di una società in rapido, quantunque non sempre armonico, cambiamento. Come in ogni edizione di SPAIS, alcuni dei pomeriggi sono stati dedicati a momenti di discussione e attività seminariale e di gruppo. In una di queste sessioni pomeridiane ci si è concentrati, facendo riferimento ai contenuti disciplinari trattati nelle relazioni mattutine, su aspetti metodologici legati alla valutazione per competenza. L'attività è stata realizzata attraverso la formazione di gruppi eterogenei, al fine di simulare un dipartimento di area scientifica e traendo spunti da articoli o esempi reali sono state elaborate la rubrica e la relativa prova tipica di una valutazione per competenza.

Siamo grati all'Ufficio Scolastico Regionale per la Sicilia, nella persona del suo Direttore Dr.ssa Maria Luisa Altomonte che condividendo i principi e gli obiettivi di SPAIS, continua ad offrire un generoso supporto che ha reso possibile anche la corrente edizione, accettando anche di coordinare la tavola rotonda conclusiva. Un sentito ringraziamento va, inoltre, all'Istituto Regionale Vini e Oli di Sicilia nella persona del suo Direttore Dott. Lucio Monte che ha voluto contribuire a speciali "momenti sperimentali" dedicati alla degustazione guidata di alcuni prodotti vinicoli della nostra Regione. Infine, siamo grati ai relatori che hanno consentito di rendere permanente il proprio contributo con la realizzazione di questi atti.



# La persona al baricentro della terna alimenti-alimentazione-nutrizione

**Enrico Prenesti**

Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Chimica, Via Pietro Giuria 7, 10125  
Torino, Italy

E-mail: enrico.prenesti@unito.it

**Sommario.** L'intervento si prefigge di portare elementi scientifici per accrescere le conoscenze sui principi essenziali della chimica degli alimenti in un'ottica di promozione della salute e di prevenzione delle patologie correlate con l'alimentazione. L'alimento come risorsa ambientale. La fruizione dell'alimento come risposta a bisogni individuali di ordine nutrizionale, sociale e psicologico. Partendo dalla definizione di alimento, alimentazione e nutrizione si esaminano le varie categorie di sostanze contenute negli alimenti – *nutrienti, anti-nutrienti, non nutrienti, sostanze neoformate, additivi e contaminanti*, – e le loro funzioni biochimiche principali al di là del mero apporto calorico.

## 1. Introduzione

Il termine *alimento* indica qualsiasi prodotto, naturale o trasformato, destinato a essere ingerito da esseri umani; l'alimento contiene nutrienti, non nutrienti, anti-nutrienti e altre sostanze aggiunte o neoformate nel corso della produzione, preparazione o trattamento.

L'*alimentazione* è la funzione che precede la nutrizione e consiste nell'assunzione di quei prodotti – gli alimenti – che consentono di garantire le funzioni vitali all'organismo.

La *nutrizione* è il complesso di operazioni biochimiche che consente la trasformazione dei nutrienti contenuti negli alimenti, dopo digestione e assorbimento, in sostanze proprie delle funzionalità dell'organismo.

Al di là della pura sopravvivenza, l'obiettivo fondamentale legato all'assunzione degli alimenti è quello di garantire il corretto mantenimento dell'*omeostasi*, che è la capacità degli organismi viventi di mantenere un equilibrio interno pur al variare delle condizioni esterne (Walter Cannon (1871-1945): «In termini molto semplici, l'omeostasi può essere intesa come quel processo del corpo rivolto a mantenere la necessaria stabilità del funzionamento organico affinché la vita e la salute possano continuare»). In un'ottica di valutazione dell'esistenza più ampia è, tuttavia, riduttivo riferire le funzioni degli alimenti esclusivamente ai bisogni del corpo. Gli alimenti, infatti, sono usati per rispondere a bisogni individuali di ordine nutrizionale, sociale e psicologico. In relazione a tutto ciò si può osservare che:

- gli alimenti variano con l'avvicendamento delle stagioni,
- l'alimentazione varia con il contesto sociale,
- l'alimentazione e il ritmo della respirazione si modificano in funzione dello stato d'animo, cioè dell'umore,
- l'umore segue l'andamento dei pensieri e delle emozioni.

I ruoli del cibo possono, pertanto, così essere identificati:

- *nutrizione*, significato *biologico*: crescita e rinnovo dell'organismo,
- *aggregazione*, significato *sociale*: convivio, ricreazione, intrattenimento, persuasione, conciliazione,

- *gratificazione*, significato *psicologico*: la compensazione, particolarmente legata ai c.d. «cibi di conforto».

Il temperamento e il carattere delle persone, allora, determinano – molto spesso al di là dei puri bisogni fisiologici dell'organismo – l'*orientamento alimentare* (negli alimenti sono contenute sostanze precursori di biomolecole che entrano nella regolazione dell'umore): ciò può comportare usi inappropriati e squilibrati degli alimenti con sviluppo di *comportamenti alimentari* che predispongono all'insorgenza di patologie (dal semplice sovrappeso, alle malattie metaboliche, alle allergie/intolleranze e oltre). Gli alimenti sono, quindi, *risorse* dell'ambiente che rispondono a precisi *bisogni* degli esseri umani. L'accesso a tali risorse, e le conseguenti modalità di fruizione, configurano scenari individuali e planetari d'impiego degli alimenti di grande importanza e interesse per stime inerenti le prospettive di salute e di benessere delle persone e della collettività.

## **2. Le categorie di sostanze contenute negli alimenti**

A scopo di studio si è cercata una via di conoscenza che consentisse di frazionare ogni alimento in famiglie di sostanze collegate da caratteristiche chimiche e biochimiche comuni, utili soprattutto per valutarne l'impatto sulla salute delle persone. In tal senso, gli alimenti sono considerati come miscele altamente complesse di sostanze. Negli alimenti d'uso corrente, infatti, non sono presenti unicamente sostanze nutrizionali; l'elenco delle sostanze presenti negli alimenti include:

- nutrienti,
- anti-nutrienti,
- non nutrienti,
- eventuali sostanze di neo-formazione legate a reazioni avvenute durante i processi di trasformazione dell'industria alimentare oppure dovute a degradazione naturale del prodotto,
- eventuali sostanze addizionate (additivi) agli alimenti trasformati,
- eventuali sostanze contaminanti.

I *principi nutrizionali* sono distinti in sei famiglie di sostanze (a parte l'acqua, che è soggetto molecolare unico del suo gruppo):

- proteine (o protidi),
- lipidi,
- glicidi (o glucidi o carboidrati o idrati di carbonio),
- vitamine,
- componenti minerali,
- acqua.

Protidi, lipidi e glicidi apportano calorie mentre gli altri principi nutrizionali non ne apportano. I principi nutrizionali sono sostanze indispensabili al funzionamento ordinario del metabolismo; rispetto alla loro funzione nell'organismo si suddividono in:

- *principi energetici*: forniscono energia per il mantenimento delle funzioni vitali e per le attività corporee ► glicidi, lipidi, protidi (circa 4, 9 e 4 kcal/g rispettivamente);
- *principi plastici*: forniscono sostanze plastiche per la crescita, il rimodellamento e la riparazione dei tessuti ► protidi, acqua, calcio;
- *principi protettivi-regolatori*: forniscono sostanze regolatrici (catalizzatori, mediatori chimici, ecc.) delle reazioni metaboliche ► componenti minerali e vitamine.

I principi nutritivi sono classificati in macronutrienti e micronutrienti in funzione della quantità che deve essere assunta giornalmente. L'insieme delle quantità di macro- e micronutrienti necessarie per mantenere lo

stato di salute è definito fabbisogno sostanziale. Quando l'apporto di questi nutrienti con la dieta non è adeguato si verificano delle situazioni di carenza che possono portare a malattie (malnutrizione). Anche l'apporto in eccesso di taluni nutrienti può ugualmente avere effetti negativi sulla salute.

**Proteine.** Le proteine sono costituenti macromolecolari fondamentali degli organismi viventi ed occupano una posizione fondamentale nell'architettura (*proteine strutturali*, per es. collagene) e nelle funzioni della materia vivente (*proteine funzionali*, per es. enzimi, ormoni, neuropeptidi, proteine vettrici di ioni metallici, proteine che agiscono da fattori di crescita, nelle vie coagulative e nella respirazione cellulare, ecc.). Sono sostanze composte da carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e zolfo. Nell'organismo umano le proteine rappresentano oltre il 50% dei componenti organici e circa il 14-18% (a seconda dell'età) del peso corporeo totale. Alcune proteine sono glicosilate (*glicoproteine*, per es. l'emoglobina), altre presentano legami con lipidi per rendere possibile il loro trasporto nel sangue (*lipoproteine*), altre ancora veicolano cationi metallici (*metallo-proteine* e *metallo-enzimi*, per es. catalasi, alcol deidrogenasi e ceruloplasmina).

**Glicidi.** I glicidi, denominati anche carboidrati o idrati di carbonio (la formula bruta del glucosio,  $C_6H_{12}O_6$ , può essere anche scritta come  $6 \cdot C \cdot H_2O$ , ciò che spiega i nomi antichi "idrati di carbonio" e "carboidrati"), sono sostanze ternarie composte da carbonio, idrogeno e ossigeno. Svolgono una funzione essenzialmente energetica, poiché forniscono all'organismo energia per le varie prestazioni funzionali. Sono molecole di pronto uso energetico per l'impiego nello sforzo a breve termine. In taluni organismi viventi i glicidi hanno anche una funzione plastica, poiché entrano nella costituzione di sostanze a funzione plastica (vegetali).

**Lipidi.** I lipidi comprendono una grande varietà di molecole, inclusi i grassi, accomunate dalla caratteristica di essere insolubili in acqua. I lipidi assolvono nell'organismo umano molte funzioni di carattere energetico (soprattutto i gliceridi) e metabolico (come i glicolipidi e i fosfolipidi). Sono molecole di riserva energetica (particolarmente i trigliceridi immagazzinati negli adipociti) o per l'impiego prevalentemente nello sforzo a lungo termine.

**Vitamine.** Sono sostanze micronutritive organiche strutturalmente eterogenee, necessarie in piccole quantità per le reazioni metaboliche, per l'accrescimento e per il normale livello di efficienza dell'organismo. Non forniscono direttamente energia. Le vitamine possono essere liposolubili (solubili nelle sostanze grasse e nei solventi) o idrosolubili (solubili in acqua). Alcune svolgono il ruolo di coenzimi. Le vitamine del gruppo o complesso B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9 e B12) svolgono un'azione pro-energetica, poiché intervengono come cofattori di enzimi coinvolti nel metabolismo energetico.

**Componenti minerali.** I componenti minerali sono sostanze micronutritive inorganiche che non forniscono direttamente energia ma la loro presenza è necessaria affinché possano avvenire reazioni con liberazione di energia. Alcuni sono fattori co-enzimatici e cooperano al mantenimento delle strutture delle proteine (metallo-proteine). Alcuni componenti minerali hanno funzione plastica (il calcio in particolare).

**Acqua.** Il 60% circa del peso corporeo dell'adulto è costituito da acqua. Questa percentuale è superiore nell'infanzia (circa 80%) e diminuisce con l'avanzare dell'età e con l'aumento dei depositi adiposi. L'acqua è il solvente fondamentale per tutti i prodotti della digestione (diluisce le sostanze ingerite per via orale), regola il volume cellulare (funzione plastica) e la temperatura corporea, è essenziale per eliminare dall'organismo tutte le scorie metaboliche (funzione detossificante) e permette il trasporto dei nutrienti dall'assorbimento intestinale fino all'assimilazione cellulare.

### 3. L'essenzialità dei nutrienti

Potenzialità e limiti del metabolismo umano possono essere evidenziati dal concetto di *essenzialità dei nutrienti*, che è una condizione che esprime la dipendenza dell'organismo umano da talune sostanze; essa può essere intesa in due modi:

- secondo il punto di vista *biochimico* una sostanza è essenziale se non è ricavabile dall'organismo mediante biosintesi,
- secondo il punto di vista *nutrizionale* una sostanza è essenziale se non è ricavabile dalla biosintesi in quantità sufficiente per garantire la salute.

Dal punto di vista *biochimico* sono ritenuti essenziali:

- 8 *amminoacidi c.d. essenziali* (che possono diventare 10 in talune situazioni);
- 2 acidi grassi polinsaturi – l'acido linoleico (un acido grasso della serie  $\omega 6$ ) e l'acido  $\alpha$ -linolenico (un acido grasso della serie  $\omega 3$ ) – definiti *acidi grassi essenziali* e precursori (capofila) di due serie di sostanze lipidiche bioattive formate da altri acidi grassi (allungati e desaturati rispetto ai capofila) e da altre sostanze ad azione simil-ormonale derivate per ciclizzazione e denominate *eicosanoidi*;
- le *vitamine idrosolubili* (gruppo B e vitamina C) e *liposolubili* (vitamine A, D, E, K),
- numerosi *componenti minerali* (suddivisi in *macroelementi* e in *oligoelementi* o *microelementi*),
- l'*acqua*.

I glicidi non sono considerati nutrienti essenziali, poiché il glucosio può essere biosintetizzato (gluconeogenesi) da altre molecole non saccaridiche (amminoacidi, glicerolo e acido lattico). L'organismo, tuttavia, ha bisogno di una certa quantità di glicidi a scopo energetico. Si calcola che la quantità minima di glicidi da introdurre sia di 100 grammi/die. I glicidi alimentari (semplici e complessi) sono prima trasformati in  $\alpha$ -glucosio e poi utilizzati. In caso di carenza, anche amminoacidi e lipidi sono usati per scopi energetici. Alcuni polisaccaridi hanno anche funzioni metaboliche (es. eparina).

#### **4. L'energia dei nutrienti**

L'organismo può ricavare energia dall'utilizzazione di composti già presenti nelle cellule (fonte endogena) e da componenti presenti negli alimenti (fonte esogena). L'energia è necessaria per ogni tipo di attività nel nostro organismo, infatti consumiamo energia sia quando siamo a riposo sia quando siamo impegnati in uno sforzo muscolare. L'unica forma di energia che le cellule dell'organismo umano possono utilizzare è quella chimica, e in particolare quella contenuta nei legami chimici carbonio – carbonio e carbonio – idrogeno presenti in proteine, glicidi e lipidi, che sono denominati *principi alimentari energetici*. L'attività delle sostanze contenute negli alimenti non si limita, però, all'apporto calorico dei macronutrienti: essa risulta dal complesso e articolato processo metabolico che va dall'apporto fino alla escrezione delle scorie e riguarda anche i micronutrienti. Le semplici categorie binarie di classificazione quali:

- glicidi semplici/complessi,
- acidi grassi saturi/insaturi,
- alimenti animali/vegetali,
- vitamine idrosolubili/liposolubili,

sono, infatti, insufficienti e spesso inadeguate per rendere approfonditamente conto della reale attività di singole sostanze nell'organismo e appartengono, ormai, a un passato scientifico obsoleto, quantunque resistente al rinnovamento.

#### **5. Le sostanze anti-nutrizionali**

Sono sostanze che impediscono o ostacolano l'assorbimento di specifici componenti degli alimenti o, comunque, interferiscono con la loro corretta azione fisiologica. Le sostanze anti-nutrizionali causano una minore disponibilità o una perdita supplementare di nutrienti indispensabili.

Le sostanze anti-nutrizionali, secondo la loro natura chimica e le loro proprietà biochimiche, possono manifestare la loro *attività* a diversi stadi:

- durante l'*ingestione*, per esempio, quando si tratta di enzimi liberati con la masticazione, che distruggono certi nutrienti;
- durante la *digestione*, quando queste sostanze inibiscono le idrolisi digestive;
- durante il *metabolismo*, quando la loro detossificazione provoca una perdita di molecole endogene.

Da un punto di vista nutrizionale, le sostanze anti-nutrizionali di origine naturale sono classificate in funzione del tipo di nutrienti con i quali interferiscono. Si distinguono così:

- sostanze che influenzano l'utilizzazione digestiva o metabolica delle proteine o dei carboidrati, cioè inibitori di enzimi;
- sostanze che interferiscono con l'assimilazione di componenti minerali;
- sostanze che inattivano le vitamine o ne aumentano il fabbisogno.

Esempi importanti sono:

- gli anioni decalcificanti ossalato, tannato, idrogenofosfato o diidrogenofosfato e fitato, anti-nutrienti per taluni ioni metallici (quali calcio e ferro),
- l'avidina (una proteina dell'uovo), anti-nutriente per la vitamina B8 (biotina),
- i glucosinolati, tioglucosidi antitiroidei contenuti nelle crucifere (cavolfiore, broccolo, ecc.).

## **6. Le sostanze non nutrizionali**

Gli alimenti contengono migliaia di *principi extra-nutrizionali* (a titolo di esempio, nella cipolla ne sono stati trovati finora 150, nel vino oltre 600), attivi biologicamente, in grado di influenzare la biochimica e, quindi, la fisiologia e la patologia dell'uomo. La stragrande maggioranza di queste sostanze bioattive non nutrizionali è di origine *vegetale*; per questa ragione sono generalmente denominate *sostanze fitochimiche*. Molte sostanze non nutrizionali contenute negli alimenti risultano dotate di proprietà bioattive (lievi o intense). In qualche caso tali proprietà sono anche sfruttate per scopi *farmacologici*: si tratta di sostanze isolate dall'alimento e concentrate in un farmaco o in un integratore alimentare. L'acido salicilico (poi trasformato chimicamente in acido acetilsalicilico, il principio attivo dell'aspirina), contenuto, per esempio, nelle ciliegie, è un comune esempio di quanto spiegato. Esempi:

- fibra alimentare (ha funzione alimentare ma non nutrizionale),
- metilxantine (caffeina, teofillina e teobromina): alcaloidi degli alimenti nervini,
- fitoestrogeni (sostanze vegetali con attività estrogena e calcio-fissatrice),
- terpeni (esempio: limonene del limone),
- solfuri organici (solfuro di allile e altre molecole derivate dell'aglio),
- polifenoli (ubiquitari nei vegetali e dotati di proprietà antiossidanti, flebotoniche, antivirali e altre ancora).

## **7. Le sostanze di neoformazione**

Sul fronte della neoformazione, dovuta prevalentemente a *processi di trasformazione industriale* degli alimenti, un esempio evidente si ha con il latte UHT (*Ultra High Temperature*, un trattamento termico di lunga conservazione): le elevate temperature di sterilizzazione del latte (circa 120 °C) possono provocare l'alterazione di alcuni suoi componenti, in particolare:

- la reazione tra lattosio e proteine (reazione di Maillard) porta alla formazione di melanine che comportano un imbrunimento del prodotto,
- le proteine del siero liberano gruppi solfidrilici (-SH) che conferiscono gusto di cotto,
- si degradano alcuni amminoacidi (lisina, metionina, alanina, valina, cisteina) delle proteine del siero,
- avviene la modificazione delle vitamine più termolabili (vitamina C e alcune del gruppo B).

Sul fronte, invece, della neoformazione dovuta a *degradazione naturale* si può segnalare lo sviluppo di perossidi lipidici (conseguente a esposizione prolungata alla luce, per esempio) negli oli a elevato grado di insaturazione (quali olio di mais, di riso, di lino e di girasole ricchi di acidi grassi polinsaturi).

La termo-degradazione del corredo vitaminico con la *cottura* è anche riferibile al processo di neoformazione (in questo caso è responsabile la stessa trasformazione domestica di cottura del cibo: per esempio, l'acido L-ascorbico della frutta si trasforma in acido deidroascorbico).

## **8. Le sostanze contaminanti**

Tra le sostanze extra-nutrizionali si devono segnalare anche le sostanze contaminanti, distinte in quelle:

- provenienti da contaminazioni *ambientali* (es. ioni Hg, Pb e Cd, diossine, policlorobifenili, idrocarburi, ftalati, ecc.),
- provenienti da contaminazioni *microbiche* di flora indigena del prodotto (es. la tossina botulinica del pesce) e/o di flora accidentale (es. la tossina stafilococcica del pesce),
- *connaturate con il prodotto*, cioè caratteristiche della sua propria biochimica (es. a) la tetrodotossina del pesce palla, b) la solanina della patata),
- riferibili ad *azioni fraudolente* (es. l'aggiunta di metanolo al vino),
- riferibili a *rilascio accidentale* dal contenitore (es. PET (Poli-Etilen-Tereftalati), ioni metallici).

## **9. Le sostanze addizionate**

Dal punto di vista legale sono considerati *additivi alimentari* quelle sostanze, normalmente non consumate come alimento in quanto tale e non utilizzate come ingredienti tipici degli alimenti, aggiunte intenzionalmente ai prodotti alimentari per un fine tecnologico nelle fasi di produzione, trasformazione, preparazione, trattamento, imballaggio, trasporto o immagazzinaggio. La moderna industria alimentare non può fare a meno degli additivi: infatti, per la lavorazione, per la stabilità e per la durata la maggioranza dei prodotti alimentari ha bisogno dell'azione di queste sostanze.

L'elenco delle categorie di sostanze ammesse all'impiego come *additivi alimentari* da varie disposizioni legislative è lunghissimo; le categorie principali di additivi sono:

- conservanti, edulcoranti, coloranti, esalatori di sapidità, emulsionanti, addensanti, acidificanti, gelificanti, stabilizzanti, antiagglomeranti, antischiomogeni, ecc..

Sono davvero pochi, invece, gli alimenti per i quali è prescritto il divieto di aggiunta di coadiuvanti tecnologici; i più importanti e diffusi sono:

- olio extravergine d'oliva, latte fresco pastorizzato, miele, saccarosio.

## **10. Conclusioni**

Ferma restando la responsabilità individuale nella scelta degli alimenti e del regime alimentare, un *alimento ideale* per la nutrizione umana dovrebbe essere:

- appetibile,
- saziante (ricco di acqua e di fibra alimentare),
- salubre (dotato del giusto contenuto di nutrienti caratteristici e privo di corpi, sostanze e organismi nocivi),
- economico.

Una scelta salutistica degli *alimenti* dovrebbe comprendere valutazioni riguardanti:

- la stagionalità,
- la freschezza,
- la provenienza da filiera corta.



Una scelta salutistica del *regime alimentare* dovrebbe comprendere valutazioni riguardanti:

- la *varietà* di assunzione degli alimenti nella giornata e nella settimana,
- l'assunzione generalmente *moderata* degli alimenti (soprattutto: a) degli alimenti che provocano un grande rialzo glicemico, cioè ricchi di nutrienti insulinogenici, e b) e degli alimenti provenienti da procedure di concentrazione dei nutrienti come i formaggi o il burro),
- la composizione di una dieta che privilegia alla base l'assunzione di *alimenti di origine vegetale* (ricchi di sostanze regolatrici e protettrici),
- la composizione di una dieta che privilegia, laddove possibile, l'assunzione di *ortaggi freschi e crudi*,
- la composizione di una dieta che privilegia l'assunzione di *cereali integrali* (assunti come tali in chicchi o come prodotti ottenuti da sfarinati).

### **Bibliografia**

- V. Vannucchi, P. Cappelli (2005). *Chimica degli alimenti*. Bologna: Zanichelli.  
T. Coultate (2005). *La chimica degli alimenti*. Bologna: Zanichelli.  
P. Cabras, A. Martelli (2004). *Chimica degli alimenti*. Padova: Piccin.  
G. Arienti (2003). *Le basi molecolari della nutrizione*. Padova: Piccin.

## **Impiego delle radiazioni ionizzanti per il trattamento degli alimenti a scopo conservativo**

**Luigi Tranchina<sup>(1)\*</sup>, Antonio Bartolotta<sup>(2)</sup>, Maria Brai<sup>(3)</sup>, Maria Cristina D'oca<sup>(2)</sup> e Maurizio Marrale<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Università degli Studi di Palermo, Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative (Uni-NetLab), Viale delle Scienze Ed. 18, 90128 Palermo

<sup>(2)</sup> Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche, Via Archirafi 32, 90136 Palermo

<sup>(3)</sup> Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Fisica e Chimica, Viale delle Scienze Ed. 18, 90128 Palermo

\* E-mail: luigi.tranchina@unipa.it

**Sommario.** Il trattamento a scopo conservativo degli alimenti tramite radiazioni ionizzanti prevede l'uso di dosi non superiori a 10 kGy, in grado di ridurre la flora microbica iniziale, inibire la germogliazione, aumentando così il grado di conservazione e di sicurezza dell'alimento. In Italia tale trattamento è applicabile solo ad aglio, cipolla, patata e spezie, ma si ritiene che possano essere introdotti nel mercato alimenti irradiati, provenienti da paesi in cui possono essere irradiate numerose tipologie di alimenti. Per tale ragione il D.L.vo n. 94 del 30.01.01, prescrive che tutti gli alimenti irradiati immessi sul mercato debbano riportare in etichetta la dicitura "irradiato" e che le autorità sanitarie debbano effettuare controlli sui prodotti in fase di commercializzazione. A tale scopo il Comitato Europeo di Normalizzazione ha emanato dei protocolli per l'utilizzo di metodi di identificazione di alimenti irradiati, distinti in metodi Fisici, Chimici e Biologici. Fra le tecniche di identificazione di tipo fisico, la Risonanza di Spin Elettronico (ESR) può essere applicata ad alimenti contenenti ossa, cellulosa e zuccheri, nei quali la radiazione produce radicali liberi stabili; la termoluminescenza (TL) ad alimenti contenenti silicati come contaminanti. Tra le procedure chimiche, la Gas Cromatografia accoppiata alla Spettrometria di Massa (GC/MS) trova vasta applicazione sugli alimenti carnei, per rilevare i 2-alchilciclobutanoni, derivati dagli acidi grassi a seguito dell'irraggiamento.

Le problematiche e le soluzioni legate alla conservazione degli alimenti hanno accompagnato, nel tempo, l'evoluzione del genere umano.

Come tutte le altre metodiche sviluppate per la conservazione di alimenti, anche l'irraggiamento con radiazioni ionizzanti ha lo scopo di promuovere la sicurezza e la qualità igienica degli alimenti, aumentandone la durabilità.

Il processo consiste nel sottoporre l'alimento a quantità ben definite di radiazioni ionizzanti con l'obiettivo di inattivare il materiale genetico delle cellule microbiche inibendone la suddivisione, e per alterare l'attività degli enzimi degradativi presenti negli alimenti rallentandone il deterioramento.

L'irraggiamento trova quindi applicazione nell'inibizione della germogliazione dei tuberi e dei bulbi, nella riduzione della carica microbica di batteri saprofiti in carni, pollame e pesci freschi, nella inattivazione dei batteri patogeni in prodotti deperibili e in alimenti congelati, nella inattivazione degli insetti infestanti, inclusi gli stati larvali, e i parassiti.

La dose assorbita, unità di misura Gray (Gy), è il rapporto tra la quantità di energia ceduta dalla radiazione (espressa in Joule) e la massa del materiale sottoposto ad irraggiamento (espressa in chilogrammi). Le sorgenti ammesse per l'irraggiamento di alimenti sono: i raggi gamma emessi dai nuclidi radioattivi <sup>60</sup>Co e

<sup>137</sup>Cs; i raggi X con energia inferiore ai 5 MeV prodotti da macchine radiogene; elettroni con energia inferiore ai 10 MeV.

Le dosi utilizzate per l'irraggiamento sono soggette a variazioni in funzione della tipologia di alimento e del tipo di effetto che si vuole ottenere. Possiamo, quindi, suddividere tali dosi in: dosi basse (< 1 kGy), dosi medie (< 10 kGy), e dosi alte (> 10 kGy). Le basse dosi sono generalmente utilizzate quando si vuole inibire la germogliazione di bulbi quali aglio e cipolla, o tuberi quali le patate, altri effetti ottenibili con le basse dosi sono quelli della disinfezione e disinfestazione di ortaggi, verdure e carni fresche, il ritardo nella maturazione di frutta e verdura, e l'abbattimento della carica microbica in carni fresche. Le medie dosi consentono invece di ottenere effetti quali l'eliminazione di batteri saprofiti e patogeni del genere *Salmonella e Listeria* negli alimenti di origine animale, nonché ottenere una sterilizzazione di erbe aromatiche e spezie. Le alte dosi si utilizzano nel trattamento di alimenti per ottenerne una completa sterilizzazione, e per destinarli all'alimentazione, ad esempio, di pazienti immunodepressi.

Il pollame, rappresenta circa il 50% tra gli alimenti trattati con radiazioni ionizzanti nell'Eurozona, seguito dalle erbe aromatiche e spezie (circa il 30%). Le cosce di rana rappresentano circa il 10% del totale di alimenti irradiati [1].

Poiché le energie delle radiazioni ionizzanti utilizzate nei trattamenti sono relativamente basse, queste non sono in grado di produrre, negli alimenti irradiati, radioattività indotta. Comunque, così come accade per tutti gli alimenti, sottoposti a trattamenti a scopo conservativo, anche negli alimenti irradiati si osservano variazioni chimiche composizionali, nel caso specifico, dipendenti dalla dose impiegata e dalla tipologia di alimento sottoposto al trattamento.

La International Organization of Consumers Unions (IOCU) ha richiesto all'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), che fosse fatta chiarezza sugli effetti prodotti dal trattamento di alimenti con radiazioni ionizzanti. In particolare sono stati richiesti studi concernenti: gli effetti dei trattamenti con radiazioni ionizzanti, sui materiali di confezionamento; studi chimici, nutrizionali e tossicologici sugli alimenti irradiati; stesura di linee guida per l'identificazione di alimenti sottoposti ad irraggiamento. Dopo anni di studi e ricerche, nel 1981 una nota congiunta di FAO-IAEA-WHO (Food and Agriculture Organization, International Atomic Energy Agency, World Health Organization) arriva alla conclusione che le derrate alimentari, sottoposte ad irraggiamento con dosi inferiori ai 10 kGy, non presentano problemi di natura nutrizionale, tossicologica e microbiologica.

Con l'intento di disciplinare, armonizzandole, le normative e i controlli sugli alimenti irradiati degli Stati Membri della Comunità Europea, vengono emanate le Direttive 1999/2/CE e 1999/3/CE [2-3] le quali vengono recepite in seguito dagli Stati Membri.

Il DL.vo 30 gennaio 2001, n. 94 [4] contiene il recepimento delle direttive quadro 1999/2/CE e 1999/3/CE. Tali direttive stabiliscono, a maggior tutela della libera scelta del consumatore e per facilitare la circolazione degli alimenti tra gli Stati appartenenti alla CE, che tutti gli alimenti e/o ingredienti che vengono sottoposti al trattamento con radiazioni ionizzanti, debbano riportare in etichetta la dicitura "irradiato" e che ogni stato membro debba effettuare controlli sugli alimenti presenti sul mercato al fine di individuare la correttezza dell'etichettatura.

## **2. Normativa vigente**

Il trattamento con radiazioni ionizzanti e la commercializzazione degli alimenti irradiati sono attualmente disciplinati dal DL.vo 30 gennaio 2001, n. 94 che dà attuazione alle direttive comunitarie 1999/2/CE e 1999/3/CE relative al riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri.

La normativa stabilisce il campo di applicazione, le finalità e le condizioni del trattamento, ivi comprese le sorgenti di radiazioni che possono essere utilizzate per il trattamento, le procedure per calcolare la dose globale media assorbita dall'alimento durante il trattamento e i requisiti igienici dei prodotti alimentari da sottoporre al trattamento stesso. La normativa stabilisce anche che solo in impianti muniti di autorizzazione è consentito il trattamento dei prodotti con radiazioni ionizzanti. Le direttive comunitarie hanno inoltre previsto l'adozione di una lista positiva di prodotti che possono essere trattati con radiazioni ionizzanti.

Attualmente tale lista comprende una sola categoria di prodotti: le erbe, le spezie e i condimenti vegetali alla dose massima di 10 kGy. In attesa che a livello comunitario vengano inserite altre tipologie alimentari, la direttiva prevede che ogni stato membro possa mantenere le autorizzazioni nazionali vigenti, purché

l'irradiazione e l'immissione sul mercato siano effettuate in conformità alle disposizioni dettate dalla direttiva.

In particolare in Italia oltre alle erbe aromatiche e spezie, autorizzate con il Decreto Ministeriale del 18 luglio 1996, è consentito il trattamento a scopo antigermogliativo di patate, cipolle ed agli (DM 30 agosto 1973).

La lista degli alimenti che sono stati autorizzati negli altri stati membri è riportata nell'Elenco delle autorizzazioni degli Stati membri relative agli alimenti e ai loro ingredienti che possono essere trattati con radiazioni ionizzanti.

La normativa vigente stabilisce inoltre che i prodotti trattati con radiazioni ionizzanti devono riportare in etichetta la dicitura "irradiato" con l'indicazione della denominazione e dell'indirizzo dell'impianto che ha effettuato l'irradiazione oppure il suo numero di riferimento.

Poiché la tutela e libera scelta del consumatore sono i principi sui quali la normativa si fonda, le direttive comunitarie ribadiscono l'importanza dei controlli ufficiali che tutti gli Stati membri devono effettuare sui prodotti in fase di commercializzazione. Questi controlli hanno lo scopo di identificare un alimento come irradiato o non irradiato permettendo così la verifica della corrispondenza dell'etichetta alla normativa vigente.

### **3. Metodi di analisi**

La disponibilità di metodi atti ad identificare gli alimenti irradiati è un requisito richiesto da molti paesi per l'autorizzazione all'irraggiamento. Tali metodi devono offrire la possibilità di verificare inequivocabilmente se un alimento sia stato trattato o meno con radiazioni ionizzanti e devono poter essere applicati sull'alimento in fase di commercializzazione. L'applicazione di tali metodi rappresenta uno strumento essenziale per verificare la corretta etichettatura, per controllare gli scambi commerciali e per informare i consumatori e le aziende.

Le ricerche sui metodi di identificazione degli alimenti irradiati, condotte negli ultimi dieci anni, hanno portato fino ad ora all'emanazione da parte del CEN (Comitato di Normazione Europeo), di un numero sufficiente di metodi certificati [1].

Allo stato attuale non esiste nessun metodo generale applicabile a tutti i tipi di alimenti irradiati, ma metodiche specifiche per matrici alimentari diverse.

Inoltre i metodi finora standardizzati sono di tipo qualitativo; i controlli sulla corretta applicazione delle dosi consentite sono parte della verifica delle buone pratiche di irraggiamento degli impianti, durante la quale vengono fatti controlli di dosimetria dai quali si può risalire direttamente alla dose applicata. Attualmente l'attività di ricerca in tale settore è finalizzata anche alla verifica dell'applicabilità di alcuni dei metodi di identificazione per una valutazione quantitativa attraverso la quale è possibile risalire alla dose di trattamento. I metodi che si prestano di più a questo tipo di analisi sono quelli basati su misure strumentali di termoluminescenza, di quantificazione di derivati organici derivanti dall'irraggiamento dell'alimento mediante GC-MS e di quantificazione di specie radicali che prodotte nell'alimento dall'irraggiamento mediante risonanza di spin elettronico.

Di seguito viene riportato l'elenco dei metodi attualmente disponibili suddivisi in metodi di screening e metodi di conferma. I metodi di screening offrono il vantaggio di essere semplici, rapidi e poco costosi e sono utilizzati generalmente dai laboratori deputati alle analisi di prima istanza. I metodi di conferma, più complessi, attualmente sono utilizzati per la conferma di campioni risultati positivi nei piani di monitoraggio attuati.

#### *3.1. Metodi di screening*

- **EN 13783:2001** Prevede la conta diretta su filtro in epifluorescenza e conta in piastra ed è applicabile ad erbe e spezie. Il metodo si basa sul confronto del conteggio APC (conta batterica delle colonie in piastra) con quello DEFT (conta diretta su filtro con microscopio a epifluorescenza). L'APC dà il numero di microrganismi vivi nel campione, mentre il DEFT indica il numero totale di microrganismi, comprese le cellule non vitali, presenti nel campione. Se il campione ha una conta DEFT più alta di quella ottenuta con APC si può affermare con ragionevole sicurezza che il campione è stato trattato [5].

- **EN 13784:2001** Descrive le corrette procedure per effettuare il DNA comet assay, ed è applicabile a diverse tipologie di carni, semi, frutta secca e spezie. In un alimento trattato con radiazioni ionizzanti vengono indotte rotture singole e doppie della catena del DNA che possono essere studiate con l'elettroforesi in mi-

crogel di singole cellule o di nuclei. Durante l'elettroforesi i frammenti di DNA migrano verso l'anodo formando una coda caratteristica, che ricorda quella di una cometa, in cui la testa rappresenta la porzione di DNA integro e la coda i frammenti [6].

- **EN 14569:2004** prevede l'esecuzione di LAL test e della conta dei gram negativi, ed è applicabile a carne di pollo. Permette l'identificazione di un profilo microbiologico inusuale di carne di pollo; la presenza di una vasta popolazione di microrganismi non vitali in eccesso può, in alcuni casi, essere indice del trattamento radiante; ciò significa che i risultati della procedura di determinazione della concentrazione di endotossina nel campione di prova utilizzando il lisato di *Amoebocyta Limulus* (LAL) e della procedura di conta di batteri Gram negativi (GNB) nel campione in esame non è radiospecifico. Il metodo determina il numero di batteri gram negativi vivi nel campione test e la concentrazione di endotossine batteriche presenti sulla superficie dei batteri gram negativi; lipopolisaccaridi stimano il valore globale di batteri gram negativi sia vivi che morti. Se la differenza è elevata vi è una forte indicazione che il campione sia stato trattato [7].

*Metodi di conferma: metodi chimici*

- **EN 1784:2003** Prevede misure eseguite in Gascromatografia per la quantificazione di alcuni idrocarburi, ed è applicabile a pollo, maiale e manzo, camembert, avocado, papaya e mango. Si basa sul principio che, in seguito ad irraggiamento tendono a formarsi due tipologie di composti organici, derivanti dagli acidi grassi contenuti negli alimenti in oggetto. Questa classe di composti contiene: idrocarburi con un atomo di carbonio in meno e lo stesso numero di insaturazioni dell'acido grasso da cui deriva ( $C_{(n-1)}$ ); idrocarburi con due atomi di carbonio in meno ed una insaturazione in più rispetto all'acido grasso da cui deriva ( $C_{(n-2;1)}$ ). Il metodo è validato per dosi  $> 0.5$  kGy sulle carni crude e camembert, e  $> 0.3$  kGy per avocado, papaya e mango freschi. Infatti dosi inferiori a quelle sopra riportate producono la formazione di piccolissime quantità di derivati  $C_{(n-1)}$  e  $C_{(n-2;1)}$  e tali quantità possono essere inferiori ai limiti di rilevabilità strumentali [8].

- **EN 1785:2003** Prevede misure eseguite in gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa per la quantificazione dei 2-alchilciclobutanoni, ed è applicabile a pollo e maiale, uova. Durante l'irraggiamento, infatti, l'ossigeno acilico dei trigliceridi può essere scisso, dando luogo alla formazione di 2-alchilciclobutanoni che avranno una struttura derivante dall'acido grasso progenitore. Poiché, tali composti non sono mai stati isolati in alimenti non irradiati, anche se sottoposti ad altri processi conservativi, tale metodo risulta particolarmente selettivo nel identificare alimenti irradiati. Il metodo è validato per dosi  $> 0.5$  kGy per la carne cruda di pollo; e per dosi  $> 1$  kGy per carne cruda di maiale ed uovo liquido [9].

### *3.2. Metodi di conferma: metodi fisici*

- **EN 1786:1996** Si basa sulla quantificazione di specie radicaliche derivanti dall'irraggiamento dell'idrossiapatite costituente il tessuto osseo di pollo, manzo, e trote mediante risonanza di spin elettronico [10].

- **EN 1787:2000** Si basa sulla quantificazione di specie radicaliche derivanti dall'irraggiamento della cellulosa contenuta in pistacchi, paprika, fragole mediante risonanza di spin elettronico [11].

- **EN 13708:2001** Si basa sulla quantificazione di specie radicaliche derivanti dall'irraggiamento degli zuccheri contenuti in mango, papaia, uvetta essiccati, mediante risonanza di spin elettronico [12].

- **EN 1788:2001** Si basa sull'esecuzione di misure di termoluminescenza, ed è applicabile a erbe, spezie, gamberetti, patate, frutta e vegetali. Il principio su cui questa metodica si fonda è che dall'interazione tra radiazione ionizzante e cristalli di quarzo un certo numero di elettroni, in numero proporzionale alla dose assorbita dal materiale quarzoso, vengono intrappolati in livelli energetici metastabili eccitati, la loro liberazione, stimolata mediante riscaldamento, produce un segnale luminoso di intensità proporzionale al numero di elettroni liberati [13].

- **EN 13751:2002** Si basa sull'esecuzione di misure di luminescenza stimolata otticamente, ed è applicabile a erbe, spezie, molluschi e crostacei. Il principio fisico è del tutto simile a quello descritto per la termoluminescenza, con la differenza, che in questo caso la liberazione degli elettroni dalle trappole energetiche avviene grazie a stimolazione ottica [14].

## **Bibliografia**

- [1] Boniglia C., Onori S., and Sapora O. (2004). Il trattamento degli alimenti con radiazioni ionizzanti. Rapporti ISTISAN 04/21, pp. 112. ISSN 1123-3117.
- [2] Direttiva 1999/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 febbraio 1999 relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti gli alimenti e i loro ingredienti trattati con radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee n. L 66/16 del 13.3.1999.
- [3] Direttiva 1999/3/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 febbraio 1999 che stabilisce un elenco comunitario degli alimenti e i loro ingredienti trattati con radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee n. L 66/24 del 13.3.1999.
- [4] Italia. Decreto legislativo 30 gennaio 2001, n. 94. Attuazione delle direttive 1999/2/CE e 1999/3/CE concernenti gli alimenti e i loro ingredienti trattati con radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale n. 79, supplemento ordinario, 4 aprile 2001.
- [5] Standard CEN: EN 13783: 2001 Foodstuffs –Detection of irradiated food using Direct Epifluorescent Filter Technique/ Aerobic Plate Count (DEFT/APC)– Screening method. Brussels: European Committee for Standardization, 2001. 2 pp.
- [6] Standard CEN: EN 13784:2001 Foodstuffs –DNA Comet Assay for the detection of irradiated foodstuffs. Screening method– Brussels: European Committee for Standardization, 2001. 2 pp.
- [7] Standard CEN: EN 14569: 2004 Foodstuffs – Microbiological screening for irradiated food using LAL/GNB procedures– Brussels: European Committee for Standardization, 2004. 2 pp.
- [8] Standard CEN: EN 1784: 2003 Foodstuffs –Detection of irradiated food containing fat - Gas chromatographic analysis of hydrocarbons– Brussels: European Committee for Standardization, 2003. 2 pp.
- [9] Standard CEN: EN 1785: 2003 Foodstuffs - Detection of irradiated food containing fat - Gas chromatographic/mass spectrometric analysis of 2-alkylcyclobutanones–. Brussels: European Committee for Standardization, 2003. 2 pp.
- [10] Standard CEN: EN 1786:1996 –Detection of irradiated food containing bone. Method by ESR spectroscopy– Brussels: European Committee for Standardization, 1996. 2 pp.
- [11] Standard CEN: EN 1787:2000 –Detection of irradiated food containing cellulose by ESR spectroscopy– Brussels: European Committee for Standardization, 2000. 2 pp.
- [12] Standard CEN: EN 13708:2001 –Detection of irradiated food containing crystalline sugar by ESR spectroscopy– Brussels: European Committee for Standardization, 2001. 2 pp.
- [13] Standard CEN: EN 1788:2001 –Thermoluminescence detection of irradiated food from which silicate minerals can be isolated– Brussels: European Committee for Standardization, 2001. 2 pp.
- [14] Standard CEN: EN 13751:2002 –Detection of irradiated food using photostimulated luminescence– Brussels: European Committee for Standardization, 2002. 14 pp.



## **La chimica degli alimenti a difesa della salute del cittadino**

**Giacomo Dugo, Rossana Rando e Maria Rita Fedè**

Università di Messina, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente, della Sicurezza, del Territorio, degli Alimenti e della Salute "Carmelo Abbate".

E-mail: dugog@unime.it

**Sommario.** La Comunità Europea punta alla prevenzione delle patologie attraverso un'alimentazione corretta. L'analisi chimica degli alimenti permette di individuare i costituenti dei prodotti commestibili che l'uomo deve assumere con frequente periodicità per assicurare il normale svolgimento delle funzioni fisiologiche dell'organismo. Aspetti fondamentali nella scelta degli alimenti sono il valore nutrizionale, influenzato dalla composizione in nutrienti, ed anche il valore edonistico, quest'ultimo correlato all'aspetto, all'odore, al gusto ed alla consistenza. Nel presente lavoro si espongono gli aspetti benefici, per la salute dell'uomo, dei componenti di alcuni alimenti largamente consumati nonché delle possibili sostanze contaminanti presenti in essi. Si espone, altresì, come sia possibile risalire alle fasi di produzione e di lavorazione dei cibi attraverso l'analisi dei loro costituenti chimici.

La Comunità Europea punta alla prevenzione delle patologie attraverso un'alimentazione corretta.

Gli alimenti, siano essi consumati nella loro forma naturale, processati tecnologicamente o cotti, sono i prodotti commestibili che l'uomo deve assumere con frequente periodicità per assicurare il normale svolgimento delle funzioni fisiologiche dell'organismo. Aspetti fondamentali nella scelta degli alimenti sono il valore nutrizionale, influenzato dalla composizione in nutrienti, ed anche il valore edonistico, quest'ultimo correlato all'aspetto, all'odore, al gusto ed alla consistenza. Dal punto di vista della composizione chimica, i prodotti alimentari sono miscele complesse contenenti nutrienti di natura organica (lipidi, protidi, glucidi, vitamine) ed inorganica (acqua, sali minerali); altri costituenti non nutrienti possono essere responsabili delle caratteristiche organolettiche, influenzate da un elevato numero di composti chimici, a volte in parte non ancora noti.

Tuttavia, oltre ai costituenti naturali, gli alimenti possono contenere sostanze xenobiotiche, attribuibili a residui di prodotti fitosanitari, ad additivi alimentari, alla cessione di sostanze che rientrano nella composizione chimica dei contenitori per alimenti, alle contaminazioni di origine industriale, alle materie prime già contaminate all'origine, alle pratiche di lavorazione.

La contaminazione degli alimenti costituisce un potenziale pericolo per la salute umana, soprattutto in relazione ai fenomeni di biomagnificazione ed alla possibilità che l'uomo rappresenti l'ultimo anello della catena trofica.

Ai fini della tutela della salute del consumatore, è essenziale mantenere il tenore dei contaminanti a livelli accettabili sul piano tossicologico, poiché questi possono costituire una fonte importante di malattie. Date le disparità legislative tra gli Stati membri, per alcuni contaminanti s'impongono misure comunitarie volte a garantire l'unità del mercato. Ogni tenore massimo fissato a livello comunitario può essere riesaminato in base all'evoluzione delle conoscenze scientifiche e tecniche e ai miglioramenti delle buone pratiche agricole, di pesca e di fabbricazione.

Anche l'azione degli antiossidanti assunti con la dieta è essenziale per la prevenzione di molte patologie come il cancro. Il progetto è denominato EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) da anni in dieci paesi studia l'interazione delle patologie con l'alimentazione. Tali studi dimostrano l'importanza della frutta e dell'ortofrutta fresca nell'alimentazione, che forniscono uno scudo protettivo per il nostro organismo [1].

Bisogna parlare di una cultura alimentare e l'alimentazione mediterranea rappresenta un modello alimentare che affonda le sue origini nelle civiltà Assiro-Babilonese, Greca e Romana. Oggi rimane ben poco nel nostro paese di quelle sane abitudini alimentari che insieme alla "5 a day" promossa dall'Istituto Nazionale del cancro negli U.S.A., potrebbe fissare i cardini di una alimentazione di prevenzione di alcune patologie gravi.

Circa cinquanta anni fa, il prof. Ancel Keys effettuò uno studio minuzioso confrontando le abitudini alimentari di Stati Uniti, Giappone, Olanda, Finlandia, Grecia, Jugoslavia, Italia, in particolare della Calabria. Dallo studio emerse che la mortalità per cardiopatia ischemica era nettamente inferiore tra le popolazioni situate intorno al Mediterraneo. La mortalità superiore delle altre popolazioni fu attribuita alla dieta, che includeva una quota consistente di grassi saturi (strutto, burro, carne rossa). Da allora ulteriori studi hanno sempre confermato questi risultati.

L'espressione "alimentazione mediterranea" è associata ad un tipo di alimentazione caratterizzata da un alto apporto di cereali, verdure e frutta fresca e da un basso apporto di lipidi, di cui il 70 % rappresentato da grassi di condimento, costituiti principalmente dall'olio extravergine di oliva, alla base di tale alimentazione insieme al vino.

Oggi le moderne tecniche analitiche, in particolare quelle cromatografiche, consentono di determinare la composizione quali-quantitativa non solo degli elementi principali di un alimento, ma anche di quelli minori, grazie a metodiche altamente selettive e sensibili. Dunque, l'analisi chimica dei prodotti alimentari può essere orientata alla determinazione della qualità, della genuinità, del valore nutrizionale, di eventuali molecole con un possibile effetto benefico o tossico sulla salute umana, naturalmente presenti o formate in seguito a processi tecnologici o in seguito alla conservazione o alla cottura dell'alimento, allo studio degli aromi che ne esprimono il gusto.

In particolare verranno discussi gli aspetti compositivi dell'olio di oliva, del vino, del pescato, degli agrumi e loro derivati, delle fragole, di frutta secca ed anche di tecniche colturali come l'agricoltura biologica.

L'olio d'oliva per la sua composizione equilibrata in acidi grassi previene le malattie cardiovascolari, le iperlipidemie ed alcune forme di cancro: funzioni prevalentemente attribuibili alla presenza di microcostituenti ad attività antiossidante, quali carotenoidi, tocoferoli, che agiscono in sinergia con i polifenoli, e selenio.

La composizione acidica degli oli d'oliva ci fa comprendere la sua maggiore resistenza alla temperatura di frittura, superata solo dall'olio di palma, che è però ricco di acidi grassi saturi. La diminuzione dell'incidenza del cancro al seno tra le donne dei paesi mediterranei è dovuta all'azione dell'acido oleico [2].

La componente acidica opportunamente studiata può essere discriminante dell'origine della cultivar e della zona di provenienza come avviene per il territorio siciliano per le cultivar Cerasuola, Minuta, Nocellara del Belice e Ogliarola Messinese e per le due zone Peloritana e Maghrebina [3].

I polifenoli prevengono l'autossidazione degli acidi grassi insaturi, che determina la comparsa di composti disnutrizionali (caratterizzati solitamente da un aroma sgradevole), inibiscono l'ossidazione delle LDL e le patologie correlate allo stress ossidativo, sono anti-infiammatori, anti-tumorali, anti-virali. La loro quantità negli oli di oliva è correlata alla varietà e al grado di maturazione delle olive, a fattori climatici e geografici ed alle procedure di estrazione dell'olio. Sono inoltre responsabili della sensazione amara e di bruciore, che viene percepita nella cavità orale.

Mediante un sistema GC-MS e GC-MS/MS è stata, in particolare, valutata la composizione quali-quantitativa della frazione fenolica di oli di oliva siciliani: alcuni dei 27 composti identificati sono stati individuati per la prima volta [4, 5]. I polifenoli presenti in maggiori concentrazioni sono: tirosolo, idrossitirosolo ed i loro esteri con l'acido elenolico, decarbometossi ligustroside aglicone e decarbometossi oleuropeina aglicone nelle forme dialdeidiche.

L'oleocantale (deacetossi ligustroside aglicone o decarbometossi ligustroside aglicone) [4] è stato elevato all'onore delle cronache nel 2005 in seguito alla scoperta di Gary Beauchamp delle sue proprietà farmacologiche come antiinfiammatorio non steroideo [6], ma in realtà la sua presenza in oli di oliva è stata scoperta da Montedoro nel 1993 [7] e dosata in oli siciliani prima del 2002 e anche successivamente [4, 5]: nella migliore delle ipotesi il suo tenore in oli [4, 5] è di circa 200 mg/Kg di olio e per introdurre 10 mg occorrono 100 g di olio d'oliva, possibilmente in un'unica soluzione. La sua azione antiossidante è invece sicuramente

trascurabile rispetto a quella della decarbometossi oleuropeina aglicone dialdeide contenuta negli oli allo stesso livello di concentrazione.

Questi composti minori dell'olio possono essere una peculiarità della varietà delle olive ed utili traccianti per valutare l'origine e la qualità dell'olio stesso, semplificando i controlli contro le adulterazioni. L'analisi discriminante ha permesso di diversificare non solo campioni provenienti da regioni diverse, ma anche oli di una stessa regione provenienti da areali di produzione diversi [8].

Gli antiossidanti hanno un effetto conservativo degli alimenti nei quali si trovano. È possibile misurare come alcuni singoli polifenoli aumentino la resistenza all'ossidazione degli oli di oliva e ne condizionino la shelf-life. Alla luce delle sperimentazioni condotte, vari campioni di olio di oliva rettificato (considerato privo di fenoli) sono stati addizionati di alcune sostanze fenoliche e sono stati sottoposti ad una ossidazione forzata (Rancimat test): da ciò è emerso che il tempo di resistenza all'ossidazione dell'olio aumenta con l'aumentare della concentrazione dei polifenoli aggiunti e che la durata di 18 mesi, generalmente indicata per gli oli extra vergini di oliva, può risultare eccessiva se l'olio imbottigliato non è di buona qualità [8].

La caratterizzazione quali-quantitativa dei pigmenti, quali carotenoidi e clorofille, nelle diverse cultivar di oli può servire a garantire la genuinità, autenticità e tipicità degli oli stessi. Essi svolgono un importante ruolo nella fotosintesi, influenzano la "stabilità ossidativa" degli oli stessi come antiossidanti, sono provitamine, prevengono le malattie cardiovascolari e le patologie degenerative degli occhi; il *cis*- $\beta$ -carotene è un antitumorale. La presenza di clorofilla è variabile e molto dipende dal grado di maturazione delle olive (ne sono ricche le olive non ancora invaiate) e dal sistema di estrazione (ne sono ricchi gli oli di seconda pressione); mediamente in un olio di 1-2 mesi la quantità di clorofilla può variare da 1 a 10 mg/kg (si arriva a 50 mg/kg nei verdoni), ma con il tempo degrada trasformandosi in composti di colore giallo, tanto che un olio di 7-8 mesi ne può essere privo [9]. Anche i tocoferoli sono contenuti ad esempio negli oli siciliani a livelli compresi tra 56 e 290 mg/Kg [10].

Il selenio è un microelemento essenziale per l'uomo, gli animali e le piante superiori, in quanto svolge azione antiossidante ed antinfiammatoria (riduce idro e lipoperossidi e la produzione di prostaglandine infiammatorie), previene le malattie cardiovascolari, ha anche azione antineoplastica con la produzione di metaboliti antitumorigenici (metilselenolo), che perturbano il metabolismo delle cellule cancerose e ne inibiscono l'angiogenesi, inibisce la proliferazione del virus HIV, è coinvolto nelle evoluzioni di alcune malattie neurodegenerative [11-14]. La concentrazione di selenio nei campioni siciliani di olio d'oliva dipende sia da fattori genetici (cultivar), che geografici (zona) e potrebbe essere considerato un "tracciante alimentare" per l'olio d'oliva [15]. Gli oli di semi hanno tenori in selenio più significativi fino ed oltre 400  $\mu$ g/kg nella soia [17].

Risulta, invece, eccezionalmente elevato il contenuto di selenio nella frutta secca, in particolare in alcune cultivar di noci siciliane [17]. Questo è spiegabile con la tipologia del terreno in cui le piante sono cresciute, che permette di trasferire i contenuti di tale elemento minerale nei frutti. Ciò potrebbe essere impiegato per dare sostegno a marchi di qualità di prodotti secondari. Una buona fonte alimentare di micronutrienti essenziali, tra cui il selenio, risulta anche essere il pesce azzurro, come detto in seguito [18].

La chimica degli alimenti associa la struttura chimica dell'aroma alla caratteristica sensoriale, può fare osservare come alcuni aromi ad esempio il *trans*-3-esen-1-olo (sentore di banana) è comune agli oli di oliva ed ai vini.

La frazione aromatica di un olio ci può anche raccontare della sua tecnologia di estrazione distinguendo tra oli d'oliva da olive denocciolate o intere [19].

La chimica degli alimenti consente di determinare elementi cationici quali Zn, Pb, Cu, Cd in oli d'oliva [20], dove è possibile collegare i valori riscontrati ai trattamenti fitosanitari e sistemi irrigui [21] ed in oli di semi [22].

Il tenore di anioni quali fluoruri, cloruri, fosfati e solfati, nelle sostanze grasse, oli d'oliva e di semi, può essere collegata alla tipologia del prodotto, alle sue origini e alla tecnologia estrattiva [23].

Per quanto riguarda i fattori di contaminazione di tipo chimico, quello costituito dai residui di pesticidi nei prodotti alimentari è senz'altro tra i più importanti. I vantaggi derivanti dall'uso di questi prodotti sono enormi e talmente fondamentali, che oggi sarebbe impossibile pensare ad una loro rinuncia; tuttavia, risiede il rischio che tali sostanze possano persistere sui prodotti destinati all'alimentazione. L'intossicazione causata da tali residui non prevede effetti acuti e ben visibili, ma determina fenomeni d'intossicazione cronica e

quindi difficilmente rilevabili. Quindi, è indispensabile operare una politica di prevenzione dei rischi, affinché la pratica agricola possa essere finalmente efficace ed esente da rischi. La legislazione riporta i Limiti Massimi di Residuo (LMR) e gli intervalli di sicurezza dei prodotti fitosanitari nelle produzioni agricole. Purtroppo, nonostante integrazioni ed aggiornamenti, esistono ancora delle lacune evidenziabili. Una lacuna è rappresentata dal fatto che nella legislazione i limiti massimi di residuo dei prodotti fitosanitari si riferiscono alle olive e solo in tre casi all'olio.

Per garantire la qualità e la genuinità degli alimenti, risulta indispensabile non solo condurre delle indagini volte alla ricerca di contaminanti quali pesticidi e loro metaboliti, ma anche di eventuali altre classi di sostanze di natura diversa, come i plastificanti, costituenti dei materiali plastici utilizzati per il confezionamento che possono essere potenzialmente implicati in fenomeni di migrazione verso gli alimenti. Tutte le sostanze plastiche utilizzate all'interno della UE nel settore degli alimenti sono prodotte secondo criteri di sicurezza, stabiliti dal Comitato Scientifico dell'Alimentazione Umana dell'Unione Europea. Qualche dubbio tuttavia sull'innocuità di questi materiali, specie se a contatto con alimenti grassi, permane.

I plastificanti fosforati sono esteri fosforici risultanti dalle tre combinazioni acide dell'acido fosforico con alcoli o fenoli. I composti più usati sono il trifenilfosfato, il tritolilfosfati e i trixililfosfati. I meccanismi neurotossici degli organofosfati non sono ancora del tutto chiariti, però è noto che non solo inibiscono la colinesterasi, ma producono la deficienza dei neuroni causando la sindrome paralitica. È stato osservato che i tritolilfosfati sono velenosi per ingestione, sono tossici per contatto con la pelle, provocano paralisi e modifiche nell'attività motoria, sono irritanti per la pelle e per gli occhi. Il trifenilfosfato è moderatamente tossico per ingestione; non è un potente inibitore della colinesterasi.

Un'importante e molto diffusa classe di diluenti è rappresentata dalle cloroparaffine che consistono in miscele industriali di cloroalcani a percentuale di clorurazione variabile dal 30 al 70 % in peso. Le cloroparaffine si ottengono per clorurazione della n-paraffina liquida o solida e possono essere suddivise in base alla lunghezza della loro catena in tre famiglie:

- a catena corta, C<sub>10-13</sub>
- a catena media, C<sub>14-17</sub>
- a catena lunga, C<sub>18-23</sub>

Tale distinzione è importante quando si considera la tossicità e l'impatto ambientale in quanto si è visto che questi parametri variano secondo la lunghezza della catena.

Le cloroparaffine generalmente vengono utilizzate in unione con plastificanti primari come alcuni ftalati nel PVC flessibile, recando così diversi vantaggi tecnici tra cui il principale è quello di aumentare le proprietà fiamma ritardanti.

Gli ftalati costituiscono attualmente il più importante gruppo di plastificanti, sia dal punto di vista della produzione che da quello del volume di vendite.

Il plastificante più diffuso è il bis(2-etilestil)ftalato (DEHP) viene utilizzato nella produzione di nitrato ed acetato di cellulosa, cloruro di polivinile, copolimeri vinilici, polistirolo ed è uno dei plastificanti più utilizzati per i film vinilici come materiale di confezione di prodotti alimentari. Il suo uso dovrebbe essere limitato ai soli alimenti a carattere acquoso, perché viene estratto ed assorbito a contatto con i grassi e con gli oli.

Un altro plastificante largamente impiegato nell'industria delle materie plastiche è il dibutilftalato (DBP).

La tossicità di questi prodotti è ormai accertata. Gli ftalati usati come plastificanti hanno uno spettro d'azione biologica estremamente ampio: sono epatotossici sono nocivi al tratto gastrointestinale, irritanti per la pelle e gli occhi e sono probabilmente cancerogeni

Gli ftalati tuttavia non sono gli unici additivi aggiunti alle materie plastiche destinate al contatto con gli alimenti. Ultimamente si sta diffondendo l'impiego di adipati come elasticizzanti. Gli adipati sembrerebbero essere meno pericolosi degli ftalati, tuttavia tra questi viene indicato come sospetto il bis(2-etilestil)adipato. Questo adipato è infatti una sostanza potenzialmente tossica che molte pellicole cedono ai cibi in quantità superiore a quella che ogni giorno si può assumere senza correre rischi (0,3 µg per chilogrammo corporeo).

Un'altra classe di additivi per materie plastiche è rappresentata dai derivati dell'acido sebacoico. Anch'essi risultano tossici per contatto, ingestione o inalazione. Il più utilizzato tra gli esteri dell'acido sebacoico è il bis(2-etilestil)sebacoato.

Sulla scorta di precedenti esperienze relative alla valutazione di residui di varie classi di plastificanti negli oli essenziali agrumari, è stato intrapreso uno studio sistematico sulla presenza di plastificanti in oli vegetali utilizzati nella dieta umana.

Poiché non esiste una normativa ufficiale nel settore oleario, un riferimento è costituito dai valori di orientamento della BNN (Bundesverband Naturkost Naturwaren) concordati a Colonia l'11 aprile 2006 [24], relativi ai residui tollerabili di ftalati e adipati su oli biologici, calcolati sulla base di una media giornaliera di consumo dei grassi. I valori di orientamento della BNN sono alla base di un'originale proposta di certificazione dei residui di plastificanti in oli di oliva attualmente in uso nei nostri laboratori.

Certificazione elaborata anche in base ai valori di orientamento della BNN.

bis(2-etilesil)ftalato (DEHP)	3 mg/Kg
diisonilftalato (DINP)	5 mg/Kg
diisodecilftalato (DIDP)	5 mg/Kg
benzilbutilftalato (BBP)	5 mg/Kg
dimetilftalato (DMP)	5 mg/Kg
dietilftalato (DEP)	5 mg/Kg
bis(2-isobutil)ftalato (DiBP)	5 mg/Kg
dibutil ftalato (DBP)	5 mg/Kg
dieptilftalato (DiHP)	5 mg/Kg
diottilftalato (DOP)	5 mg/Kg
dietiladipato (DEA)	5 mg/Kg
bis(2-isobutil)adipato	5 mg/Kg
dibutiladipato (DBA)	5 mg/Kg
bis(2-etilesil)adipato	5 mg/Kg
bis(2-etilesil)sebacato	5 mg/Kg

E'ammesso altresì che queste analisi possono presentare un'incertezza analitica del 50%, il che si può tradurre affermando che anche valori superiori solo del 50% al limite sopra riferito è ancora accettabile.

Nei controlli finora effettuati, in tutti i campioni le cloroparaffine erano al di sotto del limite di rivelabilità. I residui dei plastificanti fosforati erano al di sotto del limite di rivelabilità negli oli extravergini e in quasi tutti gli altri oli di semi, dove tracce di trifenilfosfato sono state rinvenute soltanto in un olio di semi di mais, confezionato in imballaggio di plastica. In alcuni campioni di miscele per frittura, contenute anch'esse in PET, sono stati riscontrati residui di tributilfosfato (0,092 mg/kg) e di tritolilfosfati (da 0,189 a 0,190 mg/kg) [25].

Più recentemente è stata valutata l'eventuale presenza di ftalati, adipati e sebacati in oli extravergine di oliva siciliani prodotte nelle campagne olearie 2006/07, 2007/08 e 2008/2009.

Sono stati ricercati gli eventuali residui di dimetil-, dietil-, diisobutil-, dibutil-, benzilbutil-, dieptil-, bis(2-etilesil)-, diottil-, diisonil-, diisodecil- ftalato, dietil-, diisobutil-, dibutil-, bis(2-etilesil)- adipato e bis(2-etilesil)sebacato.

Nei campioni delle tre annate sono stati riscontrati residui di diisobutiladipato, bis(2-etilesil)adipato, dimetilftalato, dietilftalato, diisobutilftalato, dibutilftalato, benzilbutilftalato, bis(2-etilesil)ftalato e diisonilftalato. I campioni prodotti nel 2006/07 sono risultati contaminati nel 100 % dei casi da DiBP, BBP e DEHP; in quelli prodotti nel 2007/08 la contaminazione da DiBP è sempre del 100 %, mentre si riduce quella del BBP che risulta pari a 90,91 %, per il DEHP si evidenzia che il 100 % dei campioni esaminati è risultato contaminato e il 27,27 % mostrava un valore di concentrazione superiore al limite di orientamento proposto dalla BNN. I campioni prodotti nel 2008/09 sono risultati nel 100 % dei casi contaminati oltre che da DiBP, BBP e DEHP anche da BBP che nelle annate precedenti si ritrovava con percentuale di contaminazione minore. Si può osservare anche che taluni plastificanti quali il DEHA, il DMP e il DiNP non risultano più tra i



plastificanti determinati nei campioni di oli prodotti nel 2008/09, i quali mostrano invece per la prima volta una certa contaminazione da DiBA.

Poiché gli oli vegetali rappresentano un alimento insostituibile nella nostra dieta e tutti i plastificanti svolgono attività tossica, alla luce dei risultati ottenuti è importante ricercare le cause della contaminazione. Infatti nel caso degli oli essenziali agrumari è stato dimostrato che la presenza dei residui delle varie classi di plastificanti è correlata all'uso di parti in plastica durante il ciclo di produzione [26]. Analogamente, nel caso degli oli vegetali, è stata ipotizzata una contaminazione dovuta probabilmente a qualche fase del processo di estrazione, oppure al contatto con gli imballaggi di plastica per gli oli confezionati in contenitori diversi dal vetro, non trascurando, in ogni caso, anche il tappo salva goccia delle confezioni in vetro.

La chimica degli alimenti ci aiuta a interpretare la legge sulle oliere e giustificarne i contenuti. Il divieto delle oliere nei ristoranti, legge 81/06 in vigore dal 12/03/2006, è giustificato dalla mancanza di sicurezza che le ampolle fornivano al consumatore: la difficoltà di pulirle ed i fenomeni di ossidazione dovute al rabbocco continuo delle stesse. La norma è stata in parte, purtroppo, sospesa e resa inefficace dalla risoluzione del Ministro dello Sviluppo Economico (Prot. N. 9886 del 14/11/2006).

I polifenoli semplici del vino sono spesso comuni a quelli contenuti nell'olio. Alcuni polifenoli contenuti nell'olio di oliva (tirosolo, idrossitirosolo, acido cumarico e ferulico) sono presenti anche nei vini [4,27]. Il termine *paradosso francese* è stato coniato nel 1991 da Serge Renaud proprio a proposito del fatto che, nella popolazione francese, l'incidenza d'infarto del miocardio era circa la metà rispetto agli Stati Uniti e al Nord Europa, nonostante la dieta dei francesi fosse basata su un consumo di burro ed altri grassi animali altrettanto elevato; la spiegazione consiste nell'abitudine diffusa ad un moderato consumo di vino rosso, ricco di polifenoli ed in particolare di resveratrolo, una sostanza fenolica caratteristica del vino.

Mediante un metodo HPLC/MS è stato possibile separare ed identificare 24 distinti composti fenolici [28]: diversi studi effettuati su vini siciliani hanno dimostrato come i vitigni siciliani posseggano ottime potenzialità a produrre vini di qualità con buon tenore in sostanze antiossidanti, interessanti dal punto di vista della valutazione degli aspetti positivi del consumo moderato di vino sulla salute [29]. In particolare, i vini da cv Merlot siciliani si sono dimostrati un'ottima fonte di antiossidanti naturali [30].

L'azione antiossidante dei vini rossi è stata sperimentata ampiamente sia in vivo [31] che con sistemi di simulazione degli effetti biologici, verificando in ogni caso un rapporto tra concentrazione in polifenoli totali ed effetto antiossidante.

Il più noto antiossidante del vino è il resveratrolo che inibisce la proliferazione neoplastica, penetrando all'interno della cellula maligna e causandone la morte programmata (apoptosi).

Il resveratrolo è stato dosato in vini siciliani e calabresi [32-35].

È possibile anche verificare la possibilità che anche la  $\beta$ -glucosidasi idrolizzi il resveratrolo glicosilato in funzione della temperatura [36].

I vini potrebbero essere pubblicizzati in funzione delle loro componenti polifenoliche e del relativo effetto salutistico.

Gli antociani sono responsabili del colore di molte piante, fiori e frutta. Il chimico degli alimenti può dosarli nei vini e verificarne come essi sono legati all'origine della cultivar e all'interno della stessa cultivar può stabilire quali condizioni pedoclimatiche ne aumentano la concentrazione [37, 38].

Il lavoro del chimico degli alimenti, permette di definire la dose giornaliera assunta di antocianine (D.I.) bevendo 250 mL o 400 mL di vino siciliano di varie cultivar: 250 mL di vino possono coprire dal 15 al 101 % del fabbisogno giornaliero di antociani, che è compreso tra i 185 e 215 mg/die.

I residui di metalli (Cu, Zn e Pb) nei vini rossi possono essere messi in relazione al trattamento fitosanitario subito dal vitigno [39, 40].

La chimica degli alimenti dimostra la sua capacità di fare una tracciabilità reale di un preparato alimentare:

- stabilendo gli anni di invecchiamento in botte di un vino Marsala attraverso il dosaggio di alcuni elementi inorganici, anche in tracce (cadmio, cloruri, nitrati, piombo, solfati e zinco) [41].
- stabilendo di quale tipologia di vino Marsala si tratti, dosandone polifenoli (tirosolo, acido caffeico, procianidina B1, catechina, quercetina, kaempferolo), zuccheri (lattosio, ramnosio), elementi minerali (zinco, rame e piombo) [42].



Le ammine biogene si formano dai corrispondenti amminoacidi precursori in seguito a processi di decarbossilazione enzimatica e possono raggiungere elevate concentrazioni negli alimenti a matrice proteica quali insaccati, prodotti ittici, formaggi, sottoposti a lunghi periodi di stoccaggio ed a processi fermentativi. La loro presenza negli alimenti è indice di deterioramento.

La chimica degli alimenti può anche evidenziare il tenore di ammine biogene nei vini, che può permettere di differenziare vini da cultivar autoctoni e alloctoni nella piattaforma ampelografica siciliana [43].

In ogni caso la chimica degli alimenti tranquillizza il consumatore sulla contaminazione da ammine biogene che è veramente molto limitata nel vino rosso.

La sicurezza del comparto alimentare va anche considerata dal punto di vista dell'inquinamento microbiologico, fattore di rischio elevato, dal momento che spesso la presenza di microinquinanti di origine microbica non è rilevabile dal consumatore, poiché i microrganismi spesso non modificano i caratteri organolettici dell'alimento stesso. Le micotossine sono tra i veleni naturali più attivi (come rapporto dose/peso dell'individuo) e purtroppo possono essere prodotte con relativa facilità da parte di diverse specie di miceti, nelle granaglie insilate, ove si possono determinare le condizioni ideali di temperatura e di umidità. Le micotossine, come le note ocratossina, patulina, etc., molte delle quali sono crono e termostabili, pertanto possono colpire un gran numero di individui che consumano inconsapevolmente alimenti molto comuni, come arachidi e derivati, farine di cereali, etc..

La chimica degli alimenti può far comprendere come la presenza di residui di ocratossina nei vini rossi può essere limitata dai trattamenti con prodotti fitosanitari di sintesi piuttosto che con prodotti naturali consentiti dall'agricoltura biologica [44].

La chimica degli alimenti può far comprendere la quantità di ocratossina presente nel caffè e quale sia il migliore metodo di preparazione che ne limiti la contaminazione [45].

La chimica degli alimenti ci fa comprendere come il rischio d'intossicazione da metanolo bevendo vino genuino è inesistente: furono purtroppo contraffazioni gravissime operate nella prima metà degli anni ottanta a far scattare il rischio metanolo aggiunto fraudolentemente nei vini preparati mescolando coloranti, acqua, aromi sintetici ed il metanolo come alcool al posto dell'alcool etilico, perché quest'ultimo è più costoso.

Anche il pesce, in generale, dal punto di vista nutrizionale è un alimento prezioso, per la sua facile digeribilità, per il notevole contenuto in proteine ad alto valore biologico, di minerali e vitamine e per la particolare composizione della frazione lipidica. La parte lipidica di un pesce è costituita al 13-35 % da acidi grassi della serie  $\omega$ -3; ma è corretto informare il consumatore, che fra l'altro, spesso preferisce il pesce magro, che gli  $\omega$ -3 sono il 13-35 % dei lipidi e se il pesce contiene solo l'1 % dei lipidi, allora contiene lo 0.13-0.35 di  $\omega$ -3. La peculiare abbondanza di acidi grassi polinsaturi, il basso contenuto in colesterolo e quello relativamente alto in fosfolipidi rendono il tonno in particolare un alimento adatto nella prevenzione delle malattie cardiovascolari, riducendo i processi arteriosclerotici.

I metalli pesanti, presenti naturalmente sulla crosta terrestre, possono essere dispersi nell'ambiente dall'uomo stesso e veicolati nella catena alimentare. Tali inquinanti sono provenienti dagli scarichi urbani ed industriali, prodotti organici di origine agricola, come i fitofarmaci e i fertilizzanti. Sono stabili e non possono essere metabolizzati dal nostro organismo per cui, passando dagli alimenti al corpo umano, tendono a bioaccumularsi. Alcuni elementi, come Cu, Mn, Zn e Se, sono importanti micronutrienti a basse dosi, ma possono risultare tossici a concentrazioni elevate; altri, come Cd, Pb e Hg, sono dei pericolosi contaminanti e la loro presenza nell'ambiente e il conseguente ingresso nella catena alimentare pongono un serio rischio per la salute umana. Pertanto, il monitoraggio della concentrazione di tali elementi, anche se presenti in tracce, in matrici alimentari ha una grande importanza sia dal punto di vista nutrizionale che tossicologico. Queste segnalazioni, oltre a sottolineare il pericolo di contaminazione per l'uomo, hanno anche evidenziato la possibilità di monitorare l'inquinamento chimico degli ambienti acquatici attraverso la valutazione del bioaccumulo nell'ittiofauna. Il *Thunnus thynnus*, ad esempio, è un predatore apicale e può assimilare nelle sue carni alte concentrazioni di sostanze nocive, di conseguenza viene utilizzato come indicatore biologico in grado di fornire una misura della qualità dell'ambiente marino e come specie sentinella utile per la valutazione dell'esposizione agli agenti inquinanti persistenti.

Il tonno contiene comunque anche elementi inorganici preziosi come il selenio. Il chimico degli alimenti può suggerirti se integrare o meno la tua alimentazione con selenio infatti bastano 100 g di tonno per superare

la dose giornaliera raccomandata di selenio dal 171 al 314 %; oppure con 100 g di tonno in scatola la stessa dose viene superata dal 114 al 128 % [18].

Comunque, nonostante gli allarmismi suscitati dalla stampa, da indagini condotte sulle specie ittiche sono stati riscontrati residui di pesticidi e di policlorobifenili assolutamente non elevati in tonni e spigole [18, 46] ed inoltre è stato notato negli ultimi vent'anni un decremento degli stessi residui negli agrumi e nei derivati agrumari.

Oggi i consumatori preferiscono le arance rosse o pigmentate: la chimica degli alimenti ci fornisce il reale contenuto di antociani nelle arance rosse oltre che nei frutti di bosco, tali valori, nelle arance rosse, non superano il valore di 200 mg/kg [47]. Negli oli essenziali agrumari si è potuto verificare negli ultimi 25 anni un decremento continuo dei residui di prodotti fitosanitari, mentre è stato anche possibile monitorare la presenza di metalli quali il rame, il piombo, lo zinco, il manganese, il nichel e il selenio in oli essenziali agrumari di varia provenienza, confermando ancora una volta che il tenore in selenio varia negli oli dello stesso tipo che in quelli prodotti da differenti agrumi: questo potrebbe dipendere sia dalla diversa provenienza dei frutti che dal genotipo della pianta [48, 49].

La Coca Cola all'inizio degli anni '90 nutrì forte perplessità sull'importazione di oli agrumari siciliani: il motivo la presenza di cloroparaffine.

È stato possibile evidenziare che soltanto il contatto con materiali in grado di cedere questo tipo di plastificanti nelle fasi estrattive, di conservazione e trasporto degli oli essenziali stessi era la causa di questa contaminazione [26].

Tra i frutti con maggiore capacità antiossidante vi è la fragola, ricca di acido ellagico. Durante la maturazione in questo frutto aumenta la concentrazione di acido p-cumarico, mentre nelle fragole mature non si ritrova più il kaempferolo. Il tenore di antocianine influenza la capacità antiossidante della fragola e ne permette un confronto con i vini rossi, consentendo di affermare che 200 g di fragole contribuiscono fino a quasi il 40 % del fabbisogno giornaliero di antocianine [50].

L'agricoltura biologica, definita prima dal Reg. CEE 2092/91 e dopo dal Reg. CEE 834/07, rimanda per la certificazione delle aziende i famosi organismi privati, in origine 7, come le sette sorelle che dominavano il mercato mondiale del petrolio, ma soltanto l'indagine chimica ci può dire con certezza se un alimento contiene residui di prodotti fitosanitari e/o altri contaminanti. L'azienda Salamita dal 1978 al 1992, ha commercializzato in Europa i suoi prodotti biodinamici, unici per proprietà organolettiche e salutistiche, con una certificazione dell'Università di Messina, "Dipartimento di Chimica Organica e Biologica", oggi nella sua componente di Chimica degli Alimenti, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente, della Sicurezza, del Territorio, degli Alimenti e della Salute "Carmelo Abbate".

Il medico elimina la frutta secca per il suo apporto calorico, il chimico degli alimenti la reintroduce per il suo effetto salutistico. Anche in questo caso sono gli acidi grassi insaturi e polinsaturi, l'assenza di colesterolo, e la presenza di selenio che fanno della frutta secca un prodotto alimentare unico: poche decine di grammi di noci siciliane offrono il 50 % della dose giornaliera raccomandata per un adulto [17].

E' ormai elemento condiviso il fatto che la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti rappresenti un requisito sostanziale della qualità che va sviluppata, successivamente, o contemporaneamente anche sul versante nutrizionale e organolettico. In definitiva, la qualità e la sicurezza dei cibi e delle bevande influenzano profondamente la salute e il benessere psico-fisico di ogni individuo. La sicurezza nel settore agroalimentare rappresenta un requisito fondamentale del patrimonio qualitativo dei beni. In accordo con quanto sostenuto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità la sicurezza va considerata una responsabilità condivisa tra tutti gli attori della filiera agroalimentare. I controlli sulla qualità dei prodotti agroalimentari devono garantire la sicurezza sulla salute del consumatore e contemporaneamente l'igiene dei luoghi di lavoro a tutela della salute dei lavoratori e dell'ambiente.

Soltanto la chimica degli alimenti ci fa comprendere la funzione di determinati alimenti nella dieta, per prevenire gravi patologie, e/o perché eliminarne altri utilizzati anche solo come ingredienti in talune preparazioni alimentari. Soltanto la chimica degli alimenti possiede le chiavi per leggere all'interno dell'alimento. Soltanto all'interno di un Corso di Laurea in Chimica si forma la mentalità e la cultura di un chimico degli alimenti. La chimica degli alimenti fornisce informazioni di base per la ricerca farmacologica e per il medico o biologo nutrizionista. La chimica degli alimenti ci può aiutare a creare una nuova cultura

dell'alimentazione, che sia frutto di una reale conoscenza degli aspetti compositivi degli alimenti e dei preparati alimentari, coniugando ad esempio "5 a Day" ed "alimentazione mediterranea".

## **Bibliografia**

- [1] E. Rosati, *Prevenire il cancro è possibile*. Fabbri editori 2006.
- [2] *Olive e Olio*, anno VIII, marzo 2005.
- [3] G. Di Bella, R. Maisano, L. La Pera, V. Lo Turco, F. Salvo, G. Dugo, Statistical Characterization of Sicilian Olive Oils from Peloritana and Maghrebian Zones According to the Fatty Acid Profile, *J. Agric. Food Chem.*, 2007, 55, 6568-6574.
- [4] M. Saitta, S. Lo Curto, F. Salvo, G. Di Bella, G. Dugo, Gas chromatographic-tandem mass spectrometric identification of phenolic compounds in Sicilian olive oils, *Anal. Chim. Acta*, 2002, 466, 335-344.
- [5] M. Saitta, Salvo F., G. Di Bella, G. Dugo, G.L. La Torre, Minor compounds in the phenolic fraction of virgin olive oils, 2009, *Food Chemistry*, 112, 525-532.
- [6] Beauchamp G. K., Keast R. S. J., Morel D., Lin J., Pika, J., Han Q., Lee C.-H., Smith A. B., Breslin P. A. S., Ibuprofen like activity in extra-virgin olive oil: Enzymes in an inflammation pathway are inhibited by oleocanthal, a component of olive oil., *Nature*, 2005, 437, 45-46.
- [7] Montedoro G. M., Servili M., Baldioli M., Selvaggini R., Miniati E., Macchioni A., Simple and hydrolyzable compounds in virgin olive oil. 3. Spectroscopic characterization of the secoiridoid derivatives, *J. Agr. Food Chem.*, 1993, 2228-2234.
- [8] Giacomo Dugo, *Gli oli di oliva siciliani*, 2001, L'Epos Palermo.
- [9] D.Giuffrida, F. Salvo, A. Salvo, L. La Pera, G. Dugo, Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various Sicilian olive varieties, *Food Chemistry*, 2007, 101, 833-837.
- [10] S. Lo Curto, G. Dugo, L. Mondello, G. Errante, M.T. Russo, Variation in tocopherol content in virgin olive oils, *Ital. J. Food Sci.*, 2001, 13, 223-231.
- [11] Raynman M.P., The importance of selenium to human health, *The Lancet*, 2000, 356, 233-241.
- [12] Reilly C., *Selenium in food and health*, 1996, Blackie Academic & Professional.
- [13] Bratakos M. S., Zapiropoulos T. F., Siskos P. A., Ioannou P.V., Selenium in food produced and consumed in Greece, *J. of Food Science*, 1987, 52, 817-822.
- [14] Simonoff M., Hamon C., Moretto P., Labador L., Simonoff G., Selenium in food in France *J. of Food Comp. and Anal.*, 1988, 1, 295-302.
- [15] G. Dugo, L. La Pera, D. Giuffrida, F. Salvo, V. Lo Turco, Influence of the olive variety and the zone of provenience on selenium content determined by cathodic stripping potentiometry (CSP) in Sicilian virgin olive oils, *Food Chem.*, 2004, 88, 135-140.
- [16] G. Dugo, L. La Pera, D. Pollicino, M. Saitta, Determination of selenium in different types of seed oils by cathodic stripping potentiometry (CSP), *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51, 5598-5601.
- [17] Dugo G., D. Pollicino, L. La Pera, G. Arena, *Relazione scientifica sulle noci di Motta Camastra*, 2006.
- [18] A. Bruzzese, L. Serrao, R. Rando, G. Dugo, G. Di Bella, M.L. Paradiso, Contaminazione organica ed inorganica in campioni di tonno commerciali e selvatici, *Industrie Alimentari*, 2006, XLV, 392-398, Chiriotti ed.
- [19] Dugo G.mo et al., *Atti del V Convegno nazionale di Chimica degli Alimenti*, Parma, 2003.
- [20] L. La Pera, F. Lo Coco, E. Mavrogeni, D. Giuffrida, G. Dugo, Determination of Copper (II), Lead (II), Cadmium (II) and Zinc (II) in virgin olive oils produced in Sicily and Apulia by Derivative Potentiometric Stripping Analysis, *Ital. J. Food Sci.*, 2002, 14 (4), 389 – 399.
- [21] G. Dugo, S. Lo Curto, V. Lo Turco, L. La Torre, F. Salvo, Valutazione del contenuto di Cu(II), Zn (II), Cd (II) and Pb (II) in oli di oliva prodotti nella Valle del Belice, *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 2002, 79, 157-160.
- [22] Dugo G., L. La Pera, G.L. La Torre, D.Giuffrida, *Food Chemistry*, 2004, 87, 639-645.
- [23] Dugo G., T.M. Pellicanò, L. La Pera, V. Lo Turco, A. Tamborrino, M.L. Clodoveo, *Food Chemistry*, 2007, 104, 599-605.
- [24] BNN (Bundesverband Naturkost Naturwaren) *Herstellung und Handel*, Orientation Values for Plasticisers (Phthalates and Adipates) in Organic Olive Oil, Cologne. 11 Aprile 2006.

- [25] Di Bella G., Condoleo C., Bruzzese A., Salvo F., Cappello A., Dugo G.mo, Residui di plastificanti in oli vegetali Nota I, Riv. Ital. Sostanze Grasse, 2004, 81, 207-210.
- [26] G. Di Bella, M. Saitta, S. Lo Curto, V. Lo Turco, A. Visco, G. Dugo, Contamination of italian citrus essential oils: the presence of chloroparaffin, J. Agric. Food Chem., 2000, 48, 4460-4462.
- [27] G. Dugo, M. Saitta, F. Salvo, F. Vilasi, M. Ragusa, G. Manzo, G. Bambara, Caratterizzazione di vini siciliani. Nota 1. Determinazione di composti fenolici in vini rossi siciliani mediante un sistema HRGC-MS/MS, Vignevini, 2001, n°10, 81-86.
- [28] G. L. La Torre, M. Saitta, F. Vilasi, T. Pellicanò, G. Dugo, Direct determination of phenolic compounds in Sicilian wines by liquid chromatography with PDA and MS detection, Food Chemistry, 2006, 94, 640-650.
- [29] G. Dugo, P. Dugo, F. Vilasi, R. Magnisi, L. Mondello, G. L. La Torre, Determination of the polyphenolic content in Sicilian red wines of protected geographical indication, Ital. J. Food Sci., 2006, 4 (18), 409 – 422.
- [30] G. Dugo, F. Salvo, G.L. La Torre, D. Giuffrida, T. M. Pellicanò, F. Vilasi, Profilo polifenolico e monitoraggio dell'attività antiossidante in vini siciliani, L'Enologo, 2004, 3, 97 – 101.
- [31] Teissendre P.L., Frankel E. N., Waterhouse A.L., Peleg H., German J.B., Inhibition in vitro human LDL oxidation by phenolic antioxidants from grapes and wines, J. Sci. Food Agric., 1996, 70, 55-61.
- [32] G. Dugo, G. Bambara, F. Salvo, M. Saitta, S. Lo Curto, Contenuto di resveratrolo in vini rossi da uve alloctone e autoctone prodotte in Sicilia, L'Enologo, 2000, 12, 79-84.
- [33] G. L. La Torre, D. Giuffrida, S. Lo Curto, T. Pellicanò, G. Dugo, Determinazione del tenore in resveratrolo in vini prodotti in Calabria, L'Enologo, 2002, 5, 89-93.
- [34] G. Dugo, G. Bambara, G. L. La Torre, F. Vilasi, T. M. Pellicanò, Miglioramento della DOC Cerasuolo di Vittoria: Dosaggio di composti antiossidanti, L'Enologo, 2003, 9, 111-114.
- [35] G. Dugo, F. Salvo, P. Dugo, G.L. La Torre, L. Mondello, Antioxidants in Sicilian wines: Analytic and compositive aspects Drugs Exptl. Clin. Res. 2003, XXIX (5/6) 189-202.
- [36] G. La Torre, G. Laganà, E. Bellocco, F. Vilasi, F. Salvo, G. Dugo, Improvement on enzymatic hydrolysis of resveratrol glucosides in wine, Food Chem., 2004, 85, 259-266.
- [37] Dugo G. et coll, IASMA, Marsala, giugno 2006.
- [38] C. Casavecchia, R. Magnisi, L. La Pera, R. Maisano, G. Dugo, Classification of Sicilian red wines from autochthonous and allochthonous cultivars according to anthocyanin pattern, Am. J. Enol. Vitic. 2007, 58, (2), 286-290.
- [39] F. Salvo, L. La Pera, G. Di Bella, M. Nicotina, G. Dugo, Influence of different mineral and organic pesticides treatments on Cd (II), Cu (II), Pb (II) and Zn (II) content determined by derivative potentiometric stripping analysis in Italian white and red wines, J. Agric. Food Chem., 2003, 51, 1090 – 1094.
- [40] La Pera L., Dugo G., Rando R., Di Bella G., Maisano R., Salvo F., Statistical study of the influence of fungicide treatment (mancozeb, zoxamide and copper oxychloride) on heavy metal concentrations in Sicilian red wine, Food Additives & Contaminants, 2008, 25 (3), 302-313.
- [41] G. Dugo, L. La Pera, T. M. Pellicanò, G. Di Bella, M. D'Imperio, Determination of some inorganic anions and heavy metals in D.O.C. Golden and Amber wines: statistical study of the influence of ageing period, colour and sugar content, Food Chem., 2005, 91, 355-363.
- [42] G.L. La Torre, L. La Pera, R. Rando, V. Lo Turco, G. Di Bella, M. Saitta, G. Dugo, Classification of Marsala Wines according to their polyphenols, carbohydrates and heavy metals levels using Canonical Discriminant Analysis, Food Chem., 2008, 110, 729-734.
- [43] G. Dugo, F. Vilasi, G. L. La Torre, T. M. Pellicanò, Reverse phase HPLC/DAD determination of biogenic amines as dansyl derivatives in experimental red wines, Food Chem., 2006, 95, 672-676.
- [44] R. Lo Curto, T. M. Pellicanò, F. Vilasi, P. Munafò, G. Dugo, Ochratoxin A occurrence in experimental wines in relationship with different pesticide treatments on grapes, Food Chem., 2004, 84, 71-75.
- [45] L. La Pera., G. Avellone, V. LoTurco, G. Di Bella, P. Agazzino, G. Dugo, Influence of roasting and different brewing processes on Ochratoxin A content in coffee determined by HPLC- FLD, Food Additives and Contaminants, 2008, 25:10, 1257-1263.

- [46] V. Lo Turco, G. Di Bella, L. La Pera, F. Conte, B. Macrì, G. Dugo, Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl residues in reared and wild *Dicentrarchus labrax* from the Mediterranean Sea (Sicily, Italy), *Environ. Monit. Assess.*, 2007, 132, 411-417.
- [47] Mondello L., A. Cotroneo, G. Errante, G. Dugo, P. Dugo, Determination of anthocyanins in blood orange juices by HPLC analysis, *J. Pharm. Biomed. An.*, 2000, 23, 191-195.
- [48] L. La Pera, M. Saitta, G. Di Bella, G. Dugo, Simultaneous determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II), and Zn (II) in Citrus Essential Oils by Derivate Potentiometric Stripping Analysis, *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51, 1125 – 1129.
- [49] La Pera L., Lo Curto R., Di Bella G., Dugo G., Determination of some heavy metals and selenium in Sicilian and Calabrian citrus essential oils using derivative stripping chronopotentiometry, *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53, 5084-5088.
- [50] Dugo G., Pollicino D., Lo Turco V., La fragola: effetti salutistici, VII Congresso Naz. La fragola tra presente e futuro, Marsala, 2009.



## **La tradizione e le grandi trasformazioni alimentari: gli alimenti fermentati (latte e yogurt), i formaggi e le loro peculiarità nutrizionali**

**Maria Luisa Scatassa e Isabella Mancuso**

Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia "A. Mirri" - Palermo

E-mail: [luisa.scatassa@izssicilia.it](mailto:luisa.scatassa@izssicilia.it)

**Abstract.** Fermented dairy products have raised great interest for their potential positive effects on human health; among the "beneficial" products are important those based on fermented milk obtained from pure homofermentative thermophilic microorganisms cultures. The health advantages are due to the presence of probiotics, live microorganisms that confer a health benefit on the host and, when administered in adequate amounts, promote proliferation and the equilibrium of gastrointestinal microbiota. Nutritional and health properties are widely variable depending on the specific products and individual response, as a consequence it is advisable to follow rigorous scientific studies before linking consumption of a given product with a beneficial effect on the organism. Investigations on nutritional properties of dairy products are been extended to indigenous traditional products that, due to their manufacturing procedure, show large concentrations of dairy microorganisms; thus allowing a cultural and scientific reevaluation of these products possessing a very good nutritional quality connected to the use of "raw milk" from pasture fed animals, to the natural fermentation processes and to the presence of the potentially beneficial indigenous microflora.

**Sommario.** I prodotti fermentati hanno suscitato un grande interesse per i potenziali effetti benefici sulla salute umana. Numerosi studi sono stati condotti per approfondire le conoscenze in questo settore che ha portato grandi trasformazioni nell'industria alimentare e sul ruolo dell'alimentazione quale mezzo per migliorare lo stato di salute e di benessere. Fra gli alimenti considerati "benefici" per la salute spiccano i prodotti a base di latte fermentato ottenuti da colture pure di microrganismi omofermentanti termofili e, a volte, mesofili. I loro vantaggi salutistici sono dovuti alla presenza di "probiotici", microrganismi vivi che dopo ingestione in numero adeguato promuovono la proliferazione e l'equilibrio della flora batterica intestinale con ripercussioni sull'intero organismo. Le proprietà nutrizionali e salutistiche presentano comunque una grande variabilità in funzione dei prodotti e della specifica risposta individuale, in conseguenza di ciò il legislatore comunitario e nazionale ha previsto il rispetto di rigorosi studi scientifici prima di poter collegare l'assunzione di un dato alimento ad un effetto benefico sull'organismo. Gli studi sulle proprietà nutritive dei prodotti lattiero caseari sono stati estesi ai prodotti tradizionali che per la loro tecnologia di caseificazione presentano alte concentrazioni di microrganismi lattici, ciò ha permesso una rivalutazione culturale e scientifica di questi prodotti che presentano una ottima qualità nutritiva legata all'utilizzo di "latte crudo" proveniente da animali alimentati al pascolo, ai processi fermentativi naturali ed alla presenza di una flora microbica caratteristica potenzialmente benefica.

### **11. I lattici fermentati**

Dall'inizio del 1900 i prodotti a base di latte fermentato già presenti nella tradizione alimentare di molti paesi hanno suscitato un grande interesse per i potenziali effetti benefici sulla salute umana. Da allora sono stati condotti diversi studi per l'approfondimento di queste tematiche che hanno portato grandi trasformazioni



nell'industria alimentare e sul ruolo dell'alimentazione quale mezzo di prevenzione delle malattie dismetaboliche croniche.

Il latte fermentato è ottenuto dalla coagulazione del latte, senza sottrazione di siero come avviene invece nella produzione dei formaggi. La coagulazione si realizza per azione esclusiva di microrganismi, caratteristici di ciascun tipo di latte fermentato, che devono mantenersi vivi e vitali fino al momento del consumo.

Sulla base dei microrganismi presenti e dei prodotti di fermentazione, si possono distinguere:

- lattici acidi termofili: con produzione a 37- 45°C di acido lattico (es. Yogurt)
- lattici acidi mesofili: con produzione a 20 - 30°C di acido lattico (Filmjolk e Langfil -Svezia, Ymer – Danimarca, Skyr – Islanda)
- lattici acido- alcolici: con produzione a 15-25°C di acido lattico, alcool e CO<sub>2</sub> (Kefir, Gioddu, Kos, Mazun, Koumis e Lait champagnisé)

Fra questi l'unico prodotto della tradizione alimentare italiana è il *Gioddu*, latte fermentato acido-alcolico prodotto in Sardegna a partire da latte di pecora di razza Sarda o da latte di capra.

Il *Gioddu*, detto anche *Miciuratu*, *Mezzoraddu* o *Latte Ischidu* "latte sveglio", viene preparato a livello artigianale utilizzando fermenti "autoctoni" ed ha origini antichissime. Ha una consistenza superiore a quella dello yogurt vaccino e risulta più cremoso. Il colore è bianco traslucido, il sapore acidulo, odore ed aroma sono legati al tipo di latte (di capra o di pecora) e variano secondo le stagioni e il tipo di pascolo. Uno studio condotto presso la facoltà di Agraria dell'Università di Pisa analizzando un campione di Gioddu proveniente da Buddusò (SS) ha permesso di isolare 284 batteri lattici che, attraverso l'analisi regione V3 del gene 16S rDNA (PCR-DGGE), sono stati identificati in otto profili diversi appartenenti alle specie *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Staphylococcus* spp (Rizziello, 2008).

## 2. I Probiotici

Negli ultimi 20 anni, sono stati prodotti molti altri tipi di lattici fermentati definiti "non tradizionali" a partire da colture pure, in genere di microrganismi omofermentanti termofili. Queste colture sono utilizzate a volte singolarmente, a volte in associazione fra loro o con ceppi mesofili. A questo tipo di prodotti sono stati accreditati particolari vantaggi tradizionali o salutistici dovuti alla presenza di "probiotici".

Il termine "probiotici" deriva dal greco "pro-bios" e si contrappone per la sua funzione al termine "antibiotico". Secondo la definizione adottata dalla FAO/OMS del 2001, i probiotici sono microrganismi che ingeriti in quantità adeguate sono in grado di esercitare funzioni benefiche per l'organismo.

I primi studi sui fermenti lattici si devono a Ilya Metchnikoff (1845-1916) che nel 1882 lasciò il suo paese natale l'Ucraina, per trasferirsi all'Istituto Pasteur di Parigi, dove mise in evidenza l'azione positiva dei prodotti fermentati sulla flora intestinale. Metchnikoff studiò la vita e le abitudini alimentari dei pastori caucasici, scoprendo quanto fosse largamente consumato il latte fermentato nella loro abituale alimentazione e iniziò a porre in relazione il tipo di alimentazione con la salute umana. Gli studi di Metchnikoff ebbero un grande risvolto pratico, in Francia nel 1906 la società "Le Fermente" iniziò a commercializzare un latte fermentato "Lactobacilline" prodotto con ceppi batterici selezionati dallo stesso Metchnikoff e nel 1925 il termine "yoghourt" entrò nel dizionario "Petit Larousse". Grazie al contributo di Metchnikoff si estese, anche in occidente, la conoscenza dei fermenti lattici che anticipò l'era dei probiotici, prebiotici e alimenti funzionali.

Il bersaglio diretto dell'azione dei probiotici è l'intestino, ma indirettamente ne beneficia l'intero organismo; la loro funzione è promuovere la proliferazione e l'equilibrio del *microbiota* (flora batterica intestinale).

### 2.1. Il microbiota intestinale

Il *microbiota* intestinale è un ecosistema che ospita una popolazione batterica costituita da milioni di miliardi di batteri appartenenti a circa 400 specie ed innumerevoli ceppi. È a stretto contatto con la mucosa intestinale che costituisce, dopo quella respiratoria, la più grande superficie libera del nostro organismo, essendo pari a circa 250-400 m<sup>2</sup>. La distribuzione quantitativa dei batteri nel tratto gastro-enterico non è omogenea, nello stomaco in relazione alla presenza di un basso pH si ritrovano concentrazioni <10<sup>3</sup> batteri/g, nell'intestino tenue, in relazione alla velocità del transito intestinale e alla presenza di secrezioni fra 10<sup>2</sup>-10<sup>7</sup> batteri/g ed infine le maggiori concentrazioni (10<sup>10</sup>-10<sup>12</sup> batteri/g) si ritrovano nell'intestino crasso. Il *microbiota* e la mu-

cosa, insieme al muco, formano la cosiddetta "barriera mucosa", importante sistema di difesa nei confronti dei fattori potenzialmente immunogenici o patogeni presenti nel lume, che influenza in modo significativo lo sviluppo ed il funzionamento del sistema immunitario e favorisce la resistenza alla colonizzazione dei patogeni. L'interfaccia epiteliale, infatti, separa il lume, contenente i microrganismi ed i residui dell'alimentazione e delle secrezioni organiche (salivari, gastriche, pancreatiche, biliari, intestinali), dal sistema immunitario specifico associato alla mucosa (GALT). L'interazione fra i probiotici e le cellule epiteliali intestinali induce la sintesi di heat shock proteins (hsp) con funzione citoprotettiva. Le cellule epiteliali intestinali, infatti, quando sono sottoposte a stress (termici, osmotici, ossidativi) mettono in azione un sistema di "tolleranza allo stress" basato sull'induzione delle cosiddette heat shock proteins cellulari. Tali meccanismi contribuiscono a mantenere efficienti le tight junctions, proteine occludenti che impediscono il passaggio di materiali fra una cellula e l'altra, promuovendo così l'effetto barriera. Ciò permette una modulazione dei sistemi di segnalazione infiammatoria e, in presenza di stimoli pro-infiammatori, alcuni probiotici modulano la risposta attivando gli appositi sistemi di segnalazione (es. influenzando la degradazione di NFκB, e stimolando NFκB che incrementa la secrezione di specifiche citochine). Altre azioni esplicate dai probiotici sono la regolazione dell'apoptosi (morte cellulare programmata) con l'attivazione di proteine anti-apoptotiche e la modulazione del sistema di segnalazione dei macrofagi (Aureli et al., 2010).

#### *Come si forma il microbiota?*

Alla nascita il tratto gastrointestinale è sterile, ma sviluppa rapidamente una microflora che varia in base al tipo di parto, alimentazione nel periodo neonatale e infantile, uso di antibiotici ecc. (Matsuki et al, 1999). L'alimentazione neonatale gioca un ruolo di primo piano nello sviluppo microbico, infatti il latte materno contiene fattori "bifidogenetici" che facilitano l'attecchimento e crescita di bifidobatteri (*B.bifidum*, *longum*, *infantis*) microrganismi anaerobi Gram+; il latte vaccino o quello adattato spostano l'equilibrio a favore di batteroidi (anaerobi Gram-), *E.coli* ed enterobatteri.

Nel complesso i fattori che influenzano il microbiota possono essere distinti in:

*Fattori umani* (regime alimentare, utilizzo di farmaci, ambiente geografico ed etnico, stress fisico ed emozionale, disponibilità di substrati, età, attività fisica ecc.)

*Fattori interni* (legati al singolo organismo come il pH e il potenziale redox (lume vs. mucose), la cinetica enzimatica, la presenza e composizione dei fluidi enterici, di immunoglobuline secretorie IgA, muco, lisozima, motilità intestinale/peristalsi e la competizione ed interazione microbica.

#### *2.2. Effetti benefici e nutrizionali "potenziali" dei batteri lattici*

Gli effetti benefici e nutrizionali "potenziali" dei batteri lattici possono essere sintetizzati in :

- aumento del valore nutrizionale dei prodotti alimentari legati alla produzione microbica di lipasi e proteasi, produzione di vitamine gruppo B e sintesi acidi grassi essenziali;
- miglioramento della digestione del lattosio (convertono il lattosio in acido lattico);
- ruolo di protezione mucosa a livello del tratto intestinale e urogenitale per colonizzazione e mantenimento della microflora normale, interferenza microbica ed attività antimicrobica ed esclusione competitiva dei microrganismi indesiderati
- immunomodulazione e immunostimolazione con effetti preventivi in alcune patologie associate a disequilibri del sistema immunitario (allergie, malattie infiammatorie croniche intestinali, colite ulcerosa, morbo di Chron, infezioni del tratto urinario, malattie cutanee, eczema, acne ecc..)
- deconiugazione degli acidi biliari
- riduzione del colesterolo
- prevenzione tumori (attraverso l'eliminazione di sostanze potenzialmente cancerogene, inibizione della carcinogenesi, riduzione dell'attività di tossine)
- miglioramento dell'equilibrio ormonale per eliminazione di parti di ormoni in eccesso (es. estrogeni)

A fronte di questa serie di effetti benefici riportati in diversi studi ma non sempre accettati dalla comunità scientifica Internazionale (EFSA), la risposta del singolo organismo all'assunzione ai probiotici è legata a diversi fattori. Fra questi si distinguono:

- *fattori relativi all'ospite* fra cui la composizione della flora endogena legata alla presenza o assenza di ceppi competitivi, l'età, lo stato di salute e il dosaggio, infatti, la colonizzazione permanente di una specie microbica è alquanto improbabile, spesso gli effetti benefici scompaiono alla sospensione dei probiotici ed alcuni soggetti possono reagire male e presentare diarrea.
- *fattori legati al prodotto*: vitalità del ceppo e condizioni di fabbricazione, è importante che vi sia una caratterizzazione tassonomica perché si assiste a notevoli variazioni degli effetti dei ceppi all'interno di una stessa specie, un solo ceppo ha poche probabilità di possedere tutti gli effetti desiderati così come non tutti i ceppi di una stessa specie posseggono le proprietà desiderate.

### 2.3 Utilizzo dei Probiotici

Un microrganismo per essere utilizzato "industrialmente" come probiotico deve possedere alcune caratteristiche funzionali fra cui l'assenza di patogenicità e tossicità, un'esatta classificazione tassonomica, capacità di crescita intestinale, resistenza alla barriera gastrica e agli acidi biliari, assenza di attività enzimatica nociva, stabilità genetica, buone proprietà tecnologiche ed organolettiche, buona vitalità, capacità di colonizzazione intestinale, eventuale produzione di batteriocine, immuno-modulazione, attività antitumorale e anti-diarroica e influenza sul metabolismo intestinale.

I principali ceppi batterici utilizzati come probiotici sono:

- *Lactobacillus* gruppo *acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri*, *L. plantarum*
- *Bifidobacterium* ("*Lactobacillus bifidus*") *B. longum*, *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. adolescentis*, *B. breve*, *B. animalis*
- *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, microrganismi utilizzati per la preparazione dello yogurt che hanno la capacità di passare la barriera gastrica
- *Lactococcus lactis*
- *Saccharomyces boulardii* (un lievito)
- *Enterococcus*
- *Escherichia coli* (alcuni ceppi)
- *Bacillus species*

La scelta dei batteri lattici da utilizzare come probiotici è stata determinata dal fatto che questi microrganismi molto raramente sono stati associati ad infezioni umane (crescita opportunistica), hanno origine endogena, nessun caso di infezione è stato causato dall'ingestione di alimenti fermentati, nessun effetto clinico indesiderato è stato associato all'assorbimento di alte quantità di batteri lattici. Un solo gruppo è considerato a basso rischio: gli enterococchi che sono stati qualche volta associati a malattie nosocomiali.

### 2.4. I Prebiotici e i Sinbiotici

Secondo la definizione proposta da Gibson e Roberfroid nel 1995, i *prebiotici* sono sostanze non digeribili di alcuni alimenti (frutta e ortaggi) che stimolano l'azione benefica sull'ospite promuovendo la crescita di una o più specie batteriche considerate utili per l'uomo.

I prebiotici sono costituiti da fibre idrosolubili, non gelificanti la cui proprietà è quella di favorire nel colon lo sviluppo del *microbiota*, fra queste ritroviamo i polisaccaridi non amidacei o beta-glucani, i fructani, gli oligofruttosaccaridi (FOS) come l'inulina e i galatto-oligosaccaridi (GOS)

Il termine *sinbiotici* definisce una "mistura" tra probiotico e prebiotico la cui azione è sinergica sulla salute umana. Questi mirano al miglioramento della sopravvivenza del microrganismo probiotico, in quanto rendono immediatamente disponibile il substrato fermentescibile necessario alla colonizzazione nell'intestino del microrganismo.

### 2.5. Gli Alimenti funzionali

Gli alimenti funzionali sono uguali per aspetto, colore e sapore agli analoghi alimenti tradizionali e possono essere definiti tali se dimostrano, in maniera soddisfacente, di avere effetti positivi su una o più funzioni specifiche sull'organismo che vadano oltre gli effetti nutrizionali normali, in modo tale che sia rilevante per il miglioramento dello stato di salute e di benessere e/o per la riduzione del rischio di malattia.

Fra questi ritroviamo: margarina e formaggio da spalmare a base di grassi vegetali che determinano una riduzione dell'assunzione del colesterolo; uova o latte arricchiti in acidi grassi essenziali omega-3 per ridurre il rischio di infarto; cereali arricchiti in acido folico per ridurre il rischio nascita bambini con spina bifida; pane, barrette di Muesli arricchiti con isoflavoidi per ridurre il rischio di cancro e malattie cardiovascolari ecc..

### *2.6 Il mercato dei probiotici*

Questa tipologia di prodotti ha acquisito negli anni una fetta sempre più grande di mercato; il fatturato mondiale per i probiotici previsto per l'anno 2014 raggiungerà i 23,1 miliardi di euro. In Italia gli alimenti funzionali e gli integratori generano un business di 2,6 miliardi di euro, in aumento da oltre un triennio (dati Nielsen, 2009).

Il mercato dei probiotici e prebiotici ha iniziato ad interessare anche il settore del latte per la prima infanzia: sono stati messi in commercio lattini formulati arricchiti con probiotici (*Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus reuteri*, *Streptococcus thermophilus*) o oligosaccaridi prebiotici "che mimano l'effetto bifidogeno fisiologico del latte materno" sulla base di studi scientifici condotti su bambini prematuri (Boehm et al., 2002) e nati a termine (Moro et al., 2002) che hanno dimostrato un aumento di escrezione fecale di Bifidobatteri e Lattobacilli e un miglioramento di pH e consistenza delle feci.

## **3. La legislazione**

Per regolamentare il settore delle informazioni salutistiche da fornire ai consumatori, negli ultimi anni la Comunità Europea ha emanato dei regolamenti.

Il Reg. (CE) 1924/2006 del 20/12/06 relativo alle indicazioni nutrizionali e sulla salute fornite sui prodotti alimentari permette l'uso delle indicazioni nutrizionali solo se si dimostra che la presenza, assenza o contenuto ridotto di una sostanza ha un effetto nutrizionale sulla base di studi scientifici, che la sostanza nutritiva sia utilizzabile dall'organismo, che la quantità ragionevolmente consumabile ne fornisca una quantità significativa e che l'indicazione sia comprensibile dal consumatore medio. L'EFSA (European Food Safety Authority) al fine di poter immettere un prodotto sul mercato che riporti in etichetta le informazioni salutistiche "claims" richiede tutta la documentazione scientifica che dimostri in maniera inequivocabile la relazione fra il consumo del prodotto e l'effetto benefico (artt. 13-16 Reg (CE) 1924/2006) che sarà valutata da un apposito panel di esperti del settore.

Il Ministero della Salute – Dipartimento di Sanità Pubblica Veterinaria, Sicurezza Alimentare e Organi collegiali per tutela salute attraverso la Commissione unica per la dietetica e la nutrizione ha emesso le Linee guida "probiotici" rev. anno 2012. In tale linea guida viene ribadito il concetto che i microrganismi da utilizzare come probiotici devono essere usati tradizionalmente per integrare la microflora intestinale, essere "sicuri" e non portatori di antibiotico resistenza acquisita e/o trasmissibile ed essere attivi a livello intestinale in quantità tale da moltiplicarsi.

E' necessaria l'identificazione di specie e ceppo realizzata attraverso sequenziamento del DNA codificate 16S rRNA o ibridazione di acidi nucleici e tipizzazione PFGE (elettroforesi in campo pulsato), è necessario che la denominazione sia effettuata con nomenclatura tassonomica riconosciuta e che i ceppi siano depositati in Collezioni Internazionali.

Nelle linee guida viene presa in considerazione la quantità microrganismi presenti nei prodotti che, per ottenere temporanea colonizzazione deve essere di circa  $10^9$  cellule vive/ceppo/giorno e la quantità riportata in etichetta deve essere garantita, alle condizioni di conservazione suggerite, per tutta la "shelf life" del prodotto.

E' sottolineato l'aspetto della sicurezza: l'uso di un nuovo ceppo richiede nuova valutazione di sicurezza ed efficacia ed il profilo delle antibiotico-resistenze deve essere determinato per ogni singolo ceppo.

## **4. Le produzioni casearie storiche siciliane**

La Sicilia vanta un patrimonio caseario di altissimo pregio. I prodotti lattiero caseari storici fabbricati con tecnologie tradizionali sono stati riconosciuti "ufficialmente" con il Decreto dell'Assessorato Agricoltura e Foreste della regione Sicilia (D.A. 4492/1998) che permette delle deroghe sull'utilizzo di attrezzature (legno,

rame ecc) o locali di stagionatura tradizionali (cantine, grotte ecc..) Fra i formaggi storici siciliani sono stati inseriti il Ragusano DOP, la Provola Ragusana, il Cosacavaddu Rausanu, il Palermitano, la Vastedda Palermitana, i Caci Figurati, la Provola Siciliana, la Provola dei Nebrodi, la Provola delle Madonne, la Vastedda della Valle del Belice DOP, il Pecorino Siciliano DOP, il Maiorchino, il Piacentinu Ennese DOP, il Picurinu, il Formaggio ri capra, il Padduni, il Canestrato, il Fiore Sicano, la Ricotta Iblea, la Ricotta Infornata e le Ricotte di Vacca, Pecora, Capra, Mista, Salata.

Questi formaggi sono prodotti a partire da latte crudo, cioè non trattato termicamente o pastorizzato, e per la fabbricazione vengono utilizzate attrezzature tradizionali in legno; tutto ciò permette la selezione e sopravvivenza di una flora autoctona specifica per ogni lavorazione e tipologia di formaggio. La complessità e le particolarità dei processi produttivi dei formaggi tradizionali sono state negli ultimi anni oggetto di studio all'interno di tutti i paesi della Comunità Europea a forte tradizione casearia perché solo un approfondimento delle conoscenze dei processi produttivi e della loro influenza sull'evoluzione della flora microbica permette una caratterizzazione dei formaggi e una valutazione dell'eventuale rischio microbiologico da associare ai prodotti.

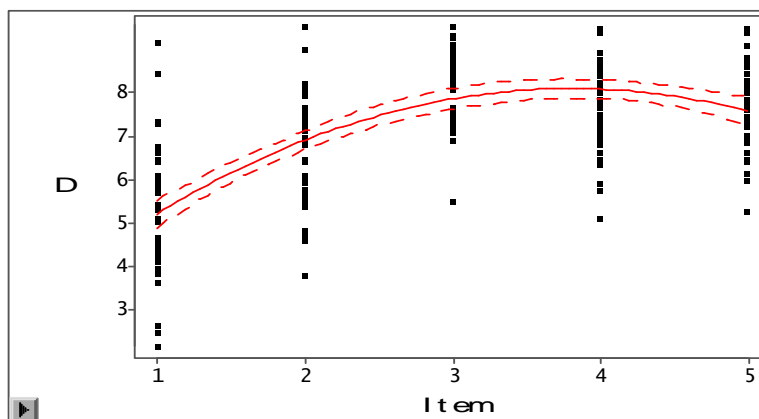
Gli autori riportano gli studi e sperimentazioni eseguite presso il Centro Latte e Lotta alle Mastiti dell' Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia per valutare i processi produttivi ed il profilo igienico – sanitario di alcuni formaggi siciliani come il Pecorino Siciliano, la Vastedda della valle del Belice e il “Caciocavallo Palermitano”.

La *Vastedda della valle del Belice*, che ha ottenuto la DOP nel 2010, è un formaggio ovino a latte crudo e a pasta filata, caratteristiche che lo rendono unico in tutta l'Europa. Gli studi per caratterizzare il prodotto sono stati condotti in otto caseifici aziendali monitorando 48 processi produttivi (Scatassa et al., 2007 e 2011). In sintesi è un formaggio a coagulazione presamica, acidificazione naturale e successiva filatura. Si consuma fresco o, se conservato sottovuoto, entro 90gg. In tabella 1 sono riportate le fasi del processo produttivo.

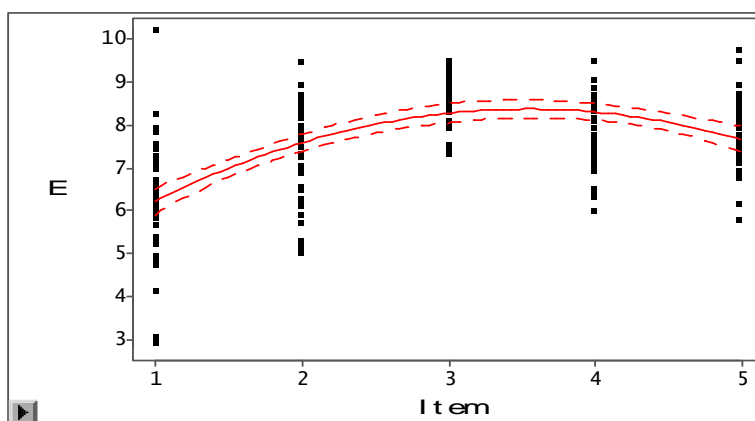
**Tabella 1.** Parametri processo produttivo formaggio Vastedda della Valle del Belice.

Parametri	Media	SD
pH latte	6.7	0.1
Caglio (g)	55	27
Temperatura di coagulazione (°C)	38.3	3.2
Tempo di coagulazione (min)	33	16
Aggiunta acqua (%)	8	8
Temperature acqua (°C)	76.7	13.1
Durata acidificazione time (h)	26	16
Pasta prima della filatura pH	5.2	0.2
Temperatura acqua filatura (°C)	77.2	10.6
Asciugatura (h)	12	7
salamoia (h)	1.7	0.9
pH formaggio Vastedda	5.3	0.2

Dal punto di vista microbiologico questo formaggio si caratterizza per le elevate concentrazioni ( $10^5$ -  $10^8$  ufc/g) di Lattobacilli (figura 1) e Lattococchi mesofili (figura 2) presenti già nel latte (item 1) e che aumentano durante il processo produttivo sia nella cagliata (item 2), nella pasta prima e dopo la filatura (item 3 e 4) per poi diminuire leggermente nel prodotto finito (item 5).

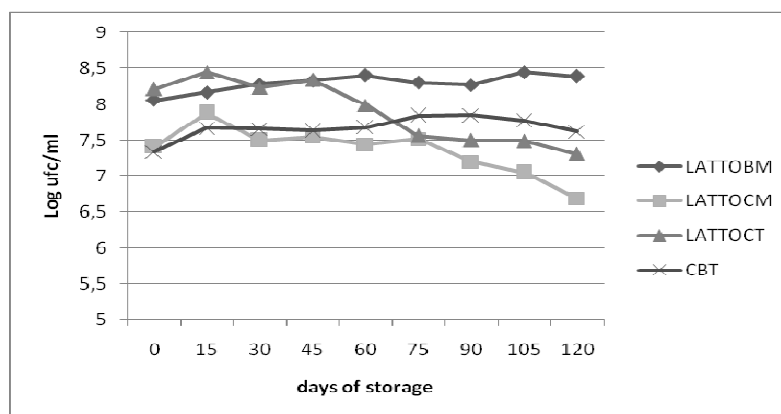


**Figura 1.** Andamento dei Lattobacilli durante il processo di lavorazione ( $R^2=0.46$ )



**Figura 2.** Andamento dei Lattococchi mesofili durante il processo di lavorazione ( $R^2=0.35$ )

La flora lattica, che conferisce le interessanti proprietà nutrizionali, si mantiene viva e vitale e ad alte concentrazioni ( $10^{8.5} - 10^{6.5}$  fc/g) durante tutta la shelf life del prodotto (figura 3)



**Figura 3.** Andamento dei Lattobacilli (LATTOBM), Lactococchi mesofili (LATTOCM) e termofili (LATTOCT) e della Carica Batterica Totale (CBT) durante 120 gg di conservazione



Le alte concentrazioni di flora lattica competono con l'eventuale presenza di microrganismi patogeni. In uno studio condotto presso il caseificio sperimentale dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sicilia è stato dimostrato come il processo di caseificazione sia in grado di inibire la crescita e la sopravvivenza di alcuni patogeni come *Salmonella spp.* e *Listeria monocytogenes* aggiunti al latte prima della caseificazione. (Scatassa et al., 2009)

Il "Caciocavallo Palermitano" è un formaggio vaccino a latte crudo, a pasta filata e dalla caratteristica forma a parallelepipedo; viene prodotto prevalentemente con latte di bovina Cinisara, razza autoctona di notevole rusticità. La composizione e le caratteristiche nutrizionali e aromatiche sono espressione di una realtà zootecnica costituita da piccole aziende a conduzione familiare con alimentazione degli animali al pascolo che viene integrato, nel periodo estivo ed invernale, da una ridotta quota di fieno e cruscami. Per la caratterizzazione del prodotto, necessaria per l'ottenimento della DOP, sono state condotte diverse indagini per definire le caratteristiche del latte utilizzato, i parametri produttivi e tecnologici nonché la composizione chimico-fisica e nutrizionale. (Giosuè et al., 2010; Scatassa et al., 2012). Nella tabella 2 è riportata la composizione merceologica (grasso, proteine, cloruri, solidi totali e umidità) determinati tramite uno strumento a tecnologia NIT: il FoodScan™

**Tabella 2.** Parametri merceologici formaggio "Caciocavallo palermitano".

Parametri		Media	ds	Max	Min
Grasso %	tq	28.05	2.57	36.06	24.38
	ss	43.79	2.61	51.77	37.50
Proteine %	tq	29.67	2.27	34.62	25.38
	ss	46.44	2.65	52.4	36.43
Cloruri %	tq	3.11	0.90	5.13	1.45
	ss	4.84	1.28	7.47	2.38
Solidi totali %		63.99	3.64	73.45	55.8
Umidità %		36.26	3.65	44.2	26.55

Il *Pecorino siciliano* è un formaggio di antica tradizione, le cui tracce risalgono al periodo greco classico, riconosciuto a denominazione d'origine già con il DPR 1269 del 30/10/1955 successivamente integrato con il DPR del 3/10/1993 che prevede un periodo minimo di stagionatura di 4 mesi.

Attualmente, in Sicilia, sotto la denominazione di "pecorino" vengono compresi una serie di formaggi ottenuti da latte crudo ed intero di pecora, aventi caratteristiche tecnologiche simili a quanto riportato per il pecorino siciliano DOP ma commercializzati freschi con la denominazione di Tuma e Primo sale o con periodi di stagionatura inferiori ai 4 mesi.

Il pecorino siciliano è prodotto esclusivamente con latte crudo di pecora intero, coagulato con caglio d'agnello o capretto, a pasta semicotta. Nella tabella 3 e nelle figure da 4 ad 8 sono riportati i risultati di un'indagine condotta in tre caseifici della zona dei Monti Sicani (Scatassa et al., 2005).

**Tabella 3.** Parametri processo produttivo formaggio "Pecorino Siciliano".

Parametri	Media	SD
caglio artigianale (g/100l)	39,1	20
caglio industriale (g/100l)	54	20
Temperatura di coagulazione (°C)	33,6	2,4
Tempo di coagulazione (min)	40,5	16
pH cagliata	6,61	0,11
Aggiunta acqua (%)	15,8	5,6
Temperature acqua (°C)	78,6	17
Rottura cagliata (mm)	1,06	0,5
Tempo di sedimentazione (min)	4	3,2

Cottura sotto scotta (h)	6,7	2,6
Temperatura scotta (°C)	70	4,4
salamoia (h)	28	5

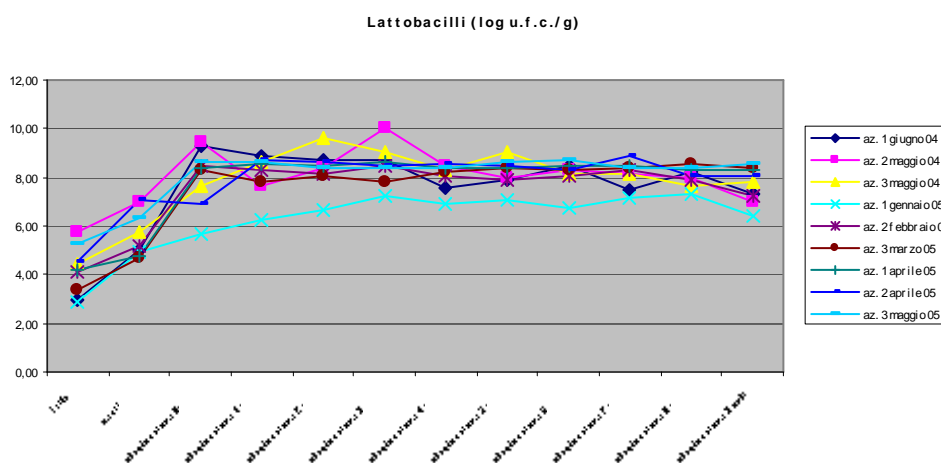
Il formaggio (Tabella 4), grazie all'utilizzo di latte proveniente da animali allevati al pascolo e alla tecnologia di produzione presenta buone caratteristiche qualitative e un buon contenuto di acidi grassi insaturi riscontrati maggiormente nel periodo primaverile (Aprile) che è da porre in relazione ad una più abbondante disponibilità foraggera dei pascoli. Per lo stesso motivo, gli acidi grassi della serie ω-3 e ω-3 presentano un incremento dal mese di febbraio al mese di giugno (Scatassa et al., 2006).

**Tabella 4.** Medie stimate della composizione acidica del grasso in formaggio pecorino siciliano distinte per mese di produzione (g/100 g di grasso).

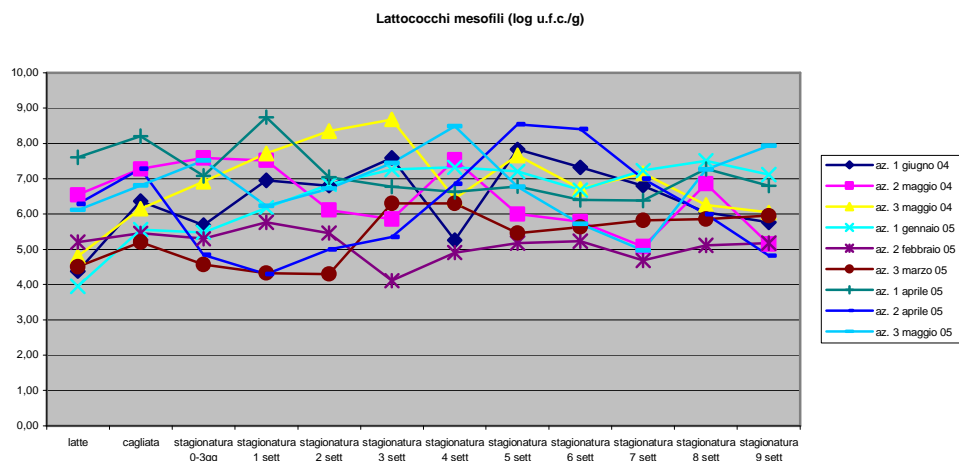
	Febbraio	aprile	giugno
AG saturi	64,83 A	61,98 B	60,62 B
AG monoinsaturi	17,79 A	23,39 C	24,57 B
AG polinsaturi	2,95 A	2,86 A	3,62 B
Colesterolo (mg/100g)	264,68 A	267,84 A	280,07 B
Σ ac. grassi ω-6	1,47 A	1,71 C	2,03 B
Σ ac. grassi ω-3	1,49 A	1,48 C	1,59 B
CLA	0,05 A	0,17 C	0,21 B
ω6 + CLA / ω 3	1,05 A	1,66 C	1,45 B

Sulla riga lettere differenti maiuscole indicano differenze per  $P \leq 0,01$

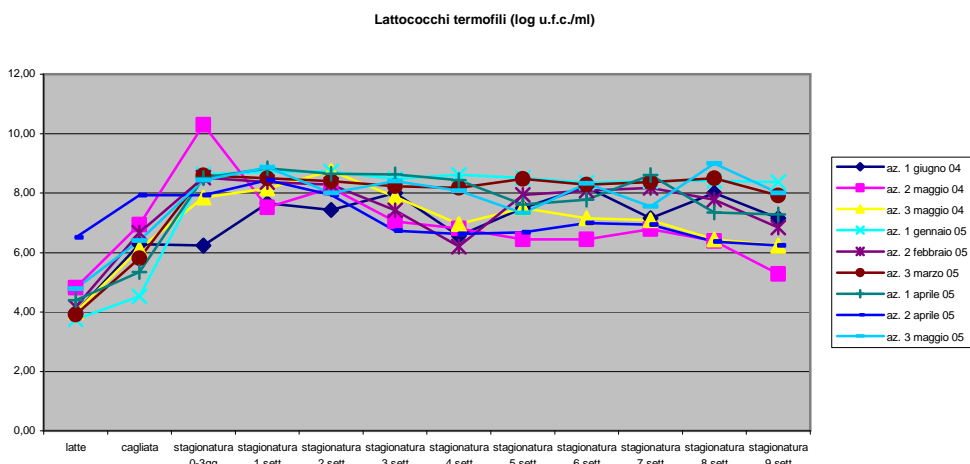
L'indagine condotta durante la lavorazione e nelle prime nove settimane di stagionatura ha permesso di riscontrare elevate concentrazioni ( $10^7$ - $10^9$  ufc/g) di lattobacilli (figura 4), lattococchi mesofili (figura 5) e lattococchi termofili (figura 6), le flore autoctone caratteristiche sono presenti già nel latte crudo e vengono selezionate ed arricchite durante le fasi di lavorazione.



**Figura 4.** Lattobacilli mesofili (log ufc/g)

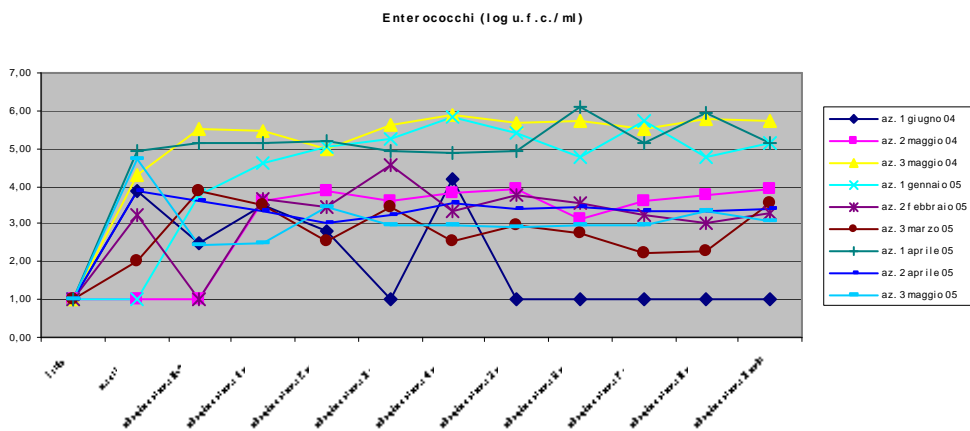


**Figura 5.** Lattococchi mesofili (log ufc/g)



**Figura 6.** Lattococchi termofili (log ufc/g)

Fra gli altri microrganismi isolati ritroviamo gli enterococchi (figura 7), in alcuni lotti Coliformi totali (figura 8) e in altri stafilococchi coagulasi positivi che scompaiono entro le prime settimane di stagionatura.



**Figura 7.** Enterococchi (log ufc/g)

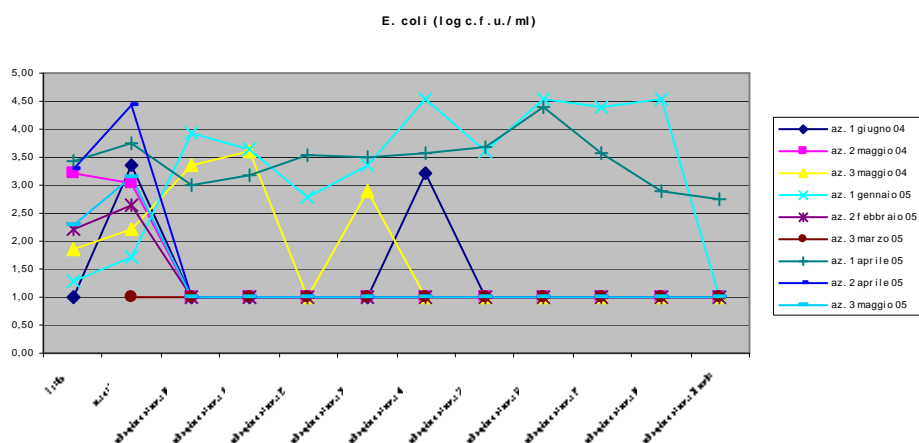


Figura 8. Coliformi totali (log ufc/g)

I ceppi lattici isolati nel corso delle indagini sui formaggi siciliani appartengono ai generi: *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* e *Pediococcus*. Ulteriori studi per approfondire le conoscenze sulle flore lattiche autoctone riguardano la messa in evidenza di batteriocine, molecole proteiche dotate di attività inibente. Infatti, alcuni ceppi lattici producono sostanze con attività inibente la crescita di alcuni microrganismi patogeni. Queste ceppi potrebbero essere utilizzati sia come bioconservanti al fine di controllare e contenere la flora microbica indesiderata responsabile di intossicazioni o tossinfezioni alimentari e/o di alterazioni nei formaggi sia per migliorare le caratteristiche qualitative intrinseche del prodotto stesso.

Per verificare l'eventuale presenza di batteriocine si usa la metodica "spot-on-the-lawn" (Fiore et al., 2011) che evidenzia un alone di inibizione nei confronti del microrganismo saggiato. Si impiegano ceppi ATCC di *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. Sui formaggi siciliani sono in corso diverse indagini, sinora è stato isolato un ceppo di *Lactococcus lactis* produttore di sostanze inibenti contro *Listeria monocytogenes* (Reale et al., 2006).

## 5. Conclusioni

L'interesse scientifico ed industriale suscitato dalle flore lattiche quali portatrici di un potenziale effetto benefico per la salute umana ha consentito di arricchire con un profilo salutistico il processo di rivalutazione culturale e scientifica dei prodotti tradizionali. I formaggi tradizionali siciliani rappresentano prodotti di altissimo pregio e qualità nutritive in relazione alla tipologia di alimentazione animale che prevede l'utilizzo di pascoli naturali in zone ancora non contaminate da residui chimici e/o industriali, all'utilizzo di latte crudo ricco di flora lattica autoctona, all'utilizzo di attrezzature in legno su cui si sono selezionate negli anni nicchie microbiologiche utili alla caseificazione, ai processi fermentativi naturali e alla stagionatura in locali che mantengono il giusto rapporto temperatura/umidità necessario alla maturazione dei formaggi. Ciò unito alle nuove tendenze che auspicano una alimentazione più naturale, un consumo di cibi locali, i cosiddetti alimenti a "chilometro zero", potrà ridare vigore e speranza ad una società ed ad una economia che rischiano di essere inghiottite dal mercato globale perdendo qualsiasi capacità produttiva e con essa identità, storia e cultura.

## Bibliografia

- Aureli P., Capurso L., Castellazzi A.M., Clerici M., Giovannini M., Morelli L., Poli A., Pregliasco F., Salvini F., Zuccotti GV (2010). Probiotici e salute stato dell'arte basato sulle evidenze. Sito web. <http://www.nutrition-foundation.it/attivita/doc/Probiotici.pdf>.
- Boehm G, Lidestri M, Casetta p., Jelinek j, Negretti F, Stahl B Marini A (2002). Supplementation of a bovine milk formula with an oligosaccaride mixture increases counts of faecal bifidobacteria in preterm infants. *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal* Ed. 2002; 86:F0-F4.
- Giosuè C, Scatassa ML, Miraglia V. (2010). La lunga marcia è cominciata: degustando si impara. *Caseus* (5/6): 34-36.

- Fiore A., Vilmercati A., Fenicia L., De Medici D., Anniballi F. (2011). Valutazione dell'attività antibatterica delle batteriocine nei confronti di *Cronobacter* spp e Clostridi produttori di tossine botuliniche. XII Conferenza Nazionale di Sanità Pubblica Roma 12-15 ottobre 2011.
- Matsuki T, Watanabe K, Tanaka R et al (1999). Distribution of bifidobacterial species in human intestinal microflora examined with 16S rRNA-gene-targeted species-specific primers. *Appl Environ Microbiol* 65:4506-4512.
- Moro, G.; Minoli, I.; Mosca, M.; Fanaro, S.; Jelinek, J.; Stahl, B.; Boehm, G. (2002). Dosage-Related Bifidogenic Effects of Galacto- and Fructooligosaccharides in Formula-Fed Term Infants. *J. of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2002. 34,291-295.
- Reale S., Vitale F., Scatassa ML, Currò V., Britti D., Carrozzo A., Aglieri G., Caracappa S., (2006). Caratterizzazione di batteri lattici produttori di batteriocine isolati da formaggi tipici siciliani. Atti SIPAOC 2006, 221.
- Rizzello R. (2008). Isolamento e caratterizzazione di batteri lattici del Gioddu. Tesi di Laurea Specialistica in Biotecnologie Alimentari Facoltà di Agraria Università di Pisa. web site: <http://etd.adm.unipi.it/t/etd-01072008-095849/>.
- Scatassa M. L., Costa A., Ciaccio S. P., Di Noto A. M. (2005). Formaggio pecorino siciliano: processo produttivo ed indagine microbiologica. *Atti 13° Congresso Internazionale della Fe.Me.S.P.Rum.* Bari 1-3 settembre 2005, 113.
- Scatassa M.L., Corrao A., Schinelli R., Todaro M., Caracappa S. (2006). Formaggio pecorino siciliano: composizione chimica e profilo acidico. *Atti VIII Congresso Nazionale S.I.Di.L.V.* 2006, 17-18.
- Scatassa ML., Di Noto A.M, Todaro M., Caracappa S. (2007). Vastedda della valle del Belice cheese: production and microbiological investigation. "5<sup>th</sup> International Symposium on The Challenge to sheep and goats milk sectors" 18 – 20 aprile 2007. *Alghero (SS) Book of abstract*, 205.
- Scatassa M.L., Di Noto A.M., Cardamone C., Sciortino S., Todaro M., Caracappa S. (2009). Vastedda della valle del Belice cheese: experimental contamination with *Salmonella* and *Listeria*. spp. *Atti XVII International Congresso Fe.Me.S.P.Rum.* Perugia 27-30 May 2009 – 298-299.
- Scatassa M.L., Cardamone C., Todaro M. (2011). Analysis of microbiological variation in PDO Vastedda della valle del Belice cheese during the storage period". *Proceedings 10<sup>th</sup> International Meeting on Mountain cheese* 14-15 september 2011. Dronero (CN), Italy 87-89.
- Scatassa M.L., Miraglia V., Carrozzo A., Ducato B., Lazzara F., Lo Dico G., Todaro M., Mancuso I. (2012). Determinazione di parametri chimici mediante tecnologia NIR (FoodScan™ Dairy Analyser) in campioni di formaggio "Caciocavallo Palermitano". *Atti XIV Congresso Nazionale S.I.Di.L.V.* Sorrento (NA) 24-26 ottobre 2012, 482-483.

## **Problemi attuali ed emergenti della sicurezza alimentare**

**Roberto Corradini e Rosangela Marchelli**

Università di Parma, Dipartimento di Chimica, Parco Area delle Scienze 17/A, 431245  
Parma

E-mail: roberto.corradini@unipr.it; rosangela.marchelli@unipr.it

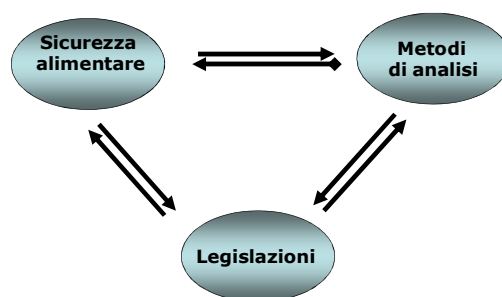
**Sommario.** L'opinione pubblica è sempre più attenta al tema della sicurezza alimentare. A questo hanno contribuito alcune crisi che si sono verificate nel corso degli anni che hanno alzato la soglia di attenzione dei consumatori e di conseguenza delle autorità. A livello europeo, l'istituzione dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) con sede a Parma e la costante attenzione esercitata dal sistema di allerta rapido sugli alimenti e i mangimi (RASFF) sono due degli ausili più importanti per la difesa dei consumatori. In questa relazione sono riassunti alcuni dei temi chiave che riguardano la sicurezza alimentare nei controlli alimentari. In particolare sono descritte le principali tematiche di controllo e di ricerca che riguardano il problema degli allergeni alimentari e i metodi per rivellarli, e delle micotossine, sostanze tossiche presenti in alimenti contaminati da muffe, e delle loro versioni "mascherate" più difficili da rintracciare.

### **1. Introduzione**

La sempre più attenta e consapevole sensibilità dei consumatori verso i temi della sicurezza alimentare hanno determinato un'attenzione sempre maggiore da parte delle Istituzioni pubbliche, nazionali ed europee, al settore alimentare. Nel corso degli ultimi decenni diverse crisi concernenti la sicurezza alimentare hanno turbato l'opinione pubblica e hanno posto al centro dell'attenzione la necessità di una informazione puntuale e controlli severi per garantire gli stessi standard di sicurezza nei vari paesi UE, in modo da garantire la libera circolazione delle merci. Per citare alcuni casi, nei primi anni '90, ad esempio, la diffusione dell'encefalopatia spongiforme bovina (BSE) e la possibilità che questa potesse trasmettersi all'uomo hanno provocato un'allerta di livello europeo che ha messo in crisi il settore di produzione delle carni bovine; la diffusione di pollo con alti livelli di diossina nel 1999 ha provocato il timore nei consumatori e la conseguente crisi del comparto corrispondente; nel 2011 la presenza di *E. coli O104:H4* (resistenti ad alcuni antibiotici) in ortaggi freschi ha provocato la morte di diverse decine di persone e ha scatenato una forte emozione nei media e nell'opinione pubblica, nonché crisi diplomatiche fra diversi paesi UE. Le richieste pervenute ai legislatori europei da parte di consumatori e degli stati membri sono state quelle di istituire una regolamentazione sempre più attenta a livello europeo, che tenesse conto dei problemi attuali e a quelli emergenti della sicurezza alimentare, e di prevedere dei meccanismi di discussione generale e di controllo e allerta che riguardino la Comunità Europea nel suo insieme, pur rispettando l'autonomia dei singoli Stati. Accanto agli organismi internazionali già impegnati sul fronte della difesa della salute pubblica dei problemi legati all'alimentazione globale (WHO e FAO, che insieme hanno stabilito il CODEX ALIMENTARIUS) sono stati istituiti così l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) e il sistema di allerta rapida per alimenti e mangimi (RASFF) che operano specificamente all'interno e per conto della Comunità Europea.

I processi di controllo e l'informazione dei consumatori oggi sono anche facilitati dai progressi notevoli raggiunti dalle metodologie analitiche, sempre più sensibili e selettive, e alla diffusione delle reti informatiche e alle cosiddette "smart technologies" che permettono di rendere disponibili anche da remoto le informazioni sui prodotti, praticamente in tempo reale. Il concetto di sicurezza alimentare poggia perciò su una seria e aggiornata legislazione, corroborata da dati scientifici e su solidi e affidabili metodi di misura, che garantiscono la verificabilità e la tracciabilità dei componenti alimentari (figura 1).





**Figura 1.** La sicurezza alimentare si poggia su una adeguata legislazione e su rigorosi e sempre più potenti metodi analitici di controllo.

## **2. Gli organismi europei e la sicurezza alimentare**

### *2.1. L'Autorità Alimentare Europea (EFSA)*

Il Regolamento (CE) N. 178/2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 28 gennaio 2002 stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) e fissa le procedure nel campo della sicurezza alimentare [1]. L'EFSA, che ha sede a Parma, è il punto di riferimento dell'Unione Europea per la valutazione del rischio relativamente alla sicurezza degli alimenti e dei mangimi (si veda : <http://www.efsa.europa.eu/it/>). In stretta collaborazione con le Autorità nazionali e in aperta consultazione con gli addetti (stakeholders), EFSA fornisce opinioni scientifiche indipendenti e comunicazioni chiare sui rischi esistenti ed emergenti nel settore alimentare. E' composta da Panel di esperti reclutati da tutti i paesi UE e in qualche caso anche extra-UE e da personale di supporto. I Panel sono preposti a fornire pareri, che vengono resi pubblici, sulla base dei quali, la Commissione Europea, il Parlamento o il Consiglio Europeo emanano nuove leggi o concedono autorizzazioni al commercio e alla pubblicazione dei prodotti alimentari. Il lavoro di EFSA si basa sulle più recenti metodologie scientifiche, le informazioni e i dati disponibili. Le opinioni scientifiche di EFSA forniscono solide basi per le politiche e la legislazione Europee e sono di supporto per i risk managers nel prendere decisioni efficaci e tempestive. A supporto delle attività di valutazione del rischio, EFSA lavora anche per armonizzare le metodologie e le pratiche per la valutazione del rischio in Europa, consolidare le collezioni di dati e analisi europee, promuovere la cooperazione scientifica tra gli Stati Membri, e identificare i rischi emergenti associati alla catena alimentare.

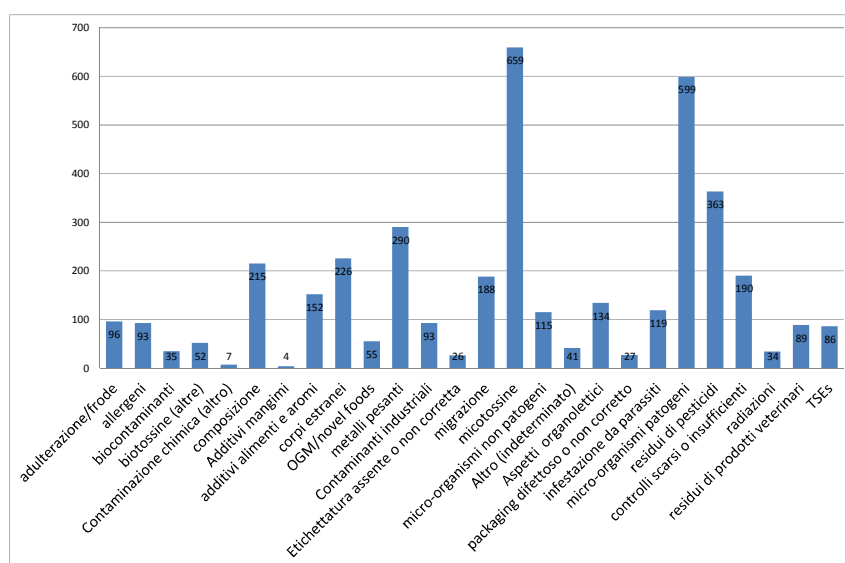
### *2.2. Il sistema di allarme rapido per alimenti e mangimi (RASFF)*

Il regolamento Europeo No 178/2002 [1] all'articolo 50 istituisce il sistema di allarme rapido per alimenti e mangimi (RASFF), che ha come scopo lo scambio di informazioni (notifiche) sui rischi alimentari accertati sugli alimenti e i mangimi nella Comunità Europea o su merci bloccate alla frontiera. Fanno parte di questo sistema i Paesi Membri, la Svizzera, la Norvegia, il Lichtenstein e l'Islanda che sono connessi nella rete di informazioni. La Direzione Generale per la Salute e per i Consumatori della Commissione Europea (DG-SANCO) gestisce il sistema RASFF. Qualora un membro della rete disponga di informazioni relative all'esistenza di un grave rischio, diretto o indiretto, per la salute umana dovuto ad alimenti o mangimi, trasmette immediatamente tali informazioni alla Commissione. La Commissione trasmette immediatamente le informazioni agli altri membri della rete. Il successivo Regolamento EC No 16/2011 [2] stabilisce le procedure per le notifiche, con la classificazione dei casi come: allarme (urgente), informazione, follow up, attenzione.

Ogni anno il DG-SANCO pubblica un rapporto sul numero e la tipologia delle notifiche verificatesi nell'anno precedente, che in qualche modo fotografa la situazione dei problemi alimentari nel suo complesso.

### *2.3 Sicurezza alimentare: il quadro al 2011*

Il dati del rapporto annuale RASFF 2011 sono riassunti in figura 2 [3]. Nel 2011, 3812 notifiche sono state trasmesse attraverso RASFF, delle quali 635 classificate come allarme, 573 come informazioni per il follow-up, 744 come informazioni per attenzione e 1860 come respingimenti alle frontiere. Questo numero rappresenta un incremento del 13.5% rispetto all'anno precedente. Come negli anni precedenti, il più alto numero di segnalazioni sono relative alla presenza di tossine derivanti da muffe (micotossine), anche se questo dato è in calo rispetto agli anni precedenti. La crisi provocata dalla contaminazione da *E. coli O104:H4* ha portato invece ad un brusco aumento delle segnalazioni per contaminazioni da patogeni, che rappresenta quindi la seconda più consistente casistica. In aumento anche il numero di segnalazioni dovute alla presenza di quantità eccessive di pesticidi, dovuto probabilmente ai maggiori controlli operati alle frontiere e alla disponibilità di sistemi di analisi efficaci. Altri casi frequenti sono la presenza di metalli pesanti, di corpi estranei, non corrispondenza alla composizione e controlli giudicati insufficienti. Un altro problema emergente è rappresentato dalla migrazione di sostanze dall'imballaggio verso l'alimento, problema già presente da molti anni, ma che è sottoposto ad una legislazione recente ed è quindi monitorato in misura sempre maggiore negli ultimi anni.



**Figura 2.** Riassunto del numero di notifiche RASFF del 2011 [3].

### 3. Monitoraggio di componenti rilevanti per la sicurezza alimentare e problemi emergenti

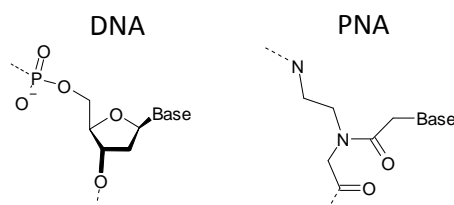
Alcuni temi di grande rilevanza nella sicurezza alimentare sono stati oggetto di numerosi studi volti a rendere le metodologie sempre più efficaci. Da un lato sono state usate apparecchiature moderne e ad uso di specialisti, quali la spettrometria di massa, la risonanza magnetica nucleare e le piattaforme di genomica, che permettono di fornire dati di grande robustezza per studi di ricerca e per risolvere casi particolarmente delicati e controversi, dall'altro sono state sviluppate tecniche sempre più miniaturizzate con procedure estremamente semplificate e materiali di basso costo, e di facile utilizzo, che permettono una valutazione rapida, che possono essere usate on-site per evidenziare materiali contaminati in tempo reale. Alcuni di questi problemi sono stati affrontati nel nostro laboratorio e verranno illustrati in maggior dettaglio.

#### 3.1. Rivelazione rapida di contaminazioni da batteri e virus

Secondo la rilevanza registrata da RASFF, i patogeni rivelati, in ordine di diffusione, sono risultati: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* (in particolare *E. coli O104:H4*), *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* e *Campylobacter*. Un tema emergente è la contaminazione da microorganismi resistenti agli antibiotici. Sempre di più alla tecnica di coltura batterica sono state sostituite tecniche di rintracciabilità molecolare basate su specifici componenti. Le tecniche che rivelano DNA si sono rivelate molto efficaci. Per esempio la colorazione in situ con sonde fluorescenti (Fluorescence in situ hybridization, FISH) che si

appaiano al DNA mediante le interazioni di Watson-Crick, permette di identificare specie batteriche patogeniche presenti nell'acqua potabile nel giro di poche ore [4]. Ancor più potenti sono le tecniche basate sulla rivelazione di DNA mediante amplificazione basata sulla reazione a catena della polimerasi (PCR) o su biosensori e microsistemi integrati [5] e test immunogenici. Negli ultimi tempi si sono sviluppati nuovi metodi di analisi del DNA dei microrganismi (end-point-PCR e Real Time-PCR), che permettono di identificarli con sicurezza e/o di quantificarli. Fra le tecniche basate sulla PCR, la Real Time-PCR è considerata uno standard per la identificazione e quantificazione di tratti genici mediante analisi del DNA e si basa sulla possibilità di analizzare molti campioni contemporaneamente seguendo la formazione di DNA in tempo reale [6]. Tuttavia, accanto a questa tecnica si sono sviluppate altre metodologie che promettono di semplificare ulteriormente le operazioni. Sono stati messi a punto superfici contenenti un gran numero di "sonde" complementari al DNA di interesse (microarrays o DNA chips), che permettono la determinazione simultanea di più organismi; sistemi a più componenti permettono di operare operazioni multiple in un dispositivo miniaturizzato ("lab on a chip"), in grado di estrarre il DNA, amplificarlo e analizzarlo in maniera programmata. Nuove metodologie che evitano la PCR sono recentemente state descritte [7]. L'avvento di metodi avanzati di spettrometria di massa (MALDI, DESI) ha permesso di realizzare una "impronta digitale" dei vari microrganismi dalle componenti presenti sulla loro superficie, che ha permesso di identificare direttamente microrganismi patogeni.

Un discorso nettamente diverso riguarda la presenza di virus patogeni, che è causa delle più comuni gastroenteriti non batteriche. Il più comune di questi è il Norovirus (NoV), che si trasmette per via oro-fecale e la cui dose infettiva è estremamente bassa (1-10 particelle virali sono sufficienti). Non sono rari i casi di infezione collettiva in luoghi pubblici quali ristoranti o scuole, che è spesso dovuta a cibo contaminato (soprattutto molluschi, insalate, frutta, dolci e sandwich. Poiché questo virus non è coltivabile in laboratorio, la sua rivelazione si presenta ancora come una sfida per i ricercatori e a tutt'oggi le azioni più efficaci sono rappresentate dalla prevenzione e la circoscrizione dei casi. Poiché questo virus ha RNA come patrimonio genetico, sono state messe a punto tecniche per la rivelazione basate sulla retro-trascrizione (da RNA a DNA) e amplificazione del DNA risultante. Tecniche di amplificazione isoterma sono state sviluppate allo scopo di permettere la rivelazione in modi e tempi ancor più accessibili. Nel nostro laboratorio è stata messa a punto una metodica basata su sonde altamente efficienti, gli acidi peptido-nucleici o PNA (figura 3) fluorescenti, che permette di amplificare e quindi rivelare questo virus in test relativamente semplici [8]. Lo sviluppo di queste metodiche, e di altre basate sui microarray, dovrebbe rendere questo e altri virus sempre più controllabili.



**Figura 3.** Struttura delle sonde a PNA confrontata con quella del DNA.

### *3.2. Allergeni alimentari*

Le allergie alimentari sono reazioni avverse agli alimenti mediate dal sistema immunitario (IgE-mediate e non IgE-mediate). Le intolleranze alimentari sono invece reazioni non immunologiche, dipendenti da deficienze enzimatiche, reazioni farmacologiche o da reazioni con componenti non noti negli alimenti, ad esempio xenobiotici. La prevalenza delle allergie alimentari nella popolazione generale è stimata intorno all'1-3% negli adulti e al 4-6% nei bambini, per quanto sia difficile avere dei risultati più precisi a causa delle differenze genetiche, etniche, le diverse abitudini alimentari e stili di vita. Le allergie alimentari possono manifestarsi con lievi sintomi o con severe reazioni che possono portare anche alla morte (anafilassi). Al fine di proteggere i consumatori, l'Unione Europea ha introdotto diverse Direttive che riportano i più comuni aller-

geni alimentari, che devono essere indicati in etichetta, quando usati come ingredienti negli alimenti (Direttive 2000/13/EC, 2003/89/EC, 2006/142/EC). La lista, riportata nell'Annesso IIIa della Direttiva 2003/89/EC, aggiornata con la 2006/142/EC, include: latte vaccino, uova, pesce, crostacei, cereali, molluschi, frutta a guscio, arachidi, soia, sedano, senape, sesamo e lupino [9]. Sono state concesse alcune esenzioni all'etichettatura, riportate nella Direttiva 2007/68/EC. Nonostante allergie a frutta e vegetali (pesca, mela, ciliegia, kiwi, pomodoro, spinaci, carota, banana, ecc.) siano note, anche se meno comuni e in genere meno severe, tuttavia questi alimenti non devono essere obbligatoriamente riportati in etichetta. Particolare preoccupazione è destata dagli allergeni "nascosti", cioè allergeni presenti negli alimenti per contaminazione accidentale, dovuta a preparazione industriale sugli stessi impianti usati per preparare prodotti contenenti l'ingrediente allergenico (es. cioccolato fondente/cioccolato al latte/cioccolato alla nocciola, ecc.), uso di strumenti contaminati, ecc. Non esiste una normativa specifica per gli allergeni nascosti, per cui le aziende per tutelarsi indicano in etichetta la frase "può contenere..." oppure "in questa fabbrica si produce anche..." [10]. Queste non sono le soluzioni ottimali per proteggere i pazienti allergici. Un altro problema, strettamente collegato e ancora non risolto, riguarda le "soglie", cioè la dose minima che scatena l'allergia in un individuo sensibilizzato. Tale problema è molto dibattuto nella comunità scientifica ed è attualmente all'attenzione dell'EFSA. Pertanto, è molto importante disporre di metodi di analisi sensibili e specifici per la determinazione degli allergeni negli alimenti [11] (Tabella 1). Gli allergeni sono proteine e, pertanto, i metodi più comunemente usati riguardano la determinazione delle proteine con metodi immunochimici che prevedono l'uso di anticorpi, soprattutto ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay), ma anche metodi rapidi come RIE (Rocket Immuno Electrophoresis), LFD (Lateral Flow Devices) e dipsticks [11]. Questi metodi non prevedono la separazione prioritaria delle proteine, per cui si possono verificare falsi positivi o falsi negativi e possono variare da batch a batch.

**Tabella 1.** Metodi di analisi di allergeni: vantaggi e svantaggi

<i>Metodo</i>	<i>Caratteristiche</i>	<i>Svantaggi</i>	<i>Routine</i>
SDS-PAGE/ImmunoBlot	Qualitativo	Time consuming	N
RIE	Qualitativo	Time consuming	N
ELISA	Sensibile/Quantitativo	A volte aspecifico	Y
Dipstick /Lateral Flow device	Veloce e semplice	Qualitativo	N
Real-Time PCR	Specifico/quantitativo	Laboratori specializzati	Y
Spettrometria di Massa	Specifico	Strumentazione costosa	N
Microarrays	High throughput	Non disponibili commercialmente	N

Al momento ELISA è il metodo più usato per analisi di routine, è abbastanza sensibile e può essere quantitativo qualora si disponga di materiale di riferimento certificato. Un metodo che prevede la separazione preliminare delle proteine e quindi il riconoscimento dell'immunogenicità della proteina mediante immunoblotting con il siero di pazienti allergici o anticorpi mono o policlonali è l'1D e 2D-SDS-PAGE (sodio dodecilsolfato-poliacrilammide gel elettroforesi 1- e 2-dimensionale). Il metodo bidimensionale è molto valido, ma richiede l'identificazione della proteina off-line con la Spettrometria di Massa. Molta attenzione sta ricevendo la Spettrometria di Massa per l'identificazione delle proteine, ma il metodo richiede l'utilizzo di

strumenti costosi, può essere quantitativo con particolari accorgimenti ma non è utilizzato al momento per analisi di routine [12].

Recentemente si sono sviluppati anche metodi di determinazione del DNA dell'alimento allergenico. Non si tratta necessariamente del DNA del gene che esprime la proteina allergenica, ma del DNA specifico dell'alimento (es. nocciola). Il DNA, una volta estratto dall'alimento, viene amplificato mediante end-point o Real-Time PCR (Polymerase Chain Reaction). La Real-Time PCR può essere quantitativa. Le due strategie, analisi delle proteine/analisi del DNA, non sono alternative l'una all'altra, ma sono piuttosto complementari, ad esempio nel caso di alimenti sottoposti a trattamenti tecnologici, quando le proteine allergeniche non sono più nel loro stato nativo e possono non reagire con i metodi immunologici messi a punto con la proteina nativa, il metodo PCR diventa molto utile. Un altro esempio è costituito dal sedano, per il quale non esistono metodi ELISA specifici di determinazione, a causa di una estesa cross-reattività con altre specie vegetali (es. carota), per cui il metodo PCR è d'obbligo. Metodi per la determinazione simultanea di molteplici allergeni sono presenti in letteratura, soprattutto microarrays a base di anticorpi per il riconoscimento delle proteine e microarrays a base di oligonucleotidi per il riconoscimento del DNA. Entrambi i sistemi possono servire per uno screening, ma non sono quantitativi. I metodi quantitativi disponibili sono attualmente in grado di rivelare quantità dell'ordine di 1-10 mg/Kg.

### 3.3. Micotossine e micotossine "mascherate"

Le tossine di origine alimentare possono essere suddivise in: tossine di origine fungina (micotossine), tossine di origine batterica (proteine), tossine di origine marina (ficotossine) e tossine di origine vegetale (fitotossine). Come indicato dal rapporto RASFF, la presenza di micotossine derivanti da muffe ha la maggiore rilevanza fra i casi segnalati [3]. Le micotossine sono composti di origine naturale prodotte dal metabolismo secondario di questi organismi, che normalmente crescono sulle derrate alimentari o direttamente sulle piante in climi caldi e umidi, o a causa dello stoccaggio in condizioni che ne favoriscono la crescita. Diverse classi di micotossine sono note: aflatossine, ocratossine, tricoteceni, zearalenone, fumonisine (Tabella 2). Poiché si tratta di un problema di grande rilevanza, vi sono numerose normative europee che regolano i limiti di legge ammessi per questi composti [13].

**Tabella 2.** Principali classi di micotossine; fonti e rilevanza.

<i>Micotossine</i>	<i>Fonti vegetali</i>	<i>Fonti animali</i>	<b>Notifiche 2011</b>
Aflatossine	Mais, arachidi, pistacchio, noci, semi di cotone, spezie, fichi, uvetta, soia, cereali, kas-sava, legumi	Latte e derivati	585
Ocratossina A	Cereali, caffè verde, uva	Carni suine, latte, formaggio, uova, pesce	35
Tricoteceni	Mais, frumento, orzo	Latte e derivati	11 (DON)
Zearalenone	Mais, frumento, orzo, sorgo	Latte, carne e uova	0
Fumonisine	Mais, orzo	Latte, carne e uova	5

L'assunzione di questi composti può derivare sia da fonti vegetali che animali, in genere derivanti da animali nutriti con mangimi contaminati. Fra queste, la classe più rilevante per la salute umana è costituita dalle aflatossine (figura 4), prodotte da alcuni ceppi di *Aspergillus*, fra cui *l'Aspergillus flavus*, in quanto

questi derivati hanno azione cancerogena e alta tossicità. Essendo fluorescenti, la loro sigla di identificazione dipende dal colore della luce emessa (B: blue, G: green); a sua volta questa dipende dalla struttura molecolare. Nel latte, le aflatoxine si trovano soprattutto sotto forma di metabolita (aflatoxina M1, figura 4). Le loro proprietà spettroscopiche rendono queste sostanze facilmente tracciabili mediante metodi cromatografici con rivelatore di fluorescenza. Tuttavia, data l'importanza di rivelare queste molecole anche in tracce, sono stati messi a punto metodi per innalzarne l'intensità di fluorescenza mediante reazioni specifiche o con la formazione di complessi di inclusione. Metodi messi a punto nel nostro laboratorio, basati sull'inclusione di aflatoxine in ciclodestrine hanno permesso di abbassare i limiti di rivelazione in analisi HPLC.

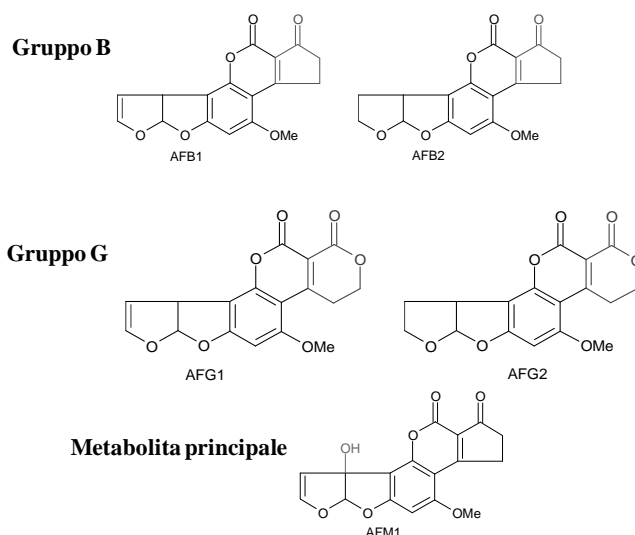


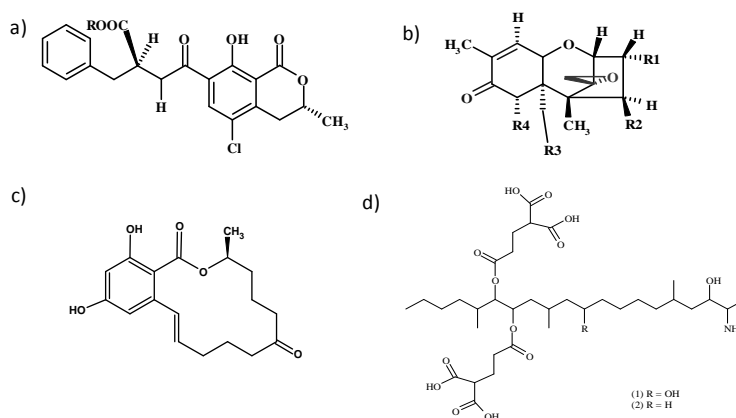
Figura 4. Struttura delle aflatoxine.

Un metodo abbastanza diretto e di facile utilizzo è quello di sviluppare fluorimetri portatili per l'analisi di questi componenti on-site. Altre tecniche molto utilizzate per la rivelazione rapida di aflatoxine sono quelle basate su saggi immunoenzimatici o test basati su anticorpi specifici, sotto forma di strip test, in grado di rivelare in pochi minuti la presenza di aflatoxine in tracce (> 20 ppb). L'analisi quantitativa dei campioni positivi viene successivamente operata mediante metodi spettroscopici o cromatografici. Anche in questo caso la spettrometria di massa, accoppiata all'HPLC permette un'analisi accurata e multi-residuo. Le altre classi di micotossine hanno minor rilevanza sia dai punti di vista dell'incidenza che per la tossicità. L'ocratossina è prodotta da muffe *Aspergillus ochraceus* e *Penicillium verrucosum* e si trova in mais, orzo, frumento, riso, segale, avena, caffè verde e tostato, birra, vino nonché nella carne suina, uova, latte di mammiferi non ruminanti. Quella delle ocratossine è la seconda classe in termini di rilevanza e queste sostanze sono state incluse recentemente nella categoria 2B (possibili cancerogeni) della IARC. La loro rivelazione può essere effettuata con metodi cromatografici e con metodi di immunoaffinità. Di importanza per la coltivazione di mais e cereali sono le tossine prodotte da *Fusarium* (figura 5 b-d): tricoteceni, zearalenone, fumonisine. Mentre nella struttura dello zearalenone è presente un cromoforo che ne permette la rivelazione con metodi spettroscopici e quindi con rivelazione UV, le altre due classi sono visibili soltanto utilizzando reattivi specifici o spettrometria di massa. In particolare la tecnica HPLC-MS/MS ha permesso di recente di ottenere analisi multi-residuo anche in matrici complesse, con risultati quantitativi molto precisi.

Uno dei problemi recentemente messi in evidenza e che ha destato preoccupazione è la presenza di derivati delle tossine stesse non facilmente identificabili come tali, per i quali è stato coniato il termine di "micotossine mascherate", che hanno però il potenziale di rilasciare la tossina una volta ingeriti. Si tratta soprattutto di derivati glicosilati, prodotti da piante che hanno sviluppato resistenza alle muffe, allo scopo di difendersi. La presenza di questi componenti rappresenta una sfida sia per la loro identificazione, sia perché rendono l'analisi della tossina specifica insufficiente a valutare il rischio per la salute. È stato di recente di-



mostrato che alcune di queste tossine possono essere rilasciate dal derivato per azione dei microbi presenti nella flora intestinale.



**Figura 5.** Strutture di base di varie classi di micotossine: a) ocratossina A (OTA); b) tricoteceni di tipo B (che comprendono il deossinivalenolo, DON); c) zearalenone; d) fumonisine.

Per la determinazione strutturale la sola spettrometria di massa non è sufficiente, mentre la tecnica di risonanza magnetica nucleare (NMR) gioca un ruolo fondamentale. Il nostro laboratorio ha contribuito all'identificazione di alcune di queste tossine mascherate mediante tecniche NMR avanzate e ha così permesso di conoscere con certezza la composizione dei nuovi standard di riferimento per le analisi [14]. Un caso particolarmente interessante è costituito dal cosiddetto "paradosso delle fumonisine", in quanto la tossicità tipica di questi composti si è riscontrata in campioni che all'analisi non mostravano elevate quantità di fumonisine. Tuttavia, dopo alcuni trattamenti chimici, è possibile evidenziare il rilascio di queste sostanze dalla matrice. Sebbene il meccanismo di "mascheramento" non si ancora del tutto chiarito, sembra essere dovuto ad associazione, mediante legami non-covalenti molto forti, ai componenti della matrice alimentare.

## Bibliografia

- [1] Regolamento (CE) N. 178/2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio/28 gennaio 2002. Principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità Europea per la sicurezza alimentare e fissa procedure nel campo della sicurezza alimentare Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 31/1-1.2.2002.
- [2] Regolamento (CE) N. N. 16/2011 della Commissione del 10 gennaio 2011-Disposizioni di applicazione relative al sistema di allarme rapido per gli alimenti ed i mangimi Gazzetta ufficiale delle Comunità europee I 6/7-11.1.2011.
- [3] The Health and Consumers Directorate-General of the European Commission - Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) report 2011.
- [4] Stender H, Fiandaca M, Hyldig-Nielsen JJ, Coull J. PNA for rapid microbiology (2002) J. Microbiol. Meth. 48:1-17.
- [5] Lee JY, Kim BC, Chang KJ, Ahn JM, Ryu JH, Chang HI, Gu MB (2011). A Subtractively Optimized DNA Microarray Using Non-sequenced Genomic Probes for the Detection of Food-Borne Pathogens. Appl. Biochem. Biotechnol. 164:183-193.
- [6] Maurer J. (Ed.) (2006) PCR Methods in Foods, Springer (Berlin, Germany).
- [7] Spoto G, Corradini R. Eds. (2012) Detection of non-amplified Genomic DNA, Springer (Dordrecht, Netherlands).
- [8] Tonelli A, Tedeschi T, Germini A, Sforza S, Corradini R, Medici MC, Chezzi C, Marchelli R (2011) Real time RNA transcription monitoring by Thiazole Orange (TO)-conjugated Peptide Nucleic Acid (PNA) probes: norovirus detection. Mol. BioSyst., 7:1684-1692.

- [9] Direttiva 2006/142/CE della Commissione del 22 dicembre 2006-Modifica dell'allegato III bis della direttiva 2000/13/CE del Parlamento europeo e del Consiglio concernente l'elenco degli ingredienti che devono essere citati in ogni caso sull'etichettatura dei prodotti alimentari Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 368/110- 23.12.2006.
- [10] van Hengel AJ (2007). Declaration of allergens on the label of food products purchased on the European market. *Trends in Food Sci. Tech.*, 18:96-100.
- [11] Monaci L, Visconti A (2010) Immunochemical and DNA-based methods in food allergen analysis and quality assurance perspectives. *Trends Food Sci. Tech.* 21:272-283.
- [12] Monaci L, Visconti A (2009) Mass-spectrometry-based proteomics methods for analysis of food allergens. *Trends Anal. Chem.* 5:581-591.
- [13] G.S. Shepard, F Berthiller, P. Burdaspal, C Crews, M.A. Jonker, R Krska, S Macdonald, B. Malone, C. Maragos, M Sabino, M. Solfrizzo, Egmond, H.P, T.B. Whitaker (2009) Developments in mycotoxin analysis: an update for 2009-2010 (2011) *World Mycotoxin Journal* 4: 3-28.
- [14] Berthiller, F ,Dall'asta C , Corradini, R , Marchelli, R ,Krska, R Adam, G, Schuhmacher, R , (2009) Occurrence of deoxynivalenol and its 3-D-glucoside in wheat and maize *Food Add. Contam. Part A.* 26: 507-511.

## **Sensory analysis in food quality control: training experiments**

**Valeria Guarrasi and Pier Luigi San Biagio**

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di BioFisica, Via La Malfa 153, 90146, Palermo, Italy.

E-mail: valeria.guarrasi@pa.ibf.cnr.it

**Abstract.** The term *quality* implies the degree of excellence of a product or its suitability for a particular use. To investigate and control the food quality, it is necessary to be able to measure quality parameters like chemical constituents, mechanical and functional properties, nutritive values and sensory characteristics. The quality is always connected to the consumer orientation. The sensory analysis has recently received increasing attention in food research and food industries because it is a good way to monitor the food quality as consumer preferences.

**Sommario.** Il termine qualità è utilizzato per esprimere le caratteristiche di un prodotto che conferiscono l'attitudine a soddisfare particolari bisogni del consumatore. Per il controllo della qualità, nel settore alimentare, è necessario individuare e misurare indici qualitativi come parametri chimici, proprietà meccaniche e funzionali, elementi nutrizionali e caratteristiche sensoriali. La qualità è sempre collegata all'orientamento del consumatore. Sia nella ricerca scientifica sia a livello industriale l'analisi sensoriale ha recentemente ricevuto una crescente attenzione perché rappresenta un buon metodo per monitorare le preferenze degli stessi consumatori.

### **1. Introduction**

Today's consumers are discerning, demanding and more knowledgeable about food and expect products which are safe, good value and of high sensory quality. Therefore, know consumers' preferences and perceptions of the sensory characteristics of food products are very important for food manufacturers.

Sensory analysis is a scientific discipline that applies principles of experimental design and statistical analysis to the use of human senses [sight, smell, taste, touch and hearing] for the purposes of evaluating consumer products. It is used to answer questions about product quality, questions relating to discrimination, description, or preference.

Sensory analysis can be divided into two parts: laboratory sensory analysis and consumer sensory analysis. In the laboratory sensory analysis, a trained panel is used as an analytical instrument to measure sensory properties of products. In the consumer sensory analysis, a sample of specified consumer population is used to test and predict consumer responses for products. The two types of sensory analysis have different goals and functions, but they share some of the same methodologies.

Discriminative analysis and descriptive analysis are the main classes of methodology for both the laboratory and consumer sensory analyses. [1]

Discriminative approach is of particular relevance in the context of product quality control, in shelf-life studies and in investigation of possible brand; these applications depend on the assessor's ability to detect and recognize differences. Descriptive test are more appropriate in the product development context, where there is a desire to develop a product that matches a known target quality, or to reformulate an existing product using different ingredients or processes, or to investigate the differences among a range of experimental and/or commercial products. [2] There are several different methods of descriptive analysis, including the Flavor Profile Method [3], Texture Profile Method [4], Quantitative Descriptive Analysis™ [5], Quantitative Flavor Profiling [6,7], and generic descriptive analysis.

In food research, selected and trained judges are employed to measure the characterize differences in color, flavor, texture and size by discriminate and descriptive method. Development of sensory evaluation techniques to be based on the selection of sensory panels.

Recognition of aromas is the first step to approach this new discipline and to assess the suitability of the nose to the taste physiological aptitude. Sensitivity to aromas varies considerably from person to person and can be improved with training experiments.

The aim of this work was to test the capabilities of a group of non-trained people to perceive and recognize different aromas of foods daily used.

## 2. Experimental part

### ➤ Experiment #1

Descriptive tests to be carried out among the panelists to measure their ability to evaluate aroma qualitative characteristics of the products.

Different common foods were chosen:

- vanilla tea
- Nescafé
- Sambuca liqueur
- strawberry jam
- crackers
- Red bull
- chocolates "After eight"
- orange juice

Some commercial aromas were also used like: benzaldeide (almond aroma) and orange aroma for cake.

The samples of foods and the commercial aroma were placed into little hidden bottles. The little bottles were numbered.

Before starting the test, cards were distributed to each panel member (panelist) in which the aroma of each bottle [figure 1] was marked.

Each panelist individually had to open the bottle, smell, write on the card the thought smelling aroma and close the bottle [figure 2].

Nome: \_\_\_\_\_

Campione num.	Odore di ...	Cosa ti ricorda?
1	Vaniglia	Te alla vaniglia
2	Caffè	Nescafé
3	Anice	Sambuca
4	fiori	Aroma millefiori
5	Vaniglia - legnoso	Bacca di vaniglia
6	mandorla	Pasta di mandorle
7	fragola	RedBull
8	arancia	Aroma di arancia
9	mandorla	Benzaldeide
10	fragola	Marmellata di fragola
11	Menta e cioccolato	After eight
12	arancia	Arancia (Frutto)
13	Farina- prodotti da forno	Crackers

**Figure 1.** Sensory analysis card



**Figure 2.** Recognition of aromas

At the end of the experiment many of panelist were able to identified easily aroma of cafe, vanilla, Sambuca liquor, chocolate; no one has recognized the aroma of strawberry jam, maybe because usual-

ly in the commercial jams the proportion of fruit is very low; no one had ever tried red bull so this aroma was not recognized.

➤ *Experiment #2*

To better understand the importance of human sense's synergy in the sensory evaluation, three transparent bottles with colored solution (pink, green and blue) were mixed with different aromatic molecules. [figure 3]

The pink solution was a water solution of *limonene*; the green one was a water solution of *acetic acid*; the blue one was a water solution of *benzaldehyde*; all of these are solution of lower concentration.



**Figure 3.** Color and aromatic solution

Confused by the color of the liquid, the panelists, at the first sniff of the bottles, were not able to detect the aroma. Later with a higher concentration and in some cases closing their eyes "labels olfactory" came back to mind and the solution of limonene has been identified as citrus aroma, acetic acid such as vinegar, and benzaldehyde as almond flavoring.

### 3. Conclusion

Man possesses various sensory organs, which provide five different senses: taste, smell, vision, touch and hearing which are the instruments of measurement for sensory analysis. From the evolutionary point of view, smell is one of the oldest senses, allowing identifying food, recognizing danger and so on. The olfactory sense has long been intimately linked with human emotions, and, as a consequence, consumers are willing to pay for good-aroma products.

The food industry uses the sensory analysis for new product development, market research, and quality assurance. This is the reason why today the scientific research is focused on the aroma of food.

### References

- [1] Bi, J. (2006). *Sensory Discrimination Tests and Measurements - Statistical Principles, Procedures and Tables*. Blackwell Publishing.
- [2] Carpenter, R.P., Lyon, D.H., Hasdell T.A. (2000). *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control (second edition)*.
- [3] Cairncross S.E. & Sjostrom L.B. (2008). *Flavor Profiles: A New Approach to Flavor Problems - Descriptive Sensory Analysis in Practice*.
- [4] Brandt M.A., Skinner E.Z. and Coleman J. A. (1963). *Texture Profile Method*. *Journal of Food Science*, 28,404-409.
- [5] Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., Singleton, R.C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis, *Food Technology*, 11, 24-34.
- [6] Stampanoni Ch. R. (1993). Influence of acid and sugar content on sweetness, sourness and the flavour profile of beverages and sherbets. *Food Quality and Preference*, 4, 169.
- [7] Stampanoni Ch. R. (1993). The 'Quantitative Flavor Profiling' technique. *Perfumer and Flavorist*, 18, 19-24.

## **Il pesto alla trapanese: trionfo della dieta mediterranea**

**Giacomo Dugo e Nicola Cicero**

Università di Messina, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente, della Sicurezza, del Territorio, degli Alimenti e della Salute

E-mail: dugog@unime.it

**Sommario.** La cucina rappresenta uno degli aspetti più stimolanti ed interessanti delle tradizioni di un paese, poiché deriva strettamente dalla storia, dal clima e dalla religione del posto, tutti fattori che contraddistinguono l'identità di un luogo. È proprio in quest'ottica che piace pensare e raccontare di come in Sicilia sia nata e si sia evoluta la pasta, alimento semplice nella sua costituzione ma variegatissimo nei suoi formati e modi d'utilizzo, ognuno dei quali rappresenta un vero e proprio documento di riconoscimento per il luogo che ne ha dato i natali. A tal proposito è opportuno fare un passo indietro, a ciò che rappresenta la materia prima dalla quale questa si ottiene nonché all'immenso lavoro necessario per fare di un chicco di grano una specialità tipica.

Le origini della coltivazione del grano risalgono a tempi antichissimi e con esso il problema di individuare tecniche di frantumazione adatte a permetterne un facile utilizzo ed un'alta resa in semola o farina, fonte primaria di sostentamento per la popolazione. Le caratteristiche geologiche della Sicilia, così come il clima mite e la grande insolazione hanno reso la totalità della regione adatta alla coltivazione del frumento ed alla sua lavorazione. Oggigiorno circa 332mila ettari di territorio agricolo sono vocati alla produzione di grano, stima che colloca la regione Sicilia ai vertici delle graduatorie in Italia sia in termini di superficie investita sia in termini di produzione. Nello specifico, nell'area centro-orientale, comprendente le provincie di Enna, Catania, Siracusa, Ragusa e Messina sono presenti circa 123.190 ettari di coltivazioni, mentre nella zona centro-occidentale, racchiudente le provincie di Agrigento, Trapani, Palermo e Caltanissetta, ben 209.300 ettari sono destinati a tal uso. Per quanto concerne le cultivar di grano duro più diffuse, possiamo annoverare le varietà Simeto, Arcangelo, Duilio, Ciccio, Amedeo, Mongibello e Sant'Agata, queste ultime particolarmente adatte alla pastificazione. L'elevata qualità di questi cereali dipendono strettamente dal terreno sul quale sono stati prodotti nonché dal modo in cui vengono lavorati, considerando, inoltre, che queste produzioni possono vantare un minor rischio di contaminazione da micotossine, riscontrate soventemente in lotti provenienti da aree settentrionali e per le quali la Sicilia risulta essere meno esposta, grazie alle condizioni meteo del periodo della raccolta. Un altro processo che incide profondamente sulla qualità e resa del frumento risiede nella lavorazione e più in dettaglio nella molitura. Il problema, infatti, della macinatura del grano ha da sempre rappresentato un passaggio importante nella filiera di lavorazione e per tale ragione le più brillanti menti ingegneristiche si sono occupate di progettare mulini sempre più efficienti ed adatti ai vari territori.

Nell'antichità per molare i cereali si usava l'energia umana prodotta dal lavoro degli schiavi e delle donne, sebbene ben presto la forza dell'acqua imbrigliata in numerosi meccanismi sostituì le braccia umane. Plinio, nei suoi scritti, testimonia che al tempo di Augusto (63 a.C. – 14 d.C.) esistevano in Italia numerosi mulini ad acqua che sfruttavano ruscelli e corsi d'acqua, i quali si sarebbero in seguito diffusi per tutto l'impero. In Sicilia, le ricerche archeologiche hanno evidenziato l'esistenza di macine per la molitura dei cereali a mano, a trazione animale ed a ruota idraulica orizzontale, sistema quest'ultimo già noto fin dal I secolo d.C., ma ampiamente utilizzato e diffuso dal IX-X secolo d.C., il quale ha determinato una rivoluzione tecnologica e culturale di notevoli proporzioni ed importanza e che è rimasta valida fino alla metà del XX secolo, praticamente immutata. Le ragioni della loro decadenza sotto il profilo economico sono state di vario ordine, ma due risultano essere le principali: la nascita dei mulini elettrificati, i quali permettono di lavorare una mag-



giore quantità di grano, e la mancanza dell'acqua, il cui corso è stato deviato per soddisfare le esigenze idriche dei siti abitati. Ancora oggi sono ben evidenti su tutto il territorio regionale i segni tangibili di questo non lontano passato. I mulini ad acqua erano spesso dislocati in posti impervi, tanto da essere raggiungibili solo con muli o asini, ed oggi ciò che ne testimonia la loro trascorsa vita sono ruderi spesso inghiottiti dalla macchia mediterranea. Innumerevoli mulini erano presenti nei territori della provincia di Palermo, soprattutto nell'area della Valle dell'Eleuterio, nel Trapanese e nella porzione orientale della Sicilia. Oggigiorno solo pochissimi esemplari di mulini ad acqua possono essere ammirati ancora in funzione, tra i quali se ne ricordano nel territorio di Roccapalumba (PA), Scillato (PA), Acireale (CT), Acicatena (CT), Cava Ispica (Modica, RG), Giarratana (RG), Palazzolo Acreide (SR) e Novara di Sicilia (ME), sebbene siano ancora attivi mulini con macine a pietra nel territorio di Castelvetro (TP) e di Longi (ME). L'odierno mantenimento di queste costosissime macine dal sapore antico non ha l'esclusivo scopo di attirare turisti in zone già particolarmente deliziose, ma bensì quello di produrre farine e semole dall'elevatissimo valore nutrizionale. La macinazione a pietra, infatti, dalla sua esperienza plurimillenaria permette di produrre farine a granulometria irregolare con una più elevata presenza di crusca e totale conservazione del germe. Questo prodotto integrale ricco di germe e di crusca corrisponde alla tipologia che per secoli ha alimentato l'umanità e che ancora gli anziani ricordano. È conoscenza popolare che la farina macinata a pietra sia molto più saporita, ricca e digeribile. La differenza è ancora più sensibile quando si macinano cereali di elevata qualità poiché proprio nel germe, che questo tipo di lavorazione riesce a preservare, è contenuta la parte più nobile e saporita del seme. In aggiunta, questo tipo di macinazione permette una lavorazione lenta senza surriscaldare il prodotto, grazie anche alla scelta non casuale della pietra. Questa, pregiata e robustissima selce molare proveniente dal dipartimento della Senna di Francia e di colore biancastro con variazioni sul grigio, azzurro, rosa, giallo, non si sgretola durante la macinazione e rispecchia le caratteristiche fondamentali per una buona macina, la quale non deve essere né troppo piena di sostanza molle, per evitare di scaldarsi, né con pochi buchi, per evitare che si consumi in fretta. Tutto ciò permette di ottenere una farina ricca in proteine, vitamine (B1, B2, B6, B12, E), minerali (Ca, Fe, P, I, K, Mg), enzimi, e grassi mono e poli-insaturi. Al contrario, i moderni mulini "a cilindri" durante la macinazione separano le diverse parti del seme, raschiando la cariosside dalla periferia verso il centro e producendo come scarto il germe. In tal modo, a fronte di un modesto aumento percentuale di amido e di potere calorico, questo tipo di macinazione provoca un netto scadimento nel contenuto di tutti gli altri importanti componenti nutrizionali (mancanza o quasi di cellulosa, riduzione delle proteine ricche di aminoacidi essenziali, assenza di olio vegetale ricco in vit.E, acidi grassi insaturi, perdita dei minerali e delle vitamine del gruppo B). La farina rappresenta da sempre la fonte primaria di sostentamento della popolazione italiana in quanto è da questa che si ricavano pane e pasta, due alimenti alla base della nostra dieta. In particolare, la pasta è considerata la regina della gastronomia italiana e per le sue caratteristiche nutritive è ritenuta fondamentale nelle moderne diete. A tal proposito, cento grammi di pasta forniscono all'organismo un apporto energetico pari a circa 360 kcal e contengono circa il 73% di carboidrati complessi, circa il 12% di proteine, il 12,5% di acqua, 2-3% di fibre, un contenuto di grassi trascurabile, nonché vitamine B1, B2 e PP oltre a sali minerali. La pasta è preparata esclusivamente con semola o semolati ed acqua ed è consentito l'impiego di sale da cucina, in misura massima del 4%. La semola si ottiene dalla macinazione del grano duro (*Triticum durum*) mentre il semolato è un sottoprodotto ottenuto dall'abburrattamento del grano duro dopo l'estrazione della semola. Prodotto ben diverso è la pasta di grano tenero, ottenuto dalla macinazione del *Triticum aestivum*, il quale, per il suo inferiore quantitativo in glutine, presenta caratteristiche ben diverse dalla pasta di grano duro. Infatti quest'ultima, dal colore ambrato e traslucida, è dotata di una buona tenuta alla cottura, viceversa, la pasta di grano tenero si caratterizza per un colorito bianco opaco, uno spiccato sapore di farina ed una scarsissima tenuta alla cottura. In Sicilia l'industria della pasta alimentare secca conta oggi ben 16 pastifici, 4 dei quali localizzati nella provincia di Trapani, 3 nella provincia di Palermo, 3 nella provincia di Catania, mentre i restanti 6 sono dislocati nelle provincie di Messina, Ragusa e Siracusa rispettivamente con 2 imprese per provincia. La potenzialità lavorativa complessiva dei pastifici siciliani di pasta industriale secca, al 2005, è di 1.087,4 tonnellate nella 24 ore e rappresenta il 7% della potenzialità lavorativa totale nazionale. L'origine di questo alimento così identificativo per la popolazione italiana risale a tempi antichissimi. Il vocabolo *pasta* viene dal termine greco *πάστα* (*pasta*) con significato di "farina con salsa", il quale proviene dal verbo "*pàssein*" cioè impastare. In realtà l'abitudine di mescolare insieme acqua e farina per creare un alimento che potesse essere mangiato, dopo essere stato cotto in acqua, è antichissima e risale

addirittura a tremila anni prima di Cristo. Sicuramente gli Etruschi conoscevano qualcosa di simile alla pasta, supposizione testimoniata dal ritrovamento in alcune tombe costruite da questo popolo (IV secolo a.C.) di pitture raffiguranti alcuni strumenti tipici per la preparazione della pasta, come il mattarello e la spianatoia.

Si deve presumere che, una volta scoperta la farina di cereali, l'uomo antico cercò di utilizzarla in tutti i modi. Un modo fu quello di impastarla con acqua e farla cuocere in acqua bollente. Gli antichi romani conobbero questa specie di farinata (che chiamavano *puls*, da cui l'attuale polente), fatta con farina di legumi, di grano, di farro, di cereali vari, come citano Plinio e Varrone. Essi mangiavano la *puls fabacea* (con farina di fave), la *puls juliana* (con cervella e semi di finocchio), la *puls tractogalata* (con latte, miele e prosciutto). Di questa *puls* si ha ancora traccia in Sicilia nelle farinate, nella polenta e nel pane. Abbandonata la *puls* (che diventerà solo un pastone per polli ed oche) vengono create delle strisce di pasta di farina mista ad acqua, le quali venivano prima fritte ed arrostiti e, quindi, unite a zuppe di verdura e legumi. Per il mondo greco e quello latino numerose sono le citazioni fra gli autori classici, tra cui Aristofane ed Orazio, i quali usano i termini *laganòn* (greco) e *laganum* (latino) per indicare tale impasto. Queste *lagane* (da cui anche il termine “laina” in uso nel sud-Italia), considerate inizialmente cibo per i poveri, acquisiscono tanta dignità da entrare nel quarto libro del *De re coquinaria* di Apicio. Egli ne descrive minuziosamente i condimenti tralasciando le istruzioni per la loro preparazione, facendo supporre che fossero ampiamente conosciuti. Nonostante questi primissimi approcci alla creazione di un alimento simile alla pasta, le prime testimonianze di produzione di pasta alimentare si riferiscono alla Sicilia dove, nel XII secolo, è documentata l'esistenza di un'industria di pasta secca. In particolare, il geografo arabo Al Idrisi scrisse, nel 1154, per Ruggero II di Sicilia il “Libro per chi si diletta di girare il mondo”, nel quale riporta: “... A ponente di Termini vi è un abitato che si chiama Trabia, incantevole soggiorno con acque perenni e parecchi mulini. Trabia ha una pianura e vasti poderi, nei quali si fabbricano tanti vermicelli (itriyah) da approvvigionare, oltre ai paesi della Calabria, quelli dei territori musulmani e cristiani, dove se ne spediscono moltissimi carichi per navi...”. I vermicelli, dunque, appaiono per la prima volta con il termine arabo di *itriya*, che sopravvive nel dialetto siciliano come *tria*, indicante un tipo di pasta filiforme e nello stesso tempo la trafila per produrla. Questa origine è, inoltre, testimoniata, dal fatto che i siciliani, già dal primo Medioevo, erano chiamati in senso dispregiativo *mangiamaccarruna*, per l'abitudine che avevano contratto nel fabbricarli e nel mangiarne abbondantemente. A tal proposito grandi discussioni furono fatte sull'origine del termine *maccherone*. Molti vogliono far risalire l'origine dei maccheroni alla parola del tardo latino “maccare”, cioè schiacciare, altri lo riconducono a *Maccus* o *Macco*, uno dei personaggi tipici delle antichissime favole atellane romane, il lontano progenitore del moderno Pulcinella, il quale era un ghiottone, mangiava sempre e combinava guai. Altri studiosi fanno risalire l'etimo della parola ai termini greci *makròn* (lungo), *makaria* (impasto di farina d'orzo e brodo), *màgeiros* (cuoco impastatore, dal verbo *macco*, impastare) ed infine *makar* (cioè beato, ma anche cibo religioso per le offerte votive, da cui le “makerie”). La primogenitura della pasta è, infine, menzionata, negli atti della beatificazione del beato Fra Guglielmo eremita, nato e vissuto a Scicli (Ragusa) e morto nel 1247. Negli *Acta Beati Guillelmi Eremitae* viene descritto un miracolo compiuto durante la sua vita. Un signore del luogo lo invitò a pranzo e gli volle servire *maccarones seu lagana cum pastillis* (maccheroni, o lasagne, con non bene definite “pastiglie”), al cui interno era stato inserito del fango. Il buon frate Guglielmo, dopo aver benedetto il cibo, si mise a mangiarlo tranquillamente, poiché, per miracolo, la farcia dei maccheroni, da fango, era stata tramutata in ricotta. Al 1295 risalgono le prime notizie della vendita di pasta essiccata nel Regno di Napoli, dove la regina Maria, madre di Re Carlo D'Angiò, ne acquistò un consistente quantitativo per un banchetto. Ai primi del '300 la pasta secca era ormai diffusa in tutta l'Italia del centro-nord, come attesta un documento conservato all'Archivio di Stato di Pisa, nel quale si dà notizia della vendita di vermicelli. Fino al 1800 circa, la pasta viene preparata ancora a mano, in apposito scanaturi, dove veniva manipolata con forza, arrotolata, e tagliata a differenti lunghezze e larghezze. Era questa la pasta che veniva commercializzata, sebbene in famiglia esisteva l'abitudine di prepararla fresca di volta in volta. Più o meno in quegli anni sorsero a Napoli (e dintorni) i primi pastifici artigianali. Destinati a diventare sempre più grandi e numerosi, e sempre meno artigianali, per via della pasta che producevano. Molto apprezzata dal pubblico nonostante fosse fatta coi piedi. Nelle altre parti d'Italia la “rimiscelazione” di acqua e semola veniva effettuata a mano, in madie di legno. Invece i napoletani, si mettevano in piedi nella madia, e con le estremità inferiori “lavoravano” l'impasto. Certe volte tra piedi e pasta veniva messo un telo, ma non era una abitudine frequente. Quando, nel 1833, Ferdinando II di Borbone, Re di Napoli, lo venne a sapere, ordinò all'ingegnere Cesare

Spadaccini di progettare un metodo più igienico per fare la pasta. Costui ideò un marchingegno detto "l'uomo di bronzo", in grado di imitare, per quanto possibile, i movimenti dei piedi umani, ma, forse perché costava troppo, il progetto non avanzò. Ma ecco comparire in Sicilia nel 1840 la prima macchina con torchi a vite che funzionasse in Italia: i pastai la chiamarono "ingegno" o "arbitrio". In seguito a questi primi approcci, l'inventiva della popolo siciliano ha partorito una grande varietà di formati, ognuno dei quali è pensato e lavorato perché il connubio con il condimento sia perfetto ed esalti al meglio tutti gli ingredienti. Nascono così, nelle varie province dell'isola, gli *Agnolotti siciliani* (pasta ripiena di ricotta, salsiccia, salvia e cannella), gli *Anelli*, tipici del palermitano e particolarmente adatti alla preparazione di timballi e pasticci, la *Catanesella*, maccherone grosso e corto molto comune a Catania, i *Cannaruzzuni*, in Italia conosciuti con il nome di rigatoni ed i *Capiddi d'ancilu*, spaghetti finissimi spezzettati da servire in brodo o con un sugo molto leggero e dai quali si prepara anche la *scuma cc'u meli* (spuma con il miele), dolce dal gusto particolarmente delicato. La lista prosegue con i *Ditalini*, pasta corta cilindrica rigata o liscia condita, nella tradizione popolare, con preparazioni semplici, gli *Scialbò*, tipologia di lasagne con i bordi arricciati nota anche come Reginella, tipica della zona centrale della Sicilia ed, in particolare, di Enna, i *Tagghiarina*, i *Taccuna di mulinu*, lasagne del siracusano, la cui peculiarità risiede nell'impasto che deve 'ncutugnari, cioè essere lavorato fino ad assumere la forma e la consistenza voluta, i *Maccarruna* (o *Maccaruna*), pasta preparata attraverso l'uso di un ferretto delle cui origini se ne ritrova già traccia nel "*Liber de arte coquinaria*" scritto dal cuoco Maestro Martino vissuto intorno al XV secolo. Nel Trapanese i *Maccarruna* diventano *Busiati*, specialità di pasta fresca che prende il nome dai "busi", ferri utilizzati per lavorare la lana e usati per confezionarla. Appartenente alla famiglia dei fusilli, gli studiosi di storia locale ne fanno risalire la diffusione a ben prima dell'anno Mille. Lucie Bolens, la quale ha analizzato manoscritti arabi risalenti al X e XI secolo, ha rilevato la presenza di paste secche e bucate in Sicilia già in quel periodo. Etimologicamente il nome deriva dal termine arabo "bus", il cui equivalente botanico è *arundo aegyptica*, un giunco sottilissimo che cresceva e cresce, oltre che sulle rive del Nilo, anche sui prati e nella macchia mediterranea in Sicilia. Su questo giunco durissimo si arrotolava un pezzetto d'impasto di acqua e farina per tirare una sorta di spaghetti forato, il cui buco dovette esser stato pensato per facilitare l'essiccazione e la cottura. Si preparavano sulla sbria, una spianatoia di legno sostenuta da due cavalletti e la semola veniva setacciata con setacci a trama molto sottile per ottenere uno sfarinato il più fine possibile. Nascono così le Busiate, pasta simbolo di benessere raggiunto o sognato da generazioni di poveri e ricchi, presente in molte ricorrenze religiose, ma anche umile protagonista delle tavole serali dei contadini di ritorno dal lavoro, generalmente cucinata in una minestra di legumi o con il pomodoro e la ricotta salata e consumata davanti alla capanna o nell'aia della casa colonica. Oggi industrializzazione e globalizzazione del mondo delle paste hanno molto uniformato il consumo di questo nostro pasto quotidiano; molti di questi formati sono scomparsi, molti ancora in uso in piccole nicchie di territorio, quasi tutti relegati nel limbo storico delle nostre radici alimentari, sebbene, in qualche modo, partecipino anch'essi alla storia ed all'identità del nostro Paese.

Tipica è la ricetta delle busiate al pesto alla trapanese. Gli ingredienti per il pesto sono:

- Aglio rosso di Nubia
- Basilico
- Mandorle
- Polpa di pomodori maturi
- Olio extra vergine d'oliva

Per quanto riguarda la sua preparazione la ricetta prevede di pestare 4-5 grossi spicchi d'aglio in un mortaio insieme al basilico ed all'olio, da aggiungere man mano che la salsa assume un aspetto cremoso. Pestare a parte 4 cucchiaini colmi di mandorle spellate e crude fino a poltiglia, da unire ed amalgamare al precedente pesto. Il tutto, infine, va mescolato alla polpa asciutta di circa 300gr di pomodori maturi e crudi, unendo altri 3 cucchiaini d'olio. Condire le busiate cotte al dente. Analizzando nel dettaglio gli ingredienti che lo compongono, è possibile partire dall'aglio comune. E' una pianta perenne composta da foglie lunghe e strette somiglianti a quelle della cipolla, da un bulbo (detto anche testa o capo), utilizzato comunemente come condimento, e da numerose radici piccole e superficiali, le quali si dipartono dalla testa. Il bulbo è composto da 6-14 bulbilli (chiamati volgarmente spicchi), racchiusi da una serie di tuniche secche, le quali, in realtà, sono

costituite da foglie trasformate con funzione protettiva. Dal sapore acre e piccante, il peso delle teste può variare da 20 g (prodotto scadente) a oltre 150 g (prodotto di buona qualità). Tra le varietà più importanti si ricordano:

- **Aglio di Caraglio:** L'aglio di Caraglio, un paese della provincia di Cuneo, è un aglio dal caratteristico aroma delicato. La caratteristica è data dal clima e dai terreni calcarei, dolomitici e cristallini delle montagne della Valle Grana. È stato creato, nel 2009, un Consorzio di tutela e valorizzazione;
- **Piacentino bianco;**
- **Aglio rosso di Sulmona (AQ):** varietà di aglio con bulbo bianco e spicchi rossi con maturazione medio-precoce (20-30 giugno), pezzatura media e regolare, discreta produttività (6,5-7 t/ha di prodotto secco), aroma e sapore molto piccante, impianto in fine novembre-dicembre;
- **Aglio di Vessalico (bianco)(IM):** E' un presidio Slowfood;
- **Serena:** varietà di aglio medio-tardiva (maturazione 10-17 luglio), esente da virus con pezzatura grossa e regolare e sapore marcato. La semina si esegue in ottobre.
- **Aglio rosso di Nubia (TP):** L'aglio rosso di Nubia, una frazione di Paceco (Trapani), è presidio Slowfood. Il bulbo è costituito tipicamente da dodici bulbilli o spicchi, con le tuniche esterne bianche e le tuniche interne di colore rosso vivo. Molto intenso e profumato.

La pianta dell'aglio contiene molte sostanze chimiche, che vedono la loro massima concentrazione nel bulbo. Esse sono: l'alliina (glucoside solforato), l'alliinasi (un enzima), composti solforati quali ajoene, vinalditiine, tiosulfinati, diallilsolfuri, nonché vitamine del gruppo B. L'alliina è, inizialmente, inodore, sebbene nel momento in cui il bulbo viene schiacciato, l'enzima deputato alla degradazione di questa sostanza viene liberato dai vacuoli citoplasmatici, determinando la formazione di disolfuri e trisolfuri, responsabili dell'odore caratteristico.

Il basilico (*Ocimum basilicum*) è una pianta erbacea annuale utilizzato tipicamente nella cucina italiana. Tra le varietà si ricordano:

- **Basilico genovese:** è il più comune e rinomato in Italia. Usato per produrre il pesto. Ha foglie larghe, un aroma di gelsomino, di liquirizia e di limone;
- **Basilico fine verde:** ha piccole foglie allungate, con un profumo più dolce e meno pungente delle varietà a foglie larghe;
- **Basilico thailandese:** l'aroma delle sue foglie ricorda la menta e il chiodo di garofano, e si utilizza con i frutti di mare e nelle minestre esotiche;
- **Basilico porpora messicano:** con foglie decorative di color porpora e fiori rosa pallido, ha un aroma dolce ed un po' piccante, si può usare nelle insalate;
- **Basilico messicano:** con un forte profumo di cannella e dai fiori porpora.

Il basilico deve essere utilizzato fresco e aggiunto alle pietanze all'ultimo momento. La cottura ne attenua velocemente il sapore fino a neutralizzarlo, lasciando poco del suo profumo. Pestandolo in un mortaio, le cellule che contengono l'olio essenziale si rompono e riescono a liberare maggiormente l'aroma caratteristico.

Le mandorle sono un ingrediente molto utilizzato in diverse cucine tradizionali, sia nel dolce che nel salato. Come tutti i semi oleaginosi, le mandorle hanno un alto contenuto calorico, pari a circa 571 kcal/100 g, e sono costituite al 50% di lipidi. La frutta secca è anche ricca di proteine, acidi grassi essenziali, vitamina B ed E (di cui sono note le proprietà antiossidanti), e ricchissima di sali minerali come potassio, rame, fosforo, ferro, calcio e selenio. Una varietà di mandorla di elevata qualità coltivata in Sicilia è la mandorla di Avola (Siracusa). A questa qualità appartengono varie cultivar tra le quali la *Pizzuta*, la *Romana*, la *Fasciuneddu*, la *Corrente* ed *Avola Scelta*. Di queste le prime due, oltre ad essere i prodotti più pregiati, rappresentano la grande maggioranza della produzione siciliana. I comuni interessati alla coltivazione di questo frutto appartengono alla Provincia di Siracusa e Ragusa e sono Avola, Canicattini B., Florida, Ispica, Noto, Priolo, Rosolini, Siracusa, Solarino. Il pomodoro (*Lycopersicon Esculentum*) è una solanacea originaria dell'America



Latina che fu per un lungo tempo coltivata in Europa a solo scopo ornamentale, poiché i frutti non erano ritenuti commestibili. Il licopene è un composto alchilico non polare formato solo da idrogeno e carbonio, appartenente al gruppo dei carotenoidi. La maggiore fonte dietetica di licopene è rappresentata dal pomodoro (*Solanum lycopersicum*) da cui prende anche il nome. È un antiossidante naturale in grado di proteggere le cellule dall'invecchiamento. L'olio extra vergine di oliva è un lipide allo stato liquido ottenuto dalla frantumazione e spremitura delle olive. Gli oli d'oliva vergini non contengono solo trigliceridi ma anche: fitosteroli, polifenoli, vitamina E, carotenoidi, xantofille e selenio. Il pecorino siciliano è un formaggio a pasta semidura bianca, dal colore e sapore forte. Di forma cilindrica, con una faccia leggermente concava, la forma tipo ha un peso variabile di kg 12 più o meno il 15%. Il Pecorino Siciliano DOP ha origini antichissime: già Plinio il Vecchio, tra il 23 e il 79 a.C., lo include tra i formaggi nazionali nella sua "Naturalis Historia". Ma la nascita del Pecorino Siciliano DOP sembra essere ben più antica dell'enciclopedia sul mondo naturale di Plinio il Vecchio: l'origine del tipico formaggio siciliano, infatti, pare risalire al tempo dell'arrivo dei greci in Sicilia, più o meno intorno al 735 a.C. A testimonianza dell'antica origine del Pecorino Siciliano, pare ci siano anche alcuni passaggi dell'"Odissea" di Omero. Il sapore del Pecorino Siciliano DOP è il risultato di delicati equilibri, che dipendono dalla quantità di grasso presente nel latte utilizzato, dall'alimentazione delle pecore, dal periodo di produzione e dal diverso tempo di stagionatura. Il Pecorino Siciliano DOP ha comunque un gusto molto deciso, piacevolmente piccante e salato che aumenta di intensità con l'invecchiamento. È perfetto sia come prodotto da tavola che da grattugia.

### **Bibliografia**

- La cucina siciliana*, Gruppo LT Multimedia, maggio 2012.
- Alba Allotta, *La cucina siciliana in 1000 ricette tradizionali*, Newton Compton Editori, 2010.
- Alessandro Formenti, Cristina Mazzi, *Dieta e salute con gli alimenti vegetali*, Tecniche nuove, 2012.
- Fabio Firenzuoli, *I colori della salute*, Tecniche nuove, 2012.
- Giuseppe Coria, *Profumi di Sicilia Il libro della cucina siciliana*, Vito Cavallotto editore, 1981.
- Paolo Cabras, Aldo Martelli, *Chimica degli alimenti*, PICCIN, 2004.
- Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione, *Composizione degli alimenti*, EDRA, 2000.
- Patrizia Cappelli, Vanna Vannucchi, *Chimica degli alimenti*, Zanichelli, 2002.
- Regione Siciliana Assessorato agricoltura e foreste, CORERAS Consorzio regionale per la ricerca applicata e la sperimentazione, *La filiera del grano duro in Sicilia*, OESAAS Osservatorio sull'Economia del Sistema Agroalimentare della Sicilia, 2008.
- Regione Siciliana Assessorato Agricoltura e Foreste, *La filiera del grano duro nelle "Terre del Gattopardo"*, Consorzio di ricerca Gian Pietro Ballatore, 2008.
- Giacomo Dugo, *Gli oli di oliva siciliani*, Epos società editrice s.a.s. 2001.
- A. Cappello, G. Dugo, *Gli oli di oliva da cv Cerasuola e Nocellara del Belice*, Ed. Regione Siciliana Agricoltura e Foreste Palermo, 2005.

# Suolo e alimentazione: dalla rivoluzione verde all'agricoltura blu

**Salvatore La Bella, Raffaele Leone e Teresa Tuttolomondo**

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali.

E-mail: salvatore.labella@unipa.it

**Sommario.** Questo articolo nasce come sintesi di un lavoro didattico realizzato nell'anno accademico 2011/2012, dal titolo "Nutrirsi di Scienza" svoltosi all'interno della VI edizione della SPAIS "Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali". Esso ha l'obiettivo di approfondire le conoscenze sul sistema suolo-produzioni agricole, attraverso l'esame delle singole componenti e dell'interazione delle diverse componenti del sistema considerato. In particolare, si è focalizzata l'attenzione sia sul suolo, analizzandone i processi di formazione, di degradazione e dell'uso in riferimento alle produzioni agricole, sia sui sistemi colturali, estensivi e intensivi, evidenziando, soprattutto, gli impatti ambientali causati da una agricoltura iper-intensiva, e l'influenza delle nuove politiche agroambientali e delle più recenti tecniche di produzione. Nello specifico si vuole evidenziare il ruolo dell'agricoltura, fornendo le più recenti conoscenze in ambito suolo-alimentazione, dalla rivoluzione verde all'Agricoltura Blu. L'Agricoltura Blu è un'agricoltura conservativa e rispettosa dell'ambiente. Questo metodo innovativo si avvale dell'utilizzo di macchine, opportunamente modificate, e di tecniche moderne e sofisticate allo scopo di ridurre i rischi d'erosione e di compattamento del suolo e, conseguentemente, i costi di gestione sostenuti dall'imprenditore. L'Agricoltura Blu, in quest'ottica, rappresenta un nuovo tipo di gestione e di applicazione tecnologica all'agricoltura, volta a ottimizzare la forza lavoro nella tutela dell'ambiente e nel mantenimento di un buon livello di fertilità nel suolo.

## 1. Suolo e alimentazione

Il suolo è un corpo naturale costituito da elementi minerali ed organici che si forma dall'alterazione fisica e chimica della roccia e dalla trasformazione biologica e biochimica dei residui organici.

Capace di sostenere la vita delle piante, è caratterizzato da una atmosfera interna, da una flora e da una fauna determinate e da una particolare dinamica dell'acqua. Esso rappresenta il compendio dell'interazione tra atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera e si suddivide in orizzonti aventi caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche proprie.

Con il termine pedogenesi si indica l'insieme di tutti i fenomeni e processi fisici, chimici e biologici che portano, nel tempo, alla formazione e allo sviluppo del sistema suolo con le sue caratteristiche morfologiche, mineralogiche, chimiche, fisiche e biologiche che lo rendono l'habitat naturale dei vegetali.

I processi che intervengono nella formazione del suolo, a carico di qualunque materiale parentale, sia organico che inorganico, sono di diversa natura.

Secondo Buol *et al.*(2011) un processo pedogenetico è « ... un complesso o una sequenza di eventi, che vanno da una semplice redistribuzione di materia ad un insieme di reazioni molto complesse, che influenzano intimamente il suolo nel quale si svolge. ».

Una netta separazione dei processi pedogenetici non è semplice. Possono individuarsi processi semplici e processi composti, dove i secondi sono costituiti da una sequenza dei primi; tutti, però, possono essere riconducibili a quattro categorie, a seconda che causino una *traslocazione* di materia nel profilo, una sua *trasformazione*, una sua *addizione* o una sua *sottrazione* (tabella 1).



**Tabella 1.** Classificazione dei processi pedogenetici. (Boul et al., 2011).

<b>Processo</b>	<b>Effetto sui materiali del suolo</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Eluviazione</b>	Traslocazione	Asportazione di materia da un orizzonte di suolo
<b>Illuviazione</b>	Traslocazione	Deposizione di materia in un orizzonte di suolo
<b>Dilavamento</b>	Sottrazione	Allontanamento in soluzione di materiali
<b>Arricchimento</b>	Addizione	Addizione di materiale al suolo
<b>Erosione superficiale</b>	Sottrazione	Asportazione di materiale dalla superficie del suolo
<b>Cumulazione</b>	Addizione	Deposizione di materia alla superficie del suolo
<b>Decarbonatazione</b>	Traslocazione	Rimozione del carbonato di calcio da uno o più orizzonti di suolo
<b>Carbonatazione</b>	Traslocazione	Deposizione di carbonato di calcio in uno o più orizzonti di suolo
<b>Salinizzazione</b>	Traslocazione	Accumulo di sali solubili (solfati, cloruri) in uno o più orizzonti di suolo
<b>Desalinizzazione</b>	Traslocazione	Rimozione di sali solubili da uno o più orizzonti di suolo
<b>Alcalinizzazione</b>	Traslocazione	Aumento della percentuale di ioni sodio nel complesso di scambio
<b>Dealcalinizzazione</b>	Traslocazione	Rimozione di ioni sodio da un orizzonte <i>natrico</i>
<b>Lisciviazione</b>	Traslocazione	Movimento meccanico di particelle tra orizzonti, con la produzione di orizzonti distinti, <i>eluviale</i> e <i>illuviale</i>
<b>Pedoturbazione</b>	Traslocazione	Rimescolamento biologico o fisico dei materiali del suolo, con omogeneizzazione del profilo
<b>Podzolizzazione</b>	Traslocazione Trasformazione	Rimozione per via chimica dell'alluminio, del ferro e della sostanza organica con accumulo residuale di silice in un orizzonte eluviato
<b>Desilicizzazione</b>	Traslocazione Trasformazione	Rimozione per via chimica della silice con accumulo residuale di ferro, alluminio e minerali inalterabili, con possibile formazione di croste e strati induriti
<b>Decomposizione</b>	Trasformazione	Alterazione di materiali, sia minerali che organici
<b>Sintesi</b>	Trasformazione	Genesi di composti complessi, sia minerali che organici
<b>Melanizzazione</b>	Addizione Trasformazione	Iscurimento di un orizzonte minerale di suolo per mescolamento con sostanza organica umificata
<b>Leucinizzazione</b>	Trasformazione	Schiarimento di un orizzonte di suolo per rimozione della sostanza organica
<b>Lettieramento</b>	Addizione	Accumulo di residui, sia vegetali che animali, alla superficie del suolo
<b>Umificazione</b>	Trasformazione	Produzione di humus a partire da materiale organico grezzo
<b>Paludizzazione o impaludamento</b>	Trasformazione	Accumulo di sostanza organica in sedimenti profondi (torba)
<b>Maturazione</b>	Trasformazione	Trasformazioni nella sostanza organica (evoluzione verso composti umici stabili) in seguito all'instaurarsi

<b>Mineralizzazione</b>	Trasformazione	di condizioni di maggiore ossigenazione (ad esempio dopo cessazione di condizioni di saturazione idrica) Decomposizione della sostanza organica fino a ioni minerali
<b>Brunificazione Rubefazione Ferruginazione</b>	Traslocazione Trasformazione	Liberazione del ferro in seguito all'alterazione dei minerali primari, sua dispersione e successiva ossidazione e idratazione. Con livelli di ossidazione e idratazione crescenti, si producono nel suolo colori bruni ( <i>brunificazione</i> ), rosso-bruni ( <i>rubefazione</i> ) e rossi ( <i>ferruginazione</i> ).
<b>Gleyzzazione (gleificazione)</b>	Traslocazione Trasformazione	Riduzione del ferro, in condizioni di saturazione idrica, con produzione di suoli con colori smorti (grigio-blu, grigio-verde) alternati a screziature vivaci
<b>Allentamento</b>	Trasformazione	Aumento del volume dei pori, per attività di pedofauna, radici, lisciviazione di particelle, effetti fisici
<b>Indurimento</b>	Trasformazione	Diminuzione del volume delle porosità, per collasso, compattazione o riempimento di vuoti per illuviazione

I fattori pedogenetici, che condizionano lo sviluppo e determinano le proprietà delle diverse tipologie di suolo, sono codificati, in accordo a quanto indicato da Jenny (1941), nella seguente equazione:

$$S = f(cl, o, r, p, t) \tag{1}$$

dalla quale emerge che il suolo è il risultato dell'interazione tra il clima (*cl*), gli organismi viventi (*o*), la morfologia (*r*), la roccia madre (*p*) e il tempo (*t*).

Fra quelli elencati il clima è, sicuramente, il fattore che esercita la maggiore influenza sulle proprietà del suolo attraverso la pioggia e la temperatura. Tali elementi del clima iniziano immediatamente a controllare la velocità dei fenomeni chimici, fisici e biologici della pedogenesi, soprattutto i processi di alterazione della roccia madre e di lisciviazione.

Ad esempio la pioggia agisce in funzione della sua intensità e distribuzione annua, dell'evaporazione e della possibilità di scorrere sulla superficie o di penetrare nel suolo secondo la morfologia e la permeabilità.

La temperatura influenza in vari modi i processi pedogenetici: controlla la velocità delle reazioni chimiche e biologiche e influenza il tasso di mineralizzazione della sostanza organica. Insieme alla pioggia controlla, inoltre, l'entità dell'evapotraspirazione, agisce sullo sviluppo delle piante, sul tipo e sulla quantità di vegetazione che si insedia, nonché sul tipo e sulla quantità di residui organici che arrivano al suolo.

Il clima esercita quindi una notevole influenza sul suolo.

Tuttavia, i cambiamenti climatici in atto e previsti per i prossimi decenni possono esercitare una sensibile pressione sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Il suolo, comunque, può giocare un ruolo fondamentale nel mitigare o rendere ancora più critica la tendenza all'aumento di concentrazione nell'atmosfera di alcuni gas (anidride carbonica, protossido d'azoto e metano) responsabili del cosiddetto effetto serra.

Il suolo, infatti, può funzionare sia da contenitore che da fonte per l'anidride carbonica ed il metano in considerazione dei complessi fenomeni di umificazione/mineralizzazione della sostanza organica.

L'aumento della temperatura atmosferica incrementa l'attività dei microrganismi del suolo, favorendo, in condizioni ossidative, la mineralizzazione della sostanza organica con una conseguente maggiore produzione di anidride carbonica che concorre all'aumento della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e, in ultima analisi, della temperatura globale.

Per contro l'incremento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera, entro certi limiti, può influire positivamente sulla velocità del processo fotosintetico con una maggiore produzione di sostanza organica.

Si tratta di equilibri molto complessi, oggetto di numerose ricerche in tutto il Mondo, che solo negli ultimi anni sono stati attenzionati dal mondo scientifico (Robert, 2005).

Com'è facile intuire i processi di formazione del suolo richiedono tempi molto lunghi e per tale motivo il suolo è essenzialmente una risorsa non rinnovabile da salvaguardare, così come definito dalla Unione Europea (COM/2002/0179).

Il suolo è la risorsa strategica di base per il benessere e lo sviluppo di un Paese e dei i suoi cittadini perché fornisce una serie di funzioni chiave dal punto di vista ambientale, economico, sociale e culturale indispensabili per la vita: assicura la produzione alimentare e agricola, costituisce la base dell'attività umana, fornisce materie prime, è l'habitat di una enorme varietà di organismi, rappresenta un centro di immagazzinaggio, filtraggio e trasformazione di sostanze chimiche, materia organica e acqua, "conserva" il carbonio, regola i cicli idrologici.

Il suolo si configura, pertanto, come elemento fondamentale per la vita dalla quale dipende in primo luogo la sicurezza alimentare di milioni di persone.

Nonostante le importanti funzioni che svolge, il suolo è sottoposto a numerose e crescenti minacce legate alle attività antropiche che compromettono la sua stabilità e produttività nel tempo.

Negli ultimi decenni, si è registrato un aumento significativo dei processi di degrado dei suoli che, in assenza di interventi, continueranno ad aumentare (COM(2006) 232). Questi sono riconducibili a processi di erosione, diminuzione della sostanza organica, contaminazioni, compattazione del suolo, salinizzazione, diminuzione della biodiversità.

La nascita di nuovi insediamenti, senza la preliminare realizzazione di opere volte alla regimazione dei deflussi superficiali, il taglio di un bosco, pratiche colturali non adeguate al suolo in cui insiste la vegetazione, sono solo alcuni esempi di azioni antropiche che possono innescare rilevanti processi di degrado del suolo.

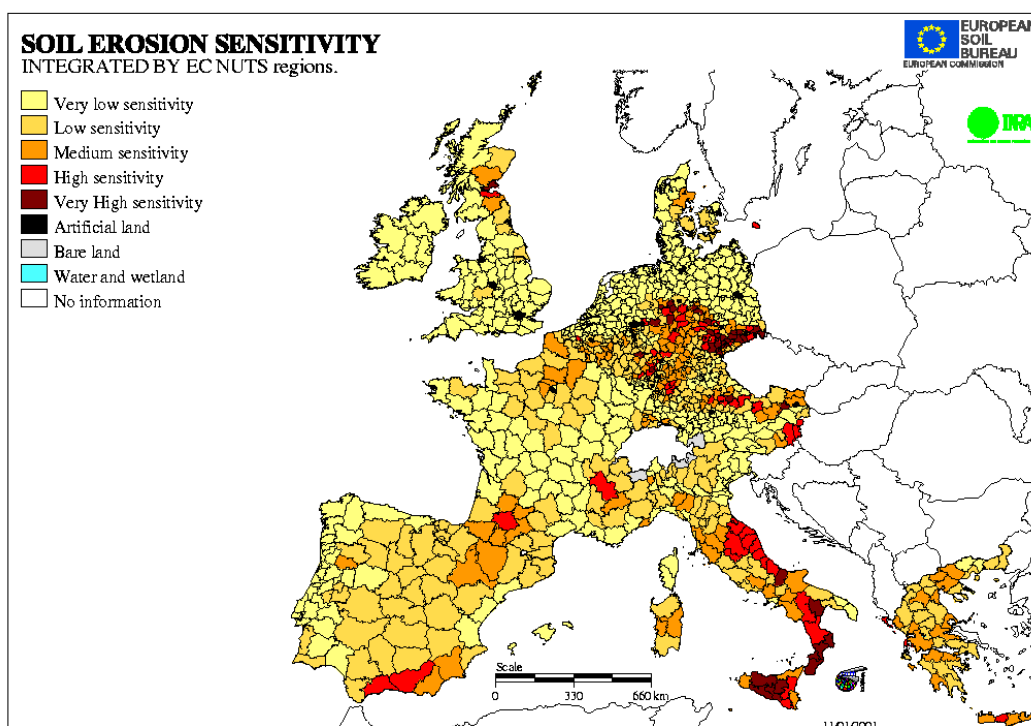
Il fenomeno assume particolare rilievo specie nelle aree coltivate del nostro pianeta, dove sono stati attuati cambiamenti drastici nell'uso del suolo. Proprio a questi cambiamenti d'uso è imputabile l'aumento, rispetto al caso di superfici non antropizzate, della perdita di suolo che si manifesta nelle aree coltivate.

L'erosione, nel suo significato più ampio, è un processo di alterazione della superficie terrestre che può avere come agente l'acqua (erosione idrica), il vento (erosione eolica) e i ghiacciai (esarazione).

Sempre più spesso il fenomeno si può verificare come conseguenza di un'utilizzazione irrazionale del suolo che conduce ad una progressiva, e qualche volta irreversibile, degradazione delle risorse necessarie per la permanenza dell'uomo in un dato territorio.

L'erosione idrica del suolo, in particolare, rappresenta una minaccia per la sostenibilità dell'umanità intera in tutte le regioni del nostro pianeta (Laflen e Roose, 1998).

Nell'area mediterranea l'erosione, a seguito di deflusso superficiale accelerato, è di certo il problema ambientale più significativo soprattutto nelle aree agricole (figura 1). L'erosione è prevalentemente causata dalla scarsa capacità di infiltrazione dell'acqua nello strato superficiale del suolo per l'adozione di inappropriate pratiche agronomiche, elevate pendenze, precipitazioni di notevole intensità dopo lunghi periodi di siccità (Basso et al., 2002).



**Figura 1.** Sensibilità all'erosione del suolo (fonte: European Soil Bureau).

Un ruolo fondamentale nel migliorare la fertilità e ridurre la predisposizione all'erosione superficiale del suolo è svolto dalla sostanza organica che rappresenta una componente essenziale per la nutrizione vegetale, protezione della qualità del suolo e controllo del destino dei contaminanti antropogenici. Costituisce, inoltre, un comparto sequestrante nel ciclo globale del carbonio con notevoli impatti positivi sull'inquinamento ambientale e sui fenomeni di desertificazione.

Soprattutto negli ambienti mediterranei caldi, l'agricoltura intensiva, praticata negli ultimi anni, basata su monosuccessioni, lavorazioni profonde e uso massiccio di prodotti chimici, ha impoverito il suolo privandolo di buona parte della sostanza organica in esso presente. Tale agricoltura ha comportato in alcuni casi l'utilizzo di pedotecniche che hanno modificato il suolo in maniera irreversibile dando origine a "nuovi" suoli che, dal punto di vista tassonomico, hanno richiesto da parte dei pedologi l'introduzione di nuovi criteri e concetti necessari per il loro rilevamento e classificazione (Lo Papa et al., 2011).

L'errata gestione del suolo (ad esempio scorrette lavorazioni, eccessivo pascolamento, utilizzo di acque qualitativamente scadenti) ha portato anche a fenomeni di compattazione e di salinizzazione. L'impiego di acque saline, in particolare, influenza le proprietà strutturali e idrologiche del suolo, modificandone negativamente la porosità, la permeabilità e la capacità di infiltrazione dell'acqua e predisponendolo a gravi problemi di erosione e di desertificazione.

L'introduzione di contaminanti nel sistema distrugge o, comunque, danneggia diverse funzioni del suolo e indirettamente può provocare una contaminazione dell'acqua di falda. La presenza di prodotti xenobiotici, oltre certi livelli, comporta una serie di conseguenze negative per gli ecosistemi ed in definitiva per le risorse naturali ed alimentari. Le conseguenze riguardano una progressiva riduzione del potere tampone, problemi di eutrofizzazione dell'acqua, rallentamento dell'attività biologica con notevoli impatti sulla struttura e fertilità del suolo.

La salute dell'uomo è direttamente determinata dalla qualità del suolo che rappresenta la fonte primaria degli elementi e delle sostanze che l'uomo assume attraverso la dieta (oltre il 98% degli alimenti deriva direttamente o indirettamente dal suolo).

È noto che le caratteristiche e le proprietà chimiche e biologiche dei suoli si ripercuotono sulla quantità e la qualità delle produzioni. Un suolo di buona "qualità", correttamente gestito, è il presupposto indispensabile per realizzare produzioni alimentari quantitativamente e qualitativamente stabili nel tempo. Al contrario, l'inquinamento del suolo, o semplicemente il suo iper-sfruttamento, ha un rilievo sanitario ed ambientale non trascurabile, incidendo negativamente sulle produzioni alimentari, sia in senso qualitativo che quantitativo, per lunghi periodi di tempo.

Il suolo ha una capacità di immobilizzazione e un potere tampone considerevoli, strettamente correlati al suo tenore di sostanza organica. Queste proprietà non interessano solo l'acqua, i minerali e i gas, ma anche molteplici sostanze chimiche, come ad esempio i contaminanti, che possono accumularsi nel suolo e il cui successivo rilascio può avvenire secondo modalità molto diverse. Per la sua capacità tampone il suolo è stato considerato, fino a qualche decennio fa, un comparto ambientale "sicuro", in cui poter riversare le sostanze tossiche, correndo rischi accettabili sia per la popolazione, sia per gli ecosistemi. La deposizione atmosferica dovuta alle emissioni dell'industria, del traffico e dell'agricoltura, l'elevato contenuto di metalli pesanti presenti anche in alcuni fertilizzanti e presidi fitosanitari e diversi contaminanti acidi e altri composti organici, hanno fatto osservare un aumento del loro contenuto nei suoli di tutto l'emisfero boreale, ovvero l'emisfero più industrializzato.

Alla riduzione della capacità tampone e all'aumentare dell'acidificazione del suolo per le piogge acide, alle pratiche agricole scorrette o al cambiamento d'uso dei terreni, che ne determinano rapide variazioni delle proprietà chimiche e fisiche, segue un progressivo rilascio del carico inquinante nei sistemi acquatici che si esplicita nella trasformazione degli inquinanti immagazzinati nel suolo da forme insolubili non tossiche a forme solubili altamente tossiche.

Il fenomeno è noto agli studiosi di scienza del suolo con l'acronimo C.T.B.: "Chemical Time Bomb" (bomba chimica ad orologeria) (COM 2002).

Il miglioramento delle diete e dei regimi alimentari di una popolazione, attraverso l'offerta al cittadino-consumatore di prodotti alimentari opportunamente formulati, trasformati e conservati, sembrerebbe contribuire alla riduzione dei fattori predisponenti manifestazioni patologiche, aumentando così il benessere sociale e riducendo la spesa pubblica (Milano e Pezzarossa, 2007).

In considerazione della stretta relazione suolo-alimentazione, evidente anche in condizioni ambientali e sociali differenti, è necessario praticare, ai fini della sicurezza e della qualità alimentare, sistemi colturali che utilizzino tecnologie e procedure sofisticate, sensibili ed accurate volte a proteggere la risorsa suolo.

## **2. Sistemi colturali e politiche agroambientali**

I sistemi colturali rappresentano l'insieme degli ordinamenti produttivi e delle relative agrotecniche adottate all'interno di una azienda o di un territorio.

In base ai diversi aspetti organizzativi e tecnici si possono distinguere almeno due categorie generali di sistemi di coltivazione:

- Sistemi estensivi
- Sistemi intensivi

I sistemi estensivi si caratterizzano per limitati livelli produttivi ottenuti mediante l'impiego di un basso livello di input energetici su vaste superfici caratterizzate da condizioni pedoclimatiche o economiche-sociali "difficili".

Di contro i sistemi intensivi, propri di un'agricoltura industrializzata, si basano su un'elevata utilizzazione di capitali e mezzi produttivi al fine di raggiungere elevate produzioni unitarie.

Negli ultimi 60 anni il suolo, e conseguentemente i sistemi colturali, è stato sottoposto ad una serie di profonde modificazioni nell'ambito di quella che è stata definita "Rivoluzione Verde".

Il termine "Rivoluzione verde" è usato per descrivere un vertiginoso *boom* della produttività agricola nel mondo in via di sviluppo tra il 1960 e il 1990. È nata soprattutto perché i governi dei Paesi industrializzati e in via di sviluppo hanno investito in maniera consistente nella ricerca agricola. La scienza moderna è stata utilizzata per trovare sistemi per incrementare la produzione alimentare e ciò ha rivoluzionato le tradizionali pratiche agricole. L'allevamento intensivo e la selezione hanno portato allo sviluppo di colture ad alto rendimento e all'allevamento di razze più produttive. C'è stato anche un balzo in avanti nello sviluppo di prodotti agrochimici, come pesticidi e fertilizzanti. Ove possibile, infatti, gli ambienti naturali venivano trasfor-



mati per potervi coltivare piante commestibili oppure per potervi allevare bestiame, sottraendo territorio alle piante e agli animali selvatici. Molte regioni del mondo vennero deforestate, desertificate o comunque trasformate rispetto alle caratteristiche originali dei loro territori, e questo ebbe una ricaduta sia sull'aspetto del paesaggio sia sull'evoluzione della biodiversità.

Inizialmente, la “Rivoluzione verde” è stata vista come un successo senza precedenti. All'aumento della popolazione e della richiesta di cibo corrispondeva la crescita degli approvvigionamenti alimentari e i prezzi degli alimenti rimanevano stabili.

Tuttavia all'inizio degli anni '90 incominciarono ad emergere numerosi inconvenienti. Si è assistito ad un graduale impoverimento della fertilità del suolo provocata da lavorazioni profonde e ricorrenti, nonché da omosuccessioni e/o avvicendamenti “stretti” con problematiche anche di carattere fitopatologico, difficili da controllare. La scelta degli agricoltori di coltivare nuove varietà migliorate e di allevare nuove razze di bestiame ha provocato, inoltre, l'abbandono e l'estinzione di molte varietà locali e tradizionali, riducendone la biodiversità. In molti Paesi, poi, l'uso massiccio di pesticidi e di altri prodotti chimici ha causato un serio degrado ambientale e minacciato la salute pubblica.

Le tecniche agricole legate alla “Rivoluzione verde” hanno richiesto non solo una massiccia irrigazione, intaccando seriamente le risorse idriche mondiali, ma uno sfruttamento sempre più indiscriminato del suolo non solo ai fini di una produzione alimentare, ma anche, soprattutto nell'ultimo decennio, a fini energetici.

Oltre alla qualità del suolo, un ruolo determinante per la quantità e la qualità delle produzioni riveste la disponibilità di terra. L'espandersi delle economie globali con il conseguente iper-sviluppo in tempi rapidissimi dei cosiddetti paesi BRIC (Brasile; Russia; India; Cina) hanno cambiato profondamente i modelli di consumo alimentare del mondo (De Blij e Murphy, 2002). Questi Paesi condividono una situazione economica in via di sviluppo, una grande popolazione (Russia e Brasile centinaia di milioni di abitanti, Cina e India circa due miliardi e mezzo di abitanti), un immenso territorio, abbondanti risorse naturali strategiche e, cosa più importante, sono stati caratterizzati da una forte crescita del PIL e della quota nel commercio mondiale, soprattutto nella fase iniziale del XXI secolo.

Alcuni indicatori macroeconomici individuano che, sebbene la dimensione delle economie dei Paesi BRIC è ormai comparabile con quelle dei Paesi del G7, a livello di PIL pro-capite la distanza è ancora consistente.

Tuttavia, dal 2000 il PIL pro-capite a parità di potere d'acquisto di questi quattro Paesi è cresciuto del 99% contro appena il 35% dei sette maggiori Paesi industrializzati (Fondo Monetario Internazionale). La vera ricchezza dei Paesi BRIC è la popolazione, infatti questi quattro Stati rappresentano il 42% della popolazione mondiale e la popolazione, in una economia capitalistica, rappresenta la principale determinante della domanda. Questo dato si concretizza nella ricerca da parte di queste popolazioni di più servizi e prodotti alimentari. La popolazione mondiale, inoltre, crescerà dai sette miliardi del 2011 ai nove miliardi del 2050 (Goldstein, 2011). Questa esplosione demografica richiederà naturalmente una fetta ancora maggiore delle già limitate risorse naturali e agricole. A questo si aggiunga l'espansione della produzione di prodotti agricoli non edibili, identificabili nella produzione di biocarburanti e bioplastiche e le discutibili pratiche economiche/finanziarie quali il *land banking* che ha fatto sì che una parte delle terre disponibili sia ad oggi inutilizzata e il *land grabbing*, ovvero l'acquisizione di ingenti superfici di suolo in Paesi in via di sviluppo, che negli ultimi anni ha assunto una dimensione senza precedenti.

Dalla nascita della Comunità Europea prima e dell'Unione Europea dopo, gli investimenti nel comparto agricolo alimentare sono stati diversi e non sempre efficaci e di lungo periodo.

Le politiche che hanno avuto un maggior impatto nella gestione del sistema colturale e conseguentemente del suolo, introdotte a partire dagli anni sessanta, con la “Rivoluzione verde”, hanno avuto lo scopo di incrementare le produzioni e di garantire l'autosufficienza alimentare. Si è assistito, quindi, ad una generale semplificazione dei sistemi colturali fino alla monocoltura. I sistemi monocolturali erbacei, in particolare, tipici dell'agricoltura industrializzata, fortemente sostenuti dalla Politica Agricola Comunitaria del tempo, hanno determinato una generale riduzione della fertilità del suolo (La Bella, 2012).

Gli incentivi comunitari, incentrati nel promuovere l'incremento delle produzioni hanno favorito, inoltre, la presenza di alcune colture a scapito di altre. In Sicilia ad esempio sono quasi scomparse le foraggere a vantaggio dell'omosuccessione del frumento duro, variando l'aspetto del paesaggio agrario delle aree interne della collina siciliana (Leto et al., 2001).



Attualmente gli organi decisionali e programmatici dell'Unione Europea hanno affrontato le problematiche legate alla gestione e protezione del suolo all'interno di politiche più vaste nell'ambito della PAC senza intervenire con misure specifiche.

Ad esempio le misure agroambientali finalizzate alla protezione del suolo comprendono sistemi generici di gestione agricola, come l'agricoltura biologica ed integrata, e misure specifiche come le pratiche di conservazione, strisce prative, colture di rivestimento invernali e l'uso di compost.

Le misure comprendono finanziamenti in cambio dell'assunzione di determinati obblighi agroambientali e multe per il mancato rispetto dei requisiti (PSR Sicilia 2007-2013).

La gestione sostenibile della produzione agricola, per incrementare gli effetti positivi sull'ambiente, richiede un approccio integrato delle tecnologie disponibili ed una progressiva riduzione delle pratiche che provocano un marcato impatto sull'ecosistema suolo.

Per tale obiettivo si sono dimostrate molto utili alcune pratiche agricole, come ad esempio le tecniche conservative quali il *no tillage* e il *minimum tillage*. In altri casi si è visto che nei campi coltivati la presenza costante di una bassa copertura vegetale può garantire la buona struttura dei suoli grazie all'"effetto tenuta" prodotto dalle radici. In altri casi ancora, è stato dimostrato che la fertilità viene favorita dalla rotazione ciclica di piante coltivate con altre che fanno aumentare l'apporto di nutrienti nel terreno, migliorando le sue proprietà chimiche, in termini di pH, minerali e sostanza organica; tutti aspetti importanti che consentirebbero di diminuire il bisogno di fertilizzanti chimici e altri apporti esterni.

Si tratterebbe in pratica di favorire, nelle aree coltivate, le condizioni di ricchezza biologica utili a mantenere su tempi lunghi la fertilità del suolo, il controllo dei parassiti, la protezione dal vento, dalla pioggia e dall'erosione, più tutta una serie di altre proprietà tipiche dell'agricoltura sostenibile.

È auspicabile quindi, in considerazione dei processi politici ed economici che hanno portato ad un sempre maggiore impatto sul sistema suolo, l'adozione di politiche economiche che consentano di abbandonare definitivamente il principio della massimizzazione delle produzioni, attuando processi produttivi a basso impatto ambientale che accanto alle esigenze economiche possano garantire un uso sostenibile delle risorse non rinnovabili.

Il suolo, risorsa non rinnovabile e luogo per eccellenza dove si attuano la maggior parte dei processi di produzione agricola, deve, quindi, ricevere tutte le attenzioni che si rivolgono ai processi di gestione e di sviluppo autenticamente sostenibili in grado di assicurarne l'uso e la disponibilità alle future generazioni.

### **3. L'Agricoltura Blu**

Le forme più recenti di agricoltura, che presentano un'azione diretta sulla conservazione del suolo e che rispondono a principi di sostenibilità, sono rappresentate dall'agricoltura biologica, dall'agricoltura di precisione e dall'agricoltura conservativa. Queste tecniche agronomiche hanno un minimo comune denominatore: un uso razionale di ciò che non è rinnovabile e un ridotto impatto ambientale sulle risorse naturali.

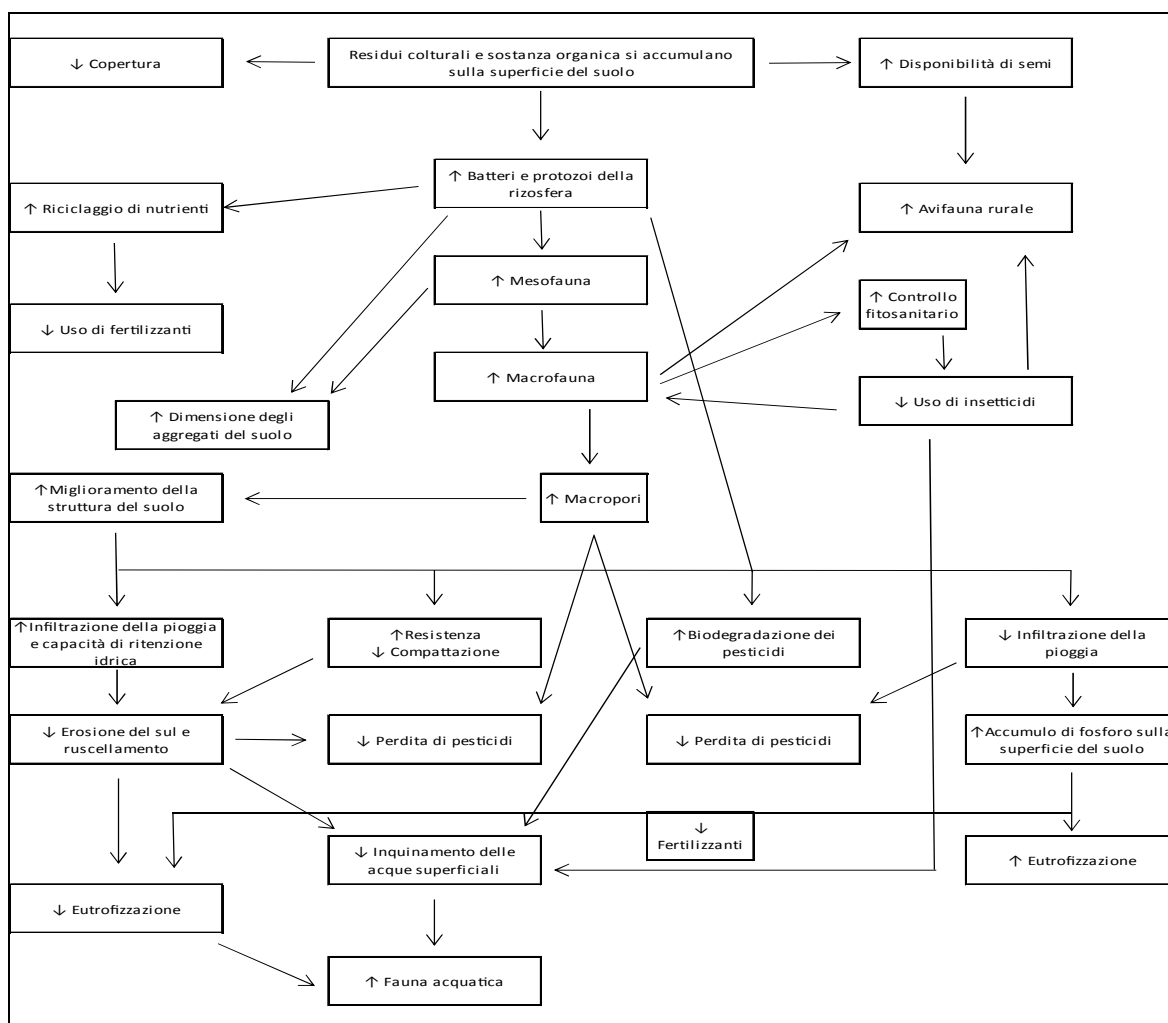
L'Agricoltura Blu, nata negli Stati Uniti negli anni '30 e conosciuta in tutto il mondo come "agricoltura conservativa", rappresenta un modello razionale di produzione sostenibile e competitiva, pienamente compatibile con il sistema agricolo. Essa si basa su tre principi fondamentali che riguardano la permanente copertura del suolo da residui colturali per almeno il 30% della superficie, la semina diretta o la minima lavorazione, senza inversione degli strati e gli avvicendamenti colturali.

Numerosi sono i vantaggi sia per l'azienda agricola che per l'ambiente in quanto permette un miglioramento del grado di fertilità biologica del suolo, un incremento della sostanza organica e riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>; un aumento della percentuale di infiltrazione e maggiore ritenzione idrica, una migliore struttura del suolo e riduzione dei fenomeni erosivi, nonché minori costi meccanici e minore forza lavoro.

I sistemi di Agricoltura Blu, in particolare, sono stati sviluppati come alternativa alle tecniche convenzionali quali la monosuccessione, la bruciatura dei residui colturali e l'aratura seguita dalle lavorazioni preparatorie alla semina e/o al trapianto, al fine di ridurre non solo l'erosione dovuta all'azione dell'acqua meteorica, ma anche quella dovuta al vento, per mantenere o incrementare il contenuto di sostanza organica (Six et al., 2002).

Le basi agronomiche si fondano sulla minima alterazione del suolo attraverso una rivisitazione delle lavorazioni conservative (*no-tillage*, *minimum tillage*, impiego di mezzi, scelta di epoche, etc.) per mezzo di

strumenti tecnologici avanzati, quali sistemi GPS e modelli di simulazione dei sistemi colturali, al fine di ridurre l'erosione, preservare la struttura, la fauna e la sostanza organica del suolo (figura 2).



**Figura 2.** Processi interattivi attraverso i quali L'Agricoltura Blu può generare benefici ambientali (fonte: Agricoltura Blu. Edagricole 2007).

Tali tecniche prevedono la reintroduzione degli avvicendamenti colturali e la razionale gestione di residui vegetali sulla superficie del suolo come copertura permanente, allo scopo sia di proteggere lo strato sottosu-perficiale dall'impatto delle gocce di pioggia che, favorendo l'infiltrazione e diminuendo l'evaporazione, d'incrementare l'accumulo di acqua (Merrill et al., 2002).

L'intensificazione dell'attività agricola ha condotto ad un inevitabile declino di molti gruppi di specie animali ed anche ad una semplificazione della flora, quindi una diffusa riduzione della biodiversità.

L'Agricoltura Blu può apportare indubbi benefici nel ripristino e mantenimento della biodiversità tra i quali maggiore precisione nell'applicazione di pesticidi con un impatto ridotto sulle specie non obiettivo e incremento sia della copertura vegetale che delle rotazioni colturali che favoriscono la presenza di micro e macro organismi nel suolo (Pisante e Stagnari, 2007).

In conclusione il mondo del terzo millennio è un mondo diviso da differenze di razza, di etnia, di genere ma anche di salute e di benessere che rapidamente sta cambiando. "La storia contemporanea del cibo è la storia di come la società umana è divisa da una serie di "dare" ed "avere": alcuni mangiano, alcuni soffrono la

fame; alcuni faticano, altri consumano; alcuni guadagnano, altri pagano; alcuni vivono, altri muoiono; alcuni vedono il quadro globale dell'alimentazione, altri lo negano" (Millston e Lang, 2003).

Per tale motivo l'obiettivo comune dovrà essere quello di promuovere la produzione agricola, ottimizzando l'uso delle risorse naturali e soprattutto di quelle non rinnovabili, contribuendo a ridurre il degrado ambientale attraverso la gestione integrata del suolo, dell'acqua e delle risorse biologiche esistenti in associazione con fattori di produzione esterni.

## **Bibliografia**

- Basso, F., Pisante, M. e Basso, B. (2002). *Soil erosion and land degradation. Mediterranean desertification: a mosaic of processes and response*. Vol. 2 Regional Studies, Chapter 25, 347-359. Wiley & Sons ed., London.
- Buol, S.W., Southard, R. J., Graham, R.C. e McDaniel, P.A. (2011). *Soil Genesis and Classification. 6th ed.* Wiley-Blackwell.
- COM(2002)0179. *Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo*. 16 Aprile 2002.
- COM(2006) 232. *Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE*. Bruxelles, 22 Settembre 2006.
- De Blij, H.J. e Murphy, A.B. (2002). *Geografia umana. Cultura, società, spazio*. Zanichelli.
- Freppaz, M. (2003). *Il suolo e il clima*. Environnement Ambiente e territorio in Valle d'Aosta n.25.
- Goldstein, A. (2011). *BRIC. Brasile, Russia, India, Cina alla guida dell'economia globale*. Il Mulino.
- Jenny, Hans. (1941). *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover publications, inc. New York.
- La Bella, S. (2012). *Tecniche Agronomiche di Conservazione del Suolo*. Monitoraggio della qualità dei suoli e rischio di desertificazione, Cap.20, 533-554. McGraw-Hill
- Lafren, J.M. e Roose, E.J. (1998). *Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion*. CRC press, Boca Raton p.31-55.
- Leto, C., La Bella, S. e Tuttolomondo, T. (2001). *Valutazioni di varietà di colza in Sicilia*. L'Informatore Agrario n.42.
- Lo Papa, G., Palermo, V. e Dazzi, C. (2011). *Is land-use change a cause of loss of pedodiversity? The case of the Mazzarrone study area, Sicily*. Geomorphology, N. 135 pp. 332-342 doi: 10.1016/j.geomorph.2011.02.015.
- Merril, S.D., Krupinsky, J.M. e Tanaka, D.L. (2002). *Soil coverage by residue in diverse crop sequences under No-Till*. USDA-ARS. Poster presented at the Annual Meeting of ASA-CSSA-SSSA, November 10-14, Indianapolis, IN.
- Milano, T. e Pezzarossa, B. (2007). *Qualità del suolo, alimenti e salute*. I° Congresso Nazionale Qualità del Suolo, Alimenti e Salute, Palermo 24-26 Ottobre.
- Millston, E. e Lang, T. (2003). *The Atlas of Food, Who eats What, Where and Why*. London, Eartscan.
- Pisante, M. e Stagnari, F. (2007). *Aspetti agronomici e ambientali dell'agricoltura conservativa*. Agricoltura Blu. Edagricole.
- Robert, M. (2005). *Global change and carbon cycle: the position of soil and agriculture*. In Soil Erosion and Carbon Dynamics (Roose, Lal, Feller, Barthes, Stewart, eds). Series: Advances in Soil Science. CRC Press.
- Schaetzl, R. e Anderson, S. (2007). *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University press.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S.M., Sa, J.C.M. e Albrecht, A. (2002). *Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils-effects of no tillage*. Agronomie 22, p.755-775.

## **Gli integratori alimentari: legislazione, definizione e funzioni**

**Enrico Prenesti**

Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Chimica, Via Pietro Giuria 7, 10125  
Torino, Italy

E-mail: enrico.prenesti@unito.it

**Sommario.** Il lavoro muove da un esame critico della qualità attuale degli alimenti per comprendere le ragioni che hanno condotto alla nascita e all'espansione degli integratori alimentari, fino alla loro regolamentazione secondo varie disposizioni europee e nazionali, dalla Direttiva 98/398/CEE all'attuale Regolamento 1170/2009/CE. Le patologie riferibili a problematiche della sfera alimentare sono numerose. Sono, infatti, frequenti le situazioni di ridotto apporto o di aumentato fabbisogno di sostanze nutrizionali e non nutrizionali che, per svariati motivi, non possono essere soddisfatte dal consumo di alimenti di uso comune. Inoltre, i prodotti di molte filiere alimentari consegnano al consumatore prodotti spesso manchevoli dal punto di vista del contenuto di micronutrienti protettivi, esponendo l'organismo alle conseguenze che carenze di sostanze vitali per l'omeostasi, la difesa e la detossificazione possono provocare. Ci si propone, allora, di esaminare i benefici di un uso consapevole di sostanze essenziali in forma concentrata (vitamine, componenti minerali, amminoacidi, acidi grassi essenziali, ecc.) per la salvaguardia della salute.

### **1. Introduzione**

Il mercato mondiale degli integratori alimentari è in continua espansione e conta milioni di utenti nel mondo.

Un consumatore italiano su due fa ricorso a integratori alimentari e a cibi funzionali. Nel 2010 il fatturato nazionale ha sfiorato i 3 miliardi di euro. Sorgono, allora, spontanee alcune domande:

- è sempre sufficiente basarsi su un'alimentazione equilibrata, cioè regolare, moderata e varia, per garantire lo stato di buona salute?
- perché sono nati gli integratori alimentari?
- sono strumenti di business per le industrie del settore oppure di sostegno alla salute dei consumatori?

Tra sostenitori strenui e detrattori ostinati, per cercare una risposta sensata è necessario avventurarsi dentro l'attuale costituzione chimica degli alimenti e valutare le linee guida di alimentazione.

### **2. Che cosa sono gli integratori alimentari**

In generale, gli integratori alimentari sono prodotti di mantenimento/promozione della salute rivolti a persone sane. Alcuni principi attivi caratteristici degli integratori alimentari (per es. vitamina C, vitamina E, calcio, ferro, flavonoidi, isoflavoni di soia) possono essere commercializzati anche nella veste di farmaci ed essere posti in vendita in modo del tutto analogo nelle forme di scatole con blister, polveri, capsule, flaconi per liquidi, ecc.: ciò amplia e complica il panorama commerciale, crea confusione nel consumatore inesperto e richiede una definizione precisa delle due categorie di prodotti.

La distinzione tra integratori alimentari e farmaci si basa sulle differenti finalità d'uso. La definizione di *medicinale* è data dall'articolo 1, comma 1, del Decreto Legislativo 178/91 (G.U. 16.06.91, n. 139) di recepimento della direttiva 65/65/CEE:

« (...) è da intendersi come medicinale ogni sostanza o composizione presentata come avente proprietà curative o profilattiche delle malattie umane o animali, nonché ogni sostanza o composizione da somministrare all'uomo o all'animale allo scopo di stabilire una diagnosi medica o di ripristinare, correggere o modificare funzioni organiche dell'uomo o dell'animale».

La prima regolamentazione italiana degli *integratori alimentari* nasce nel 1992 con il Decreto Legislativo n° 111 del 27 gennaio 1992 (attuazione della direttiva 89/398/CEE) sui *prodotti alimentari destinati ad un'alimentazione particolare* i quali, per la loro particolare composizione o per il particolare processo di fabbricazione, presentano le seguenti caratteristiche:

- si distinguono nettamente dagli alimenti di consumo corrente,
- sono adatti all'obiettivo nutrizionale indicato,
- sono commercializzati in modo da indicare che sono conformi a tale obiettivo.

In base a una precisazione del Ministero della Salute, gli integratori alimentari non possono essere considerati prodotti dietetici in quanto non sono concepiti per esigenze nutrizionali (es. sportivi) o condizioni fisiologiche (es. prima infanzia) particolari ma il loro impiego ha lo scopo di ottimizzare gli apporti nutrizionali e di fornire sostanze di interesse nutrizionale ad effetto protettivo o trofico e per migliorare il metabolismo e le funzioni fisiologiche dell'organismo. All'articolo 2 del Decreto Legislativo n° 169 del 21 maggio 2004 (da Direttiva 2002/46/CE) viene dichiarato che:

- ai fini del presente decreto si intendono per «integratori alimentari» i prodotti alimentari destinati ad integrare la comune dieta e che costituiscono una *fonte concentrata di sostanze nutritive*, quali le vitamine e i minerali, o di altre sostanze aventi un effetto nutritivo o fisiologico, in particolare ma non in via esclusiva amminoacidi, acidi grassi essenziali, fibre ed estratti di origine vegetale, sia monocomposti che pluricomposti, in forme predosate;
- i termini: «complemento alimentare» o «supplemento alimentare» sono da intendersi come sinonimi di «integratore alimentare»;
- si intendono per predosate le forme di commercializzazione quali capsule, pastiglie, compresse, pillole, gomme da masticare e simili, polveri in bustina, liquidi contenuti in fiale, flaconi a contagocce e altre forme simili di liquidi e di polveri destinati ad essere assunti in piccoli quantitativi unitari.

In merito alla *differenza* tra *integratore alimentare* e *farmaco* ci sono principi attivi (quelli ammessi per entrambe le categorie di prodotti) per i quali l'unica differenza sta nella *procedura di registrazione* adottata dalla casa produttrice: la registrazione come integratore alimentare prevede solo la notifica al Ministero della Salute, la registrazione come farmaco, invece, prevede un iter burocratico molto articolato (con raccolta di documentazione scientifica apposita) e un costo notevolmente superiore.

Le *categorie di sostanze* maggiormente presenti negli integratori alimentari sono:

- vitamine (soprattutto quelle idrosolubili),
- componenti minerali (macro- e oligoelementi),
- amminoacidi (soprattutto quelli essenziali),
- acidi grassi essenziali,
- fibre (idrofile e gelificanti) e altri non nutrienti,

Una commissione consultiva per i prodotti destinati a un'alimentazione particolare ha approvato nel 2005 una documentazione relativa agli integratori alimentari con *ingredienti erboristici*. Per la commercializzazione si seguono le norme delineate nell'art. 10 del D.L. n° 169 del 2004, inviando una notifica al Ministero della Salute con i dati relativi all'integratore. Secondo una direttiva della CE 86/2002 il produttore è tenuto a utilizzare ingredienti "erboristici" di cui si abbia prova di un uso "significativo", supportata eventualmente da elementi bibliografici riferiti alla sostanza vegetale e/o preparato vegetale contenuto. Qualora tale ingrediente non sia di uso tradizionale, deve essere annoverato come *novel food* e, comunque, dev'esserne riconosciuta la qualità, anche in termini di purezza dell'ingrediente, e la sicurezza d'uso.

Il Regolamento 1170/2009/CE modifica la Direttiva 2002/46/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché il regolamento CE n° 1925/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda gli elenchi di vitamine e minerali e le loro *forme chimiche* (es. vitamina D come colecalciferolo o come ergocalciferolo) che possono essere aggiunti agli alimenti, compresi gli integratori alimentari.

L'integratore alimentare è, poi, stato definito dall'EHPM (*European Federation of Associations of Health Product Manufacturers*, Federazione Europea delle Associazioni dei Produttori di Prodotti Salutistici) come:

«Preparazioni come tavolette, capsule, polveri e liquidi composte da o contenenti nutrienti, micronutrienti e/o altre sostanze commestibili assunte in dosi unitarie, destinate ad integrare la normale alimentazione».

La legge degli USA è chiara nell'individuare gli integratori come alimenti e, pertanto, soggetti alle leggi sugli alimenti. In particolare, la legge degli USA specifica che non sono da considerarsi *né medicinali, né additivi*.

Queste definizioni individuano l'integratore alimentare in modo abbastanza preciso: si tratta di un alimento pensato specificamente per integrare l'alimentazione con varie sostanze che possono non essere facilmente ricavabili in sufficiente quantità dalla normale alimentazione per diverse ragioni. Un esame critico di tali ragioni fortificherà la cultura sugli alimenti e amplierà la latitudine di conoscenza sulle complesse relazioni intercorrenti tra ambiente, alimenti e salute.

### 3. Quando ricorrere agli integratori alimentari

Il ricorso a un integratore alimentare può essere motivato da due circostanze:

- una *riduzione degli apporti* di nutrienti con gli alimenti di uso corrente,
- un *aumento del fabbisogno* di nutrienti.

Il *ridotto apporto* può essere legato a:

- squilibri nella composizione degli alimenti,
- difficoltà locale di reperimento di taluni alimenti (scarsa varietà),
- errori individuali di scelta degli alimenti (ovvero dei nutrienti ivi contenuti) dovuti a ignoranza.

Per esempio:

- chi consuma poca frutta e verdura fresca può sviluppare carenza di vitamine, di componenti minerali e di sostanze protettive ad azione antiossidante,
- i vegetariani e soprattutto i veganiani sono esposti alla carenza di ferro (per ridotta biodisponibilità del ferro di origine vegetale) e di vitamina B12 (praticamente assente negli alimenti di origine vegetale),
- chi consuma perlopiù prodotti vegetali conservati e/o cotti è esposto alla carenza di vitamina C,
- chi consuma pochi prodotti ittici rischia carenza di iodio e di acidi grassi essenziali della serie  $\omega 3$ .

L'*aumentato fabbisogno* è dovuto a situazioni particolari:

- contingenti, come la gravidanza o l'allattamento,
- permanenti, se dipendenti da *patologie* importanti o da una *individualità biochimica* particolare;
- tendenzialmente ricorrenti, se legati a scelte individuali come la pratica sportiva agonistica.

Per esempio:

- chi consuma molti acidi grassi polinsaturi (da oli di mais, di girasole, di riso, di soia, ecc.) ha una maggiore necessità di vitamina E antiossidante,
- in gravidanza (come segnalato dall'indicatore LARN, Livelli di Assunzione Raccomandati di Nutrienti per la popolazione italiana) aumenta il fabbisogno di acido folico (vitamina B9) e di ferro,
- i fumatori hanno bisogno di maggiori quantità di vitamina C,
- alcuni farmaci (es. i lassativi) interferiscono con l'assorbimento dei nutrienti.

Le principali criticità a carico degli alimenti dipendono principalmente da talune *pratiche agricole* – caratteristiche degli obiettivi quantitativi dell'agricoltura c.d. moderna intensiva – che provocano un contenuto ridotto di nutrienti (soprattutto di micronutrienti) nei vegetali rispetto a quanto ottenibile in altri modi. I ve-



getali poveri di micronutrienti sono consumati direttamente o attraverso le carni di animali a loro volta impoverite di valore nutrizionale. Altre pratiche possono minare l'apporto di nutrienti:

- la raffinazione di taluni vegetali (es. cereali raffinati, cioè degerminati e decorticati),
- la conservazione prolungata dei vegetali (i nutrienti termolabili, fotolabili o comunque chimicamente instabili tendono a degradare),
- la cottura (domestica o industriale) che provoca perdita e/o alterazioni di nutrienti.

Anziché modificare la dieta – un intervento non sempre sufficiente o non sempre possibile per vari motivi (per esempio, è praticamente impossibile assumere attraverso la dieta la quantità giornaliera di ferro indicata per la gestante) – o cercare alimenti di qualità, si possono assumere dei nutrienti in forma concentrata attraverso gli integratori alimentari. Ciò produce dei vantaggi, rispetto al semplice intervento alimentare, soprattutto legati al fatto di:

- poter regolare la quantità di principio attivo,
- poter stabilire il numero e la distribuzione di assunzioni nella giornata,
- poter provvedere a formulazioni specifiche contenenti più principi attivi che potenziano l'azione del principio attivo operando in cooperazione.

Per assicurarsi la piena efficacia di un integratore alimentare, però, si devono rispettare alcune condizioni. Partendo dalla considerazione secondo la quale molti nutrienti funzionano in stretto regime cooperativo, per esempio:

- le vitamine liposolubili (A, D, E, K) si assorbono solo in presenza di adatte quantità di grassi alimentari (oli vegetali, burro, strutto, ecc.),
- l'assorbimento del ferro è assistito da acido citrico, vitamina C e dalle c.d. vitamine antianemiche (la B9, acido folico, e la B12, cobalamina),

si arriva a comprendere che i vantaggi ricavabili dagli integratori alimentari sono assicurati solo a fronte di un'assunzione consapevole.

### **Bibliografia**

- M. T. Murray (2000). *"Guida medica agli integratori alimentari"*. RED edizioni.
- K. H. Cooper (1999). *"Il potere curativo degli integratori alimentari"*. RED edizioni.
- H. A. Harper (1978). *"Chimica fisiologica"*. Padova: Piccin.
- J. Koolman, K. H. Rohm (2002). *"Testo atlante di biochimica"*. Bologna: Zanichelli.
- G. Arienti (2003). *"Le basi molecolari della nutrizione"*. Padova: Piccin.
- E. Prenesti. *"Integratori alimentari e dintorni: affari di commercio o affari di salute?"*. La Chimica e l'Industria, Giugno 2003 (prima parte), pag. 19-21, Luglio/Agosto 2003 (seconda parte), pag. 15-18.
- E. Prenesti. *"Integratori alimentari. Sostanze nutrizionali un po' alimenti e un po' farmaci"*. Torino Medica, gennaio 2004, pag. 27.
- E. Prenesti. *"Integratori alimentari. Sostanze ad azione detossificante"*. Torino Medica, aprile 2004, pag. 8.

*Atti della Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali  
"Nutrirsi di Scienza", Bonagia (Tp), 26-31 luglio 2012  
Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)", n. speciale 4, 2013*

**Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Numero speciale 4**

Editor in Chief: Claudio Fazio – University of Palermo, Italy

Editorial Director: Benedetto di Paola - University of Palermo, Italy

ISBN: 978-88-907460-2-4

First edition, 30<sup>th</sup> October 2013