

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE



INAUGURAZIONE ANNO ACCADEMICO 2012-2013

*Emanuele Marconi*



*Alimenti funzionali e cereali:  
30 anni di ricerca in Unimol*



Campobasso 28 settembre 2012

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE



INAUGURAZIONE ANNO ACCADEMICO 2012-2013

*Emanuele Marconi*

*Alimenti funzionali e cereali:  
30 anni di ricerca in Unimol*

Campobasso 28 settembre 2012

In copertina:  
*Campo di grano, Emanuele Marconi*

ISBN: 978-88-96394-07-6

Finito di stampare settembre 2012

Desidero innanzitutto salutare il Prof. Luigi Nicolais (Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche), i Magnifici Rettori delle Università Italiane e i loro Delegati, le Autorità civili, militari e religiose, i colleghi Professori e Ricercatori, gli studenti, il personale tecnico e amministrativo, e tutti i presenti; desidero inoltre ringraziare il Magnifico Rettore e i componenti del Senato Accademico per avermi voluto affidare la prolusione per l'inaugurazione di questo anno accademico che cade nel 30° anniversario dell'istituzione di questa Università (Legge 14 agosto 1982, n. 590, GU n° 231 del 23 agosto 1982).

Con orgoglio ed entusiasmo mi accingo ad assolvere questo compito proprio nel 30° anniversario, non solo dell'istituzione di questa Università, ma anche della Facoltà di Agraria che ho avuto l'onore di presiedere nell'ultimo quadriennio fino alla sua disattivazione resasi necessaria in ottemperanza alla Legge 240/2010 sulla riforma universitaria. La Facoltà di Agraria, dopo 30 anni di onorata carriera, testimoniata da importanti successi conseguiti nella Ricerca e nella Didattica, ha dato origine nello scorso maggio al "nuovo" Dipartimento *Agricoltura, Ambiente e Alimenti* che mi prego di dirigere grazie al rinnovato consenso dei Colleghi.

Di questi 30 anni dell'Università del Molise ne ho condivisi ben 21 (ventuno) dal momento della presa di servizio come ricercatore avvenuta nell'ormai lontano dicembre 1991. Ho pertanto avuto il privilegio di partecipare, con diversi ruoli e funzioni, all'evoluzione ed all'affermazione di questo Ateneo nel sistema universitario italiano.

Ho scelto come tema della prolusione un argomento di stretta attualità (e spero di Vostro interesse) "Alimenti funzionali e cereali" che ha visto l'Università del Molise caratterizzarsi fin dall'inizio, sia nel campo della Ricerca che della Didattica. La Scienza e Tecnologia dei cereali ha infatti connotato:

- a) l'attività didattica della Facoltà di Agraria a partire dall'attivazione del Corso di Laurea in Scienze delle Preparazioni Alimentari (3° corso di Laurea attivato a livello nazionale dopo Milano ed Udine) e del Diploma Universitario in Tecnologie dei Cereali e derivati;
- b) l'attività di Ricerca del Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari, Ambientali e Microbiologiche e del Parco Scientifico e Tecnologico MoliseInnovazione con la partecipazione a numerosi progetti di ricerca a bando nazionale ed internazionale, con la pubblicazione di qualificati lavori su riviste indicizzate e con la diffusione dei risultati e con il trasferimento tecnologico in accordo alla terza missione dell'Università.

Mi corre l'obbligo di ricordare che questa impronta è stata impressa dal Prof. Raimondo Cubadda, uno fra i massimi esperti nazionali ed internazionali del settore dei cereali, nonché primo Preside della Facoltà di Agraria di questa Università e "prolusore" 10 anni fa in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico 2002-2003 con il tema *Civiltà dei cereali: passato e presente*.

## **Cereali: tecnologie e biotecnologie**

Per cereale si intende ogni pianta erbacea appartenente alla famiglia delle *Graminacee* che produce frutti dai quali si ottiene farina (dal latino *cerealis* “attinente alla dea Cerere”).

Le tecnologie e le biotecnologie dei cereali sono sicuramente fra le tecnologie alimentari più antiche sviluppate dall'uomo. Il frumento vestito (farro) e l'orzo sono stati i primi cereali coltivati dall'uomo che, per la trasformazione e l'utilizzazione della loro granella, ha sviluppato le prime (bio)tecnologie alimentari tuttora ampiamente utilizzate quali la sbramatura, macinazione/classificazione e la produzione di prodotti fermentati (pane e birra).

Il modello di lavorazione dei cereali di frazionamento e ricombinazione adottato fin dall'antichità è ancora alla base dello sviluppo delle moderne tecnologie di produzione degli ingredienti alimentari e di innumerevoli prodotti finiti. Il sistema di frazionamento e ricombinazione consiste nel suddividere il processo produttivo in un primo stadio in cui le materie prime naturali vengono frazionate in ingredienti ed in un secondo stadio in cui gli ingredienti vengono miscelati (formulazioni) e strutturati opportunamente per dar luogo a svariati e complessi prodotti di seconda trasformazione (pane, paste, prodotti da forno, cereali da colazione, snack, birra etc).

Le tecnologie di frazionamento hanno anche lo scopo di isolare/arricchire/concentrare, da materie prime complesse (granella), gruppi di costituenti omogenei (fibra, proteine, amido, sostanze bioattive) per composizione e caratteristiche funzionali in modo da avere migliore conservabilità, esaltazione delle proprietà dietetico-funzionali e valorizzazione dei sottoprodotti/scarti.

Per questi motivi la granella ed i prodotti trasformati dei cereali rappresentano ancora oggi i principali alimenti assunti dall'uomo (circa 150 kg/anno pro capite) e la principale fonte energetica, di carboidrati complessi e di proteine per la popolazione mondiale e italiana. La quota di energia (calorie) e di proteine fornita globalmente dai cereali (da ascrivere perlopiù a frumento, riso e mais) rappresenta più del 40% di tutte le calorie e le proteine assunte dall'intera popolazione mondiale e più del 30% di tutte le calorie e le proteine assunte dalla popolazione italiana (Tab. 1 e Tab. 2).

## **Struttura e composizione della cariosside**

Il *chicco* o *cariosside* dei cereali è un frutto secco indeiscente contenente un solo seme, il cui tegumento aderisce così strettamente al pericarpo da simulare un seme vero e proprio, come del resto è comunemente chiamato (seme o chicco di grano, di mais, di orzo, ecc.) [Comp. del gr. *káryon* “seme” e *ópsis-eōs* “aspetto”].

Nella cariosside possono essere distinte strutturalmente tre parti ed in particolare il pericarpo (tegumenti), l'endosperma ed il germe o embrione (Figura 1). Ognuna di queste regioni è composta da più strati e possiede un'organizzazione strutturale ed una composizione chimica diversa e specifica per meglio rispondere alle diverse funzioni biologiche.

Il tegumento del frutto o pericarpo, pari al 7-10% dell'intera cariosside, è costituito da diversi strati cellulari la cui funzione protettiva è garantita dalla composizione ricca in fibre cellulosiche ed emicellulosiche.

L'endosperma rappresenta la parte preponderante della cariosside (>80%) ed è composto da due parti: lo strato aleuronico esternamente e l'endosperma amilifero internamente. Lo strato aleuronico è costituito da uno o più strati di cellule ricche in proteine di elevato valore biologico, vitamine, sali minerali ed enzimi. L'endosperma amilifero è caratterizzato da un elevato contenuto di carboidrati (amido) e secondariamente di proteine di riserva (proteine del glutine nel caso dei frumenti). Vi è un gradiente di concentrazione inverso per amido e proteine nell'ambito dell'endosperma amilifero. L'amido aumenta progressivamente passando dalle cellule esterne alle cellule interne e viceversa le proteine diminuiscono significativamente dalla periferia al centro dell'endosperma.

L'embrione o germe (pari al 3-5% della cariosside) rappresenta l'abbozzo della futura plantula separato dall'endosperma da un rivestimento esterno, detto scutello, preposto a fornire nutrienti per la germinazione. L'embrione presenta, perciò, un elevato contenuto di lipidi, proteine, zuccheri solubili e vitamine liposolubili.

La composizione chimica e la distribuzione dei diversi costituenti della cariosside è di fondamentale importanza per comprendere i fenomeni e le modificazioni che avvengono durante i differenti processi tecnologici di trasformazione dei cereali (macinazione) (Tab. 3).

Con la macinazione si ha l'allontanamento degli strati periferici della cariosside (tegumenti, strato aleuronico e germe) e di conseguenza una significativa riduzione del valore nutritivo degli sfarinati raffinati rispetto alla granella integrale (Figura 2). La composizione chimico-nutrizionale degli sfarinati dipende dal grado di abburattamento inteso come quantità di farina che si ricava da 100 kg di granella. Le farine con più alto tasso di abburattamento (farine 00) saranno pertanto le più povere in fibra alimentare, sali minerali e vitamine. Tuttavia con l'aumentare del grado di raffinazione si consegue un miglioramento dell'attitudine alla trasformazione dello sfarinato (presenza di proteine del glutine nel caso del frumento, uniformità del colore, assenza di parti cruscali che interferiscono con lo sviluppo e la strutturazione del reticolo proteico).

La cariosside dei cereali è, pertanto, un sistema eterogeneo per composizione e distribuzione dei nutrienti e versatile che ben si adatta alle evoluzioni/involuzioni tecnologiche indirizzate dalle nuove esigenze/modi/modelli nutrizionali, salutistici, ambientali etc.

### **Cereali e funzionalizzazione**

Il frumento e gli altri cereali contengono numerosi composti bioattivi localizzati in parti differenti della cariosside fra cui beta-glucani, lignani, tocotrienoli, folati, fruttani, fitosteroli, polifenoli, policosanoli, fitati, pentosani, arabinoxilani che svolgono numerose attività biologiche (prebiotica, probiotica, antiossidante, ipoglicemica, ipocolesterolemica, riduzione di malattie cardiovascolari, cancro del colon e difetti del tubo neurale) (Tab. 4) che, mediante le soprariportate tecnologie

di frazionamento e ricombinazione, possono essere isolati/concentrati in alcune frazioni da utilizzare come ingredienti per lo sviluppo di alimenti funzionali. Lo strato aleuronico, ad esempio, una volta frazione di scarto della macinazione da destinare all'alimentazione zootecnica, adesso viene separato ed utilizzato come ingrediente ad alto valore dietetico-nutrizionale tanto da aver ricevuto di recente la codificazione ufficiale dall'American Association of Cereal Chemists: *“Cereal aleurone tissue comprises the outermost layer(s) of the endosperm in cereal grains, and surrounds starchy endosperm and part of the embryo. Cereal aleurone tissue is separated from the germ and starchy endosperm by standard milling practices, starting with the grain kernel or starting with the bran, followed by further extraction processes. Isolated aleurone tissue should contain low levels of starch and pericarp, and represents a major portion of the grain's physiologically beneficial substances for human nutrition”* (*“L'aleurone comprende lo strato più esterno dell'endosperma e avvolge l'endosperma amilifero e parte dell'embrione. L'aleurone può essere separato dal germe e dall'endosperma amilifero mediante macinazione classica seguita da ulteriori processi di estrazione. L'aleurone così separato, è caratterizzato da bassi livelli di amido e di frazioni del pericarpo, e rappresenta la porzione della cariosside con il maggior contenuto in sostanze benefiche per l'alimentazione umana”*).

I prodotti a base di cereali (pasta, pane, prodotti da forno, cereali da colazione) inoltre sono alimenti che entrano ampiamente e frequentemente nella nostra dieta e che incontrano il favore del consumatore per facilità e semplicità d'uso relativamente alle operazioni di manipolazione trasporto e conservazione. Per i suddetti motivi tali alimenti si prestano perfettamente ad essere utilizzati per veicolare composti/sostanze con proprietà bioattive e dietetiche per la realizzazione degli alimenti funzionali tanto da ricoprire la seconda posizione nel segmento di mercato dei cosiddetti functional foods dopo i prodotti a base latte e derivati.

### **Alimenti funzionali (functional foods)**

Gli alimenti funzionali sono alimenti caratterizzati da effetti addizionali dovuti alla presenza di componenti (generalmente non nutrienti), naturalmente presenti o aggiunti che interagiscono più o meno selettivamente con una o più funzioni fisiologiche dell'organismo (biomodulazione) portando ad effetti positivi sul mantenimento della salute e/o prevenzione delle malattie.

A livello europeo una prima definizione scientifica è stata elaborata da un gruppo di più di 100 esperti che hanno lavorato al progetto FUFOS (Functional Food Science in Europe), azione concertata tra l'International Life Science Institute (ILSI) Europeo e la Commissione Europea, ed è comparsa nel 1999 sul British Journal of Nutrition, nel documento recante il nome di “Scientific concepts of functional foods in Europe, Consensus Document”. In base a quanto stabilito in questo documento, *“un alimento può essere considerato funzionale se dimostra in maniera soddisfacente di avere effetti positivi e mirati su una o più funzioni specifiche dell'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. Fermo restando che gli alimenti funzionali devono continuare ad essere alimenti e devono dimostrare la loro azione nelle quantità in cui vengono assunti normalmente nella dieta. Gli alimenti funzionali non sono né compresse, né capsule, ma alimenti che formano parte di un regime alimentare normale”.*

Il documento inoltre evidenzia che l'alimento funzionale può essere:

- a) un alimento naturale nel quale specifici componenti possono essere stati introdotti o implementati attraverso specifiche pratiche di coltivazione e di trasformazione (ad esempio alimenti integrali/cereali/farine integrali<sup>1</sup>);
- b) un alimento al quale è stato aggiunto un componente probiotico<sup>2</sup> e/o prebiotico<sup>3</sup>;
- c) un alimento nel quale un componente è stato rimosso al fine di ridurre o eliminare effetti indesiderati (per esempio la riduzione di alcuni composti presenti negli pseudocereali<sup>4</sup> quali le saponine nella quinoa);
- d) un alimento in cui la struttura di un nutriente è stata modificata allo scopo di migliorarne gli effetti salutistici (per esempio, proteine idrolizzate per ridurre il rischio di allergie, celiachia<sup>5</sup>);
- e) un alimento dove la biodisponibilità dei nutrienti è stata incrementata o ridotta, allo scopo di potenziare l'assimilazione di un componente benefico (ad esempio riducendo il contenuto di polifenoli e fitati);
- f) un alimento derivante da qualsiasi combinazione delle possibilità sopra descritte.

Altri aspetti che attengono agli alimenti funzionali sono:

- l'alimento può essere destinato a tutta la popolazione o a gruppi specifici di persone;
- la commercializzazione deve essere affiancata da una informazione corretta nelle indicazioni nutrizionali-salutistiche rivolte ai consumatori;
- il consumo deve essere valutato nel contesto della abituale alimentazione giornaliera.

Numerosi sono i motivi che hanno portato al successo degli alimenti funzionali e

<sup>1</sup> Il cereale integrale comprende le cariossidi intere, macinate, frantumate o fioccate, i cui componenti principali - l'endosperma amilaceo, il germe e la crusca - sono presenti nelle stesse proporzioni della cariosside intatta (American Association of Cereal Chemists).

<sup>2</sup> Probiotici: i probiotici sono microrganismi vivi e vitali che conferiscono benefici alla salute dell'ospite quando consumati in adeguate quantità, come parte di un alimento o di un integratore” (FAO/WHO, 2001).

<sup>3</sup> Prebiotico: il termine prebiotico definisce le sostanze non digeribili di origine alimentare (quali carboidrati/polisaccaridi non digeribili inulina, fruttoligosaccaridi, lattulosio) che, assunte in quantità adeguata, favoriscono selettivamente la crescita e l'attività di uno o più batteri già presenti nel tratto intestinale o assunti insieme al prebiotico (Ministero della Salute, Linee guida probiotici e prebiotici, 2005).

<sup>4</sup> Pseudocereali: specie dicotiledoni non affini ai cereali (monocotiledoni) che vengono assimilate ai cereali perché producono semi simili alla granella dei cereali per forma/dimensioni e utilizzo (sfarinati) e precisamente amaranto, grano saraceno e quinoa.

<sup>5</sup> La celiachia o morbo celiaco è un'intolleranza permanente al glutine, complesso proteico contenuto in grano tenero, grano duro, farro, segale, kamut, orzo e altri cereali minori. Tra i cereali che non contengono glutine ci sono il mais e il riso.

tra questi possiamo annoverare:

i) l'evidenza scientifica sul ruolo centrale giocato da fattori nutritivi nel mantenere gli standard salutistici e nel prevenire malattie, ii) l'evoluzione della percezione di alimento come solo nutrimento ad alimento come nutrimento/promotore di benessere e salute, iii) l'inversione della filiera non più dal campo alla tavola ma dal consumatore al prodotto, iv) l'adozione di una normativa specifica sugli alimenti funzionali anche in Europa (Reg. CE n. 1924/2006), v) l'avvento degli alimenti tagliati su misura "tailor made foods" che incontrano la preferenze, l'accettabilità e le necessità del consumatore (è l'approccio PAN "*Preferences, Acceptance and Needs*" indicato dall'Italian Technology Platform on Food for life).

Per questi motivi il mercato degli alimenti funzionali è in continua espansione soprattutto in Giappone e Nord America ed in alcuni Paesi europei quali Inghilterra e Germania dove la cultura del cibo è meno legata alla tradizione e la sensibilità all'innovazione è più marcata. Anche in Italia il mercato è in costante crescita, sebbene a livelli più contenuti per i motivi suddetti, come può essere messo in evidenza da alcune elaborazioni di Federalimentare che mostrano il livello di innovazione e la peculiare ripartizione del fatturato per tipologie di prodotto delle aziende alimentari italiane (Figura 3). Solo il 30 per cento delle imprese, infatti, investono in ricerca per l'innovazione di prodotto e di processo e soprattutto la quota preponderante del fatturato (64%) è legata alla tipologia di prodotto "tradizionale classico" mentre solo il 9% è rappresentato dalla tipologia "nuovi prodotti" fra cui si possono includere i functional foods. E' interessante notare che una significativa quota del fatturato può essere ascritta alla tipologia di prodotto "tradizionale evoluto" che sta a significare un prodotto tradizionale migliorato/evoluto per specifici aspetti, (ad esempio legati a contenuto di servizio, qualità nutrizionale o shelf-life), che mantiene le caratteristiche e la "memoria" nel consumatore del prodotto classico.

Sulla base delle considerazioni soprariportate emerge che un alimento funzionale prevede diverse tipologie e può essere ottenuto con diversi approcci: può essere un alimento naturale o un alimento che è stato processato utilizzando differenti sistemi tecnologici, chimici o biologici.

L'approccio tecnologico per lo sviluppo degli alimenti funzionali adatto al consumatore italiano è quello di sviluppare prodotti naturali/integrali o "tradizionali evoluti" in modo da rispettare le materie prime, l'alimento e le esigenze/preferenze del consumatore. Tale approccio è molto più complicato e complesso da realizzare rispetto ad una mera addizione (fortificazione) di composti estratti chimicamente o sintetizzati in laboratorio e richiede il supporto di differenti competenze quali genetisti, agronomi, chimici, biochimici, fisiologi vegetali, tecnologi, microbiologi, patologi, entomologi ma anche ingegneri, economisti, storici, giuristi, nutrizionisti etc.

Non va poi dimenticata l'elevata accettabilità sensoriale che devono avere questi alimenti funzionalizzati, requisito indispensabile per la loro affermazione sul mercato dal momento che il consumatore non è disposto ad acquistare (pagare di più) un alimento con un valore aggiunto conferito dall'ingrediente bioattivo allorquando lo stesso risulti scadente da un punto di vista edonistico/sensoriale.

### **30 anni di ricerca Unimol (e non solo)**

L'approccio utilizzato dall'Università del Molise per lo sviluppo di alimenti funzionali a base di cereali è stato, pertanto, quello di mettere al centro dell'attenzione l'alimento stesso ed il consumatore attraverso l'utilizzo di ingredienti/sfarinati naturali arricchiti in composti bioattivi ottenuti con la tecnologia del frazionamento/ricombinazione e l'impiego di tecnologie di trasformazione sostenibili. Un siffatto approccio ha richiesto una intensa attività di ricerca interdisciplinare con il coinvolgimento di differenti competenze dell'Ateneo e di altre istituzioni di ricerca nazionali ed internazionali.

In particolare sono stati instaurati rapporti di fattiva collaborazione con diverse Università (*Alma Mater Studiorum* Università di Bologna, Università degli Studi della Tuscia, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Università degli Studi di Perugia, Università degli Studi della Basilicata, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Università degli Studi di Foggia, Università degli Studi di Teramo, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Università degli Studi di Salerno e Università degli Studi di Roma "La Sapienza") e con Istituzioni di ricerca quali il CNR (Istituto di Scienza dell'Alimentazione (ISA) di Avellino, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (ISAFoM) di Ercolano-Napoli, Istituto di Metodologie Chimiche (IMC) di Monterotondo-Roma, Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) di Roma, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (ISPA) di Bari, il Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA), l'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN) da poco accorpato al CRA, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e l'ENEA.

Con 20 Università italiane e Federalimentare è stato inoltre attivato un Coordinamento nazionale dei Corsi di dottorato in "Food Science, Technology and Biotechnology" che annualmente organizza un Workshop itinerante su "Developments in the Italian PhD Research in Food Science and Technology" ed assegna il Premio Federalimentare per la migliore tesi di dottorato su ricerche basate sull'innovazione di prodotto e di processo che prevedono il coinvolgimento delle industrie alimentari. In ben due occasioni questo Premio è stato assegnato a dottori di ricerca di questo Ateneo su tematiche riguardanti i cereali e gli alimenti innovativi e funzionali.

Va inoltre messo in evidenza il fondamentale ed insostituibile contributo fornito a questa attività dalle strutture e dal personale altamente qualificato e specializzato del Parco Scientifico e Tecnologico del Molise. Il PST del Molise è stato istituito con deliberazione n. 255 del 25 marzo 1994 dell'allora Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica "Approvazione del programma di intervento per la realizzazione di una rete di parchi scientifici e tecnologici nel Mezzogiorno nell'ambito della legge 17 febbraio 1982, n. 46".

Fra i progetti di innovazione approvati e finanziati per la sua istituzione quello più consistente riguardava proprio la filiera dei cereali "*Sviluppo di tecnologie per la produzione e la difesa dei cereali e derivati*" con un finanziamento accordato di 7.300 milioni delle vecchie lire che permise di realizzare un moderno centro di innovazione per le tecnologie di produzione, valutazione, lavorazione e trasformazione dei

cereali dotato di impianti pilota e sperimentali per la macinazione, classificazione ad aria, panificazione, pastificazione, parboilizzazione ed estrusione- cottura nonché di strumenti per la valutazione dell'attitudine alla trasformazione delle materie prime e di formare numerosi operatori esperti del settore (tecnologi, project manager, analisti etc).

Va infine ricordato il fondamentale apporto dei Colleghi dell'Università del Molise per la costituzione nel 1995 dell'Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia dei Cereali (AISTEC) presieduta sino al 2010 dal Prof. Raimondo Cubadda. L'AISTEC è il referente italiano dell'International Association for Cereal Science and Technology (ICC), ed è in stretto contatto con l'American Association of Cereal Chemists (AACC). L'Università del Molise ha ospitato ben due edizioni del Convegno Nazionale sui Cereali che l'Associazione organizza con cadenza biennale e precisamente: il 3° Convegno AISTEC "Materie prime transgeniche, sicurezza alimentare e controllo qualità nell'industria cerealicola", tenutosi nell'ottobre 1999 ed il 7° Convegno AISTEC "Cereali tra tradizione e innovazione: il contributo della Scienza" tenutosi nell'ottobre 2007. Numerose sono state le relazioni ed i contributi proposti dai colleghi e collaboratori dell'Università del Molise circa gli aspetti agronomici, genetici, biochimici, chimici, entomologici, di patologia vegetale, microbiologici, tecnologici, nutrizionali, giuridici ed economici.

L'intensa attività di ricerca profusa in questo settore è stata resa possibile grazie alla presentazione ed approvazione di significativi e consistenti progetti a bando competitivo di valenza nazionale ed internazionale che di seguito vengono elencati:

### **Progetti su Programmi Quadro della Comunità Europea**

- *Progetto CEE-FAIR CT96-1095:*  
Biosensor for the assay of quality control of foods. 4° Programma Quadro.  
Periodo: 1996-1999  
Finanziamento: £ 1.200.000
- *Progetto CEE-FAIR CT96-1596:*  
Spelt, a recovered crop for the future of sustainable agriculture in Europe, (SESA).  
4° Programma Quadro.  
Periodo: 1997-2000  
Finanziamento: € 130.000,00
- *Progetto COST Action 923:*  
Multidisciplinary Hen egg research, in the working group 1 - Food use of novel egg products and fractions.  
Periodo: 2002-2006
- *Progetto UE FOOD-CT-2006-023060:*  
NOvel Vegetal-based Extracts Additives for CHEMical-Free FOOD (NOCHEMFOOD).  
6° Programma Quadro.  
Periodo: 2006-2009  
Finanziamento: € 2.260.00,00
- *Progetto UE FP6-2003-Food-2-A, FOOD-CT-2005-007034:*

Healthy lifestyle in Europe by nutrition in adolescence. 6° Programma Quadro.  
Periodo: 2008

Finanziamento: € 4.994.194,00

- *Progetto UE KBBE-2008-212337:*

Sustainable water use securing food production in dry areas of the Mediterranean region (SWUP-Med Quinoa). 7° Programma Quadro.

Periodo: 2008-2012

Finanziamento: € 3.929.765,00

### **Progetti PRIN**

- *Progetto PRIN 2004 Prot. 2004070949\_004:*

Marcatori di processo e di prodotto in ovoprodotti e alimenti preparati con uova.

Periodo: 2004-2006

Finanziamento: € 26.500,00

- *Progetto PRIN 2008 Prot. 2008M2C4NR\_004:*

Individuazione di tecniche di food safety per soddisfare le esigenze della food security.

Periodo: 2010-2012

Finanziamento: € 12.000,00

- *Progetto PRIN 2008 Prot. 2008E7HM44:*

Orzo e birra: innovazione di prodotto e di processo.

Periodo: 2010-2012

Finanziamento: € 37.900,00

### **Progetti di Ricerca Industriale finanziati da MIUR e Regioni**

- *Programma Operativo Plurifondo POP Molise 1994-1999*

Innovazione e trasferimento per lo sviluppo di nuovi prodotti e per il miglioramento delle produzioni nel comparto dell'industria di pastificazione.

Periodo: 1999-2001

Finanziamento: £ 225.000.000

- *Programma Operativo Multiregionale POM B13*

Il farro, una coltura da recuperare per una agricoltura sostenibile: valorizzazione varietale e dei prodotti trasformati per l'alimentazione umana.

Periodo: 1999-2001

Finanziamento: £ 750.000.000

- *Programma Operativo Multiregionale POM B22*

Biotechnologie per la valorizzazione dei prodotti da forno tipici dell'Italia meridionale mediante l'individuazione dei fattori che ne determinano la specificità biologica, organolettica e nutrizionale.

Periodo: 1999-2001

Finanziamento: £ 295.500.000

- *Programma Nazionale di Ricerca Agro-Alimentare (PNR)*

Sviluppo di nuovi prodotti da forno (biscotti, fette, crackers, merendine) di elevato valore salutistico e nutrizionale.

Proponente: Colussi

Periodo: 1999-2002

Finanziamento: £ 330.000.000

- *Programma Operativo "Ricerca e sviluppo tecnologico". Quadro comunitario di sostegno 1994/1999 per le regioni dell'Obiettivo 1.* Sottoprogramma II "Ricerca e innovazione" Misura II. 1. Centri di ricerca e innovazione.

Progetto ITIA-ENEA. Impiego di farine d'orzo arricchite in tococromanoli e beta-glucani per la produzione di pasta e pane dietetici.

Periodo: 2000-2001

Finanziamento: £ 224.112.000

- *Progetto FAR 297*

Utilizzazione di sfarinati d'orzo arricchiti in composti bioattivi per la produzione di alimenti funzionali.

Proponente: Agroalimentare Sud S.p.A., Melfi (PZ)

Periodo: 2003-2006

Finanziamento: € 155.000,00

- *Progetto FAR 297*

Nuovi prodotti a base di frumento.

Proponente: IPALC Srl Ariano Irpino (AV)

Periodo: 2004

Finanziamento: € 77.450,00

- *Progetto FAR 297*

Ricerca di prodotti alimentari intermedi e finiti con valenza tecnologica e nutrizionale.

Proponente: Molini Pizzuti s.r.l. Bellizzi (Salerno) e Università degli Studi del Molise

Periodo: 2004-2006

Finanziamento: € 3.393.000,00

- *Programma Operativo Nazionale PON 2003-2006 Ricerca, sviluppo tecnologico, alta formazione*

Misura 1.3 Ricerca e sviluppo nei settori strategici del Mezzogiorno. Sviluppo di tecniche innovative di confezionamento.

Periodo: 2006-2007

Finanziamento: € 120.000,00

- *Progetto POR Molise 2000-2006 RE007*

Innovazioni di prodotto e di processo per il miglioramento della competitività dell'agro-alimentare molisano.

Proponente: MINA – Molise Innovazione Agro-Alimentare Soc. Cons. a r.l.

Periodo: 2007-2013

Finanziamento: € 2.611.600,00

- *Progetto FAR 297*

Valorizzazione del grano saraceno attraverso l'innovazione di processo (macinazione) e di prodotto (alimenti gluten-free e dietetico-funzionali), (VALGRASAR).

Proponente: ENEA e LCM

Periodo: 2009-2011

Finanziamento: € 100.000,00

- *Progetto di Filiera SIGRAD (Società Interprofessionale Grano Duro)*

Influenza delle materie prime e dei trattamenti termici (essiccazione/pastorizzazione) sulla qualità della pasta (secca e fresca) e studio di innovazione di prodotto (functional food) - Contratto di ricerca tra F. Divella S.p.A. Rutigliano (BA) e DISTAAM

Periodo: 2010

Finanziamento: € 120.000,00

- *Programma Operativo Nazionale (PON) Ricerca e competitività' 2007-2013*

Innovazione di processo e di prodotto nella produzione di ingredienti e di paste alimentari di grano duro, di paste funzionali (nutraceutiche), di paste speciali e di prodotti secchi da forno funzionali.

Periodo: 2011-2014

Finanziamento: € 3.089.360,00

- *Progetto POR FESR Molise 2007-2013*

Attività 1.1.2 Aiuti all'impresa per le attività di ricerca industriale, sviluppo sperimentale e industrializzazione dei risultati. Filiera della pasta alimentare

Periodo: 2011-2015

Finanziamento: € 2.091.000,00

- *Progetto PSR Campania 2007-2013*

Misura 124. Introduzione della quinoa (*Chenopodium quinoa* wild) in Campania per la produzione di alimenti a valenza funzionale ed elevato valore nutrizionale (Acronimo: Quinoa Felix).

Proponente: Azienda Casale del Principato

Periodo: 2012-2015

Finanziamento: € 500.000,00

- *Progetto Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca*

Sviluppo e potenziamento di Cluster Tecnologici. - Area AGRIFOOD, Filiera cereali (in preparazione)

Periodo: 2012-2015

Finanziamento: € 12.000.000,00

### **Progetti finanziati dal Ministero della Salute**

- *Valutazione di componenti tossici negli alimenti e studio dei cibi funzionali in vitro e vivo*

Proponente: Ente Ospedaliero Specializzato in Gastroenterologia "Saverio de Bellis"

Periodo: 2002-2003

Finanziamento: € 343.000,00

- *Sicurezza alimentare e ristorazione ospedaliera: valutazione dei rischi nella neuroriabilitazione*

Periodo: 2006-2009

I risultati di questa vasta ed approfondita attività di studio, di ricerca e diffusione dei risultati conseguiti durante questi 30 anni risiedono in un cospicuo numero di lavori scientifici pubblicati da numerosi colleghi su qualificate riviste di settore ad alto fattore di impatto (come si suole dire oggi in pieno esercizio di valutazione della qualità della ricerca-VQR 2004-2010). Qui di seguito riporto solo alcune linee di attività più intriganti e pregnanti il tema della prolusione, che hanno conferito all'Ateneo reputazione scientifica e risonanza mediatica.

**Linea 1.** *Caratterizzazione e valorizzazione del farro (dicocco e spelta) con la realizzazione di prodotti diversificati ad alta valenza nutrizionale e salutistica caratterizzati da eccellenti qualità sensoriali*

In Italia con il termine farro vengono indicate due specie di frumento vestito: il farro dicocco (*T. dicoccon* Schrank) ed il farro spelta (*T. spelta* L.). Il termine vestito indica quei frumenti le cui cariossidi dopo la normale trebbiatura rimangono avvolte dalle glume, che pertanto devono essere allontanate con una operazione aggiuntiva detta sbramatura. Le due specie di farro sono ben distinte da un punto di vista genetico: il farro dicocco è tetraploide come il frumento duro e presenta 28 cromosomi ( $2n=28$ ), mentre il farro spelta è esaploide come il frumento tenero e possiede 42 cromosomi ( $2n=42$ ) (Figura 4).

Il farro è uno dei più antichi cereali coltivati dall'uomo che nel tempo, mediante la selezione ed il miglioramento genetico, ha provveduto a sostituire con la costituzione dei classici frumenti "nudi" (tenero e duro) più produttivi e adatti alla lavorazione/trasformazione meccanica. Tuttavia il farro dicocco potrebbe o meglio, avrebbe potuto, rappresentare un ritorno all'antico per la Regione Molise in quanto valida alternativa colturale in zone marginali per la sua rusticità e sostenibilità ambientale. Purtroppo avventate iniziative imprenditoriali circa la trasformazione del farro avviate in Molise 20 anni fa, ne hanno impedito una pronta e sicura valorizzazione.

L'ampia attività di ricerca sul farro che è stata svolta nell'Ateneo molisano ha permesso di caratterizzare diversi genotipi presenti in Europa, in Italia ed in Molise per performance agronomiche, attitudine alla trasformazione e di sviluppare formulazione e tecnologie di trasformazione appropriate all'ottenimento di prodotti finiti base farro ad alta valenza dietetico-funzionale caratterizzati da eccellenti proprietà sensoriali (biscotti, pasta, cereali da colazione, snack, taralli, pane, etc.).

- Cubadda R., Marconi E. 1994. Aspetti relativi all'utilizzazione e alla caratterizzazione tecnologica e nutrizionale del farro. Atti del Convegno "Il Farro un cereale della salute", Potenza 18 giugno 1994, Ed. P. Perrino, D. Semeraro, G. Laghetti; CNR, Istituto del Germoplasma, Bari, pp. 82-88.
- Cubadda R., Marconi E. 1996. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. In: Hulled wheats, Proceedings of the "First International Workshop on Hulled Wheats", 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Lucca, Italy. Ed. S. Padulosi, K. Hammer and J. Heller, IPGRI, Roma, pp. 203-211.
- Trematerra P., Mancini M., Sciarretta A. 1996. Artropodi infestanti il farro. *L'Informatore Agrario* 52(36): 67-69.
- Marconi E., Carcea M., Graziano M., Cubadda R. 1999. Kernel properties and pasta-making quality of five European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) cultivars. *Cereal Chemistry* 76: 25-29.

- Marconi E., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R. 2002. **Spelt** (*Triticum spelta* L.) pasta quality: combined effect of flour properties and drying conditions. *Cereal Chemistry* 79(5): 634-639.
- Pelillo M., Iafelice, G., Marconi E., Caboni M. F. 2003. **Identification of plant sterols in tetraploid and hexaploid wheats using GC mass spectrometry.** *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 17: 1-8.
- Gentile P., Trematerra P. 2004. Insect pests of hulled wheat and ecology of *Sitotroga cerealella* (Olivier) [*Triticum spelta* L.; *Triticum dicoccum* Schrank ex Schuebler; *Triticum monococcum* L.; Basilicata; Molise]. *Tecnica Molitoria* 55(9): 855-862.
- Caboni M.F., Iafelice G., Pelillo M., Marconi E. 2005. Analysis of fatty acid sterol esters in tetraploid and hexaploid wheats: identification and comparison between chromatographic methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7465-7472.
- Castoria R., Lima G., Ferracane R., Ritieni A. 2005. Occurrence of mycotoxin in farro samples from southern Italy. *Journal of Food Protection* 68(2): 416-420.
- Iafelice G., Verardo V., Marconi E., Caboni M.F. 2009. Characterization of total, free, and esterified phytosterols in tetraploid and hexaploid wheats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2266-2273.
- Marino S., Tognetti R., Alvino A. 2009. Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy, as affected by nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy* 31(4): 233-240.
- Pelillo M., Ferioli F., Iafelice G., Marconi E., Caboni M.F. 2010. Characterisation of the phospholipid fraction of hulled and naked tetraploid and hexaploid wheats. *Journal of Cereal Science* 51: 120-126.
- Messia M.C., Iafelice G., Marconi, E. 2012. Effect of parboiling on physical and chemical characteristics and non-enzymatic browning of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank). *Journal of Cereal Science* 56(2): 147-152.

Le ricerche svolte nell'ambito di importanti progetti europei e nazionali hanno permesso di raggiungere conoscenze e risultati apprezzati dalla comunità scientifica che sono stati raccolti in due capitoli di libro a diffusione internazionale.

- Cubadda R., Marconi E. 2002. **Spelt wheat.** In: Pseudocereals and less common cereals. Grain properties and utilization potential. Ch. 5, P. Belton and J. Taylor Eds. Springer-Verlag London Ltd, pp. 153-175.
- Marconi E., Cubadda R. 2005. **Emmer wheat.** In: Specialty Grains for Food and Feed. Ch. 4, E. Abdelal and P. Wood Eds. AACC St Paul, MN (USA), pp. 63-108.

A livello regionale insieme all'ERSAM/ARSIAM (dott.ssa Michelina Colonna) sono stati caratterizzati numerosi genotipi di farro dicocco autoctoni reperiti in Molise ed è stata selezionata una varietà "Dicocco Molise selezione Colli" con interessanti performance produttive e definite proprietà tecnologiche. E' stata quindi predisposta una proposta per il riconoscimento comunitario DOP o IGP che purtroppo non è stato possibile presentare al Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali per l'inerzia delle associazioni di produttori e trasformatori molisani ancora scottati dalla già citata fallimentare iniziativa imprenditoriale.

Territori quali lo Spoletino e la Garfagnana hanno invece ottenuto importanti benefici per l'agricoltura dei rispettivi territori ed il reddito degli agricoltori grazie all'adozione della denominazione di origine protetta (DOP, farro di Monteleone di Spoleto) e dell'indicazione geografica protetta (IGP, farro della Garfagnana).

Sono stati inoltre messi a punto con i colleghi genetisti sistemi di identificazione della specie e del genotipo mediante raffinate tecniche elettroforetiche e di biologia

molecolare per tutelare il consumatore da eventuali frodi (presenza di sfarinati diversi dal farro).

- Marconi E., Colonna M. 2001. Farro e benessere: dal campo alla tavola. Quaderno divulgativo dell'ERSA Molise, 15: 1-85.
- Trematerra P. 2001. Animali infestanti il farro e conseguenze sulla qualità dei prodotti derivati. Quaderno divulgativo dell'ERSA Molise n. 14/2001.
- Figliuolo G., Biancone G., Marconi E., Colonna M. 2007. Identificazione genetica di linee di frumenti molisani idonei per le filiere agro-alimentari locali. Atti 7° Convegno AISTEC "Cereali tra tradizione e innovazione: il contributo della Scienza", Campobasso 3-5 ottobre 2007, R. Cubadda, E. Marconi, Eds., pp. 213-217 (ISBN: 978-88-901055-4-8).
- Delfino S., Iafelice G., Figliuolo G., Marconi E. Colonna M. 2010. Le risorse genetiche vegetali di interesse agrario in Molise: recupero, conservazione e caratterizzazione. ARSIAM, M. Colonna Ed., ISBN 88-96394-05-2.
- Marino S., Tognetti R., Alvino A. 2011. Effects of varying nitrogen fertilization on crop yield and grain quality of emmer grown in a typical Mediterranean environment in central Italy. *European Journal of Agronomy* 34(3): 172-180.

### ***Linea 2. Sviluppo di prodotti fermentati con impasto acido (sourdough) e cereali integrali***

L'impasto acido può essere definito come un impasto costituito da farina (in genere di grano e/o segale), acqua ed eventualmente sale, fermentato ad opera di microrganismi naturalmente presenti nello sfarinato/impasto o nell'ambiente di lavorazione e quindi senza l'intervento di microrganismi aggiunti deliberatamente. L'impasto acido è ottenuto grazie a una serie successiva di "rinfreschi" che hanno la funzione di ottimizzare e stabilizzare la capacità di acidificazione e lievitazione. L'impasto acido è pertanto caratterizzato, al contrario del processo di lievitazione normale che impiega il lievito compresso, da una complessa popolazione microbica composta da lieviti e batteri.

La tecnologia che utilizza l'impasto acido è alla base della produzione di numerosi prodotti da forno (pane, cracker, dolci da ricorrenza - panettone, pandoro, colomba - e ha una significativa e favorevole influenza su texture (struttura), aroma, durabilità e proprietà nutrizionali e funzionali.

In particolare i batteri lattici, protagonisti della fermentazione acida, oltre a migliorare la lavorabilità dell'impasto, ottenere una colorazione della crosta più scura, un aroma caratteristico, contribuiscono a potenziare l'attività antiossidante, degradare composti antinutrizionali, favorire la biodisponibilità dei nutrienti (minerali) e l'attività proteolitica con ripercussioni positive sulla digeribilità proteica e sull'indice glicemico (esempio di alimento funzionale naturale).

I contributi scientifici hanno permesso di acquisire un'approfondita conoscenza delle caratteristiche microbiologiche degli impasti acidi e di individuare il ruolo e l'importanza dei microrganismi che insediano l'impasto acido. Obiettivo fondamentale della ricerca è stato quello di selezionare e formulare starter microbici per la panificazione, integrando le diverse potenzialità delle risorse microbiche e

innovando le produzioni tipiche nel rispetto della tradizione (esempio di prodotto tradizionale evoluto).

- Iorizzo M., Coppola R., Sorrentino E., Grazia L. 1995. Caratterizzazione microbiologica di paste acide molisane. *Industrie Alimentari* XXXIV dicembre, 1290-1294.
- Coppola R., Sorrentino A., Succi M., Reale A., Torelli M., Sorrentino E., Grazia L. Alla scoperta del pane. In *Le colline del pane. Quaderno divulgativo dell'E.R.S.A.Molise n.19, 2001*, pp. 8-26.
- Succi M., Reale A., Andrighetto C., Lombardi A., Sorrentino E., Coppola R. 2003. **Presence of yeasts** in southern Italian sourdough from *Triticum aestivum* flour. *FEMS Microbiology Letters* 225: 143-148.
- Reale A., Tremonte P., Succi M., Sorrentino E., Coppola R. 2005. **Exploration of lactic acid bacteria** ecosystem of sourdoughs from the Molise region. *Annals of Microbiology* 55: 17-22.
- Coppola R., Reale A. 2007. Il Pane In: La microbiologia applicata alle industrie alimentari, a cura di L.S. Coccolin e G. Comi (Ed. Aracne) pp. 551-612.
- Coppola R., Reale A. 2010. Il rafforzamento dei prodotti lievitati da forno e le tecniche di confezionamento. In: *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno* a cura di M. Gobbetti e A. Corsetti (Ed. Ambrosiana) pp. 229-242.
- Reale A., Di Renzo T., Succi M., Tremonte P., Coppola R., Sorrentino E. 2011. **Identification of lactobacilli** isolated in traditional ripe wheat sourdoughs by using molecular methods. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27: 237-244.

La tecnologia dell'impasto acido ha un'importante applicazione nel caso di utilizzo di sfarinati integrali o poco raffinati che sono sempre più consigliati dagli organismi preposti a promuovere una sana e corretta alimentazione. Infatti nella recentissima revisione dei Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed Energia per la popolazione italiana (LARN-Revisione 2012) che sarà presentata il prossimo mese a Bologna dalla Società Italiana di Nutrizione Umana, qui rappresentata dal past President Prof. Giovannangelo Oriani, e nella nuova Piramide Alimentare i cereali integrali (whole grain) o poco raffinati assumono sempre di più un ruolo preponderante sui cereali eccessivamente raffinati. Uno specifico incontro di Studio sul ruolo e l'importanza dei "Cereali e cereali integrali nella sana alimentazione" si è tenuto proprio a Campobasso il 2 ottobre del 2007 promosso congiuntamente dalla Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia dei Cereali (AISTEC), dalla Società Italiana di Nutrizione Umana (SINU) e dalle Facoltà di Agraria e di Medicina e Chirurgia di questo Ateneo.

Come ho riportato nella prima parte della prolusione i cereali integrali/poco raffinati conservano un significativo patrimonio di nutrienti e di sostanze bioattive ma anche, a volte, di composti antinutrizionali come i fitati che a livello intestinale possono interferire sull'assorbimento dei minerali. La complessa flora microbica e il patrimonio enzimatico presenti nell'impasto acido (in questo caso xilanasi e fitasi) consentono i) la depolimerizzazione della frazione della fibra alimentare (arabinosilani) che ostacola la formazione del reticolo proteico nell'impasto e quindi l'ottenimento di un prodotto finito soffice e alveolato, e ii) la degradazione del fitato a composti che non solo non interferiscono con la biodisponibilità dei minerali ma addirittura presentano proprietà salutistiche. Gli studi realizzati con innovativi metodi di indagine hanno dimostrato che la tecnologia di produzione che utilizza l'impasto acido è adatta per ottenere alimenti integrali con migliori biodisponibilità

di elementi minerali, con un più alto contenuto di composti bioattivi e con eccellenti proprietà sensoriali.

- Reale A., Mannina L., Tremonte P., Sobolev A.P., Succi M., Sorrentino E., Coppola R. 2004. Phytate degradation by lactic acid bacteria and yeasts during the wholemeal dough fermentation: a <sup>31</sup>P NMR study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 6300-6305.
- Reale A., Konietzny U., Coppola R., Sorrentino E., Greiner R. 2007. The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 2993-2997.
- Germinara G.S., De Cristofaro A., Rotundo G. 2010. Development of a flotation method for detecting insect fragments in bran and fine bran. *Italian Journal of Food Science* 22(2): 234-238.
- Messia M.C., Fanelli M., Reale A., Maiuro L., Trivisonno M.C., Cubadda R., Marconi E. 2011. Effetto della prefermentazione di crusca sugli aspetti tecnologici e qualitativi del pane. Atti 8° Convegno AISTEC "Evoluzione e rilancio della filiera dei cereali. Biodiversità, sostenibilità, tecnologia e nutrizione", Aci Castello (Catania) 11-13 maggio 2011, M. Carcea, E. Marconi, M. Palumbo, R. Redaelli Eds., pp. 77-80 (ISBN: 978-88-906680-0-5).

### ***Linea 3. Sviluppo di alimenti funzionali a base di beta-glucani (i superspaghetti)***

I beta-glucani sono dal punto di vista chimico dei polisaccaridi formati da catene lineari di unità di glucosio legate con legame glucosidico  $\beta$ -1-3 e  $\beta$ -1-4. Rappresentano circa il 70% dei componenti della parete delle cellule dell'endosperma amilifero dell'orzo e dell'avena. Per la loro composizione e struttura e per la capacità di assorbire acqua e gelificare possono avere effetti benefici sul metabolismo lipidico (con particolare riferimento all'azione ipocolesterolemizzante), sul metabolismo glucidico (riduzione indice glicemico) e sul senso di sazietà. Nei nostri esperimenti volti ad ottenere alimenti di largo consumo con buoni livelli beta-glucani, abbiamo adottato la tecnologia di arricchimento per via fisica degli sfarinati di orzo (frazionamento e ricombinazione). In particolare si è ricorsi alla classificazione ad aria capace di separare e concentrare componenti presenti in frazioni di farina finemente macinata (micronizzata) sulla base delle dimensioni, della densità e della massa delle particelle. Con questa tecnica è stato possibile ottenere un arricchimento in beta-glucani pari al doppio del loro contenuto iniziale, raggiungendo in alcuni casi valori del 15-20%. Queste farine d'orzo arricchite in beta-glucani per via esclusivamente fisica sono state utilizzate per la produzione di alimenti funzionali quali pasta alimentare, pane, biscotti, taralli, cereali da colazione. Per la loro realizzazione parte della semola di frumento duro o della farina di frumento tenero è stata sostituita, in diverse percentuali (dal 25 al 50%), con lo sfarinato d'orzo arricchito in beta-glucani. L'aggiunta di farina d'orzo comporta, in generale, variazioni spesso consistenti nelle proprietà reologiche degli sfarinati in miscela orzo/frumento rispetto a quelli tradizionali di solo frumento duro o tenero. Pertanto per sopperire a deficienze di carattere tecnologico si è proceduto allo studio di bilanciate formulazioni e all'utilizzo di appropriate tecnologie di trasformazione per correggere lo scadimento tecnologico conferito dall'aggiunta dello sfarinato d'orzo privo di proteine del glutine. In particolare per la produzione della pasta (formato spaghetti), è stato previsto l'uso di semole ad

alto tenore proteico e di ottima qualità tecnologica oppure l'aggiunta di glutine vitale nelle formulazioni. Si è inoltre fatto uso di processi di essiccamento ad alta temperatura per favorire la strutturazione del prodotto e la resistenza alla cottura e sovracottura.

I prodotti funzionali realizzati (pasta, pane, taralli, biscotti) sono stati caratterizzati al fine di valutarne il profilo nutrizionale, la quantità di composto bioattivo e l'accettabilità sensoriale. I risultati ottenuti hanno dimostrato che la sostituzione della semola e della farina con opportune quantità di sfarinato d'orzo ha consentito di ottenere alimenti funzionali caratterizzati da eccellente accettabilità sensoriale e elevato contenuto in beta-glucani variante tra 3,5% e 6,5% (pasta 5,2%). Le quantità di beta-glucani presenti erano tali da soddisfare i requisiti della Food and Drug Administration (FDA) secondo i quali sono necessari 3g giornalieri di beta-glucani (facilmente conseguibili con almeno due porzioni giornaliere assunte fra i prodotti realizzati) e 0,75g di beta-glucani per porzione affinché si possa riportare il claim salutistico "capace di ridurre il rischio di malattie cardiovascolari" (FDA, 2005). Tali quantità soddisfano anche i requisiti salutistici fissati dal Regolamento CE 1924/2006 e dalla European Food Safety Authority (EFSA) con numerosi pareri (Scientific opinion-EFSA Journal 2009; 7(9):1254; Scientific opinion-EFSA Journal 2010; 8(12):1885; Scientific opinion-EFSA Journal 2011; 9(12):2470; Scientific opinion-EFSA Journal 2011; 9(12):2471) che in linea di massima ricalcano quelli espressi dalla FDA (3g di beta-glucani/die).

Al fine di confermare i dati riportati in letteratura sull'effetto ipoglicemico e anticolesterolemico dei prodotti realizzati è stata predisposta una dieta che fornisse almeno 8g di beta-glucani/die basata su 4 porzioni di prodotti arricchiti in beta-glucani da somministrare per oltre un mese ad un gruppo rappresentativo di volontari. Lo studio condotto in collaborazione con l'Università di Napoli "Federico II", ha messo in evidenza che una dieta così composta consegue una riduzione significativa del livello di glucosio e colesterolo ematici.

- Marconi E., Graziano M., Cubadda R. 2000. Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pastas rich in dietary fiber and  $\beta$ -glucans. *Cereal Chemistry* 77: 133-139.
- Panfili G., Fratianni A., Di Criscio T., Marconi E. 2008. Tocol and  $\beta$ -glucan levels in barley varieties and in pearling by-products. *Food Chemistry* 107: 84-91.
- Cubadda R.E., Marconi E. 2008. Sviluppo di alimenti funzionali a base di cereali arricchiti con beta glucani dell'orzo: **una rassegna**. *Ingredienti Alimentari* 36: 6-13.
- Vitaglione P., Barone Lumaga R., Montagnese C., Messia M.C., Marconi E., Scalfi L. 2010. Satiating effect of a barley beta-glucan enriched snack. *Journal of the American College of Nutrition* 29: 113-121.
- Verardo V., Gomez-Caravaca A.M., Messia M.C., Marconi E., Caboni M.F. 2011. Development of functional spaghetti enriched in bioactive compounds using barley coarse fraction obtained by air classification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 9127-9134.
- Marconi E. Messia M.C. 2012. Pasta made from nontraditional raw materials: technological and nutritional aspects. In: Durum wheat: Chemistry and Technology. Ch. 11, Sisson M.J., Carcea M., Marchylo B., Abecassis J. Eds. AACC St Paul, MN (USA), pp. 123-157 (ISBN 978-1-891127-65-6).

Un riuscito esempio di contaminazione dei saperi (linguaggio scientifico e giuridico) si riscontra nella seguente pubblicazione:

Bruno F., Marconi E. 2012. Claims salutistici, tutela del consumatore e sviluppo della scienza: il caso dei betaglucani. *Rivista di Diritto Alimentare* 1: 1-22.

che ha voluto mettere in evidenza alcuni processi in atto in quel difficile equilibrio tra imprese (che investono in ricerca per migliorare la qualità, anche funzionale alla salute, dei propri alimenti), i valutatori scientifici di tali prodotti come riconosciuti dalla legge (nel nostro caso europea) e il consumatore (il quale, comunque, resta il supremo valutatore e arbitro del mercato). La pubblicazione critica, con una serie di circostanziate motivazioni, l'interpretazione restrittiva dell'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM) che limita il raggiungimento della quantità fisiologicamente attiva di 3g beta-glucani/die per poter apporre le indicazioni salutistiche (claim) all'assunzione di una singola porzione di prodotto. Le sanzioni amministrative pecuniarie così irrogate dall'Autorità Garante a diverse imprese alimentari che avevano inserito claim salutistici su prodotti che non raggiungevano il livello di 3g di beta-glucani per porzione, potrebbero avere gravi effetti distortivi sul mercato degli alimenti funzionali; in questo modo, infatti, si ostacola l'approccio etico/sostenibile di sviluppo dei prodotti funzionali illustrato in precedenza e si penalizza il comportamento virtuoso di produttori di alimenti che vogliono impiegare ingredienti naturalmente ricchi o arricchiti per via fisica in composti bioattivi e non ottenuti per sintesi o estrazione chimica.

Da questa complessa e vasta attività di ricerca sulle paste funzionalizzate con beta-glucani d'orzo sono derivate numerose pubblicazioni scientifiche ma anche diverse tipologie di paste industriali attualmente presenti in commercio.

Sono derivati anche accordi quadro di profilo internazionale come quello in via di definitiva attuazione tra la Regione Molise e il Governo del Sud Australia ed in particolare tra il Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti dell'Università del Molise e l'ARC Center of Excellence in Plant Cell Walls dell'Università di Adelaide (Prof. Geoff Fincher) che vede coinvolte queste due istituzioni nello sviluppo del cosiddetto "superspaghettto"; questo termine giornalistico indica una pasta "poli"funzionale caratterizzata dalla presenza di numerosi composti bioattivi quali beta-glucani, arabinoxilani, polifenoli, tocoferoli e tocotrienoli che contestualizzata in una dieta composta da altri prodotti di questo tipo possa assicurare accertati effetti salutistici. Tale notizia promossa con un comunicato stampa dall'Università di Adelaide ha fatto il giro del mondo ed è stata ripresa dalle più importanti testate giornalistiche e televisive nazionali (per consultare la rassegna stampa inserire le seguenti parole in un motore di ricerca: superspaghetti Australia Molise).

L'ormai imminente approvazione del progetto "*Conoscere per competere*" fra Regione Molise e Miur, a valere sul Fondo per lo Sviluppo e la Coesione 2007-2013, dovrebbe suggellare questo accordo con un finanziamento specifico necessario per attuare le ricerche e lo scambio dei ricercatori.

**Linea 4. Prodotti funzionali ottenuti a base di ingredienti non convenzionali e pseudocereali**

In questa linea di attività sono stati sviluppati e validati sia per le proprietà sensoriali che per quelle salutistiche differenti alimenti funzionali prodotti con materie prime non convenzionali ivi compresi gli pseudocereali (grano saraceno, quinoa) e composti bioattivi con differenti attività biologiche (acidi grassi omega 3, folati, polifenoli, inulina, fibra alimentare, carotenoidi, tocoferoli e tocotrienoli).

Per l'estrazione/concentrazione dei composti bioattivi sono state privilegiate tecnologie delicate (mild technologies) di tipo esclusivamente fisico quali la setacciatura, la turboseparazione (classificazione ad aria) e l'estrazione con fluidi supercritici.

E' bene sottolineare che è stata realizzata un'ampia gamma di prodotti ad elevata valenza dietetico-funzionale (da quelli per la prima colazione a quelli per i primi piatti, al pane ai dolci e ai prodotti secchi) che possano permettere più facilmente, con una dieta complessiva e variata, l'introduzione di livelli significativi di composti bioattivi che possano portare ad effettivi benefici sul benessere e sulla salute del consumatore (si passa dal concetto di alimento funzionale a quello auspicabile di dieta funzionale).

In ultimo sono stati prodotti alimenti gluten-free da destinare all'alimentazione di soggetti affetti da celiachia utilizzando ingredienti derivati da cereali privi di glutine (riso, mais) in miscela con sfarinati di pseudocereali quali il grano saraceno e l'amaranto. Per sopperire all'assenza della matrice strutturante (glutine) sono state utilizzate tecnologie tali da sfruttare le proprietà dell'amido per conseguire un effetto simile (attraverso trattamenti di pregelatinizzazione degli ingredienti in modo da sfruttare le proprietà dell'amido di gelatinizzare e retrogradare). L'amido così gelatinizzato e retrogradato permette al prodotto finito di avere, in molti casi, una struttura ed una consistenza simile a quella del prodotto ottenuto con il frumento (ad esempio pasta di semola, snack etc).

- Marconi E., Carcea M. 2001. Pasta from **non traditional raw materials**. *Cereal Foods World* 46(11): 522-530.
- Panfili, G., Fratianni, A., Irano, M. 2003. Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of **tocopherols and tocotrienols** in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 3940-3944.
- Panfili G., Cinquanta L., Fratianni A., Cubadda R. 2003. Extraction of **wheat germ oil** by **supercritical CO<sub>2</sub>**: oil and defatted cake characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 80: 157-161.
- Panfili, G., Fratianni, A., Irano, M. 2004. Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of **carotenoids** in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 6373-6377.
- Ruggeri S., Iafelice G., Aguzzi A., Carnovale E., Marconi E. 2007. **Farine d'orzo** arricchite in **folati** per la produzione di alimenti funzionali. *Tecnica Molitoria* 1: 8-12.
- Iafelice G., Caboni M.F., Cubadda R.E., Di Criscio T., Trivisonno M.C., Marconi E. 2008. Development of functional spaghetti enriched with **long chain omega-3 fatty acids**. *Cereal Chemistry* 85:146-151.
- Russo F., Chimienti G., Riezzo G., Pepe G., Petrosillo G., Chiloiro M., Marconi E. 2008. **Inulin-enriched pasta** affects lipid profile and Lp(a) concentrations in Italian young healthy male volunteers. *European Journal of Nutrition* 47: 453-459.

- Messia M.C., Cubadda R., Fanelli M., Marconi E. 2009. Quali-quantitative assessment of **cereal arabinoxylans** by HPAEC-PAD. *Tecnica Molitoria International* Yearly issue, 116-121.
- Russo F., Riezzo G., Chiloiro M., De Michele G., Chimienti G., Marconi E., D'Attoma B., Linsalata M., Clemente C. 2010. Metabolic effects of a diet with **inulin-enriched pasta** in healthy young volunteers. *Current Pharmaceutical Design* 16: 825-831
- Pulvento C., Riccardi M., Lavini A., D'Andria R., Iafelice G., Marconi E. 2010. Field trial evaluation of two ***Chenopodium quinoa*** genotypes grown under rain-fed conditions in a typical mediterranean environment in south Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 407-411.
- Russo F., Clemente C., Linsalata M., Chiloiro M., Orlando A., Marconi E., Chimienti G., Riezzo G. 2011. Effects of a diet **with inulin-enriched pasta** on gut peptides and gastric emptying rates in healthy young volunteers. *European Journal of Nutrition* 50(4): 271-277.
- Verardo V., Riciputi Y., Messia M.C., Vallicelli M., Falasca L., Marconi E., Caboni M.F. 2011. **Dietary fiber and flavan-3-ols** in shortbread biscuits enriched with barley flours co-products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62: 262-269.
- Verardo V., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Marconi E., Fernandez-Gutierrez A., Caboni M.F. 2011. Determination of **free and bound phenolic compounds in buckwheat spaghetti** by RP-HPLC-ESI-TOF-MS: effect of thermal processing from farm to fork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 7700-7707.
- Trivisonno M.C., Messia M.C., De Lisio L., Iafelice G., Marconi E., Virtucio L., Cubadda R. 2011. Sviluppo di **paste gluten-free** di elevata qualità nutrizionale e sensoriale **a base di grano saraceno**. Atti 8° Convegno AISTEC "Evoluzione e rilancio della filiera dei cereali. Biodiversità, sostenibilità, tecnologia e nutrizione", Aci Castello (Catania) 11-13 maggio 2011, M. Carcea, E. Marconi, M. Palumbo, R. Redaelli Eds., pp. 292-296 (ISBN: 978-88-906680-0-5).

Un ulteriore ed interessante esempio di contaminazione dei saperi riguarda le ricerche condotte con l'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (IIPP) di Firenze (dott.ssa Anna Revedin) che hanno visto la partecipazione di archeologi, antropologi, botanici e tecnologi alimentari di diverse nazioni. Il valore aggiunto di questa sinergia ha portato a riconsiderare lo scenario delle conoscenze sulla dieta degli uomini del paleolitico. Infatti nel lavoro pubblicato su una delle tre riviste scientifiche più prestigiose:

- Revedin A., Aranguren B., Becattini R., Longo L., Marconi E., Mariotti Lippi M., Skakun N., Sinitsyn A., Spiridonova E., Svodoba J. 2010. Thirty thousand-year-old flour: New evidence of plant food processing in the Upper Paleolithic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **PNAS** 107(44): 18815-18819.

si mette in evidenza come già 30.000 anni fa l'uomo aveva imparato a trasformare alcune risorse vegetali, fornite da specie spontanee, in sfarinati che così potevano essere più facilmente conservati, trasportati e manipolati in impasti/alimenti. Infatti, nell'insediamento preistorico di Bilancino (Mugello) sono stati rinvenuti una macina ed un pestello, sulla cui superficie è stato possibile riscontrare tracce di amido che approfonditi studi sulla morfologia dei granuli hanno indicato provenire da rizomi di tifa. La tifa (*Typha latifolia* L.) è una pianta palustre molto comune che è stata utilizzata nel passato remoto fino al passato recente per diversi usi. Dalle foglie si ricavavano fibre per l'intreccio di corde, stuoie e contenitori mentre ricerche etnografiche hanno messo in evidenza che i rizomi erano utilizzati a scopo alimentare in molti paesi extraeuropei. Il rizoma (da rizo-, radice, con il suffisso

-oma, rigonfiamento) è una modificazione del fusto con principale funzione di riserva. È ingrossato, sotterraneo con decorso generalmente orizzontale ed è ricco di tessuti parenchimatici di riserva contenenti amido.

Le implicazioni di questa scoperta dimostrano, per la prima volta, che l'uomo aveva a disposizione un prodotto elaborato ricco in carboidrati complessi che gli permetteva di avere maggiore autonomia soprattutto in momenti critici dal punto di vista climatico e ambientale. Era infatti opinione corrente che le popolazioni nomadi di cacciatori-raccoglitori del Paleolitico superiore fossero essenzialmente carnivore. Inoltre l'abilità tecnica necessaria per la produzione di farina e quindi per preparare un cibo, tipo gallette o una farinata, non risulta più legato allo sfruttamento intensivo dei cereali, iniziato in Medio Oriente con la conseguente nascita dell'agricoltura nel Neolitico, ma era una conoscenza e una pratica già acquisita in Europa da lungo tempo.

Le implicazioni della ricerca, che ha coniugato e integrato metodologie e approcci molto diversi tra loro, sono anche legate al significato che la dimostrazione di una tale antichità del metabolismo dei carboidrati complessi nell'uomo anatomicamente moderno può avere. Infatti è ora chiaro che il processo di adattamento fisiologico, che ha poi permesso di utilizzare, in modo sistematico a partire dal Neolitico una dieta sempre più ricca in carboidrati, è iniziato molto tempo prima di quanto ci dicessero le fonti archeologiche finora riconosciute. E chissà che il proseguo di questi studi non possa dire una parola anche sulle allergie alimentari oggi riscontrabili in una percentuale significativa della popolazione. Un altro esempio di come la ricerca di base sia importante perché prodromica a futuri sviluppi e implicazioni anche di applicazione pratica e di miglioramento delle condizioni di vita di oggi.

## **Conclusioni**

La ricerca nel settore agroalimentare e, nella fattispecie, quella relativa alla filiera cerealicola ha, dunque, caratterizzato significativamente le attività della facoltà di Agraria e dell'Università del Molise fin dalla sua nascita (30 anni e li dimostra tutti).

Il territorio e le sue istituzioni hanno avuto un ruolo determinante nell'indirizzare, promuovere e sostenere le attività di ricerca che sono state condotte in sinergia, spesso molto solida, con partner nazionali e internazionali.

I risultati conseguiti sono stati di significativa rilevanza per il mondo scientifico, per quello della produzione e per il consumatore che hanno potuto apprezzare non solo la qualità della produzione scientifica ma anche coglierne i benefici in termini di innovazione tecnologica, di processo e prodotto sotto il profilo della qualità sensoriale e salutistica.

Tutto ciò è stato possibile grazie alla versatilità dei ricercatori, alla loro complementarietà, allo spirito di iniziativa e, se si pensa ai primi anni di attività della nostra Università, anche alla capacità di attrazione di risorse proficuamente investite per condurre attività di ricerca e trasformare laboratori "fai da te" in laboratori moderni e attrezzati.

Un apprezzamento particolare meritano tutti coloro che hanno, in qualsiasi veste, partecipato alle attività condotte nei laboratori dell'Ateneo. Penso ai borsisti, agli assegnisti, ai dottorandi, ai collaboratori, agli studenti, al personale tecnico e a

quello amministrativo: tutti insieme hanno profuso impegno, mostrato entusiasmo e grande volontà di crescita.

Il settore cerealicolo ha, quindi, visto il coinvolgimento di competenze variegata, diffuse e apparentemente disomogenee ma non per questo slegate: è appena il caso di ricordare il concorso di tecnologi, microbiologi, chimici, biochimici, nutrizionisti, archeologi, economisti e giuristi, il cui contributo può essere agevolmente desunto dalla corposa lista di pubblicazioni prodotte negli anni da gran parte della comunità scientifica dell'Ateneo.

L'Università del Molise è diventata, perciò, rapidamente un significativo punto di riferimento per il settore agro-alimentare e per la nutraceutica fungendo da faro anche per grandi aziende produttrici.

Questi risultati prodotti dovranno continuare ad essere sostenuti dall'Ateneo e dalla Regione Molise in termini di risorse umane, strutturali e finanziarie dal momento che hanno permesso di posizionarsi ad un livello di eccellenza sia nel sistema della didattica che della ricerca scientifica con favorevoli ripercussioni sul tessuto imprenditoriale e sociale molisano.

E', pertanto, con orgoglio pari soltanto all'emozione, che posso concludere questo mio intervento evidenziando come una "cariosside" abbia saputo sfarinarsi e contaminare diffusamente il sapere dell'Ateneo in maniera tale che una parte significativa delle conoscenze nel settore dei cereali sia "farina del suo sacco".

**Tabella 1.** Ripartizione dell'assunzione di cereali nel mondo

Assunzione pro-capite (anno 2009)					
Cereali	kg/anno	kcal/die	kcal/kcal totali <sup>a</sup> (%)	Proteine/die (g)	Proteine/proteine totali <sup>b</sup> (%)
Frumento	66,0	532	18,8	16,2	20,4
Riso	53,3	536	18,9	10,1	12,7
Orzo	0,9	7	0,2	0,2	0,2
Mais	17,1	141	5,0	3,4	4,3
Segale	0,9	6	0,2	0,2	0,2
Avena	0,5	3	0,1	0,1	0,1
Miglio	3,3	27	0,9	0,7	0,9
Sorgo	3,8	32	1,1	1,0	1,3
Altri cereali	0,9	7	0,2	0,2	0,2
<b>Cereali totali</b>	<b>146,7</b>	<b>1291</b>	<b>45,4</b>	<b>32,1</b>	<b>40,3</b>

Elaborazioni da Fonti FAO e IGC (International Grain Council)

<sup>a</sup> kcal totali procapite die = 2831

<sup>b</sup> Proteine totali procapite die = 79,3

**Tabella 2.** Ripartizione dell'assunzione di cereali in Italia

Assunzione pro-capite (anno 2009)					
Cereali	kg/anno	kcal/die	kcal/kcal totali <sup>a</sup> (%)	Proteine/die (g)	Proteine/proteine totali <sup>b</sup> (%)
Frumento	144,2	1024	28,2	32,3	29,0
Riso	5,9	61	1,7	1,2	1,0
Orzo	0,4	2	0,0	0,1	0,1
Mais	4,0	31	0,8	0,7	0,6
Segale	0,1	1	0,0	0,0	0,0
Avena	0,3	1	0,0	0,1	0,1
Miglio	-	-	-	-	-
Sorgo	-	-	-	-	-
Altri cereali	0,1	1	0,0	0,0	0,0
<b>Cereali totali</b>	<b>155,0</b>	<b>1121</b>	<b>30,7</b>	<b>34,4</b>	<b>30,8</b>

Elaborazioni da Fonti FAO e ISTAT

<sup>a</sup> kcal totali procapite die = 3627

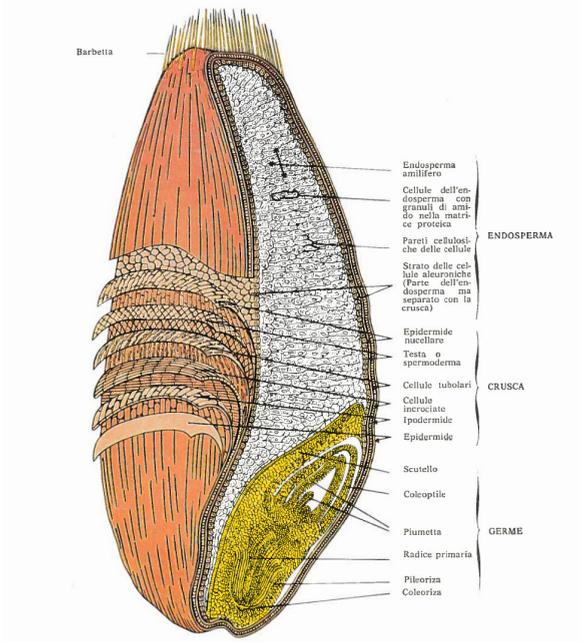
<sup>b</sup> Proteine totali procapite die = 111,5

**Tabella 3.** Composizione centesimale (g/100g s.s.) della cariosside di frumento e delle relative frazioni anatomiche

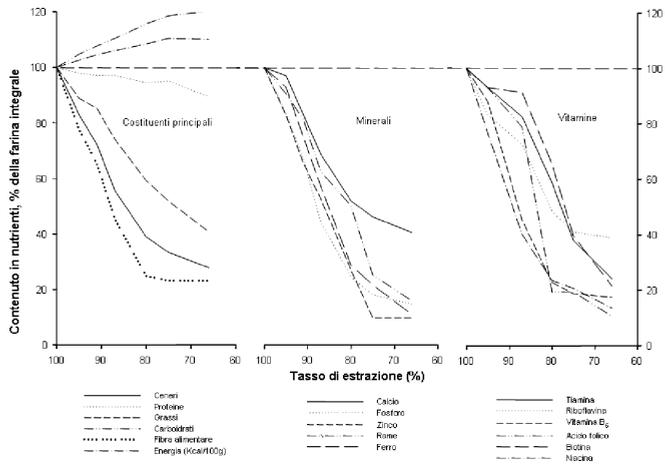
	<b>Cariosside</b>	<b>Pericarpo</b>	<b>Strato aleuronico</b>	<b>Endosperma</b>	<b>Germe</b>
% della cariosside	100	8,0	7,0	81,5	3,5
Proteine	14,0	8,5	28,2	12,0	30,5
Lipidi	2,1	-	9,4	1,6	11,8
Amido	68,8	-	-	82,0	-
Zuccheri	2,3	-	-	1,6	30,5
Fibra alimentare	10,4	85,5	49,3	1,7	9,8
Minerali (ceneri)	1,9	5,9	12,0	0,6	6,2

**Tabella 4.** Composti con attività biologica presenti nella cariosside dei cereali

<b>Composto</b>	<b>localizzazione</b>	<b>attività</b>
beta-glucani (orzo e avena)	endosperma amilifero/strato aleuronico	ipocolesterolemica/ipoglicemica
tococromanoli (Vit.E) tocoferoli tocotrienoli	germe strato aleuronico	antiossidante/ipocolesterolemica
folati	strato aleuronico/germe	riduzione dei difetti del tubo neurale/riduzione patologie cardiovascolari e cancro del colon
fruttoligosaccaridi	granella allo stadio di maturazione latte	prebiotica
fitosteroli	germe/strato aleuronico	ipocolesterolemica
(poli)fenoli	pericarpo	antiossidante
fitati	pericarpo	riduzione insorgenza cancro colon
policosanoli	pericarpo	ipocolesterolemica
pentosani arabinosilani	pericarpo	ipocolesterolemica
lignani	pericarpo/strato aleuronico	riduzione patologie cardiovascolari/riduzione insorgenza neoplasie
alchilresorcinoli	pericarpo	antiossidante



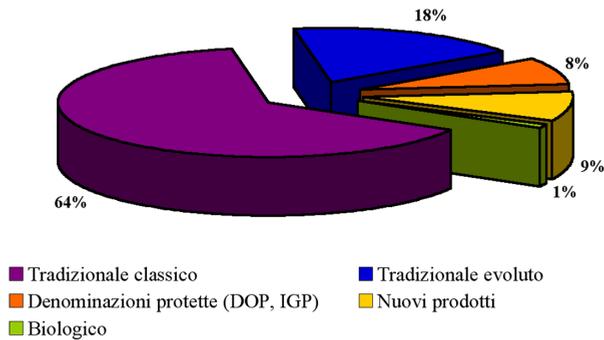
**Figura 1.** Sezione longitudinale della cariosside di frumento



**Figura 2.** Composizione in nutrienti di farine a diverso tasso di estrazione a confronto con la composizione dello sfarinato integrale (tasso di estrazione = 100%)

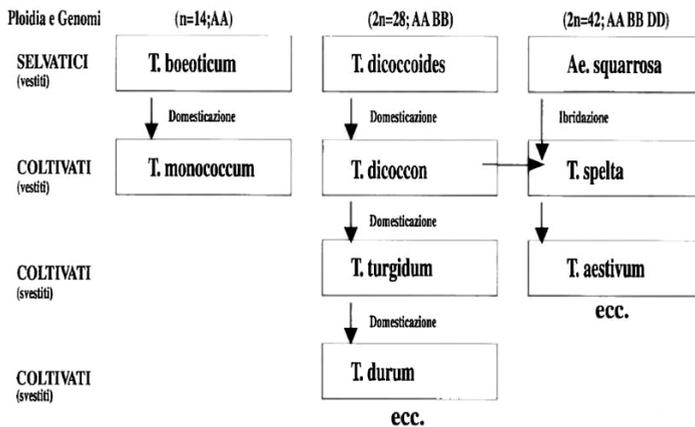
Fatturato per prodotto 2011 Valori in Mld €

	Mld €	%
Tradizionale classico	81,28	64
Tradizionale evoluto	22,86	18
Denominazioni protette (DOP, IGP)	10,16	8
Nuovi prodotti	11,43	9
Biologico	1,27	1
<b>Totale (di cui 23 Mld di export)</b>	<b>127</b>	<b>100</b>



Fonte: Elaborazioni e Stime Centro Studi Federalimentare 2011

**Figura 3.** Fatturato per tipologia di prodotto (anno 2001)



Fonte: Perrino e Laghetti 1994

**Figura 4.** Filogenesi dei frumenti