

*Linee Guida per una
sana alimentazione*

DOSSIER SCIENTIFICO

Edizione 2017



Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione

Presidenti

Andrea Ghiselli, Marcello Ticca

Coordinatore generale

Laura Rossi

Comitato di coordinamento

Sibilla Berni Canani, Laura Censi, Eugenio Cialfa, Amleto D'Amicis,
Laura Gennaro, Andrea Ghiselli, Catherine Leclercq, Giovanni Battista Quaglia,
Laura Rossi, Umberto Scognamiglio, Stefania Sette, Marcello Ticca

Coordinatore della Revisione Editoriale

Umberto Scognamiglio

Progettazione grafica

Fabio La Piana

Impaginazione

Pierluigi Cesarini, Fabio La Piana, Sofia Mannozi

Roma, 2017

ISBN 978-88-96597-01-9



capitolo 4

PIÙ CEREALI INTEGRALI E PIÙ LEGUMI

Coordinatore:
Marina Carcea

Gruppo di lavoro:
Furio Brighenti, Lucio Capurso,
Marina Carbonaro, Alessandra Durazzo,
Alberto Finamore, Lucio Lucchin,
Francesca Melini, Valentina Narducci,
Marco Silano, Valeria Turfani

SOMMARIO

PREMESSA	641
STATO DELL'ARTE	645
1. Cereali	645
1.1. Specie di cereali e pseudocereali utilizzabili, nutrienti, micronutrienti e sostanze bioattive apportate	645
1.2. Differenze nella composizione dovute ai sistemi di coltivazione (convenzionale, biologico, ecc.)	649
1.2.1 <i>Proteine</i>	650
1.2.2 <i>Elementi minerali</i>	650
1.2.3 <i>Vitamine</i>	651
1.2.4 <i>Sostanze bioattive</i>	651
1.2.5 <i>Nitrati</i>	651
1.2.6 <i>Residui di fitofarmaci</i>	651
1.2.7 <i>Micotossine</i>	651
1.2.8 <i>Metalli pesanti ed elementi di interesse tossicologico</i>	651
1.2.9 <i>Celiachia e allergie</i>	652
1.2.10 <i>Sostanza secca</i>	652
1.2.11 <i>Glucidi</i>	652
1.2.12 <i>Lipidi</i>	652
1.3. Digestione dei carboidrati, fibra alimentare, indice glicemico per alimenti a base di cereali	652
1.3.1 <i>Indice glicemico</i>	655
1.3.2 <i>Carico glicemico</i>	657
1.4. Definizione di cereale integrale e di prodotto integrale	657
1.5. Fattori antinutrizionali dei cereali ed interventi tecnologici per la loro gestione	659
1.6. Aspetti igienico-sanitari legati all'utilizzo della granella integrale	660
1.7. Alimenti arricchiti in fibra versus alimenti prodotti con cereali integrali/alimenti funzionali	662

1.8 Effetti dei consumi di diete ricche in cereali integrali sulla salute umana	664
1.8.1 <i>Malattie cardiovascolari</i>	664
1.8.2 <i>Diabete di tipo 2 ed obesità</i>	665
1.8.3 <i>Obesità</i>	666
1.8.4 <i>Cancro</i>	666
1.8.5 <i>Salute gastrointestinale</i>	667
1.8.6 <i>Altre patologie</i>	667
1.9 Celiachia e prodotti gluten free, allergie	668
2. Legumi	669
2.1 Specie di legumi utilizzabili, nutrienti, micronutrienti e sostanze bioattive apportate	669
2.2 Differenze nella composizione dovute ai sistemi di coltivazione (convenzionale, biologico, ecc.)	671
2.3 Fattori antinutrizionali dei legumi ed interventi tecnologici per la loro gestione	671
2.4 Effetti dei consumi di diete ricche in legumi sulla salute umana	677
Conclusioni	679
Motori di ricerca e parole chiave	681
Ringraziamenti	681
BIBLIOGRAFIA	682
Bibliografia Cereali	682
Bibliografia Legumi	696

PREMESSA

I cereali e i legumi hanno svolto da sempre un ruolo fondamentale nell'alimentazione umana come fonte di nutrienti e di energia. Prodotti a base di cereali quali pane, pasta, biscotti, cereali per la prima colazione vengono consumati quotidianamente da tutta la popolazione italiana: la pasta in particolare rappresenta l'alimento "made in Italy" per antonomasia. Molte ricette della tradizione alimentare italiana vedono poi l'abbinamento tra alimenti a base di cereali e legumi: pasta e fagioli, pasta e ceci, risi e bisi, sono un esempio di questa tipologia di piatti. Il consumo prevalente si riferisce a prodotti derivati da cereali raffinati cioè prodotti in cui gli strati esterni della cariosside dei cereali, ricchi in fibra alimentare, sono pressoché assenti.

Stando a dati ufficiali per la popolazione italiana raccolti nell'ambito di un'indagine condotta nel biennio 2005-2006 dall'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN, oggi CREA-AN), in collaborazione con lo Studio Consumi Alimentari Italiani (SCAI), i consumi dei cereali sono di 296 g/giorno per gli adulti maschi e 232 g/die per le femmine, di cui un 40% rappresentato dal pane (Leclercq et al., 2009). Secondo la stessa indagine, i dati elaborati da Sette et al. (2013, 2017) indicano che i cereali integrali sono consumati solo in basse percentuali rispetto al consumo totale di prodotti cerealicoli.

In generale, dall'indagine INRAN-SCAI, che riporta i consumi alimentari rilevati mediante un diario alimentare compilato per 3 giorni consecutivi, è emerso che solo il 24% del totale degli intervistati ha consumato prodotti integrali nei tre giorni di indagine, con differenze di assunzione legate all'età. Si passa, infatti, dai 2,0 g/die nei bambini e 2,2 g/die negli adolescenti, ai 3,8 g/die negli adulti e 3,3 g/die negli anziani.

Esistono anche differenze di consumo a livello geografico. Al nord-ovest e al centro, il consumo di alimenti integrali si attesta sui 5,4 g/die, mentre al sud scende a 2,0 g/die. Il consumo è maggiore negli adulti con grado di istruzione superiore. Nelle fasce di età minori (bambini e adolescenti) non risultano differenze legate ai fattori socio-demografici. Inoltre, le persone che seguono una dieta ipocalorica, che sono più sensibili alla salute, al rapporto dieta-salute e alla lettura delle etichette, consumano più cereali integrali rispetto a chi non lo fa.

In Sette et al. (2017) emerge anche che i prodotti cerealicoli integrali che contribuiscono maggiormente all'assunzione media di cereali integrali sono i cereali per la prima colazione in bambini e adolescenti, mentre negli adulti e negli anziani è il pane. Il grano è il cereale maggiormente consumato nella versione integrale.

Confrontando i consumi di cereali raffinati con quelli di cereali integrali è emerso che il pane

è consumato dal 90,4% degli intervistati e i maschi consumano più pane delle donne (93,0% degli intervistati rispetto all'88,2% delle femmine intervistate). Tuttavia, solo il 4,5% degli intervistati dichiara di consumare pane integrale. Le femmine consumano più pane integrale degli uomini con, rispettivamente, il 5,7% delle intervistate e il 3,2% degli intervistati.

La pasta rappresenta l'altro prodotto cerealicolo fortemente consumato dalla popolazione italiana, con una percentuale addirittura superiore a quella del pane (91,0%) e, stando ai dati riportati da Sette et al. (2013), gli uomini consumano più pasta delle donne (92,2% vs. 90,1%). Del 91% della popolazione italiana intervistata, solo una bassissima percentuale (0,3%) dichiara, tuttavia, di consumare pasta integrale. Nel differenziare i consumi tra maschi e femmine, emerge che soltanto lo 0,3% dei maschi intervistati consuma pasta integrale e tra le femmine i consumi sono ancora minori, con una percentuale dello 0,2% delle intervistate. Per quanto riguarda invece i consumi di riso in generale, la percentuale scende al 41% rispetto ai consumi alti della pasta. La percentuale degli intervistati che consuma riso integrale è tuttavia in linea con quella della pasta (0,3%). Tra i maschi intervistati consuma riso integrale lo 0,2%, tra le femmine lo 0,3%.

I biscotti sono consumati dal 47,6% della popolazione italiana intervistata con una percentuale più alta per le femmine intervistate (49,9%) che per i maschi intervistati (47,6%). I biscotti integrali sono invece consumati solo dal 4,5% degli intervistati. Il 5,8% delle femmine intervistate dichiarano di consumare biscotti integrali, rispetto ad un 3,0% dei maschi.

Gli snack salati, infine, consumati dal 35% della popolazione italiana intervistata (41,3% delle femmine intervistate e 35,0% dei maschi intervistati) sono consumati nella versione integrale dal 4,3% degli intervistati, con un maggiore interesse tra le donne (6,0%) che non tra i maschi (2,3%).

Tuttavia, è da sottolineare che nell'ultimo decennio le abitudini di consumo dei prodotti cerealicoli integrali sono cambiate e mostrano una tendenza all'incremento secondo il rapporto "Agrifood Monitor. Tendenze, Mercati e Prospettive per il Made in Italy – Report Consumi Alimentari" di Nomisma (2016).

Inoltre, a differenza di Paesi come gli Stati Uniti o la Danimarca, in cui le linee guida riportano raccomandazioni quantitative per il consumo di prodotti cerealicoli integrali, in Italia ci sono ad oggi solo indicazioni generali sull'opportunità di consumare i prodotti cerealicoli "preferibilmente nella loro versione integrale" (Sette et al., 2017).

A parte i cereali da colazione quindi, in Italia, pane, pasta, biscotti e prodotti da forno vengono intesi principalmente come prodotti a base di farine di frumento raffinate. La ricerca dell'ultimo decennio sta invece spostando il focus non solo sull'importanza del consumo di cereali integrali, ma anche sulla diversificazione delle specie di cereali utilizzabili oltre al frumento nella produzione di alimenti e questo grazie a studi indirizzati alla valorizzazione di altre specie di cereali e pseudocereali, quali fonti di nutrienti in generale ma soprattutto di fibra, micronutrienti e sostanze bioattive potenzialmente benefiche per la salute. Ad esempio, la European Food Safety Authority (EFSA) ha approvato un "health claim" per i beta-glucani dei cereali ed è stato dimostrato che 3-4g di beta-glucani al giorno sono in grado di ridurre il livello di colesterolemia oltre che della glicemia dopo un pasto. L'orzo è un cereale ricco di beta-glucani e questo claim ha il potenziale per incrementare il consumo di orzo ed il suo utilizzo negli alimenti.

La cariosside dei cereali in genere contiene più di 20 sostanze bioattive tra cui fibre (solubili

ed insolubili), vitamine, minerali e sostanze antiossidanti quali lignani, acidi fenolici, carotenoidi, antocianine e altre sostanze quali betaina, colina, ecc. che, nel complesso, costituiscono circa il 15% in peso. La maggior parte di queste sostanze si trovano negli strati periferici (circa il 52% in peso) e nel germe (circa il 24% in peso) (Fardet, 2010). Ovviamente il contenuto di alcune sostanze bioattive può essere talmente basso da far pensare che non possano avere un effetto significativo. Secondo Fardet, che ha pubblicato nel 2010 un interessante lavoro sui componenti bioattivi dei cereali, diventerebbe sempre più chiaro che la combinazione delle diverse sostanze ha un effetto sinergico per quanto riguarda gli effetti positivi sulla salute che si rileva non solo nei confronti della funzionalità intestinale, delle malattie cardiovascolari, del metabolismo dei lipidi e del glucosio, ma anche in nuove aree quali la salute delle ossa e del cervello.

I legumi, ricchi in nutrienti essenziali, hanno svolto un ruolo fondamentale nelle diete tradizionali di molti paesi del mondo. Importanti fonti di proteine (presenti in quantità pari a due/tre volte quella dei cereali), i legumi contengono, inoltre, molte vitamine del gruppo B, folati, minerali ed oligoelementi quali il calcio, lo zinco, il ferro e il rame (Carbonaro, 2011). La presenza di elevate quantità di amido e fibra, nonché di specifiche frazioni proteiche, responsabili di importanti effetti fisiologici e metabolici quali l'abbassamento della glicemia e della colesterolemia, conferisce ulteriore valenza a questo alimento.

Inoltre, non bisogna dimenticare che i legumi costituiscono una risorsa fondamentale per la sostenibilità degli agroecosistemi: possono infatti formare noduli nell'apparato radicale, dove vivono in simbiosi batteri del genere *Rhizobium*, capaci di fissare l'azoto atmosferico. Essendo, indipendenti dalla fertilizzazione del terreno per la produzione di proteine vegetali, sono particolarmente adatti alla coltivazione in regime di agricoltura biologica. Essi esercitano, inoltre, un ruolo cruciale nella progettazione di sistemi di coltivazione innovativi con elevata capacità produttiva.

Il loro consumo nei paesi dell'Unione Europea, è vario e legato alle diverse tradizioni ed abitudini alimentari: i maggiori consumatori sono la Gran Bretagna (principalmente di piselli e di fagioli), l'Italia, la Spagna, la Germania e la Francia. Più di un terzo dei legumi consumati è rappresentato da cultivar del genere *Phaseolus*. I consumi nazionali sono di circa 4,3 Kg/pro capite/anno (Leclercq et al. 2009).

La pubblicazione di Linee Guida Dietetiche Alimentari (Food Based Dietary Guidelines, FBDG) è iniziata negli anni '80 in diversi paesi d'America e d'Europa. Consultando le diverse edizioni si può vedere come le raccomandazioni sul consumo di cereali e legumi si siano evolute con il progredire delle conoscenze scientifiche disponibili (INN 1986; EUFIC 2009; Mobley 2013).

L'attenzione della comunità scientifica, che fino agli anni '70 era sull'assunzione adeguata dei macronutrienti, col tempo si è allargata a includere fibra, micronutrienti e sostanze bioattive (per cui sono stati definiti i livelli di assunzione per nuove sostanze da parte di organismi nazionali e internazionali). Dopo decenni di studio dei singoli costituenti degli alimenti e dei loro effetti sui processi metabolici e sulla salute umana, si è compreso come sia piuttosto l'alimento, con la globalità dei suoi costituenti, a dover essere preso in considerazione, poiché gli effetti di ogni suo componente avvengono in modulazione e sinergia tra loro (e con altri alimenti associati nella dieta).

In Italia, l'evoluzione del testo delle Linee Guida per una Sana Alimentazione, nella parte

riguardante il consumo di cereali si può riassumere come segue. La 1^a edizione raccomandava il consumo di “più amido e più fibra” (INN 1986). La revisione 1997 recitava: “più cereali, legumi, ortaggi e frutta”, spostando l’attenzione dai nutrienti agli alimenti e allargandola agli alimenti ricchi in micronutrienti (INN 1997). La revisione 2003 non presentava variazioni in questa parte e riproponeva la stessa indicazione (INRAN 2003). Nel testo si raccomanda di aumentare il consumo di cereali, legumi, ortaggi e frutta perché contengono amido, proteine, fibra, importanti vitamine e minerali, sostanze ad azione protettiva. Il testo usa l’espressione “cereali”, poi “cereali e derivati” menzionando “pasta, biscotti, pane e cereali da colazione (soprattutto se integrali), prodotti da forno, orzo perlato”. L’espressione “cereali integrali” ricorre due volte nel testo (pag. 23), quando, nel raccomandare l’assunzione di alimenti ricchi di fibra, si citano gli alimenti che la forniscono. Ne risulta che il consumo di cereali integrali viene raccomandato, ma senza enfasi: il punto focale del testo sono genericamente i cereali.

In vista della prossima revisione del testo delle Linee Guida, esporremo ora i risultati della ricerca dell’ultimo decennio su una serie di problematiche connesse all’utilizzo in alimentazione umana di cereali e pseudocereali integrali e legumi.

STATO DELL'ARTE

Sono stati trattati e sviluppati attraverso un approfondito esame della bibliografia disponibile gli argomenti seguenti.

1. CEREALI

1.1. Specie di cereali e pseudocereali utilizzabili, nutrienti, micronutrienti e sostanze bioattive apportate

Le specie di cereali utilizzabili nella dieta sono: avena (*Avena sativa* L.), frumento (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf., *Triticum turgidum* L. ssp. *durum*), frumenti vestiti quali farro (*Triticum dicoccum* Schrank ex Scübl), farro monococco (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) e farro spelta (*Triticum spelta* L.), mais (*Zea mays* L.), orzo (*Hordeum vulgare* L.), riso (*Oryza sativa* L.), segale (*Secale cereale* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.), miglio (*Pennisetum glaucum* L.) e altre specie del genere *Pennisetum* nonché numerose altre specie quali *Eleusine coracana* L. Gaertn., *Panicum miliaceum* L., *Setaria italica* (L.) P. Beauvois, *Eragrostis teff* Zucc. Trotter, *Digitaria exilis* Stapf., *Digitaria iburua* Stapf., *Brachiaria deflexa* (Schumach.) Robyns ecc. (FAO and ICRISAT, 1996; Belton e Taylor, 2004).

Frumento, riso, mais, sorgo e miglio sono i cereali più diffusi a livello mondiale (McKevith et al., 2004; Awika e Rooney, 2004; Shahidi e Chandrasekara, 2013). Orzo, avena, segale e frumenti vestiti, abbandonati nel tempo a vantaggio del frumento, sono stati riscoperti da circa 20 anni in quanto ricchi di nutrienti, fibre, sostanze bioattive e perché si prestano ad essere consumati in forma integrale (Liu, 2007).

Dal punto di vista tecnologico i cereali possono essere vestiti o nudi. I primi possiedono glume fortemente aderenti al chicco, che devono essere rimosse durante la molitura per renderlo commestibile. I cereali nudi, come il frumento tenero e il frumento duro, hanno invece glume fragili che si staccano facilmente dal chicco durante la trebbiatura.

Dal punto di vista nutrizionale i cereali sono alimenti energetici, fonti primarie di macro e micronutrienti: carboidrati 50-80% (disponibili cioè amido e zuccheri; non disponibili, cioè fibra, fino al 20% circa), proteine 6-5%, lipidi 1-10%, minerali 1,5-2,5%, tra cui (fosforo, calcio, magnesio, potassio, ferro, zinco, rame), vitamine (soprattutto del gruppo B: tiamina, ribofla-

vina, niacina e piridossina, in alcuni cereali anche biotina e acido folico; vitamina E; in minor misura vitamina A), nonché sostanze bioattive potenzialmente benefiche per la salute umana (acidi fenolici, flavonoidi, alchilresorcinoli, avenantramidi, tannini, carotenoidi, fitosteroli, lignani, ecc.). Inoltre, a seconda della specie, i cereali possono contenere alcune sostanze antinutrienti, tra cui le più diffuse sono i fitati che però sono anche classificati come antiossidanti (McKevith et al., 2004; Slavin, 2004; Liu, 2007; Aisbitt et al., 2008; Dewettinck et al., 2008; Silva and Bracarense, 2016).

Il fatto importante da sottolineare in questa sede è che tutti i nutrienti citati sono distribuiti nel chicco in maniera non uniforme, ognuno di preferenza in parti specifiche del chicco stesso, per cui i processi di decorticazione e di macinazione hanno una profonda influenza sulla composizione dei prodotti (Slavin, 2004; Liu, 2007; Aisbitt et al., 2008; Dewettinck et al., 2008) e durante l'intero processo di produzione le tecnologie di processo utilizzate possono portare ad una diminuzione o ad un aumento delle molecole bioattive (Angelino et al., 2017).

L'uso di tecnologie di processo appropriate potrebbe quindi conferire proprietà benefiche ai prodotti di prima e seconda trasformazione (Duodu, 2011; Angelino et al., 2017). Ad esempio, la tecnologia della turboseparazione è stata utilizzata con successo per produrre frazioni di orzo ed avena arricchita in fibra solubile, in particolare β -glucani (Panfilo et al., 2008; Verardo et al., 2008). Verardo et al., (2008), studiando la frazione fine e quella grossolana dell'orzo, hanno trovato che la frazione grossolana presentava una concentrazione di flavan-3-oli maggiore rispetto alla frazione fine. Inoltre, la frazione grossolana presentava un'attività antiossidante più alta rispetto alla frazione fine.

Le farine ad alto tasso di raffinazione sono costituite principalmente dall'endosperma amilifero della granella macinata, mentre il germe, gli strati cruscali e lo strato aleuronico vengono rimossi. Anche i cereali perlati sono stati privati della maggior parte degli strati esterni e del germe. Le farine ad alto tasso di estrazione ed i cereali minimamente decorticati contengono invece anche gli strati esterni della cariosside in varia misura. Il prodotto integrale, macinato o meno, include tutte le parti del chicco e cioè endosperma con strato aleuronico, strati cruscali e germe. Tuttavia, una definizione legale condivisa di cereale integrale, farina integrale o prodotto integrale è ancora mancante (Frølich e Åman, 2010; Van der Kamp et al., 2014).

L'amido, le cosiddette proteine di riserva (rappresentanti circa l'80% del totale) e, secondo il tipo di cereale, una quota di fibra solubile proveniente dai polisaccaridi costituenti le pareti cellulari, sono contenuti nell'endosperma amilifero dove si trovano relativamente pochi minerali, vitamine, fibra e sostanze bioattive (Slavin, 2004). Inoltre, le proteine di riserva sono costituite principalmente dalle classi proteiche dette prolamine e gluteline, particolarmente ricche negli aminoacidi glutamina e prolina e povere in aminoacidi essenziali, specialmente lisina, ma anche triptofano, treonina e arginina (McKevith, 2004; Slavin, 2004; Dewettinck et al., 2008).

Le evidenze scientifiche accumulate negli anni conducono ad affermare che le frazioni cruscali, lo strato aleuronico ed il germe contengono la maggioranza delle vitamine, minerali, fibra, lipidi e sostanze bioattive del chicco, nonché proteine contenenti aminoacidi essenziali (le proteine solubili, appartenenti alle classi delle albumine e globuline, rappresentano all'incirca il 20% del totale e hanno una composizione aminoacidica diversa da quella delle proteine di riserva, più ricca in aminoacidi essenziali) (McKevith, 2004; Slavin, 2004; Liu, 2007; Dewettinck et al., 2008).

Lo strato aleuronico è classificato come parte dell'endosperma, ma viene rimosso nella macinazione con gli strati cruscali più esterni. La rassegna di Dewettinck et al. (2008) riporta che è ricco in proteine, minerali e vitamine. Gli stessi autori evidenziano come il contenuto di vitamine e minerali nello sfarinato aumenti con il tasso di estrazione, come pure la fibra, soprattutto insolubile. Il germe è ricco di lipidi, tocoferoli, zuccheri, proteine e vitamine del gruppo B.

La rassegna di McKeivith (2004) riporta che il pericarpo, il germe e lo strato aleuronico dei cereali sono ricchi in vitamine e minerali. Il germe contiene acidi grassi essenziali come l'acido linolenico.

La rassegna di Slavin (2004) riporta elevate concentrazioni di vitamine del gruppo B, minerali e aminoacidi essenziali nella crusca e nel germe derivanti dalla macinazione convenzionale, oltre a un elevato contenuto in tocoli nel germe e numerosi composti bioattivi nei prodotti integrali. Riporta, inoltre, che i lipidi nel germe sono per i tre quarti insaturi, contenendo principalmente acido oleico (monoinsaturo) e linoleico (polinsaturo) e in minor misura linolenico (polinsaturo essenziale).

La rassegna di Liu (2007) riporta che i cereali integrali sono ricche fonti di fibra, vitamine, minerali e composti bioattivi comprendenti svariate classi di sostanze fenoliche (acidi fenolici, antocianidine, chinoni, flavonoli, calconi, flavoni, flavanoni e amminofenoli), carotenoidi, vitamina E, lignani, β -glucani, inulina, amido resistente, steroli e fitati, e sottolinea che la miscela di sostanze bioattive contenuta nei prodotti integrali è più salutare dei singoli componenti presi isolatamente. Inoltre riporta che i composti fitochimici dei cereali sono complementari a quelli della frutta e verdura.

La rassegna di Aisbitt et al. (2008) riporta che i cereali integrali contengono amido resistente e oligosaccaridi fermentescibili ad opera del microbiota intestinale.

La rassegna di Bach Knudsen et al. (2017) illustra come varie classi di composti bioattivi si trovino associati alla fibra alimentare.

Le rassegne citate riportano anche una serie di effetti fisiologici positivi da parte dei diversi tipi di fibra alimentare e dei composti bioattivi, nonché studi che mostrano che il consumo di cereali integrali è associato ad una riduzione del rischio di contrarre diversi tipi di malattie croniche.

Liu (2007) nella sua rassegna sui composti fitochimici nei cereali riporta che le sostanze fenoliche, i carotenoidi e la vitamina E sono potenti antiossidanti; che i lignani sono antiossidanti e deboli estrogeni; che i β -glucani abbassano la glicemia e la colesterolemia; che gli steroli vegetali abbassano il livello di colesterolo nel siero e il colesterolo LDL; che l'inulina è un prebiotico e può facilitare l'assorbimento dei minerali oltre a riepilogare i noti effetti benefici della fibra alimentare in generale.

Le rassegne di Slavin (2000, 2004) e di Aisbitt et al. (2008) riportano come il consumo di cereali integrali sia stato ripetutamente associato, grazie ad una lunga serie di studi epidemiologici, ai seguenti benefici per la salute: un maggior senso di sazietà e controllo del peso; un miglior controllo della glicemia, una diminuzione della secrezione di insulina, una riduzione del rischio di diabete di tipo 2; una riduzione del rischio di malattie cardiovascolari; una riduzione del rischio di alcuni tipi di tumore (in particolare al colon, ma non solo) e una riduzione della mortalità in generale.

Una panoramica di tutti i composti bioattivi nei cereali integrali, dei loro potenziali effetti

sulla salute e dei meccanismi coinvolti è stata successivamente pubblicata da Fardet nel 2010.

I diversi cereali hanno approssimativamente una composizione simile, ma ognuno ha delle particolarità che è essenziale sottolineare.

L'orzo, l'avena e la segale, se integrali, contengono più fibra (solubile e insolubile) rispetto al frumento. L'orzo e l'avena sono particolarmente ricchi in β -glucani, mentre la segale ne contiene in minor misura ed è particolarmente ricca in arabinoxilani (Vinkx e Delcour, 1996; Wood, 2010).

L'orzo, oltre a essere particolarmente ricco in fibra, ha un interessante profilo di sostanze bioattive; in particolare, oltre ai citati β -glucani, contiene antocianidine (Baik e Ullrich, 2008).

L'avena ha un profilo di classi proteiche diverso da quello di frumento, orzo e segale: le proteine dell'avena appartengono per lo più alla classe delle proteine solubili, ricche in aminoacidi essenziali. L'avena contiene anche altri composti bioattivi, come le avenantramidi (Lásztity, 1998).

La segale contiene un profilo interessante di composti bioattivi ed è il cereale col maggior contenuto in lignani, composti che sono stati messi in relazione con un minor rischio di tumore al seno (Adlerkreutz, 2007; Bondia-Pons et al., 2009; Adlerkreutz, 2010).

Il riso e il mais integrali hanno il minor contenuto di fibra fra i cereali, in particolare quella solubile (Zhou et al., 2002; Nuss e Tanumihardjo, 2010).

Il riso integrale ha il minor tenore proteico fra i cereali, ma la più alta utilizzazione proteica netta e la più alta energia digeribile. Ha in più un elevato tenore in lipidi insaturi (Zhou et al., 2002), tocoli e contiene diverse sostanze bioattive (fitosteroli, gamma-orizanolo, policosanoli, saponine, acidi fenolici e diverse classi di flavonoidi legati al colore, secondo la varietà (Dipti et al., 2012).

Il mais ha un germe più grande e di conseguenza una maggiore quantità di lipidi (per la maggior parte insaturi) rispetto agli altri cereali. Le varietà gialle contengono anche i carotenoidi. I trattamenti alcalini tradizionali, utilizzati in diversi paesi del sud America, rendono biodisponibile la biotina (Nuss e Tanumihardjo, 2010).

I frumenti vestiti sono più ricchi in proteine e più poveri in fibra rispetto al frumento. Il monococco e lo spelta hanno un maggior contenuto di lipidi insaturi. I frumenti vestiti hanno anche un maggior contenuto in vitamine (tiamina, tocoli, carotenoidi) e sostanze bioattive (composti fenolici, fitosteroli, carotenoidi) (Hammed e Simsek, 2014; Hidalgo e Brandolini, 2014).

Il sorgo e il miglio hanno anch'essi un contenuto elevato in lipidi, minerali, sostanze bioattive (Awika e Rooney, 2004; Belton e Taylor, 2004; Shahidi e Chandrasekara, 2013). Entrambi contengono acidi fenolici e diverse classi di flavonoidi. In particolare, il sorgo contiene antocianine e tannini (questi ultimi considerati antinutrienti, ma anche potenti antiossidanti e promotori del senso di sazietà). Il miglio perlato può contenere flavonoidi in grado di interferire con il metabolismo dello iodio (McKevith, 2004).

I cosiddetti pseudocereali non appartengono alla famiglia delle graminacee e se ne distinguono sotto molti aspetti, ma producono semi atti a essere trasformati in sfarinati dall'elevato profilo nutrizionale (Alvarez-Jubete et al., 2010). Gli pseudocereali più usati in occidente sono il grano saraceno, la quinoa e l'amaranto. Essi sono fonte di carboidrati, proteine (ricche in aminoacidi essenziali e ad elevata biodisponibilità), fibra, lipidi insaturi, vitamina E ed alcune vitamine del gruppo B (un profilo più ristretto rispetto ai cereali), minerali (calcio, magnesio,

ferro ed altri) e sostanze bioattive (saponine, fitosteroli, squalene, fagopiritoli e varie sostanze fenoliche). L'amaranto e la quinoa hanno un tenore elevato in proteine, il grano saraceno in fibra, la quinoa in acido α -linolenico. Le saponine della quinoa hanno sapore amaro e vengono generalmente allontanate, ma ci sono evidenze di loro effetti positivi sulla salute (Alvarez-Jubete et al., 2010).

I frumenti, l'orzo e la segale formano glutine, sono adatti alla panificazione, ma non alla dieta dei celiaci. Il riso, il mais, il sorgo, il miglio e gli pseudocereali in genere non formano glutine e sono consentiti in una dieta cosiddetta "gluten-free" (priva di glutine) che arricchiscono di nutrienti (Saturni et al., 2010).

Recenti studi sembrerebbero suggerire che i cosiddetti "grani antichi" come il farro dicocco, monococco, spelta, il grano Khorasan, vecchie varietà di grano duro, ecc., siano più ricchi di sostanze bioattive e quindi più benefici per la salute umana del grano tenero e del grano duro moderni (Lampi, 2008; Hussain et al., 2012). Una rassegna di Shewry e Hey (2015) conclude che, anche se i dati sulla composizione e sul contenuto delle sostanze bioattive nei grani antichi è ancora limitato, pur tuttavia un attento esame comparativo di tutta la letteratura disponibile fa ritenere che essi non differiscano dalle moderne specie di frumento per cui al momento è difficile affermare che siano più sani. Una recente rassegna di Arzani e Ashraf (2017) illustra come i vari macro e micronutrienti, nonché le diverse sostanze bioattive, abbiano una concentrazione variabili tra le diverse specie di cereali e conclude segnalando in particolare il grano monococco per le sue eccellenti proprietà nutrizionali.

Tutte le rassegne citate sottolineano come il profilo nutrizionale dei cereali si impoverisca con la rimozione delle parti cruscali e del germe. Nel riconoscere che la presenza del germe diminuisce la durata di conservazione, sottolineano che esistono tecniche per ovviare a questo limite e che il vantaggio in termini di benefici sulla salute è elevato (Zhou et al., 2002; McKeivith, 2004; Slavin, 2004; Dewettinck, 2008). Il consumo di cereali integrali è stato messo in relazione anche con l'assunzione delle quantità raccomandate di alcuni minerali (Dipti et al., 2012; Zazpe et al., 2014).

1.2 Differenze nella composizione dovute ai sistemi di coltivazione (convenzionale, biologico, ecc.)

Le proprietà dei prodotti da agricoltura biologica sono oggetto di acceso dibattito, mentre il numero degli studi condotti appare ancora limitato perché solo in tempi recenti è cresciuta la considerazione generale per i metodi di coltivazione alternativi e sostenibili.

Rassegne di letteratura su tali argomenti esistono da più di quarant'anni e tutte si basano su dati presi da studi originali precedenti, ma non sempre valutano allo stesso modo la qualità di questi dati e finiscono col giungere a conclusioni abbastanza diverse (Schuphan, 1974; Finesilver et al., 1989; Woëse et al., 1997; Worthington, 1998; Brandt e Mølgaard, 2001; Soil Association, 2001; Worthington, 2001; Bourn e Prescott, 2002; AFSSA, 2003; Lotter, 2003; Magkos et al., 2006; Winter e Davis, 2006; Rembalkowska, 2007; Dangour et al., 2009; Lairon, 2010, che aggrava AFSSA, 2003).

Le rassegne che usano criteri restrittivi per la selezione dei lavori, come quella della Food

Safety Agency (FSA) del Regno Unito (Dangour et al., 2009), sostengono una complessiva equivalenza tra prodotti biologici e convenzionali poiché le differenze tra i parametri di qualità analizzati non risultano statisticamente significative; mentre altre rassegne provenienti da organismi altrettanto autorevoli, come quella dell'Agence Française pour la Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA, 2003), non condividono tali criteri di selezione (Benbrook et al., 2009; Lairon, 2010), accettano un numero maggiore di lavori e concludono per una superiorità dei prodotti biologici limitatamente agli aspetti per i quali sono disponibili dati sufficienti.

Resta desiderabile la disponibilità di una maggiore quantità di dati di alta qualità scientifica per trarne conclusioni di ampia portata. Non sono ancora disponibili dati comparabili per tutti i nutrienti in quantità sufficiente, né per tutti gli alimenti (AFFSA, 2003).

Vengono qui esposti i risultati delle ricerche reperite suddivise per nutrienti.

1.2.1 Proteine

Il tenore proteico dei cereali biologici, specialmente del frumento, può essere comparabile a quello dei corrispondenti prodotti convenzionali, ma è in genere inferiore. Le differenze vanno da 3-4 punti percentuali a 0,5-1 punti percentuali (Feil e Stamp, 1993; Woëse et al., 1997; AFFSA, 2003; Dangour et al., 2009; Lairon, 2010; Quaranta et al., 2010).

Sebbene il tenore proteico sia inferiore, le proteine dei cereali prodotti con basso apporto di azoto tendono ad avere una percentuale maggiore di aminoacidi essenziali rispetto ai cereali convenzionali (Feil e Stamp, 1993; Brandt et al., 2000; Lotter, 2003; Worthington, 2001; Rembiałkowska, 2007; Lairon, 2010). E' riportato un aumento del 25-30% della lisina nelle proteine del frumento (Wolfson e Shearer, 1981).

Il tenore proteico rappresenta per i cereali un indice di qualità nutrizionale ed anche tecnologica (Woese et al., 1997; Baeckström et al., 2004). Il frumento biologico, avendo un tenore proteico inferiore rispetto allo stesso frumento coltivato in maniera convenzionale, produce pani di volume inferiore rispetto ai convenzionali (Carcea et al., 2006). In generale, un frumento con tenore proteico inferiore al 12% non è considerato panificabile. Attualmente si può ottenere frumento biologico con tenore proteico elevato (anche 13-14%), attraverso una scelta oculata di genotipi e tecniche colturali, tenendo conto di fattori che fanno la differenza in agricoltura biologica (AFFSA, 2003; Leifert et al., 2007; Lairon, 2010; Thomsen et al., 2011; Thomsen et al., 2013; Peigné et al., 2014).

La qualità panificatoria di un frumento biologico può essere accettabile anche se gli indici di qualità tecnologica sono inferiori ai minimi indicati e cioè proteine sotto al 12% e indice di Zeleny inferiore a 20 (Thomsen et al., 2013). Diversi grani biologici hanno un profilo di frazioni proteiche favorevole alla panificazione (David et al., 2012). Simili studi sono stati effettuati sul farro monococco, con risultati analoghi (Brandolini, 2008; Wieser et al., 2009).

1.2.2 Elementi minerali

Nei cereali il tenore in minerali non sembra variare molto con il sistema di coltivazione. Sono riportate per i cereali biologici solo tendenze all'aumento del tenore in calcio, rame, zinco e potassio (Worthington, 2001; Martínez-Ballesta et al., 2010). Mancano dati specifici sui legumi.

1.2.3 Vitamine

Essendo gli studi sulle vitamine limitati a pochi prodotti e poche molecole, non è possibile trarne conclusioni generali (Lairon, 2010). I dati sulle vitamine del gruppo B sono scarsi e non permettono di formulare conclusioni.

1.2.4 Sostanze bioattive

Diverse rassegne riportano che frutta, verdura e ortaggi da agricoltura biologica hanno, rispetto ai corrispondenti prodotti da agricoltura convenzionale, un tenore uguale o superiore in polifenoli e carotenoidi non provitaminici, i più studiati (Worthington, 2001; Rembialkowska, 2007; Dangour et al., 2009; Lairon, 2010). Alcuni lavori estendono l'indagine anche ai cereali, in particolare al frumento, riportando che nessuna differenza significativa nel contenuto dei diversi carotenoidi è stata messa in evidenza nei raccolti di frumento derivanti dai due diversi sistemi di coltivazione (Johansson et al., 2014). Similmente Hussain et al. (2012) concludono nel loro studio che il frumento tenero biologico raggiunge gli stessi livelli di tococromanoli trovati precedentemente nella coltivazione convenzionale.

1.2.5 Nitrati

È riportato che i prodotti alimentari vegetali biologici contengono meno nitrati (da un terzo a meno della metà) dei prodotti convenzionali corrispondenti. (Lotter, 2003; Lairon, 2010). Tuttavia, la quantità di nitrati nei cereali e nei legumi è molto bassa e questi alimenti non sono fonti di nitrato nella dieta (Feil e Stamp, 1993; Lairon, 2010).

1.2.6 Residui di fitofarmaci

Studi sulla contaminazione da fitofarmaci di prodotti agricoli sono stati condotti in diversi paesi europei (AFSSA, 2003; Lairon, 2010) e negli USA (Lotter, 2003). Il 93-97% dei prodotti biologici è risultato privo di contaminanti, mentre il 3-7% è risultato contenere residui in quantità molto al di sotto dei limiti di legge. Residui di fitofarmaci sono invece stati rilevati nel 30-40% dei prodotti convenzionali (Lotter, 2003; DG SANCO, 2007; Lairon, 2010).

1.2.7 Micotossine

I cereali e i loro prodotti (pane, pasta e tutti gli alimenti trasformati a base cerealicola, inclusa la birra) sono suscettibili di contaminazione da micotossine, tipicamente *Fusarium* tossine, aflatossine e ocratossine (Bhat e Vasanthi, 1999). I livelli di contaminazione dei cereali biologici (frumento, orzo, avena) risultano simili e molto spesso inferiori a quelli dei cereali convenzionali: nel caso dell'avena è stata riportata una contaminazione anche cinque volte superiore del prodotto convenzionale rispetto al prodotto biologico (Edwards, 2009a,b,c; Bernhoft et al., 2010; Lairon, 2010; Quaranta, 2010; Brodal et al., 2016).

1.2.8 Metalli pesanti ed elementi di interesse tossicologico

I pochi studi disponibili riportano risultati contrastanti e non permettono di evidenziare differenze secondo il metodo di coltivazione (AFSSA, 2003; Hoogenboom et al., 2008; Karavoltos et al., 2008; Rossi et al., 2008). La sola pratica di agricoltura biologica non sembra di per sé sufficiente a ridurre significativamente il rischio.

1.2.9 Celiachia e allergie

Il potenziale tossico del glutine è determinato geneticamente ed è sufficiente una piccola quantità di proteina per scatenare la malattia celiaca. I cereali biologici contenenti glutine non sono pertanto assumibili dai celiaci (Saturni et al., 2010). Riguardo invece alla presenza negli alimenti di sostanze estranee allergeniche, i prodotti da agricoltura biologica potrebbero risultare meno allergenici perché non contengono residui di pesticidi allergenici (Horiuchi et al., 2008; Falak et al., 2012; Jerschow et al., 2012).

1.2.10 Sostanza secca

La quantità di sostanza secca nei prodotti biologici risulta in generale superiore o uguale a quella dei corrispondenti prodotti convenzionali (Lotter, 2003; Rembiałkowska, 2007; Lairon 2010). Tuttavia non è un parametro importante per i cereali e i legumi che hanno bassa umidità.

1.2.11 Glucidi

Non sono riportati dati sui cereali.

1.2.12 Lipidi

Non sono riportati dati sui cereali.

1.3 Digestione dei carboidrati, fibra alimentare, indice glicemico per alimenti a base di cereali

I carboidrati sono una classe eterogenea di molecole che comprendono polidrossialdeidi, polidrossichetoni, polialcoli e acidi uronici sia in forma semplice che polimerizzata (SINU, 2014). Essi vengono classificati in base al numero di unità monomeriche presenti nella molecola: monosaccaridi e disaccaridi (1-2 monomeri), oligosaccaridi (3-9 monomeri) e polisaccaridi (10 o più unità monometriche) (SINU, 2014). Da un punto di vista nutrizionale, i carboidrati possono essere suddivisi in due categorie: i carboidrati disponibili, che vengono digeriti e assorbiti nell'intestino tenue divenendo in tal modo utilizzabili per i processi metabolici, e i carboidrati non-disponibili e la fibra alimentare che passano indigeriti nel colon e diventano substrati per il microbiota intestinale (SINU, 2014).

I carboidrati disponibili sono i carboidrati utilizzati sotto forma di glucosio e ottenuti dalla digestione di alimenti contenenti glucosio in forma libera, oppure dalla digestione dell'amido o dall'idrolisi enzimatica di saccarosio e lattosio (SINU, 2014). Le fonti di questa classe di carboidrati sono gli zuccheri presenti naturalmente negli alimenti o aggiunti nel corso di processi tecnologici, oppure presenti nell'amido di cereali, radici, tuberi e legumi.

Nella dieta italiana, la fonte principale di carboidrati disponibili è rappresentata dal gruppo "Cereali e derivati" che fornisce il 68% dell'apporto totale, come emerso dall'elaborazione dei dati dell'indagine INRAN-SCAI 2005-2006 (Leclercq et al., 2009).

Fanno parte, invece, dei carboidrati non-disponibili, il raffiniosio e lo stachiosio presenti in quantità significativa nei legumi, i galatto-oligosaccaridi (GOS) e i frutto-oligosaccaridi (FOS), polisaccaridi come l'inulina e le mucillagini, l'amido resistente e la fibra alimenta-

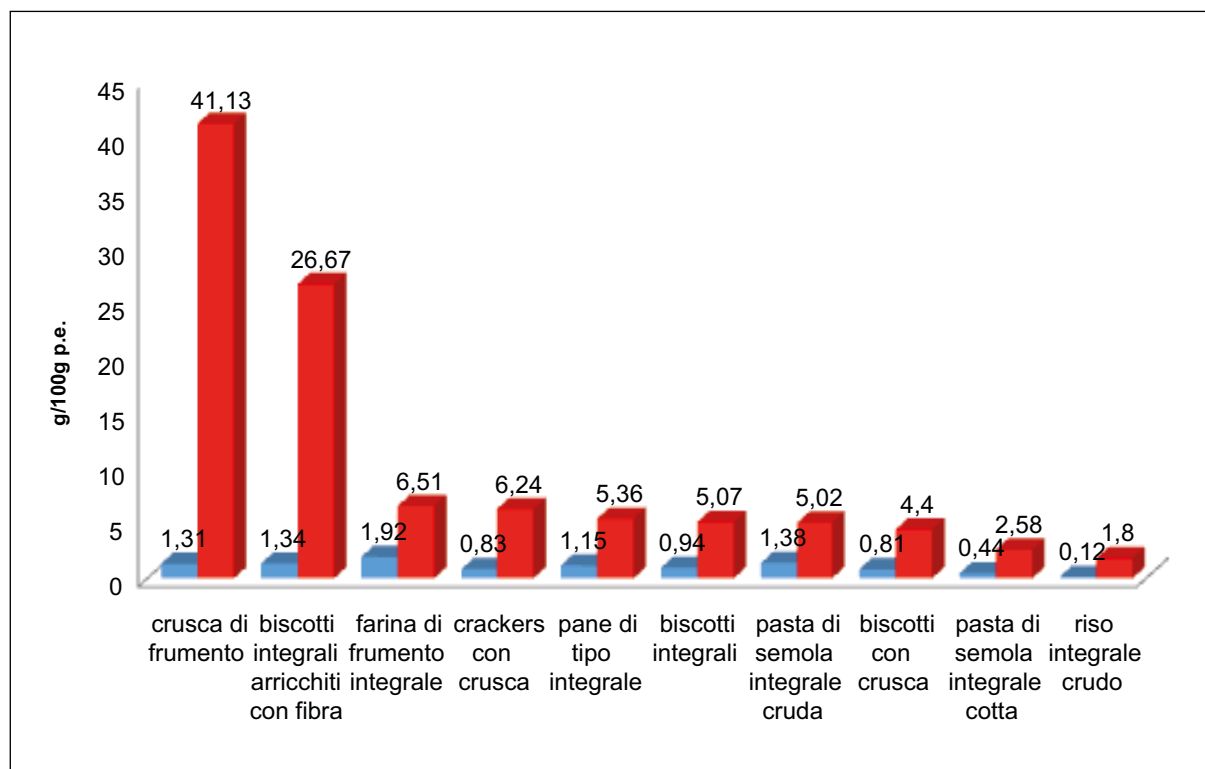
re, il cui elevato apporto è garantito dal consumo di cereali, soprattutto integrali e derivati (SINU, 2014).

I cereali integrali sono per definizione chicchi intatti, macinati, frazionati o fioccati, composti da tutti i componenti del chicco (strati esterni, germe ed endosperma) e privati solo delle parti non edibili quali glume e glumelle (Van der Kamp, 2014). Conservando la crusca e il germe, oltre all'endosperma, i cereali integrali sono una buona fonte di carboidrati non-disponibili e in particolare di amido resistente e di fibra alimentare i cui effetti benefici sulla salute sono stati ampiamente comprovati.

Per definizione l'amido resistente è quella frazione di amido che non è in grado di essere idrolizzata dal pool enzimatico presente nell'intestino tenue e che raggiunge inalterato il colon, dove viene degradato ad opera della microflora; per questo motivo è considerato appartenere ai carboidrati non-disponibili. Per amido resistente si intendono diverse frazioni: l'amido fisicamente inaccessibile come quello presente in semi o granaglie consumati intatti (RS1); gli amidi strutturalmente complessi cristallini e/o gelatinizzati (RS2); l'amido retrogradato prodottosi a seguito di trattamenti termici (RS3); e gli amidi modificati chimicamente e/o fisicamente (RS4) (SINU, 2014). Esso può formarsi in seguito a processi di retrogradazione che seguono la fase di gelatinizzazione e cottura, a partire dall'amido presente negli alimenti, ed è presente, sebbene in misura diversa, nei cereali integrali e nei legumi, nella pasta, nel pane e nei cereali per la colazione.

Con il termine "fibra alimentare" si intende una miscela estremamente complessa di polisaccaridi diversi: cellulosa, emicellulose, pectine, gomme, mucillagini, galattomannani, β -glucani, polisaccaridi di alghe (agar e carragenine) e lignina (EFSA, 2010). La Commissione Codex Alimentarius l'ha definita nel 2008/2009 come un gruppo di "polimeri di carboidrati a 10 o più unità monomeriche non idrolizzate dagli enzimi endogeni dell'intestino tenue e appartenenti alle seguenti categorie: i) polimeri di carboidrati edibili presenti naturalmente negli alimenti tal quali, ii) polimeri di carboidrati ottenuti da materie prime attraverso trattamenti fisici, enzimatici o chimici e aventi effetti fisiologici benefici sulla salute, come dimostrato da evidenza scientifica accettata dalle autorità competenti; iii) polimeri di carboidrati sintetici con effetti fisiologici benefici per la salute, come dimostrato da evidenza scientifica accettata da autorità competenti" (Westenbrink et al., 2013). La recente definizione lascia alle autorità nazionali la decisione di includere o meno carboidrati a 3 e 9 unità monomeriche nel gruppo. Appartengono alla frazione insolubile la cellulosa e la lignina, mentre appartengono alla frazione solubile polisaccaridi non celluloseici come emicellulose, pectine, gomme, mucillagini e polisaccaridi algali.

Le Tabelle di Composizione degli Alimenti dell'INRAN riportano il contenuto di fibra solubile e insolubile per alcuni prodotti cerealicoli a base di cereali integrali (Fig. 1) e in letteratura sono disponibili valori molto simili. Tra gli alimenti più ricchi in fibra alimentare c'è la crusca di frumento con 42,4 g % (quasi totalmente costituita dalla frazione insolubile) o anche la farina integrale di segale (14g %) (SINU, 2014).

FIGURA 1. Contenuto di fibra solubile e insolubile in cereali e derivati integrali

Fonte: Tabelle di Composizione degli alimenti INRAN

Tuttavia, va sottolineato che in seguito alla nuova definizione di “fibra alimentare” nel 2009 (Westenbrink et al., 2013) e alla validazione di un nuovo metodo analitico per la determinazione del contenuto in fibra, i dati delle banche dati di tutto il mondo dovranno essere rivisti e aggiornati. Per molti anni, il metodo AOAC 985.29 e AOAC 991.43 sono stati, infatti, i metodi di analisi principali per la determinazione del contenuto di fibra alimentare negli alimenti. Il metodo AOAC 991.43 distingue tra fibra alimentare ad alto peso molecolare insolubile e solubile, mentre il metodo AOAC 985.29 misura direttamente il contenuto di fibra alimentare ad alto peso molecolare senza distinguere tra la frazione solubile e quella insolubile. Questi metodi, tuttavia, non consentono di determinare la nuova categoria di fibra alimentare a basso peso molecolare, i.e. inulina, frutto-oligosaccaridi (FOS), galatto-oligosaccaridi (GOS) e polidestrosio, né l’amido resistente RS1, RS2 ed RS4 (Westenbrink et al., 2013). Il nuovo metodo AOAC 2009.01, sviluppato per l’analisi della fibra alimentare totale, pur presentando dei limiti per matrici particolarmente ricche in amido, ha consentito di rilevare valori molto più alti di fibra alimentare totale rispetto al metodo classico AOAC 985.29 (Westenbrink et al., 2013). La problematica da sottolineare è, quindi, quella di armonizzare i valori attualmente disponibili e ottenuti con metodi analitici diversi e di aggiornare i valori in modo tale che la nuova definizione EU/Codex di fibra alimentare sia soddisfatta.

Tra i prodotti cerealicoli integrali, ad esempio, le analisi con il nuovo metodo AOAC 2009.01 hanno rilevato nel pane formulato con farina di segale integrale 6,3 g % p.e. (parte edibile) di fibra alimentare insolubile, 2,6 g % p.e. di fibra solubile ad alto peso molecolare, 2,1 g % p.e. di fibra alimentare solubile a basso peso molecolare, con un valore di 11 g % p.e. di fibra totale, quando invece il metodo AOAC 991.43 consentiva di rilevare per la fibra alimentare insolubile lo stesso valore del nuovo metodo, i.e., 6,3g % p.e., ma valori diversi per le altre frazioni: 2,7g % p.e. per la fibra alimentare solubile (senza differenziare tra fibra solubile a basso e alto peso molecolare) e di 9,0 g % p.e. per la fibra alimentare totale (Hollmann et al., 2013).

1.3.1 Indice glicemico

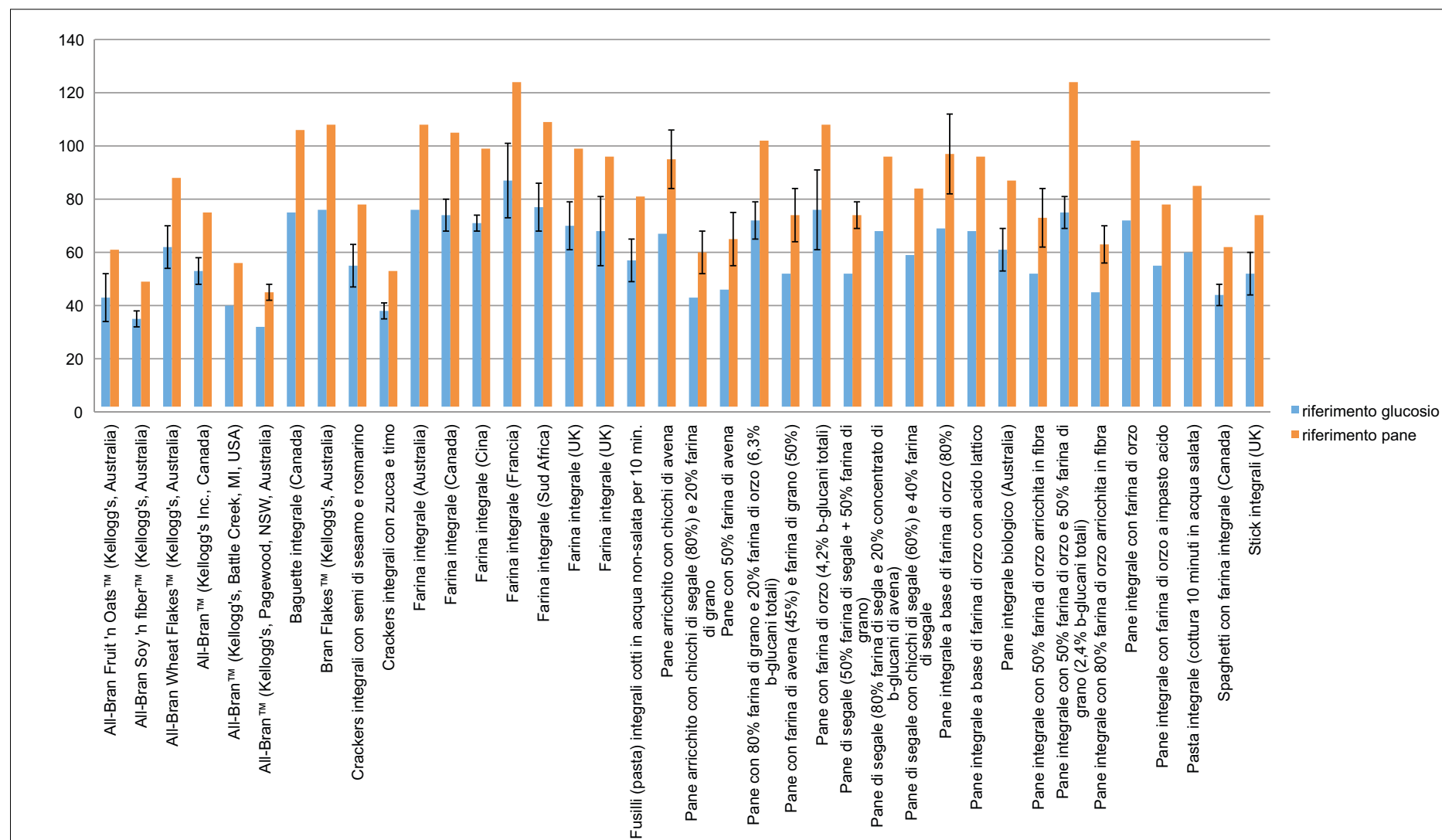
Gli alimenti contenenti carboidrati sono classificati in base al loro indice glicemico (IG), un concetto introdotto da Jenkins et al. nel 1981 per indicare l'effetto che questi hanno sui livelli di glicemia dopo un pasto (SINU, 2014). Esso dipende da diversi fattori: dal tipo di zucchero contenuto (saccarosio, lattosio, fruttosio, glucosio o altri zuccheri), dalla natura e forma dell'amido, dalla disponibilità di questo durante la digestione, dai metodi di cottura e processi di produzione degli alimenti, dalla quantità di altri nutrienti come grassi e proteine, nonché dal contenuto in fibra alimentare. L'indice glicemico è misurato come rapporto percentuale tra l'area incrementale della risposta glicemica, misurata durante un periodo di due ore per soggetti normali o tre ore per soggetti diabetici, dopo l'assunzione di una porzione di 50 g di carboidrati disponibili contenuti in un determinato alimento e quella della risposta glicemica alla stessa quantità di carboidrati disponibili in un alimento standard consumato in quantità iso-glucidica (SINU, 2014). Esso è conseguentemente valutato in base ad una scala, i cui valori sono compresi tra 0 e 100 in accordo a quello che è l'incremento di glucosio nel sangue determinato dalla loro assunzione.

L'alimento di riferimento è generalmente il glucosio (a cui viene attribuito il valore 100), sostituito a volte con il pane bianco, poiché questo presenta il vantaggio di essere un alimento solido e di riprodurre meglio il comportamento di un pasto per ciò che riguarda lo svuotamento gastrico. Tuttavia, i valori di IG calcolati utilizzando il pane bianco come riferimento sono superiori di un terzo a quelli ottenuti utilizzando come riferimento 50 g di glucosio, che è lo standard generalmente preferito (SINU, 2014).

Foster-Powell et al. hanno pubblicato nel 2002 i valori di indice glicemico per oltre 700 prodotti alimentari, dati che sono stati aggiornati nel 2008 da Atkinson et al. per altri 2480 alimenti. Tra questi alimenti ci sono anche molti cereali integrali.

Nel grafico di seguito (Fig.2) sono riportati i valori dell'indice glicemico di alcuni prodotti cerealicoli integrali sia in riferimento a 100g di glucosio che a 100g di pane.

FIGURA 2. Indice glicemico di alcuni prodotti cerealicoli integrali



Fonte: Atkinson F.S., Foster-Powell K., Brand-Miller J.C. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008 Diab Care 2008; 31 (12): 2281-83

1.3.2 Carico glicemico

La risposta glicemica di un alimento è solo in parte prevedibile dalla sua composizione chimica, essendo anche il risultato di trattamenti tecnologici, quali la macinazione e il tipo di cottura, o delle abitudini di consumo, come ad esempio la frequenza dei pasti. Nel 1977 è stato quindi introdotto il concetto di carico glicemico per quantificare l'effetto glicemico di una porzione di alimento tenendo in considerazione sia la quantità che la qualità dei carboidrati in esso contenuti (SINU, 2014).

Il carico glicemico (CG) è definito quindi come la quantità di carboidrati disponibili in 100 g di alimento moltiplicata per il suo GI diviso 100 ed è espressa in g di glucosio equivalenti/100 g di prodotto.

La somma dei singoli valori di indice glicemico delle porzioni di alimenti consumati nei diversi pasti è stata utilizzata per stimare il carico glicemico complessivo della dieta. Il carico glicemico rappresenta quindi una misura più pratica per predire la richiesta di insulina necessaria a controllare la risposta glicemica di un pasto. Il carico glicemico di diversi prodotti cerealicoli integrali è riportato in Fig.3.

1.4 Definizione di cereale integrale e di prodotto integrale

In Italia esiste una normativa che disciplina la produzione degli sfarinati di frumento sia tenero che duro (Legge n. 580/67, come modificata dal DPR n. 187/2001) e distingue diverse tipologie di farine o semole, in relazione al contenuto minimo e massimo in ceneri (sostanze minerali) e al contenuto minimo in proteine, calcolati su cento parti di sostanza secca: Vengono così definite una farina integrale di grano tenero e una semola integrale di grano duro e vengono anche fornite specifiche per una pasta di semola integrale di grano duro.

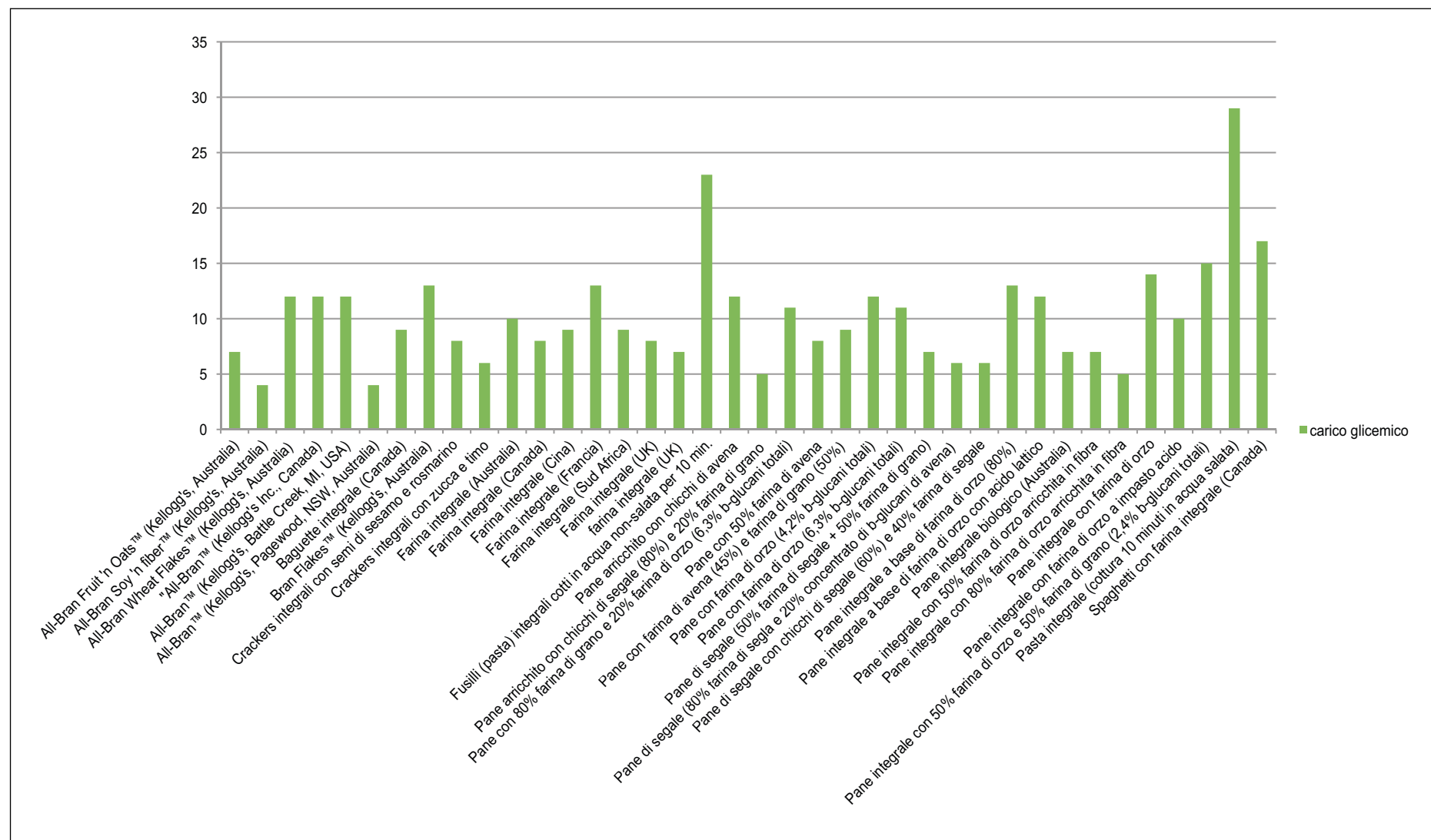
In molti paesi europei ed anche a livello mondiale non esiste comunque una definizione "ufficiale" di sfarinato integrale o soprattutto di prodotto integrale. Le definizioni esistenti sono spesso incomplete e non contengono descrizioni delle tipologie di granella che possono essere incluse e dei metodi di produzione degli sfarinati ammissibili.

Recentemente sono sorte iniziative volte a mettere in evidenza e a compensare questa lacuna. Si ricorda in particolare il lavoro del consorzio del progetto europeo HEALTHGRAIN (FP6-514008, 2005-2010) che ha identificato la necessità di avere una definizione condivisa in Europa e se possibile al di fuori dell'Europa che rifletta le pratiche industriali correnti per la produzione di sfarinati e prodotti derivati e che possa essere utile per linee guida nutrizionali e per l'etichettatura dei prodotti (Van der Kamp et al., 2014).

La definizione proposta definisce un prodotto integrale come quello che consiste della cariosside intera, schiacciata, macinata o ridotta in fiocchi dopo l'eliminazione delle parti non edibili come glume e glumelle. Piccole perdite di componenti per ragioni di qualità e sicurezza d'uso sono ammesse.

Similmente nel 2010 il U.S. Dietary Guidelines Technical Advisory Committee ha stimolato la formazione di un gruppo di esperti che sviluppasse una definizione soddisfacente per i bisogni della scienza, dell'industria e dei consumatori (Ferruzzi et al., 2014): la raccomandazione è che 8 g di granella integrale per 30 g (27 g/100 g), senza considerare il contenuto di fibra, pos-

FIGURA 3. Carico glicemico di alcuni prodotti cerealicoli integrali



Fonte: Atkinson F.S., Foster-Powell K., Brand-Miller J.C. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008 Diab Care 2008; 31(12): 2281-2283

sono essere considerati un contenuto minimo per aiutare i consumatori a raggiungere risultati concreti e che un cibo che fornisca le minime quantità di cui sopra possa essere riconosciuto come un prodotto integrale.

1.5 Fattori antinutrizionali dei cereali ed interventi tecnologici per la loro gestione

I cereali contengono anche alcune sostanze cosiddette antinutrienti. Si tratta di sostanze la cui attività influisce negativamente sulla disponibilità all'assorbimento dei nutrienti nel lume intestinale o sui meccanismi dell'assorbimento stesso, o che risultano comunque tossiche per l'organismo umano. Gli antinutrienti in generale appartengono a diverse classi: agenti chelanti, inibitori degli enzimi digestivi, antivitaminici, gozzigeni, latirogeni, ecc.

Nei cereali, gli antinutrienti si trovano soprattutto negli strati esterni del chicco, per cui la loro presenza è maggiore negli sfarinati ad alto tasso di estrazione (McKevith, 2004) e nella crusca. La decorticazione certamente riduce la presenza di antinutrienti negli sfarinati, tuttavia riduce anche la quantità di componenti benefici contenuti anch'essi negli strati rimossi. Esistono comunque altre tecnologie di uso tradizionale in grado di ridurre il livello di antinutrienti nei prodotti alimentari a base di cereali, delle quali diremo tra poco.

Gli antinutrienti più diffusi nei cereali in generale sono i fitati, contenuti in misura dello 0,5-1,2% e concentrati per lo più nello strato aleuronico e nel germe. I fitati sono esteri dell'acido fitico (inositolo esafosfato), che hanno la capacità di chelare cationi come il ferro, il calcio e lo zinco diminuendo la loro disponibilità per l'assorbimento. Tuttavia, i fitati sono stati studiati anche come antiossidanti (McKevith, 2004; Silva and Bracarense, 2016). Oltre alla decorticazione della granella, la fermentazione degli impasti in appropriate condizioni – cioè la tecnologia delle paste acide – è in grado di ridurre in misura notevole il contenuto di fitati nei prodotti, dal 50% fino anche all'85% secondo il tipo di cereali nell'impasto e la tecnica utilizzata (McKevith, 2004; Buddrick et al., 2014).

Altri antinutrienti noti nei cereali sono:

- i tannini, che si trovano in particolare nel sorgo (fino a ca. 70 mg catechina equivalente / g s.s.) e nel miglio indiano (finger millet, *Eleusine coracana* L. Gaertn., fino a ca. 13 mg catechina equivalente / g s.s.);
- i flavonoidi gozzigeni, che si trovano in particolare nel miglio perlato (pearl millet, *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br., in quantità dell'ordine dei 100 mg/100g);
- gli inibitori di proteasi, che si trovano in diversi cereali come frumento, avena e in particolare segale, orzo e miglio perlato, oltre che in pseudocereali come il grano saraceno (gli inibitori della tripsina possono costituire fino al 5-10% delle proteine solubili in alcuni cereali; vedere Sosulski et al., 1988; McKevith et al., 2004; Wijngaard and Arendt, 2006).

I tannini sono sostanze fenoliche capaci di formare complessi con le proteine facendole precipitare e riducendone così l'assorbimento; inoltre complessano anche minerali, ma non sono tossici. Sono anche noti come antiossidanti e ancor più lo sono i loro metaboliti (Dykes e Rooney, 2006; Hübner e Arendt, 2013). Varietà di sorgo ad alto contenuto di tannini sono perfino preferite da alcune popolazioni africane perché prolungano il senso di sazietà rispetto a varietà

di sorgo a basso contenuto di tannini e ad altri cereali (Awika e Rooney, 2004).

I gozzigeni sono sostanze che interferiscono con il normale funzionamento della tiroide, contribuendo allo sviluppo della condizione patologica nota come gozzo. Glicoflavoni gozzigeni, in particolare la vitexina, sono contenuti in misura non trascurabile in alcuni tipi di miglio, soprattutto del miglio indiano e hanno un ruolo nella genesi del gozzo endemico in aree rurali povere ove questo cereale costituisce l'alimento base (Gaitan et al., 1989; Shahidi e Chandrasekara, 2013; Taylor e Duodu, 2015).

Tecnologie tradizionali come la decorticazione abrasiva, la fermentazione, la germinazione (produzione di germogli, maltazione), l'ammollo in acqua e in soluzioni alcaline e processi termici (cottura, arrostitimento, estrusione) sono in grado di ridurre i livelli di tannini e di flavonoidi nei prodotti di trasformazione delle farine di cereali (McKevith, 2004; Hübner e Arendt, 2013; Taylor e Duodu, 2015; Nikmaram et al. 2017).

Sostanze proteiche ad effetto inibitore della tripsina (uno dei principali enzimi digestivi delle proteine) possono essere inattivate dal calore durante i processi di cottura/estrusione, sebbene non tutti gli inibitori delle proteasi siano termolabili, oppure da processi germinativi (Sosulski et al., 1988; McKevith et al., 2004; Wijngaard e Arendt, 2006; Nikmaram et al. 2017).

Gli pseudocereali (grano saraceno, amaranto, quinoa) contengono anch'essi fattori antinutrizionali, in particolare acido fitico, tannini, saponine, inibitori di proteasi. Gli antinutrienti negli pseudocereali si trovano nel pericarpo e a volte anche all'interno del chicco.

Tannini sono contenuti in piccola quantità nell'amaranto (80-420 mg/100g), nella quinoa (0-500 mg/100g) e nel grano saraceno e possono essere ridotti con le stesse tecnologie in uso per i cereali (Valcárcel-Yamani e Caetano da Silva Lannes, 2012).

Nel grano saraceno sono stati individuati, oltre ai tannini, anche inibitori delle proteasi termostabili, fatto che contribuirebbe a spiegare la bassa digeribilità delle proteine di questo pseudocereale. Tali inibitori sono stati in parte identificati, hanno natura proteica e risultano anche essere allergeni per l'uomo. Gli inibitori di proteasi nel grano saraceno possono essere ridotti mediante germinazione (Wijngaard e Arendt, 2006).

Le saponine sono sostanze tensioattive dal sapore amaro o astringente. Nonostante ciò, recenti ricerche affermano che possono avere anche effetti anticancerogenici e ipocolesterolemizzanti. La quinoa è lo pseudocereale più ricco in saponine (le quantità riportate in letteratura sono comprese nell'intervallo 0,01-4,65 %, in media 0,65 %). Le saponine vengono allontanate per decorticazione abrasiva o lavaggi con ammollo in acqua (Alvarez-Jubete et al., 2010).

Alcuni antinutrienti come l'acido fitico, le lectine, i tannini, le saponine e gli inibitori degli enzimi (proteasi ed amilasi) potrebbero anche interferire con l'idrolisi dell'amido durante la digestione, influenzando così i livelli di glucosio nel sangue (Fardet, 2010).

1.6 Aspetti igienico-sanitari legati all'utilizzo della granella integrale

I cereali integrali e loro derivati possono presentare la problematica della sicurezza delle materie prime, ossia una più elevata probabilità di contaminazione da parte di sostanze pericolose quali micotossine, metalli pesanti, residui di fitofarmaci, ecc., rispetto ai prodotti cerealicoli raffinati dovuta al fatto che è nella porzione corticale più esterna della granella dei cereali che si

concentrano contaminanti naturali o sintetici.

Nell'ambito dei contaminanti naturali le micotossine rappresentano un gruppo importante per entità e diffusione. Le micotossine sono composti tossici prodotti da diversi tipi di funghi, appartenenti principalmente ai generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. L'ocratossina A, le fumonisine B1 (FB1) e B2 (FB2), lo zearalenone (ZEA) e il deossinivalenolo (DON) sono le micotossine più frequentemente ritrovate nei cereali, che, attraverso colture contaminate destinate alla produzione di alimenti e mangimi, entrano nella filiera alimentare rappresentando una minaccia per la salute umana e degli animali. Le micotossine possono infatti causare effetti avversi di vario tipo, come il cancro e la mutagenicità, nonché portare disturbi a livello ormonale, gastrointestinale e renale. Alcune micotossine sono inoltre immunosoppressive e riducono la resistenza alle malattie infettive (EFSA, 2014).

Di fronte all'identificazione di una percentuale sempre più elevata di campioni di granella contaminata e ad un abbassamento della soglia di rilevazione analitica, la Commissione Europea ha emanato nell'ultimo decennio Raccomandazioni e Regolamenti (Raccomandazione 2006/576/CE; Regolamento (CE) 1881/2006; Regolamento (CE) 1126/2007) che fissano e definiscono tenori massimi di alcune micotossine. Il Regolamento (CE) 1881/2006, ad esempio, fissa tenori massimi per le aflatossine, l'ocratossina A (OTA), il deossinivalenolo (DON), lo zearalenone (ZEA) specificando la materia prima o il prodotto trasformato cui applicarli. Ad esempio, nei cereali e loro prodotti derivati, compresi i prodotti trasformati a base di cereali, il tenore massimo delle aflatossine deve essere 2,0 µg/kg. L'OTA deve avere un tenore non superiore a 5,0 µg/kg nei cereali non trasformati o 3,0 µg/kg nei prodotti derivati dai cereali non trasformati. Per il DON, il tenore massimo è 1250 µg/kg per i cereali non trasformati diversi da grano duro, avena e granturco, 1750 µg/kg per il grano duro e l'avena non trasformati, 1750 µg/kg per il granturco non trasformato e 750 µg/kg per i cereali destinati al consumo umano diretto e per la farina di cereali compresa la crusca come prodotto finito commercializzato per il consumo umano diretto. Infine, il tenore massimo per lo ZEA è 100 µg/kg nei cereali non trasformati diversi dal granturco e 75 µg/kg nei cereali destinati al consumo umano diretto e nella farina di cereali compresa la crusca come prodotto finito commercializzato per il consumo umano diretto. La Raccomandazione 576/2006 indica invece valori di riferimento specifici per il DON in materie prime e mangimi, mentre il Regolamento 1126/2007 della Commissione Europea fissa i tenori massimi di DON nei cereali grezzi e trasformati destinati all'alimentazione umana.

Nell'ultimo decennio sono stati condotti diversi studi di monitoraggio del livello di contaminazione dei prodotti cerealicoli integrali (Rapporti ISTISAN 05/42, 07/37, 13/18: rispettivamente ISS, 2004, 2006, 2012). Alcuni studi, ad esempio, riportano che nei prodotti dietetici a base di crusca può essere presente OTA e/o DON con valori prossimi al tenore massimo stabilito dalla legge europea, i.e. 2,597 µg/kg e 1498 µg/kg, rispettivamente (Pietri et al., 2004). Per quanto riguarda studi comparativi tra i prodotti cerealicoli raffinati e integrali, si riportano, ad esempio, differenze statisticamente non significative fra i campioni convenzionali e integrali per le contaminazioni da OTA e TCT: occorre però rilevare che per i campioni di pasta e pane integrali, è stata determinata una tendenza alla significatività di maggiore contaminazione rispetto ai campioni convenzionali (Rastelli et al., 2006).

A fronte di ciò e nonostante si affermi che le produzioni nazionali di cereali sono ancora estremamente vulnerabili riguardo al rischio di contaminazioni elevate da micotossine (Reyne-

ri et al., 2012), gli agronomi e l'industria molitoria stanno lavorando all'identificazione di tecnologie che consentano di limitare la presenza di micotossine nella granella e di conseguenza nei prodotti cerealicoli, soprattutto quelli integrali. Le tecniche agronomiche di campo sono gli strumenti più efficaci per contenere il rischio di elevate contaminazioni (Blandino et al., 2009a, Blandino et al. 2009b). Ad esempio, per le tossine di *Fusarium* nel mais, la chiave di prevenzione sta nell'anticipare la fioritura. L'industria molitoria, invece, sta intervenendo con l'attuazione di processi fisici e meccanici, come ad esempio, la cernita e la pulitura prima della macinazione che sono in grado di ridurre la contaminazione da micotossine nel frumento. Esse rimuovono, infatti, chicchi con evidenti segni di muffe e chicchi rotti in cui la probabilità di contaminazione è maggiore. La pulitura, in particolare, consente secondo alcuni studi (Pascale et al., 2011) una riduzione del 62 % e 53 % di T-2 e HT-2, rispettivamente.

La decorticazione, inoltre, è un processo che, rispetto alla macinazione convenzionale, permette di rimuovere gradualmente, mediante abrasione, le frazioni corticali mantenendo quelle di maggiore interesse nutrizionale. Nel caso del DON, in particolare, ci sono studi che dimostrano che, in generale, la contaminazione diminuisce progressivamente dagli strati più esterni a quelli più interni, e in particolare 49, 19, 9, 5 e 4 volte nelle frazioni 0-5 %, 5-10 %, 10-15 %, 15-20 %, 20-25 % rispetto alla quota residua. La presenza di contaminanti appare quindi concentrarsi nelle frazioni comprese tra lo 0 e il 10% (Sovrani et al., 2012).

Il citato regolamento (CE) n. 1881/2006 stabilisce chiaramente che per garantire un'efficace tutela della salute pubblica, i prodotti il cui contenuto di contaminanti superi il tenore massimo non devono essere commercializzati come tali né dopo miscelazione con altri prodotti alimentari, né essere impiegati come ingredienti di altri alimenti e, oltre alle micotossine, stabilisce i livelli massimi di altri contaminanti nei prodotti a base di cereali, in particolare nitrato e metalli quali piombo e cadmio. Indagini sui livelli di piombo, cadmio e altri metalli in traccia presenti sul frumento sia tenero che duro sono stati effettuati su alcuni raccolti italiani (Conti et al., 2000). Anche in relazione alla presenza di metalli pesanti è importante sottolineare il fatto che per alcuni alimenti a base di cereali quali la pasta, la cottura casalinga in acqua può costituire un efficace mezzo di riduzione della eventuale contaminazione che può essere ridotta del 50-60% (Cubadda et al., 2003).

La presenza di residui di antiparassitari è normata dal regolamento (CE) n. 396/2005 modificato dal regolamento n.178/2006.

1.7 Alimenti arricchiti in fibra versus alimenti prodotti con cereali integrali/alimenti funzionali

La fibra alimentare e i cereali integrali contengono una miscela unica di componenti bioattivi, tra cui amidi resistenti, oligosaccaridi, lignani, fitosteroli, acido fitico, tannini, lipidi e antiossidanti, come gli acidi fenolici e i flavonoidi. Studi epidemiologici e clinici dimostrano che il consumo di fibra alimentare e l'assunzione di cereali integrali è inversamente correlato all'obesità, al diabete di tipo 2, al cancro e alle malattie cardiovascolari. (Lattimer e Haub, 2010; Aune et al., 2016).

Secondo le attuali raccomandazioni (SINU, 2014), il fabbisogno medio giornaliero di fibra

alimentare per gli adulti è di circa 25g al giorno, tuttavia molte persone non raggiungono tali quantitativi. Tra le barriere specifiche al consumo dei cereali integrali figurano la mancata conoscenza del prodotto e dei suoi benefici per la salute, la difficoltà nel cambiare le abitudini alimentari, le caratteristiche organolettiche dei prodotti e il loro costo.

Per ovviare a queste difficoltà sono stati fatti tentativi per modificare il processo di macinazione in modo da incorporare più composti bioattivi nella farina pur eliminando quelle parti che conferiscono inferiore qualità tecnologica agli sfarinati o che possono creare problemi al consumatore (Delcour et al., 2012; Miller Jones 2015).

Nello stesso tempo, sia il mondo della ricerca che quello dell'industria alimentare, hanno volto la loro attenzione alla fortificazione di alimenti a base di cereali raffinati tramite l'inserimento di componenti isolate dalla fibra. E' diventato così usuale trovare tra gli scaffali dei supermercati prodotti a base di cereali di uso quotidiano come cereali per la colazione, snacks, pasta, pane e prodotti da forno arricchiti con fibra alimentare di varia provenienza. In tal modo si utilizzano prodotti già di per sé salutari, o riconosciuti come tali, come carrier (alimento vettore) per l'assunzione di componenti funzionali che apportano benefici alla salute (Foschia et al., 2013; Poutanen et al., 2014).

Nonostante i molti effetti benefici sulla salute delle fibre, il loro utilizzo nella formulazione di prodotti alimentari dipende dalla loro interazione con la matrice e questo può portare ad alcune limitazioni nel loro utilizzo (Yildiz et al., 2013).

La natura solubile ed insolubile delle fibre alimentari comporta differenze nella funzionalità tecnologica e negli effetti fisiologici dei prodotti a cui viene aggiunta. Ad esempio, rispetto alla frazione insolubile, la frazione solubile, dimostra una maggiore capacità di aumentare la viscosità degli impasti ed ha inoltre la capacità di formare gel e/o agire come emulsionante. Inoltre va tenuto in considerazione il fatto che trattamenti chimici, meccanici, termici ed enzimatici possono indurre delle modificazioni sulla funzionalità tecnologica e fisiologica della fibra alimentare ed ampliarne la possibilità di utilizzo (Elleuch et al., 2011; Noorfarahzilah et al., 2014).

Un esempio di fibra solubile è rappresentato dai β -glucani, particolarmente presenti nell'orzo, che modificano le caratteristiche fisiche degli impasti aumentandone la capacità di assorbimento dell'acqua (Betoret et al., 2011). Essi tendono a gonfiarsi e a produrre soluzioni viscosi. Queste caratteristiche si uniscono alla capacità di essere fermentati dal microbiota intestinale.

Altre sostanze isolate dalla fibra alimentare e aggiunte ai normali prodotti a base di cereali sono gli oligosaccaridi bioattivi, che mostrano proprietà gelificanti meno accentuate non modificando di molto la consistenza degli impasti a cui sono aggiunti. Queste sostanze possono essere utilizzate in una varietà di prodotti, quali pane, cereali, snack, e dolci senza comprometterne in modo significativo le caratteristiche organolettiche ma conferendo al prodotto proprietà prebiotiche (Patel e Goyal, 2011).

Ottimi risultati sia tecnologici che di accettabilità del consumatore sono stati ottenuti con pasta e prodotti da forno arricchiti utilizzando amido resistente nell'impasto. Questo tipo di fibra solubile si presta bene ad essere usata come componente bioattiva in quanto è inodore e altera poco le proprietà organolettiche del prodotto originale (Alsaffar, 2011; Bustos et al., 2011).

Prodotti a base di cereali arricchiti con frazioni insolubili di fibra come la crusca ottenuta dai cereali integrali, vengono percepiti dal consumatore come più naturali e benefici ma allo stesso tempo meno gradevoli. Infatti l'aggiunta di crusca comporta tutta una serie di effetti negativi

sulle proprietà strutturali e organolettiche dei prodotti (Redgwell e Fischer, 2005; Foschia et al., 2013). Per esempio, l'incorporazione di fibra alimentare insolubile modifica alcune proprietà sensoriali del pane: infatti oltre ad una differente percezione del gusto si ha anche una diminuzione della croccantezza, una riduzione dell'elasticità della mollica, la perdita di friabilità ed una riduzione del volume della pagnotta. Stessa cosa avviene, anche se in maniera meno percettibile, in altri prodotti da forno come i biscotti (Sivam et al., 2010, Ktenioudaki e Gallagher, 2012). Nei prodotti estrusi la fibra insolubile riduce i volumi di espansione e aumenta la loro densità. Al contrario, la fibra solubile porta a migliori volumi di espansione. La differenza nei volumi di espansione tra fibre solubili e insolubili può essere spiegata dalla loro capacità di assorbimento d'acqua (Robin et al., 2012).

Alla luce di quanto sopra detto, è chiaro che gli alimenti arricchiti in fibra possono sicuramente contribuire ad aumentarne l'assunzione complessiva in quanto si presentano come prodotti di facile consumo e alla portata di tutti. Non bisogna però trascurare il fatto che l'assunzione di cereali integrali e non di singoli componenti della fibra apporta non solo fibra alimentare, ma anche tutto l'insieme dei composti bioattivi presenti nella granella insieme alla fibra e cioè antiossidanti, fitati, fito-estrogeni, vitamine e minerali.

Al momento risulta comunque difficile comparare le proprietà protettive dei cereali integrali nel loro insieme con quelle di fibre alimentari e altri componenti isolati e aggiunti ai prodotti (Slavin, 2004).

1.8 Effetti dei consumi di diete ricche in cereali integrali sulla salute umana

Negli ultimi decenni c'è stata una maggiore attenzione e attività di ricerca sul ruolo dei cereali integrali nella dieta umana e sulla loro possibile implicazione nella prevenzione di alcune malattie (Slavin, 2004; Arvola et al., 2007; Dammann et al., 2013).

Evidenze scientifiche recenti hanno mostrato come il consumo di cereali integrali sia associato ad una riduzione del rischio di malattie cronico-degenerative come diabete, malattie cardiovascolari ed alcune forme di cancro, e nello stesso tempo al mantenimento del peso corporeo ottimale e delle funzioni gastrointestinali (Schatzkin et al., 2007; Mellen et al., 2008; Williams et al., 2008; Connolly et al., 2012; Aune et al., 2013).

Tali potenziali proprietà benefiche dei cereali integrali sono state poste in relazione con la loro composizione unica in vitamine e minerali, acidi grassi insaturi, tocotrienoli, tocoferoli, fibra solubile e insolubile, fitosteroli, stanoli, sfingolipidi, fitati, lignani e antiossidanti lipofili e idrofili come gli acidi fenolici (Liu, 2007; Okarter e Liu, 2010).

1.8.1 Malattie cardiovascolari

L'effetto preventivo/protettivo del consumo di prodotti a base di cereali integrali e malattie cardiache coronariche è stato inizialmente evidenziato in una revisione sistematica di Truswell (2002). Il consumo di prodotti a base di cereali integrali è stato associato ad un ridotto rischio di malattie cardiovascolari anche da Anderson (2003) e Seal (2006).

In un lavoro di revisione di Jacobs e Gallagher (2004), 17 studi mostrano una riduzione del rischio di malattie cardiovascolari tra il 20 e il 40 % in soggetti con un abituale consumo di pro-

dotti a base di cereali integrali rispetto a quelli con un consumo basso mentre una meta-analisi di 7 studi di coorte prospettici evidenzia un'associazione inversa tra il consumo di prodotti a base di cereali integrali e l'incidenza di malattie cardiovascolari (Mellen et al., 2008).

Una revisione sistematica successiva di Flight e Clifton (2006) ha mostrato come un consumo crescente di prodotti a base di cereali integrali, fino a 2-4 porzioni giornaliere, potrebbe ridurre il rischio di malattie cardiache coronariche fino al 40 %.

Oltre a confermare i risultati precedenti, dalla revisione sistematica di De Moura (2008) emerge anche che, considerando solo studi in cui il prodotto integrale usato contiene il 51% degli ingredienti integrali (in linea con la definizione più restrittiva di prodotto integrale della US Food and Drug Administration (FDA), è difficile giungere ad una conclusione sulle porzioni giornaliere consigliate di prodotti a base di cereali integrali da consumare per avere un effetto preventivo ed ulteriori ricerche sono necessarie.

Recenti revisioni sistematiche hanno mostrato una riduzione del 21% di rischio di malattie cardiovascolari in soggetti con un consumo elevato di prodotti a base di cereali integrali (3-5 porzioni/giorno) (Gaskins et al., 2010; He et al., 2010, Ye et al., 2012.).

Diversi studi prospettici riportano un'associazione inversa tra consumo di prodotti a base di cereali integrali e ipertensione (Steffen et al., 2005; Wang et al., 2007; Newby et al., 2007; Flint et al., 2009). Recenti ricerche hanno studiato la relazione tra il consumo di prodotti a base di cereali integrali e la diminuzione della pressione arteriosa (Giacco et al. 2009; Tighe et al. 2010). Non tutti gli studi clinici mostrano tale correlazione (Brownlee et al., 2010) ed ulteriori studi sono certamente necessari.

In differenti studi è stato evidenziato un effetto ipocolesterolemizzante dei prodotti a base di cereali integrali. Una rassegna del 2007 di 10 studi randomizzati controllati (in cui l'avena è il cereale integrale in 8 di questi), mette in evidenza che 7 di questi studi hanno riportato un effetto di riduzione del colesterolo totale e delle LDL (Kelly et al., 2007). Tale revisione sistematica sottolinea l'esigenza di studi clinici più lunghi e approfonditi. Alla stessa conclusione sono giunti Harris e Kris-Etherthon in una revisione sistematica successiva del 2010 e gli stessi autori Kelly et al. in un recente lavoro del 2017. Un'effetto ipocolesterolemizzante legato al consumo di prodotti in cui erano presenti cereali integrali ricchi in lignani è stato anche riportato nel lavoro di Durazzo et al. (2014).

1.8.2 Diabete di tipo 2 ed obesità

Differenti studi epidemiologici indicano che un alto consumo di prodotti a base di cereali integrali previene lo sviluppo del diabete mellito di tipo 2, evidenziando in particolare come il consumo di 2 o 3 porzioni al giorno di prodotti a base di cereali integrali riduca il rischio di diabete di tipo 2 del 20-30% rispetto ad un consumo di meno di 3 porzioni alla settimana (Murtaugh et al., 2003; Venn e Mann, 2004). Inoltre si evidenzia come, sia in soggetti diabetici che sani, i cereali integrali migliorino gli indicatori del metabolismo del glucosio, lipidico e lipoproteico (Venn e Mann, 2004).

Differenti autori mostrano come il consumo di prodotti a base di cereali integrali migliora la glicemia e la risposta insulinica (McKeown et al., 2002; Pereira et al., 2002; Liese et al., 2003; Venn e Mann, 2004; Lutsey et al., 2007; Rave et al., 2007; Marventano et al. 2017). Un ruolo chiave viene giocato dalla struttura fisica della granella nonché dall'alto contenuto in nutrienti,

in particolare fibra, e in componenti bioattivi (Hallfrisch et al., 2000; Murtaugh et al., 2003; Slavin, 2003; Montonen et al., 2004; Smith e Tucker, 2011; Belobrajdic e Bird, 2013).

De Munter et al. (2007) in una revisione sistematica di studi di coorte prospettici con 286.125 partecipanti e 10.944 casi diabetici conclude che un incremento di due porzioni al giorno di cereali integrali è associato ad una riduzione media del rischio di sviluppare diabete di tipo 2 di circa il 21%.

In uno studio multi-etnico sull'aterosclerosi eseguito su 5.000 soggetti lungo 7 anni sono state studiate le abitudini dietetiche legate allo sviluppo di diabete di tipo 2: un consumo elevato di prodotti a base di cereali integrali e frutta è stato associato ad un rischio più basso del 15% di sviluppare il diabete (Nettleton et al., 2008).

In una rassegna sistematica Cochrane del 2008 di 11 studi prospettici di coorte e 1 studio controllato randomizzato sull'effetto del consumo di prodotti a base di cereali integrali nella prevenzione del diabete mellito di tipo 2, emerge la necessità di ulteriori e più approfondite ricerche (Priebe et al., 2008).

In una recente rassegna sistematica e meta-analisi del 2013 di 16 studi prospettici di coorte emerge che un consumo elevato di cereali integrali, ma non di cereali raffinati, è associato ad un ridotto rischio di diabete di tipo 2. Inoltre la documentata associazione positiva tra consumo di riso bianco e rischio di diabete e l'associazione inversa di una stretta categoria di prodotti integrali o di diverse specifiche tipologie di prodotti integrali con il rischio di diabete, evidenzia la necessità di ulteriori studi. Tale studio supporta comunque la sostituzione di cereali raffinati con quelli integrali e suggerisce il consumo di almeno 2 porzioni al giorno di prodotti a base di cereali integrali per ridurre il rischio di diabete di tipo 2 (Aune et al., 2013).

1.8.3 *Obesità*

In una rassegna che esamina sia studi epidemiologici che di intervento emerge che un più basso indice di massa corporea (IMC), una minore circonferenza corporea e un ridotto rischio di sovrappeso sono associati ad una dieta ricca in cereali integrali. Si evidenzia inoltre che il consumo di prodotti a base di cereali integrali può contribuire al controllo del peso corporeo ed è utile, in una dieta a basso contenuto calorico, alla perdita di peso (Williams et al., 2008).

In un lavoro di revisione sistematica e di analisi di studi osservazionali, Harland e Garton, (2008) concludono che un più alto consumo di prodotti a base di cereali integrali (circa tre porzioni al giorno) risulta associato ad un più basso IMC e ad una minore adiposità centrale.

Studi prospettici di coorte e studi clinici più recenti (Newby et al. 2007; Good et al., 2008; Van de Vijver et al., 2009; McKeown et al., 2010; Venn et al., 2010) supportano i risultati precedenti.

1.8.4 *Cancro*

Il consumo di prodotti a base di cereali integrali è stato associato ad un minor rischio di alcune tipologie di cancro del tratto gastrointestinale (Slavin, 2004; Marquart et al., 2007).

I cereali integrali sembrano infatti essere fonte di numerosi composti con proprietà anti carcinogeniche quali carboidrati fermentescibili, oligosaccaridi, flavonoidi, composti fenolici, fitoestrogeni, lignani, inibitori di proteasi, saponine, selenio (Slavin, 2000; Bingham et al., 2003; Liu, 2004).

Una relazione inversa tra il consumo di prodotti a base di cereali integrali e l'incidenza di cancro al colon-retto è stata mostrata da diverse ricerche (Larsson et al., 2005; Jacobs et al., 2007; Schatzkin et al., 2007; Gnagnarella et al., 2008; Aune et al., 2011). Minori e limitati sono gli studi dell'effetto sul cancro all'intestino tenue (Schatzin et al., 2008) e al pancreas (Chan et al., 2007).

E' stato studiato inoltre il possibile ruolo preventivo di un alto consumo di cereali integrali in forme di cancro ormone-dipendente come quello dell'endometrio (Kasum et al., 2001), della prostata (Landberg et al., 2010) e del seno (Egenberg et al. 2009), ma ulteriori ricerche sono necessarie.

1.8.5 Salute gastrointestinale

I cereali integrali, ricchi in fibra (compresa la frazione amido resistente) e oligosaccaridi, presentano un effetto prebiotico sia favorendo lo sviluppo di un microbiota sano e funzionale sia aumentando l'assorbimento dei minerali (Swennen et al., 2006; Chanvrier et al., 2007). Contribuiscono in maniera sinergica al mantenimento della salute gastrointestinale altre componenti bioattive quali acidi fenolici, carotenoidi, lignani, ecc. (Gilbson et al., 2004; Fardet, 2010).

Differenti studi hanno mostrato che il consumo giornaliero di prodotti a base di cereali integrali ricchi in fibra ha un effetto prebiotico sulla composizione del microbiota (Costabile et al., 2008; Connolly et al., 2012).

1.8.6 Altre patologie

Studi recenti hanno mostrato un ruolo positivo del consumo di prodotti a base di cereali integrali sulle funzioni cognitive e sui disturbi dell'umore (Smith et al., 2001; Logan, 2006; Wengreen et al., 2013), così come nella prevenzione delle parodontopatie (Merchant et al., 2006) e dell'asma (Tabak et al., 2006; Virtanen et al., 2010). Ulteriori ricerche sono necessarie.

In generale, emerge la necessità di studi clinici più approfonditi, in cui il prodotto oggetto di studio sia ben descritto e caratterizzato soprattutto per quanto attiene alla specie vegetale utilizzata, alla sua "integralità", al tipo di processo utilizzato e sia quindi possibile capire quali componenti sono effettivamente presenti nell'alimento. Se quanto sopra fosse chiaro, ne discenderebbe anche una migliore capacità di indicare la tipologia di prodotto e la quantità da assumere per ottenere un determinato effetto benefico.

E' un dato di fatto che l'industria alimentare si stà già indirizzando verso la produzione di nuovi prodotti o la riformulazione di prodotti già esistenti con un contenuto di sfarinati integrali maggiore. E' interessante inoltre sottolineare il maggior utilizzo di orzo, avena e altri cereali cosiddetti minori per la produzione di pasta, pane, prodotti per la prima colazione per renderli più attraenti dal punto di vista nutrizionale. A questo proposito è da citare lo studio di Franz e Sampson (2006) che ha avuto come obiettivo lo sviluppo di una iniziale banca dati per quantificare la granella integrale o la crusca e il germe presenti nei prodotti alimentari. In tale studio si propone la classificazione e suddivisione dei cereali e prodotti derivati come a "basso, medio, alto indice integrale".

Da quanto sopra emerge come sia limitata la bibliografia sulla caratterizzazione di prodotti cerealicoli sia commerciali che sperimentali, da ricondursi per lo più a studi all'interno di ri-

cerche più ampie ovvero alla caratterizzazione di prodotti da utilizzare in studi in vivo per la valutazione di possibile effetti benefici.

Future ricerche devono essere rivolte ad un approfondimento degli effetti benefici legati ad ogni specie cerealicola e pseudocerealicola e ad una migliore comprensione dei meccanismi di azione dietro gli effetti positivi osservati nel consumo dei cereali integrali, soffermandosi anche sui meccanismi sinergici dei differenti componenti.

1.9 Celiachia e prodotti gluten free, allergie

La malattia celiaca (MC) è un'enteropatia autoimmune permanente dal glutine, scatenata in soggetti geneticamente predisposti (Losowsky, 2008; Troncone et al., 2008; Ludvigsson et al., 2013). Il glutine è una proteina complessa che si origina dall'unione, in presenza di acqua e di energia meccanica, di 2 frazioni proteiche, gliadina e glutenina, presenti in alcuni cereali quali grano, segale ed orzo.

La predisposizione genetica alla MC consiste nella presenza degli alleli DQ2 e/o DQ8 nel genoma che codifica per il sistema maggiore di istocompatibilità di tipo II (Silano et al., 2010; Koning, 2014).

I peptidi derivati dalla digestione gastro-intestinale del glutine attivano sequenzialmente nella mucosa duodenale del soggetto celiaco i meccanismi molecolari e cellulari dell'immunità innata ed adattiva. Questo processo infiammatorio, indotto dall'aumentata produzione delle citochine infiammatorie interleuchina -15 ed interferon -gamma, determina la distruzione ed il successivo riarrangiamento del tessuto mucosale ed il quadro istologico, diagnostico della MC: atrofia dei villi, iperplasia delle cripte e infiltrazione linfocitaria (Ciccocioppo et al., 2006; Abadie e Jabri, 2014).

L'unico trattamento attualmente disponibile per la MC è l'esclusione totale e per tutta la vita del glutine dalla dieta e pertanto anche di prodotti integrali contenenti glutine. La dieta senza glutine (DSG), sebbene limiti notevolmente la qualità della vita sociale delle persone celiache, è necessaria per ottenere la remissione dei sintomi e segni associati alla MC e prevenirne le gravi complicanze.

La DSG si compone di alimenti naturalmente senza glutine (frutta, verdura, legumi, carne, pesce, patate e altri tuberi) e alimenti appositamente formulati per celiaci con materie prime deglutinate o prive di glutine, alimenti che sono succedanei di prodotti che contengono glutine quando destinati al consumo da parte della popolazione generale (pasta, pane, prodotti da forno, crackers, biscotti, cereali da colazione e snacks). Il contenuto di glutine di questa categoria di prodotti, che può riportare in etichetta l'indicazione nutrizionale "senza glutine" deve essere inferiore ai 20 ppm (equivalente a mg/kg). In letteratura, non vi è evidenza di carenze nutrizionali specifiche nei soggetti celiaci a dieta senza glutine, rispetto alla popolazione generale (Saturni et al., 2010; Theethira et al., 2014).

I cereali permessi nella dieta senza glutine sono mais, riso, sorgo, miglio e teff, accanto a pseudo-cereali quali quinoa, grano saraceno e manioca (De Stefano et al., 2013). Numerosi studi clinici hanno dimostrato che l'avena è tollerata dalla maggior parte dei soggetti celiaci in dieta senza glutine da almeno due anni e con avvenuta negativizzazione degli anticorpi anti-

transglutaminasi e guarigione delle lesioni della mucosa duodenale. Tuttavia, al momento l'inclusione dell'avena nella DSG non è consigliata, in considerazione della variabilità della risposta immune individuale a questo cereale e per l'incertezza che tuttora esiste riguardo la tossicità delle diverse varietà di avena (Richman, 2012; Anderson, 2014; Silano et al., 2014).

2. LEGUMI

2.1 Specie di legumi utilizzabili, nutrienti, micronutrienti e sostanze bioattive apportate

Con il termine “legumi” si intendono i semi commestibili delle piante appartenenti alla famiglia delle leguminose (Papilionacee), che possono essere consumati allo stato fresco o secco. I legumi costituiscono un'ampia famiglia di piante, molte delle quali coltivate, come il fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.), il cece (*Cicer arietinum* L.), la lenticchia (*Lens culinaris* L.), la soia (*Glycine max* L.), il pisello (*Pisum sativum* L.) e la fava (*Vicia faba* L.) (Iriti e Varoni, 2017).

Numerosi progetti agronomici sono stati avviati, soprattutto nel bacino del Mediterraneo, al fine di migliorare la qualità nutrizionale delle leguminose da granella. Le proteine dei legumi presentano un deficit di aminoacidi solforati (soprattutto metionina) e, nel seme, sono contenuti diversi composti antinutrizionali: inibitori enzimatici, lectine, tannini, fitati.

La realizzazione di incroci tra linee isogeniche che differivano soltanto per la presenza/assenza di un determinato fattore antinutrizionale ha portato alla produzione di nuovi materiali genetici con proprietà nutrizionali migliorate e buone caratteristiche agronomiche.

Nelle varie specie di leguminose, le proteine (globuline, albumine, prolamine e gluteline), costituenti principali, rappresentano dal 20 al 40% del peso secco del seme (Duranti, 2006).

Le globuline (legumine e viciline), proteine di riserva del seme, sono proteine oligomeriche che, durante la germinazione, permettono la sintesi di proteine funzionali dell'embrione, di composti azotati non proteici e di nuovo materiale energetico. Si trovano in corpi proteici cellulari (70-80% del peso secco) insieme a sali dell'acido fitico (circa il 10%), enzimi idrolitici (proteasi e fitasi), cationi ed acidi nucleici. Le albumine possono avere una funzione enzimatica o strutturale e comprendono gli inibitori delle proteasi o delle amilasi e le lectine. Hanno un elevato numero di aminoacidi solforati e sono resistenti all'azione degli enzimi proteolitici. Alcune proteine dei legumi, soprattutto della soia e delle arachidi, possono provocare reazioni allergiche. La beta-conglicina, proteina immunogena della soia, ha attività pro-infiammatoria nella fase di sensibilizzazione. Le prolamine e le gluteline rappresentano la frazione proteica minore delle proteine totali dei semi dei legumi (2-4%). Le prolamine, tipiche delle Graminacee, sono ricche in prolina e in glutammina e povere in glicina, contrariamente alle gluteline.

Alle proteine dei legumi, soprattutto della soia e del lupino, sono state attribuite proprietà benefiche correlate alla riduzione della glicemia e della colesterolemia (Bähr et al., 2013). Inoltre, diversi peptidi bioattivi dei legumi possono avere effetti protettivi nei confronti dello sviluppo di malattie degenerative (aterosclerosi, cancro) (Luna Vital et al., 2014).

Le proteine dei legumi hanno una qualità nutrizionale più bassa delle proteine di origine animale (caseina, albumine). Le principali cause di tali differenze sono: un insufficiente appor-

to di aminoacidi solforati (metionina, cisteina); una bassa disponibilità biologica di aminoacidi essenziali, soprattutto lisina, metionina, treonina, triptofano; una conformazione resistente all'azione enzimatica; una potenziale attività antinutrizionale (inibitori delle proteasi, lectine) (Carbonaro et al., 2000).

I carboidrati complessi quali l'amido e la fibra, insieme agli zuccheri semplici, rappresentano il 60% del peso secco dei semi dei legumi. La fibra alimentare è distinta in due componenti: una solubile e una insolubile, in base alla solubilità in acqua dei suoi componenti rappresentati, essenzialmente, da polisaccaridi. Il contenuto in fibra dei legumi è compreso tra 12 e 22% (p.s.). La fibra solubile varia tra lo 0,6 e il 2,4% della fibra totale. I valori più elevati si riscontrano nel fagiolo e nella fava, seguiti dal pisello e dalla lenticchia. Nella fava si rilevano i valori più alti di fibra solubile (1,6% nel caso delle varietà nazionali) (Carbonaro, 2011). Il rapporto tra fibra solubile e insolubile è soggetto a variazioni in seguito a cottura.

Le Tabelle di Composizione degli Alimenti dell'INRAN riportano i seguenti valori di contenuto in fibra alimentare solubile e insolubile (Fig. 4).

Composti quali l'amido resistente (RS), gli alfa-galattosidi, i frutto-oligosaccaridi e i malto-oligosaccaridi, hanno effetti fisiologici simili a quelli della fibra alimentare.

Gli oligosaccaridi presenti nei legumi (raffiniosio, stachiosio, verbascosio) non possono essere digeriti a causa dell'assenza delle alfa-galattosidasi e delle alfa-fruttosidasi nell'intestino umano. Vengono quindi trasportati nel colon dove sono digeriti dagli enzimi batterici con produzione di idrogeno, metano e acidi grassi a catena corta (acido acetico, propionico e butirrico), agendo quindi da prebiotici. Analogamente alla fibra solubile hanno capacità di ridurre l'assorbimento del glucosio nell'intestino tenue con conseguente abbassamento dell'IG. Tale effetto permette di controllare la concentrazione ematica di glucosio e di insulina in soggetti con predisposizione al diabete o diabete non-insulino dipendente. Le fibre solubili rallentano lo svuotamento gastrico e il tempo di transito, con effetti sul metabolismo e miglioramento della tolleranza al glucosio.

Nella Fig. 5 viene riportato un grafico con i valori dell'IG relativi ad alcuni legumi.

Alcune fibre solubili determinano un abbassamento del colesterolo nel sangue fino al 15%. La fermentazione intestinale di carboidrati non disponibili potrebbe agire attraverso la produzione di acido propionico, con attività inibitoria del 3-idrossi-3-metilglutaril-CoA reduttasi, enzima limitante la sintesi epatica del colesterolo. La presenza di fibra insolubile incrementa, invece, la velocità del transito colico contribuendo così alla diminuzione del tempo di permanenza e di contatto con l'epitelio di sostanze tossiche potenzialmente dannose generate dal metabolismo batterico.

I legumi possono contenere tutti i 15 minerali essenziali per l'uomo. I minerali a più elevata concentrazione sono: il calcio (da 60 a 150 mg/100 g), il ferro (da 6 a 10 mg/100 g), lo zinco e il rame (circa 3 mg e 1 mg/100 g, rispettivamente). Il contenuto in selenio è molto variabile e dipende dal terreno di coltivazione. Il ferro e il calcio contribuiscono in maniera significativa all'apporto totale nella dieta. Il fagiolo e la soia sono particolarmente ricchi in minerali, soprattutto ferro e calcio.

I minerali si trovano spesso in forma di sali (carbonato di calcio, solfato di ferro). Calcio e fosforo sono anche associati in forma di sali di fitati. Il ferro è presente in forma di ferro non-eme, il quale presenta una biodisponibilità molto inferiore rispetto a quella del ferro eme dei tessuti animali. La bassa disponibilità del ferro non-eme (2-3% del ferro totale) è attribuita alla

sua insolubilità nel tratto intestinale, determinata dal legame con l'acido fitico o con i tannini e dalla formazione di idrossido di ferro insolubile. La biodisponibilità dello zinco è particolarmente dipendente dalla presenza di acido fitico.

L'idrolisi dei tannini e dei fitati, attraverso varie tecniche di cottura, fermentazione, germinazione e trattamento enzimatico, rappresenta una delle strategie per aumentare la disponibilità del ferro e dei minerali in genere.

I lipidi sono presenti nei legumi in minima quantità (1-2%), tranne che nel cece in cui rappresentano circa il 6%. Essi sono costituiti per il 60% da acidi grassi polinsaturi e contengono piccole quantità di fitosteroli. Questi ultimi possono contribuire all'effetto ipocolesterolemizzante riscontrato in associazione al consumo dei ceci.

I legumi sono una buona fonte di tiamina, niacina, biotina e, in quantità minore, di riboflavina. Essi forniscono anche folati, importanti per la protezione contro l'anemia macrocitica, i difetti del tubo neurale e le malattie cardiovascolari. La vitamina C è presente solo nei legumi freschi. Le vitamine liposolubili sono presenti in quantità modeste (tocoferoli nel cece). La vitamina A, che nei vegetali si trova sotto forma del precursore beta-carotene, è presente essenzialmente nei legumi freschi.

2.2 Differenze nella composizione dovute ai sistemi di coltivazione (convenzionale, biologico, ecc.)

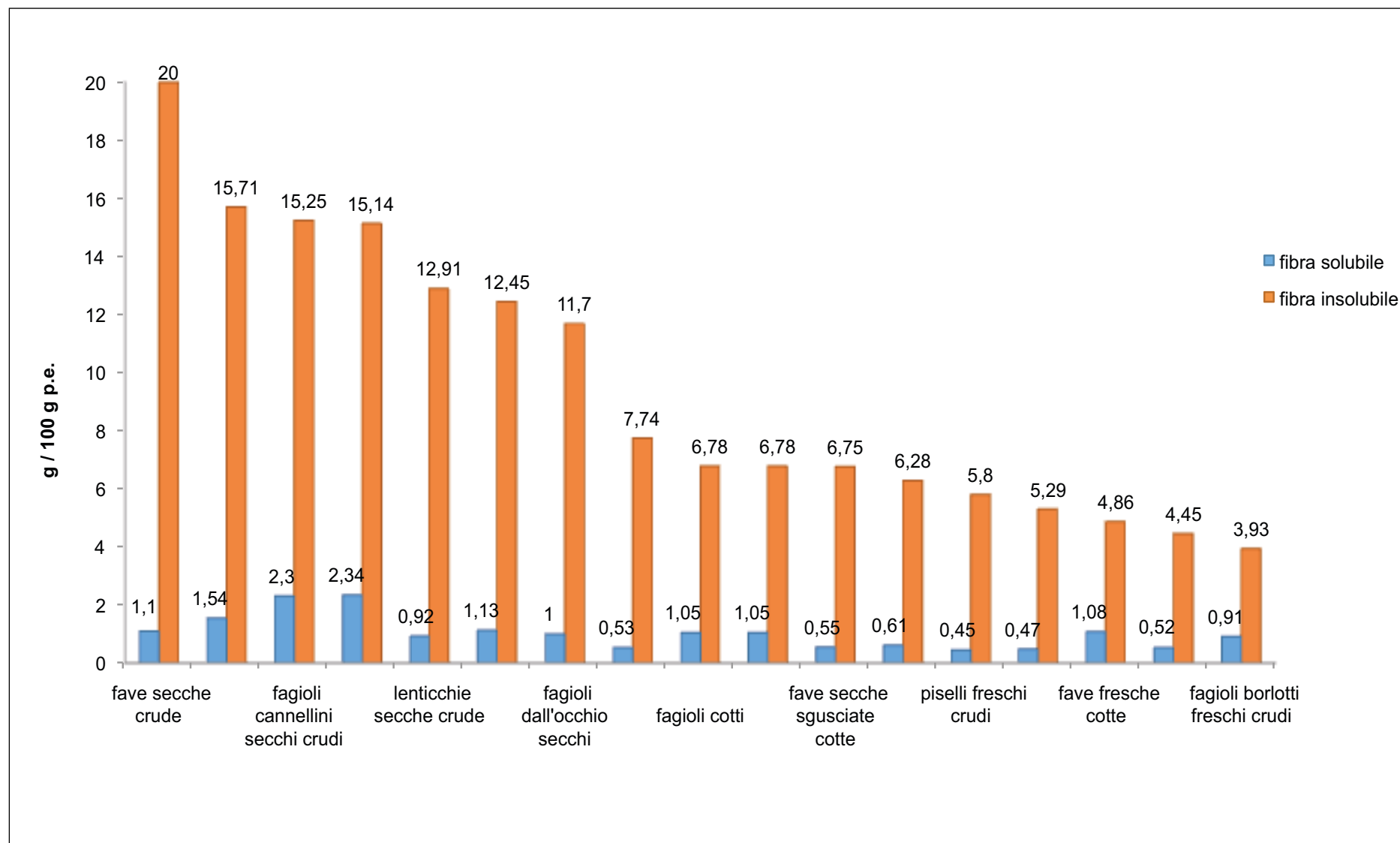
Nel corso dell'analisi bibliografica non sono stati trovati dati per poter confrontare le proprietà di legumi ottenuti in regime di agricoltura biologica con quelle di prodotti corrispondenti derivati da agricoltura convenzionale. Alcuni risultati ottenuti recentemente sulla caratterizzazione di legumi biologici hanno evidenziato caratteristiche nutrizionali e agronomiche positive. In particolare, oltre ad una buona resa, sono stati riscontrati un elevato contenuto di proteine, minerali totali e composti fenolici, soprattutto acidi fenolici, ed una bassa concentrazione di fattori antinutrizionali specifici, quali i latirogeni (aminoacidi neurotossici) nelle cicerchie (Moschini et al., 2014; Carbonaro et al., 2015). Si evidenzia la necessità di poter disporre di ulteriori evidenze per arrivare a fornire informazioni conclusive sull'effetto della coltivazione biologica sulla qualità nutrizionale di questi prodotti.

2.3 Fattori antinutrizionali dei legumi ed interventi tecnologici per la loro gestione

L'impiego dei legumi nella nutrizione umana ed animale deve tenere conto della presenza nel seme di composti di diversa natura chimica, definiti "fattori antinutrizionali" o "antinutrienti" per i loro effetti potenzialmente dannosi per la salute (Carbonaro, 2011).

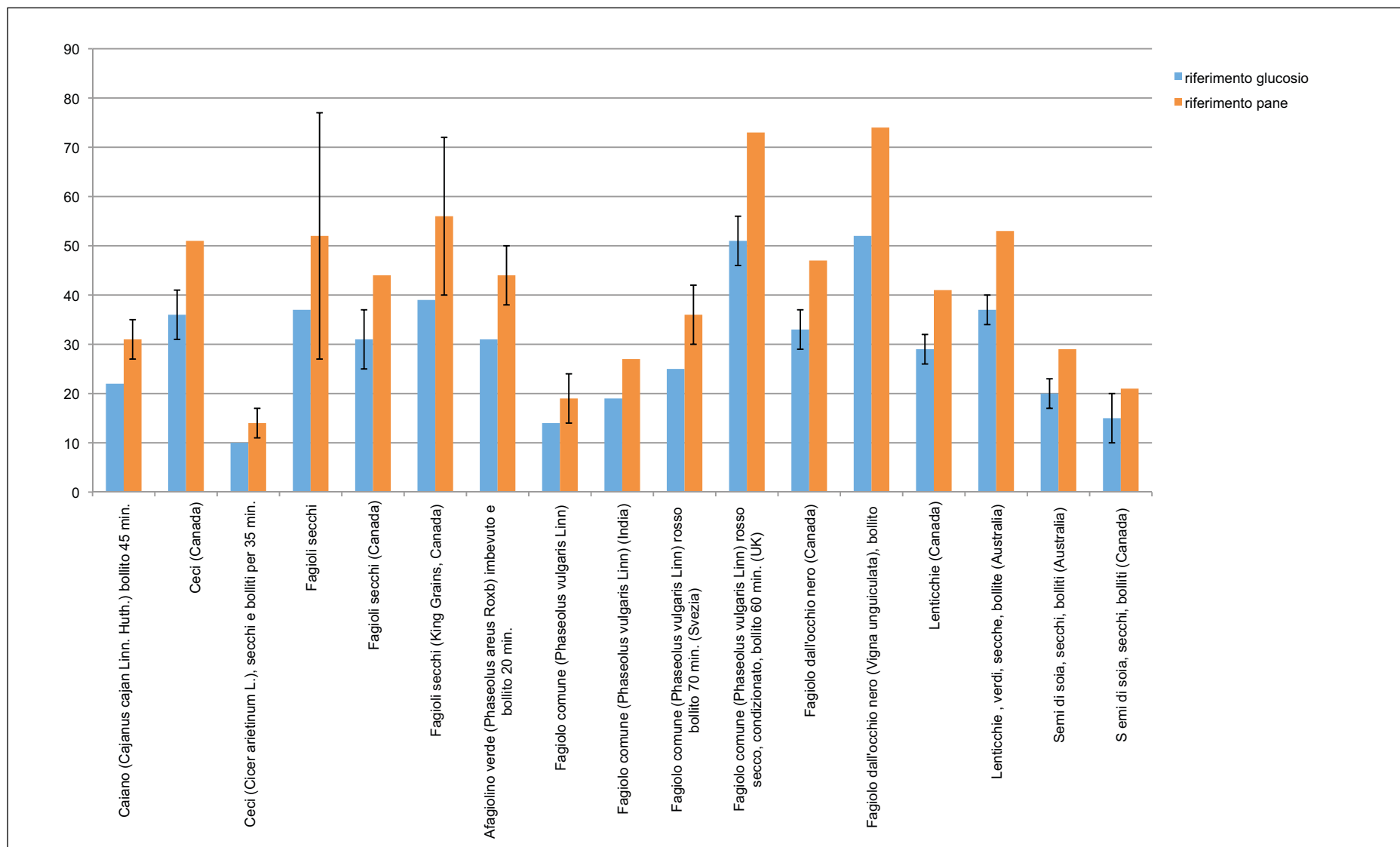
I fattori antinutrizionali di natura proteica, inattivati attraverso adeguato trattamento termico, sono rappresentati da:

- inibitori delle proteasi, che inibiscono l'attività della tripsina e chimotripsina e stimolano l'attività del pancreas;
- lectine, che agiscono sull'epitelio gastrointestinale ostacolando l'utilizzo delle proteine e

FIGURA 4. Contenuto di fibra solubile e insolubile in legumi

Fonte: Tabelle di Composizione degli alimenti INRAN

FIGURA 5. Indice glicemico di alcuni legumi



Fonte: Atkinson F.S., Foster-Powell K., Brand-Miller J.C. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008 Diab Care 2008; 31 (12), 2281-2283)

di altri nutrienti;

- inibitori delle alfa-amilasi, con effetto negativo sulla digeribilità dell'amido.

Gli antinutrienti di origine non proteica (in parte termostabili) comprendono:

- composti fenolici, tra cui i tannini, il gossipolo e l'acido clorogenico, che interferiscono con l'assorbimento di proteine e minerali;
- acido fitico e ossalati, agenti chelanti di minerali;
- alfa-galattosidi (raffiniosio, stachiosio e verbascosio) responsabili della flatulenza;
- glucosidi pirimidinici (vicina e convicina), presenti nei cotiledoni della fava e responsabili del "favismo";
- saponine, glucosidi amari e schiumogeni, che inibiscono l'alfa-chimotripsina e la colinesterasi, provocando emolisi;
- latirogeni, derivati di aminoacidi la cui ingestione provoca una sindrome neurotossica ("latirismo").

I fattori antinutrizionali possono limitare la digeribilità delle proteine, la biodisponibilità dei minerali e delle vitamine ed alterare le funzioni dell'epitelio intestinale, provocando carenze nutrizionali (Carbonaro et al., 2000). I loro effetti negativi sono generalmente osservati quando vengono assunti in quantità elevata per lunghi periodi, oppure in condizioni di malnutrizione.

Gli inibitori delle proteasi (inibitore di Kunitz e di Bowman-Birk) stimolano la secrezione della tripsina con meccanismo a "feedback" attraverso la colecistochinina, determinando ipertrofia pancreatica e, in situazioni di cronicità, il cancro del pancreas. La sintesi continua di tripsina sottrae aminoacidi solforati, con inibizione della sintesi proteica e della crescita. Gli inibitori delle proteasi sono elevati soprattutto nella soia. Gli inibitori delle alfa-amilasi, al pari degli inibitori enzimatici, possono indurre ipertrofia pancreatica in caso di assunzione prolungata.

Le lectine, particolarmente concentrate nel seme maturo delle leguminose, interagiscono con i glicoconjugati di altri organismi interferendo con il funzionamento cellulare e costituendo un meccanismo di difesa della pianta. Si legano in modo selettivo agli enterociti dei villi intestinali, altamente glicosilati, danneggiandone la capacità assorbente. Il legame delle lectine alle cellule neuroendocrine induce il rilascio di colecistochinina, causando ipertrofia pancreatica. Le lectine si riscontrano in diverse varietà di fagiolo. Sono, tuttavia, proteine termolabili. Anche tecniche quali l'ammollo, la germinazione e la fermentazione dei legumi ne riducono l'attività tossica.

I tannini (idrolizzabili e condensati) sono composti fenolici ad alto peso molecolare (500-5000 Da), contenenti numerosi gruppi ossidrilici ed altri gruppi reattivi (es. carbonilico), in grado di interagire con proteine e diverse macromolecole formando complessi molto stabili, in particolare durante il trattamento termico. Nei legumi i tannini condensati, particolarmente reattivi, possono raggiungere il 3,5% del peso secco. Si concentrano nel tegumento e sono responsabili del colore dei semi e del gusto astringente. La capacità dei tannini di inibire l'attività di enzimi proteolitici causa la riduzione della digeribilità proteica (Carbonaro et al., 2000). I tannini agiscono sulla mucosa intestinale, modificando il pH intestinale, con danni alla mucosa e riduzione dell'assorbimento di micronutrienti. Possono complessare minerali ed elementi in traccia, riducendone la biodisponibilità.

Proprietà positive sono state invece attribuite a composti bioattivi a più basso peso molecolare quali gli acidi fenolici, i flavonoidi, i lignani che presentano proprietà antiossidanti (Durazzo

et al., 2013). Sono, pertanto, possibili fattori di protezione contro i radicali liberi. Tra i composti fenolici, gli isoflavoni, contenuti soprattutto nella soia, hanno azione simil-ormonale.

L'acido fitico (mio-inositolo esafofosfato) è localizzato nei cotiledoni dei legumi (0,1-1,8%), dove costituisce la riserva di fosforo (il 60-80% del fosforo totale è presente in forma di acido fitico). La presenza di gruppi fosforici rende possibile il legame dell'acido fitico con i minerali ed elementi in traccia di- e trivalenti (Ca, Mg, Zn, Fe). Nell'uomo, la degradazione dei fitati nel tratto gastrointestinale può essere determinata dalle fosfatasi o dall'attività microbica nel colon, con rilascio dei minerali. La soia presenta quantità di acido fitico più elevate degli altri legumi.

I carboidrati della famiglia del raffinoso (raffinoso, verbascosio e stachiosio) e i frutto- e malto-oligosaccaridi possono essere fermentati nel colon con produzione di acidi grassi a catena corta e di gas, responsabili di disturbi intestinali. Sono presenti in concentrazione tra il 3 e il 6% del peso secco, con valori elevati nei piselli e nelle lenticchie (Carbonaro, 2011).

Un effetto tossico specifico è determinato dai fattori responsabili del favismo, la vicina e la convicina, glucosidi pirimidinici presenti nei cotiledoni della fava. Questi composti possono provocare, in soggetti suscettibili, anemia emolitica acuta come conseguenza di una deficienza congenita di glucosio-6-fosfato deidrogenasi dei globuli rossi. In assenza della protezione antiossidante conferita da questo enzima, i glucosidi pirimidinici, in seguito a liberazione dei corrispondenti agliconi (le porzioni pirimidiniche attive) nel tratto intestinale, innescano una serie di reazioni ossidative sulla membrana dei globuli rossi, determinandone la rottura. È stato osservato che i glucosidi pirimidinici non subiscono alterazioni in seguito a cottura.

Le saponine (0,03-0,6%), così definite per la loro capacità di formare schiume stabili in soluzioni acquose, sono costituite da una catena principale steroidea o triterpenica legata ad una o più catene glucidiche. Sono molto diffuse tra i legumi e, come i glucosidi pirimidinici, hanno attività emolitica e membranolitica determinata, in questo caso, dal loro legame con il colesterolo. A bassa concentrazione, hanno anche effetti positivi, quali attività antitumorale e inibitoria nei confronti dell'infettività del virus HIV in vitro. Possono inoltre prevenire la perossidazione dei lipidi e la degradazione del DNA e delle proteine causata dai radicali liberi.

I latirogeni sono presenti nei semi del *Lathyrus* (cicerchia) e consistono in derivati di aminoacidi con effetti tossici. La loro ingestione provoca il latirismo, malattia che determina una deformazione scheletrica (osteolatrismo) o un'alterazione del sistema nervoso che causa rigidità e paralisi muscolare (neurolatrismo). Il composto maggiormente responsabile è l'acido beta-N-oxalil-L-alfa-beta-diaminopropionico (ODAP). La concentrazione è molto variabile, ma le varietà nazionali sono generalmente a contenuto limitato di ODAP (<0,2 g/100 g). L'ammollo dei semi e la cottura riducono ulteriormente la concentrazione di ODAP.

Poiché possono avere anche effetti benefici, la maggior parte dei fattori antinutrizionali non dovrebbero essere completamente eliminati dalla nostra dieta, ma soltanto ridotti al di sotto dei valori tossici o dannosi (Campos-Vega et al., 2010). Alcune lectine sono risultate efficaci come agenti prebiotici, proteggendo l'intestino tenue da una iperproliferazione indotta da batteri patogeni o dall'infezione da *Salmonella*. Inibitori delle proteasi, lectine, tannini, acido fitico e saponine sono possibili agenti protettivi nei confronti del cancro o di malattie cardiovascolari. Nel caso delle saponine, il legame con gli acidi biliari primari riduce probabilmente la loro conversione ad acidi biliari secondari e di conseguenza, la possibilità di promuovere la carcinogenesi. La capacità delle saponine di legare il colesterolo è probabilmente responsabile

dell'abbassamento dei livelli di colesterolo plasmatici osservato nell'uomo. Azione ipocolesterolemizzante è stata attribuita ai fitosteroli, composti con struttura simile a quella del colesterolo e contenuti soprattutto nel cece.

L'utilizzo dei legumi per la nutrizione umana è subordinato alla rimozione o alla riduzione, al di sotto dei livelli di tossicità, dei componenti indesiderati. Poiché la maggior parte dei fattori antinutrizionali ha importanti funzioni fisiologiche, connesse ai meccanismi di difesa della pianta, la loro rimozione all'interno del seme risulta spesso non compatibile con i requisiti agronomici. Sono stati pertanto messi a punto numerosi trattamenti post-raccolta efficaci ai fini della riduzione degli antinutrienti, basati sull'uso di mezzi chimico-fisici: decorticazione, ammollo con o senza alcali prima della cottura, trattamento termico (bollitura, cottura in autoclave), germinazione e fermentazione. In genere, è necessario l'uso combinato di due o più metodi (Haileslassie et al., 2016).

La decorticazione è la rimozione del tegumento del seme, con o senza ammollo dei semi in acqua. Nei semi decorticati si riscontra la perdita dei polifenoli, tannini, raffinose e stachiosio, concentrati nel tegumento esterno, ma nello stesso tempo si ha la riduzione del contenuto in fibra alimentare, ferro, calcio e niacina.

L'ammollo permette di allontanare alcuni fattori antinutrizionali quali polifenoli, oligosaccaridi (raffinose, stachiosio, verbascosio, responsabili della flatulenza), acido fitico, latirogeni. Può essere eseguito sia in acqua fredda che calda, aggiungendo bicarbonato di sodio (< 0,05%) per ridurre il tempo di idratazione e di cottura, rendendo le pareti cellulari più permeabili per riduzione delle interazioni fra pectine (acidi uronici) e minerali (calcio). L'idratazione è completa quando l'acqua assorbita raggiunge un valore costante che si aggira, in funzione del tipo e della varietà dei legumi, fra il 90 e il 130% (g acqua/100 g di campione).

La cottura dei legumi, oltre a conferire una consistenza ottimale all'alimento, ha la funzione di gelatinizzare l'amido, rendendolo disponibile alla digestione enzimatica (con il raffreddamento, l'amido disponibile può tuttavia retrogradare e diventare nuovamente resistente alla digestione). La cottura degrada inoltre i fattori antinutrizionali termolabili (inibitori delle proteasi e lectine), incrementando la digeribilità dei nutrienti. Anche i componenti della fibra subiscono notevoli cambiamenti, dovuti soprattutto ad un aumento di solubilità delle pectine e, in parte, delle emicellulose. Il trattamento termico, se eseguito a temperature molto alte e per un tempo prolungato, può determinare degradazione di aminoacidi (reazione di Maillard) e perdita di minerali e vitamine. Nel caso delle proteine, si possono formare nuove strutture insolubili, scarsamente digeribili e con proprietà chimico-fisiche alterate (Carbonaro et al., 2012). La cottura può essere realizzata sotto pressione (autoclave, pentola a pressione), con sistemi di riscaldamento convenzionali o con irraggiamento a microonde.

I processi di fermentazione e germinazione dei legumi sono utilizzati quasi esclusivamente in India, in alcuni paesi africani e nei paesi dell'Estremo Oriente. Hanno il duplice scopo di migliorare le caratteristiche nutrizionali, mediante degradazione dei fattori antinutrizionali (oligosaccaridi, acido fitico, tannini) e organolettiche (consistenza, sapore) del prodotto. La fase iniziale della germinazione del seme determina un aumento dell'attività enzimatica di fosforilasi, amilasi e alfa-galattosidasi, con riduzione di raffinose, amido, inositolefosfato, proteine ed un aumento di saccarosio, fruttosio, glucosio e aminoacidi.

2.4 Effetti dei consumi di diete ricche in legumi sulla salute umana

Nei legumi, oltre ai macronutrienti e minerali, sono presenti diversi componenti minori (isoflavoni, lignani, fitosteroli, amido resistente, carboidrati bioattivi, alcaloidi, saponine ecc.), prima considerati antinutrienti, ora metaboliti secondari attivi con proprietà fisiologiche/metaboliche e di cui si sta riconoscendo il ruolo benefico potenziale per la salute (Campos-Vega et al. 2010; Carbonaro, 2011; Singh et al. 2017a,b).

Il consumo di legumi è stato spesso associato con una dieta di qualità grazie al loro basso contenuto in grasso, alto contenuto proteico, alto contenuto in molecole bioattive. Differenti studi epidemiologici mostrano come il consumo di legumi sia associato alla prevenzione di malattie cronico degenerative come malattie cardiovascolari, diabete, obesità, sindrome metabolica e alcune tipologie di cancro (Rochfort e Panozzo, 2007; Rebello et al., 2014a), anche se la letteratura scientifica presente non è esaustiva come quella dei cereali integrali, sia per il minor consumo di questo gruppo alimentare, sia per il limitato numero di studi.

Venn e Mann (2004) hanno esaminato attraverso una revisione sistematica il ruolo dei cereali integrali e dei legumi nell'eziologia e la gestione del diabete, studiando gli effetti del consumo di cereali integrali e legumi sugli indicatori del metabolismo dei carboidrati: in tale revisione si è concluso che un aumentato consumo di cereali integrali e legumi può migliorare gli indicatori del metabolismo glicemico, lipidico e lipoproteico sia in soggetti sani che diabetici. Inoltre in una revisione sistematica e meta-analisi sono stati considerati 41 studi clinici sugli effetti del consumo di differenti legumi sia in soggetti diabetici che non e si è concluso che il consumo di legumi da solo, in diete a basso indice glicemico o ad alto contenuto in fibra, migliora i markers del controllo glicemico (come emoglobina glicosilata e fruttosamina) e diminuisce il rischio di malattie cardiovascolari (Sievenpiper et al., 2009). Al contempo è stato evidenziato come studi più ampi e ben strutturati siano necessari. In un recente studio clinico controllato randomizzato, una dieta ricca in legumi a basso indice glicemico consumata da 121 soggetti diabetici per 3 mesi porta ad una riduzione dei livelli di emoglobina glicosilata dello 0,5 % rispetto ad una dieta ricca di fibra di frumento (Jenkins et al., 2012).

Alcuni legumi hanno mostrato la capacità di abbassare la curva glicemica anche in pasti successivi a quello in cui l'alimento è stato assunto (Mollard et al., 2011; Mollard et al., 2012a; Nilsson et al., 2013).

La resistenza insulinica risulta un elemento centrale della sindrome metabolica così come lo sono l'insieme di fattori di rischio delle malattie cardiovascolari quali l'obesità, la dislipidemia, l'ipertensione e l'iperglicemia. Diversi sono gli studi che hanno mostrato effetti benefici associati al consumo di legumi sul rischio di sindrome metabolica, obesità, dislipidemia, ipertensione, iperglicemia (Bazzano et al., 2009; Sievenpiper et al., 2009; Mollard et al., 2012b). Mollard et al. (2012b) mostrano in uno studio a lungo termine come il consumo frequente di legumi (5 porzioni/settimana per 8 settimane) in una dieta *ad libitum* diminuisce il rischio di sindrome metabolica, in maniera maggiore o equivalente rispetto ad una dieta a basso apporto energetico promossa da una consulenza dietetica.

Differenti studi hanno evidenziato un'associazione inversa tra il consumo di legumi ed il rischio di malattie coronariche-cardiovascolari (Bazzano et al., 2001, 2009; Flight e Clifton, 2006; Harland e Haffner, 2008; Bouchenak e Lamri-Senhadj, 2013; Zahradka et al., 2013). Uno stu-

dio epidemiologico condotto su uomini e donne in USA (First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study NHEFS) ha evidenziato come il consumo dei legumi sia significativamente ed inversamente associato al rischio di malattie coronariche e cardiovascolari; in particolare, il consumo di legumi 4 volte o più in una settimana (rispetto al consumo di una volta a settimana), è associato ad una diminuzione del 22% di malattie coronariche e dell'11% di malattie cardiovascolari (Bazzano et al., 2001).

La meta-analisi di Bazzano et al. del 2009 mostra che il consumo di legumi riduce il colesterolo totale e i valori di LDL, mentre i valori di trigliceridi, HDL e peso corporeo non cambiano, mostrando come il consumo di questo gruppo alimentare sia correlato ad un effetto ipocolesterolemizzante.

Il consumo di legumi potrebbe essere associato ad una diminuzione di peso, ma studi più ampi sulla gestione del peso corporeo sono necessari (Williams et al., 2008; McCrory et al., 2010; Rebello et al., 2014b). Singoli componenti, presenti nei legumi, agiscono in maniera sinergica, influenzando la sazietà, l'apporto energetico ed il peso corporeo. Quando consumati da soli o come parte di un pasto ricco in macronutrienti, i legumi diminuiscono l'appetito rispetto al pane bianco come dimostra uno studio a breve termine (Wong et al., 2009). Il loro consumo è inoltre associato ad un senso di sazietà e ciò potrebbe sia aiutare a superare stimoli alimentari esterni sia influenzare l'aderenza a regimi calorici restrittivi (Rebello et al., 2014b).

In uno studio randomizzato di 18 mesi in Nuova Zelanda su 113 soggetti sovrappeso (IMC >28 kg/m²), un gruppo di intervento consumava 2 porzioni di legumi e 4 di prodotti a base di cereali integrali al giorno come sostituti di carboidrati più raffinati; a 6 mesi la perdita di peso medio non risultava differente tra il gruppo di intervento e il gruppo di controllo, mentre la circonferenza della vita diminuiva a 18 mesi nel gruppo di intervento rispetto al gruppo di controllo (Venn et al., 2010).

Emerge anche dalla letteratura scientifica il possibile effetto protettivo dei legumi nei confronti di alcune tipologie di cancro in particolare alla prostata, al colon e al seno (Mathers et al., 2002; Yan e Spitznagel, 2009) anche se studi più ampi ed approfonditi sono necessari. Recenti studi hanno infatti attribuito potenziali proprietà anticarcinogeniche a componenti bioattivi dei legumi (Campos-Vega et al. 2010).

Ulteriori proprietà benefiche e possibili nuovi campi di interesse (come nella ricerca sull'HIV) di alcune componenti dei legumi sono presenti nella recente letteratura (Mudryj et al., 2014).

CONCLUSIONI

Sebbene la comprensione dei meccanismi che sottendono i benefici derivanti dal consumo di prodotti integrali è ancora limitata, nel complesso l'evidenza di tali benefici è convincente ed è servita come base per raccomandazioni nutrizionali in molti paesi di includere più frequentemente nella dieta prodotti a base di granella integrale intendendo soprattutto cereali e pseudo-cereali. I legumi non sono nella maggior parte dei casi considerati granella integrale. Paesi quali l'Australia, l'Austria, il Canada, il Cile, la Cina, la Danimarca, la Francia, la Grecia, l'India, la Lettonia, il Messico, la Norvegia, l'Oman, Singapore, la Svizzera, il Regno Unito e gli Stati Uniti si sono orientati in tal senso. Organismi internazionali quali il WHO e la FAO raccomandano il consumo di granella integrale quale strategia per prevenire malattie croniche legate alla dieta. Il WHO e la FAO attribuiscono alla forza dell'evidenza che lega il consumo di cereali integrali ed il diminuito rischio di malattie cardiovascolari e diabete il livello di "probabile" (Ferruzzi et al., 2014).

L'EFSA e l'USDA raccomandano che il 45-65% dell'introito calorico giornaliero provenga da alimenti a base di carboidrati e che almeno la metà di questi siano prodotti integrali (Aisbitt et al. 2008; EFSA, 2010; USDA, 2010).

Nel fare raccomandazioni volte ad incrementare il consumo di prodotti integrali non bisogna però dimenticare che specie e varietà diverse apportano tipi e quantità diverse di fibra, di sostanze bioattive, di macro e micronutrienti. Proprio basandosi sull'evidenza scientifica è possibile affermare che indubbiamente la fibra contribuisce ai benefici per la salute dati dal consumo di granella integrale, ma non spiega tutti i benefici. Pertanto una dieta bilanciata dovrebbe includere granella integrale proveniente da diverse specie e varietà.

Nel caso dei cereali e pseudocereali, le tecnologie di prima e seconda trasformazione contribuiscono poi a mantenere o a ridurre se non ad incrementare il potenziale salutistico della granella: nel caso ad esempio della prima trasformazione un conto è parlare di farina integrale macinata a pietra, un altro conto è parlare di farina integrale derivata da farina raffinata con aggiunta di crusca. Considerando quindi gli stadi tecnologici successivi non si può non menzionare il fatto che anch'essi possono essere determinanti: nel caso della panificazione ad esempio un conto è parlare di pane integrale prodotto con lievito madre un conto è parlare di pane integrale prodotto con lievito compresso.

Come sottolinea giustamente Peter Williams nella sua rassegna del 2012 (Williams, 2012) la maggior parte delle raccomandazioni nutrizionali per ridurre il consumo di prodotti a base di cereali raffinati si basano principalmente sulle evidenze che supportano il consumo di prodotti integrali piuttosto che su particolari preoccupazioni per il rischio associato con il consumo di cereali raffinati di per sé. Gli effetti protettivi dei cereali integrali sono ben documentati e per promuoverne il consumo senza eccedere le raccomandazioni nutrizionali in merito ai principali nutrienti e all'energia, ci deve essere una conseguente diminuzione nella quantità di cibi consumati a base di cereali raffinati.

Come riporta Williams (2012), la totalità delle evidenze scientifiche mostra che un consumo fino al 50% di prodotti cerealicoli sotto forma di prodotti derivati da farine raffinate (definiti come prodotti a cui comunque non è stata aggiunta una quantità significativa di grassi, zuccheri

o sodio) non è associato a nessun incremento del rischio di contrarre malattie. In tutte le comunicazioni con il pubblico è importante stressare la necessità di limitare il consumo di prodotti a base di cereali che siano piuttosto ricchi di grassi, zuccheri e sodio.

Per quanto riguarda i legumi è da ricordare che essi svolgono un ruolo fondamentale nella dieta per il loro elevato apporto di proteine, amido, fibra, vitamine e minerali. I trattamenti precedenti il consumo, ammollo e cottura, che per i legumi secchi possono superare le 10 e le 2 ore, rispettivamente, consentono di ridurre i fattori antinutrizionali a valori al di sotto della potenziale tossicità e di migliorare le proprietà della componente proteica. La presenza di numerosi composti biologicamente attivi (componenti della fibra, oligosaccaridi, polifenoli, proteine e peptidi bioattivi), con descritte proprietà positive ai fini del mantenimento dello stato di salute e della prevenzione delle malattie cronico degenerative, conferisce ulteriore valenza nutrizionale a questo alimento. E' pertanto auspicabile un aumento dei consumi rispetto a quelli attuali.

Motori di ricerca e parole chiave

Motori di ricerca

FSTA, PubMed, Science Direct, Scopus.

Parole chiave

amaranth, ancient grains, antinutrient and cereals, arabinoxylan, barley, β -glucan, bioactive compounds, bioactive, buckwheat, carbohydrates, carbohydrates cereals, celiac coeliac disease, celiac coeliac disease and cereals, celiac coeliac disease and gluten free diet, celiac coeliac disease and mucosal inflammation, cellulose, cereal bran, consumer wholegrain, consumer perception, consumption wholegrain, corn, dietary fibre cereals, dietary fibre, einkorn, emmer, fiber, functional food, glycemic index whole bread, glycemic index whole grain, glycemic index legumes, glycemic index pulses, glycemic load legumes, glycemic load whole bread, glycemic load whole grains, glycoflavone and millet, goitrogen, healthy benefits, hulled wheats, inulin, legumes, maize, millet, minerals, nutraceuticals, nutritional quality, oat, organic cereals, organic legumes, organic pulses, organic rice, organic wheat, peptides, phenolics, phytate and cereals, phytochemicals, protease inhibitor and cereals, proteins, pseudocereals, pulse consumption, pulse intake, pulses and cancer, pulses and cardiovascular diseases, pulses and chronic diseases, pulses and diabetes, pulses and glycemic index, pulses and health benefits, pulses and second meal effect, pulses and weight, pulses, quinoa, resistant starch, rice, rye, saponin and quinoa, sorghum, spelt, tables glycemic index, tannin and cereals, wheat, whole grain and cancer, whole grain and cardiovascular diseases, whole grain and chronic diseases, whole grain and coronary heart diseases, whole grain and diabetes, whole grain and health benefits, whole grain and hypertension, whole grain and hypocholesterolemic effect, whole grain and obesity, whole grain and weight, whole grain consumption, whole grain intake, wholegrain or whole grains and cereals, whole grains.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Sig. Francesco Martiri per l'aiuto prestato nella revisione tipografica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia Cereali

1. Abadie V, Jabri B. *IL-15: a central regulator of celiac disease immunopathology*. Immunol Rev 2014; 260(1): 221-234.
2. Adlercreutz H. *Can rye intake decrease risk of human breast cancer?* Food Nutr Res 2010; 54: 5231.
3. Adlercreutz H. *Lignans and human health*. Crit Rev Cl Lab Sci 2007; 44(5-6): 483-525.
4. AFFSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. *Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique*. AFFSA éditions, Maisons-Alfort (France), 2003.
5. Aisbitt B., Caswell H.,Lunn J. *Cereals - Current and emerging nutritional issues*. Nutr Bull 2008; 33(3): 169-185.
6. Alsaffar AA. *Effect of food processing on the resistant starch content of cereals and cereal products - a review*. Int J Food Sci Tech 2011; 46 : 455–462.
7. Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. 2010. *Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten free ingredients*. Trends Food Sci Tech 2010; 21(2): 106-113.
8. Anderson JW. *Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease*. P Nutr Soc 2003; 62(1): 135-142.
9. Anderson O.D. *The spectrum of major seed storage genes and proteins in oats (Avena sativa)*. Plos One 2014; 9(7): e83569.
10. Angelino D, Cossu M, Marti A, Zanoletti M, Chiavaroli L, Brighenti F, Del Rio D, Martini D. *Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: a review*. Food & Function 2017, DOI: 10.1039/C7FO00574A.
11. Arvola A, Lähteenmäki L, Dean M, Vassallo M, Winkelmann M, Claupein E, Saba A, Shepherd R. *Consumers' beliefs about whole and refined grain products in UK, Italy and Finland*. J Cereal Sci 2007; 46(3): 197-206.
12. Arzani A, Ashraf M. *Cultivated ancient wheats (Triticum spp.): a potential source of health-beneficial food products*. Compr Rev Food Sci Food Safety 2017; 16: 477-488.
13. Atkinson FS, Foster Powell K, Brand-Miller JC. *International tables of Glycemic Index and Glycemic Load values: 2008*. Diabetes Care 2008; 31(12): 2281-2283.

14. Aune D, Chan DS, Lau R, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, Norat T. *Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies*. Brit Med J 2011; 343: d6617.
15. Aune D, Norat T, Romundstad P, Vatten LJ. *Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies*. Eur J Epidemiol 2013; 28(11): 845-858.
16. Aune D, Keum N, Giovannucci E, Fadnes LT, Boffetta P, Greenwood DC, Tonstad S, Vatten LJ, Riboli E, Norat T. *Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies*. Brit Med J 2016; 353: i2716.
17. Awika JM, Rooney LW. 2004. *Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health*. Phytochemistry 2004; 65(9): 1199-1221.
18. Bach Knudsen KE, Nørskov NP, Bolvig AK, Hedemann MS and Lærke HN. *Dietary Fibers and associated phytochemicals in cereals*. Mol Nutr Food Res 2017; 61(7), 1600518.
19. Bäckström GL, Hanell U, Svennson G. *Baking quality of winter wheat grown in different cultivating systems, 1992-2001: a holistic approach*. J Sustain Agr 2004; 24(1): 53-77.
20. Baik BK, Ullrich SE. *Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest*. J Cereal Sci 2008; 48(2): 233-242
21. Baize D. *Cadmium in soils and cereal grains after sewage-sludge application on French soils. A review*. Agron Sustain Dev 2009; 845-856.
22. Belobrajdic DP, Bird AR. *The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes*. Nutr J 2013; 12: 62.
23. Belton PS, Taylor JRN. *Sorghum and millets: protein sources for Africa*. Trends Food Sci Tech 2004; 15(2): 94-98.
24. Benbrook C, Davis DR, Andrews PK. *Methodologic flaws in selecting studies and comparing nutrient concentrations led Dangour et al. to miss the emerging forest amid the trees*. Am J Clin Nutr 2009; 90(6): 1700-1701.
25. Bernhoft A, Clasen PE, Kristoffersen AB, Torp M. *Less Fusarium infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals*. Food Addit Contam 2010; 27(6): 842-852.
26. Betoret E, Betoret N, Vidal D. *Functional foods development: trends and technologies*. Trends Food Sci Tech 2011; 22(9): 498-508.
27. Bhat R.V., Vasanthi S. *Mycotoxin Contamination of Foods and Feeds: an Overview*. Third Joint FAO/WHO/UNEP International Conference on Mycotoxins Tunis, Tunisia, 3-6 March 1999. Internet: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/myco4a.pdf> (accessed February 2015).
28. Bingham SA, Day NE, Luben R, Ferrari P, Slimani N, Norat T, Clavel-Chapelon F, Kesse E, Nieters A, Boeing H, Tjønneland A, Overvad K, Martinez C, Dorronsoro M, Gonzalez CA, Key TJ, Trichopoulou A, Naska A, Vineis P, Tumino R, Krogh V, Bueno-de-Mesquita HB, Peeters PH, Berglund G, Hallmans G, Lund E, Skeie G, Kaaks R, Riboli E. *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study*. The Lancet 2003; 361(9368): 1496-1501.
29. Blandino M, Reyneri A, Vanara F, Tamietti G, Pietri A. *Influence of agricultural practi-*

- ces on Fusarium infection, fumonisin and deoxynivalenol contamination of maize kernels.* World Mycotoxin Journal 2009a; 2(4): 409-18.
30. Blandino M, Vanara F, Reyneri A, Pascale M, Haidukowski M, Corbellini M, Scudellari D. *Percorsi produttivi per prevenire la contaminazione da deossinivalenolo nel frumento tenero.* In: Brera B, Miraglia M, Gregori E, Renzi V, ed. 3° Congresso nazionale. Le micotossine nella filiera agroalimentare e zootecnica. Riassunti. Istituto Superiore di Sanità. Roma: 28-30 settembre 2009; ISTISAN Congressi 09/C6.
 31. Bondia-Pons I, Aura AM, Vuorela S, Kolehmainen M, Mykkänen H, Poutanen K. *Rye phenolics in nutrition and health.* J Cereal Sci 2009; 49(3): 323-336.
 32. Bourn D, Prescott J. *A comparison of the nutritional value, sensory qualities and food safety of organically and conventionally produced foods.* Crit Rev Food Sci Nutr 2002; 42: 1-34.
 33. Brandt K, Mølgaard JP. *Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?* J Sci Food Agr 2001; 81(9): 924-931.
 34. Brandolini A. *Monococco per l'innovazione cerealicola ed alimentare.* Quaderni della Ricerca n. 95. Regione Lombardia. Milano 2008. Internet: http://www.buonalombardia.it/images/File/Allegati%20pubblicazioni/qdr_95_monica.pdf (accessed February 2015).
 35. Brandt DA, Brand TS, Cruywagen CW. *The use of crude protein content to predict concentrations of lysine and methionine in grain harvested from selected cultivars of wheat, barley and triticale grown in the Western Cape region of South Africa.* S Afr J Anim Sci 2000; 30(1): 22-25.
 36. Brodal G, Hofgaard IS, Eriksen GS, Bernhoft A, Sundheim L. *Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions.* World Mycotox J 2016; 9(5): 755-770.
 37. Brownlee IA, Moore C, Chatfield M, Richardson DP, Ashby P, Kuznesof SA, Jebb SA, Seal CJ. *Markers of cardiovascular risk are not changed by increased whole-grain intake: the WHOLEheart study, a randomised, controlled dietary intervention.* Brit J Nutr 2010; 104(1): 125-134.
 38. Buddrick O, Jones OAH, Cornell HJ, Small DM. *The influence of fermentation processes and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content.* J Cereal Sci 2014; 59: 3-8.
 39. Bustos MC, Perez GT, León AE. *Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta.* Food Sci Technol-LEB 2011; 44(6): 1429-1434.
 40. Carcea M, Salvatorelli S, Turfani V, Mellara F. *Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (Triticum aestivum L.).* Int J Food Sci Tech 2006; 41(Suppl. 2): 102-107.
 41. Chan JM, Wang F, Holly EA. *Whole grains and risk of cancer in a large population-based case-control study in the San Francisco Bay Area, California.* Am J Epidemiol 2007; 166(10): 1174-1185.
 42. Chanvrier H, Appelqvist IA, Bird AR, Gilbert E, Htoon A, Li Z, Lillford PJ, Lopez-Rubio A, Morell MK, Topping DL. *Processing of novel elevated amylose wheats: functional properties and starch digestibility of extruded products.* J Agr Food Chem 2007; 55(25): 10248-10257.
 43. Ciccocioppo R, Finamore A, Ara C, Di Sabatino A, Mengheri E, Corazza GR. *Altered expression, localization, and phosphorylation of epithelial junctional proteins in celiac disease.* Am J Clin Pathol 2006; 125: 502-511.

44. Commissione delle Comunità Europee. *Regolamento 2005/396/CE del 23 febbraio 2005 concernente i livelli massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale e che modifica la direttiva 91/414/CEE del Consiglio*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea del 16 marzo 2005; L 70: 1-16.
45. Commissione delle Comunità Europee. *Regolamento 2006/178/CE del 1 febbraio 2006 recante l'elenco dei prodotti alimentari e dei mangimi cui si applicano i livelli massimi di residui di antiparassitari*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 2 febbraio 2006; L 29: 3-23.
46. Commissione delle Comunità Europee. *Raccomandazione 2006/576/CE del 17 agosto 2006 sulla presenza di deossinivalenolo, zearalenone, ocratossina A, tossine T-2 e HT-2 e fumonisine in prodotti destinati all'alimentazione degli animali*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 23 agosto 2006; L 229: 7-9.
47. Commissione delle Comunità Europee. *Regolamento (CE) N. 1881/2006 della Commissione del 19 dicembre 2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 20 dicembre 2006; L 364: 5-24.
48. Commissione delle Comunità Europee. *Regolamento (CE) N. 1126/2007 della Commissione del 28 settembre 2007 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari per quanto riguarda le Fusarium-tossine nel granoturco e nei prodotti a base di granoturco*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 29 settembre 2007; L 255: 14-17.
49. Connolly ML, Tuohy KM, Lovegrove JA. *Wholegrain oat-based cereals have prebiotic potential and low glycaemic index*. Brit J Nutr 2012; 108(12): 2198-2206.
50. Conti ME, Cubadda F, Carcea M. *Trace metals in soft and durum wheat from Italy*. Food Addit Contam 2000; 17(1): 45-53.
51. Costabile A, Klinder A, Fava F, Napolitano A, Fogliano V, Leonard C, Gibson GR, Tuohy KM. *Whole-grain wheat breakfast cereal has a prebiotic effect on the human gut microbiota: a double-blind, placebo-controlled crossover study*. Brit J Nutr 2008; 99(1): 110-120.
52. Cubadda F, Raggi A, Zanasi F, Carcea M. *From durum wheat to pasta: effect of technological processing on the levels of arsenic, cadmium, lead and nickel-a pilot study*. Food Addit Contam 2003; 20(4): 353-360.
53. Dammann KW, Hauge D, Rosen RA, Schroeder N, Marquart L. *Consumption and consumer challenges of wholegrain foods*. In: Delcour J., Poutanen K., ed. *Fibre-Rich and Wholegrain Foods, Improving quality*. 1st ed. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2013; 120-149.
54. Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Aikenhead A, Allen E, Lock K, Uauy R. *Comparison of composition (nutrients and other substances) of organically and conventionally produced foodstuffs: a systematic review of the available literature*. UK: Report for the Food Standards Agency, 2009.
55. David C, Abecassis J, Carcea M, Celette F, Friedel JK, Hellou G, Hiltbrunner J, Messmer M, Narducci V, Peigné J, Samson MF, Schweinzer A, Thomsen IK, Thommen A. *Organic bread wheat production and market in Europe*. Lichtfouse E. editor. Sustainable Agriculture Reviews 2012; 11: 43-62.
56. David C, Celette F, Abecassis J, Carcea M, Dubois D, Friedel JK, Hellou G, Jeuffroy MH, Mäder P, Thomsen IK. *Technological Leaflet from the AGTEC-Org project 2012*. Internet:

- <http://orgprints.org/20852/> (accessed February 2015).
57. De Moura F. *Whole grain intake and cardiovascular disease and whole grain intake and diabetes review*. Bathesda, MA: life Sciences Research Office, 2008. Internet: <http://www.isro.org/articles/wholeGrainIntake.html>
 58. De Munter JS, Hu FB, Spiegelman D, Franz M, van Dam RM. *Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review*. PLoS Med 2007; 4: e261.
 59. De Stefano S, Silano M, Borrello S. *Relazione annuale al Parlamento sulla Celiachia 2012*. Direzione Generale Igiene degli Alimenti e Nutrizione. Ministero della Salute: Novembre 2013.
 60. Delcour JA, Rouau X, Courtin CM, Poutanen K, Ranieri R. *Technologies for enhanced exploitation of the health promoting potential of cereals*. Trends Food Sci Tech 2012; 25(2): 78-86.
 61. Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X. *Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception*. J Cereal Sci 2008; 48(2): 243-257.
 62. DG SANCO. *Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the European Union, Norway, Iceland and Liechtenstein 2005*. Brussels: Report of the European Commission, 2007. Internet: http://ec.europa.eu/food/fvo/specialreports/pesticide_residues/report_2005_en.pdf (accessed February 2015).
 63. Dipti SS, Bergman C, Indrasari SD, Herath T, Hall R, Lee H, Habibi F, Bassinello PZ, Graterol E, Ferraz JP, Fitzgerald M. *The potential of rice to offer solutions for malnutrition and chronic diseases*. Rice 2012; 5(16).
 64. Duodu KG. *Effects of Processing on Antioxidant Phenolics of Cereal and Legume Grains. Advances in Cereal Science: implications to Food Processing and Health Promotion*. Chapter 3, pp. 31-54, 2011. Copyright © 2011. American Chemical Society.
 65. Durazzo A, Carcea M, Adlercreutz H, Azzini E, Polito A, Olivieri L, Zaccaria M, Meneghini C, Maiani F, Bausano G, Martiri F, Samaletdin A, Fumagalli A, Raguzzini A, Venneria E, Foddai MS, Ciarapica D, Mauro B, Volpe F, Maiani G. *Effects of consumption of whole grain foods rich in lignans in healthy postmenopausal women with moderate serum cholesterol: a pilot study*. Int J Food Sci Nutr 2014; 65(5): 637-645.
 66. Dykes L, Rooney LW. *Sorghum and millet phenols and antioxidants*. J Cereal Sci 2006; 44: 236-251.
 67. Edwards SG. *Fusarium mycotoxin content of UK organic and conventional wheat*. Food Addit Contam 2009a; 26(4): 496-506.
 68. Edwards SG. *Fusarium mycotoxin content of UK organic and conventional oats*. Food Addit Contam 2009b; 26(7): 1063-1069.
 69. Edwards SG. *Fusarium mycotoxin content of UK organic and conventional wheat*. Food Addit Contam 2009c; 26(8): 1185-1190.
 70. EFSA, European Food Safety Authority. *Micotossine*. 2015. Internet: <http://www.efsa.europa.eu/it/topics/topic/mycotoxins.htm>.
 71. EFSA NDA Panel, European Food Safety Authority Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. *Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary*

- fibre*. European Food Safety Authority Journal 2010; 8(3): 1462.
72. Egeberg R, Olsen A, Loft S, Christensen J, Johnsen NF, Overvad K, Tjønneland A. *Intake of whole grain products and risk of breast cancer by hormone receptor status and histology among postmenopausal women*. Int J Cancer 2009; 124(3): 745-750.
 73. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. *Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review*. Food Chem 2011; 24(2): 411-421.
 74. EUFIC, European Food Information Council. *Linee guida dietetiche alimentari (FBDG) in Europa*. Rassegne EUFIC, 10/2009.
 75. Falak R, Sankian M, Varasteh AR. *The possible role of organophosphorus pesticides in augmentation of food allergenicity: a putative hypothesis*. Research J Environ Toxic 2012; 6(3): 88-100.
 76. Fardet A. *New hypotheses for the health-protective mechanisms of wholegrain cereals: what is beyond fibre?* Nutr Res Rev 2010; 23(1): 65-134.
 77. Feil B, Stamp P. *Sustainable agriculture and product quality: a case study for selected crops*. Food Rev Int 1993; 9(3): 361-388.
 78. Ferruzzi MG, Jonnalagadda SS, Liu S, Marquart L, McKeown N, Reicks M, Riccardi G, Seal C, Slavin J, Thielecke F, Van der Kamp JW, Webb D. *Developing a standard definition of whole-grain foods for dietary recommendations: summary report of a multidisciplinary expert roundtable discussion*. Advances Nutr 2014; 5(2): 164-176.
 79. Finesilver T, Johns T, Hill SB. *Comparison of food quality of organically versus conventionally grown plant foods, a review*. Ecological Agriculture Projects: Canada, McGill University, Report 1989. Internet: <http://eap.mcgill.ca/publications/EAP38.htm> (accessed September 2014).
 80. Flight I, Clifton P. *Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: a review of the literature*. Eur J Clin Nutr 2006; 60: 1145-1159.
 81. Flint A, Hu F, Glynn R, Jensen M, Franz M, Sampson L, Rimm E. *Whole grains and incident hypertension in men*. Am J Clin Nutr 2009; 90(3): 493-498.
 82. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Basic Foodstuffs Service, Commodities and Trade Division and the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). *The world sorghum and millet economies. Facts, trends and outlook 1996*: 49-51.
 83. Foschia M, Peressini D, Sensidoni A, Brennan CS. *The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products*. J Cereal Sci 2013; 58(2): 216-227.
 84. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. *International table of glycemic index and glycemic load values: 2002*. Am J Clin Nutr 2002; 76(1): 5-56.
 85. Franz M, Sampson L. *Challenges in developing a whole grain database: Definitions, methods and quantification*. J Food Comp Anal 2006; 19: S38-S44.
 86. Frølich W, Åman P. *Whole grain for whom and why?* Food Nutr Res 2010; 54: article number 5056.
 87. Gaitan E, Lindsay RH, Reichert RD, Ingbar SH, Cooksey RC, Legan J, Meydrech EF, Hill J, Kubota K. *Antithyroid and goitrogenic effects of millet: role of C-glycosylflavones*. J Clin Endocrinol Metab 1989; 68(4): 707-14.

88. Gaskins AJ, Mumford SL, Rovner AJ, Zhang C, Chen L, Wactawski-Wende J, Perkins NJ, Schisterman EF, BioCycle Study Group. *Whole grains are associated with serum concentrations of high sensitivity C-reactive protein among premenopausal women.* J Nutr 2010; 140: 1669-1176.
89. Giacco R, Clemente G, Cipriano D, Luongo D, Viscovo D, Patti L, Di Marino L, Giacco A, Naviglio D, Bianchi MA, Ciati R, Brighenti F, Rivellese AA, Riccardi G. *Effects of the regular consumption of wholemeal wheat foods on cardiovascular risk factors in healthy people.* Nutr Metab Cardiovas 2009; 20(3): 186-194.
90. Gibson GR, Probert HM, Loo JV, Rastall RA, Roberfroid MB. *Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics.* Nutr Res Rev 2004; 17: 259-275.
91. Gnagnarella P, Gandini S, La Vecchia C, Maisonneuve P. *Glycemic index, glycemic load, and cancer risk: a meta-analysis.* Am J Clin Nutr 2008; 87(6): 1793-1801.
92. Good CK, Holschuh AN, Eldridge AL. *Whole grain consumption and body mass index in adult women: an analysis of NHANES 1999-2000 and the USDA pyramid servings database.* J Am Coll Nutr 2008; 27(1): 80-87.
93. Hallfrisch J, Fac N, Behall KM. *Mechanisms of the effects of grains on insulin and glucose responses.* J Am Coll Nutr 2000; 19(Suppl. 3): 320S-325S.
94. Hamed AM, Simsek S. *Hulled wheats: a review of nutritional properties and processing methods.* Cereal Chem 2014; 91(2): 97-104.
95. Harland JL, Garton LE. *Whole-grain intake as a marker of healthy body weight and adiposity.* Public Health Nutr 2008; 11(6): 554-563.
96. Harris KA, Kris-Etherton PM. *Effects of whole grains on coronary heart disease risk.* Curr Atheroscler Rep 2010; 12: 368-376.
97. He M, van Dam RM, Rimm E, Hu FB, Qi L. *Whole-grain, cereal fiber, bran, and germ intake and the risks of all-cause and cardiovascular disease-specific mortality among women with type 2 diabetes mellitus.* Circulation 2010; 121: 2162-2168.
98. Hidalgo A, Brandolini A. *Nutritional properties of einkorn wheat (Triticum monococcum L.).* J Sci Food Agr 2014; 94(4): 601-612.
99. Hollmann J, Themeier H, Neese U, Lindhauer MG. *Dietary fibre fractions in cereal foods measured by a new integrated AOAC method.* Food Chem 2013; 140(3): 586-589.
100. Hoogenboom LAP, Bokhorstb JG, Northoltb MD, van de Vijverb LPL, Broexa NJG, Meviusc DJ, Meijds JAC, Van der Roesta J. *Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: a comparison with conventional products.* Food Addit Contam 2008; 25(10): 1195-1207.
101. Horiuchi N, Oguchi S, Nagami H, Nishigaki Y. *Pesticide-related dermatitis in Saku district, Japan, 1975-2000.* Int J Occup Env Heal 2008; 14(1): 25-34.
102. Hübner F, Arendt EK. *Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review.* Crit Rev Food Sci 2013; 53(8): 853-861.
103. Hussain A, Larsson H, Olsson M E, Kuktaite R, Grausgruber H, Johansson E. *Is organically produced wheat a source of tocopherols and tocotrienols for health food?* Food Chem 2012; 132: 1789-1795.
104. INN, Istituto Nazionale della Nutrizione. *Linee guida per una sana alimentazione italiana.* 1986.

105. INN, Istituto Nazionale della Nutrizione. *Linee guida per una sana alimentazione italiana*. Revisione, 1997.
106. INRAN, Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione. *Tabelle di Composizione degli Alimenti*, 2000.
107. INRAN, Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione. *Linee guida per una sana alimentazione italiana*. Revisione, 2003.
108. ISS, Istituto Superiore di Sanità. 1° Congresso nazionale. *Le micotossine nella filiera agro-alimentare*. Roma: 29-30 novembre 2004. Rapporti ISTISAN 05/42. 2004.
109. ISS, Istituto Superiore di Sanità. 2° Congresso nazionale. *Le micotossine nella filiera agro-alimentare*. Roma: 16-18 ottobre 2006. Rapporti ISTISAN 07/37. 2006.
110. ISS, Istituto Superiore di Sanità. 4° Congresso nazionale. *Le micotossine nella filiera agro-alimentare*. Roma: 11-13 giugno 2012. Rapporti ISTISAN 13/18.2012.
111. Jacobs DR Jr, Gallaher DD. *Whole grain intake and cardiovascular disease: a review*. *Curr Atheroscler Rep* 2004; 6(6): 415-423.
112. Jacobs DR Jr, Andersen LF, Blomhoff R. *Whole-grain consumption is associated with a reduced risk of noncardiovascular, noncancer death attributed to inflammatory diseases in the Iowa Women's Health Study*. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(6): 1606-1614.
113. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. *Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange*. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 362-366.
114. Jerschow E, McGinn AP, de Vos G, Vernon N, Jariwala S, Hudes G, Rosenstreich D. *Dichlorophenol-containing pesticides and allergies: results from the US National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006*. *Ann Allerg Asthma Im* 2012; 109(6): 420-425.
115. Johansson E, Hussain A, Kuktaite R, Andersson S C, Olsson M E *Contribution of organically grown crops to human health*. *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11: 3870-3893.
116. Joint FAO/WHO, Food and Agriculture Organization and World Health Organization. *Scientific update on carbohydrates in human nutrition*. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(Suppl.1): S132-S137.
117. Karavoltzos S, Sakellari A, Dassenakis M, Scoullou M. *Cadmium and lead in organically produced foodstuffs from the Greek market*. *Food Chem*. 2008; 106(2): 843-851.
118. Kasum CM, Nicodemus K, Harnack LJ, Jacobs DR Jr, Folsom AR. *Whole grain intake and incident endometrial cancer: the Iowa Women's Health Study*. *Nutr Cancer* 2001; 39(2): 180-186.
119. Kelly SA, Summerbell CD, Brynes A, Whittaker V, Frost G. *Wholegrain cereals for coronary heart diseases*. *Cochrane Db Syst Rev* 2007; 2: CD005051.
120. Kelly SA, Hartley L, Loveman E, Colquitt JL, Jones HM, Al-Khudairy L, Clar C, Germanò R, Lunn HR, Frost G, Rees K. *Whole grain cereals for the primary or secondary prevention of cardiovascular disease*. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017 Aug 24; 8: CD005051.
121. Koning F. *Pathophysiology of celiac disease*. *J Pediatr Gastr Nutr* 2014; 59(Suppl. 1): S1-S4.
122. Ktenioudaki A, Gallagher E. *Recent advances in the development of high-fibre baked products*. *Trends Food Sci Tech* 2012; 28(1): 4-14.
123. Lairon D. *Nutritional quality and safety of organic food. A review*. *Agron Sustain Dev* 2010; 30(1): 33-41.

124. Lampi A M, Nurmi T, Ollilainen V, Piironen V. *Tocopherols and tocotrienols in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen*. J Agric Food Chem; 2008; 56: 9716-9721.
125. Landberg R, Andersson SO, Zhang JX, Johansson JE, Stenman UH, Adlercreutz H, Kamal-Eldin A, Aman P, Hallmans G. *Rye Whole Grain and Bran Intake Compared with Refined Wheat Decreases Urinary C-Peptide, Plasma Insulin, and Prostate Specific Antigen in Men with Prostate Cancer*. J Nutr 2010; 140(12): 2180-2186.
126. Larsson SC, Giovannucci E, Bergkvist L, Wolk A. *Whole grain consumption and risk of colorectal cancer: a population-based cohort of 60 000 women*. Brit J Cancer 2005; 92: 1803-1807.
127. Lásztity R. *Oat grain - A wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances*. Food Rev Int 1998; 14(1): 99-119.
128. Lattimer JM, Haub MD. *Effects of dietary fiber and its components on metabolic health*. Nutrients 2010; 2(12): 1266-1289.
129. Leclercq C, Arcella D, Piccinelli R, Sette S, Le Donne C, Turrini A. *On behalf of the INRAN-SCAI 2005-06 Study Group. The Italian National Food Consumption Survey INRAN-SCAI 2005-06: main results in terms of food consumption*. Public Health Nutr 2009; 12(12): 2504-2532.
130. Leifert C, Rembiałkowska E, Nielson JH, Cooper JM, Butler G, Lueck L. *Effects of organic and "low input" production methods of food quality and safety. Proceedings of the 3rd International Congress of the European Integrated Project "Quality Low Input Food" (QLIF)*. University of Hohenheim (Germany), 20-27 March 2007. Internet: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1455-organic-food-production.pdf> (accessed February 2015).
131. Liese AD, Roach AK, Sparks KC, Marquart L, D'Agostino RB Jr, Mayer-Davis EJ. *Whole-grain intake and insulin sensitivity: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study*. Am J Clin Nutr 2003; 78(5): 965-971.
132. Liu RH. *Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action*. J Nutr 2004; 134(12): 3479S-3485S.
133. Liu RH. *Whole grain phytochemicals and health*. J Cereal Sci 2007; 46(3): 207-219.
134. Logan A. *Dietary fiber, mood and behaviour*. Nutrition 2006; 22(2): 213-214.
135. Losowsky MS. *A history of coeliac disease*. Digest Dis 2008; 26: 112-120.
136. Lotter D. *Organic agriculture*. J Sustain Agr 2003; 21(4): 59-128.
137. Ludvigsson JF, Leffler DA, Bai JC, Biagi F, Fasano A, Green PH, Hadjivassiliou M, Kaukinen K, Kelly CP, Leonard JN, Lundin KE, Murray JA, Sanders DS, Walker MM, Zingone F, Ciacci C. *The Oslo definitions for coeliac disease and related terms*. Gut 2013; 62: 43-52.
138. Lutsey PL, Jacobs DR Jr, Kori S, Mayer-Davis E, Shea S, Steffen LM, Szklo M, Tracy R. *Whole grain intake and its cross-sectional association with obesity, insulin resistance, inflammation, diabetes and subclinical CVD: The MESA Study*. Brit J Nutr 2007; 98(2): 397-405.
139. Magkos F, Arvaniti F, Zampelas A. *Organic food: buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature*. Crit Rev Food Sci Nutr 2006; 46: 23-56.
140. Marquart L, Jacobs DR Jr, McIntosh GH, Poutanen K, Reicks M. *Whole grains & health*. 1st ed. Carlton: Blackwell Publishing Asia, 2007.
141. Martínez-Ballesta MC, Dominguez-Perles R, Moreno DA, Muries B, Alcaraz-López C, Ba-

- stías E, García-Viguera C, Carvajal M. *Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review.* Agron Sustain Dev 2010; 30: 295-309.
142. Marventano S, Vetrani C, Vitale M, Godos J, Riccardi G, Grosso G. *Whole grain intake and glycaemic control in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.* Nutrients. 2017; 9: E769.
143. McKeown NM, Meigs JB, Liu S, Wilson PW, Jacques PF. *Whole-grain intake is favorably associated with metabolic risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease in the Framingham Offspring Study.* Am J Clin Nutr 2002; 76(2): 390-398.
144. McKeown NM, Troy LM, Jacques PF, Hoffmann U, O'Donnell CJ, Fox CS. *Whole- and refined-grain intakes are differentially associated with abdominal visceral and subcutaneous adiposity in healthy adults: the Framingham Heart Study.* Am J Clin Nutr 2010; 92(5): 1165-1171.
145. McKeivith B. *Nutritional aspects of cereals.* Nutrition Bulletin 2004; 29(2): 111-142.
146. Mellen P, Walsh T, Herrington D. *Whole grain intake and cardiovascular disease. A meta-analysis.* Nutr Metab Cardiovas 2008; 18(4): 283-290.
147. Merchant AT, Pithiphat W, Franz M, Joshipura KJ. *Whole-grain and fiber intakes and periodontitis risk in men.* Am J Clin Nutr 2006; 83(6): 1395-1400.
148. Miller Jones J, Adams J, Harriman C, Miller C, Van Der Kamp J.W. *Nutritional impacts of different whole grain milling techniques: a review of milling practices and existing data.* Cereal Foods World 2015; 60(3): 130-139.
149. Mobley AR, Slavin JL, Hornick BA. *The future of recommendations on grain foods in dietary guidance.* In: *The future of dietary guidance: helping Americans make the most of their grain food choices.* Supplement Journal of Nutrition 2013; 143: 1527S-1532S.
150. Montonen J, Knekt P, Järvinen R, Reunanen A. *Dietary antioxidant intake and risk of type 2 diabetes.* Diabetes Care 2004; 27(2): 362-366.
151. Murtaugh MA, Jacobs DR Jr, Jacob B, Steffen LM, Marquart L. *Epidemiological support for the protection of whole grains against diabetes.* P Nutr Soc 2003; 62(1): 143-149.
152. Nettleton J, Steffen L, Ni H, Liu KKM, Jacobs DR Jr. *Dietary patterns and risk of incident Type 2 diabetes in the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA).* Diabetes Care 2008; 31(9): 1777-1782.
153. Newby PK, Maras J, Bakun P, Muller D, Ferrucci L, Tucker KL. *Intake of whole grains, refined grains, and cereal fiber measured with 7-d diet records and associations with risk factors for chronic disease.* Am J Clin Nutr 2007; 86(6): 1745-1753.
154. Nikmaram N, Leong SY, Koubaa M, Zhu Z, Barba F, Greiner R, Oey I, Roohinejad S. *Effect of extrusion on the antinutritional factors of food products: an overview.* Food Control 2017; 79: 62-73.
155. Nomisma. *Agrifood Monitor: tendenze, mercati e prospettive per il Made in Italy.* 2016. Accessibile on line: <http://www.nomisma.it/index.php/it/>. Ultimo accesso 7 settembre 2017.
156. Noorfarahzilah M, Lee J S, Sharifudin M S, Mohd Fadzelly A B and Hasmadi M. *Applications of composite flour in development of food products.* Int Food Res J 2014; 21(6): 2061-2074.
157. Nuss ET, Tanumihardjo SA. *Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition.* Compr Rev Food Sci F 2010; 9(4): 417-436.

158. Okarter N, Liu RH. *Health benefits of whole grain phytochemicals*. Crit Rev Food Sci 2010; 50(3): 193-208.
159. Panfili G, Fratianni A, Di Criscio T, Marconi E. *Tocol and β -glucan levels in barley varieties and in pearling by-products*. Food Chem 2008; 107: 84-91.
160. Pascale M, Haidukowski M, Lattanzio VMT, Silvestri M, Ranieri R, Visconti A. *Distribution of T-2 and HT-2 toxins in milling fractions of durum wheat*. J Food Protect 2011; 74(10): 1700-1707.
161. Patel S, Goyal A. *Functional oligosaccharides: production, properties and applications*. World J Microb Biot 2011; 27(5): 1119-1128.
162. Peigné J, Messmer M, Aveline A, Berner A, Mäder P, Carcea M, Narducci V, Samson MF, Thomsen IK, Celette F, David C. *Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming*. Organic Agriculture 2014; 4(1): 1-13.
163. Pereira MA, Jacobs DR Jr, Pins JJ, Raatz SK, Gross MD, Slavin JL, Seaquist ER. *Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults*. Am J Clin Nutr 2002; 75(5): 848-855.
164. Pietri A, Bertuzzi T, Zanetti M, Rastelli S. *Presenza di tricoteceni e di ocratossina a in baby-foods e prodotti dietetici ricchi di crusca*. In: Rapporti ISTISAN n. 05/42. 1° Congresso nazionale. Le micotossine nella filiera agro-alimentare. Istituto Superiore di Sanità. Roma: 29-30 novembre 2004; 39-42.
165. Poutanen K, Sozer N, Della Valle G. *How can technology help to deliver more of grain in cereal foods for a healthy diet?* J Cereal Sci 2014; 59(3): 327-336.
166. Priebe MG, van Binsbergen JJ, de Vos R, Vonk RJ. *Whole grain foods for the prevention of type 2 diabetes mellitus*. Cochrane Db Syst Rev 2008; 1: CD006061.
167. Quaranta F, Amoriello T, Aureli G, Belocchi A, D'Egidio MG, Fornara M, Melloni S, Desiderio E. *Grain yield, quality and deoxynivalenol (DON) contamination of durum wheat (Triticum durum desf.): results of national networks in organic and conventional cropping systems*. Italian J Agron 2010; 5(4): 353-366.
168. Rastelli S, Bertuzzi T, Zanetti M, Pietri A. *Contaminazione da ocratossina a e tricoteceni di prodotti a base di frumento, 126-129*. In: Rapporto ISTISAN 07/37 - Le micotossine nella filiera agro-alimentare. Istituto Superiore di Sanità. Roma: 16-18 ottobre 2006.
169. Rave K, Roggen K, Dellweg S, Heise T, Tom Dieck H. *Improvement of insulin resistance after diet with a wholegrain based dietary product: results of a randomized, controlled crossover study in obese subjects with elevated fasting blood glucose*. Brit J Nutr 2007; 98(5): 929-936.
170. Redgwell RJ, Fischer M. *Dietary fiber as a versatile food component: An industrial perspective*. Mol Nutr Food Res 2005; 49(6): 421-535.
171. Rembiałkowska E. *Quality of plant products from organic agriculture*. J Sci Food Agr 2007; 87(15): 2757-2762.
172. Reyneri A, Blandino M, Vanara F. *Valutazione dei rischi agronomici derivanti dalla contaminazione da micotossine nel comparto cerealicolo*. In: Rapporti ISTISAN 13/18. Le micotossine nella filiera agro-alimentare. Roma: 11-13 giugno 2012; 140-143.
173. Richman E. *The safety of oats in the dietary treatment of coeliac disease*. P Nutr Soc 2012; 71(4): 534-537.

174. Robin F, Schuchmann HP, Palzer S. *Dietary fiber in extruded cereals: limitations and opportunities*. Trends Food Sci Tech 2012; 28(1): 23-32.
175. Rossi F, Godani F, Bertuzzi T, Trevisan M, Ferrari F, Gatti S. *Health-promoting substances and heavy metal content in tomatoes grown with different farming techniques*. Eur J Nutr 2008; 47: 266-272.
176. SA, Soil Association. *Organic farming, food quality and human health: a review of the evidence*. Bristol, UK: The Association, 2001.
177. Saturni L, Ferretti G, Bacchetti T. *The gluten-free diet: safety and nutritional quality*. Nutrients 2010; 2(1): 16-34.
178. Schatzkin A, Mouw T, Park Y, Subar AF, Kipnis V, Hollenbeck A, Leitzmann MF, Thompson FE. *Dietary fiber and whole-grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP Diet and Health Study*. Am J Clin Nutr 2007; 85(5): 1353-1360.
179. Schatzkin A, Park Y, Leitzmann MF, Hollenbeck AR, Cross AJ. *Prospective study of dietary fiber, whole grain foods, and small intestinal cancer*. Gastroenterology 2008; 135(4): 1163-1167.
180. Schuphan W. *Nutritional value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments*. Qual Plant - Plant Food Hum Nutr 1974; 23(4): 333-358.
181. Scientific Committee on Food (SCF) of the European Commission. *Risk profile on the microbiological contamination of fruits and vegetables eaten raw*. Report, 29 April 2002. Internet: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out125_en.pdf (accessed February 2015).
182. Seal CJ. *Whole grains and CVD risk*. P Nutr Soc 2006; 65(1): 24-34.
183. Sette S, Le Donne C, Piccinelli R, Mistura L, Ferrari M, Leclercq C. *On behalf of the INRAN-SCAI 2005-06 study group. The third National Food Consumption Survey, INRAN-SCAI 2005-06: major dietary sources of nutrients in Italy*. Int J Food Sci Nutr 2013; 64(8): 1014-1021.
184. Sette S, D'Addezio L, Piccinelli R, Hopkins S, Le Donne C, Ferrari M, Mistura L, Turrini A. *Intakes of whole grain in an Italian sample of children, adolescents and adults*. Eur J Nutr 2017; 56(2):521-533
185. Shahidi F, Chandrasekara A. *Millet grain phenolics and their role in disease risk reduction and health promotion: a review*. J Func Foods 2013; 5(2): 570-581.
186. Shewry P R, Hey S. *Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?* J Cereal Sci 2015; (65): 236-243.
187. Silano M, Agostoni C, Guandalini S. *Effect of the timing of gluten introduction on the development of celiac disease*. World J Gastroent 2010; 16(16): 1939-1942.
188. Silano M, Penas Pozo E, Uberti F, Manferdelli S, Del Pinto T, Felli C, Budelli A, Vincentini O, Restani P. *Diversity of oat varieties in eliciting the early inflammatory events in celiac disease*. Eur J Nutr 2014; 53(5): 1177-1186.
189. Silva EO, Bracarense APFRL. *Phytic acid: from antinutritional to multiple protection factor of organic systems*. J Food Sci 2016; 81(6): R1357-R1362.
190. SINU, Società Italiana di Nutrizione Umana. *Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed energia per la popolazione italiana*. IV Revisione, SICS, 2014.
191. Sivam AS, Sun-Waterhouse D, Quek SY, Perera CO. *Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review*. J Food Sci 2010; 75(8): R163-

- R174.
192. Slavin J. *Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk*. J Am Coll Nutr 2000; 19(Suppl. 3): 300S-307S.
 193. Slavin J. *Why whole grains are protective: biological mechanisms*. P Nutr Soc 2003; 62(1): 129-134.
 194. Slavin J. *Whole grains and human health*. Nutr Res Rev 2004; 17(1): 99-110.
 195. Smith A, Bazzoni C, Beale J, Elliott-Smith J, Tiley M. *High fibre breakfast cereals reduce fatigue*. Appetite 2001; 37(3): 249-250.
 196. Smith CE, Tucker KL. *Health benefits of cereal fibre: a review of clinical trials*. Nutr Res Rev 2011; 24(1): 118-131.
 197. Sosulski FW, Minja LA, Christensen DA. *Trypsin inhibitors and nutritive value in cereals*. Plant Food Hum Nutr 1988; 38: 23-34.
 198. Sovrani V, Blandino M, Reyneri A, Scarpino V, Vanara F. *Contaminazione da deossinivalenolo delle frazioni della decorticatura di grano tenero*. In: *Rapporti ISTISAN 13/18 - Le micotossine nella filiera agro-alimentare*. Roma: 11-13 giugno 2012; 164-166.
 199. Steffen LM, Kroenke CH, Yu X, Pereira MA, Slattery ML, Van Horn L, Gross MD, Jacobs DR Jr. *Associations of plant food, dairy product, and meat intakes with 15-y incidence of elevated blood pressure in young black and white adults (CARDIA) Study*. Am J Clin Nutr 2005; 82(6): 1169-1177.
 200. Swennen K, Courtin CM, Delcour JA. *Nondigestible oligosaccharides with prebiotic properties*. Crit Rev Food Sci 2006; 46(6): 459-471.
 201. Tabak C, Wijga A, de Meer G, Janssen N, Brunekreef B, Smith H. *Diet and asthma in Dutch school children (ISAAC-2)*. Thorax 2006; 61: 1048-1053.
 202. Taylor JRN, Duodu KG. *Effects of processing sorghum and millets on their phenolic phytochemicals and the implications of this to the health-enhancing properties of sorghum and millet food and beverage products*. J Sci Food Agric 2015; 95(2): 225-237.
 203. Theethira TG, Dennis M, Leffler DA. *Nutritional consequences of celiac disease and the gluten-free diet*. Expert Rev Gastro Hepato 2014; 8(2): 123-129.
 204. Thomsen IK, Samson MF, Carcea M, Narducci V. *The influence of long-term inputs of catch crops and cereal straw on yield, protein composition and technological quality of a spring and a winter wheat*. Int J Food Sci Tech 2011; 46: 216-220.
 205. Thomsen IK, Schweinzer A, Friedel JK, Samson MF, Carcea M, Narducci V, Turfani V, Askegaard M, Surböck A, Freyer B, Heinzinger M, Olesen JE. *Management effects on quality of organically grown winter wheat*. Agroecol Sustain Food Syst 2013; 37(2): 172-192.
 206. Tighe P, Duthie G, Vaughan N, Brittenden J, Simpson WG, Duthie S, Mutch W, Horgan GW, Thies F. *Effect of increased consumption of whole grain foods on blood pressure and other cardiovascular risk markers in healthy middle-aged persons: a randomized controlled trial*. Am J Clin Nutr 2010; 92(4): 733-740.
 207. Troncone R, Auricchio R, Granata V. *Issues related to gluten-free diet in coeliac disease*. Curr Opin Clin Nutr 2008; 11(3): 329-333.
 208. Truswell AS. *Cereal grains and coronary heart disease*. Eur J Clin Nutr 2002; 56(1): 1-14.
 209. US Department of Agriculture, US Department of Health and Human Services. *Dietary Guidelines for Americans*, 7th Edition. Washington, DC: US Government Printing Office,

- 2010.
210. Valcárcel-Yamani B, Caetano da Silva Lannes S. *Applications of Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.) and Amaranth (Amaranthus Spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods*. Food Pub Health 2012; 2(6): 265-275.
211. Van de Vijver LP, van den Bosch LM, van den Brandt PA, Goldbohm RA. *Whole-grain consumption, dietary fibre intake and body mass index in the Netherlands cohort study*. Eur J Clin Nutr 2009; 63: 31-38.
212. Van der Kamp JW. *Paving the way for innovation in enhancing the intake of whole grain*. Trends Food Sci Tech 2012; 25(2): 101-107.
213. Van der Kamp JW, Poutanen K, Seal CJ, Richardson DP. *The HEALTHGRAIN definition of whole grain*. Food Nutr Res 2014; 58: 22100.
214. Venn BJ, Mann JI. *Cereal grains, legumes and diabetes*. Eur J Clin Nutr 2004; 58: 1443-1461.
215. Venn BJ, Perry T, Green TJ, Skeaff CM, Aitken W, Moore NJ, Mann JI, Wallace AJ, Monro J, Bradshaw A, Brown RC, Skidmore PM, Doel K, O'Brien K, Frampton C, Williams S. *The effect of increasing consumption of pulses and wholegrains in obese people: a randomized controlled trial*. J Am Coll Nutr 2010; 29(4): 365-372.
216. Verardo V, Bonoli M, Marconi E, Caboni MF. *Determination of free flavan-3-ol content in barley (Hordeum vulgare L.) air-classified flours: comparative study of HPLC-DAD/MS and spectrophotometric determinations*. J Agric Food Chem 2008; 56: 6944-6948.
217. Vinkx CJA, Delcour JA. *Rye (Secale cereale L.) arabinoxylans: a critical review*. J Cereal Sci 1996; 24(1): 1-14.
218. Virtanen SM, Kaila M, Pekkanen J, Kenward MG, Uusitalo U, Pietinen P, Kronberg-Kippilä C, Hakulinen T, Simell O, Ilonen J, Veijola R, Knip M. *Early introduction of oats associated with decreased risk of persistent asthma and early introduction of fish with decreased risk of allergic rhinitis*. Brit J Nutr 2010; 103(2): 266-273.
219. Wang L, Gaziano J, Liu S, Manson J, Buring J, Sesso H. *Whole- and refined-grain intakes and the risk of hypertension in women*. Am J Clin Nutr 2007; 86(2): 472-479.
220. Wengreen H, Munger RG, Cutler A, Quach A, Bowles A, Corcoran C, Tschanz JT, Norton MC, Welsh-Bohmer KA. *Prospective study of dietary approaches to stop hypertension- and Mediterranean-style dietary patterns and age-related cognitive change: the Cache County Study on memory, health and aging*. Am J Clin Nutr 2013; 98(5): 1263-1271.
221. Westenbrink S, Brunt K, Van der Kamp JW. *Dietary fibre: challenges in production and use of food composition data*. Food Chem 2013; 140(3): 562-567.
222. Wieser H, Mueller KJ, Koehler P. *Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines*. Eur Food Res Technol 2009; 229: 523-532.
223. Wijngaard HH, Arendt EK. *Buckwheat*. Cereal Chem 2006; 83(4): 391-401.
224. Williams PG, Grafenauer SJ, O'Shea JE. *Cereal grains, legumes and weight management: a comprehensive review of the scientific evidence*. Nutr Rev 2008; 66(4): 171-182.
225. Williams PG. *Evaluation of the evidence between consumption of refined grains and health outcomes*. Nutr Rev 2012; 70(2): 80-99.
226. Winter CK, Davis SF. *Organic Foods*. J Food Sci 2006; 71(9): R117-R124.
227. Woëse K, Lange D, Boess C, Bögl KW. *A comparison of organically and conventionally*

- grown foods - Results of a review of the relevant literature.* J Sci Food Agr 1997; 74(3): 281-293.
228. Wolfson JL and Shearer G. *Amino acid composition of grain protein of maize grown with and without pesticides and standard commercial fertilizers.* Agron J 1981; 73(4): 611-613.
229. Wood P. *Oat and rye beta-glucan: properties and function.* Cereal Chem 2010; 87(4): 315-330.
230. Worthington V. *Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops.* Altern Ther Health M 1998; 4(1): 58-69.
231. Worthington V. *Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains.* J Altern Complem Med 2001; 7(2): 161-173.
232. Ye EQ, Chacko SA, Chou EL, Kugizaki M, Liu S. *Greater whole grain intake is associated with lower risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease and weight gain.* I Nut. 2012; 142(7):1304-13.
233. Yildiz Ö, Yurt B, Baştürk A, Toker ÖS, Yilmaz MT, Karaman S, Dağlıoğlu O. *Pasting properties, texture profile and stress-relaxation behavior of wheat starch/dietary fiber systems.* Food Res Int 2013; 53(1): 278-290.
234. Zazpe I, Sánchez-Taínta A, Santiago S, De La Fuente-Arrillaga C, Bes-Rastrollo M, Martínez JA, Martínez-González MA. *Association between dietary carbohydrate intake quality and micronutrient intake adequacy in a Mediterranean cohort: The SUN (Seguimiento Universidad de Navarra) project.* Brit J Nutr 2014; 111(11): 2000-2009.
235. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. *Composition and functional properties of rice.* Int J Food Sci Tech 2002; 37(8): 849-868.

Bibliografia Legumi

236. Bähr M, Fechner A, Krämer J, Kiehntopf M, Jahreis G. *Lupin protein positively affects plasma LDL cholesterol and LDL: HDL cholesterol ratio in hypercholesterolemic adults after four weeks of supplementation: a randomized, controlled crossover study.* Nutr J 2013; 12: 107.
237. Bazzano LA, He J, Ogden LG, Loria C, Vupputuri S, Myers L, Whelton PK. *Legume consumption and risk of coronary heart disease in US men and women: NHANES I Epidemiologic Follow-up Study.* Arch Intern Med 2001; 161(21): 2573-2578.
238. Bazzano LA, Thompson AM, Tees MT, Nguyen CH, Winham DM. *Non-soy legume consumption lowers cholesterol levels: a meta-analysis of randomized controlled trials.* Nutr Metab Cardiovas 2009; 21(2): 94-103.
239. Bouchenak M, Lamri-Senhadjji M. *Nutritional quality of legumes, and their role in cardio-metabolic risk prevention: a review.* J Med Food 2013; 16(3): 185-198.
240. Campos-Vega R, Loarca-Pina G, Oomah BD. *Minor components of pulses and their potential impact on human health.* Food Res Int 2010; 43(2): 461-482.
241. Carbonaro M, Grant G, Cappelloni M, Pusztai A. *Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins?* J Agr Food Chem 2000; 48(3): 742-749.

242. Carbonaro M, Maselli P, Nucara A. *Relationship between digestibility and secondary structure of raw and thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study*. *Amino Acids* 2012; 43(2): 911-921.
243. Carbonaro M. *Role of pulses in nutraceuticals*. In: Tiwari BK, Gowen A, McKenna A, ed. *Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. 6th ed. London, UK: Academic Press, 2011.
244. Carbonaro M. *Role of pulses in nutraceuticals*. In: Tiwari BK, Gowen A, McKenna B, ed. *Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. Oxford, USA: Academic Press, 2011: 385-418.
245. Duranti M. *Grain legume proteins and nutraceutical properties*. *Fitoterapia* 2006; 77(2): 67-82.
246. Durazzo A, Turfani V, Azzini E, Maiani G, Carcea M. *Phenols, lignans and antioxidant properties of legume and chestnut flours*. *Food Chem* 2013; 140(4): 666-671.
247. Flight I, Clifton P. *Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: a review of the literature*. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60: 1145-1159.
248. Haileslassie HA, Henry CJ, Tyler RT. *Impact of household food processing strategies on antinutrients (phytate, tannin and polyphenol) contents of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.): a review*. *Int J Food Sci Technol* 2016; 51(9): 1947-1957.
249. Harland J, Haffner T. *Systematic review, meta-analysis and regression of randomized controlled trials reporting an association between an intake of circa 25 g soya protein per day and blood cholesterol*. *Atherosclerosis* 2008; 200(1): 13-27.
250. Iriti M, Varoni EM. *Pulses, healthy, and sustainable food sources for feeding the planet*. *Int J Mol Sci* 2017; 18(2), 255.
251. Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Mitchell S, Sahye-Pudaruth S, Blanco Mejia S, Chavaroli L, Mirrahimi A, Ireland C, Bashyam B, Vidgen E, de Souza RJ, Sievenpiper JL, Coveney J, Leiter LA, Josse RG. *Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial*. *Arch Intern Med* 2012; 172(21): 1653-1660.
252. Leclercq C, Arcella D, Piccinelli R, Sette S, Le Donne C, Turrini A. *The Italian National Food Consumption Survey INRAN-SCAI 2005-06: main results in terms of food consumption*. *Public Health Nutr* 2009; 12(12): 2504-2532.
253. Luna Vital DA, Gonzalez DeMejia E, Dia VP, Loarca-Piña G. *Peptides in common bean fractions inhibit colorectal cancer cells*. *Food Chem* 2014; 157: 347-355.
254. Mathers JC. *Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers*. *Brit J Nutr* 2002; 88(Suppl. 3): S273-S279.
255. McCrory MA, Hamaker BR, Lovejoy JC, Eichelsdoerfer PE. *Pulse consumption, satiety, and weight management*. *Adv Nutr* 2010; 1: 17-30.
256. Mollard RC, Wong CL, Luhovyy BL, Anderson GH. *First and second meal effects of pulses on blood glucose, appetite, and food intake at a later meal*. *Appl Physiol Nutr Me* 2011; 36(5): 634-642.
257. Mollard RC, Zykus A, Luhovyy BL, Nunez MF, Wong CL, Anderson GH. *The acute effects of a pulse-containing meal on glycaemic responses and measures of satiety and satiation within and at a later meal*. *Brit J Nutr* 2012a; 108(3): 509-517.

258. Mollard RC, Luhovyy BL, Panahi S, Nunez M, Hanley A, Anderson GH. *Regular consumption of pulses for 8 weeks reduces metabolic syndrome risk factors in overweight and obese adults*. Brit J Nutr 2012b; 108(Suppl. 1): S111-122.
259. Moschini V, Casella G, Vivoli R, Vazzana C, Martini A, Lotti C, Migliorini P. *Performance of organic grain legumes in Tuscany*. It J Agron 2014; 9: 525-530.
260. Mudryj AN, Yu N, Aukema HM. *Nutritional and health benefits of pulses*. Appl Physiol Nutr Me 2014; 39(11): 1197-1204.
261. Nilsson A, Johansson E, Ekstrom L, Bjorck I. *Effects of a brown beans evening meal on metabolic risk markers and appetite regulating hormones at a subsequent standardized breakfast: a randomized cross-over study*. Plos One 2013;8:e59985.
262. Rebello CJ, Greenway FL, Finley JW. *Whole grains and pulses: a comparison of the nutritional and health benefits*. J Agr Food Chem 2014a; 62(29): 7029-7049.
263. Rebello CJ, Greenway FL, Finley JW. *A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities*. Obes Rev 2014b; 15(5): 392-407.
264. Rochfort S, Panozzo J. *Phytochemicals for health, the role of pulses*. J Agr Food Chem 2007; 55(20): 7981-7994.
265. Sievenpiper JL, Kendall CW, Esfahani A, Wong JM, Carleton AJ, Jiang HY, Bazinet RP, Vidgen E, Jenkins DJ. *Effect of non-oil-seed pulses on glycaemic control: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled experimental trials in people with and without diabetes*. Diabetologia 2009; 52(8): 1479-1495.
266. Singh B, Singh JP, Singh N, Kaur A. *Saponins in pulses and their health promoting activities: A review*. Food Chem. 2017a; 233:540-549.
267. Singh B, Singh JP, Shevkani K, Singh N, Kaur A. *Bioactive constituents in pulses and their health benefits*. J Food Sci Technol. 2017b; 54:858-870
268. Venn BJ, Mann JI. *Cereal grains, legumes and diabetes*. Eur J Clin Nutr 2004; 58: 1443-1461.
269. Venn BJ, Perry T, Green TJ, Skeaff CM, Aitken W, Moore NJ, Mann JI, Wallace AJ, Monro J, Bradshaw A, Brown RC, Skidmore PM, Doel K, O'Brien K, Frampton C, Williams S. *The effect of increasing consumption of pulses and whole grains in obese people: a randomized controlled trial*. J Am Coll Nutr 2010; 29(4): 365-72.
270. Williams PG, Grafenauer SJ, O'Shea JE. *Cereal grains, legumes, and weight management: a comprehensive review of the scientific evidence*. Nutr Rev 2008; 66(4): 171-182.
271. Wong CL, Mollard RC, Zafar TA, Luhovyy BL, Anderson GH. *Food intake and satiety following a serving of pulses in young men: effect of processing, recipe, and pulse variety*. J Am Coll Nutr 2009; 28(5): 543-552.
272. Yan L, Spitznagel E. *Soy consumption and prostate cancer risk in men: a revisit of a meta-analysis*. Am J Clin Nutr 2009; 89(4): 1155-1163.
273. Zahradka P, Wright B, Weighell W, Blewett H, Baldwin AOK, Guzman RP, Taylor CG. *Daily non-soy legume consumption reverses vascular impairment due to peripheral artery disease*. Atherosclerosis 2013; 230(2): 310-314.