



scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

Pasta per tutti: tradizionale vs gluten-free

Carola Cappa

***Università degli Studi di Milano, Dipartimento
di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e
l'Ambiente, Forestali e Alimentari (DeFENS)***

Documento di livello: B



Un progetto di



agorà scienza
centro interuniversitario



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



scienza attiva®

Ad oggi, vi è un crescente interesse per i prodotti senza glutine (GF) in quanto la prevalenza di soggetti celiaci è stimata essere 0,3-2,4% della popolazione in molti paesi europei e negli Stati Uniti (Feighery, 1999; Fasano e Catassi, 2001; Rewers 2005; Reilly e Green, 2012). Anche in Italia (prevalenza stimata nella popolazione adulta pari a 0,7%) i dati epidemiologici del 2012 confermano un *trend* in crescita: 148662 soggetti sono risultati positivi alla diagnosi di celiachia, ovvero 9,5% in più rispetto all'anno precedente (Relazione annuale al Parlamento sulla celiachia, 2012); da questi dati si evince come 0.25% della nostra popolazione sia interessata direttamente da questo disturbo alimentare: la Celiachia.

La celiachia

Il morbo celiaco (da latino *coeliacus* e dal greco *Koiliakos*, da *Kolia* cavità addominale) è un'enteropatia "glutine" sensibile permanente, un'affezione del piccolo intestino influenzata da fattori genetici, che si può manifestare sia in età pediatrica che adulta.

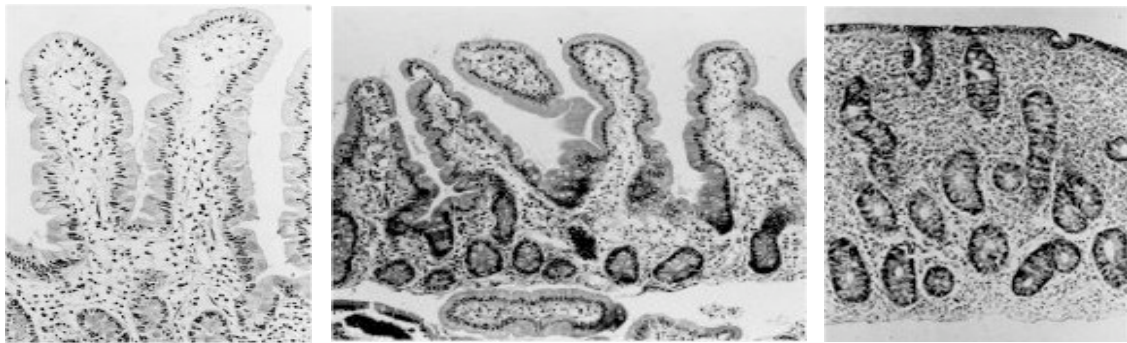
Dal 2005 è riconosciuta come malattia sociale (Legge 4 luglio 2005, n. 123; G.U. n.156, 7 luglio 2005) ed è considerata una sindrome da malassorbimento. I soggetti celiaci presentano, infatti, delle anomalie della mucosa dell'intestino tenue con atrofia parziale o totale dei villi intestinali (Hurst, 1991; Farrell e Kelly, 2002; Figura 1) in seguito all'ingestione di alcune sequenze peptidiche formanti glutine contenute nelle proteine di riserva di molti cereali (da qui deriva la comune considerazione del glutine quale fattore scatenante). L'atrofia dei villi comporta una diminuzione della superficie assorbente dell'intestino ed una conseguente riduzione delle sostanze nutritive assimilate (es. non corretto assorbimento di micronutrienti e vitamine); è dunque un fattore di malnutrizione.

I **sintomi** presenti in caso di celiachia sono molteplici (Hurst, 1991), i più comuni sono: diarrea accompagnata spesso da perdita di peso, scarso accrescimento, anoressia e, meno frequentemente, vomito. Inoltre i pazienti presentano i sintomi della distensione addominale con dolori crampiformi. In ogni caso le manifestazioni cliniche dipendono sia dalla gravità del quadro che dall'età di insorgenza. Nei bambini sono frequenti l'accrescimento difettoso, la debolezza muscolare, l'irritabilità e la glossite con ulcerazioni della mucosa orale e pallore.

Sul piano clinico, si distinguono diverse **forme di celiachia**, tutte caratterizzate dalla presenza dello stesso tipo di danno della mucosa intestinale (Catassi, 1999):

- *celiachia tipica*: sono i casi che si manifestano durante i primi anni di vita, con i già citati sintomi del malassorbimento intestinale, in seguito allo svezzamento e, quindi, all'introduzione dei primi cereali contenenti glutine nella dieta del bambino;
- *celiachia atipica*: sono i casi che si manifestano più tardivamente, anche in età adulta, senza una chiara sintomatologia intestinale ma con manifestazioni che interessano altri organi o apparati (bassa statura, anemia, ritardo puberale);
- *celiachia silente*: sono i casi che vengono diagnosticati occasionalmente a seguito di accertamenti sierologici in soggetti che apparentemente non presentano una evidente sintomatologia;
- *celiachia potenziale*: sono i casi caratterizzati dalla positività dei marcatori sierologici, ma con riscontro di mucosa intestinale pressoché normale; questi casi devono essere seguiti nel tempo, perché potrebbero sviluppare una tipica enteropatia celiaca.

Figura 1: Mucosa del piccolo intestino: villi sani, villi moderatamente danneggiati e villi completamente danneggiati (da sinistra verso destra)



La definizione dei *meccanismi coinvolti* nella risposta immunologica dei soggetti ha aperto un'ampia discussione sui possibili interventi per **“cure alternative”** alla dieta senza glutine; in particolare si stanno studiando:

- una pastiglia, da introdurre prima del pasto, contenente una endopeptidasi (ricavata da batteri lattici, *Aspergillus niger* o orzo germinato) in grado di degradare (idrolizzare) i peptidi potenzialmente citotossici prima che arrivino in contatto con la mucosa intestinale;
- un trattamento con inibitori della tTGase;
- meccanismi di competizione per evitare la stimolazione delle cellule T; dunque utilizzando peptidi sintetici analoghi a quelli tossici ma modificati in modo che vengano “presentati” a cellule diverse da quelle che poi avviano la risposta patologica, ottenendo così una specie di “vaccinazione” del celiaco;
- interventi biotecnologici sui cereali di partenza affinché non siano espresse le sequenze “tossiche” (OGM).

Tuttavia, attualmente anche se sono in corso sempre più studi per trovare delle alternative, l'unico trattamento per i soggetti celiaci è l'osservanza di una **dieta alimentare** rigorosamente priva di “glutine” per tutta la vita. La sintomatologia clinica, l'alterazione dei test funzionali di assorbimento e l'atrofia della mucosa migliorano in seguito all'eliminazione dalla dieta dei prodotti contenenti glutine. Pare dunque evidente che il soggetto celiaco ed i familiari devono essere opportunamente **educati dal punto di vista alimentare** affinché possano identificare non solo tutti i prodotti contenenti tali proteine ma anche eventuali alimenti da esse contaminate (es. durante il processo di lavorazione a livello domestico e di ristorazione collettiva) o ancora possano essere identificate fonti “nascoste” di glutine; ad esempio, l'impiego del glutine come additivo industriale (addensante) negli alimenti è molto frequente. Tali precauzioni sono necessarie in quanto le quantità di glutine in grado di causare alterazioni della mucosa sono nell'ordine di pochi ppm (mg/Kg).

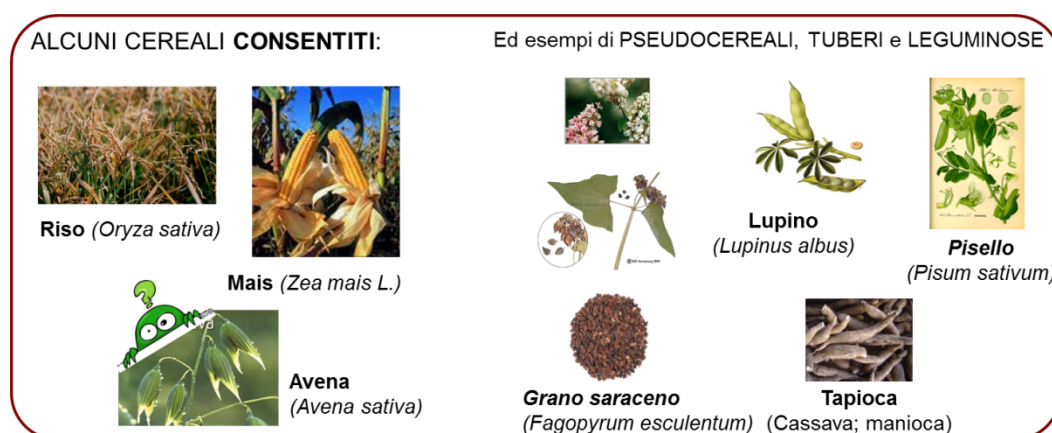
I principali **cereali dannosi** per i soggetti sensibili sono gran parte dei cereali alla base della nostra alimentazione, quali frumento (*Triticum spp.*), segale (*Secale cereale*), orzo (*Hordeum vulgare*) e il risultato dell'incrocio tra frumento e segale, noto come tritcale. La tassonomia indica inoltre che devono essere esclusi dalla dieta, per analogia con il frumento, anche tutti i cereali che sono inclusi nel genere *Triticum*, come il farro (*Triticum spelta*).

La questione dell'avena è stata controversa per molti anni. I risultati degli studi condotti da Srinivasan *et al.* (1996) hanno evidenziato che l'avena non risulta tossica per i celiaci; anzi, la possibilità di inserirla in una dieta priva di glutine consentirebbe di migliorare l'apporto di fibra e di sostanze nutrienti. Maki e Collin (1997), in una *review* sulla celiachia, hanno sottolineato che mentre frumento, segale e orzo (contenuti gliadine, segaline e ordine) sono ritenuti i maggiori responsabili del morbo celiaco, non vi è alcuna evidenza scientifica che lo sia anche l'avena. Picarelli *et al.* (2001), con studi *in vitro*, sono giunti a concludere che non vi è evidenza immunologica dell'effetto dannoso dell'avena. Attualmente, dunque, l'avena viene considerata non dannosa purché non sia contaminata da frumento o da cereali affini.

Oltre ai cereali già citati e più comuni, esistono dei cereali e dei prodotti da essi derivati di uso meno frequente che, comunque, devono essere evitati: *bulgur* (grano cotto, molto diffuso in Medio Oriente), *cous-cous* (tradizionale piatto arabo, fatto con semola di grano duro mescolata ad acqua e lavorata fino ad ottenere piccolissime sfere, seccate al sole e poi cotte a vapore), *greunkern* (tradotto come grano verde greco, ma è sostanzialmente *T. spelta*), *seitan* (derivato dal glutine di frumento, molto diffuso nella cucina orientale), grano khorasan (commercialmente noto come Kamut® o frik).

Viceversa sono considerati **innocui cereali** come *riso*, *mais*, *sorgo*, *miglio*, *tapioca* e *grano saraceno*, unitamente ai tuberi e alle leguminose (Figura 2).

Figura 2. Esempi di alcuni cereali, pseudocereali, tuberi e leguminose utilizzati nei prodotti gluten free

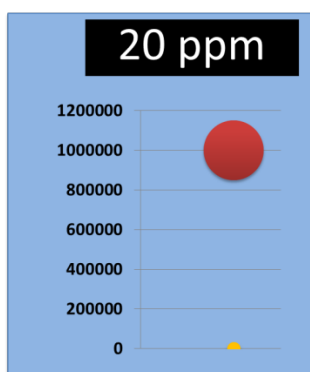


La definizione della **quantità massima di glutine** tollerata negli alimenti destinati a soggetti sensibili costituisce un aspetto fondamentale, perché non tutti i soggetti sono ugualmente sensibili e perché la quantità massima tollerata è in funzione dell'introduzione totale di cereali contenenti sequenze peptidiche dannose.

La commissione del *Codex Alimentarius*, tenendo presente tutti questi aspetti, aveva fissato il limite di 200 ppm per gli alimenti *gluten free* (EFSA, 2004). Benché questo valore sia stato accettato dalle associazioni dei celiaci del Nord Europa, è stato ritenuto inadeguato da quelle dei paesi mediterranei; dunque in ambito nazionale, la Commissione Consultiva del Ministero della Salute fin dal 2001 aveva definito il limite di 20 ppm (Figura 3), sia per cibi prodotti con materie prime naturalmente esenti da glutine sia per cibi privati di glutine. Tale posizione è stata recepita il 24 luglio 2003 dal Senato della Repubblica che ha approvato all'unanimità un emendamento della legge relativa all'etichettatura dei prodotti contenenti glutine (Decreto Legislativo n.109/1992).

Attualmente si è giunti ad un accordo a livello comunitario con il Regolamento (CE) 41/2009 sulla composizione ed etichettatura dei prodotti alimentari adatti alle persone intolleranti al glutine; ufficialmente in vigore dal 1 gennaio 2012; sulla base di questo regolamento in Europa i prodotti possono essere venduti con la dicitura **“senza glutine o gluten free”** (o analoghe) se contengono ≤ 20 ppm di glutine, oppure con la dicitura **“con contenuto di glutine molto basso”** se contengono > 20 ppm ma < 100 ppm e sono ottenuti da ingredienti privati di glutine (deglutinizzati). Inoltre, per quanto concerne le norme di etichettatura si deve far riferimento alla Direttiva (CE) 39/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 6 maggio 2009, relativa all’etichettatura dei prodotti alimentari destinati ad un’alimentazione particolare e alla Direttiva 2000/13/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 marzo 2000, relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l’etichettatura e la presentazione dei prodotti alimentari, nonché la relativa pubblicità.

Figura 3: Rappresentazione grafica della quantità massima di glutine (una parte per milione) ammessa nei prodotti gluten free



Per facilitare l’identificazione degli alimenti “permessi” ai soggetti celiaci, oltre alle indicazioni riportate in etichetta e previste dalla legislazione, l’Associazione Italiana Celiachia (AIC) pubblica ogni anno un “Prontuario AIC degli Alimenti” nel quale, in base alla composizione ed al processo produttivo, sono riportati molti dei prodotti *gluten free* presenti in commercio. Il Prontuario ha la finalità di aiutare il consumatore celiaco nell’acquisto dei prodotti e di informarlo su eventuali modifiche di legge. Da alcuni anni è disponibile anche un’applicazione per *smartphone* (Figura 4). Oltre al Prontuario, che ovviamente non può racchiudere tutti i prodotti esistenti e adatti ai soggetti celiaci, ci sono dei marchi che identificano gli alimenti idonei ad una alimentazione priva di glutine. Il più conosciuto a livello nazionale sono il marchio **“Notifica al Ministero della Salute”** e il **“Marchio Spiga Sbarrata”** (Figura 4).

Il marchio “Notifica al Ministero della Salute” fa riferimento al Decreto Legislativo del 27 Gennaio 1992, n.111 e successive modifiche. Tale Decreto prevede che la produzione ed il confezionamento (art. 10) dei prodotti senza glutine vengano effettuati in stabilimenti autorizzati dal Ministero della Salute ed il logo è concesso, dal Luglio 2005, solo alle aziende che hanno completato l’iter previsto dal Ministero della Salute.

Il “Marchio Spiga Sbarrata” è di proprietà della AIC. È stato registrato l’11 Aprile 1995 ed è costituito da un disegno di fantasia richiamante una spiga di grano tagliata da un segmento. Per ottenere la licenza d’uso le Aziende vengono sottoposte a verifiche finalizzate ad accertare la conformità del loro Sistema Qualità a produrre alimenti idonei al consumatore celiaco (contenuto

di glutine inferiore ai 20 ppm secondo quanto indicato dalla AIC e dal Ministero della Salute). Le verifiche vengono effettuate sulla documentazione aziendale, direttamente sull'unità operativa con visite ispettive periodiche ed infine sulle materie prime e/o sui prodotti finiti, con determinazioni analitiche.

Infine un progetto dell'AIC molto interessante è il progetto chiamato "Alimentazione fuori casa", nato dall'esigenza di creare una catena di esercizi informati sulla celiachia, in grado di fornire un servizio adatto alle esigenze del celiaco anche fuori della sua abitazione. Gli esercizi controllati sono ristoranti, pizzerie, hotel e gelaterie e sono identificati dal simbolo riportato in figura 4.

Figura 4. Esempi di simboli per identificare i prodotti gluten free ed alcune iniziative AIC



La pasta alimentare “tradizionale”

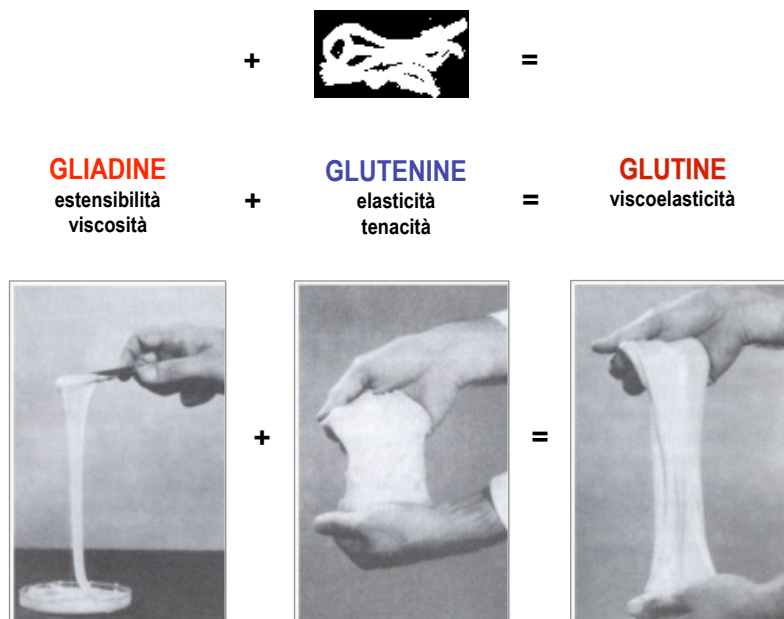
La pasta alimentare è un alimento conosciuto in tutto il mondo ed è caratterizzata dalla sua semplicità di formulazione (Lucisano & Pagani, 1997). La pasta secca di semola di grano duro presenta una composizione percentuale media così ripartita: umidità $\leq 12.5\%$, amido 74% , proteine 11.5% , grassi 1.2% e sostanze minerali 0.8% . Tale composizione rispecchia fondamentalmente quella della semola di partenza in quanto durante il processo produttivo vi sono cambiamenti significativi principalmente inerenti all'umidità del prodotto (dal 30% dell'impasto iniziale al 12.5% del prodotto finito). Il componente che influenza maggiormente le *texture* del prodotto finito è la frazione proteica, che è in grado di creare delle interazioni intra- e inter-proteiche (*network*) fondamentali per strutturare l'alimento.

Nel frumento sono presenti proteine solubili ed insolubili. Le proteine insolubili o di riserva, costituite da prolamine (gliadine) e gluteline (glutenine), rappresentano circa l' 80% delle proteica totali; queste proteine sono responsabili della formazione del **reticolo glutinico** (Figura 5). Le gliadine sono proteine globulari e monomeriche aventi proprietà viscosive. Le glutenine, invece, sono proteine fibrose e polimeriche caratterizzate dalla presenza di ponti disolfuro e conferiscono forza ed elasticità agli impasti. In condizioni tecnologiche particolari (impastamento in presenza di acqua) gliadine e glutenine sono in grado di strutturarsi formando un complesso proteico, il glutine, avente proprietà viscoelastiche e stabilizzato da legami covalenti (disolfuro) e non covalenti (idrogeno e ionici), nonché da interazioni idrofobiche. Tale complesso, caratterizzato da una struttura tenace e resistente ma al contempo elastica, è costituito per il $75-80\%$ s.s. da proteine, per il $5-10\%$ s.s. da lipidi, per il $8-10\%$ s.s. da amido, per il $1-2\%$ s.s. da zuccheri riducenti e per il 1% s.s. da sali minerali. Allo stato umido contiene il $66-67\%$ di acqua. Le proprietà

chimiche, reologiche e funzionali del glutine derivano fondamentalmente dalle proprietà dei suoi costituenti e dalle interazioni che tra essi si instaurano.

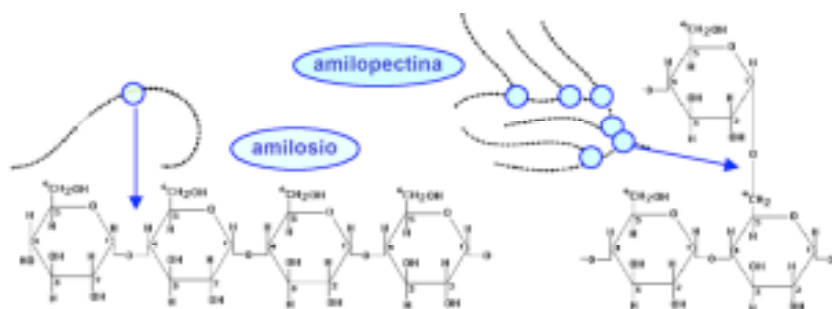
Negli sfarinati ottenuti dalla molitura dei cereali il glutine in quanto tale non è presente ma si può formare in seguito all'idratazione ed impastamento dello sfarinato qualora siano presenti le prolamine e le gluteline. L'acqua è necessaria perché induce dei cambiamenti delle proteine che si idratano ed espongono i propri gruppi idrofilici verso il solvente, consentendo così la formazione di nuovi legami. L'azione meccanica, invece, comporta la disposizione progressiva ed ordinata delle maglie proteiche nella direzione dell'impastamento e l'intrappolamento, all'interno della maglia stessa, dei granuli di amido.

Figura 5: Caratteristiche del complesso glutinico e dei suoi costituenti principali



Un altro componente importante negli sfarinati e nei prodotti derivati, soprattutto quantitativamente, è *l'amido*. Dal punto di vista chimico-strutturale l'amido è un omopolisaccaride del glucosio costituito da amilosio e amilopectina. Il primo è un polimero lineare caratterizzato da legami glucosidici $\alpha(1-4)$; il secondo presenta una struttura ramificata e legami glucosidici $\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$.

Figura 6: Struttura chimica dell'amilosio e dell'amilopectina



L'amilosio ha una struttura lineare, parzialmente solubile a caldo, insolubile a freddo. L'amilopectina presenta una struttura ramificata complessa ed è insolubile sia a caldo che a freddo. I granuli d'amido, grazie all'organizzazione che assumono l'amilosio e l'amilopectina, sono caratterizzati da un elevato grado di ordine strutturale che si traduce in elevata cristallinità. La loro dimensione e forma può differire molto, sia da una specie all'altra che all'interno della stessa specie, in base alla *cultivar*. La forma solitamente è tondeggiante, come nel caso del frumento, oppure poligonale e squadrata come per il riso e il mais. Anche le dimensioni sono molto variabili: da pochi μm , come nel caso dei granuli di riso, ai 100 μm raggiunti dai granuli d'amido di patata.

Negli alimenti l'amido può trovarsi allo stato "nativo" e quindi conserva la sua struttura ordinata e la sua tipica birifrangenza in luce polarizzata, oppure "danneggiato" o "modificato" in seguito ai trattamenti tecnologici applicati. Tali modificazioni consentono di ottenere, partendo da un amido nativo insolubile a freddo in acqua, un composto in grado di interagire con l'acqua e di modulare la viscosità del sistema in cui si trova e la *texture* del prodotto finito.

Il fenomeno più importante che vede protagonista l'amido è la **gelatinizzazione**, definito come la perdita dell'ordine e della cristallinità nativa dei granuli di amido. Affinché tale fenomeno possa avvenire è necessario che ci sia una sufficiente quantità di acqua disponibile ed una temperatura generalmente superiore a 50°C. In queste condizioni i granuli di amido nativo vengono destrutturati, l'acqua penetra al loro interno e si ha un rigonfiamento progressivo del granulo che procede fino alla rottura dello stesso, con perdita di amilosio e formazione di una "pasta d'amido". Questa proprietà funzionale permette di impiegare l'amido a livello industriale in qualità di addensante, legante o stabilizzante di gel ed emulsioni. I *range* di temperatura di gelatinizzazione sono influenzati, principalmente, dall'origine botanica dei granuli, dalla loro forma e dimensione, dal rapporto amilosio:amilopectina nonché dal rapporto acqua:amido e dalle presenza di altri componenti, come proteine, pentosani, lipidi e sali che possono competere con l'amido sottraendo acqua dal sistema. Ad esempio i granuli di piccole dimensioni necessitano di temperature maggiori per gelatinizzare così come i sistemi in cui vi è poca disponibilità di acqua.

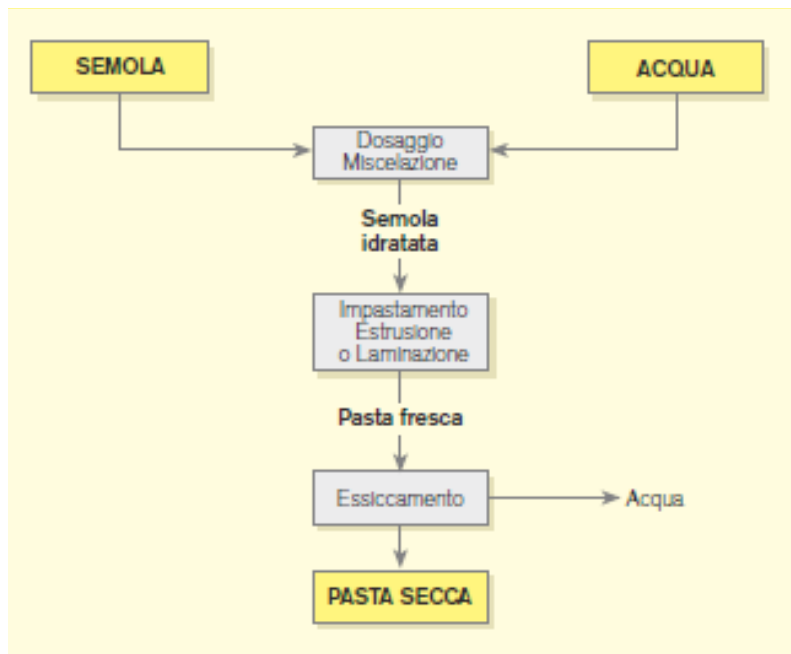
L'amido gelatinizzato si trova in una situazione di instabilità e per tale motivo tende ad evolvere la sua struttura nel tempo. Dopo il raggiungimento delle temperature di gelatinizzazione, se il sistema si raffredda, si assiste alla **retrogradazione** della frazione lineare dell'amido. La velocità con cui questo processo avviene determina la formazione di un gel (raffreddamento veloce) o di un precipitato (raffreddamento graduale); in questo ultimo caso l'amido ha il tempo necessario per riorganizzarsi in una struttura ordinata, in grado di trattenere acqua, ma comunque diversa dalla struttura ordinata nativa.

Il **processo tradizionale di pastificazione** (Figura 7) prevede la miscelazione della semola con l'acqua così da ottenere un impasto iniziale al 30% di umidità. Questa umidità è necessaria affinché l'impasto non risulti eccessivamente viscoso e non siano necessarie pressioni troppo elevate durante la fase di estrusione.

La fase di impastamento degli ingredienti, spesso rappresentati unicamente da semola ed acqua, è molto importante e delicata. L'idratazione deve essere il più possibile uniforme, in modo da evitare difetti nel prodotto finito, come la presenza di punti bianchi. A livello industriale, la massa umidificata, che si presenta grumosa al termine dell'impastamento, passa nella seconda parte della pressa dove avviene l'estrusione; qui si ha un ulteriore rivoltamento della massa che consente l'interazione tra le proteine idratate e la strutturazione del glutine. Poiché la qualità della pasta in cottura è strettamente legata alla capacità del reticolo proteico di trattenere l'amido rigonfiato e gelatinizzato, durante l'estrusione –per la pasta tradizionale- la temperatura è

attentamente controllata (<50°C) per evitare il verificarsi di fenomeni quali la denaturazione delle proteine e la gelatinizzazione dell'amido.

Figura 7: Principali operazioni del processo di pastificazione (Lucisano & Pagani, 1997)



L'impasto, così ottenuto, viene quindi forzato attraverso i fori della trafila (fase di estrusione/formatura); questa operazione consente alla pasta di raggiungere una struttura compatta in cui i granuli di amido sono inglobati nella matrice proteica.

All'uscita della trafila il prodotto (30% umidità) viene tagliato con una lama ed inviato alla fase successiva di essiccamento. Se si tratta di formati corti, l'essiccamento avviene direttamente su tappeti forati; se si tratta di formati lunghi, vi è una preventiva fase di "stenditura e messa in canna" della pasta e quindi l'essiccamento vero e proprio (vd. video approfondimento); questa fase ha l'importante compito di abbassare l'umidità della pasta fino ai limiti di legge e di consentire una buona *shelf-life* del prodotto. Benché concettualmente banale, in realtà questa fase è molto delicata, richiede tempi lunghi, con cicli di essiccamento e di riposo alternati, affinché vi sia una progressiva redistribuzione omogenea dell'umidità nel prodotto. A seconda delle temperature impiegate si distinguono:

- cicli di essiccazione a bassa temperatura (LT): $T < 60^{\circ}\text{C}$;
- cicli di essiccazione a media temperatura (MT): $60 < T < 70^{\circ}\text{C}$;
- cicli di essiccazione ad alta temperatura (HT): $70 < T < 90^{\circ}\text{C}$;
- cicli di essiccazione ad altissima temperatura (VHT): $T > 90^{\circ}\text{C}$.

Le temperature impiegate, ovviamente, condizionano la durata del processo e la qualità del prodotto finito. La pasta secca così ottenuta viene poi raffreddata e confezionata.

La pasta alimentare gluten free

Benché con il termine "pasta" si intenda generalmente un prodotto tipico italiano fatto con semola di grano duro, attualmente sono ampiamente diffuse altre tipologie di paste ottenute con riso, mais, etc. che vengono spesso denominate paste "non convenzionali"; tra queste si trovano le

paste prive di glutine (*gluten free*) o con caratteristiche peculiari (paste per diabetici, paste arricchite in vitamine, etc.).

Nella pasta alimentare *gluten free* l'assenza del reticolo proteico rende necessari studi di formulazione e di processo finalizzati alla creazione, durante il processo produttivo, di una "**impalcatura alternativa**" in grado di conferire rigidità al prodotto (Mariotti et al., 2011; Cappa et al., 2013); infatti, con il processo tradizionale si darebbe origine ad una pasta che, durante la cottura in acqua, andrebbe incontro a disgregazione (Feillet, 1984). La creazione di questa "impalcatura alternativa al glutine" è una sfida tecnologica avvincente, come dimostra la continua attività di ricerca in questo settore.

Per quanto concerne la formulazione, in sostituzione del cereale leader (frumento) spesso si trovano miscele di sfarinati di riso, mais, pseudocereali, amidi arricchiti con proteine di varia natura (lupino, pisello e soia) aventi ruolo strutturante (Gallagher et al., 2004). Questi ingredienti vengono impiegati per incrementare la frazione proteica e migliorare le caratteristiche sensoriali e nutrizionali del prodotto finito (es. aumento di fibra, come nel caso del grano saraceno). Inoltre in pastificazione è ammesso l'utilizzo di additivi come l'E-471 (mono e digliceridi degli acidi grassi) che svolgono prevalentemente funzione stabilizzante ed emulsionante. Nelle paste *gluten free* vengono impiegati per migliorare le interazioni interproteiche, inoltre sembra che i mono e digliceridi degli acidi grassi interagiscano con l'amilosio -limitandone il passaggio nell'acqua di cottura- e che modulino la *texture* del prodotto e ne riducano la *stickiness* superficiale.

Oltre ad utilizzare materie prime idonee, la strutturazione dell'impasto può essere migliorata adottando un processo tecnologico che agisca sia sulla componente proteica che su quella amidacea. Per quanto concerne la frazione proteica si può indurre una maggior reticolazione delle proteine le quali, sebbene non possano competere con quelle del frumento duro, sono comunque in grado di creare *network* interessanti se integrati con altre proteine (proteine vegetali di soia, lupino e pisello, oppure di origine animale come sieroproteine e uova). Inoltre, diversamente dalla pasta tradizionale, si può limitare lo sfaldamento del prodotto durante la cottura inducendo la gelatinizzazione e la conseguente retrogradazione della frazione dell'amido presente.

I processi di pastificazione impiegati per la produzione di pasta **GF** sono principalmente tre:

1. la tecnologia orientale che prevede cicli di cottura in acqua bollente e/o con vapore e successivo raffreddamento; questo consente la gelatinizzazione e la retrogradazione dell'amido (strutturazione) che conferiscono nerbo alla pasta (tecnologia tipica dei *Noodles*; Yen, 2004; *Figura 8*);
2. il processo di impastamento ed estrusione ad temperature prossime a 100°C per indurre una parziale gelatinizzazione della frazione amido (Pagani et al., 2007; *Figura 9*);
3. l'adozione di impianti simili a quelli utilizzati per la produzione delle paste di semola, ma impiegando materie prime pre-gelatinizzate (*Figura 9*).

Indipendentemente dal processo scelto la fase di *miscelazione* richiede particolare attenzione; infatti a causa della diversa granulometria delle materie prime impiegate e delle diverse capacità di imbibizione e di solubilità, per avere un impasto omogeneo e lavorabile occorre talvolta ricorrere a miscele solidi-solidi o ad aggiunte successive di acqua, richieste dall'alta igroscopicità delle proteine.

Dopo la fase di gelatinizzazione/estrusione e formatura, la pasta secca è sottoposta ad un trattamento di essiccazione a basse temperature (LT) oppure ad alte temperature (HT) per tempi più brevi. Il trattamento termico unito alla gelatinizzazione dell'amido e l'eventuale essiccamento ad alte temperature consentono di ottenere, già nel prodotto crudo, un reticolo di proteine coagulate che conferisce una *texture* migliore al prodotto finito.

Figura 8: Processo tradizionale di produzione dei Noodles

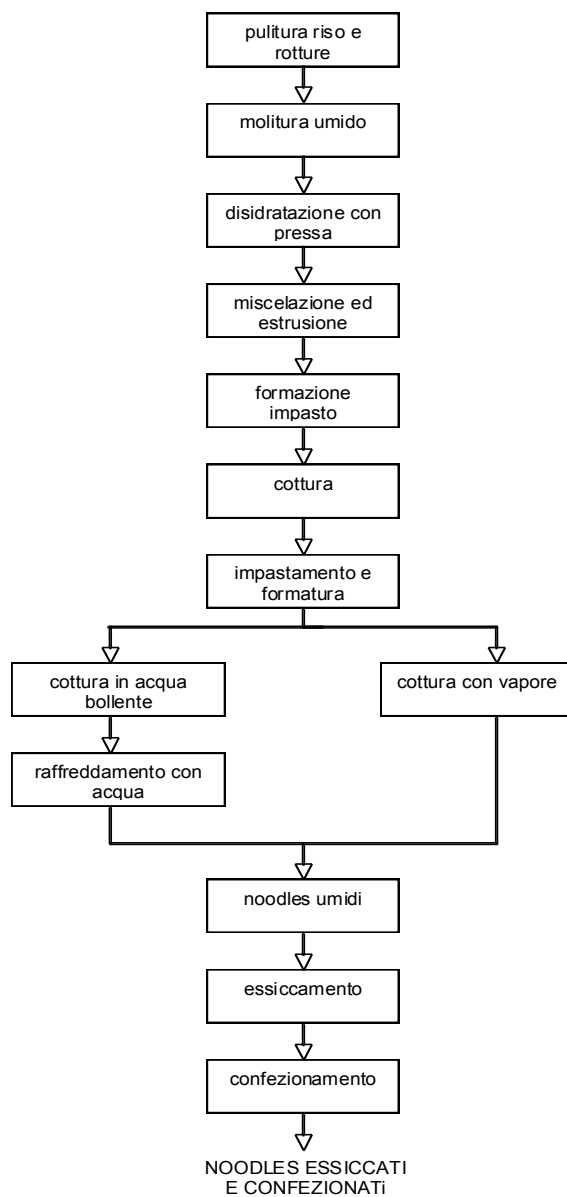
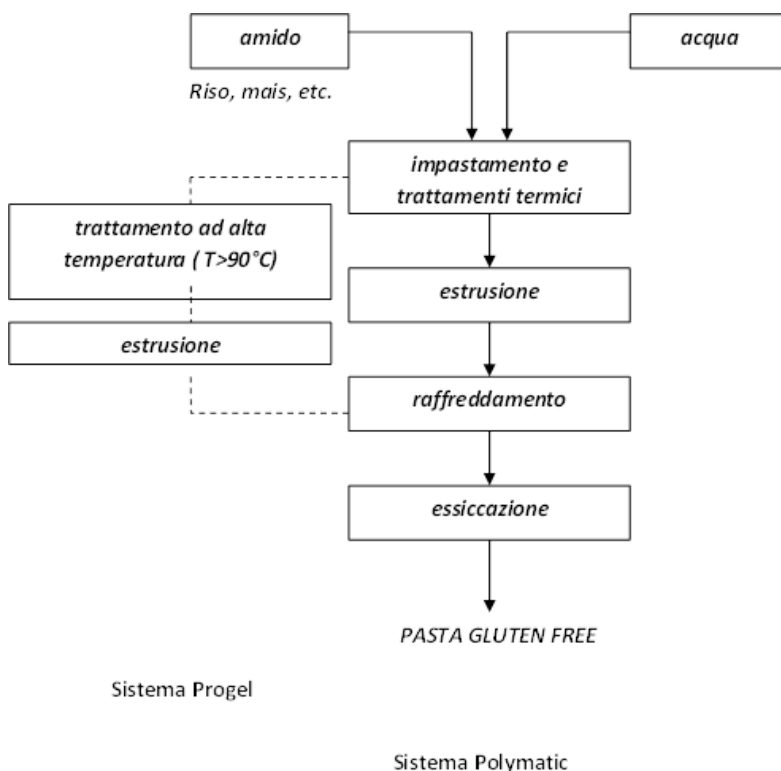


Figura 9: Diagramma di produzione di pasta gluten free



La ricerca della qualità

Ma qual è il ruolo della ricerca -universitaria o privata che sia- in tutto ciò? La ricerca è alla base del miglioramento. Per soddisfare le richieste crescenti e sempre più attente dei consumatori è necessario innovarsi e migliorarsi continuamente e ciò è possibile solo attraverso la ricerca.

Comunemente si sente parlare di “qualità”, ma cosa si intenda con “qualità” sono pochi a saperlo. Secondo quanto riportato nel dizionario Garzanti il termine “qualità” si riferisce a “qualsiasi caratteristica, proprietà o condizione di una persona o di una cosa che serva a determinarne la natura e a distinguerla dalle altre” (Etimologia: dal latino *qualitāte(m)*, deriv. di *quālis* “quale”). Nel termine stesso non vi è, dunque, alcuna nota inerente alla positività o alla negatività delle caratteristiche che discriminano la persona/oggetto in questione; eppure ad oggi il termine qualità ha assunto una semantica molto più ampia ed è spesso usata per descrivere unicamente le caratteristiche peculiari-positive di un prodotto. Anche se idealmente ben noto a tutti, il concetto di **qualità è difficilmente quantificabile ed univocamente definibile**, da qui ne deriva la creazione delle norme UNI EN ISO che definiscono la qualità come:

- l’insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite (UNI-ISO 8402:1987);
- l’insieme delle caratteristiche di un’entità che ne determinano la capacità di soddisfare esigenze espresse ed implicite (UNI EN ISO 8402: 1995);

- il grado in cui un insieme di caratteristiche intrinseche soddisfa i requisiti - requisito: esigenza o aspettativa che può essere espressa, generalmente implicita o cogente - (UNI EN ISO 9000:2000; 2005).

Nel caso dei prodotti alimentari in particolare, il giudizio qualitativo deriva da un insieme di fattori legati alle esigenze cogenti (normative) e del consumatore. Si possono così distinguere almeno quattro “caratteristiche” di qualità, alcune delle quali individuabili in modo “oggettivo” ed altre legate alla soggettività dell’individuo: qualità igienico-sanitaria, qualità nutrizionale, qualità tecnologica e qualità sensoriale.

La “qualità igienico-sanitaria” è spesso considerata un pre-requisito di qualità in quanto riguarda i requisiti di sicurezza (di non pericolosità) per la salute dell’uomo. La “qualità nutrizionale” è legata alla composizione chimica dell’alimento ed alla sua capacità di fornire nutrienti. La “qualità sensoriale” esprime la percezione che il consumatore ha dell’alimento ed è legata strettamente a quella nutrizionale (da cosa è composto l’alimento) e tecnologica (come è stato prodotto e conservato l’alimento). La “qualità tecnologica” è legata a tutto il ciclo di produzione del alimenti (vd. concetto di “*from farm to fork*”); inoltre essa è estremamente interconnessa con le tutte le altre qualità in quanto, utilizzando materie prime consone con tecnologie adatte, si assicura la qualità igienico-sanitaria, ma anche quella nutrizionale e si ottengono benefici in termini di qualità sensoriale.

Successivamente vengono brevemente presentati alcuni degli indici qualitativi che vengo più comunemente ricercati al fine di quantificare la “qualità della pasta alimentare”.

Come si evince da quanto detto in precedenza, la pasta gluten free, a differenza della pasta tradizionale, è ottenuta adottando una grande varietà di formulazioni e differenti processi tecnologici, ad indicare la continua ricerca di valide alternative alle proprietà “uniche” del glutine. Dalle ricerche di caratterizzazione dei prodotti presenti sul mercato e sperimentali è emerso come sia la formulazione che la tecnologia adottata possono fortemente condizionare le proprietà strutturali finali della pasta GF (Mariotti et al., 2011; Marti et al., 2011; Lucisano et al., 2012; Cappa et al., 2013); in particolare, i fenomeni relativi alla riorganizzazione della matrice amido, così come quelli legati alla diversa origine delle proteine impiegate nelle varie formulazioni, giocano un ruolo chiave per la *texture* (qualità sensoriale e tecnologica) del prodotto sia crudo che cotto.

A livello di ricerca dunque come si valuta la **qualità di una pasta alimentare**? Dapprima, sul prodotto crudo, si ricercano i valori di legge, quindi l’umidità della pasta e, nel caso della pasta GF, il contenuto di glutine; quindi si effettuano delle analisi compositive per valutare la “qualità nutrizionale”, quali il contenuto di proteine, la quantità/qualità dell’amido (es. contenuto di amido resistente e quindi indice glicemico basso) ed eventualmente il contenuto in fibra (es. per una pasta integrale). A questo punto nel caso della pasta GF è bene valutare l’organizzazione delle proteine (es. test di solubilità proteica ed accessibilità dei residui tiolici) e dell’amido (dosaggio enzimatico dell’amido retrogradato e valutazione viscoamilografica al fine di identificare il “pregresso termico” del prodotto che è direttamente legato al tipo di materie prime ed al processo tecnologico impiegato). Quindi si possono valutare aspetti legati alla “qualità sensoriale” quali il colore (che nel caso delle paste GF varia molto), l’uniformità dello spessore, etc.; generalmente tali valutazioni vengo fatte con l’utilizzo del colorimetro, del calibro o con tecniche più avanzate di *Image Analysis*. Un’altra tecnica che si può impiegare per valutare la qualità del prodotto crudo (caratteristiche meccaniche) è il test di frattura in tre punti (bending test) che si esegue mediante l’utilizzo di un dinamometro: il campione (es. formato spaghetti) viene posizionato sull’apposito supporto e deformato, fino a completa rottura, da una lama fissata al braccio dello strumento che registra la forza necessaria per fratturare il campione (Figura 10).

Particolare attenzione deve poi essere dedicata alla valutazione del comportamento in cottura in quanto è necessario porsi nelle condizioni di analisi simili alla realtà e dunque valutare il prodotto così come verrà “testato” dal consumatore finale. La valutazione del comportamento in cottura della pasta prevede, generalmente, sia metodiche convenzionali (incremento di peso, indici geometrici, perdita di solidi nell’acqua di cottura e di lavaggio) sia l’impiego di test sensoriali per valutare la consistenza del prodotto cotto (con soggetti celiaci è però più problematico effettuare test sensoriali che prevedano il consumo dell’alimento). Inoltre, per definire in modo oggettivo le caratteristiche di consistenza e di viscoelasticità dei materiali si utilizzano preferibilmente metodi reologici quali ad esempio il test di compressione e il creep test (Figura 11; video approfondimenti).

Durante la cottura il fenomeno più importante riguarda la penetrazione e la diffusione dell’acqua nella matrice (pasta), con conseguente aumento del peso e delle dimensioni del prodotto (tecniche di *Image Analysis*). Generalmente le matrici prive di glutine rilasciano in cottura più materiale rispetto agli spaghetti di semola e le perdite sono contenute all’inizio della cottura, poi incrementano in modo più o meno evidente in funzione della rapidità con cui l’acqua penetra nelle diverse matrici e del livello di organizzazione strutturale creatosi durante il processo produttivo. Per quanto concerne la *texture* del prodotto cotto, la resistenza offerta dalla pasta alla compressione -come intuibile- diminuisce con il procedere del tempo di cottura così come la loro adesività, legata al trasferimento del materiale dalla superficie degli spaghetti all’acqua di cottura. Anche per quanto concerne il comportamento in cottura le differenze che si identificano sono per lo più riconducibili alla variabilità degli ingredienti presenti nelle diverse formulazioni a cui sommare l’influenza del processo tecnologico adottato dalle aziende produttrici, che determina un diverso livello di retrogradazione della frazione amido in grado di condizionare le caratteristiche di struttura del prodotto cotto.

Figura 10: Frattura in tre punti dello spaghetti crudo (bending test)

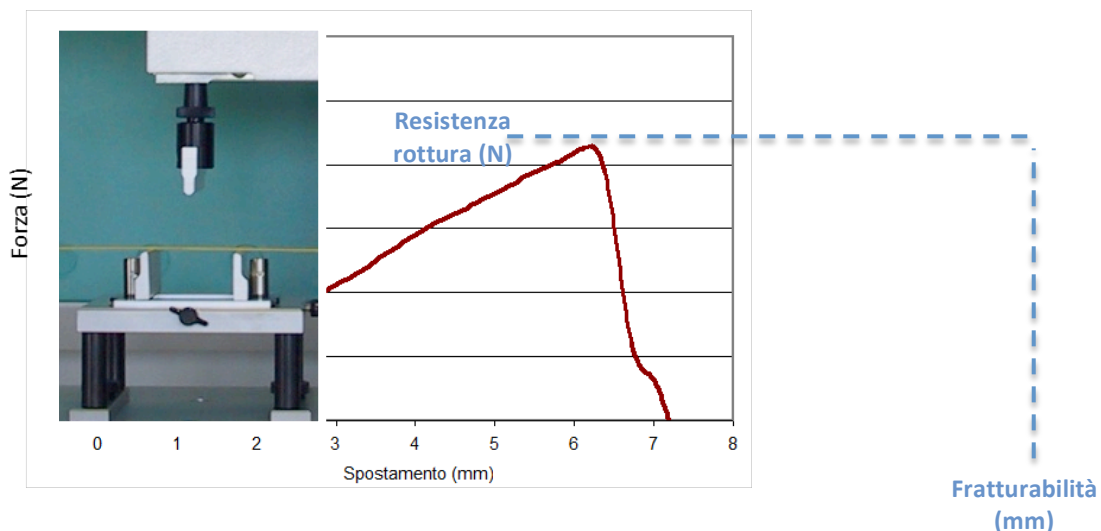
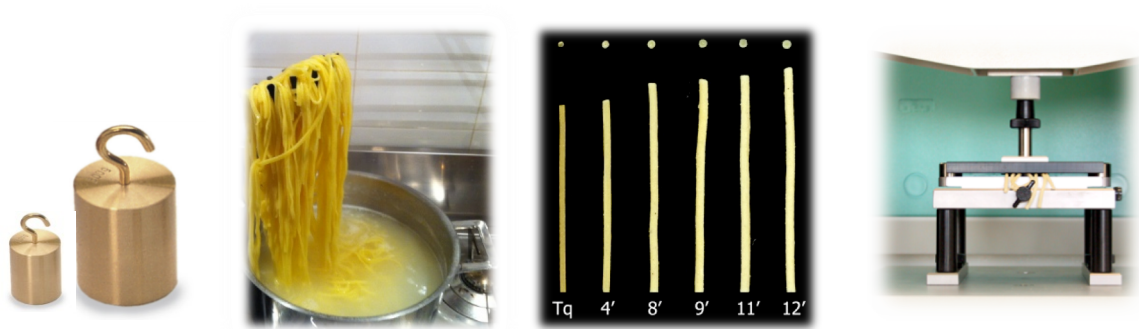


Figura 11: Valutazione del comportamento in cottura: aumento del peso, rilascio di solidi nell'acqua di cottura, incremento delle dimensioni (lunghezza e diametro) e valutazione delle texture



Bibliografia di riferimento

- Cappa, C., Lucisano, M., Mariotti, M. (2013). Valutazione di spaghetti gluten-free presenti sul mercato italiano: proprietà del prodotto cotto. *Tecnica Molitoria*, 64(2):111-117.
- Catassi, C. (1999). La celiachia. In: *Il vademecum del celiaco*. Associazione Italiana Celiachia.
- Farrell, R. J., & Kelly, C. P. (2002). Celiac sprue. *New England Journal of Medicine*, 346(3), 180-188.
- Fasano, A., & Catassi, C. (2001). Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120(3), 636-651.
- Feighery, C.F. (1999). Coeliac disease. *British Medical Journal*, 319: 236-39.
- Feillet, P. (1984). The biochemical basis of pasta cooking quality; its consequence for durum wheat breeders. *Science Aliments*, 4: 551-555.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- Hurst, J.W. (1991). Medicina clinica per il medico pratico. Ed. italiana a cura di N .Dioguardi edizione fuori commercio realizzata da Masson S.p.A. per Dompè farmaceutici.
- Lucisano, M., & Pagani, M.A. (1997). La pasta alimentare. In: *Gli Alimenti: Aspetti tecnologici e nutrizionali*. Daghella A., Istituto Danone, pp. 28-41.
- Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., & Mariotti, M. (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. *Journal of cereal science*, 56(3), 667-675.
- Maki, M., & Collin, P. (1997). Coeliac disease. *The Lancet*, 349: 1755-1759.
- Mariotti, M., Iametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., & Lucisano, M. (2011). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: evaluation of the uncooked products. *Journal of cereal science*, 53(3), 319-327.
- Marti, A., Pagani, M. A., & Seetharaman, K. (2011). Understanding starch organisation in gluten-free pasta from rice flour. *Carbohydrate polymers*, 84(3), 1069-1074.
- Pagani M.A., Lucisano M., Mariotti M., (2007). Traditional italian products from wheat and other starchy flours. In: *Handbook of food products manufacturing*. Ed. Hui, Y.H. John Wiley-Interscience of New York. Pp. 327-388.
- Picarelli, A., Di Tola, M., Sabbatella, L., Gabrielli, F., Di Cello, T., Anania, M.C., Mastracchio, A., Silano, M., De Vincenzi, M. (2001). Immunologic evidence of no harmful effect of oats in celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(1): 137-140.
- Reilly, N.R., & Green, P.H. (2012). Epidemiology and clinical presentations of celiac disease. In: *Seminars in immunopathology*, 34 (4), pp. 473-478, Springer-Verlag.
- Rewers, M. (2005). Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease?. *Gastroenterology*, 128, 47-51.
- Srinivasan, U., Leonard, N., Jones, E., Kasarda, D.D., Weir, D.G., O'Farrelly, C. (1996). Absence of oats toxicity in adult coeliac disease. *British Medical Journal*, 313: 1300-1301.

Yeh, An-I. (2004). Preparation and applications of rice flour. In: *Rice: Chemistry and Technology*, ed. E.T. Champagne. American Association of Cereal Chemistry, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

Approfondimenti

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1411639489518&uri=URISERV:sa0024>

<http://www.celiachia.it/home/HomePage.aspx>

http://www.celiachia.it/public/bo/upload/aic%5Cdoc/malattia_celiaca_medicina_generale.pdf

<http://www.istitutodanone.it/documents/10526095/17957302/1997-Gli+alimenti-aspetti-tecnologici-nutrizionali.pdf>

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2103_allegato.pdf (Relazione annuale al Parlamento sulla celiachia, 2012)

<http://www.youtube.com/watch?v=FiUUjCtusro>

<http://www.youtube.com/watch?v=rZ9n7E6a1kM>

<http://www.youtube.com/watch?v=WETV0TdFHQg>

www.youtube.com/watch?v=R6i9t9cmDy8 (es. produzione pasta tradizionale)

www.youtube.com/watch?v=XoglsehsT8I (es. produzione pasta tradizionale su linea discontinua)