

GRAMINEAE E PSEUDOCEREALI

BIOLOGIA

Alla famiglia delle *Gramineae* o *Poaceae* appartengono i cereali. I loro frutti, o cariossidi, contengono semi con l'endosperma amilifero formato da cellule con pareti costituite da arabino-xilani e sono facilmente frantumabili, con formazione di farina che si presta a svariate preparazioni alimentari (pane, pasta, focacce); sono materia prima per la produzione di alcolici (birra, whisky, sakè); sono anche apprezzate fonti di olio.

Nelle *Gramineae* in genere:

- le laute concimazioni azotate aumentano il vigore vegetativo della pianta, favoriscono l'accestimento, ma ritardano la fioritura;
- le concimazioni azotate incrementano la produzione ed il contenuto in proteine, ma ne abbassano il valore biologico perché aumentano quelle dell'endosperma, le gliadine e gluteline, completamente prive di lisina e triptofano;
- gli stress idrici riducono la sintesi delle proteine, ma ne migliorano la qualità. Ciò è da ascrivere al fatto che albumine e globuline, che hanno un contenuto bilanciato in amminoacidi essenziali, sono sintetizzate per prime nel seme e solo successivamente, con la crescita dell'endosperma, si ha la sintesi delle gliadine e gluteline.

CEREALI

I principali cereali usati nell'alimentazione umana sono il grano, il riso, il mais, l'orzo, la segale, l'avena, ai quali si associano i cereali minori fonio, tef e sorgo.

Avena (*Avena sativa* L.) si differenzia dal frumento perché:

- le foglie hanno lamina verde bluastra, non hanno le auricole, la ligula è grande e membranacea;
- l'infiorescenza è una pannocchia;
- le cariossidi sono allungate, pelose, avvolte dalla palea e dalla lemma e per l'utilizzazione alimentare devono essere decorticate, se non *cv* con cariossidi nuda.

Grano, o frumento, è il cereale più coltivato e consumato in Italia. Appartiene al genere *Triticum* al quale sono da ascrivere le specie più importanti:



FIGURA 9.1 Farro (*Triticum dicoccum* Schrank) le cui cariossidi, una volta decorticate, sono impiegate nella preparazione di zuppe e minestre.

- *Triticum aestivum* L. o grano tenero;
- *Triticum durum* Desf. o grano duro;
- *Triticum monococcum* L. o piccolo farro (il cui nome deriva dal fatto che la spigetta porta una sola cariosside vestita). Ha un rendimento molto basso, vive in suoli poveri ed ingrati e ha un ciclo vegetativo di circa un anno;
- *Triticum dicoccum* Schrank, o farro (Fig. 9.1), le cui spigette contengono due cariossidi (più produttivo del piccolo farro) che a maturità sono vestite;
- *Triticum spelta* L. (gran farro, a cariosside vestita) simile al grano tenero con culmo rossastro, la spiga contiene una ventina di spigette alterne o opposte sul rachide della spiga. Ogni spigetta contiene due o tre cariossidi protette dalle glume.

Il grano duro si differenzia dal grano tenero per la spiga lateralmente compressa, anziché quadrata; la lemma terminante sempre con una resta molto lunga e spesso pigmentata; la cariosside più grossa, di colore rosso, intenso, con struttura vitrea, anziché farinosa.

Spesso nelle cariossidi di grano duro si possono individuare zone biancastre, fenomeno conosciuto come bianconatura.

Mais (*Zea mays* L.) (Fig. 9.2), pianta erbacea annuale, monoica con fiori diclini, con fotosintesi C_4 , caratterizzata da queste peculiarità morfologiche:

- le cultivar con alto tenore in olio hanno l'embrione tre volte più grande di quello delle cultivar ad alto contenuto amilaceo (la grandezza dell'embrione avviene a discapito dell'endosperma);
- l'infiorescenza femminile è una spiga, la cariosside matura è nuda e non è dormiente.

Nel mais sono da ricordare le cultivar:

- “waxy”, che hanno l'endosperma con amido povero di amilosio;
- “sweet”, nelle quali è inibita la polimerizzazione del glucosio in amido e pertanto l'endosperma rimane dolciastro;
- “everta” (pop-corn) con cariossidi piccole, vitree, ricche in proteine e che se riscaldate, scoppiano aumentando il volume.



FIGURA 9.2 Mais (*Zea mays* L.) con spiga parzialmente avvolta da brattee. Dalla cariosside si ottiene la farina per fare la polenta; dall'embrione è estratto un ottimo olio usato nell'alimentazione.

Orzo (*Hordeum vulgare* L.) (Fig. 9.3), utilizzato per la granella, è un importante alimento per l'uomo, per la fabbricazione della birra e del whisky, per la preparazione di farine ed estratti di malto, come surrogato del caffè.



FIGURA 9.3 Orzo (*Hordeum vulgare* L. cv *disticum*) utilizzato come fonte alimentare e per la preparazione della birra.

La cariosside dell'orzo differisce da quella del grano perché:

- è molto più appuntita all'apice;
- l'aleurone consta di più strati.

L'orzo si distingue dal grano per resistere alla siccità e alla salinità del terreno e per il ciclo vegetativo molto corto.

Nell'orzo, generalmente le cariossidi sono rivestite con palea e lemma; esistono *cv* con cariossidi nude, cioè all'atto della trebiatura le glumelle si separano dalla cariosside.

Nell'orzo abbiamo *cv* con proteine ricche in lisina; con l'amido composto di 40% di amilosio e 60% di amilopectina; cultivar "waxy" nelle quali l'amido consta di circa il 95% in amilopectina.

Riso, graminea annuale semi-acquatica, le cui cariossidi costituiscono la più importante fonte alimentare delle regioni tropicali e subtropicali. Il riso appartiene al genere *Oryza* che comprende circa 20 specie, le più importanti delle quali sono:

- *Oryza glaberrima* Stued. o riso africano, con pericarpo rosso o mogano ha importanza in limitate zone africane;
- *Oryza sativa* L., con pericarpo bianco nella quale è possibile distinguere le subspecie:
 - *indica*, coltivata nei Paesi del Sud-Est asiatico, che si caratterizzano per le spighe più lunghe, asimmetriche, con apice più o meno ricurvo, per avere cariossidi vitree, lunghe e strette. Tra le *cv* che afferiscono all'*indica*, sono da ascrivere quelle del riso basmati caratterizzati da

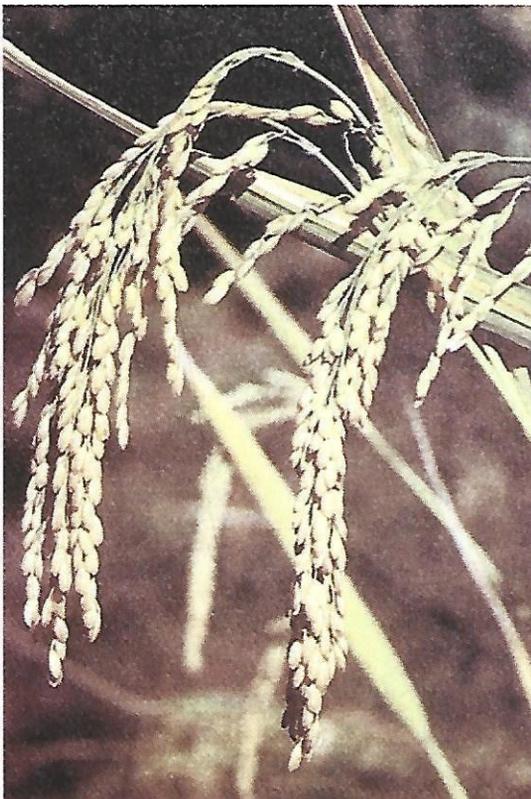


FIGURA 9.4 Riso (*Oryza sativa* L. subsp. *japonica*), importante graminea che costituisce una vitale fonte alimentare.



FIGURA 9.5 Segale (*Secale cereale* L.) dalle cui cariossidi si ricava la farina con la quale si prepara il pane che si conserva a lungo fresco e facilmente digeribile.

una cariosside lunga e sottile che alla cottura raddoppia le dimensioni, ma non scuoce e, ha un profumo intenso;

- *javanica* con le *cv* circoscritte nelle fascia equatoriale;
- *japonica*, con varietà coltivate anche in Italia (Fig. 9.4), insensibili al fotoperiodo, infiorescenza a pannocchia, con spighe corte e con apice diritto, con cariossidi più schiacciata, ovoidi, strettamente racchiusa dalla lemma e dalla palea (fortemente silicizzate), che costituiscono la lolla. Il contenuto proteico nel riso grezzo (riso con le glume o paddy rice) è intorno all'8%.

Segale (*Secale cereale* L.) (Fig. 9.5), pianta annuale a semina autunnale, coltivata in zone con inverni freddi ed in terreni acidi e poco fertili.

La segale differisce dal grano perché accestisce vigorosamente, ha culmi più elastici, lunghi e sottili, ha foglie di colore verde glauco; le auricole appassiscono dopo un certo tempo, la spiga è lunga e sottile, le spighe sono triflore, ma, poiché il terzo fiore è sterile, si hanno due file di cariossidi nella spiga.

CEREALI MINORI

Cereali minori sono il tef (*Eragrostis tef* Trotter, *Poaceae*) coltivato estesamente in l'Etiopia, il sorgo (*Sorghum vulgare* Pers., *Poaceae*) ed il fonio con semi bianchi (*Digitaria exilis* Stapf., *Poaceae*) e con semi neri (*Digitaria iburua* Stapf., *Poaceae*), largamente coltivati in molti paesi tropicali.

Fonio, pianta a fotosintesi metabolismo C_4 , coltivata da tempi remoti, ha acheni molto piccoli, ricchi in magnesio, calcio, zinco, in metionina e



FIGURA 9.6 Fonio (*Digitaria exilis* Stapf.) con racemi portanti cariossidi di dimensioni ridotte (1000 acheni non raggiungono il peso di mezzo grammo). (Osservazione Casini P.)

cisteina. Questa *Poacea* (Fig. 9.6) di piccola taglia (circa 50 cm in altezza), ha infiorescenze composte con 2 o 4 racemi portanti spighe rosastre contenenti acheni. Il fonio ha *cv* a ciclo corto (90 giorni) e *cv* a ciclo più lungo (120 giorni). Il fonio prospera anche in suoli poveri ed ingrati, dove nessun'altra coltura potrebbe allignare. Sia il fonio ad acheni bianchi che il fonio ad acheni neri vivono negli stessi ambienti, ma il fonio nero è più adatto alle zone montuose.

Sorgo, cereale che rappresenta una valida alternativa al mais e al riso in condizioni di aridità e di scarsa fertilità del suolo. Ha un'infiorescenza che è un panicolo terminale, che può essere più o meno compatto o spargolo; il frutto è una cariosside colorata per la presenza di tannini, il seme contiene l'endosperma di consistenza vitrea o farinosa e l'embrione.

Tef, è una pianta erbacea che porta un'infiorescenza (Fig. 9.7) che è un panico più o meno compatto; le spighe hanno due fiori; il frutto è un achenio di piccole dimensioni il cui colore può essere bianco o nero.

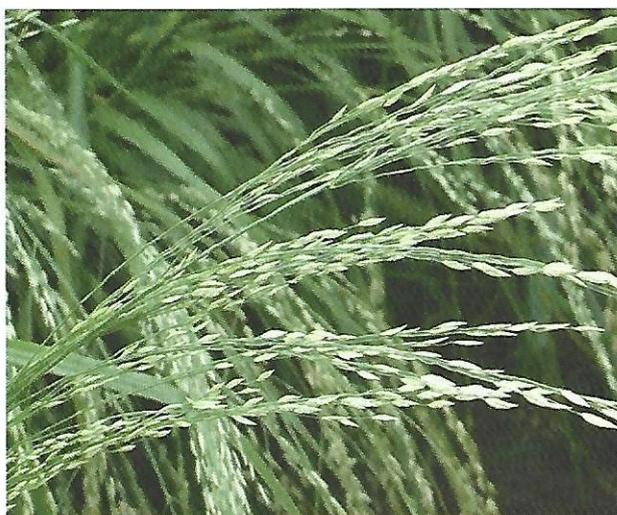


FIGURA 9.7 Tef (*Eragrostis tef*, Trotter) con spighe riunite in spighe contenenti piccolissimi acheni. (Osservazione Casini P.)

PSEUDOCEREALI

Si tratta di specie dicotiledoni che vengono utilizzate per i loro frutti con semi amiliferi, che macinati danno farina, afferenti ai generi *Fagopyrum* e *Amaranthus*, *Chenopodium*. I loro semi contengono anche proteine, costituite da globuline che hanno un valore biologico superiore rispetto alle proteine dei cereali, perché ricche in amminoacidi essenziali come lisina, metionina, cisteina e cistina. Questi pseudocereali differiscono dai cereali per il fatto che l'amido è nel perisperma (tessuto di riserva di origine nucleare) e non nell'endosperma. I granuli di amido piccoli e molto digeribili e sono usati spesso nei prodotti dietetici. Questi pseudocereali hanno funzioni polivalenti; per esempio dall'amaranto possono essere impiegati gli acheni, le foglie come verdure, i fiori dai quali si ricavano le betacianine, pigmenti di colore rosso atossici utilizzati nelle industrie alimentari.

Amaranto (*Amaranthus tricolor* L., *Amaranthaceae*), pianta erbacea a fotosintesi C_4 , porta fiori riuniti in infruttescenze (pannocchie) che possono essere erette o pendenti, o ramificate, colorate dai betaciani (Fig. 9.8). Come pianta alimentare l'amaranto è molto importante sia per i suoi acheni, sia per le foglie che possono sostituire gli spinaci e sono ricche di calcio, fosforo, potassio, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina A e ferro. Le *cv* utilizzate come verdure hanno le foglie lisce ed un habitus vegetativo a crescita indeterminata e producono parecchi germogli ascellari. I semi sono protetti dal pericarpo e dai tegumenti e non sono facilmente decorticabili; per il loro uso è necessaria la bollitura o la tostatura e la successiva macinazione. L'amaranto si adegua agli ambienti aridi ed ai terreni ingrati. Aspetti negativi che caratterizzano l'amaranto sono gli acheni molto piccoli (un grammo contiene circa 2000 acheni) che rendono la raccolta è difficoltosa; l'amaranto s'incrocia facilmente con altre specie, riducendo la produzione; è attaccato da molti insetti.

Chia (*Salvia hispanica* L., *Lamiaceae*), coltivata nell'America Latina, su terreni molto poveri, ha infiorescenza a racemo e acheni molto piccoli di colore scuro, utilizzati per la produzione sia di sfarinati, sia per essere tostati.



FIGURA 9.8 Amaranto (*Amaranthus tricolor* L.) con fiori privi di corolla, riuniti in infiorescenze a pannocchia. Gli acheni hanno maturazione scalare. (Osservazione Turchi F.)

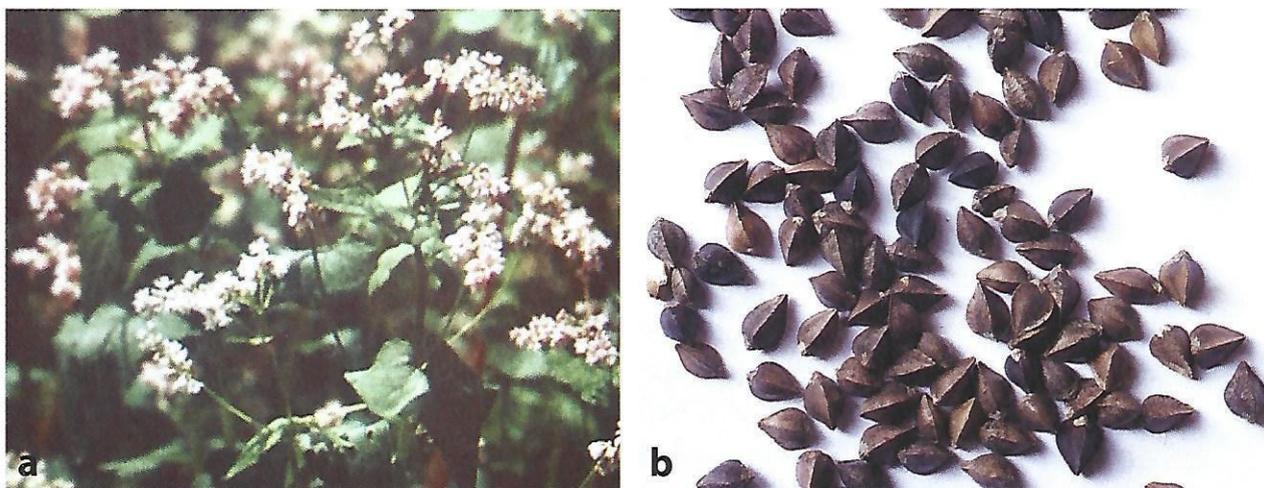


FIGURA 9.9 a) Grano saraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) con infiorescenze che maturano scalarmente acheni amilacei molto piccoli. b) Acheni di grano saraceno di forma trigona, contenenti semi farinosi dai quali si ricava la farina per l'alimentazione umana.

Grano saraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench, *Polygonaceae*) (Fig. 9.9a), pianta erbacea annuale a radice fittonante, con steli piuttosto deboli ramificati e rossastri che vanno incontro all'allettamento; le foglie basali sono di forma triangolare o cordata e lungamente picciolate, mentre quelle situate in alto nel fusto sono più piccole e quasi sessili. Il grano saraceno è una pianta ad accrescimento indeterminato, porta fiori (che non hanno petali, ma un calice composto da 5 sepali vistosi di colore bianco-roseo nettariiferi) riuniti in grappoli all'ascella delle foglie, a vari stadi di sviluppo in quanto la fioritura è continua. Il frutto è un achenio (Fig. 9.9b) di forma triangolare ricco in tannini, che forma il guscio del seme; il seme consta di un perisperma che include uno strato aleuronico (parenchima contenente granuli di amido) e dell'embrione con i due cotiledoni. Aspetti negativi della coltura del grano saraceno sono l'elevata incidenza del guscio (il pericarpo ed il tegumento del seme formano circa il 40% del peso dell'achenio, difficili di rimozione) e la fioritura continua, che comporta una raccolta scalare. L'unico vantaggio della coltura è quello di essere coltivato in zone molto fredde, dove gli altri cereali non possono crescere e fruttificare. Il colore dell'achenio appena raccolto è di un verde intenso, ma durante la conservazione gradualmente cambia di colore verso il marrone. L'achenio è ricco in glucosio, fruttosio, acido citrico, acido malico e lipidi. Basse temperature durante la sua maturazione ne aumentano la concentrazione di acido linoleico e linolenico, mentre resta inalterata la concentrazione in acido miristico, palmitico e stearico.

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd., *Chenopodiaceae*), pianta erbacea con radice fittonante, fusto legnoso eretto, che può essere ramificato e che contiene un midollo che viene assorbito durante la maturazione degli acheni. Le foglie alterne e polimorfe da giovani vengono consumate crude come insalata o cotte. L'infiorescenza è una tipica pannocchia con infiorescenze spargole o compatte (Fig. 9.10) che si originano per la mag-



FIGURA 9.10 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) con pannocchie in maturazione. Gli acheni sono utilizzati per zuppe oppure tostati o macinati in farina per preparare cibi per celiaci. (Osservazione Casini P.)

gior parte alla base delle foglie apicali. Il frutto è un achenio protetto dal perigonio e presenta la superficie esterna ruvida e contiene le saponine. Il seme consta dell'embrione e da due cotiledoni circondati da un perisperma che contiene principalmente amido. La quinoa ha un contenuto in grassi dell'ordine del 5-6% superiore a quello del mais (4%) per questo viene considerata una coltura alternativa alle piante oleaginose anche per la sua composizione lipidica.

COMPOSIZIONE E UTILIZZO

Nei cereali il frutto è saldato con i tegumenti del seme e racchiude l'endosperma che contiene l'embrione e lo scutello, da molti ritenuto un cotiledone abortito.

La cariosside è costituita per 16% dal pericarpo e dai tegumenti seminali, per il 3% dall'embrione, per il 5% dallo strato aleuronico e per il 70% dall'endosperma. Le cariossidi dei cereali in generale contengono 12% circa di acqua, 8-13% di proteine, 60-75% di carboidrati, 2-7% di grassi, minerali, vitamine e fibra (Tabb. 9.1-9.3).

I cereali sono ricchi in K, Ca, Mg, P, Zn, Cu, vitamine, ma non contengono vitamina D; la zeaxantina (carotenoide) che conferisce il colore al pericarpo, è priva della proprietà provitaminica A; il fosforo è presente nella fitina (inositoloesafosfato).

Dalla macinazione della cariosside, il pericarpo e i tessuti tegumentali, danno la crusca, ricca di fibre, tannini e, spesso, di fattori antinutrizionali. Pertanto nelle utilizzazioni, anche se parliamo di cariossidi o acheni, vogliamo espressamente riferirci, salvo rare eccezioni, al seme in esso contenuto che comprende strati aleuronici ricchi di proteine e l'endosperma ricco di amido.

L'aleurone consta di due particolari gruppi di cellule: le cellule cubiche periferiche, che costituiscono uno stato continuo adiacente ai tegumenti; le cellule prismatiche, che si irradiano in forma di colonne dallo strato di cellule cubiche. L'endosperma contiene piccoli (lenticolari e sferici) e grandi granuli di amido. I granuli piccoli lenticolari si formano dopo la fecon-

TABELLA 9.1 Contenuto in acqua, proteine, lipidi, carboidrati e fibra espresso in g; sodio, potassio, ferro, calcio e fosforo espresso in mg per 100 g di cereale edibile secco

Cereale	Acqua	Proteine	Lipidi	Carboidrati	Sodio	Potassio	Ferro	Calcio	Fosforo
Avena	12,8	12,6	7,1	59,3	33,0	370	4,2	80,0	342,0
Grano duro	11,5	13,0	2,9	68,5	3,0	494	3,6	30,0	330,0
Grano tenero	12,0	12,3	2,6	69,2	2,0	23	3,6	35,2	304,0
Mais	12,5	9,2	3,8	71,1	35,0	287	2,4	15,0	256,0
Orzo	12,2	10,4	1,4	70,5	3,0	120	0,7	14,0	189,0
Riso integrale	12,0	7,5	1,9	77,4	9,0	214	1,6	32,0	221,0
Segale	12,1	11,0	1,8	60,0	20,5	453	4,5	60,0	380,0

TABELLA 9.2 Contenuto in tiamina, riboflavina, niacina e vitamina C espresso in mg; vitamina A espresso in µg in 100 g di cereale edibile secco

Cereale	Tiamina (B ₁)	Riboflavina (B ₂)	Niacina (PP)	Vitamina A	Vitamina C
Avena	0,55	0,14	1,0	0,0	0,0
Grano duro	0,43	0,15	5,7	2,0	0,0
Grano tenero	0,42	0,14	5,4	0,0	0,0
Mais	0,36	0,20	1,5	62,0	0,0
Orzo	0,09	0,08	3,1	0,0	0,0
Riso integrale	0,48	0,05	4,7	0,0	0,0
Segale	400,00	220,00	1,6	0,0	0,0

TABELLA 9.3 Contenuto in fibra insolubile, solubile e totale in alcuni cereali e derivati espresso in g per 100 di parte edibile

Cereale e derivati	Fibra insolubile	Fibra solubile	Fibra totale
Farro	5,75	1,00	6,75
Crusca di grano	41,13	1,31	42,44
Farina di grano	0,95	1,47	2,42
Farina di mais	2,76	0,35	3,11
Orzo perlato	4,83	4,41	9,24
Fiocchi d'avena	4,99	3,30	8,29
Grano saraceno	5,01	1,03	6,04
Pane integrale	5,36	1,15	6,51
Pasta integrale	5,02	1,38	6,40
Pasta di semola	1,55	1,15	2,70
Pizza con pomodoro	1,93	0,79	2,72
Riso integrale	1,80	0,12	1,92
Segale	10,69	3,58	14,27

dazione; quelli sferici sono sintetizzati nella fase finale di maturazione della cariosside. Nell'endosperma sono presenti anche fruttani (orzo, grano e segale), polimeri del fruttosio con legami β glicosidici 1,2. La frattura delle cellule dell'endosperma è molto importante. Nei grani teneri, l'endosperma tende a frammentarsi producendo particelle farinose (farina), mentre, nel grano duro, la frammentazione produce pezzi irregolari vitrei, nei quali i granuli di amido sono ancora legati alle proteine (semola).

Le pareti cellulari dell'endosperma sono costituite principalmente di arabino-xilani, polimeri della fibra solubile. La cellulosa è contenuta in piccola quantità in tutte le cellule dell'endosperma, eccetto che nelle cellule dell'endosperma del riso, dove alla cellulosa si associano significative quantità di pectine e piccole quantità di proteine ricche di idrossiprolina. Nelle pareti cellulari dell'endosperma e dell'aleurone, agli arabino-xilani è legato l'acido ferulico, che ha proprietà antiossidanti.

Le proteine della cariosside sono albumine e globuline, con funzioni enzimatiche localizzate nello stato aleuronico e nell'embrione. Le gliadine e glutenine sono proteine di riserva localizzate principalmente nell'endosperma. La frazione proteica gliadina, assieme alle gluteline (ricche in acido glutammico), forma un complesso colloidale, il glutine, che ingloba lipidi (5-10%) e amido (10-15%) e che può dare luogo ad allergie e alla celiachia. L'intolleranza al glutine è dovuta alle gliadine ed in particolare alle sequenze di amminoacidi prolina-glutammina-glutammina e glutammina-glutammina-prolina che sono ricorrenti.

Nel glutine, le gluteline conferiscono elasticità allo stiramento e tenacità, mentre le gliadine provvedono alla estensibilità. Per la pastificazione sono buoni i grani duri con glutine con alta tenacia e poco estendibile (glutine corto); il grano tenero con glutine poco tenace e buona estensibilità è adatto alla panificazione. Il glutine del grano duro, essendo poco elastico, dà un pane scarsamente poroso e poco voluminoso.

Le farine ricche di glutine sono dette forti ed hanno un coefficiente W (misurato con alveografo di Chopin) superiore a 380 contro un W inferiore a 170 delle comuni farine, nelle quali la forza può essere aumentata con l'aggiunta di acido ascorbico, che agendo da ossidante favorisce la trasformazione dei gruppi-SH del glutine in -SS- aumentandone la forza. Sono farine forti quelle di: manitoba, ottenuta da *cv* di grano tenero coltivato nelle zone fredde del Canada; kamut, ottenuta dal *Triticum turanicum* Jakubz. dal profumo di noce, entrambe idonee a produrre dolci e pizze. Le farine forti oppongono una grande resistenza alla deformazione del glutine; a contatto con l'acqua formano una rete e negli impasti lievitati trattengono i gas prodotti dalla lievitazione. Le farine forti sono da evitare assolutamente in soggetti affetti da celiachia.

Le cariossidi di riso, avena, orzo e mais hanno poco glutine e perciò dalla loro farina non è possibile ricavare pani lievitati, ma biscotti.

Le cariossidi dell'avena decorticate sono largamente utilizzate nell'alimentazione per la qualità delle sue proteine, che hanno un miglior contenuto in amminoacidi essenziali, rispetto agli altri cereali; per il contenuto

in acidi grassi insaturi essenziali (acido linolenico); per il tenore in vitamine (B, E, tiamina, acido folico); per i β glucani che hanno un'influenza nel ridurre il contenuto in colesterolo. Le glumette hanno anche un uso erboristico per le proprietà dietetiche, diuretiche, rinfrescanti ed emollienti.

Il farro è ricco di nutrienti, ha un alto contenuto in ferro ed in selenio che contrasta i radicali liberi, ha un basso contenuto in glutine, è panificabile, ma lievita poco. Le cariossidi di farro devono essere dapprima decorticate per rimuovere le glumelle; successivamente subiscono la perlatura, un trattamento simile a quello subito dal riso o dall'orzo, per cui il seme assume un colore più chiaro e con un tempo di cottura decisamente inferiore. La cariosside perlata può essere macinata e la farina è impiegata per la preparazione di paste, biscotti, pane con un ottimo sapore aromatico. Il farro in cucina è utilizzato per fare zuppe, minestre, insalate fredde. Si coniuga bene con legumi e verdure, esaltandone i gusti e profumi; le cariossidi vestite vengono impiegate come porridge.

Le cariossidi del gran farro hanno un alto contenuto in proteine (intorno al 17%) e minerali superiore agli altri *Triticum*. Le cariossidi non decorticate sono ricche in fibre ed hanno un basso contenuto in glutine.

Le cariossidi di mais possono essere lessate e servite come insalata o contorno, possono essere schiacciate per produrre i cosiddetti corn flakes, possono essere scoppiate per dar luogo al pop corn. Dall'embrione si ottiene un olio usato come condimento, generalmente non consigliato per le frittiture. La farina di mais è utilizzata per preparare la polenta, quella di mais bianco è più delicata. I tegumenti della cariosside contengono antociani che hanno proprietà antiossidante. Le cultivar "waxy", che hanno l'endosperma con amido povero di amilosio, sono utilizzate addensante per ispessire le gelatine di frutta e per dare consistenza agli alimenti in scatola. Il mais ha un minor valore nutritivo rispetto agli altri cereali, perché è povero di calcio, acido nicotinico, lisina e triptofano.

Per l'alimentazione umana, la cariosside vestita dell'orzo deve essere liberata dalle glumette. Tale operazione può comportare la rimozione anche del pericarpo ricco di tocoferoli e tocotrienoli.

La cariosside dell'orzo ha un buon contenuto in amido; è relativamente povera in proteine ed in lipidi; contiene acido caffeico, un fenolo, acido para-cumarico, catechine e l'alcaloide ordeina, derivato della feniletilamina, dotato di attività molto simile alla adrenalina; ha proprietà disintossicanti e rinfrescanti. L'orzo perlato (decorticato) è usato nell'alimentazione umana per minestre, tostato come surrogato del caffè, la farina mescolata a quella del frumento per la panificazione. Per la produzione di birra le cariossidi sono sottoposte a germinazione controllata, durante la quale l'amido contenuto nell'endosperma è trasformato in maltosio dalle α e β amilasi. La cariosside germinata è essiccata, macinata, mescolata con acqua calda e luppolo; il tutto è fatto fermentare da speciali ceppi di lievito. L'orzo con cariosside nuda, caduto in disuso per la sua scarsa produttività, recentemente è stato rivalutato in considerazione delle sue peculiarità: la cariosside ha un alto contenuto proteico ed in particolare di lisina, contiene polifenoli, ha

un maggior contenuto in β glucani, ha un amido con un minor contenuto in amilosio e può essere tostata o consumata direttamente.

Il riso integrale, se conservato a lungo, è soggetto a processi ossidativi, a causa dei lipidi contenuti nel pericarpo; può essere facilmente contaminato dalle spore di ceppi di *Bacillus cereus*, batteri che producono una tossina emetica.

Nel riso, la rimozione della lolla dà luogo alla produzione del cosiddetto riso sbramato.

La sbramatura comporta:

- la perdita del pericarpo, ricco di vitamine e dello strato aleuronico, nonché del fosforo presente nella fitina localizzata in inclusioni globoidi nelle proteine dell'aleurone;
- un incremento della digeribilità della cariosside, perché il pericarpo, oltre ad essere ricco in vitamine ed in fibra, contiene anche fattori anti-nutrizionali.

Il riso sbramato è sottoposto alla brillatura con talco e glucosio o l'oleatura con olio di vasellina che conferiscono al seme lucentezza; infine, per farne un alimento equilibrato, si aggiungono vitamine, proteine e sali minerali.

Il contenuto in vitamina E nel riso è considerevole, mentre sono scarse le vitamine A e D e manca del tutto la vitamina C.

Per ottenere il riso *parboiling* o *parboiled*, il riso subisce un trattamento con vapore per alcune ore. Il trattamento, oltre a favorire la gelatinizzazione dell'amido, facilita il distacco delle glumette dalla cariosside e favorisce la diffusione di vitamine B, PP dal pericarpo all'endosperma del seme. Successivamente il riso viene sottoposto al normale ciclo di lavorazione. Il riso *parboiling* si presenta traslucido, giallastro, ed è più resistente alla cottura; le cariossidi anche se glutinose, rimangono separate e alla cottura la cariosside si accresce più in larghezza che in lunghezza. Il riso è impiegato anche per la produzione del sakè o vino di riso, previa idrolisi dell'amido della cariosside con l'impiego dell'ascomicete *Aspergillus oryzae* e successiva fermentazione con il lievito *Saccharomyces cerevisiae*.

La segale è usata come cereale da pane, anche se scarseggia di glutine. Elasticità all'impasto è conferita dai pentosani, che garantiscono una buona panificazione. La farina di segale, pur deficitaria di triptofano, ma ricca di lisina, consente di fare un pane con discrete quantità di sali minerali e di fibra, consigliato per i diabetici, che si mantiene fresco più a lungo di quello di grano. La segale è impiegata per la fabbricazione del whisky Bourbon.

La cariosside di sorgo è altamente digeribile, è priva di glutine, contiene sali minerali come ferro, calcio, potassio, niacina e vitamina E, composti fenolici, fitosteroli e flavonoidi che diminuiscono l'incidenza dei tumori, diabete e malattie cardiache. La cariosside è ricca di fibra, proteine (14%) lipidi (3%) e soprattutto di amido, costituito per il 70% di amilopectina. Le proteine contengono alcuni amminoacidi essenziali, ma carenti in lisi-

na. La cariosside macinata serve per produrre pane e pasta, oltre ai fiocchi come sorgo soffiato, cous cous, zuppe, polenta. La cariosside fermentata produce il liquore Maotai.

Le cariossidi del fonio e del tef sono ricche di antiossidanti, sono un'eccellente fonte di fibre utili nella prevenzione delle costipazioni intestinali, sono ricche in fitosteroli, sono adatte per allestire cibi per chi soffre di celiachia, possono essere utilizzate per farne porridge e sono una deliziosa base per il cous cous; fermentate, producono la birra; possono essere tostate e consumate o decorticate e macinate. Gli acheni sono decorticati e la farina può essere utilizzata per produrre pani o come sostituta del semolino. Le cariossidi del tef bianco hanno un sapore che si avvicina a quello delle noci, mentre le *cv* con acheni rossi hanno un sapore più forte che assomiglia a quello delle nocciole.

Gli acheni dell'amaranto hanno un contenuto in proteine (13%) dall'ottimo profilo in amminoacidi, ricchi in minerali calcio, fosforo, ferro, potassio e manganese; hanno un eccellente contenuto in vitamine del gruppo B. L'olio di amaranto ricco in acido linoleico contiene squalene, un terpenoide e tocotrienoli che hanno la capacità di abbassare il livello di colesterolo, inibendo la sua sintesi.

Gli acheni di chia sono un piccolo scrigno di principi nutrizionali. Vantano un alto contenuto in antiossidanti, un buon contenuto proteico, un alto contenuto (espresso in mg per 100 g di alimento) di vitamina C (5,5 mg), di potassio (810 mg), di ferro (10 mg), di calcio (180 mg), oltre a selenio, zinco e magnesio; sono ricchi di fibra e contengono ω 3 ed ω 6, oltre a vitamina A, E, B₆, niacina, rifloflavina e tiamina; possono essere macinati, tostati, frullati, aggiunti alle insalate, allo yogurt.

Gli acheni del grano saraceno ricchi in proteine, non contengono glutine e sono alimento idoneo per le diete degli individui affetti dal morbo celiaco; sono tostati ed usati come cereali da colazione, oppure decorticati e macinati; la sua farina serve per produrre pane, pasta, biscotti, polenta, focacce, frittelle; gli acheni possono essere utilizzati per preparare birra ed altri prodotti fermentati. Gli acheni contengono flavonoidi rutina e quercitina, che hanno attività antinfiammatoria, ipotensiva, ipocolesterolemizzante, anticancerogena, neuroprotettiva. La rutina (un bioflavonoide, vitamina P) è molto efficace nel rafforzare le pareti dei capillari sanguigni e regolarne la permeabilità; favorisce la circolazione negli arti riducendo edemi, pruriti, arrossamenti e varici. Il seme del grano saraceno è ricco in β sitosterolo, campesterolo e stigmasterolo; contiene carboidrati solubili chiamati fagopiritali che sono una buona fonte di D-chiro-inositolo, composto che ha dimostrato su pazienti diabetici un buon controllo glicemico.

La quinoa contiene vitamine, carboidrati, lipidi (Tabb. 9.4, 9.5) minerali, fosforo e magnesio localizzati nel tessuto embrionale, mentre il calcio ed il potassio sono presenti nel pericarpo. La quinoa ha amido con un basso contenuto in amilosio, mostra un maggior contenuto in lipidi, rispetto al fonio e al grano saraceno (costituiti dal 31% oleico, 45% linoleico, 3%

TABELLA 9.4 Contenuto in acqua, carboidrati, ferro, fibra totale, grassi, proteine, in amaranto, fonio, grano saraceno e quinoa espresso in g per 100 g di alimento edibile

Componente	Amaranto	Fonio	G. saraceno	Quinoa
Acqua	14,0	13,6	13,1	13,20
Carboidrati	60,0	67,0	62,5	62,10
Ferro	0,7	0,3	0,4	0,50
Fibra	6,7	9,0	6,9	7,00
Grassi	5,5	1,8	3,3	5,60
Proteine	12,6	8,0	12,4	10,12

TABELLA 9.5 Contenuto di alcune vitamine in amaranto, fonio, grano saraceno e quinoa espresso in mg per 100 g di alimento edibile

Vitamine	Amaranto	Fonio	G. saraceno	Quinoa
Ac. pantotenico	1,50	0,63	2,2	0,78
Niacina	0,92	2,20	7,2	1,60
Piridossina	0,60	1,10	0,8	0,48
Riboflavina	2,00	1,40	4,2	0,32
Tiamina	0,59	0,45	1,1	0,36

linolenico, il resto da acidi saturi). L'olio è ricco di tocoferoli antiossidanti naturali, il rapporto tra acidi grassi polinsaturi e saturi è più alto rispetto ad altri oli vegetali, favorendo la riduzione del colesterolo; le proteine (classificate come albumine e globuline) contengono lisina, cistina, treonina e metionina in concentrazioni elevate, amminoacidi solitamente carenti nei cereali. Altro fattore importante è l'assenza di glutine che fa della quinoa un alimento idoneo nelle diete degli individui affetti dal morbo celiaco. La quinoa ha un alto contenuto di trimetilglicina, sostanza con una spiccata azione anti-invecchiamento ed anti-tumorale. Le foglie di quinoa possono essere consumate come verdura. Gli acheni contengono composti anti-nutrizionali rappresentati da saponine; il seme privato del pericarpo può essere usato come il riso, oppure trasformato in farina.

In generale, i cereali contengono i lignani (secoisolariciresinolo e matairesinolo), composti fenolici che agiscono sia da antiossidanti sia da fitoestrogeni. I lignani, per azione della microflora intestinale, diventano attivi come enterolattone ed enterodiolo, che interferiscono con gli estrogeni umani riducendo il rischio di certe forme di cancro (cancro del colon, della pelle e della prostata). I lignani, come altri fitosteroli e fitostanoli, regolano il metabolismo dei lipidi, la differenziazione cellulare degli adipociti (cellule che accumulano principalmente trigliceridi) e contribuiscono a contrastare l'obesità.

FATTORI ANTINUTRIZIONALI

La digeribilità dei cereali costituiti da amido e proteine dipende dalla possibile resistenza all'attività enzimatica (tripsina, α e β amilasi) e dalla presenza di composti fenolici (tannini e resorcinolo) contenuti principalmente nei tegumenti del seme e nel pericarpo.

Proteine inibitrici della tripsina sono presenti nel grano, segale, riso. Gli inibitori della tripsina pancreaticca causano l'ipertrofia del pancreas, dovuta ad una maggiore secrezione di enzimi pancreatici e ad un incremento del consumo di amminoacidi solforati (metionina e cisteina), che sono abbondanti nella struttura della tripsina, e ciò può rendere ancor più deficitario il basso contenuto in amminoacidi solforati dei cereali. Le proteine dell'embrione hanno generalmente un elevato valore biologico rispetto a quelle dell'endosperma e ciò ha portato ad incrementare le dimensioni dell'embrione, nel quale sono però concentrati gli indesiderabili inibitori della tripsina e le lectine.

Nelle cariossidi dei cereali è presente l'acido fitico, che viene a legarsi con il fosforo per formare la fitina (inositoloesafosfato) difficilmente utilizzabile durante la digestione, perché l'uomo non ha l'enzima fitasi.

L'acido fitico è due volte demineralizzante perché contiene fosforo insolubile e perché può complessare gli altri elementi minerali presenti negli alimenti, in particolare calcio e magnesio, come sali insolubili; il maggior contenuto in fitati nei cereali (Tab. 9.6) è contenuto nel pericarpo. L'acido fitico inibisce l'attività di tripsina, pepsina e amilasi; possiede capacità antiossidanti e blocca il ferro, responsabile di reazioni ossidative.

Una fitasi particolarmente attiva è stata rilevata nella segale e pertanto il pane ottenuto con questo cereale appare più accettabile di altri per la maggiore disponibilità di zinco, ferro, calcio e magnesio.

TABELLA 9.6 Contenuto medio in fitina in alcuni alimenti vegetali espresso in mg per 100 g di parte edibile

Alimento	Fitina
Arachide	205
Arancio	295
Avena	350
Dattero	23
Grano	280
Mais	360
Mandarino	115
Patata	14
Pistacchio	175
Segale	247
Soia	570

Anche la cariosside dell'avena ha inibitori della tripsina che riducono la digeribilità delle proteine e delle saponine, queste ultime capaci di formare soluzioni colloidali schiumeggianti che riducono l'assorbimento degli altri nutrienti. La cariosside dell'avena, data l'eccessiva precocità nella fioritura della pianta, è suscettibile agli attacchi di *Claviceps purpurea* (segale cornuta).

Nella cariosside del mais sono contenuti fattori che agiscono sulla niacina trasformandola in un complesso enzimo-resistente denominato niacigeno impedendone l'utilizzazione.

La cariosside di sorgo contiene un glucoside cianogenetico (durrina); l'effetto dell'acido cianidrico prodotto per idrolisi si può vanificare, facendo macerare la cariosside prima di utilizzarla e riducendo nel contempo l'alto contenuto in tannini che riduce la digeribilità e l'assimilazione delle proteine.

La quinoa contiene fattori antinutrizionali, quali inibitori della tripsina e delle saponine, che riducono il valore nutritivo delle proteine. Le foglie di quinoa hanno un elevato contenuto in ossalati, per cui non dovrebbero essere consumate da coloro che sono soggetti a calcolosi renale; avendo i semi di quinoa copiose quantità di fitati, sono sconsigliati a coloro che manifestano carenze in ferro, zinco ed altri minerali.

Un'alimentazione prolungata con grano saraceno può provocare una malattia nota come fagopirismo, dovuta alla presenza di una sostanza fotosensibilizzante, la fagopirina, che causa eruzioni cutanee pruriginose.