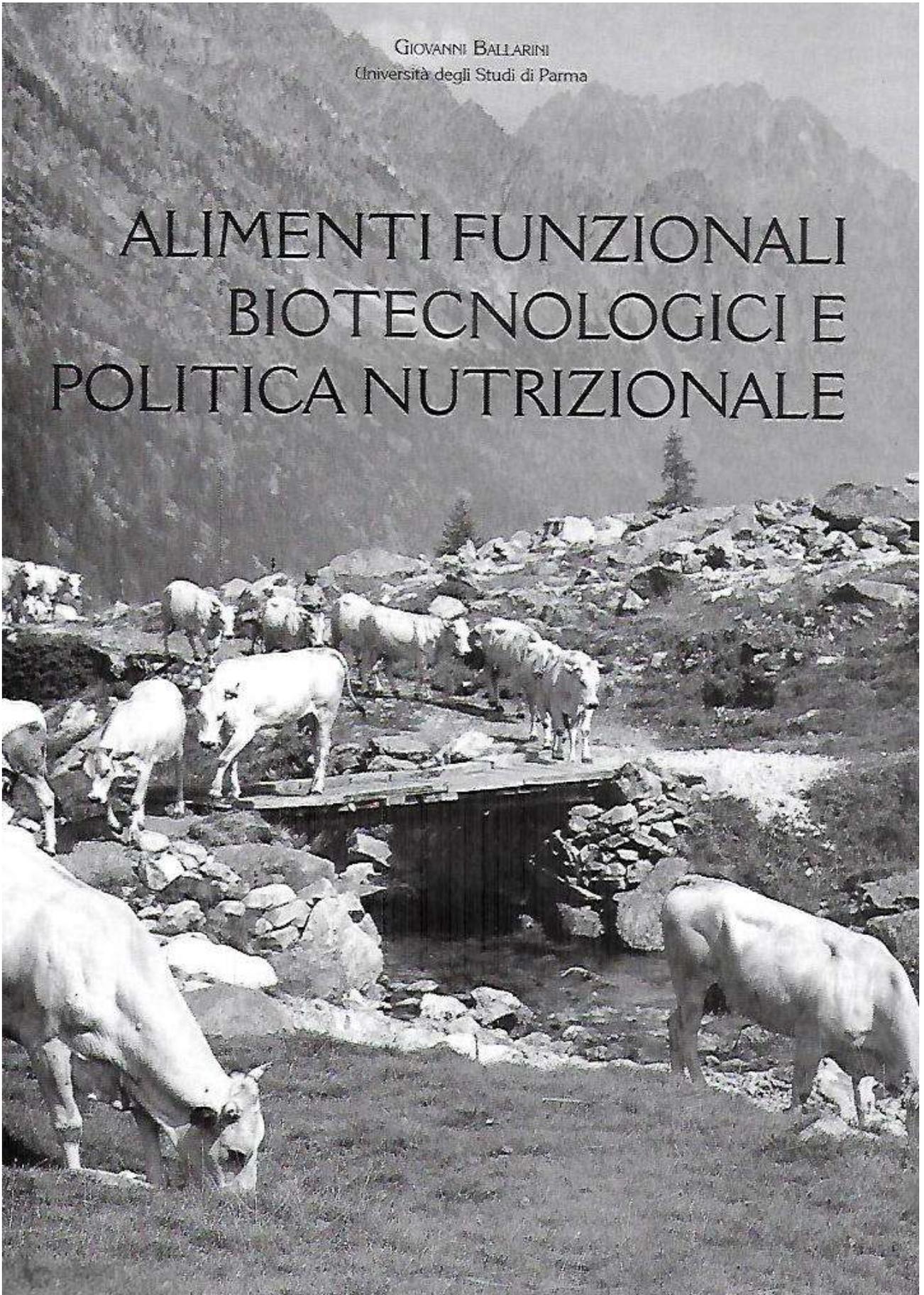


GIOVANNI BALLARINI
Università degli Studi di Parma

ALIMENTI FUNZIONALI BIOTECNOLOGICI E POLITICA NUTRIZIONALE



Bioteologie e alimenti

Grande è l'interesse, la confusione e la strumentalizzazione sulle bioteologie e sull'ingegneria genetica: applicate ai vegetali destinati all'alimentazione dell'uomo e degli animali produttori di cibo per l'uomo.

Le bioteologie rappresenteranno per l'inizio del secolo XXI quello che per la fine del XX secolo hanno rappresentato la micro-elettronica e l'informatica. Come con l'avvento degli "ordinatori" elettronici vi fu una paura di perdita di posti di lavoro e quindi un breve periodo di rigetto, peraltro non completamente superato soprattutto dalle persone anziane, oggi le bioteologie sono alla base di controversie e di dibattiti, spesso più emozionali che razionali.

L'ingegneria genetica non è una scienza, ma soltanto il risultato dello sviluppo di nuove tecnologie e strategie impiegate in diversissimi settori della biologia, intesa nel senso più ampio del termine. Diverse sono le reazioni di fronte a queste tecnologie: ad esempio la produzione di insulina tramite ingegneria genetica è stata totalmente accettata, mentre per altri ormoni come la somatotropina applicata in campo animale vi sono state resistenze; in modo analogo qualche riserva persiste ancora per l'uso della chimosina (caglio biotecnologico di origine batterica) applicato nell'industria casearia. In linea di massima, mentre per l'uso in terapia umana delle bioteologie non vi sono, ovviamente, apprezzabili resistenze, per le altre applicazioni e sopra tutto per quelle ad alimenti destinati all'uomo vengono sollevate perplessità, dubbi e non raramente sono prospettati scenari catastrofici. L'attuale, particolare rapporto tra bioteologie e alimenti per l'uomo è complessa ed ha diverse sfaccettature. Non bisogna dimenticare una normale resistenza al cambiamento in un settore tradizionale come quello alimentare, ma ben più importanti sono gli interessi commerciali che ruotano attorno al cibo e le bioteologie senza dubbio alterano situazioni economiche già ben consolidate.

Analogamente alle altre tecnologie che nei secoli XIX e XX hanno modificato la vita umana, e che non si sono potute fermare, dimostrandosi anzi la base per successi insperati e dai più neppure immaginati, nel secolo XXI le bioteologie permetteranno di migliorare enormemente l'alimentazione dell'uomo e degli animali non solo per gli aspetti quantitativi, ma sopra tutto per quelli qualitativi.

Dalla Rivoluzione Verde alla Rivoluzione Biotecnologica degli OGM e degli Alimenti Transgenici

Circa a metà del secolo XX si è assistito alla *Rivoluzione Verde* che, applicando la genetica classica, concima-

zioni adeguate, efficace protezione antinfettiva ed antiparassitaria dei vegetali e tecnologie agronomiche appropriate alle condizioni ambientali, ha permesso di aumentare in modo straordinario i raccolti di riso, mais, soia, frumento ed altri vegetali, sui quali si basa l'alimentazione della popolazione mondiale.

In ambito di rivoluzione verde e con una genetica classica, che opera attraverso la selezione di mutazioni imprevedibili e casuali, sono state eseguite operazioni di miglioramento della qualità, intesa come adeguamento alle utilizzazioni dei raccolti. Infatti una barbabietola da zucchero non è da foraggio, un mais da pop corn non è come quello da foraggio, e così via. In modo analogo vi sono stati anche tentativi, con risultati non sempre soddisfacenti, di migliorare le caratteristiche nutrizionali. Da ricordare in proposito la creazione di un mais ricco di lisina, tale da poter costituire un alimento completo per l'uomo od i maiali, ma che non ha avuto successo per le troppo basse produzioni.

Le attuali conoscenze sul modo di operare dei geni permettono di intervenire sul genoma in modo preciso, estremamente efficace e ben finalizzato all'obiettivo che si vuole raggiungere, attuando una *Rivoluzione Biotecnologica*. Con la rivoluzione biotecnologica in atto ed utilizzando soprattutto l'ingegneria genetica, si stanno creando nuove varietà di viventi con caratteristiche predefinite e denominati Organismi Geneticamente Modificati (OGM), dai quali originano i cosiddetti *alimenti transgenici*.

Alcuni OGM sono già operanti, come molti lieviti e talune varietà di mais, soia e cotone. Molti altri OGM sono sotto studio per verificarne la necessaria sicurezza e l'effettiva utilità, sotto ogni aspetto.

I primi OGM ottenuti sono stati i microrganismi (lieviti, batteri, batteriofagi) produttori di *molecole strategiche* (enzimi, minerali organici, fitormoni, molecole bioattive, ecc.) applicate in medicina: praticamente tutta l'insulina usata nel trattamento del diabete è di origine biotecnologica ed analogamente avviene per la somatotropina.

Per quanto poi riguarda i lieviti, moltissimi sono gli alimenti da tempo già sul mercato che vengono prodotti con lieviti ingegnerizzati e dotati di particolari attività bioenzimatiche (pane, vini spumanti, birra, ecc.). Vi sono anche lieviti usati in alimentazione e produttori di molecole della famiglia dei caroteni o microelementi organici. Ancor più numerosi sono gli enzimi ottenuti tramite le bioteologie ed utilizzati correntemente nella preparazione di alimenti (Tab. 1).

Se soltanto alcuni vegetali che direttamente od indirettamente entrano nella alimentazione umana hanno subito interventi biotecnologici e sono da ritenere OGM, molti sono invece quelli "in lista d'attesa".

I principali settori applicativi delle bioteologie vegetali sono riportati nella Tab. 2, dalla quale si evince la grande varietà, ma anche l'importanza applicativa degli

interventi, soprattutto quelli che riguardano i vegetali con particolari caratteristiche di resistenza a condizioni ambientali (ad esempio le basse temperature, la salinità del terreno, ecc.), ai parassiti di campo o di magazzino, ai fitofarmaci, o con tempi programmati di decadimento ecc.

Gli alimenti biotecnologici sono quindi già tra noi e tutto fa ritenere che aumenteranno con ritmo esponenziale, almeno per quelli che direttamente od indirettamente entrano nella filiera dell'alimentazione umana.

Non è superfluo ricordare che nei paesi industrializzati gran parte della produzione di carni (polli, maiali ed, in minor misura, bovini e pesci d'allevamento) dipende dal mais e dalla soia e che la percentuale di coltivazioni di mais e soia, ingegnerizzate per avere una maggiore resistenza alle infezioni e un migliore utilizzo dei fitofarmaci, va rapidissimamente aumentando, per cui entro qualche anno, almeno al di fuori dell'Unione Europea si ritiene si avvicinerà al 100%. Già oggi una popolazione che supera il miliardo (Cina, Sud America, Nord America) direttamente od indirettamente si ciba di soia e mais ingegnerizzati.

Questi alimenti peraltro, in particolare nell'Unione Europea, hanno dato origine ad un dibattito, per certi aspetti eccessivo in quanto strumentalizzato, se non ideologizzato.

Non bisogna peraltro dimenticare che nei vegetali, destinati all'alimentazione dell'uomo e, o degli animali, le biotecnologie permettono di ottenere particolari caratteristiche ed una composizione di elevato interesse nutrizionale e salutistico (Tab. 3).

Con l'ingegneria genetica si possono infatti ottenere vegetali contenenti particolari od elevati contenuti di enzimi naturali (ad esempio fitasi), molecole bioattive come fitochelatine, vitamine e provitamine (betaca-

roteni), minerali organici con elevata utilizzazione digestiva o con specifiche attività organiche, proteine di più alto valore nutrizionale (soia, frumento) e, o ipo- o anallergiche (riso) o con migliori caratteristiche tecnologiche, grassi a composizione predeterminata, fibra solubile con attività prebiotiche, ecc., nell'ambito anche di quelli che sono oggi chiamati *alimenti funzionali*.

Tramite la bioingegneria è anche possibile inserire negli alimenti vegetali antigeni di interesse sanitario ed utilizzabili per un controllo della flora digestiva, per ottenere una vaccinazione orale o per migliorare la salute del consumatore, quindi nel quadro dei cosiddetti *alimenti nutraceutici*.

Caratteristica della rivoluzione biotecnologica è pertanto quella di intervenire non solo sulla quantità delle produzioni vegetali, ma soprattutto sulla loro qualità.

La qualità delle produzioni vegetali destinate all'alimentazione non è inoltre un concetto astratto, ma deve essere finalizzata all'uso nutrizionale.

La qualità nutrizionale, infatti, sia degli alimenti tradizionali, ma ancor più degli OGM, deve essere specifica. Diverse sono infatti le caratteristiche di un mais destinato all'alimentazione dei bovini (ruminanti) sotto forma di pianta intera allo stato di maturazione latteo-cerosa, da un mais destinato alla produzione di farina ad uso umano. Ed in modo analogo avviene per una barbabietola da foraggio o destinata alla produzione di zucchero oppure per gli altri vegetali ad uso alimentare diversificato.

La manipolazione della qualità può suscitare perplessità e preoccupazioni, ma non bisogna dimenticare che già da molti millenni, da quando l'umanità ha inventato l'agricoltura, sui vegetali è stata sviluppata un'efficace



Mais (*Zea mays*)



Sulla (*Hedysarum coronarium*)

selezione delle mutazioni casuali e spontanee che ha portato alle straordinarie modificazioni del frumento, mais, riso, uva e tanti altri frutti, enormemente diversi dalle specie selvatiche originarie. In quest'opera di selezione continua, non si è soltanto ricercata la quantità, ma anche la qualità. Un aspetto inoltre che bisogna considerare con razionalità e chiarezza, considerando soprattutto che oggi, con le biotecnologie, si agisce in modo mirato e non casuale, come avveniva con la genetica e la selezione classica.

Senza sottovalutare gli aspetti oggi particolarmente enfaticizzati del possibile effetto a lungo termine sul consumatore, dell'impatto ambientale delle varietà genetiche manipolate e delle conseguenze sociali ed economiche delle biotecnologie applicate alla produzione di alimenti vegetali, non bisogna assolutamente trascurare il loro ruolo nel *miglioramento della qualità degli alimenti* in una prospettiva di *alimenti funzionali e per certi aspetti anche nutraceutici per le diverse specie e quindi distinguendo, per grandi linee, gli alimenti destinati al bestiame da quelli utilizzati direttamente dall'uomo*, senza inoltre dimenticare che esistono coltivazioni vegetali non alimentari, ad esempio il cotone ed il tabacco.

Pur sapendo che non è teoricamente facile distinguere gli effetti di un vegetale utilizzato come alimento degli animali, ma le cui produzioni (carne, latte, uova) sono poi consumate dall'uomo, dagli alimenti utilizzati direttamente dall'uomo, è soprattutto a questi ultimi che dedichiamo attenzione in questa esposizione.

OGM e qualità degli alimenti vegetali

Le tecnologie classiche applicate alla produzione degli alimenti vegetali hanno privilegiato le seguenti aree:

- **sicurezza degli alimenti**, ad esempio diminuzione dei tossici naturalmente presenti nei vegetali. Tipico è l'esempio della patata nella quale, attraverso la selezione, si sono ottenute varietà a bassa quantità di solanina (fenomeno anche negativo, in quanto è aumentata la sensibilità ai parassiti);
- **aumento della produzione** per superficie coltivata, attraverso un migliore adattamento alle condizioni ambientali, più efficace utilizzazione dei nutrienti contenuti nel terreno e, o ammendanti, maggiore resistenza agli agenti tossici, parassitari od infettivi, ecc.;
- **miglioramento della qualità organolettica**, tecnologica, ecc. in relazione anche al tipo di utilizzazione alimentare (uomo e/o animali), conservazione, trasformazione, ecc.

L'applicazione delle biotecnologie alla produzione di alimenti vegetali si sviluppa nelle stesse aree delle tecnologie classiche, ma con uno straordinario aumento

dell'efficacia degli interventi e sopra tutto della rapidità di effettuazione.

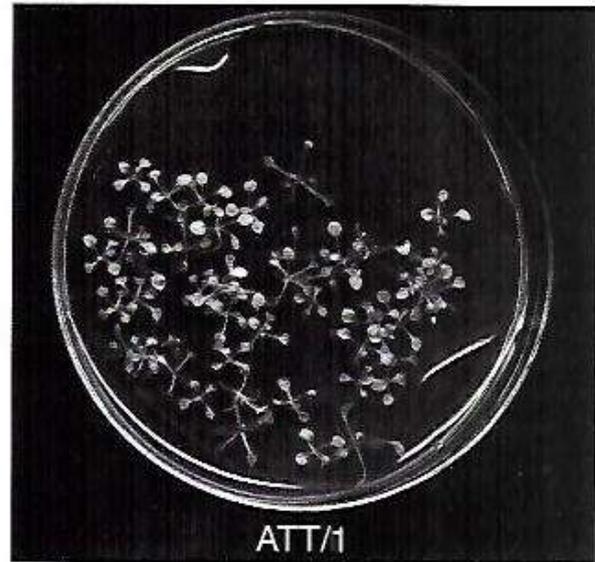
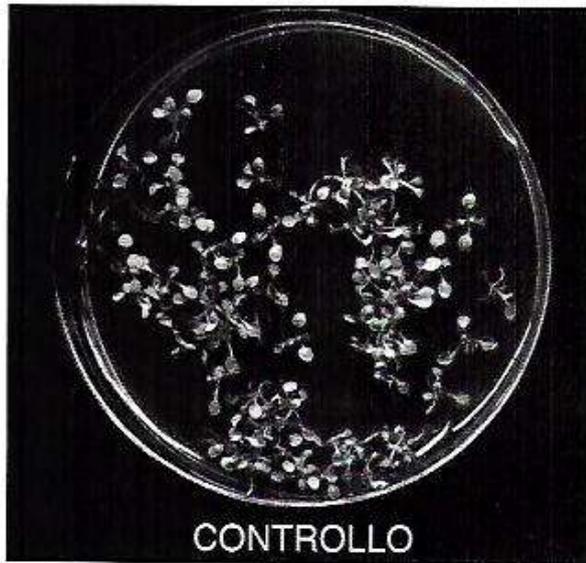
Infatti *l'ingegneria genetica offre la possibilità di inserire un solo specifico gene, e quindi di aggiungere o modificare un solo carattere, senza intervenire sugli altri*. Ovviamente questo è un grande vantaggio in quanto ben difficilmente si interferisce sulla qualità preesistente.

Con le biotecnologie oggi si mira ad avere OGM vegetali dotati delle seguenti caratteristiche:

- **aumento del valore nutritivo**; a questo riguardo è da ricordare l'aumento delle proteine (ad es. soia, patata, ecc.), il miglioramento delle proteine con aumento di particolari aminoacidi essenziali e soprattutto lisina e metionina (ad es. soia, fagioli), amido più disponibile (ad es. patata), modifica degli acidi grassi nei lipidi di deposito vegetale (ad es. colza ricca di omega-3, ravizzone a basso contenuto di acidi grassi saturi, ecc.), aumento di beta-carotene, antiossidanti, ecc.;
- **miglioramento del sapore** (ad esempio peperoni e meloni), sia per i principi attivi presenti, che attraverso l'aumento degli enzimi che trasformano i precursori del sapore in composti aromatici. Da ricordare anche le patate dolci a maggior contenuto di zucchero (saccarosio), la lattuga più aromatica, ecc.;



Sorgo (*Sorghum vulgare*)



- **miglioramento delle caratteristiche fisiche** responsabili della palatabilità, trasformazione culinaria, ecc. Tipico è il caso delle patate che assorbono meno grasso durante la frittura, o degli oli per la frittura ad alto contenuto in acidi grassi saturi e quindi più resistenti alla temperatura;
- **migliori caratteristiche di mantenimento**, ad esempio il pomodoro a ritardato avvizzimento già sul mercato, mentre sono in corso analoghi interventi sui broccoli, sedano, carote, meloni, lamponi, ecc.;
- **eliminazione di fattori tossici, antinutrizionali o allergenici naturali**, ad esempio colza a basso contenuto di acido erucico, lattuga a basso contenuto di nitrati, riso anallergico, lupino a basso contenuto di principi amari ed altri principi antinutrizionali, ecc.;
- **diminuito utilizzo di fitofarmaci** nei vegetali geneticamente resistenti alle infezioni e quindi ridotta o assente presenza dei loro residui.

È comunque ovvio che, superato ogni aspetto di sicurezza, anche per i vegetali alimentari biotecnologici vale quanto è avvenuto nel passato e cioè che è il *consumatore che deve decretare il successo o l'insuccesso di un alimento, valutandone tutte le caratteristiche, da quelle psico-sensoriali a quelle culinarie, ecc.*

Oggi inoltre abbiamo sistemi che ci assicurano livelli di sicurezza ben superiori di quelli del passato e della tradizione.

È infatti certo che oggi sarebbe assolutamente impossibile immettere sul mercato alimentare un tubero tossico, che mangiato crudo provoca patologie nell'uomo come negli animali... come la patata che contiene la solanina. In modo analogo è per la cipolla (classica è l'anemia da cipolle) o per il prezzemolo contenente il fortemente tossico ed abortigeno apiolo.

È inoltre da ricordare che l'inserimento di un unico gene, per ottenere l'espressione di un singolo carattere, spesso altamente specifico, ben difficilmente interferisce sugli altri caratteri che, tuttavia, sono facilmente e rapidamente controllabili.

Non è infine da dimenticare che tramite le biotecnologie è oggi possibile salvare varietà vegetali di pregio a rischio di estinzione. È il recente caso del pomodoro San Marzano, ecotipo di pregio coltivato quasi esclusivamente nell'areale campano, dove è stato attaccato dal Virus del Mosaico del Cetriolo che sta quasi completamente distruggendo il pregiato ortaggio. Tramite biotecnologie è stato possibile ottenere un pomodoro San Marzano transgenico che, pur mantenendo tutte le caratteristiche della varietà, è resistente al virus.

OGM ed Alimenti Transgenici Funzionali (ATF)

Nel quadro sopra tracciato di una produzione di *alimenti funzionali per l'uomo* ottenuti tramite le biotecnologie (*Alimenti Transgenici Funzionali - ATF*), in un ampio scenario e pur non sottovalutando l'ampissima gamma di prospettive, già oggi si possono vedere alcune importanti linee di sviluppo di alimenti funzionali importanti per la nutrizione umana e che hanno tutte carte in regola per divenire operativi fin dai primi anni del secolo XXI.

Le più importanti aree di sviluppo per la produzione di alimenti funzionali destinati all'alimentazione umana sono riportate nella Tab. 3, dalla quale si desume la grande varietà di obiettivi ed al tempo stesso l'importanza di una loro applicazione per una corretta nutrizione.

In questa sede sono utili alcune precisazioni relative a: oligo-saccaridi (c.d. fibra alimentare solubile); minerali organici; carotenoidi.

Oligo-saccaridi (c.d. fibra alimentare solubile)

Il fruttano (poli-fruttosil-saccarosio) o Fruttosio-Oligo-Saccaride (FOS) è un carboidrato polimero del fruttosio: di rado si superano le 100 unità di fruttosio e di norma il numero è molto inferiore. Si distinguono diversi fruttani: inulina, neoserie dell'inulina, levani lineari e non, neoserie dei levani. Questi carboidrati, analogamente al GOS (Galattosio-Oligo-Saccaridi), per mancanza di enzimi specifici, non sono digeribili dall'uomo e dagli animali, per cui vengono assimilati alla "fibra" indigeribile ed inquadrati nella "fibra solubile".

Nell'apparato digerente (ruminanti degli animali poligastrici, grosso intestino dei monogastrici e dell'uomo) esiste una microflora che fermenta i FOS ed i GOS, che intervengono in senso benefico sulle caratteristiche della flora intestinale stessa.

Ad esempio una dose giornaliera di 17 grammi di oligofruttosio stimola selettivamente la crescita di bifidobatteri e di lattobacilli e riduce il numero di batteri dei generi *Bacteroides*, *Clostridium* e *Fusobacterium* dotati di attività negative.

La modifica della popolazione batterica indotta dalla presenza dei FOS è potenzialmente più sana ed è ritenuta "probiotica". Mentre i batteri fermentanti (bifidobatteri, lattici, ecc.) sono definiti "probiotici", l'indispensabile substrato fermentato (FOS) è definito "prebiotico" e dalla somma di simbiotico+probiotico scaturisce il concetto di "simbiotico".

Anche in quanto fibra alimentare, i fruttani svolgono importanti attività salutistiche: riduzione delle calorie, prevenzione di alterazioni precancerogene intestinali, interferenza sul metabolismo del colesterolo, ecc. Inoltre i fruttani sono dolcificanti ipocalorici ed addensanti naturali utilizzabili in tecnologia alimentare.

Nell'orientamento sopra indicato i vegetali ricchi di FOS rientrano nell'ambito degli *alimenti nutraceutici*.

Particolarmente ricchi di fruttani sono il topinambur, la cicoria e la cipolla, ma con biotecnologie si sta lavorando per aumentare i FOS nella patata, nel mais e nella barbabietola da zucchero, per trasformarli in *alimenti funzionali*.

Mentre dalla barbabietola e dal mais si intende estrarre i FOS da utilizzare nella alimentazione umana, la patata ed il mais ricchi di FOS sono destinati al consumo diretto. Facilmente intuibili le conseguenze economiche ed industriali, soprattutto per quanto riguarda la disponibilità di una patata nella quale parte dell'amido è sostituita da fruttano: diminuzione del valore calorico, fornitura di un importante prebiotico, attività nutraceutiche intestinali e nel metabolismo del colesterolo, ecc.

Alimenti vegetali ricchi di fibra alimentare solubile (Fruttani - FOS) sono importanti *alimenti nutraceutici* o "alimenti disegnati" in relazione alle particolari

necessità nutrizionali umane ed in riferimento alla necessità di una corretta attività del grosso intestino.

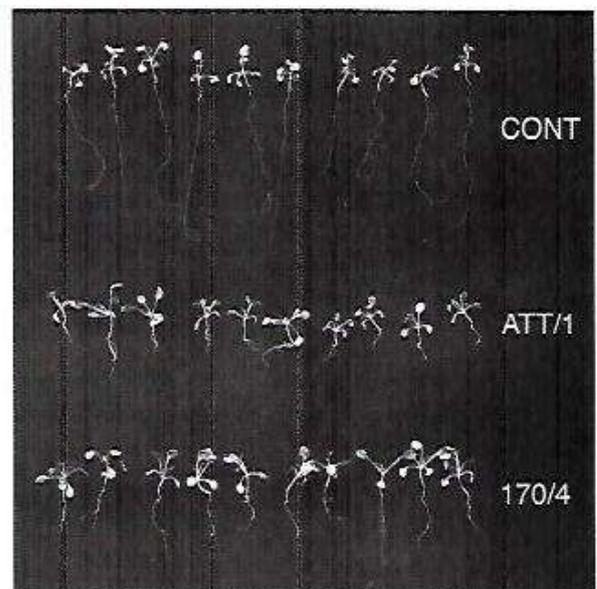
Minerali organici

È un concetto relativamente recente che l'attività biologica del selenio è un'espressione del selenio in un'ampia varietà di composti chimici e non del minerale di per sé. Per questo molti dei composti chimici contenenti selenio, presenti negli organismi viventi e negli alimenti naturali, sono oggi considerati *molecole strategiche minerali*.

Quanto sta avvenendo per il selenio, fino ad oggi considerato in alimentazione sotto il profilo di micronutriente minerale, è un'importante avvisaglia di una vera e propria rivoluzione alimentare che sta per interessare l'uomo e gli animali. Una rivoluzione che può essere sintetizzata nell'aforisma secondo il quale *le attività nutrizionali dei microelementi dipendono dal composto chimico di cui fanno parte, non dall'elemento per sé*.

In altri termini conoscere quanto selenio, ferro, rame, zinco e così via è presente in un alimento od in una dieta, non è importante quanto sapere sotto che forma ogni singolo elemento è presente nell'alimentazione. Questo non solo per quanto riguarda la percentuale di assorbimento e, o le interazioni a livello digestivo o metabolico, ma per le attività biologiche dei composti contenenti il microelemento. Tipico in proposito l'esempio del ferro e dell'emoglobina.

È noto che nel sangue vi è del ferro e che questo è contenuto nel pigmento rosso chiamato emoglobina, che serve al trasporto dell'ossigeno. È altrettanto evidente che per la funzione del sangue non è tanto importante il ferro di per sé, ma l'emoglobina che contiene ferro, tanto che se l'emoglobina è alterata,



come avviene in talune malattie genetiche, vi sono disfunzioni e patologie, nonostante la presenza di ferro.

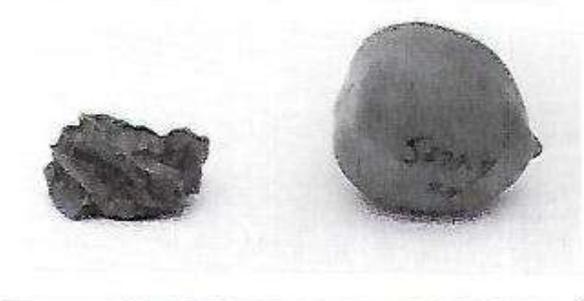
Altrettanto interessante è il fatto che il ferro presente negli alimenti viene assorbito in relazione alla sua forma chimica e quindi al tipo di alimento stesso. Ad esempio mentre la percentuale di ferro contenuta negli alimenti vegetali (riso, spinacio, fagioli neri, mais, lattuga e frumento) varia da 2 a 4 milligrammi per etto, l'assorbimento è dell'1-2,5% nel riso, spinaci e fagioli neri, del 4-4,5% nel mais e nella lattuga e del 5% nel frumento, contro un assorbimento di circa il 15 e più % del ferro contenuto nella carne, dove il ferro è legato a molecole organiche e tra queste anche alla ferritina.

La scarsa, ma al tempo stesso diversa percentuale di assorbimento del ferro di origine vegetale spiega come circa il 24% della popolazione mondiale (1,3 miliardi circa di persone) soffre di carenza di ferro, in particolare bambini in accrescimento e donne, con una serie di disturbi organici e psico-comportamentali.

In modo analogo al ferro si comportano altri micronutrienti minerali, ed in particolare cromo, zinco, iodio e selenio.

Le moderne conoscenze rivoluzionano tutta la pratica della integrazione microminerali degli alimenti in nutrizione umana, ed al tempo spiegano molti insuccessi e certi successi, ma anche alcuni abbagli e strumentalizzazioni, più o meno lecite.

La rivalutazione dei composti organici minerali, vere e proprie *molecole strategiche minerali*, se da una parte conferma il ruolo alimentare delle carni e soprattutto delle frattaglie, apre nuove prospettive di ottenere vegetali contenenti molecole contenenti minerali (ferro, zinco, selenio, cromo, iodio) più facilmente e completamente assorbibili e sopra tutto dotati di



Pomodori a lenta maturazione. Il pomodoro sulla sinistra è un pomodoro normale, mentre quello a destra è un transgenico che rallenta la sintesi di etilene, riducendola al 10%. I pomodori sono stati raccolti quando avevano un colore rosa e sono stati tenuti in condizioni sterili e a temperatura ambiente. Nel periodo di tempo durante il quale il pomodoro normale è completamente appassito (137 giorni dal raccolto) il pomodoro transgenico risulta ancora turgido e colorato in rosso. Questo poiché nel pomodoro transgenico l'intero processo di maturazione è stato rallentato.



Piante di soia geneticamente ingegnerizzate tolleranti gli erbicidi. Questo campo di soia con piante trasformate con il gene della EPSP sintasi sono state spruzzate con glifosfato al doppio dell'applicazione normale. Notare la completa assenza di erbe infestanti. Una fila di controllo con piante di soia non transgeniche è anche stata uccisa. Le piante di soia transgeniche producono la stessa resa in legumi delle piante di controllo non spruzzate.

particolari attività nutraceutiche.

Per il selenio si è iniziato ad identificare la serie di composti metallo-organici dotati di significativa attività anticancerogena, sia a livello di cancerogenesi genotossica che di crescita delle neoplasie, quindi con importanti attività profilattiche e curative, mentre il selenio di per sé od in forma inorganica non ha alcuna di queste importanti attività!

Sempre per il selenio è stata dimostrata la interazione metabolica tra questo micronutriente minerale ed il quadro aminoacidico metabolico, ma sopra tutto l'importanza che hanno taluni alimenti nei quali il minerale è presente in particolari forme organiche.

Produrre vegetali con microminerali ad elevato assorbimento e contenuti in molecole organiche dotate di particolari attività biologiche rientra nelle concrete possibilità delle biotecnologie. Un esempio già concreto è quello di un riso transgenico contenente il gene della *ferritina* ottenuto da tessuti animali e che permette un elevato assorbimento del ferro.

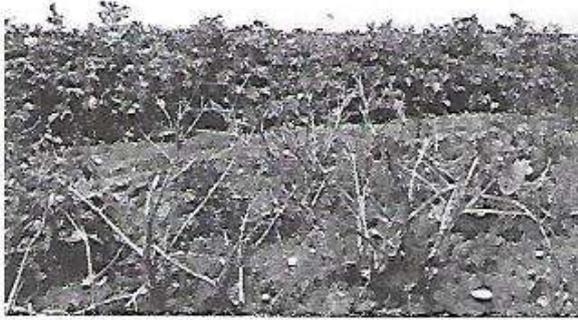
In modo analogo è possibile ottenere vegetali transgenici con bassi quantitativi di acido fitico, un inibitore dell'assorbimento del ferro alimentare.

La prospettiva di avere una alimentazione vegetale ricca di ferro altamente assorbibile apre nuovi orizzonti al cosiddetti *alimenti funzionali* e dà nuovo respiro alla *nutraceutica*.

Carotenoidi

Sempre maggiore attenzione si sta dedicando ai carotenoidi, flavonoidi, ecc. presenti nei vegetali ed alle possibilità di assicurare la loro presenza nella dieta.

Il riso è uno degli alimenti che costituiscono la base



Campo di patate infestato dal coleottero Colorado della patata. Le file sullo sfondo sono state trattate con un preparato di tossina Bt incapsulata in batteri *Pseudomonas fluorescens* uccisi con calore.

alimentare ad una sostenuta percentuale della popolazione mondiale, ma è completamente privo di beta-carotene, precursore della vitamina A. Con ingegneria genetica si è già riusciti ad inserire separatamente nel riso i tre geni necessari per la sintesi del beta-carotene e tramite l'incrocio delle nuove linee transgeniche si sta sviluppando un riso capace di fornire il beta-carotene nutrizionale necessario.

In modo analogo è possibile aumentare il contenuto di carotenoidi in vegetali che già li contengono, come è per il pomodoro. In questo ortaggio il licopene è il maggior carotenoide; il beta-carotene è il secondo, ma vi sono altri carotenoidi presenti in piccole, ma misurabili quantità e che con interventi transgenici possono venire raddoppiati o triplicati ed il beta-carotene aumentato anche di sette volte.

Politica Nutrizionale ed Alimenti Transgenici Funzionali

Il salto di qualità nell'efficacia di modificazione dei vegetali offerto dalla bioingegneria è stato già utilizzato per aumentare la quantità di prodotto, spesso in relazione ad un più efficace controllo di parassiti che minavano la coltivazione. È anche iniziato il processo di manipolazione genetica per ottenere prodotti con migliori caratteristiche commerciali (più lunga conservabilità del pomodoro). Tutto questo conferma che il sistema è efficace e che non lo si potrà fermare, ma soltanto indirizzare. Verso quali obiettivi?

Ferma restando l'ineliminabile necessità della sicurezza (*conditio sine qua non* di ogni alimento, anche se relativa – vedi l'esempio della patata e del prezzemolo!) oggi, per i vegetali utilizzati in alimentazione umana, si prospettano le seguenti aree di manipolazione genetica, per una costruzione di alimenti dotati di caratteristiche ben specifiche.

Qualità sanitaria

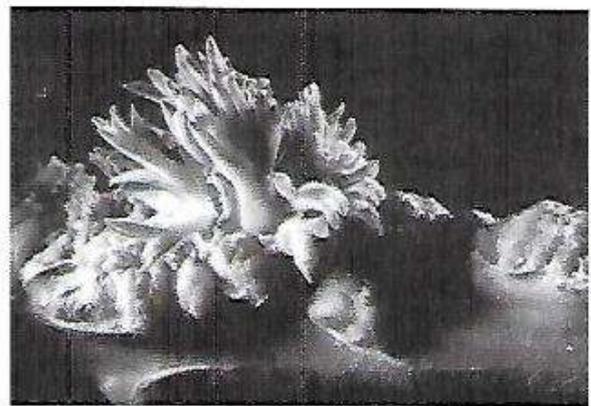
Non si tratta soltanto di ridurre od abolire i fitofarmaci ed i loro residui, ma anche di ridurre componenti tossiche o rischiose (anche cancerogene) *naturalmente* contenute negli alimenti vegetali. Indicativo è l'esempio del radicchio che, soprattutto quello rosso, contiene quantità di nitrati (diversi grammi per etto!) che sarebbero assolutamente intollerabili per qualsiasi alimento che non avesse una tradizione di "naturalità" (natura matrigna, in questo caso!).

Qualità nutrizionale

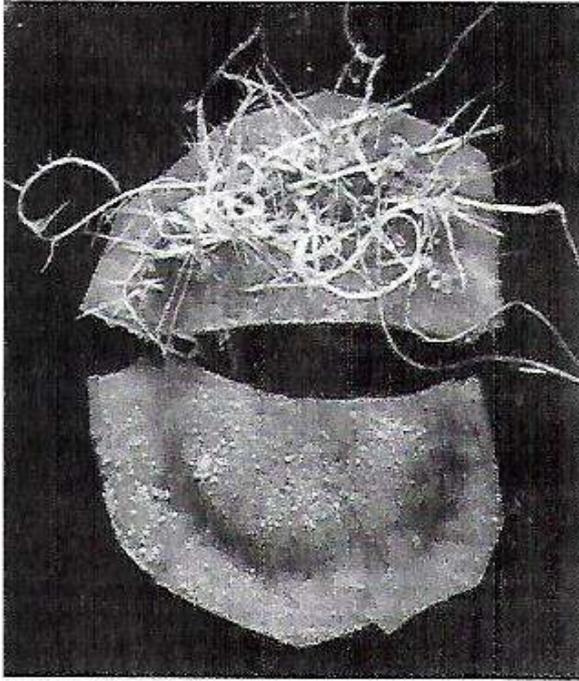
Non esiste alcun alimento che da solo possa soddisfare le esigenze nutrizionali umane o di qualsiasi altra specie. Per questo l'uomo è onnivoro, ma oggi aumenta il rischio della monofagia, anche se questa è mascherata dalla cucina. Nonostante tutte le manipolazioni culinarie l'uomo occidentale si ciba di un limitatissimo numero di specie vegetali. Un miglioramento di queste sotto l'aspetto nutrizionale completo e non solo energetico è sempre più importante, come dimostra la diffusione di carenze minerali (tipica quella da ferro, ma altrettanto si può dire per altri metalli), acidi grassi particolari e fattori biologici (carotenoidi, ecc.). Disporre di alimenti resi tendenzialmente completi attraverso l'ingegneria genetica risponde ad una importante richiesta nutrizionale, soprattutto di fronte ad una popolazione mondiale in continuo aumento ed alla prevedibile riduzione degli alimenti di origine animale.

Qualità nutraceutica

Oggi al cibo non si esige più soltanto "che non faccia male", ma si chiede "che faccia bene", in una concezione *nutraceutica* dell'alimentazione. Fornire al consumatore, ad esempio, alimenti vegetali ricchi non solo di vitamine e minerali, ma anche di fibra solubile è oggi una necessità che ha un importante risvolto probiotico e quindi preventivo. Se non, curarsi, almeno prevenire le malattie con l'alimentazione



Un ceppo di *Agrobacterium tumefaciens* produce un tumore di tipo shooty su un fusto di tabacco.



Un ceppo virulento di *Agrobacterium rhizogenes* determina la produzione di radici solo sulla metà inoculata di un disco di carota.

oggi non è più un'utopia, ma una realtà che può essere concretizzata con alimenti adatti (*alimenti funzionali*).

Qualità organolettica

Sempre più ci si rende conto della saggezza del gusto e che un cibo "buono" e "gustoso" non solo è sano, ma anche "fa bene". Lo sviluppo di cibi transgenici "buoni" non è soltanto una esigenza commerciale, ma risponde anche ad esigenze più importanti, dato che molti dei principi attivi buoni, ad esempio molti aromi, svolgono anche attività biologiche e nutrizionali positive.

Qualità tecnologica

Non ultima area di operatività delle biotecnologie applicate agli alimenti vegetali è quella di avere caratteristiche tecnologiche che, dalla raccolta nel campo, fino al piatto del consumatore e passando attraverso la conservazione e trasformazione, rispondano alla inevitabile mondializzazione del commercio degli alimenti.

Qualità sociale

I cibi fanno parte della società e la perdita del pomodoro San Marzano può essere irreparabile come quella di una specie selvatica o di un Giacimento Eno-gastronomico. Soprattutto in questo ambito le biotecnologie e l'ingegneria genetica di per sé non sono "buone" o "cattive": tutto dipende dal loro uso. Se è vero che il mais biotecnologico transgenico rischia

di spazzare le razze tradizionali (ricordiamo che gli Aztechi che non conoscevano le biotecnologie avevano già spazzato via il progenitore selvatico del mais!) è altrettanto vero che le stesse biotecnologie stanno salvando il pomodoro di San Marzano e potranno fare lo stesso per tutte le varietà vegetali a rischio di estinzione per infezioni o cambiamenti climatici.

L'avvento delle biotecnologie vegetali dà quindi nuove prospettive di gestione "politica" del cibo.

Fino a poco tempo fa era necessaria una POLITICA ALIMENTARE il cui obiettivo era quello di produrre cibo, soprattutto energia (amidi e grassi) e proteine. Una politica prevalentemente agricola che oggi, nei paesi industrializzati e per diversi aspetti, è in crisi. Nei paesi industrializzati la Questione Alimentare è di qualità e quindi esige una POLITICA NUTRIZIONALE nella quale gli aspetti sanitari, soprattutto preventivi, si associano a quelli di una migliore qualità della vita e dell'ambiente.

Senza entrare in discussione su chi deve guidare la Politica Nutrizionale (Agricoltura? Sanità? Agenzia specifica e "trasversale"?) è ovvio che oggi, ma sempre più nei prossimi anni le biotecnologie e soprattutto l'ingegneria genetica applicata agli alimenti vegetali avrà un ruolo di primo piano soprattutto nel produrre *alimenti transgenici funzionali* per una sana *nutraceutica*.

Conclusioni

L'attuale dibattito sull'entrata e diffusione delle biotecnologie nel campo alimentare e sugli alimenti vegetali transgenici deve tenere conto della globalizzazione del mercato alimentare e non può sottovalutare l'estremo interesse che vi è ad esempio, per il continente asiatico, di un riso con il gene della transferrina e quindi con un ferro altamente assorbibile ed utilizzabile, o di altri vegetali ricchi di particolari acidi grassi insaturi, come gli omega-3, che oggi ricaviamo dal pesce, ma che non sarà possibile dare a tutti.

Anche in questo orientamento, superata la *conditio sine qua non* della sanità, per quanto riguarda tutti gli altri, pur giusti criteri di giudizio necessari per una accettazione od un rigetto non tanto delle biotecnologie, ma di ogni singolo e specifico cibo transgenico, è necessario utilizzare il criterio del costo/beneficio.

Se tra i costi devono essere messi anche quelli ambientali e della biodiversità, culturali e sociali, ecc., tra i benefici vanno posti quelli sanitari, nutrizionali e nutraceutici, di salvaguardia di varietà in via di estinzione ecc., ma soprattutto il fatto di potere, per la prima volta, costruire alimenti vegetali completamente adatti all'uomo (*alimenti funzionali biotecnologici*), gli unici che possono permettere una riduzione degli alimenti di origine animale (argomento questo, comunque da valutare in una logica di costo/beneficio).