


## FIBRA ALIMENTARE



### FIBRA ALIMENTARE

1953: Hipsley. "fibra dietetica" come sinonimo di costituenti non digeribili facenti parte della parete cellulare delle piante.

Anni '70: Trowell, Burkitt, Walzer. Individuazione della relazione inversa tra consumo di fibra e rischio di insorgenza di certe patologie.

LA DEFINIZIONE, FORMULATA NEL 2000  
DALL'AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST:

"La fibra alimentare è la parte commestibile di piante, è resistente alla digestione, non è assorbita dall'intestino tenue dell'uomo e, nell'intestino crasso, subisce una completa o parziale fermentazione. Essa include polisaccaridi, oligosaccaridi, lignine e sostanze di origine vegetale correlate a queste. La fibra alimentare promuove effetti fisiologici positivi, favorendo l'evacuazione e abbassando il livello del colesterolo e/o del glucosio ematico."

### CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

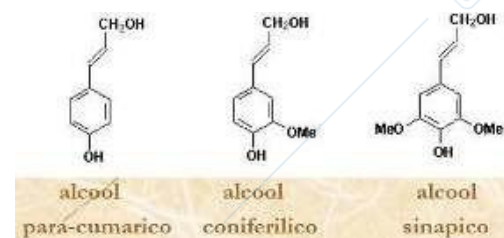
- struttura chimica:** polisaccaridi  
polimeri aromatici
- proprietà chimico-fisiche:** fibra solubile e fibra insolubile in acqua  
fibra fermentescibile e non fermentescibile
- all'origine:** fibra vegetale  
fibra animale  
lieviti e batteri
- alla localizzazione e funzione all'interno della pianta:** nella parete cellulare con funzione strutturale e di sostegno  
in granuli all'interno delle piante con funzione di riserva

Inizialmente abbiamo detto che esiste una componente di polisaccaridi di sostegno, questi fanno parte della cosiddetta fibra alimentare. La fibra alimentare è la parte commestibile delle piante superiori che non è digeribile dal nostro organismo poiché è costituita da polimeri di zuccheri tenuti assieme da legami di tipo  $\beta$ - glicosidico che per loro natura chimica non possono essere attaccati dalle  $\alpha$ - amilasi del nostro organismo e pertanto non possono essere digerite. La fibra passa senza essere digerita dal nostro organismo e può essere fermentata parzialmente o totalmente dall'intestino crasso.

La fibra alimentare insolubile per eccellenza è la **cellulosa**. Questa si trova spesso e soprattutto nelle parti legnose degli alberi, associata alla lignina.

( fonte di polifenoli )

La **lignina** in realtà non è un polisaccaride perché le unità presenti sono alcol fenolici che polimerizzano e danno luogo a questa struttura che si associa appunto a polisaccaridi come la cellulosa nelle strutture cellulari. La **lignina** è pertanto classificata all'interno della fibra alimentare in quanto legata alla cellulosa, con la quale garantisce il sostegno delle pareti dei vegetali. Tra i suoi costituenti più rappresentati si ritrovano: l'**alcol coniferilico**, l'**alcol para-cumarico** e l'**alcol sinapico**.



Frazioni	Composizione chimica	
	Catena principale	Eventuali catene laterali
Cellulosa	Glucosio	—
Emicellulose	Xilosio Mannosio Galattosio Glucosio	Arabinosio Galattosio Ac. glicuronico
Pectine	Ac. galatturonico	Ramnosio Arabinosio Xilosio Fucosio
Mucillagini	Galattosio-mannosio Glucosio-mannosio Arabinosio-xilosio Ac. galatturonico-ramnosio	Galattosio
Gomme	Galattosio Ac. glicuronico-mannosio Ac. galatturonico-ramnosio	Xilosio Fucosio Galattosio
Polisaccaridi algali	Mannosio Xilosio Ac. glicuronico Glucosio	Galattosio
Lignina	Alcol sinapilico Alcol coniferilico Alcol p-cumarilico	Struttura tridimensionale

La fibra si divide in:

FIBRA SOLUBILE	FIBRA INSOLUBILE
formata da polisaccaridi a basso peso molecolare e con costituenti polari	formata da polisaccaridi ad alto peso molecolare e lignina
Non viene digerita nell'intestino tenue	Non viene digerita nell'intestino tenue
Possiede elevata capacità di idratazione	Trattiene acqua e gas presenti nel tratto intestinale stimolando la velocità di transito
Aumenta la viscosità del contenuto intestinale interferendo con la sua velocità di transito	Interferisce in modo trascurabile sulla viscosità del contenuto luminale
Viene fermentata nel colon ad opera della microflora intestinale	Viene scarsamente o non fermentata nel colon ad opera della microflora intestinale
Non viene escretata tal quale	Viene quasi totalmente escretata tal quale

➤ **Fibra solubile:** la fibra che a contatto dell'acqua assorbe grandi quantità di acqua, si rigonfia e aumenta di volume anche fino a 200 volte. Può subire nel crasso una parziale o totale fermentazione a carico della flora batterica intestinale.

➤ **Fibra insolubile:** in acqua non subisce questo forte rigonfiamento, si idrata ma non troppo e viene escretata tal quale.

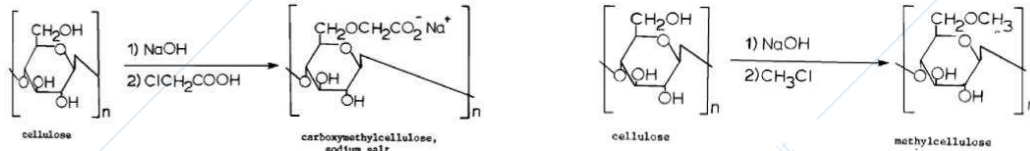
La fibra è di origine vegetale nella maggior parte dei casi, ma possiamo ritrovare anche fibre di origine animale o di origine batterica o da lieviti. All'interno delle piante, la fibra serve per dare sostegno alle pareti cellulari, avendo questa funzione di sostegno. Gli effetti di fibra solubile e insolubile in vivo sono diversi (tabella).

Alcuni esempi di fibre vegetali sono:

### CELLULOSA

Classica fibra **insolubile**. Presenta catene lineari con almeno 3000 unità di glucosio unite tramite legami  **$\beta$ 1,4**. (struttura ad elevato peso molecolare che non presenta ramificazioni). A partire dalla cellulosa si possono ottenere delle molecole per aggiunta di un qualche gruppo al C6, tra queste: **carbossi-metil-cellulosa** e **metil-cellulosa**. Tale modificazione viene effettuata per migliorare le caratteristiche della cellulosa ed in particolare per renderla più reattiva nei confronti dell'acqua.

La **carbossi-metil-cellulosa** è ampiamente utilizzata per incrementare la viscosità di numerosi alimenti (gelati,



dessert congelati, creme in cui ritarda la cristallizzazione). Aumenta la stabilità e la shelf-life di numerosi alimenti. (In generale è possibile affermare che più una molecola è carica in soluzione, più questa sarà solubile in acqua, in quanto quest'ultima tende a solvatare molecole cariche (sia positive che negative).

La **metil-cellulosa** viene invece utilizzata per conferire consistenza a molti cibi dietetici privi di glutine. (Il gruppo OH viene sostituito dal gruppo metilico). Questa trasformazione al contrario della precedente va a garantire una minore reattività nei confronti dell'acqua.

### EMICELLULOSE

Molte emicellulose sono **solubili**. Sono presenti etero-polisaccaridi strutturali a catena ramificata in cui sono presenti anche monosaccaridi diversi dal glucosio (xilosio, mannosio, arabinosio...); strettamente associate alla cellulosa nelle pareti cellulari dei vegetali, dalle quali è possibile estrarle con soluzioni alcaline (KOH al 15%).

### GLUCOMANNANO

Polisaccaride costituito per il **40% da residui di D-glucosio** e per il **60% da D-mannosio**, legati tra loro attraverso legami  **$\beta$ 1,4**. Alcuni residui sono acetilati. Viene ritrovato in alcuni tuberi orientali (appartenenti al genere **Amorphophallus**) dai quali si ottiene la **farina di konjac**. (Si tratta di una forma di fibra **solubile**).

### LIGNINA

Polimero fenolico completamente insolubile in acqua. Nella parete cellulare delle piante, strettamente associata alla cellulosa ed emicellulose. Identificati possibili legami crociati con arabinoxilani.

## SUBERINA

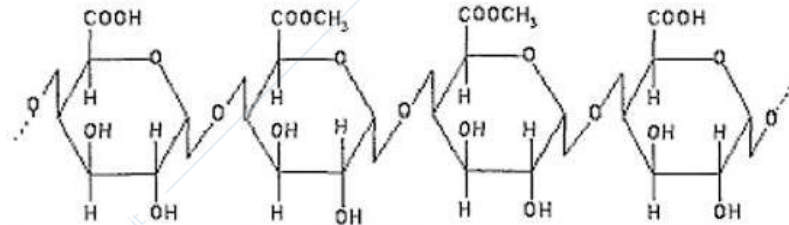
Contiene gruppi polifenolici.

Dominio polifenolico: grande quantità di acido ferulico e derivati; piccola quantità di alcool para-cumarico, coniferilico e sinapico

Dominio polialifatico: costituito da alcanoli, acidi idrossialcanoici, epossidi a catena media...

In cellule delle parti sotterranee delle piante, nel sughero nei tessuti aerei delle specie legnose.

## PECTINE

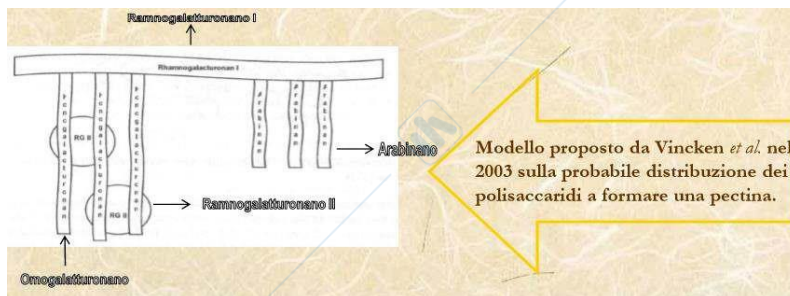


**OMOGALATTURONANI:** polimeri acido galatturonico le cui unità legate con  $\alpha(1\rightarrow4)$ . Una parte gruppi carbossilici esterificata con  $OCH_3$ .

**RAMNOGALATTURONANO I:** unità alternate di ramnosio legate  $\alpha(1\rightarrow2)$  ed unità di acido galatturonico legate  $\alpha(1\rightarrow4)$ , che possono portare gruppi acetile.

**RAMNOGALATTURONANO II:** scheletro galatturonico ramificato con ramnosio, arabinosio, galattosio.

**ARABINANI:** unità arabinofuranosidiche legate con  $\alpha(1\rightarrow5)$ , che possono essere ramificate con unità di arabinofuranoside.



Polimeri lineari dell'acido alfa-D-galatturonico legate attraverso legami 1-4 glicosidici e con parte dei gruppi carbossilici esterificati con metanolo. Sono degli agenti naturali utilizzati come gelificanti.

Esistono tutta una serie di pectine modificate per avere dei sistemi adatti, variando la viscosità. Sono ritrovate in alimenti di origine vegetale, quali mele, arance... In queste ultime, la parte "bianca" che si ritrova al di sotto del flavedo, l'albedo, si ritrovano delle elevate quantità di pectine, tanto è vero che da qui vengono estratte.

Vengono anche usate nella preparazione di confetture perché conferiscono viscosità e gelatinizzano.

## GOMME

Presentano un elevato grado di ramificazione, fanno parte della fibra solubile e infatti riescono ad intrappolare grosse quantità di acqua. Le più note sono: la **gomma di guar** e la **gomma adragante**.

**GOMMA ADRAGANTE:** Essudato che si ottiene dall'albero *Astragalus gummifer*. Costituita da **acido adragantico**, struttura formata da uno scheletro di residui di **acido galatturonico** legati con legami alfa 1,4, spesso intercalato da L-ramnosio, e con catene laterali di D-xilosio.

**GOMMA GUAR:** Polisaccaride di riserva presente nell'endosperma dei semi di un arbusto che appartiene alla specie delle **leguminose**, il *Cyamopsis tetragonoloba*. Scheletro di residui di **D-mannosio** legati da legami beta 1,4, al quale si attaccano in modo alternato con legame alfa-1,6 delle ramificazioni laterali con un solo residuo di **D-galattosio**. Presentano solitamente un elevato grado di ramificazione che garantisce un buon grado di solubilità.

## FOS: Frutto-oligo-saccaridi

Appartengono al gruppo dei fruttani (polimeri del fruttosio).

Costituiti da 2-4 unità di D-fruttosio legate con legami beta-1,2 e da una molecola di glucosio in posizione terminale. Fibre **solubili** presenti in piccole quantità in cereali (grano, segale) e in ortaggi (cipolle, aglio, carciofi, asparagi...).

## INULINA

Costituite da un certo numero di unità di **D-fruttosio** (da 50 a 150 circa) legate con legami beta-1,2 e a volte la catena termina con un residuo di glucosio. Si trovano principalmente nelle radici della cicoria (*Cichorium intybus*) e nei carciofi di Gerusalemme (*Helianthus tuberosus*). Esistono diversi tipi di inulina che variano con il variare dell'alimento in cui si ritrovano e possiedono diversi pesi molecolari. Quelle con basso peso molecolare e leggermente ramificate, sono riconosciute come **prebiotici** (dall' EFSA). Prebiotico significa che è capace di favorire lo sviluppo dei microrganismi "benefici" del Microbiota dell'uomo (per lo più Lactobacillus e Bifidumbacteria). In uno studio del 2005 è stata inoltre testata e verificata la loro capacità di agire come prebiotico anche dopo processi di cottura (addirittura tendono a migliorare la loro azione)!

## AMIDO RESISTENTE

Come le inuline, l'amido resistente possiede delle proprietà prebiotiche. Si ottiene tramite processi di gelatinizzazione e retrogradazione; questo è più resistente alla digestione grazie al riarrangiamento della struttura cristallina. Le tipologie di amido resistente sono quattro: RS1, RS2, RS3 e RS4; a seconda del tipo di amido si ritrovano nel grano, legumi, patate crude e cote, pane, cereali, ecc.

Nella cottura a vapore, viene garantita all'amido una quantità inferiore d'acqua, per tale motivo questo non riuscirà a rigonfiare come potrebbe fare potenzialmente e pertanto a risentirne sarà la sua struttura chimica.

### COSTITUENTI DI ALTRE ORIGINI

#### CHITOSANO

La chitina è un polisaccaridice che si trova nei funghi, negli artropodi e negli invertebrati marini. Costituita principalmente da catene non ramificate di N-acetil-D-glucosamina; viene estratta dall'esoscheletro dei crostacei.



chitin

chitin deacetylase

chitosan

Il chitosano si ottiene dalla chitina tramite un processo di deacetilazione

#### β GLUCANO DALIEVITO

Polisaccaride che deriva dalla parete cellulare del lievito *Saccharomyces cerevisiae*.

#### GOMME SECRETE DABATTERI

**XANTANO:** Prodotta dal batterio *Xanthomonas campestris*. Catena lineare con 10.000-250.000 unità di glucosio unite con β(1→4).

**GELLANO:** Prodotta dal batterio *Pseudomonas elodea*. Polimero non ramificato formato dalla ripetizione di un tetrasaccaride (glucosio -ramnosio -glucosio -acido glucuronico).

### La fibra nella dieta

#### QUANTITA' RACCOMANDATA

Raccomandato da American Dietetic Association e dal Gruppo di esperti sulla fibra del FASEB

20 g/die

limite inferiore per l'esplicitarsi degli effetti benefici a livello intestinale

35 g/die

limite di sicurezza per evitare gli effetti negativi sul bilancio minerale

livello di assunzione considerato ottimale **30 g/die**



#### CONTENUTO NEI CIBI

Si trova solo in cibi di origine vegetale: cereali, ortaggi, legumi, frutta, frutta secca.

Frutta e ortaggi hanno un alto contenuto d'acqua e bassa percentuale di fibra

➡ da 1 a 5%. Legumi e frutta secca sono ricchi di fibra ➡ più del 7%

Dipendentemente dai metodi di determinazione applicati i valori relativi al contenuto di fibra in un alimento può variare anche del 10-20%.

## ASSUNZIONE DI FIBRA GIORNALIERA

Gli esperti consigliano un apporto giornalieri di circa 30g. Le fonti principali della fibra sono naturalmente: cereali integrali, frutta, verdura...

i cereali integrali possiedono una fibra prevalentemente insolubile, mentre frutta e verdura sono per lo più costituiti da fibra solubile.

## EFFETTI FISIOLGICI DELLA FIBRA

### STOMACO

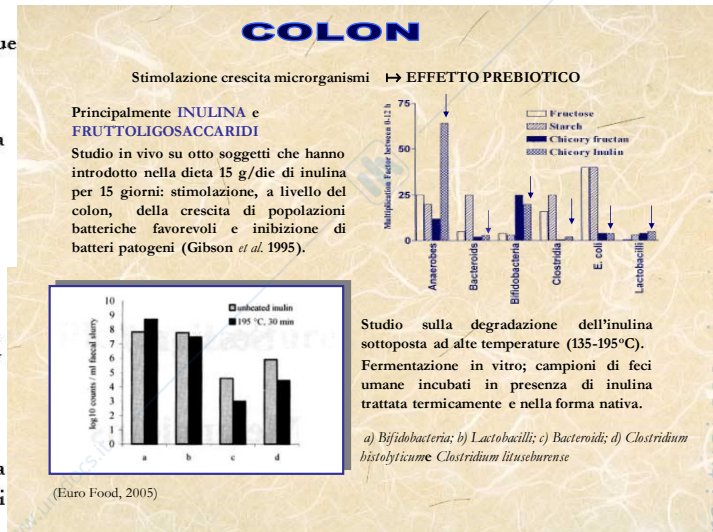
- aumento del riempimento gastrico → senso di sazietà
- ritardo dello svuotamento gastrico → lento passaggio del cibo all'intestino tenue

### INTESTINO TENUE

- ritardo nell'assorbimento dei nutrienti → influenza sul livello di zuccheri e insulina nel sangue
- legume con composti organici → influenza sul metabolismo lipidico
- legume con i minerali → influenza sull'assorbimento dei minerali
- distensione pareti intestino tenue → riduzione del tempo di transito

### COLON

- aumento della massa → influenza sulla motilità intestinale, aumento del peso delle feci
- ritenzione di acqua → morbidezza del contenuto intestinale, aumento della massa delle feci
- formazione di acidi grassi a catena corta (SCFA) → energia per la flora intestinale, regolazione della crescita e differenziazione delle cellule epiteliali dell'intestino



**MECCANISMO ASPECIFICO:** La fibra solubile tende a rigonfiarsi per il continuo assorbimento di acqua, questo va a comportare un'occupazione spaziale dello stomaco maggiore, inducendo pertanto al **senso di sazietà**. Una volta giunta all'intestino, il transito della fibra in questa porzione avviene molto velocemente, riducendo il tempo di contatto tra i nutrienti e i villi intestinali, favorendo un ridotto assorbimento di colesterolo ma anche di glucosio.

**RIDOTTO ASSORBIMENTO INTESTINALE:** la presenza della fibra alimentare negli alimenti si traduce ovviamente in una minore concentrazione di altri nutrienti; infatti se si mangia "100" e almeno "10" è fibra, è chiaro che l'assorbimento di nutrienti è limitato. (In questo senso è meglio mangiare alimenti più ricchi di fibra).

**MECCANISMO INDIRETTO:** È stato visto che uno dei prodotti della fermentazione della fibra a livello del colon, l'**acido propionico**, viene riassorbito dall'organismo e giunto a livello epatico può giocare un ruolo a sfavore della sintesi del colesterolo.

**MECCANISMO INDIRETTO:** Un altro meccanismo ha a che fare con gli **acidi biliari**. Una piccola parte di questi non viene riassorbita e quindi giungono al colon dove possono subire una fermentazione oppure essere eliminati. Quello che si è visto è che: "perdendosi" sempre queste piccole percentuali di acidi biliari che non vengono riassorbiti, essendo questi prodotti a partire dal colesterolo, il fegato tende a rilasciare il colesterolo che verrà quindi utilizzato per la sintesi degli acidi biliari. (Così viene sempre favorita la presenza degli acidi biliari e allo stesso tempo il "consumo" di colesterolo).

La fermentazione della fibra porta alla produzione di acidi grassi a catena corta

SUBSTRATO	ACETATO	PROPIONATO	BUTIRRATO
Amido resistente di tipo 2	53	16	30
Amido resistente di tipo 3	62	12	24
Avena	55	22	19
Frumento	65	16	16
Gomma guar	53	37	7
Inulina	60	15	24

Tra questi SCFA (short chain fatty acids), il **butirrato** (non acido butirrico a causa del pH dell'intestino) sembra svolgere delle importantissime attività a livello locale, che variano in funzione dello stato delle cellule. (Effetti in tabella).

Agisce in ogni caso in senso positivo, evitando per esempio l'iperproliferazione cellulare che può indurre a cancro, piuttosto che modulare le risposte immuni ed infiammatorie; o ancora regolarizzare la motilità del Colon, piuttosto che inibire la crescita cellulare inducendo ad apoptosi (nel caso di tumore) e così via..

## EFFETTI ANTITUMORALI

### CANCRO AL COLON

La correlazione tra consumo di fibra e cancro al colon è ancora controversa.

La capacità della fibra di agire come agente protettivo dovuto alla produzione di sostanze che provengono dalla fermentazione, principalmente acido butirrico.

Amido resistente  
(Topping et al. 2001)

Fermentato nella regione distale del colon, sito dove molti tumori hanno inizio

In vitro l'acido butirrico (Orchel et al. 2005):

- inibisce la crescita e la proliferazione delle cellule tumorali
- induce la differenziazione di queste cellule in cellule normali
- induce l'apoptosi delle cellule cancerogene
- modifica l'espressione degli oncogeni

#### ALTRO MECCANISMO:

Fibra trattiene acqua, diluisce le sostanze tossiche presenti nel lume, accelera il transito intestinale e riduce il tempo di contatto delle scorie con la mucosa riduce il rischio di effetto mutageno.



#### ADENOMA COLON -RETTALE:

risultati contrastanti (Schatzkin et al. 2000; Bonithon-Kopp et al. 2000).

## EFFETTI SULLA CELIACHIA

Molti studi riportano che una dieta gluten-free (GF) potrebbe essere deficiente di fibre, vitamine e minerali (Grehn et al. 2001). Negli ultimi anni sono stati messi a punto molti prodotti senza glutine, ma ricchi di fibre.

Studio eseguito a Gothenburg nel 2003 (Storsrud et al. 2003)

#### OBIETTIVO

Capire effetti dovuti all'aggiunta di una grande quantità di avena in un'alimentazione GF, confrontandoli con quelli di una normale dieta senza glutine.

- 20 pazienti celiaci (12 donne e 8 uomini)
- 4 giorni consecutivi

Controllo rigoroso sulla dieta: quantità, composizione, eventuali disturbi, esperienze soggettive

#### EFFETTI DIETA GLUTEN -FREE + AVENA

- ➔ apporto di energia e macronutrienti non cambia molto
  - ➔ diminuzione introduzione grassi, snacks (cioccolate, caramelle, popcorn), bevande alcoliche, caffè, tè
  - ➔ aumento introduzione carboidrati, dolci e biscotti contenenti avena
  - ➔ aumento delle funzioni intestinali, flatulenza e distensione addominale
- Intenzione di voler continuare a mangiare avena anche dopo il periodo di studio.

L'avena aumenta il valore nutrizionale della dieta, la rende più gradevole per i pazienti e ciò incrementa l'adesione al trattamento.

## METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLA FIBRA

I metodi per la determinazione della fibra alimentare sono ascrivibili a due gruppi principali:

**METODI ENZIMATICO-GRAVIMETRICI:** allontanamento, grazie ad idrolisi con opportuni enzimi, di tutti i componenti digeriti a livello gastrico e intestinale (amido, proteine, grassi) e raccolta del residuo, valutato per pesata e corretto per il contenuto in proteine e ceneri, che rappresenta la parte non digeribile dell'alimento che raggiunge l'intestino crasso.

Prosky e coll., 1985 e revisioni successive del 1988,1992,1994.

Lee e coll., 1992

Li e Cardozo, 1994

**METODI ENZIMATICO-CHIMICI:** allontanamento e/o idrolisi enzimatica dei carboidrati disponibili (monosaccaridi, disaccaridi, amido) e il contenuto in carboidrati del residuo ottenuto viene dosato e caratterizzato chimicamente.

Southgate, 1969

Englyst e coll., 1982 e revisione del 1992

## Recenti studi hanno dimostrato effetti benefici della fibra sulla salute umana

#### EFFETTI CERTI

- aumento senso di sazietà
- effetto prebiotico,
- azione contro la stipsi,
- riduzione glicemia ed insulinemia,
- azione sul metabolismo lipidico

#### EFFETTI DA CONFERMARE

- azione antitumorale,
- sulle coronaropatie
- sulla celiachia

La popolazione è scarsamente informata sulle potenzialità salutistiche e, nella maggior parte dei casi la quantità di assunzione è minore di quella ottimale.



Per il futuro:

ampliare le conoscenze  
informare maggiormente la popolazione  
sull'importanza della fibra nella dieta