



DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE DELLA VITA



# CORSO: ALIMENTI NUTRIENTI E SALUTE

## Anno Accademico 2021-2022

**Lezione 22 Novembre 2021**

# COSA SONO LE FIBRE?

## VECCHIA DEFINIZIONE

Carboidrati complessi e lignina di origine vegetale resistenti all'idrolisi enzimatica nell'intestino tenue degli umani

## NUOVA DEFINIZIONE

Carboidrati complessi di origine vegetale, salvo alcune eccezioni, non digeribili dagli umani nell'intestino tenue **ma** che vengono trasformati nell'intestino, specie crasso, per azione dei batteri locali, componenti il microbiota.

Il termine **Microbiota** sostituisce quello superato di flora intestinale (non appartiene al regno vegetale)

# CLASSIFICAZIONE DELLE FIBRE SECONDO LA COMPOSIZIONE CHIMICA

## NON-STARCH POLYSACCHARIDES (NSP)

Cellulosa  
Emicellulosa  
Pectina  
Gomme  
Mucillaggini

## NON-POLYSACCHARIDE FIBER

Lignina  
Cutina

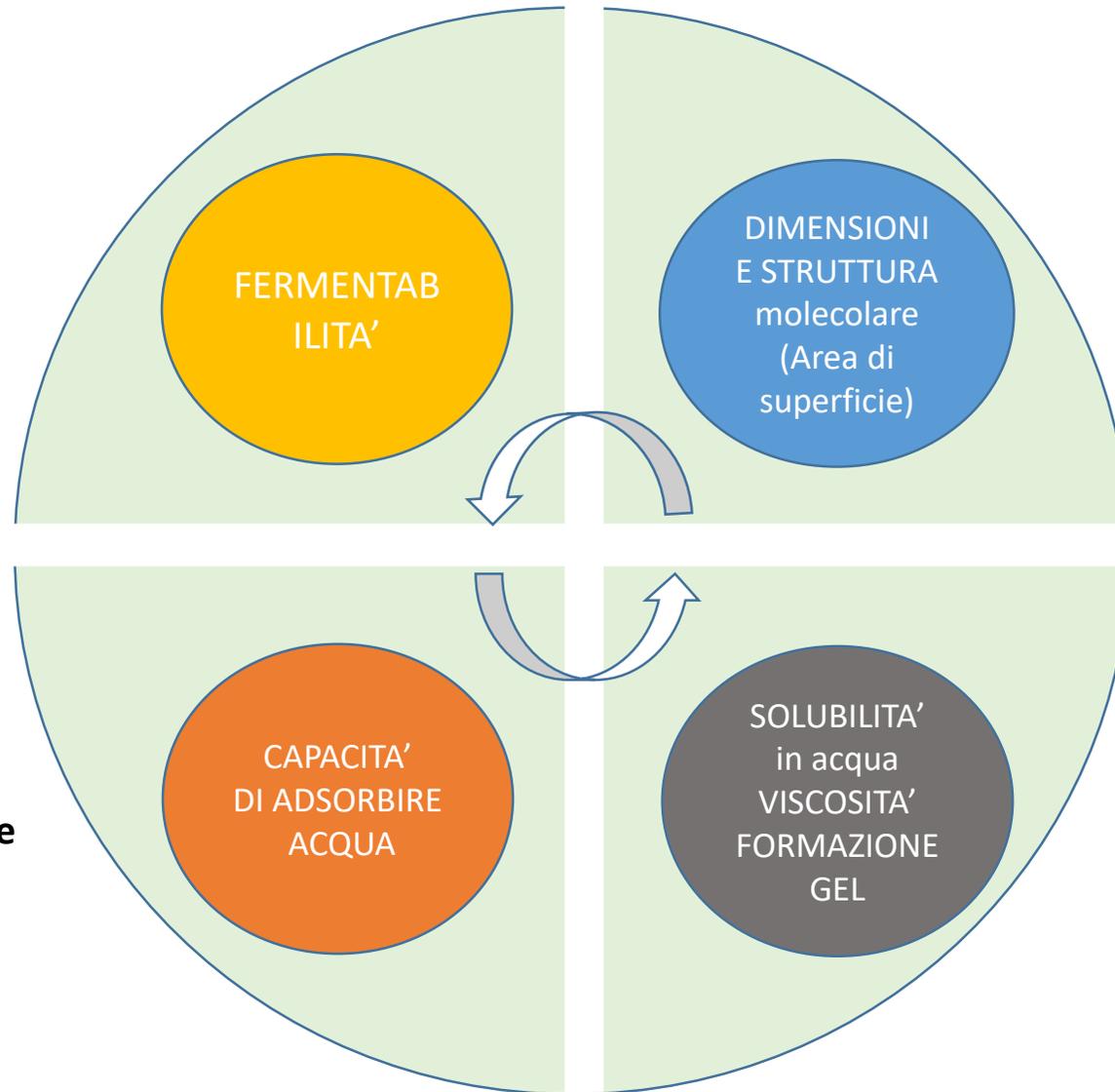
## RESISTANT STARCH

Amido resistente



# CLASSIFICAZIONE SECONDO PROPRIETA' FISICO-CHIMICHE

Da parte dei batteri intestinali



Capacità delle fibre di trattenere acqua nella propria struttura

**Viscosità** (tramite formazione di legami non-covalenti con le molecole d'acqua circostanti e con le molecole di altre fibre) **con formazione di gel**

# VISCOSITÀ E CAPACITÀ DI FORMARE GEL

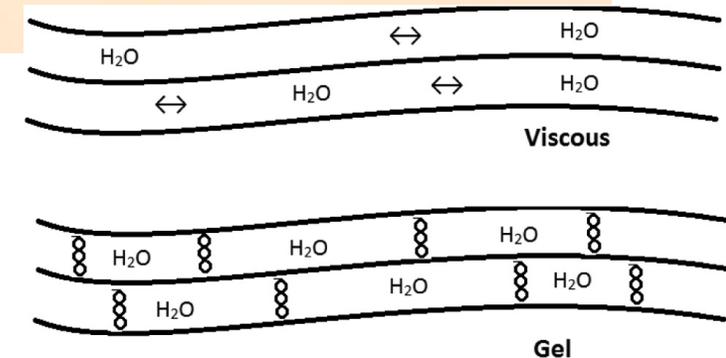
## ❖ FIBRE SOLUBILI VISCOSE

formate da polimeri a struttura lineare, solubili in acqua in cui catene adiacenti riescono a formare legami (cross-links) tra di loro, **aumentano la viscosità dell'acqua e possono dare origine a gel** (gel forming fibres), includono ad esempio beta-glucani, psyllium, gomma cruda di guar.



## ❖ FIBRE SOLUBILI NON VISCOSE

formate da polimeri altamente e irregolarmente ramificati che non presentano interazioni con altre molecole, **non hanno effetto sulla viscosità e non formano gel**, includono ad esempio: inulina, frutto-oligosaccaridi (FOS) e destrine del frumento.



# FIBRE CLASSIFICAZIONE SECONDO LA SORGENTE

- **FIBRE ALIMENTARI:** Presenti naturalmente nei cibi
- **FIBRE FUNZIONALI:** Fibre derivate da prodotti vegetali o animali o prodotte artificialmente, dotate di benefici per la salute (esclusi quindi i prodotti equivalenti ma privi di benefici confermati sulla salute)

- ◆ ...functional foods, including whole foods and fortified, enriched, or enhanced foods, have a potentially beneficial effect on health when consumed as part of a varied diet on a regular basis, at effective levels.  
JADA 1999;99:1278-128
- ◆ adjunctive to dietary goals
  - soluble fiber
  - plant stanols/sterols
  - soy protein
  - ω-3 fatty acids

**FIBRA TOTALE = Fibra alimentare + fibra funzionale**

Pur non potendosi considerare un nutriente, la fibra alimentare esercita effetti di tipo funzionale e metabolico che la fanno ritenere un'importante componente della dieta umana

# ESEMPI DI FIBRA FUNZIONALE

**FIBRE FUNZIONALI:**  
Fibre derivate da prodotti vegetali o animali o prodotte artificialmente, dotate di benefici per la salute (esclusi quindi i prodotti equivalenti ma privi di benefici confermati sulla salute)

## Functional Fiber

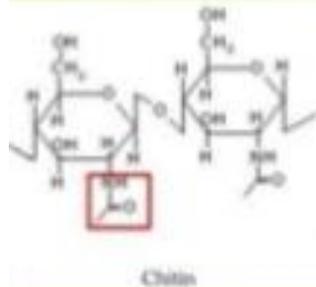
- Consist of isolated, non digestible carbohydrates that have beneficial physiological effects on humans
- May be non digestible carbohydrates that have been isolated or extracted from a plant or an animal source, or may be manufactured / synthesized



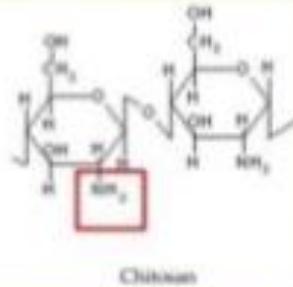
**PSYLLIUM:** Viscous mucilage isolated from the husks of psyllium seeds

**FOS:** Short synthetic fructose chains terminating with glucose units

**RESISTANT DEXTRINS:** Indigestible polysacces formed when starch is heated & treated with enzymes



Chitin



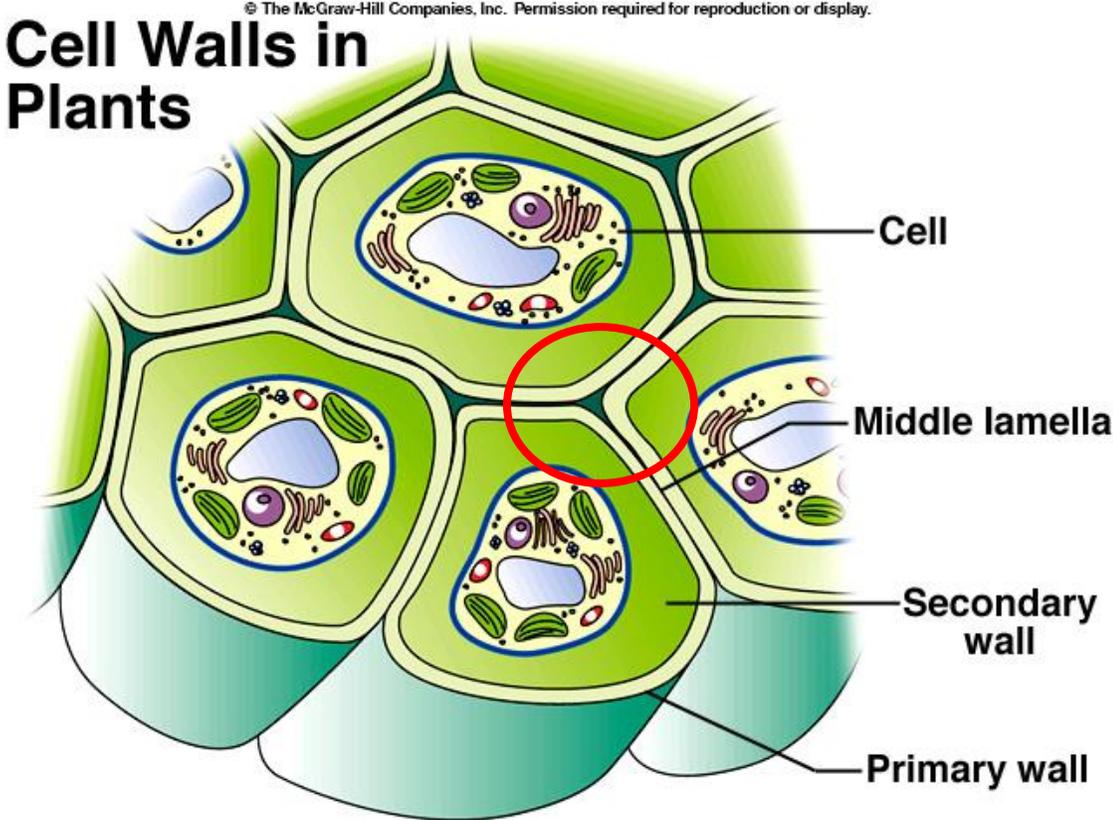
Chitosan

**CHITIN:** Non digestible carb extracted from exoskeleton of crustaceans, long polymer of acetylated glucosamine units linked by  $\beta$  1,4 glycosidic bonds

**CHITOSAN:** Non digestible glucosamine polymer produced by deacetylation of chitin

**INULIN:** Fructans terminating with glucose units, found in roots & rhizomes of plants like chicory

# LOCALIZZAZIONE DELLE FIBRE NEI VEGETALI



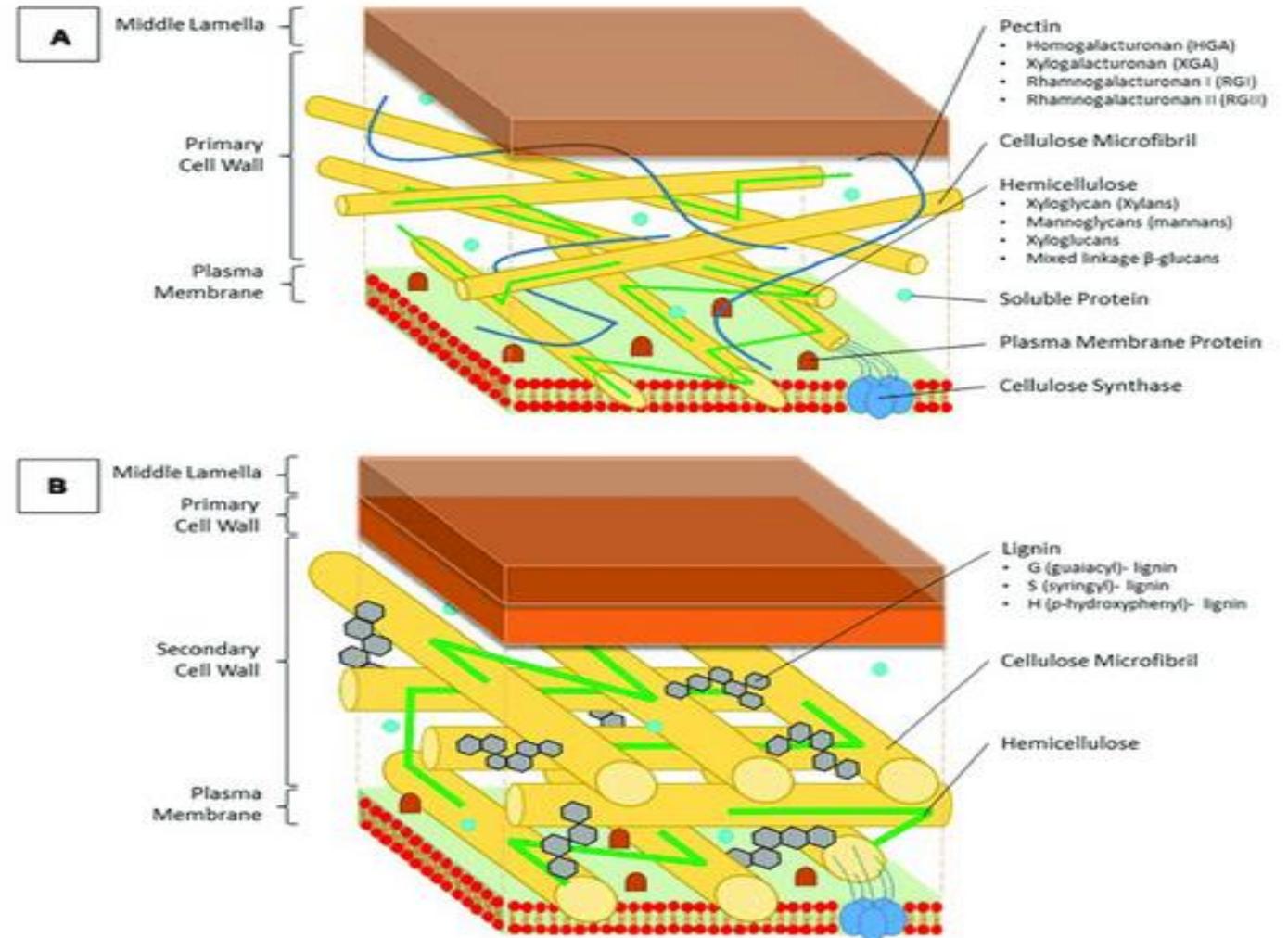
# LOCALIZZAZIONE FIBRE VEGETALI

**Parete cellulare primaria:** fibrille di cellulosa, emicellulosa, pectina e proteine

**Emicellulosa:** xiloglicani (xilani), mannoglicani (mannani), xiloglucani e  $\beta$ -glucani, si lega alla superficie della cellulosa.

La **pectina** forma un gel tra cellulosa ed emicellulosa

**Parete cellulare secondaria** tra la parete cellulare primaria e la membrana plasmatica: cellulosa, emicellulosa e lignina



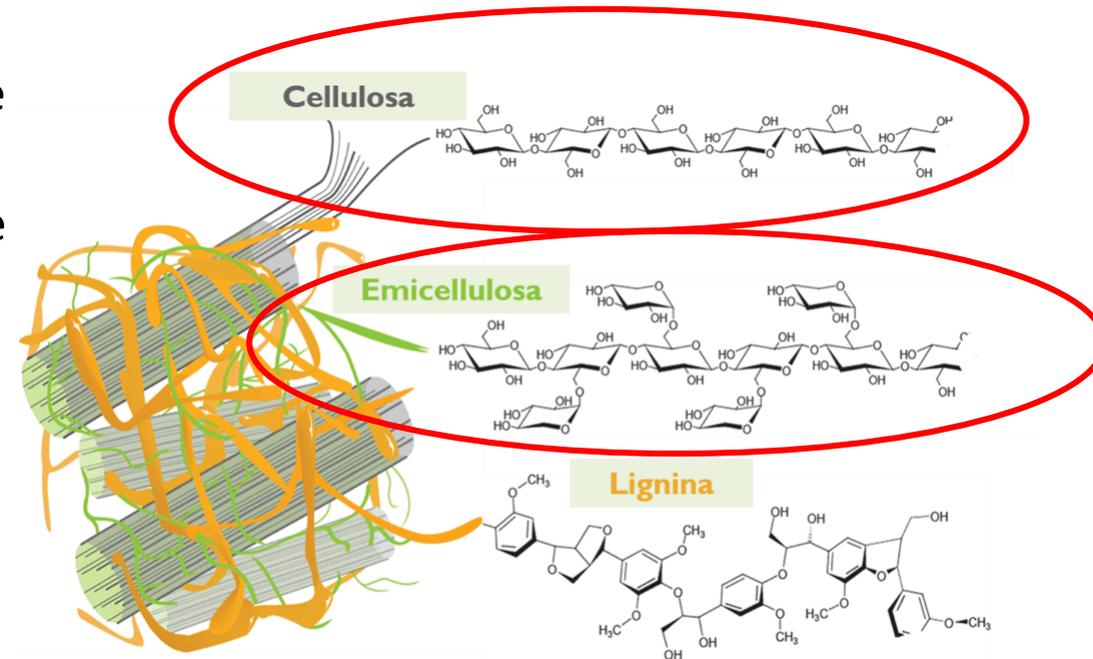
# FIBRE INSOLUBILI- ALTO PESO MOLECOLARE

## CELLULOSA

- Fibra **alimentare e funzionale**. Insolubile in acqua
- Componente **principale** delle **pareti cellulari**
- **Polimeri lineari** di unità glucosidiche (fino a 10.000) unite da legami  $\beta$ - 1-4
- Forma **circa il 25%** della fibra **di cereali e frutta** e il **30%** nelle **verdure e noci**.
- **Sorgenti:** crusca di grano, cereal integrali, legumi, noci, parte esterna dei semi, vegetali a radice, frutta

## EMICELLULOSA

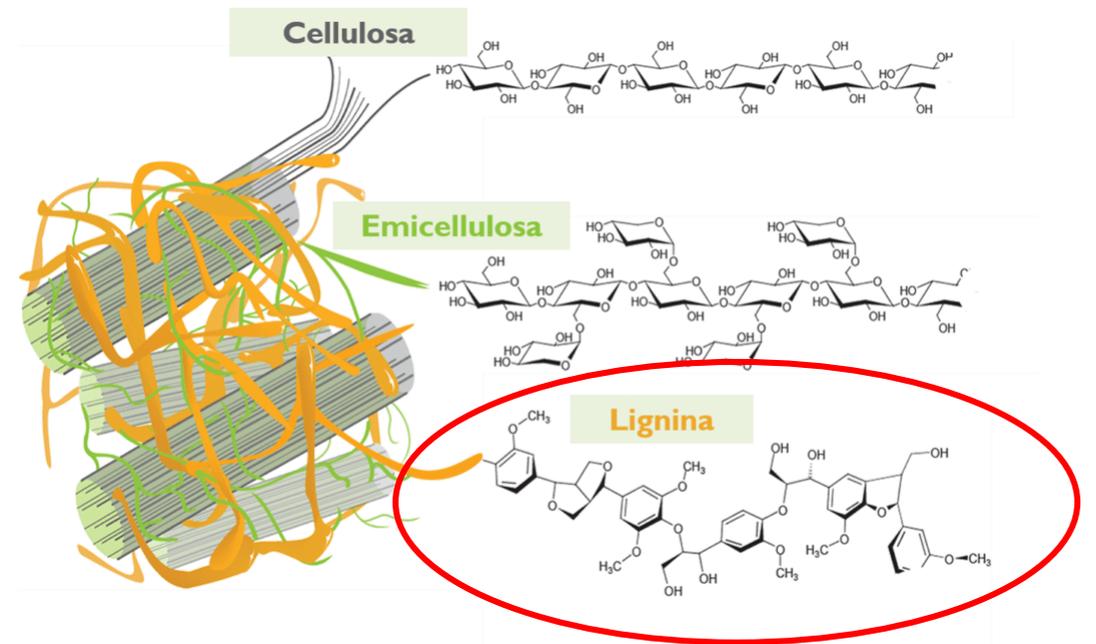
- **Fibra alimentare**. insolubili in acqua (...ma anche solubili)
- **Gruppo eterogeneo di polisaccaridi** associati alla cellulosa nella cell wall delle cellule vegetali
- Formata da **unità di glucosio unite da legame 1, 4  $\beta$ -glicosidico**, spesso ramificate, contiene vari zuccheri (xylosio, mannosio, galattosio- arabinosio, acido glucoronico)
- **Sorgenti:** crusca, cereali integrali, noci, legumi, verdura, frutta



# FIBRE INSOLUBILI-AD ALTO PESO MOLECOLARE

## LIGNINA

- **Fibra alimentare e funzionale.** Insolubile in acqua
- **Non polisaccaridica;** polimero del fenil-propano, molecole altamente ramificate. Forma legami chimici con l'emicellulosa nelle cell-walls delle cellule vegetali
- **Sorgenti:** parti vegetali, legnose di vegetali, cereali integrali, semi, radici



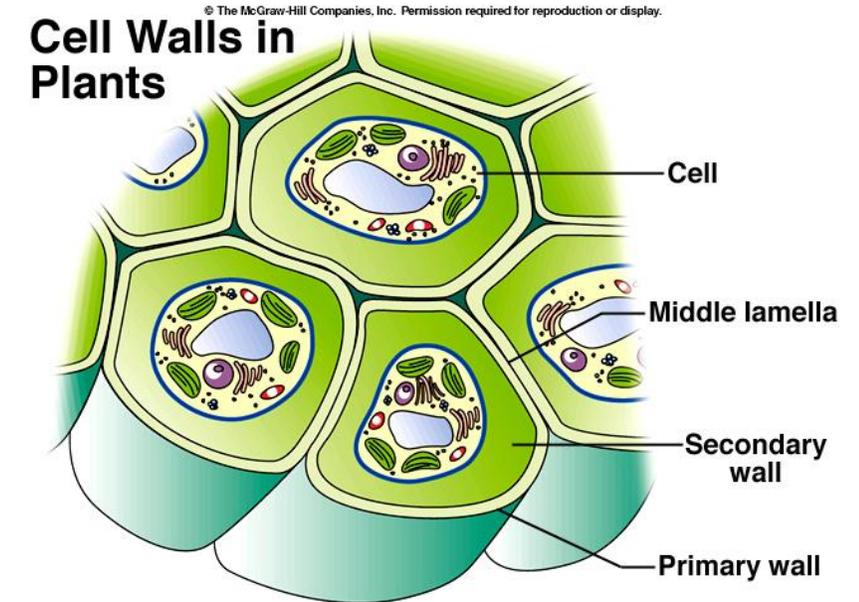
# FIBRE SOLUBILI AD ALTO PESO MOLECOLARE

## Beta-GLUCANI (componenti dell'emicellulosa)

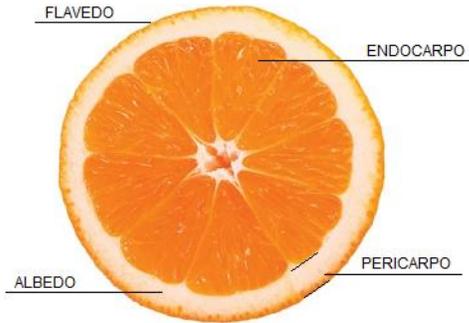
- **Fibra alimentare e funzionale**
- **Polisaccaridi lineari** costituiti da molecole di glucosio unite da legami glicosidici  $\beta(1-3)$  e  $\beta(1-4)$  glucosidici)
- Idrosolubile, viscosa, gel forming, altamente fermentabile
- **Sorgenti:** cereali integrali di avena (3–7 %), orzo (5–11 %), sorgo (1,1–6,2 %), segale (1,3–2,7 %), mais (0.8–1.7 %), triticale (0.3–1.2 %), frumento (0.5–1 %) e riso (0.13 %).

## PECTINA

- **Fibra alimentare e funzionale**
- Presente nelle cell walls secondarie e lamelle intermedie
- **Polisaccaridi lineari di acido galatturonico** (dal galattosio), variamente esterificati con metili. High methoxy (HM) pectin, esterificata >50%; low methoxy (LM) pectin, esterificata <50%
- Idrosolubile, **forma gel in presenza di acidi e zuccheri** (High methoxy pectin) o di calcio (Low methoxy pectin)
- **Sorgenti:** Frutta, verdura, legumi e noci.



# PECTINA



Enzimi pectinolitici sono usati industrialmente per eliminare l'albedo dagli spicchi di agrumi o per la sbucciatura di pesche e albicocche.

Durante la maturazione della frutta si osserva una demolizione delle pectine ad opera di enzimi idrolitici detti **pectinasi**.



Funge da stabilizzante nelle confetture e conserve di frutta. Fornisce consistenza ai prodotti.

# FIBRE SOLUBILI AD ALTO PESO MOLECOLARE

## GOMME

- **Fibre alimentari e funzionali**, fermentabili, variamente idrosolubili
- **Polisaccaridi contenuti in semi**, ad esempio gomma di guar, (polimeri mannosio-galattosio) o **essudati** derivati da diversi alberi (**gomma arabica**: Acacia senegal e Acacia seyal, zona subsahariana; **gomma karaya**, secreto gommoso da tronco e rami di alcune specie arboree del genere *Sterculia*, **gomma ghatti** da *Anogeissus latifolia*) o da cespugli (gomma tragacanth), secrete a livello di lesioni delle piante)
- Utilizzate nell'industria alimentare come agenti gelificanti, condensanti e stabilizzanti, ad esempio gomma di guar E 412



**GOMMA DI GUAR** polimeri con un rapporto 2:1 mannosio-galattosio. Trova largo impiego nell'industria alimentare (addensante in salse, condimenti, gelati, alimenti per animali, carni conservate, prodotti dietetici e bevande).

# FIBRE SOLUBILI AD **ALTO PESO MOLECOLARE**

## MUCILLAGINI

- **Fibre alimentari e funzionali**, idrosolubili, fermentabili
- **Composte da esopolisaccaridi**. Sintetizzate da cellule dotate di funzioni secretorie (ad es. Carragenina) aiutano le piante a trattenere l'acqua evitandone il disseccamento e conferendo quindi resistenza alla siccità, oppure sono derivate dalle **alghe** (ad es. Agar) o da **semi**
- Sorgenti: avena, orzo, legumi, semi di **psyllium** dalla Plantago Afra, semi di lino, cactuse altre succulente

**PLANTAGO AFRA** coltivata principalmente per i suoi semi che costituiscono un efficace (ed innocuo...) lassativo naturale. I semi, piccoli, di colore nero, insapori e inodori, **contengono una mucillagine che al contatto con l'acqua si rigonfia e aumenta di volume.**

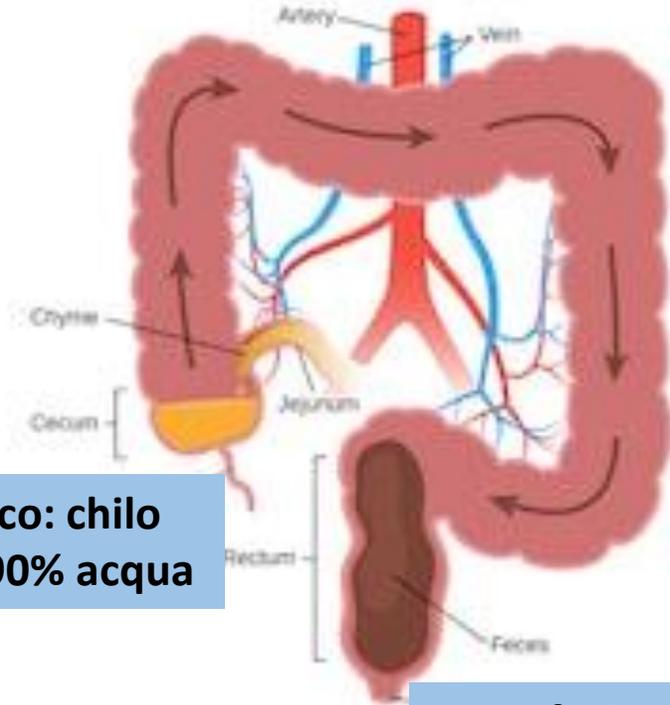
La fibra di psyllium, infatti, allunga il tempo di transito intestinale delle feci quando è troppo breve (diarrea) e lo accorcia quando è troppo lungo (stipsi).

La mucillagine aiuta le piante a trattenere l'acqua evitandone il disseccamento. Tra le fonti principali di mucillagine ricordiamo i cactus (ed altre succulente) e i semi di lino.



**PLANTAGO AFRA**

# REGOLARITA' DELL'ALVO

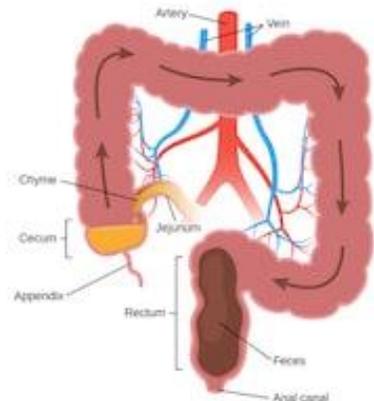


Cieco: chilo  
= 90% acqua

Retto feci  
= 75% acqua

Consistenza feci e acqua in %  
90% = Liquide  
77% = Molli  
75% = Formate  
72% = Dure

- ❖ Viene considerata regolare l'evacuazione da 3/giorno, a 3/settimana) di feci formate ma sufficientemente morbide (idratate)
- ❖ Stipsi (<3 evacuazioni/settimana) di feci di volume ridotto e difficili da eliminare (disidratate)



# REGOLARITA' DELL'ALVO

## CARATTERISTICHE DELLA FIBRA PER FAVORIRE L'EVACUAZIONE

- 1) **Resistenza alla fermentazione** attraverso l'intestino crasso
- 2) **Mantenimento di una buona idratazione delle feci** in modo da favorire la formazione di feci morbide e voluminose

❖ **Fibre insolubili poco fermentabili** hanno un'azione irritativa meccanica sulla mucosa che stimola la secrezione di acqua e muco

❖ **Fibre solubili** hanno azione lassativa se sono viscose e formanti gel, con alta capacità di trattenere acqua, **ma non sono fermentabili**. Queste caratteristiche sono presenti nelle fibre tipo psyllium non fermentabili che aumentano di volume delle feci e regolarizzano la peristalsi, risultando utili sia nei casi di stipsi (con accelerazione del transito intestinale), sia anche di diarrea (con rallentamento del transito intestinale). L'effetto tuttavia non è acuto.

# FONTI DI MUCILLAGINI

- Aloe vera
- Basella alba
- Vari Cactus
- Dioscorea polystachya
- Fieno greco (Fenugreek)
- Semi di lino (Flax seeds)
- Kelp (Fucus vesiculosus), o quercia marina, alga marina bruna
- Radici di liquirizia
- Okra
- Psyllium seed husks
- Semi di Chia (Salvia hispanica)
- Talinum triangulare o *fruticosum* pianta erbacea diffusa america centrale e del sud
- Plantago major (greater plantain)



Plantago Major

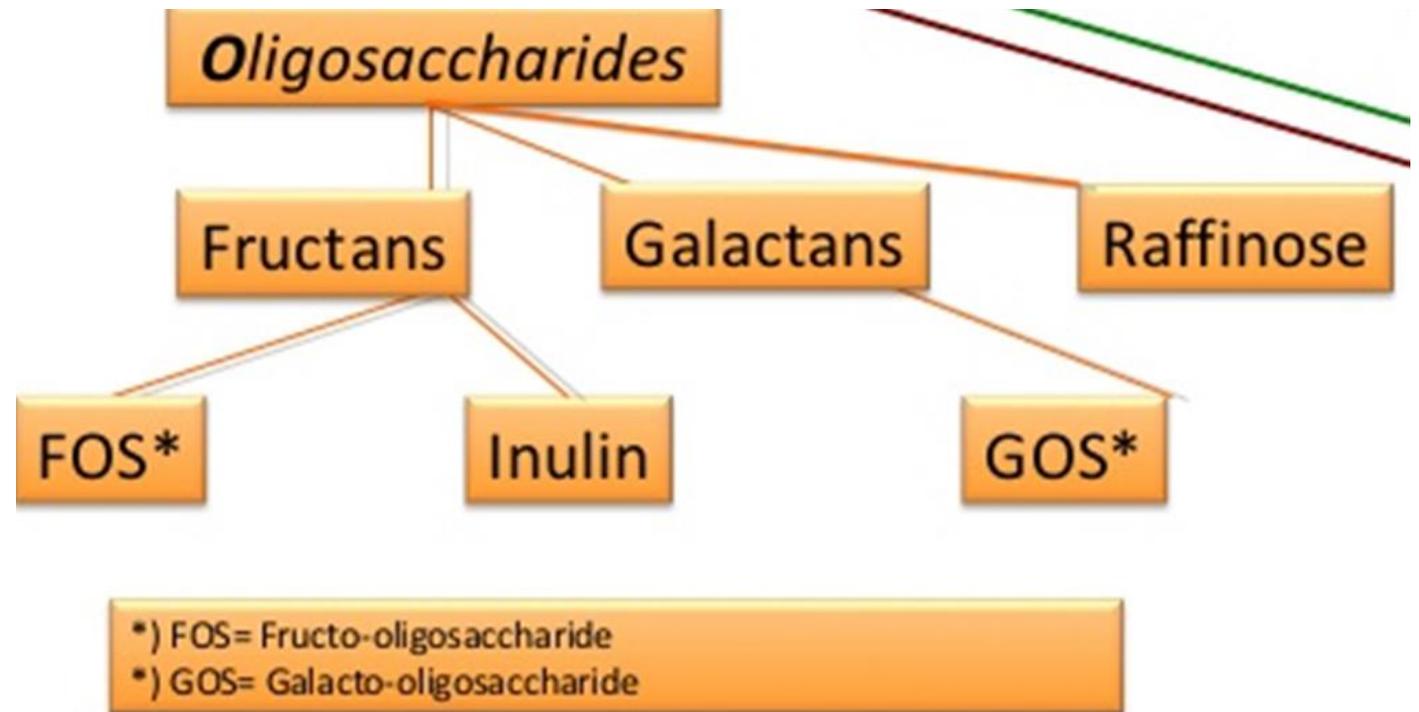


Okra

# FIBRE SOLUBILI A BASSO PESO MOLECOLARE

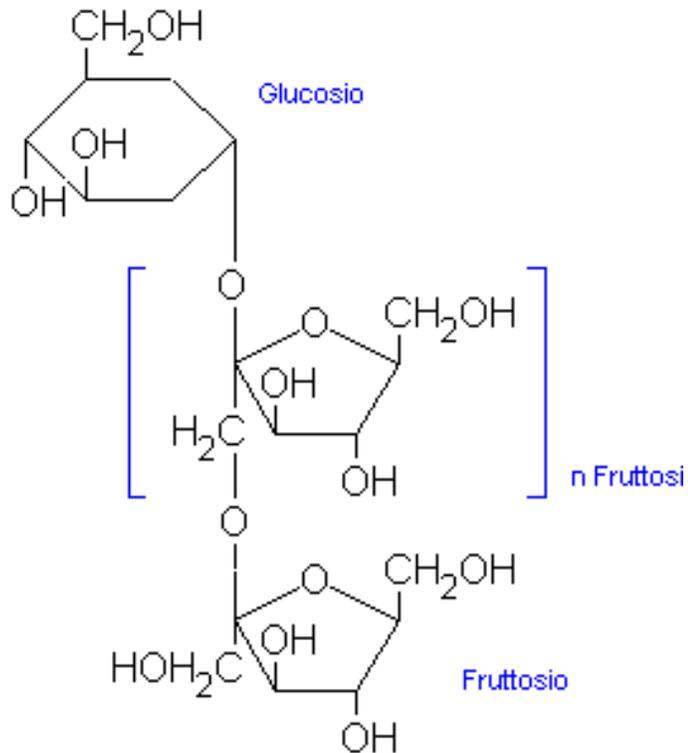
## Low molar weight dietary fibre (LMWDF)

**Fruttani:** carboidrati formati unità di fruttosio a ripetizione. I fruttani a catena corta (oligosaccaridi) sono noti come fruttoligosaccaridi (FOS), mentre quelli a catena più lunga sono rappresentati dalle inuline. I fruttani sono diffusi in diverse specie vegetali, dove svolgono una importante funzione di immagazzinamento dell'energia conferendo anche un certo grado di tolleranza al congelamento. Una importante eccezione è rappresentata dal riso, che non è in grado di sintetizzare fruttani.



# FIBRE SOLUBILI A BASSO PESO MOLECOLARE

## Low molecular weight dietary fibers (LMWDF)

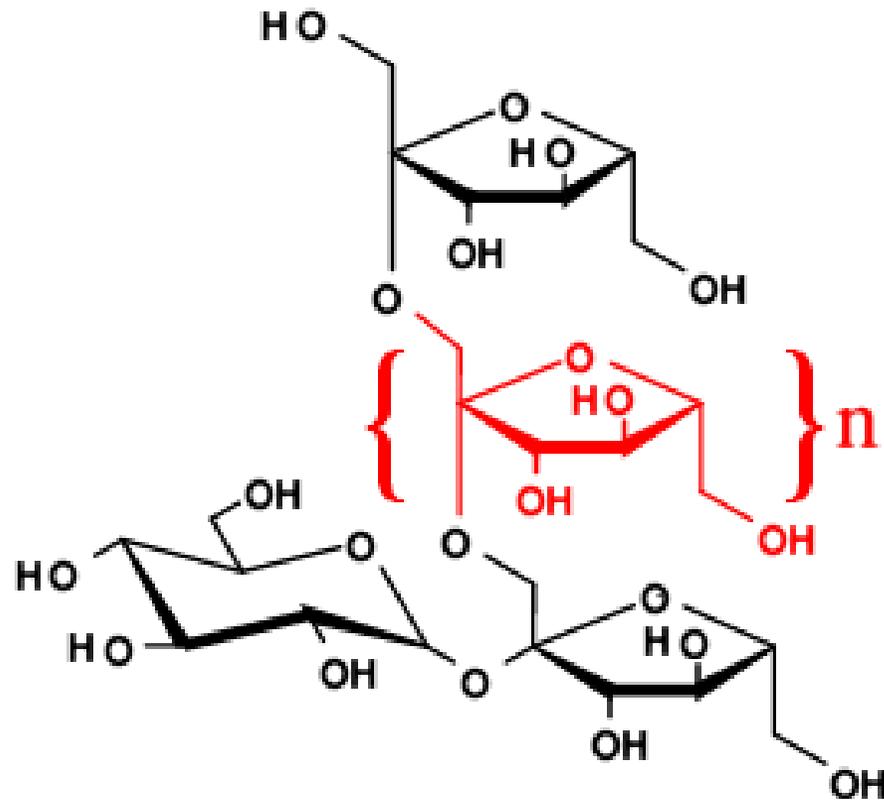


❖ **FOS (Fruttoligosaccaridi)** sono carboidrati a catena corta formati dalla ripetizione di unità di fruttosio (in genere da 3 a 10) unite da legami  $\beta$ -glicosidici e da una molecola di glucosio terminale. Presentano struttura ramificata. Modicamente solubili in acqua, altamente fermentabili. Fibra alimentare e funzionale. Presenti in diversi alimenti.

- **FOS** vengono **derivati industrialmente** per degradazione enzimatica o chimica dell'inulina oppure per transfructosilazione del glucosio tramite  $\beta$ -fruttosidasi di origine batterica
- Utilizzati come **dolcificanti** (potere dolcificante del 30-50% rispetto allo zucchero) a basso apporto calorico. Dosaggi superiori ai 15 gr/die possono dare origine a disturbi gastrointestinali (gonfiore, dolore, diarrea)

❖ **GOS (Galattoligosaccaridi)** sono formati da n molecole di galattosio e da una molecola di glucosio terminale, presenti nel latte materno in concentrazioni maggiori che nel latte vaccino

# FIBRE SOLUBILI A BASSO PESO MOLECOLARE



## INULINA

- ❖ Polimeri eterogenei del fruttosio che terminano con una unità glucosidica. Polimerizzazione variabile da 2 a 60
- ❖ Poco solubile in acqua
- ❖ Altamente fermentabile
- ❖ La degradazione da parte dell'enzima inulasi produce fruttosio.

# INULINA

- ❖ **Sorgenti:** si trova soprattutto nei vacuoli cellulari di rizomi e radici, tra cui **cicoria, topinambur** (detti anche articiocchi di Gerusalemme) e **scorza near**
- ❖ E' presente anche in **asparagi, aglio, cipolla, porri, carciofi, banane**. Nei prodotti vegetali rappresenta una riserva di energia, come l'amido in altre piante.
- ❖ Nella produzione industriale, viene estratta soprattutto dalla radici di cicoria.
- ❖ Utilizzata come sostituto di zucchero, farina, grassi in quanto ha un basso contenuto calorico tuttavia il potere dolcificante è basso (1/10 rispetto al saccarosio).



# CONTENUTO IN FOS E INULINA IN DIVERSI CIBI

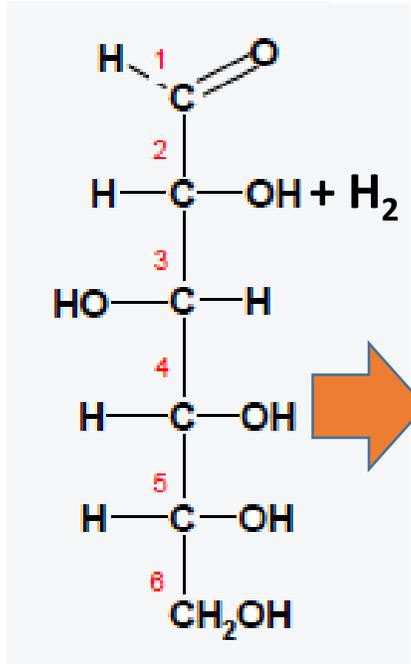
Food	Fructooligosaccharide (FOS) (g/100g)	Inulin (g/100g)	FOS+Inulin, g/100g
Chicory Root	22.9	41.6	64.5
Jerusalem Artichoke	13.5	18	31.5
Dandelion greens (raw)	10.8	13.5	24.3
Dandelion greens (cooked)	7.3	9.1	16.4
Garlic (raw)	5	12.5	17.5
Leeks (raw)	5.2	6.5	11.7
Onion (raw)	4.3	4.3	8.6
Onion (cooked)	3.0	3.0	6.0
Asparagus (raw)	2.5	2.5	5.0
Asparagus (boiled)	1.7	1.7	3.4
Artichoke	0.4	4.4	4.8
Wheat (flour, baked)	2.4	2.4	4.8
Rye (flour, baked)	0.7	0.7	1.4
Banana	0.5	0.5	1.0
Barley (cooked)	0.2	0.2	0.4

Table adapted from Moshfegh *et al.* (1999).

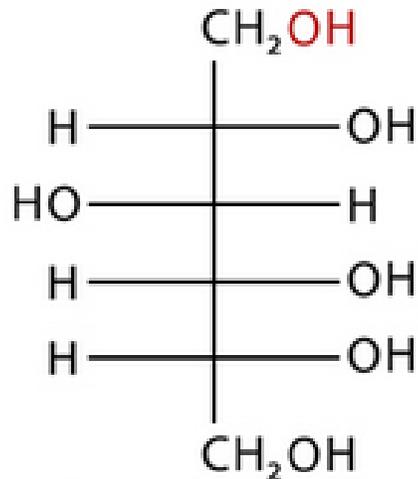
# POLIOLI

**Polioli** o **polialcoli** sono composti chimici che contengono più gruppi ossidrilici. Presenti nella frutta specie in mele, pere, pesche, prugne, ciliegie, sorbole

**Industrialmente** derivano dagli zuccheri per idrogenazione del carbonile a ossidrile (Esempi: dal glucosio deriva il sorbitolo, dal mannosio il maltitolo e dal galattosio il dulcitol).



Glucosio



Sorbitolo

❖ Utilizzati come **dolcificanti a basso contenuto energetico**, pari a circa 2 kcal/grammo (in quanto scarsamente assorbiti dal tratto digerente) tuttavia per il basso potere dolcificante vengono associati ad altri dolcificanti.

**SORBITOLO** (dolcificante, E420, estratto da bacche di sorbo),  
**XILITOLO** (dolcificante, E967 estratto da fusti di mais e da legno)

❖ **Dolcificanti a bassa cariogenicità** (aggiunti alle gomme da masticare, specie maltitolo, isomaltosio e sorbitolo)

❖ **Ritardata** cristallizzazione del saccarosio (utile nei prodotti dolci)

❖ **Azione osmotica** (con effetto lassativo a seguito di introiti elevati, alla dose di 50g/die)

# AMIDO RESISTENTE

## RS1

**Amido non disponibile o inaccessibile**, presente nei cereali integrali in cui parte dell'amido rimane aderente alle fibre. Nei prodotti integrali il contenuto arriva al 14% mentre in quelli raffinati può scendere al 2 %.



**Resistant Starch**

## RS2

**Amido granulare** che non gelatinizza al calore presente, ad esempio, in banane acerbe, patate non cotte, mais ad alto contenuto di amilosio. Ottenuto industrialmente per inibizione dello Starch branching enzyme (SBE)

## RS3

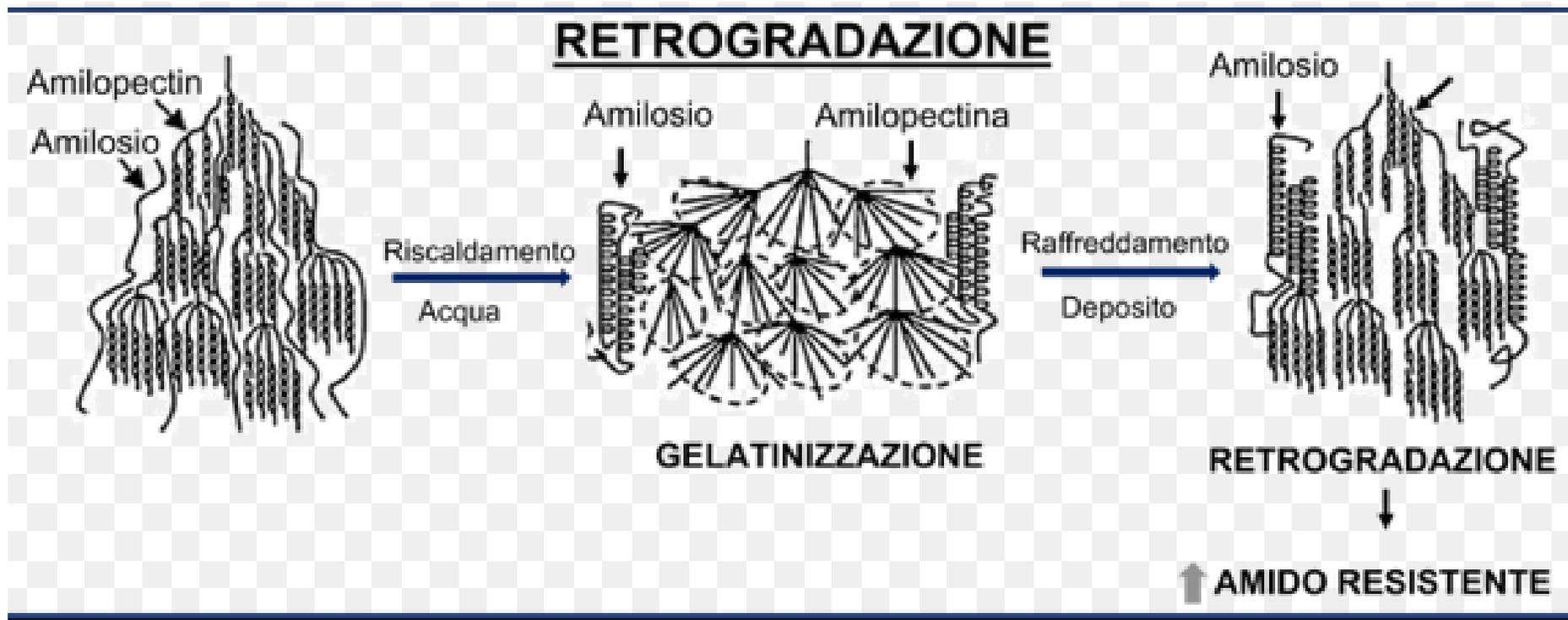
**Amido retrogradato** per retrogradazione successiva alla fase di gelatinizzazione dell'amido sottoposto a calore (durante la cottura dei cibi) con ritorno alla forma cristallina, ad esempio patate, pasta, riso cotti e poi consumati freddi



## RS4

**Amido trasformato industrialmente** tramite esterificazione o per l'instaurarsi di legami crociati.

# AMIDO RESISTENTE



- Gli amidi resistenti passano attraverso il sistema digestivo senza essere scomposti in zuccheri semplici;
- Non aumentano la glicemia e l'insulina in modo diretto.
- Fermentano grazie all'azione del microbiota intestinale.

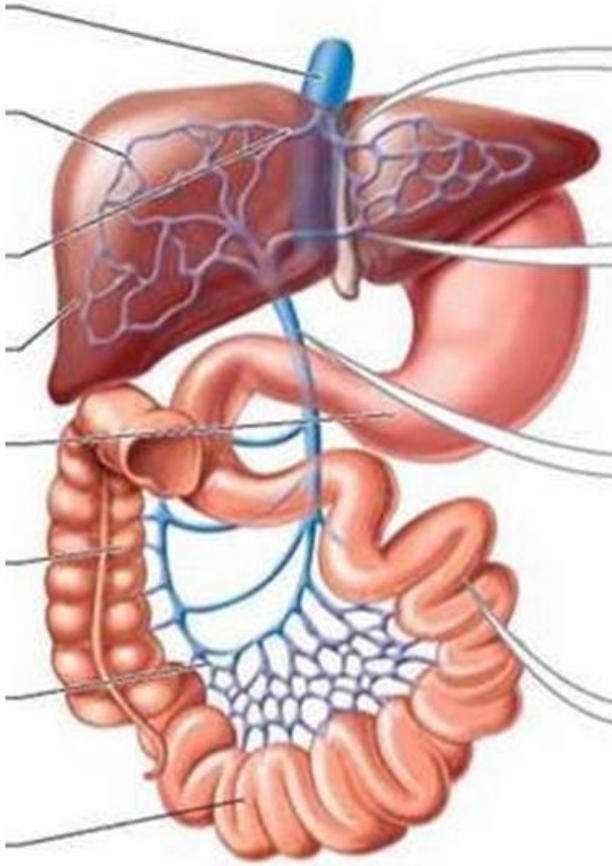
I sottoprodotti di questo processo di fermentazione nell'intestino sono acidi grassi a catena corta che aiutano a ridurre l'infiammazione, migliorare la funzione immunitaria, normalizzare la pressione sanguigna e ridurre il rischio di malattie cardiache e infarto.

# CONTENUTO DI AMIDO RESISTENTE

per porzione di diversi alimenti

Food	Serving size	Resistant starch (grams)
Banana flour, <sup>[37]</sup> from green bananas	1/4 cup, uncooked	10.5-13.2
Banana, raw, slightly green	1 medium, peeled	4.7
High amylose RS2 corn resistant starch	1 tablespoon (9.5 g)	4.5
Oats, rolled	1/4 cup, uncooked	4.4
Green peas, frozen	1 cup, cooked	4.0
White beans	1/2 cup, cooked	3.7
Lentils	1/2 cup cooked	2.5
Cold pasta	1 cup	1.9
Pearl barley	1/2 cup cooked	1.6
Cold potato	1/2" diameter	0.6 - 0.8
Oatmeal	1 cup cooked	0.5

# EFFETTI DELLA FIBRA



- ❖ **REGOLAZIONE MOTILITA' GASTROINTESTINALE** con modulazione dell'efficienza della digestione e dell'assorbimento delle sostanze nutritive ingerite con i pasti
- ❖ **RIDUZIONE/MODULAZIONE ASSORBIMENTO DI NUTRIENTI** nel tenue (zuccheri e colesterolo)
- ❖ **REGOLAZIONE DEL BILANCIO ENERGETICO (SAZIETA')**
- ❖ **EVACUAZIONE** (regolarità dell'alvo)
- ❖ **ANTICANCEROGENESI** tramite diluizione di sostanze tossiche e riduzione del tempo di contatto con la parete intestinale
- ❖ **INTERAZIONE CON IL MICROBIOTA** (fornisce al microbiota i substrati nutritivi e ne regola la composizione con effetti locali e sistemici. Azioni indirette delle fibre mediate dal microbiota)

Poiché le fibre negli alimenti includono fibre di diversa tipologia, caratteristiche fisico-chimiche e funzionali, gli effetti descritti **nelle diapositive successive fanno riferimento in genere all'assunzione di fibre funzionali isolate**

# EFFETTI DELLA FIBRA SULLA SAZIETA'

## Meccanismi

❖ **Fase cefalica.** E' la fase che precede l'arrivo di cibo nella stomaco, è mediata dall'esposizione a stimoli quali pensare al cibo, vedere, odorare il cibo e masticarlo. La presenza di fibre insolubili, incrementando i tempi di masticazione, può contribuire alla sazietà

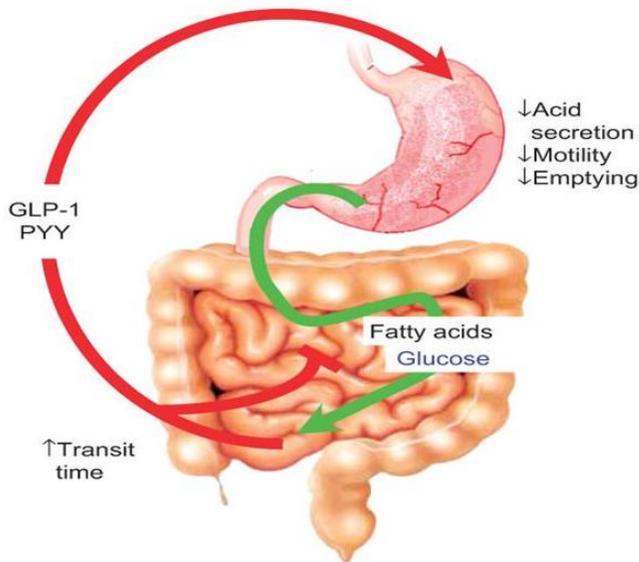
❖ **Volume gastrico e tempo di ritenzione del cibo/chimo nel tubo digerente.** L'ingestione del cibo causa **distensione gastrica** con invio, tramite il nervo vago, di segnali di sazietà al sistema nervoso centrale. La durata della distensione viene influenzata dalla velocità di svuotamento gastrico. Fibre viscosse mantengono più a lungo il cibo nello stomaco e ne rallentano la velocità di svuotamento agendo anche tramite meccanismi a valle del tratto gastrointestinale.

**Nell'intestino** l'aumento della viscosità del chimo indotto dalle fibre (con azione dose dipendente) riduce l'interazione tra enzimi digestivi e substrati con rallentamento di digestione e assorbimento. In questo modo viene prolungato l'arrivo di macronutrienti a livello dell'ileo distale con stimolazione delle cellule enteroendocrine della mucosa ileale a produrre gli **ormoni peptidici (incretine) Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) e Peptide YY (PYY)**.

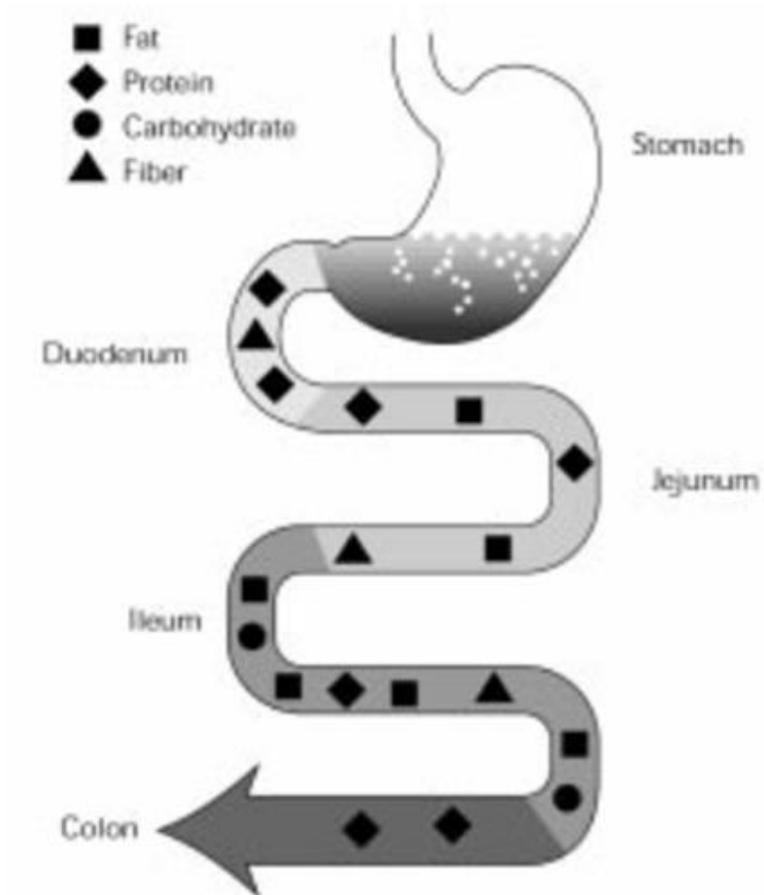
Questi riducono la mobilità dello stomaco e ne rallentano lo svuotamento, prolungando la sazietà. Allo stesso tempo, ottimizzano l'equilibrio tra digestione e assorbimento .

Questi meccanismi vengono definiti **"ilea brake"** o freno ileale della mobilità gastrica. GLP-1 e PYY inoltre **inducono sazietà** anche a livello ipotalamico.

**La sintesi di GLP1 e PYY viene indotta anche dagli acidi grassi a catena corta (SCFA , Short chains fatty acids) prodotti dai batteri intestinali che fermentano la fibra.**

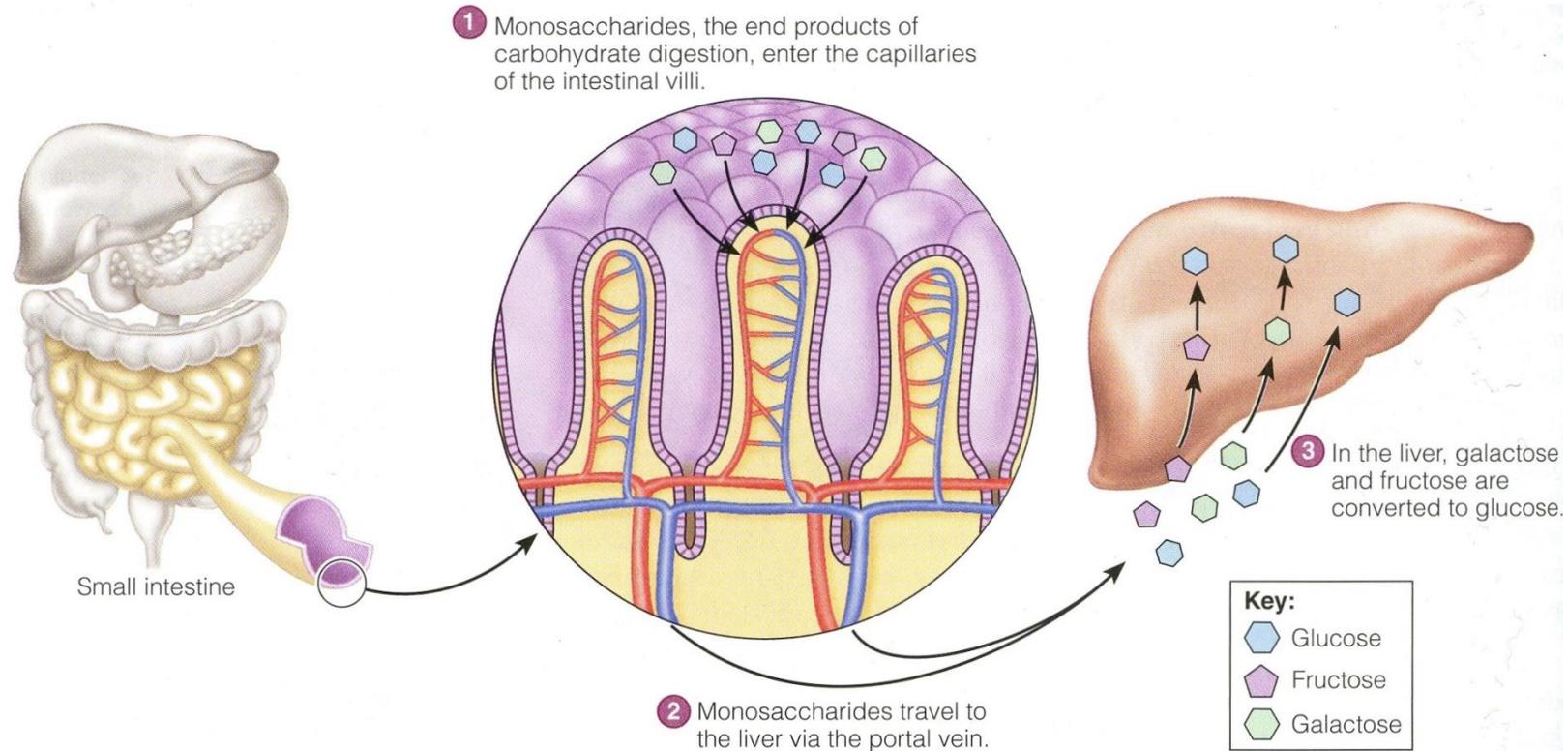


# RALLENTATO ASSORBIMENTO DEL GLUCOSIO



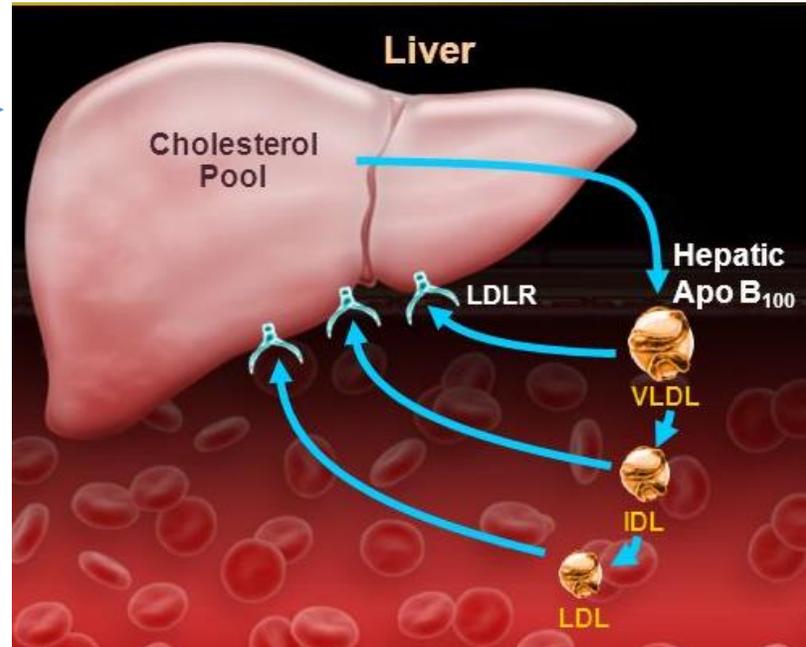
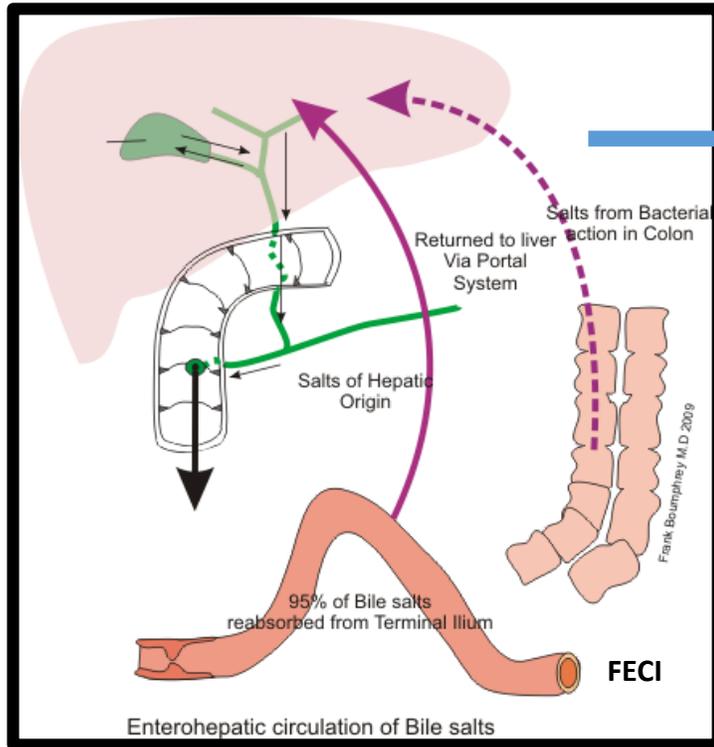
Gli stessi meccanismi descritti per la sazietà contribuiscono al rallentato assorbimento del glucosio introdotto con i pasti, con riduzione dell'indice glicemico e del picco ematico postprandiale del glucosio

# RALLENTATO ASSORBIMENTO DEL GLUCOSIO



- ❖ E' mediato da fibre solubili, viscose/formanti gel (quali beta-glucani, psyllium, gomma di guar cruda, pectina)
- ❖ ma non da fibre solubili, ramificate e non-viscose (inulina, FOS frutto-oligosaccaridi o destrine del frumento)

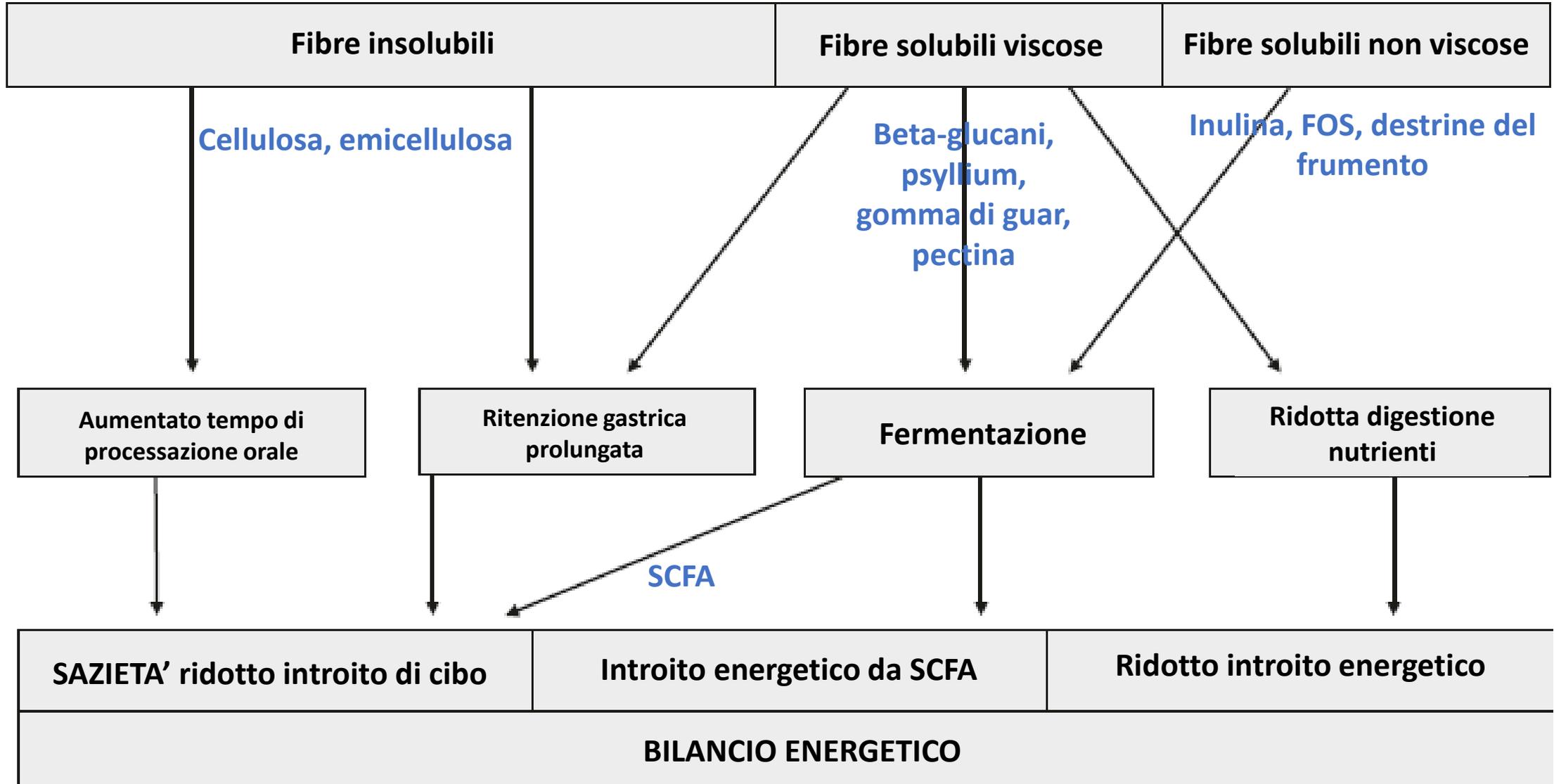
# REGOLAZIONE COLESTEROLEMIA



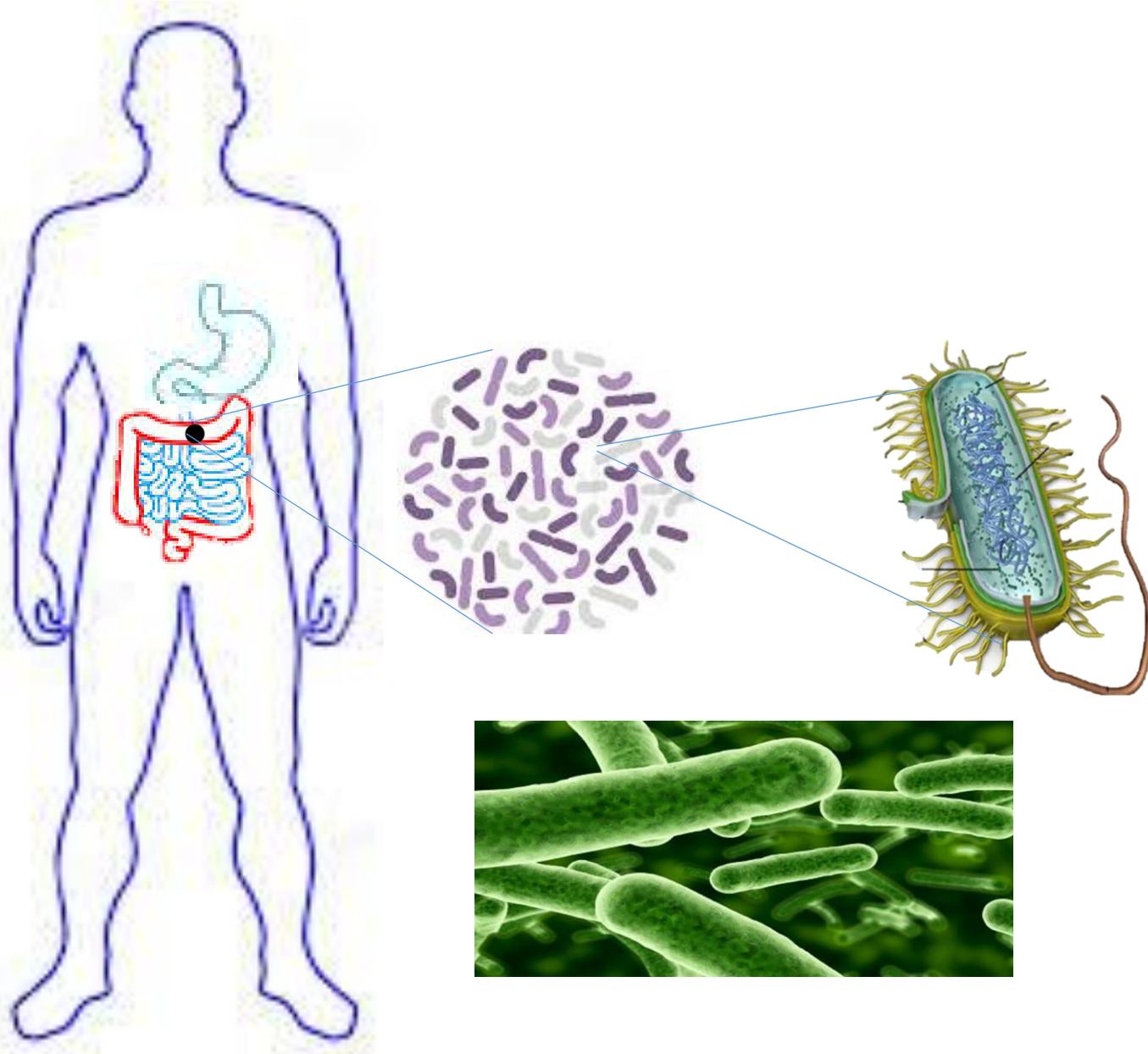
**Mediata da fibre solubili, viscosi/formanti gel (b-glucani, psyllium, gomma di guar cruda) ma non da fibre solubili, ramificate e non-viscosi (inulina, FOS fructooligosaccaridi o destrine del frumento)**

- ❖ **Sequestro ed eliminazione con le feci di acidi biliari sintetizzati dal fegato.** La bile viene accumulata e concentrata nella cistifellea e viene poi rilasciata nell'intestino, in risposta al pasto, per **favorire digestione e assorbimento dei lipidi**. **Gli acidi biliari vengono poi riassorbiti nell'ileo terminale per ritornare al fegato** (circolazione enteroepatica che può ripetersi più volte in un pasto). La fibra formante gel diviene più concentrata lungo il tenue e nell'ileo interferisce con il riassorbimento della bile. Per ripristinare il pool depleto degli acidi biliari (sintetizzati a partire dal colesterolo) negli epatociti viene stimolata l'espressione dei recettori per l'LDL che incrementano la clearance delle LDL dalla circolazione sistemica con conseguente riduzione del colesterolo totale ed LDL.

# AZIONE DELLE FIBRE SUL BILANCIO ENERGETICO



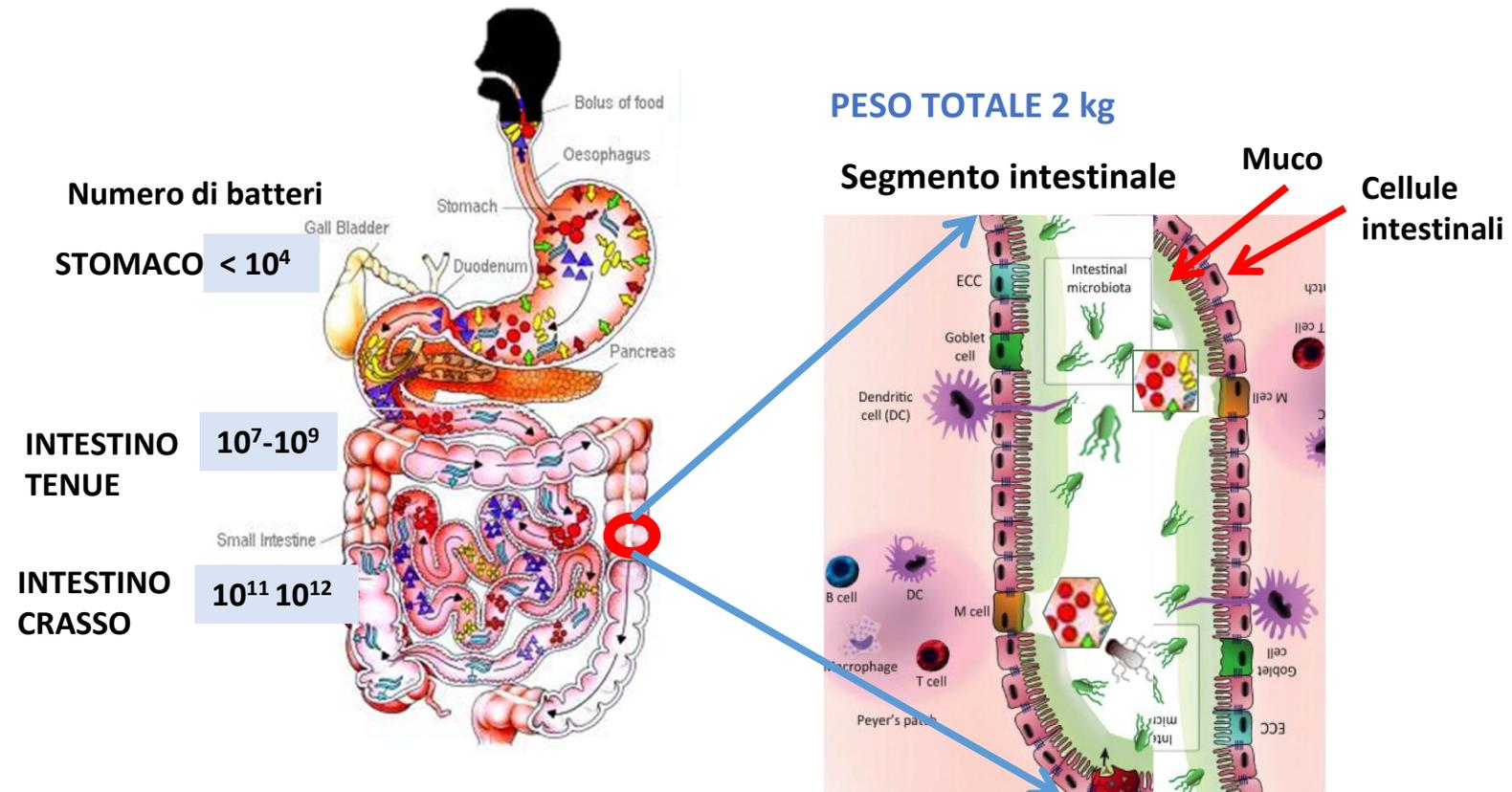
# CHE COS'E' IL MICROBIOTA?



**Insieme di microorganismi che vivono sulle superfici del corpo e nelle sue cavità tra cui soprattutto l'intestino crasso.**

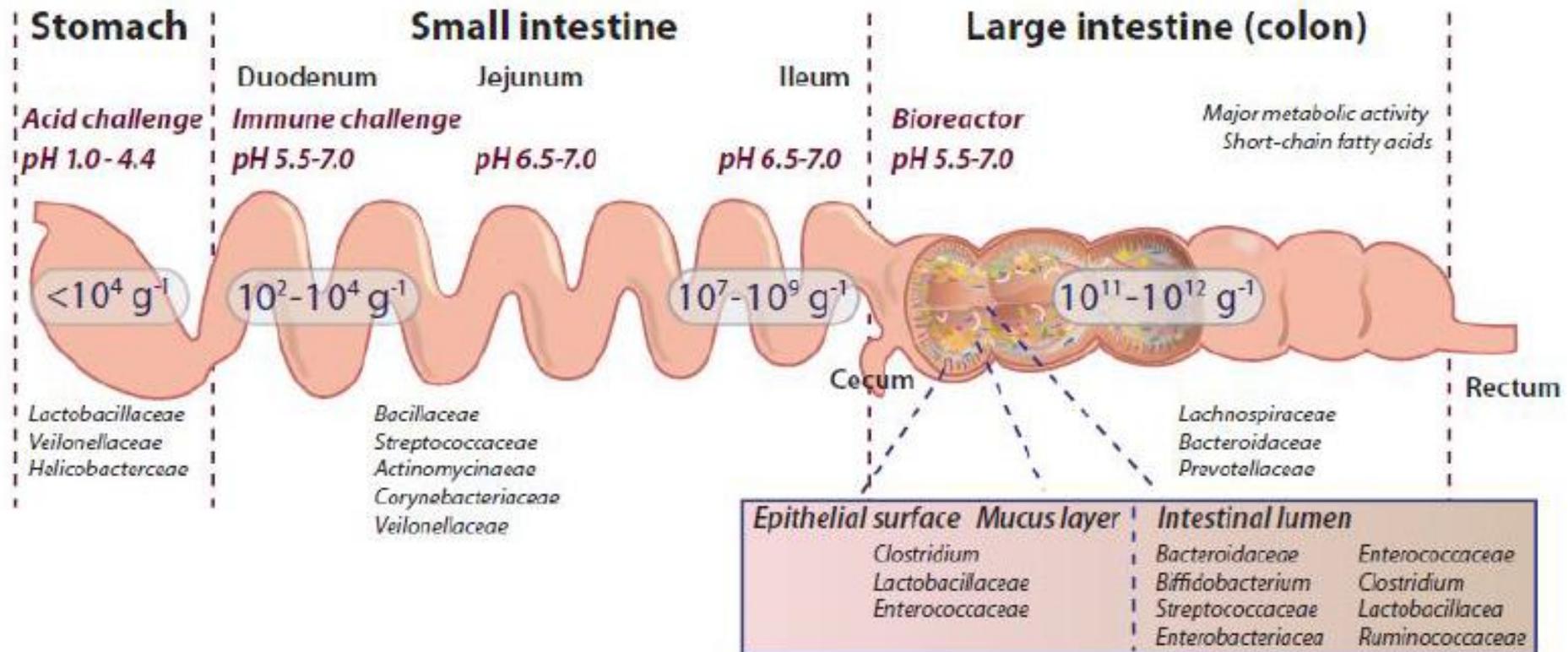
**Rapporto di simbiosi con gli umani**

# IL MICROBIOTA INTESTINALE



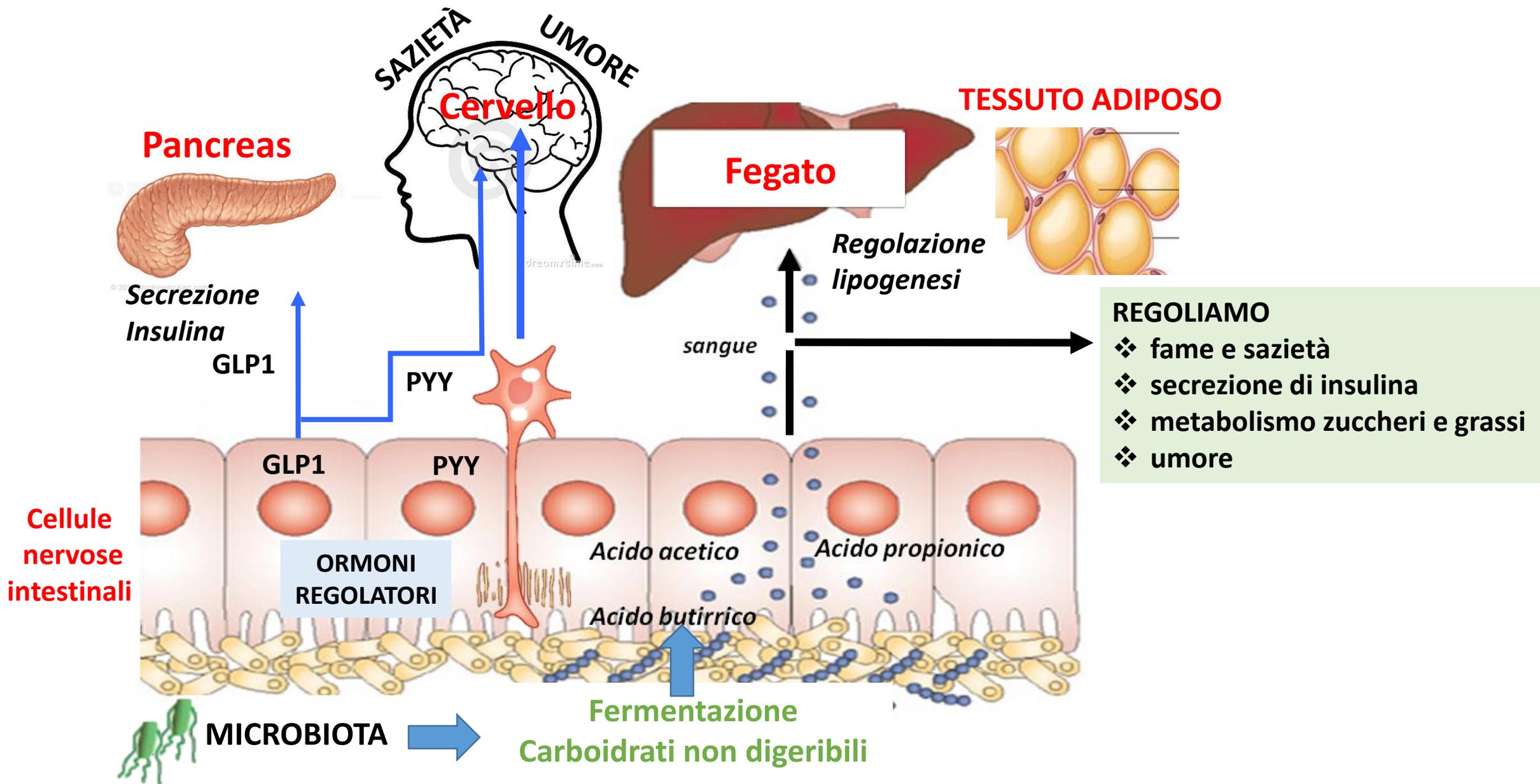
**70% dei batteri del corpo si trova nell'intestino crasso**

# LA COMPOSIZIONE DEL MICROBIOTA VARIA LUNGO IL TRATTO GASTROINTESTINALE



**Gram negativi** Bacteroidetes  
**Gram positivi** Firmicutes

# E SVOLGIAMO FUNZIONI BUONE ANCHE AL DI FUORI DALL'INTESTINO

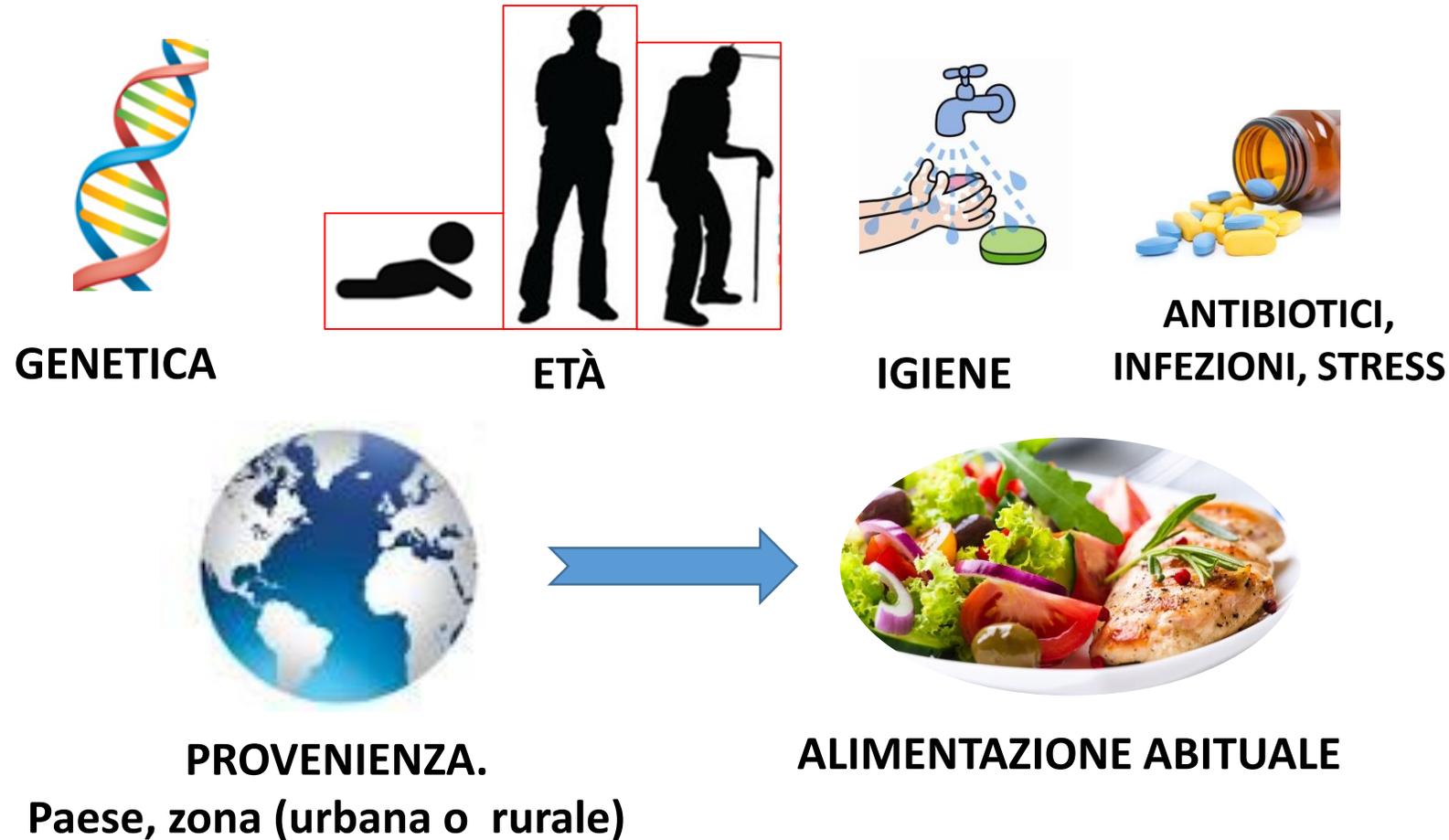


# FATTORI CHE INFLUENZANO LA COMPOSIZIONE DEL MICROBIOTA

## Tipologia, varietà

- ❖ **Fattori genetici**
- ❖ **Nutrizione fetale**, la via di nascita (naturale vs taglio cesareo) e tipo di allattamento (al seno vs artificiale)
- ❖ **ALIMENTAZIONE** può modificare rapidamente la composizione del microbiota
- ❖ **Ambiente** (ad esempio città vs campagna), **convivenza** (persone che convivono hanno batteri intestinali più simili, in quanto condividono stile alimentare, igiene ambientale)
- ❖ **Età**
- ❖ **Farmaci** (in particolare antibiotici)
- ❖ **Patologie**

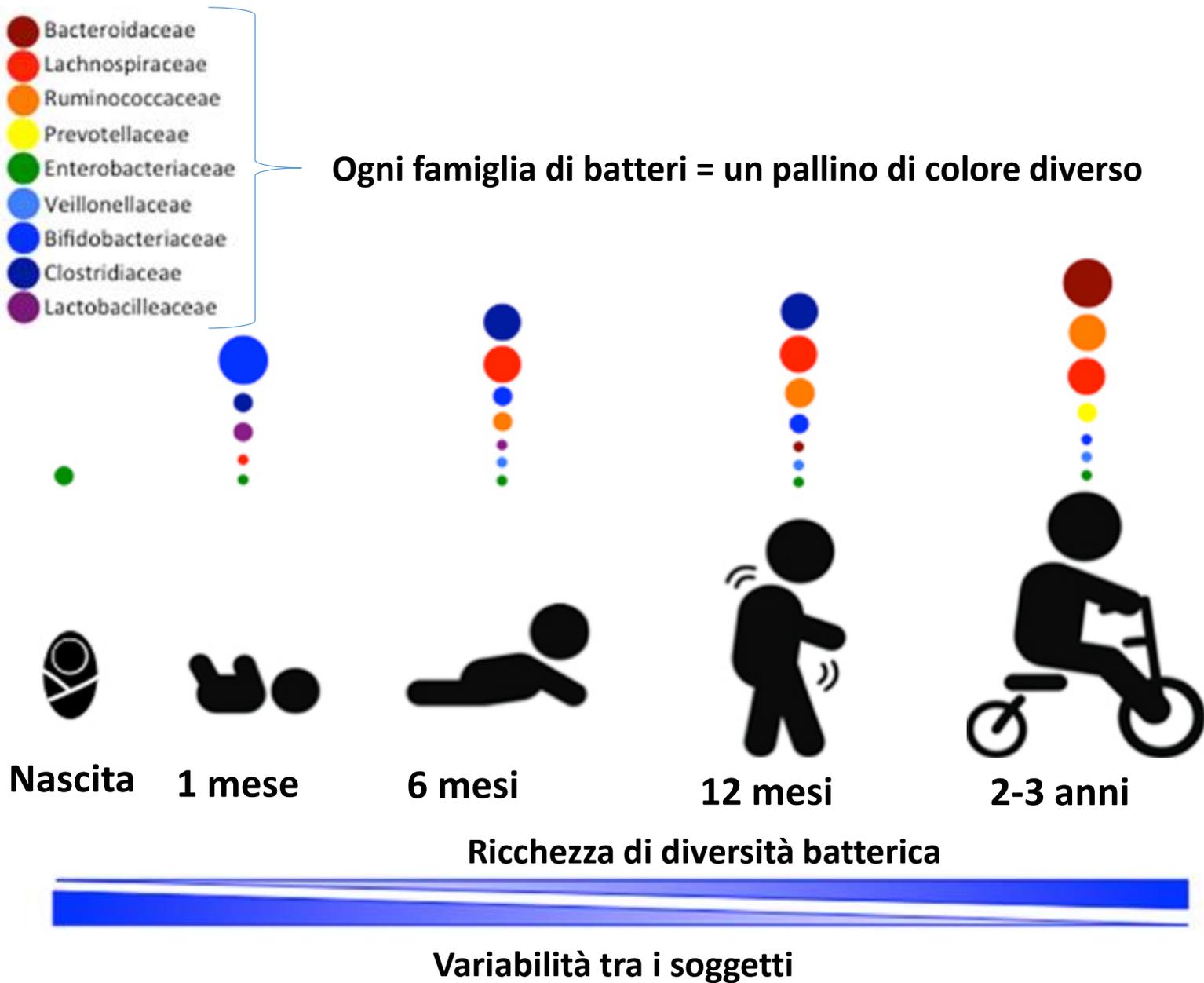
# CHE COSA INFLUENZA LA COMPOSIZIONE DEL MICROBIOTA INTESTINALE?



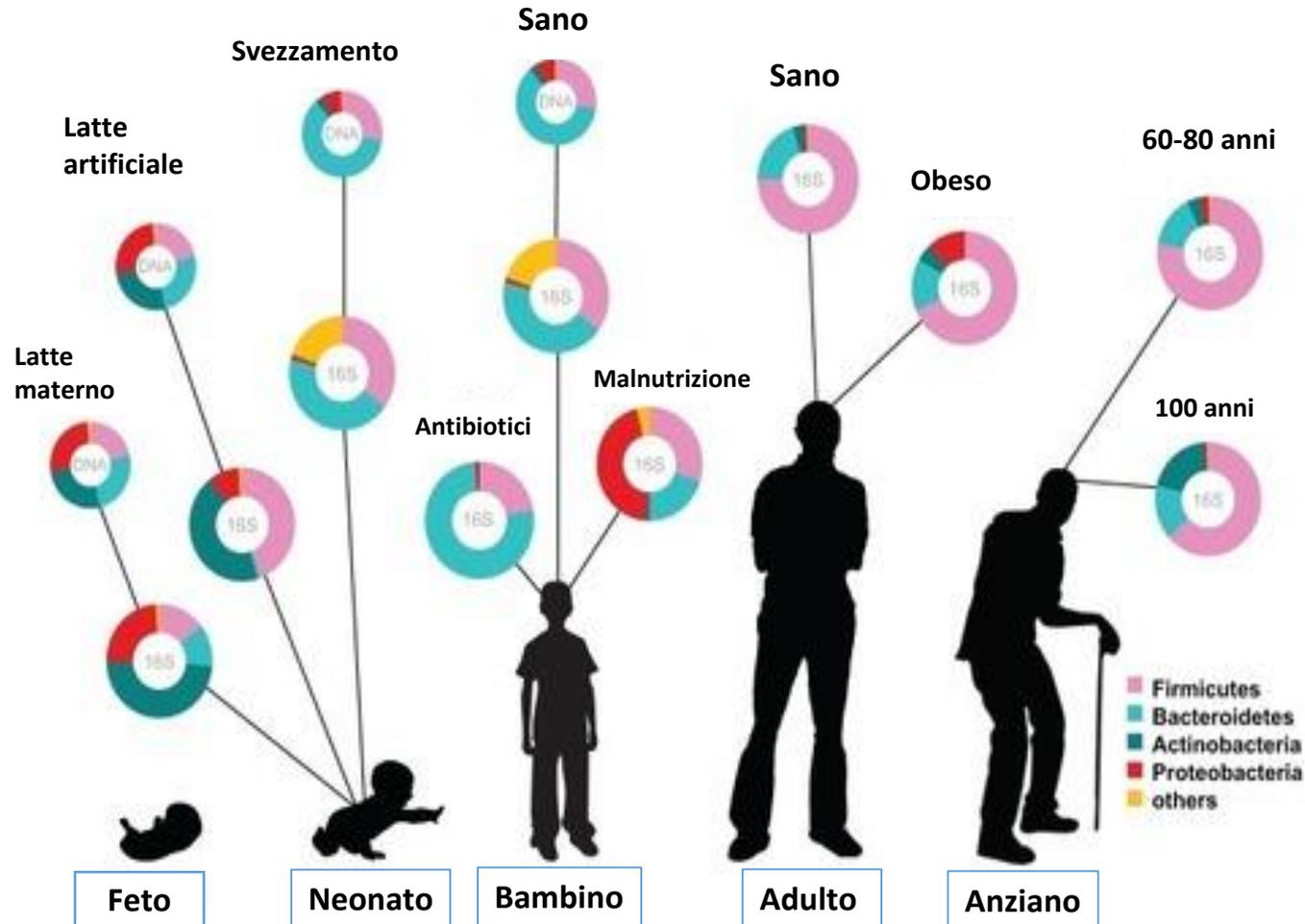
Ci sono microbioti di campagna e di città, italiani e africani, americani e giapponesi, di famiglia, **DEL SINGOLO**, dei bambini e dei vecchi



# IL MICROBIOTA CAMBIA CON LA CRESCITA DEI BAMBINI



# VARIAZIONI DELLA COMPOSIZIONE DEL MICROBIOTA CON L'ETA'



**Riduzione diversità batterica**

I colori indicano famiglie diverse di microorganismi

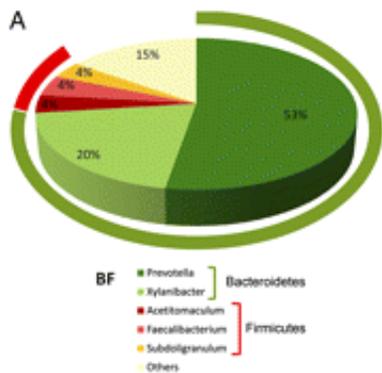
Possibile traslocazione dall'intestino materno attraverso la placenta in gravidanza e poi dall'intestino alla mammella

Nyngau DD, Clinical and experimental immunology, 2019

**Nell'adulto sano ricchezza di diversità batterica con flessibilità di composizione in risposta all'ambiente**

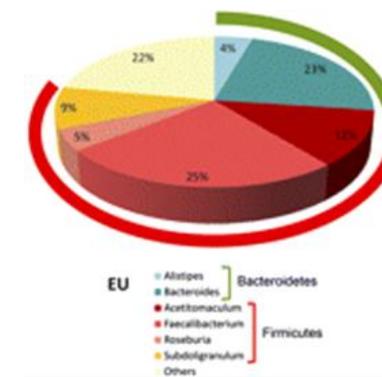
# MICROBIOTA E PROVENIENZA GEOGRAFICA (e alimentazione)

## AFRICA, BURKINA FASU



- ❖ **BATTERI- Prevalenza di PREVOTELLE**
- ❖ **ALIMENTAZIONE** Cereali integrali, sorgo, legumi, poche proteine animali

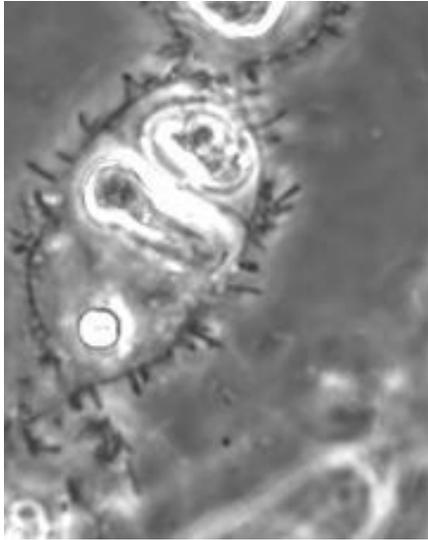
## ITALIA, FIRENZE



- ❖ **BATTERI- Prevalenza di FIRMICUTES**
- ❖ **ALIMENTAZIONE.** Cereali raffinati, pochi legumi, poca fibra, più proteine animali e grassi

Tipologie di batteri indicate da colorazioni diverse

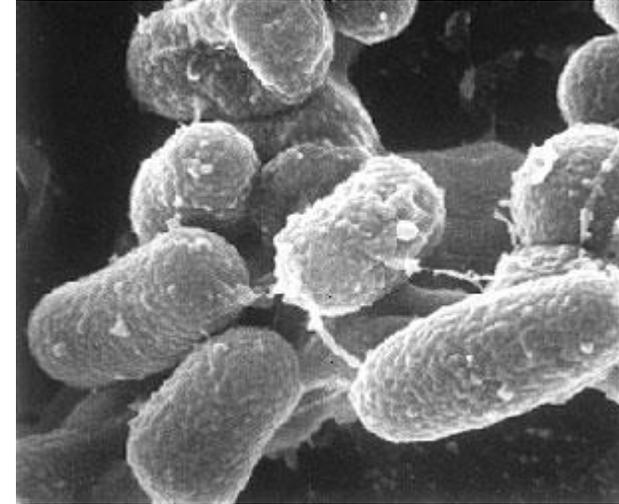
# PAESE CHE VAI CIBO E MICROBIOTA CHE TROVI



La zobellia entra nell'intestino con il consumo di alghe crude

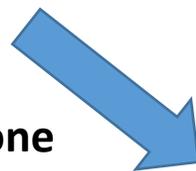


Trasferimento di materiale genico dalla Zobellia a batteri intestinali



I Bacteroides Plebeius diventano capaci di digerire le fibre delle alghe. Questi batteri sono presenti nell'intestino dei Giapponesi, assenti negli occidentali.

Zobellia galactanivorans batterio marino, capace di digerire le fibre di alcune alghe



Digestione delle fibre

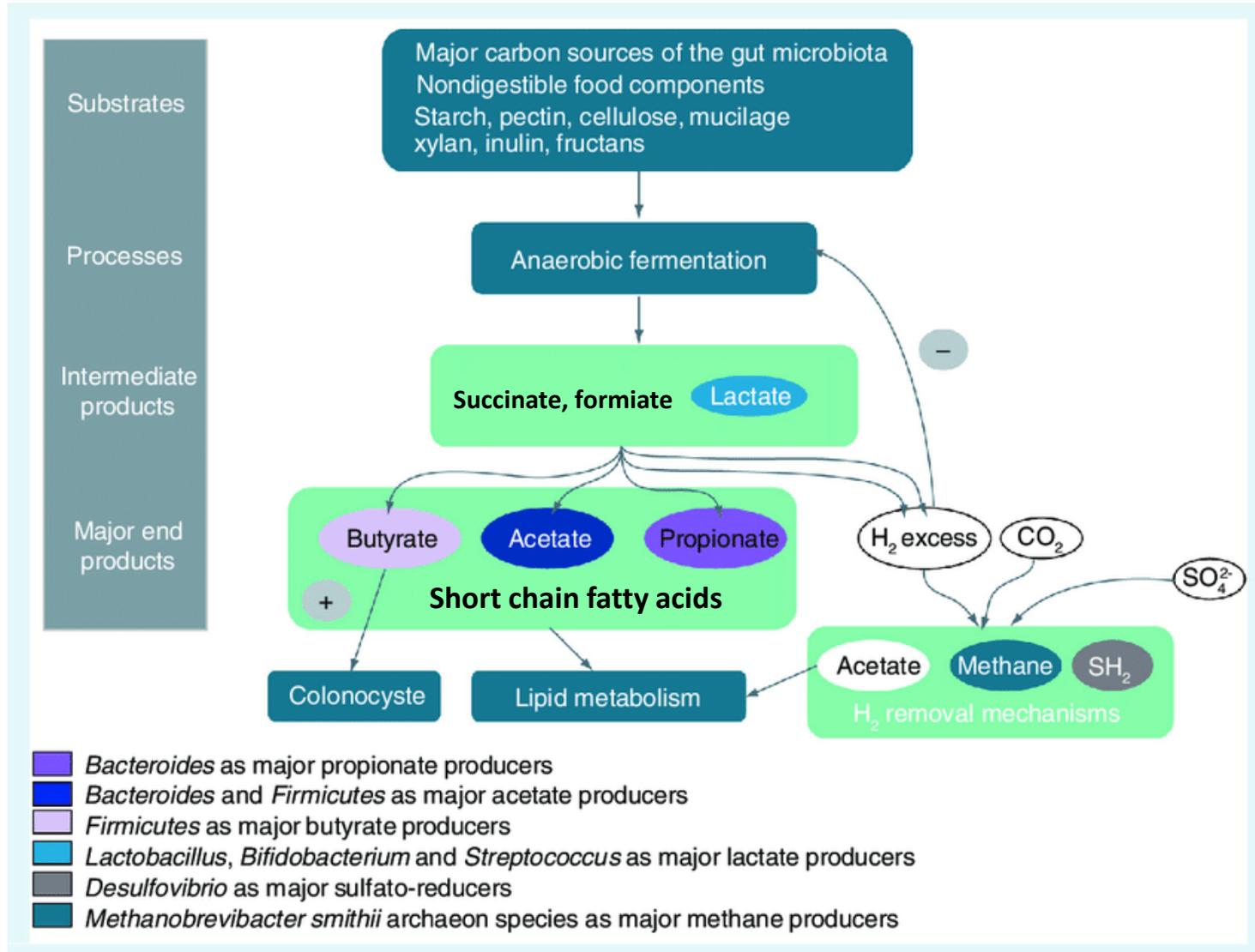


Porfiria. Alga rossa per il sushi



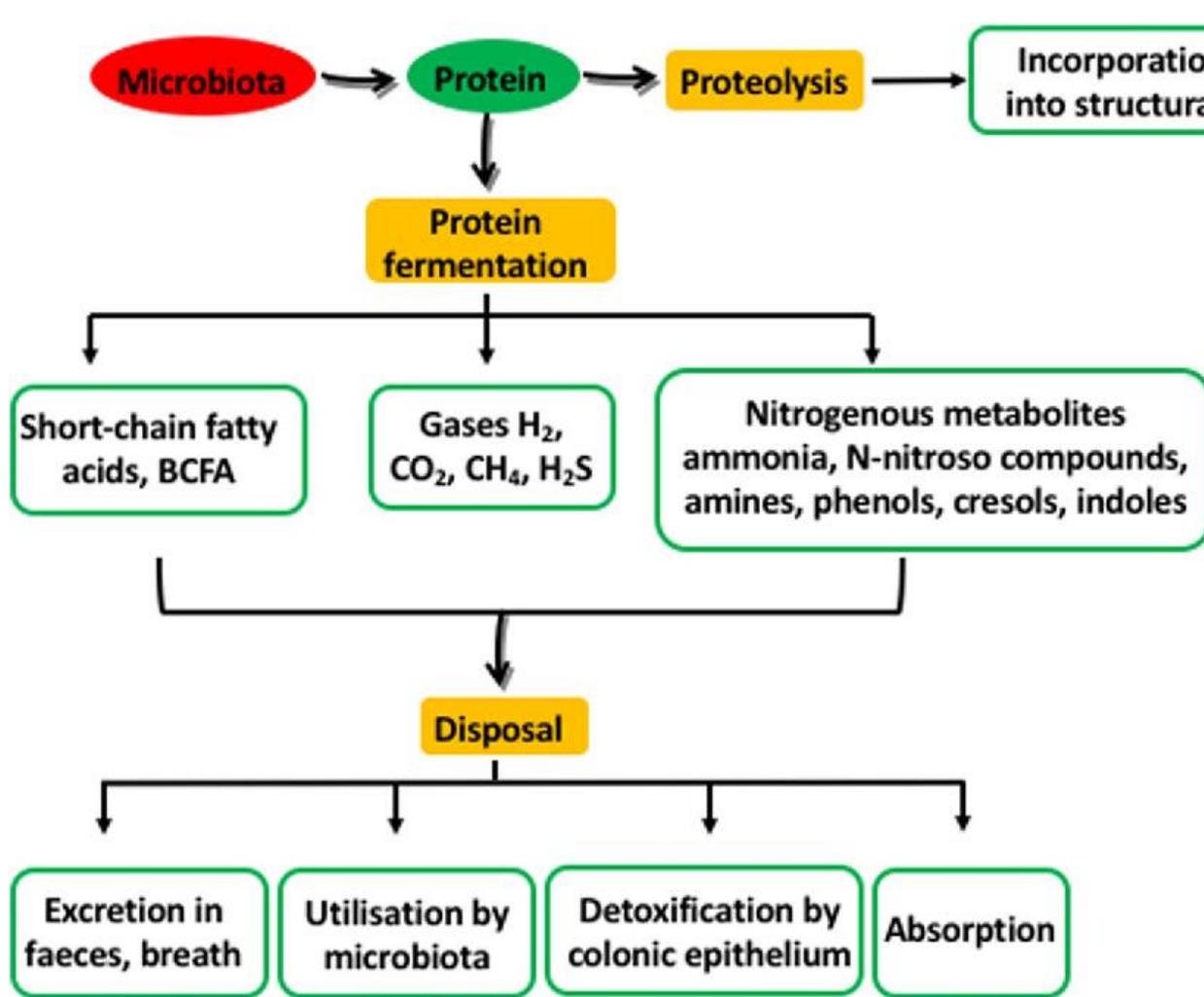
# ALIMENTAZIONE E MICROBIOTA

## Carboidrati



# ALIMENTAZIONE E MICROBIOTA

## Proteine



Utilizzo degli amminoacidi da parte del microbiota per le sintesi proteiche

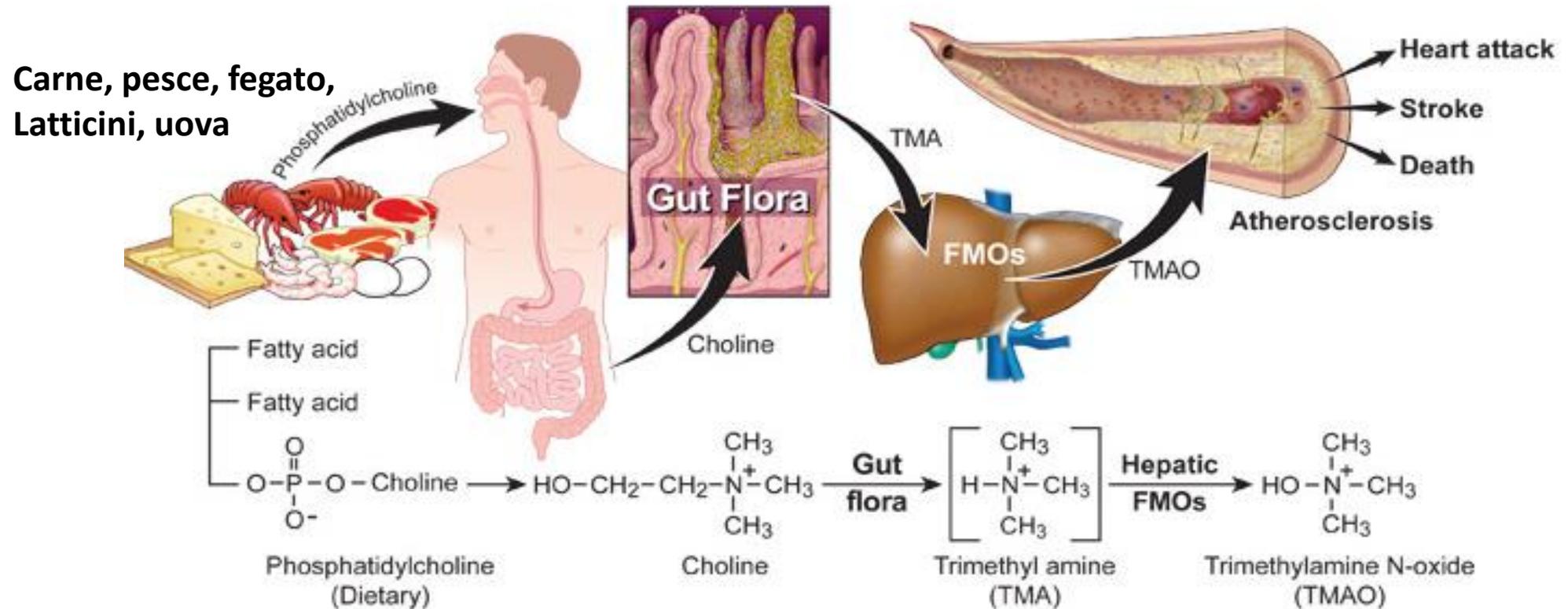
- ❖ **Composti fenolici (acido fenilacetico, fenolo e cresolo)** vengono generati da numerosi batteri intestinali anaerobi obbligati o facoltativi del genere Bacteroides, Lactobacillus, Enterobacter, Bifidobacterium e Clostridium, tramite **degradazione parziale degli amminoacidi tirosina e fenilalanina**. I composti vengono rapidamente assorbiti e detossificati tramite coniugazione soprattutto con solfati nei colonociti e nel fegato
- ❖ **Indoli** derivano dal metabolismo del triptofano da parte di batteri quali l'Escherichia Coli che producono triptofanasi. Gli indoli assorbiti vengono metabolizzati a indossill-solfati nel fegato.

Questi composti, con apporti elevati di proteine e bassi di carboidrati, possono causare citotossicità, alterazioni DNA, e cancerogenesi .

# PROTEINE E MICROBIOTA

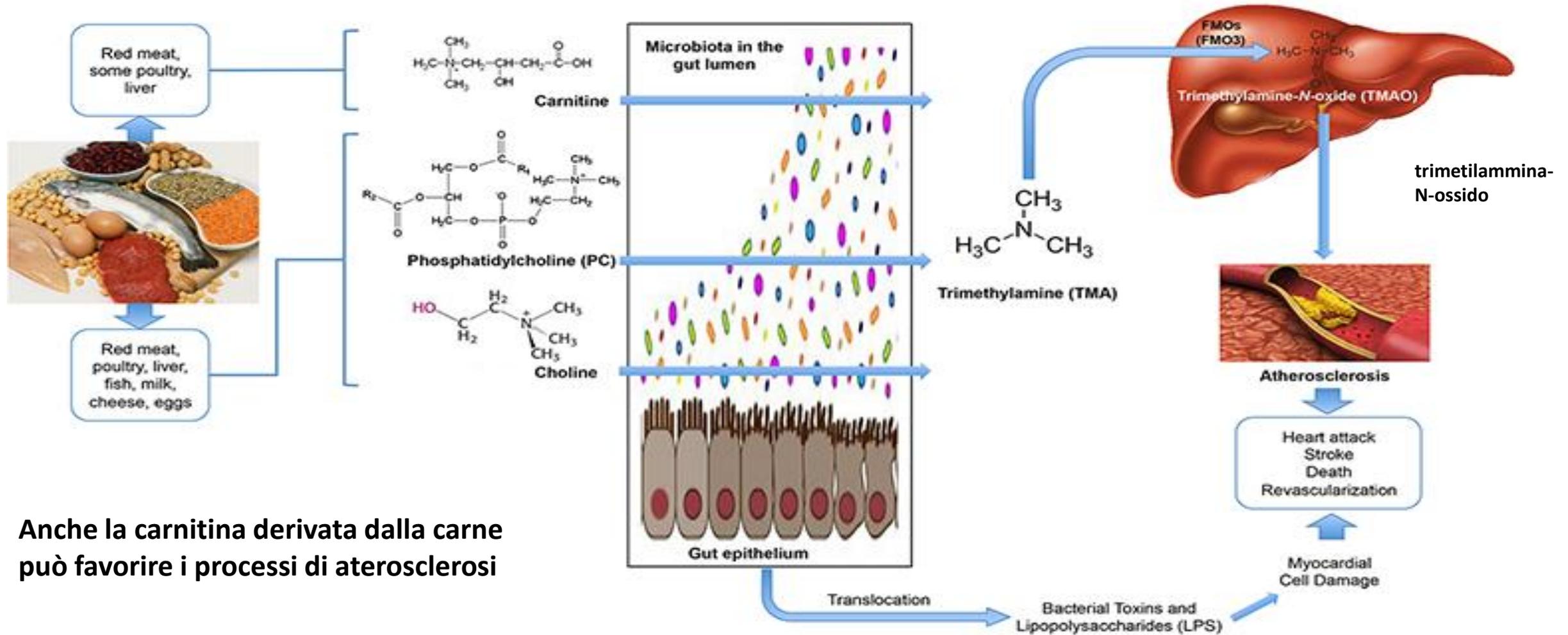
- ❖ L'utilizzazione delle proteine da parte del microbiota intestinale e le vie metaboliche associate **non sono del tutto definite**
- ❖ I metaboliti derivati dagli amminoacidi per azione del microbiota hanno effetti benefici ma anche alcuni negativi per l'ospite
- ❖ La **quantità/qualità di proteine ingerite possono modificare** sia la composizione, sia la diversità del microbiota
- ❖ Gli effetti della quantità e della tipologia di proteine sul microbiota richiedono ulteriori definizioni

# MICROBIOTA E FOSFATIDILCOLINA



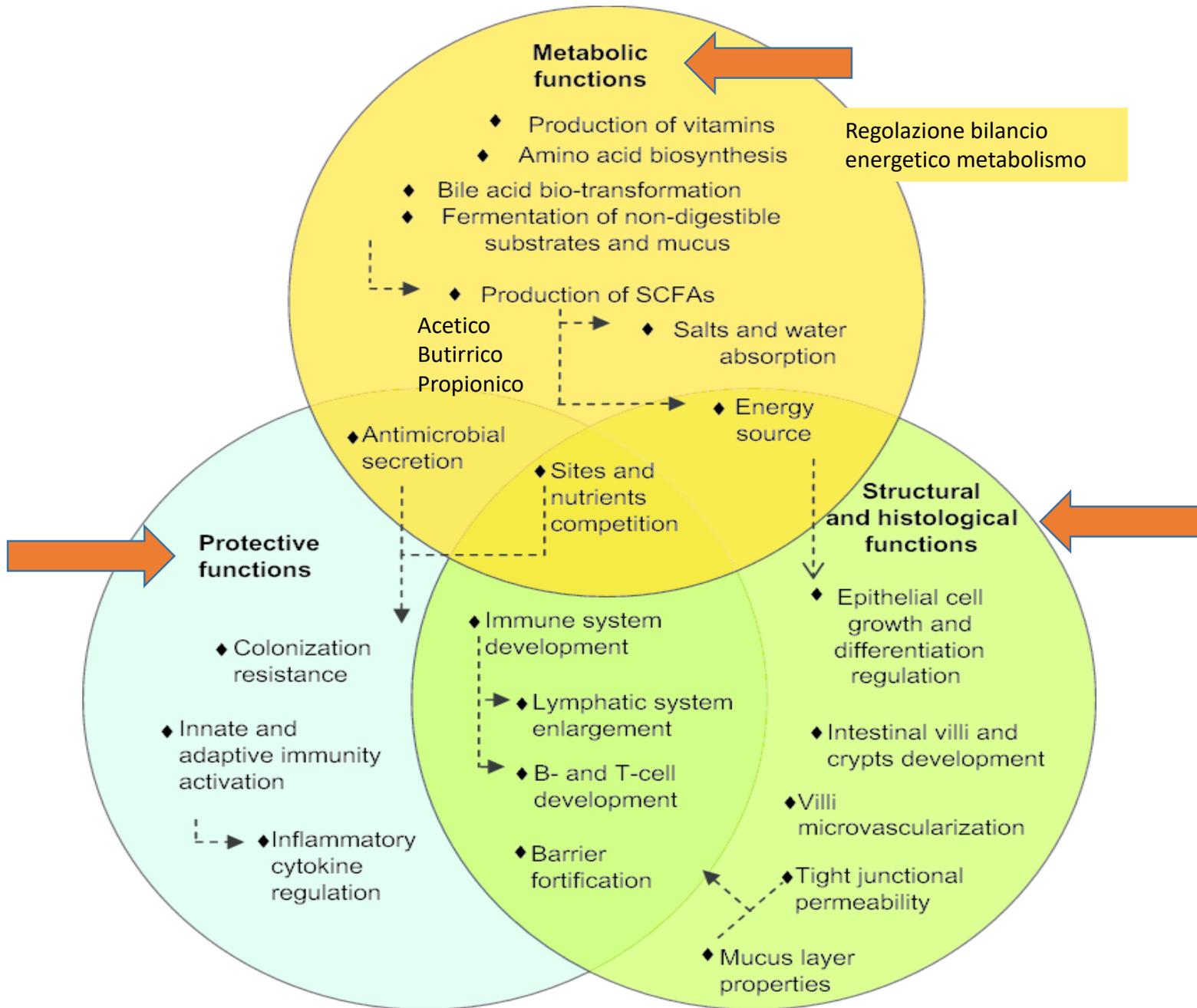
- Oltre ai composti indolici e fenolici anche altri prodotti della fermentazione batterica intestinale possono avere, se in eccesso, effetti negativi. I batteri possono metabolizzare la colina (derivata dal fosfolipide fosfatidilcolina) in trimetilamina che viene poi trasformata dal fegato per azione dell'enzima monossigenasi contenente flavina (FMOs Flavin monooxygenase) in ossido di trimetilammina (TMAO) ad azione aterogena.

# MICROBIOTA FOSFATIDILCOLINA E CARNITINA

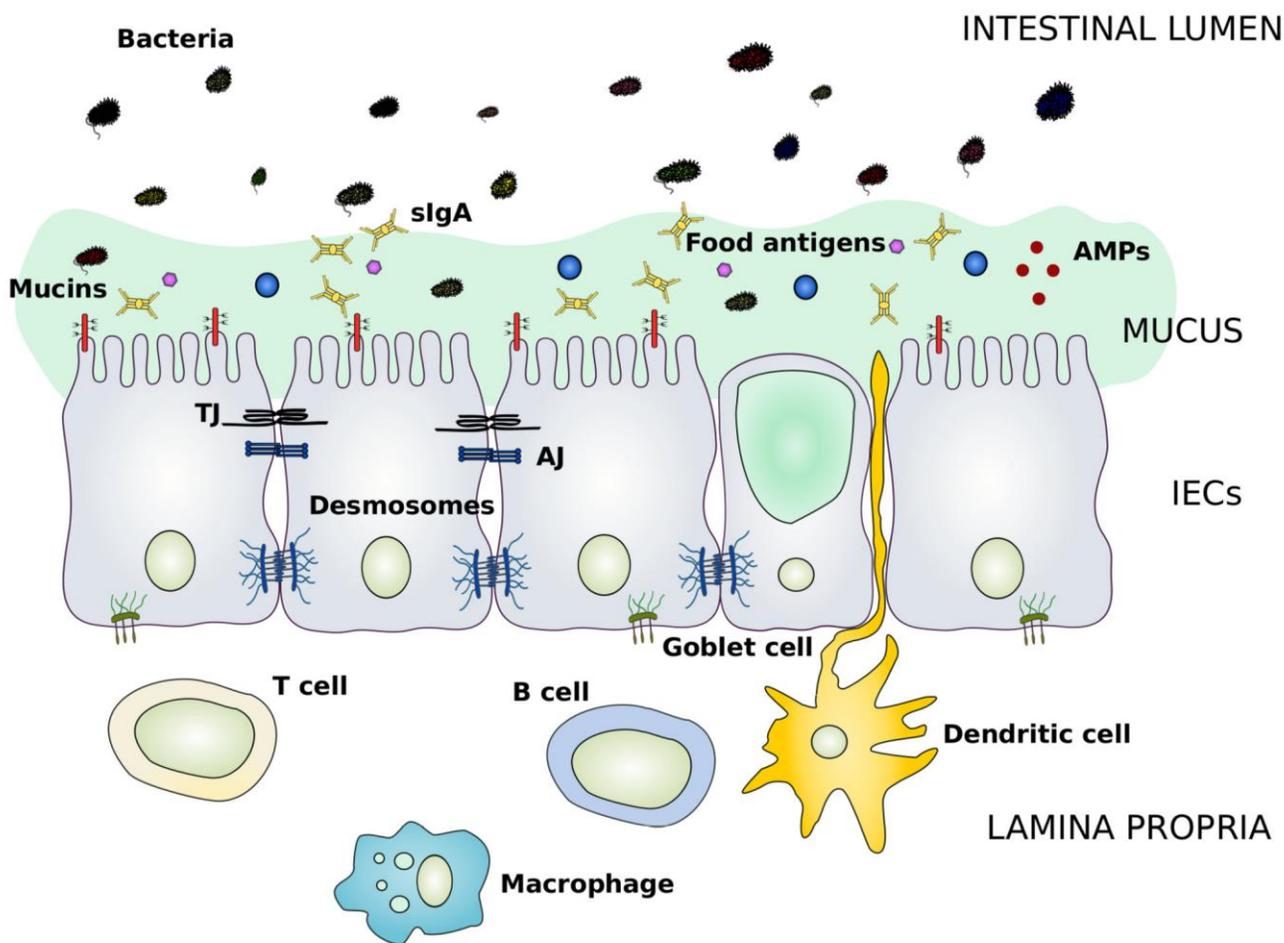


Anche la carnitina derivata dalla carne può favorire i processi di aterosclerosi

# FUNZIONI DEL MICROBIOTA



# FUNZIONI DEL MICROBIOTA



## FUNZIONI PROTETTIVE

- ❖ Esclusione competitiva dei batteri patogeni per la sede e per la disponibilità di nutrienti
- ❖ Resistenza alla colonizzazione da parte di batteri patogeni
- ❖ Secrezione di composti ad azione antimicrobica
- ❖ Regolazione immunità innata e adattativa

## FUNZIONI STRUTTURALI E ISTOLOGICHE

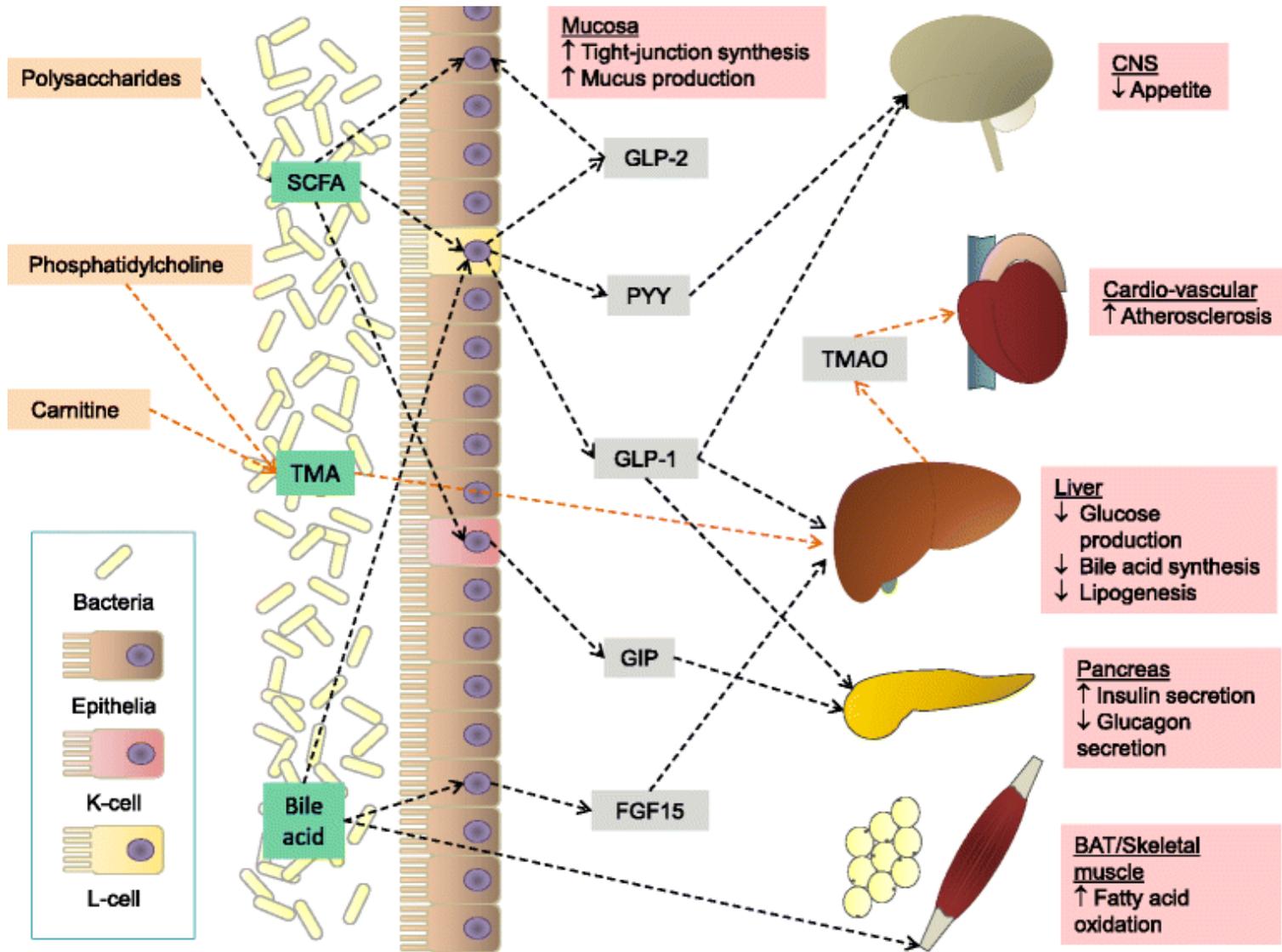
- ❖ Regolazione dell'architettura intestinale. Acidi grassi a catena corta (SCFA) modulano crescita e differenziazione cellule intestinali e il turnover, regolano la struttura e la vascolarizzazione dei villi
- ❖ SCFA regolano secrezione di muco da parte delle cellule caliciformi e il mantenimento delle giunzioni serrate, e adesive (tight e adherens junctions) e dei desmosomi (fondamentali per la funzione di barriera e la permeabilità della mucosa intestinale)

# FUNZIONI DEL MICROBIOTA

## METABOLICHE

- ❖ **Sintesi di vitamine K e B** ( biotina, riboflavina, tiamina, acido folico )
- ❖ **Sintesi di amminoacidi**
- ❖ **Deconiugazione e deidrossilazione acidi grassi biliari primari e trasformazione in acidi biliari secondari** (con effetti di regolazione metabolica )
- ❖ **Fermentazione carboidrati complessi** (fibre) non digeriti nel tenue (con produzione di acidi grassi a catena corta, SCFA, che sono substrato energetico sia per il microbiota (acido butirrico), sia per l'ospite (acetico e propionico). Valore energetico: 2,5 kcal/ g fibra.
- ❖ **Stimolo sintesi peptidi intestinali coinvolti nella regolazione bilancio energetico, glucidico e lipidico. *Vedasi slides successive***
- ❖ **Produzione di fitasi batteriche** che degradano l'acido fitico presente nei cereali con aumentata biodisponibilità di calcio, fosfati e magnesio
- ❖ **Metabolismo dei polifenoli** degradazione a composti fenolici più semplici bioattivi

# EFFETTI DEGLI SCFA MEDIATI DAI PEPTIDI secreti DALLE CELLULE INTESTINALI



❖ **GLP1**, Glucagon like peptide 1 e **PYY**, Peptide YY (sintetizzati da cellule intestinali L del colon)

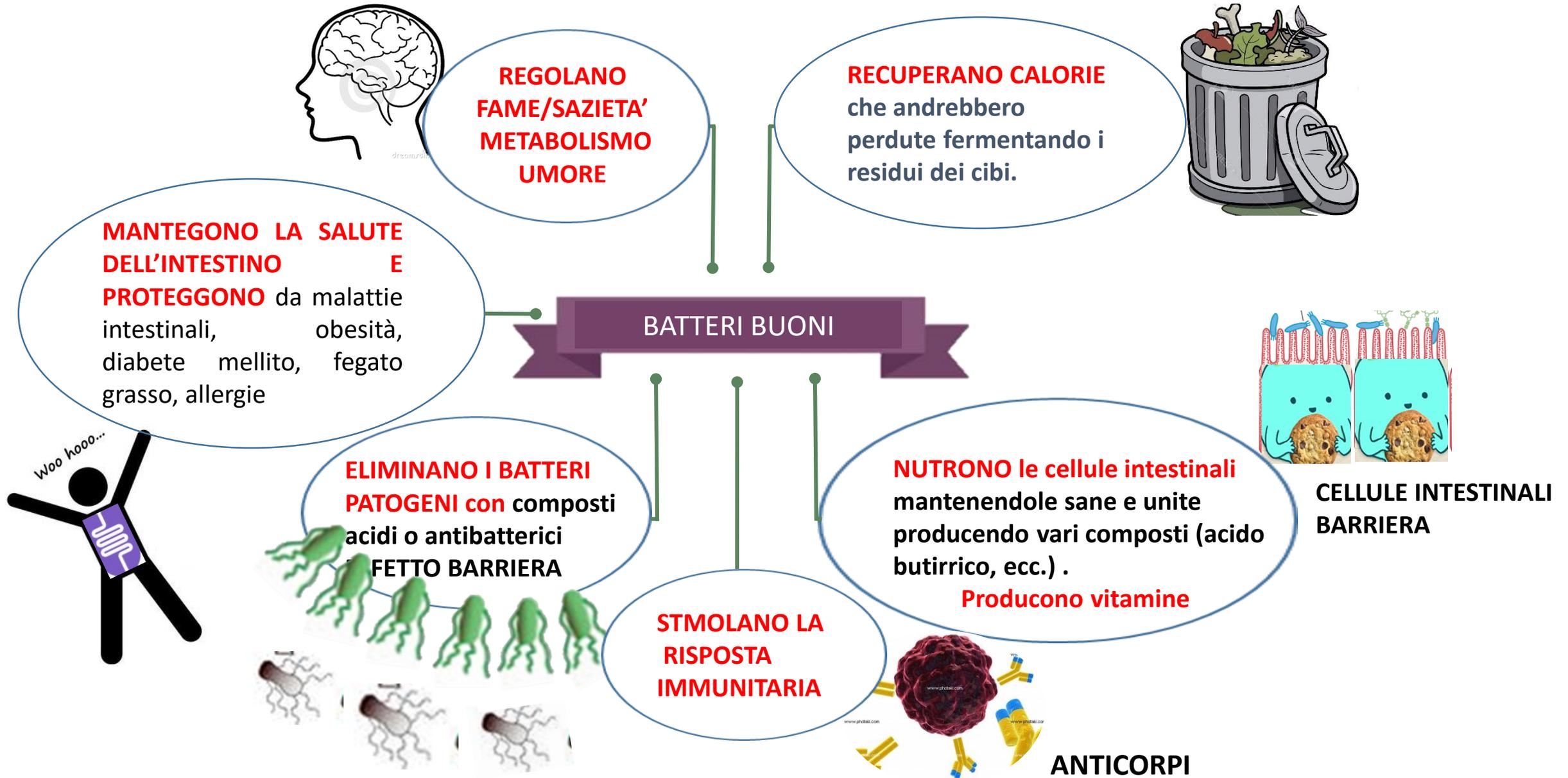
- **stimolano secrezione pancreatica di insulina, riduzione fame a livello ipotalamico.**
- **Nel fegato: riduzione lipogenesi e della produzione e rilascio di glucosio.**
- **Nel muscolo: aumento ossidazione acidi grassi**

❖ **GIP** glucose-dependent insulinotropic peptide, prodotto dalle cellule K **stimola la secrezione di insulina**

❖ **GLP 2**, sintetizzato da cellule epiteliali L **stimola sintesi delle proteine della tight junction** (che mantengono unite le cellule epiteliali) e **la secrezione del muco** (funzioni di barriera e regolazione permeabilità intestinale)

❖ **Acidi biliari stimolano secrezione GLP1, GLP 2 e PYY**

# CHE COSA FANNO I BATTERI BUONI NELL'INTESTINO CRASSO DEGLI UMANI?



# LARN, SINU 2014 per la fibra alimentare

<b>Fibra alimentare</b>	Preferire alimenti naturalmente ricchi in fibra alimentare quali cereali integrali, legumi, frutta e verdura. Negli adulti, consumare almeno 25 g/die di fibra alimentare anche in caso di apporti energetici <2000 kcal/die.
-------------------------	---

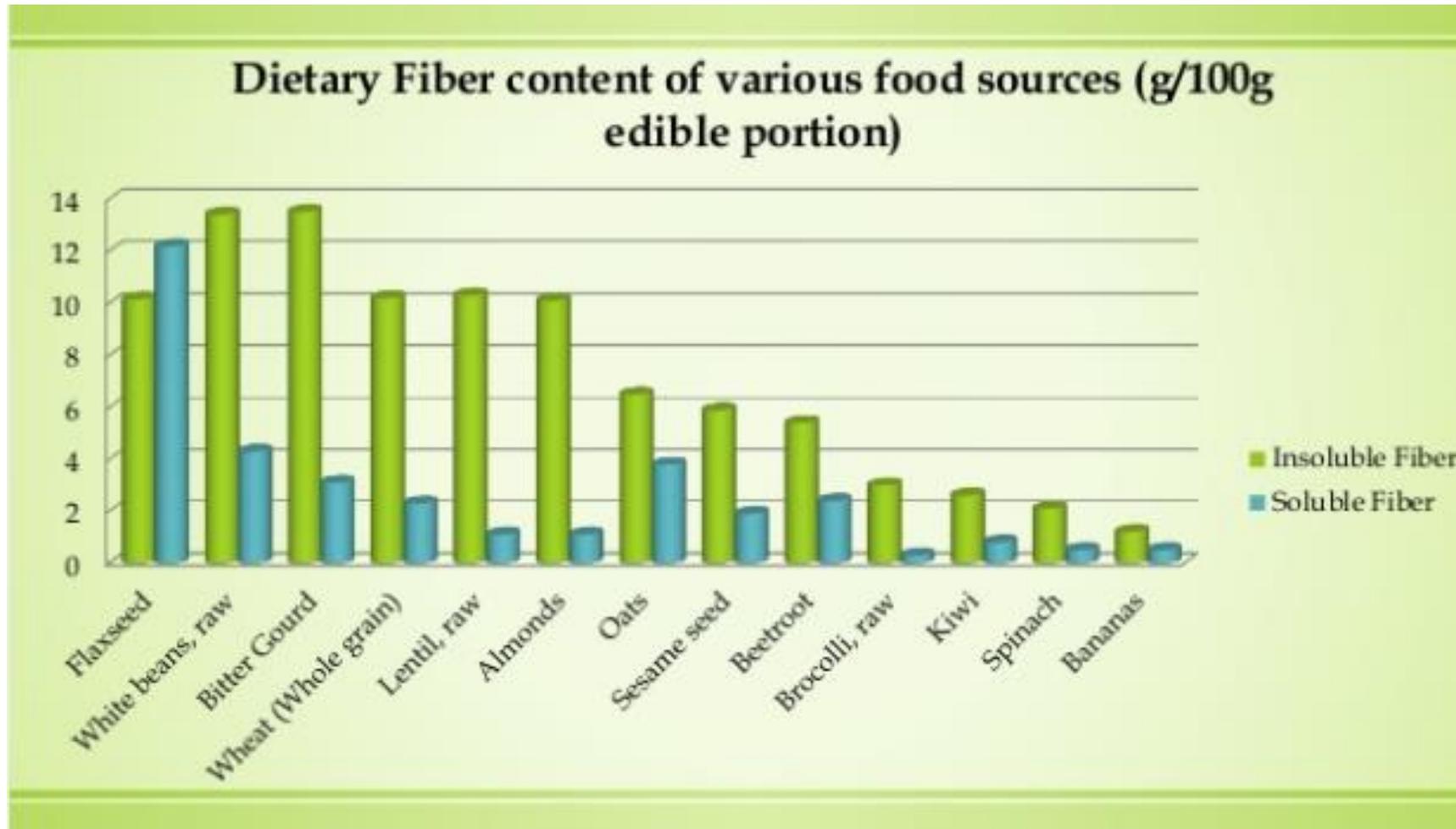
Età evolutiva: 8,4 g/1000 kcal (2 g/MJ)	Adulti: 12,6-16,7 g/1000 kcal (3-4 g/MJ)
---	---

Con un'alimentazione a più basso apporto energetico può aumentare il rischio di un introito inadeguato di fibre.

## Classificazione dei tipi di fibre

Proprietà metaboliche	Classificazione	Buona fonte
<b>Solubilità</b>	<p><b>Solubili:</b> Beta-glucani, gomma di guar, destrine del grano, pectina, Inulina</p> <p><b>Insolubili:</b> Cellulosa, lignina, alcune pectine, alcune emicellulos.</p>	<p>Avena, orzo, carote, arance/ mandarini, mele, fagioli e fave.</p> <p>frumento integrale intero, crusca di frumento, nuts, vegetali a foglia verde.</p>
<b>Fermentabilità</b>	<p><b>Fermentabili:</b> crusca di grano, pectina, beta-glucani, gomma di guar, fruttosio (inulina), amido "resistente".</p> <p><b>Non fermentabili:</b> Cellulosa, lignina</p>	<p>Frutta, vegetali, radice di cicoria, topinambur, cipolla, cereali</p> <p>Frumento integrale e crusca, radici vegetali, cavolo, semi, nuts.</p>
<b>Viscosità</b>	<p><b>Viscosi:</b> Pectina, beta-glucani, gomma di guar,</p> <p><b>Non viscosi:</b> Polidestrine, inulina</p>	<p>Sorbitolo, radici di cicoria,</p> <p>Sorbitolo, radici di cicoria, prodotti specifici in commercio.</p>

# CONTENUTO DI FIBRE NEGLI ALIMENTI



I diversi cibi contengono generalmente una combinazione di fibre solubili e insolubili in proporzione variabile

# SORGENTI DI FIBRA ALIMENTARE

## Dove trovarle

Alcune delle principali fonti di fibra  
(valori per etto di alimento crudo, al netto degli scarti)

D'ARCO

### ■ Cereali e derivati



	Grammi
▶ Orzo perlato	<b>9,2</b>
▶ Fiocchi d'avena	<b>8,3</b>
▶ Pane integrale	<b>6,5</b>
▶ Pasta integrale	<b>6,4</b>
▶ Biscotti integrali	<b>6</b>

### ■ Legumi



	Grammi
▶ Fagioli borlotti secchi	<b>17,3</b>
▶ Lenticchie secche	<b>13,8</b>
▶ Ceci secchi	<b>13,6</b>
▶ Piselli freschi	<b>6,3</b>

Fonte: **Tabelle INRAN**

### ■ Verdure



	Grammi
▶ Carciofi	<b>5,5</b>
▶ Radicchio rosso	<b>3</b>
▶ Porri	<b>2,9</b>
▶ Melanzane	<b>2,6</b>
▶ Finocchi	<b>2,2</b>

### ■ Frutta



	Grammi
▶ Fichi secchi	<b>13</b>
▶ Lamponi	<b>7,4</b>
▶ Pere (senza buccia)	<b>3,8</b>
▶ Mele con buccia	<b>2,6</b>
▶ Kiwi	<b>2,2</b>

# IN CONCLUSIONE LA FIBRA

## ❖ NON VIENE DIGERITA NEL TENUE

ma viene fermentata nell'intestino crasso

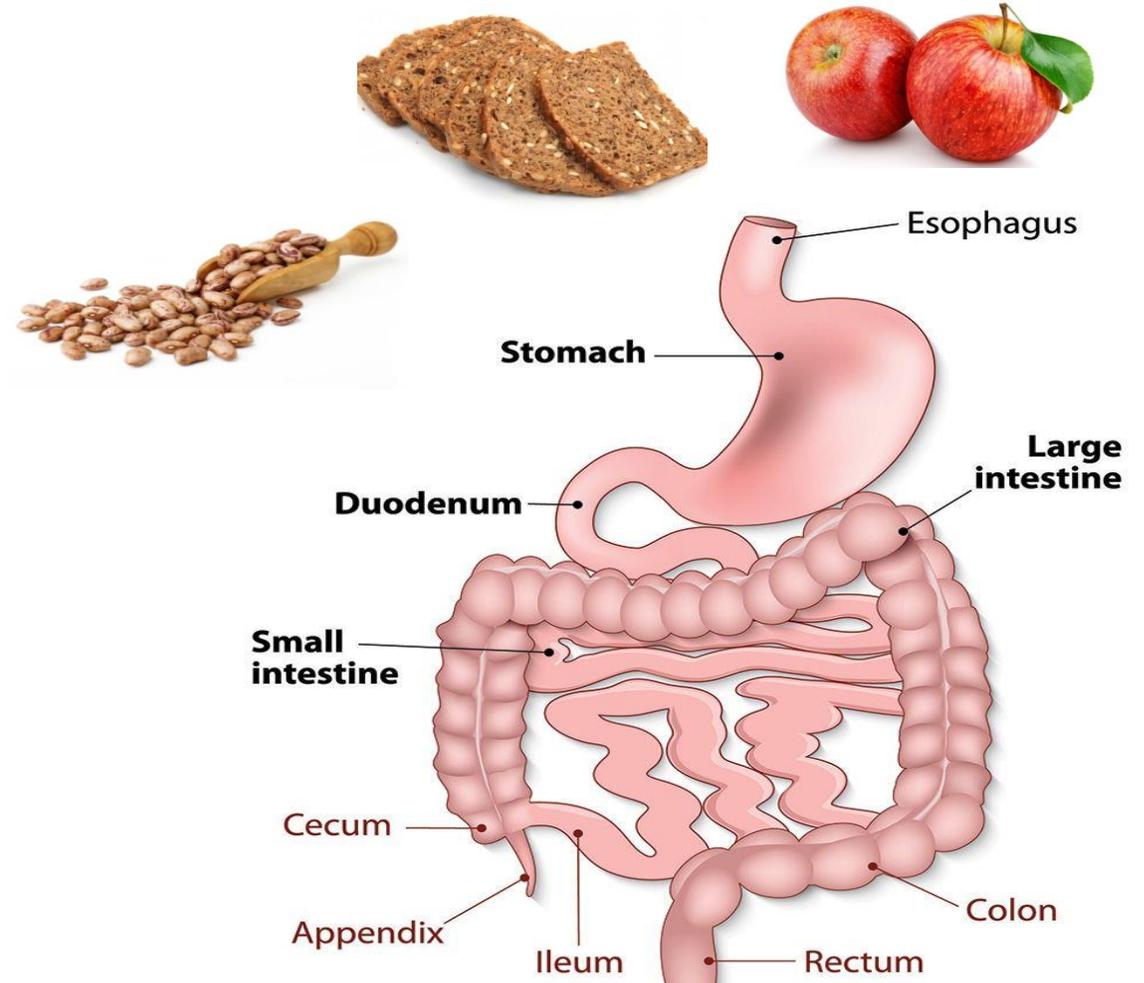
❖ **Regola** i movimenti di stomaco e intestino modulando l'efficienza della digestione e dell'assorbimento delle sostanze nutritive, dopo i pasti

❖ **Riduce** l'assorbimento di colesterolo e zuccheri

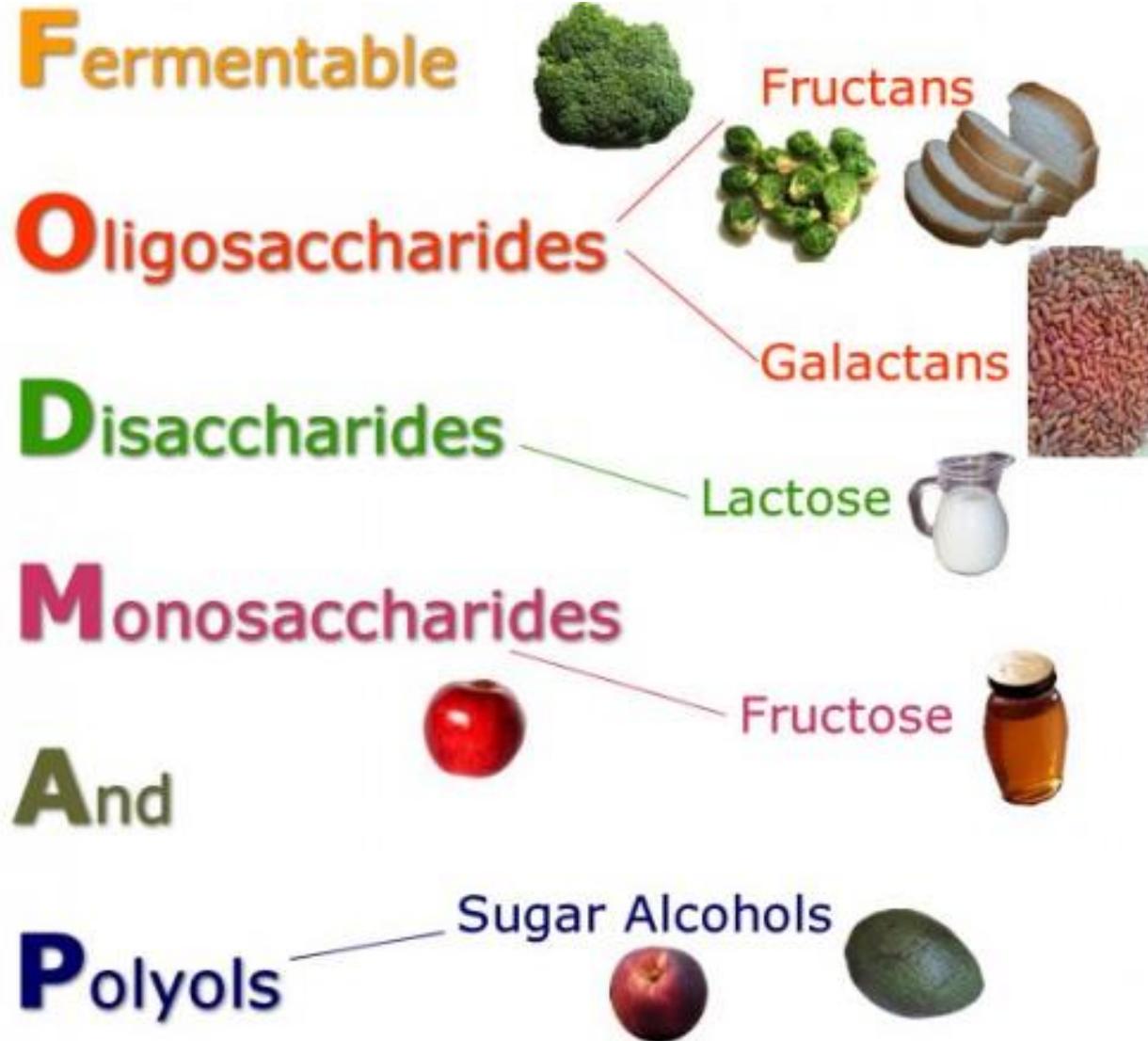
❖ **Aumenta** la sazietà sia per azione diretta che indiretta via microbiota

❖ **Favorisce** la regolarità dell'alvo

❖ «**Nutre**» il microbiota e ne regola la composizione

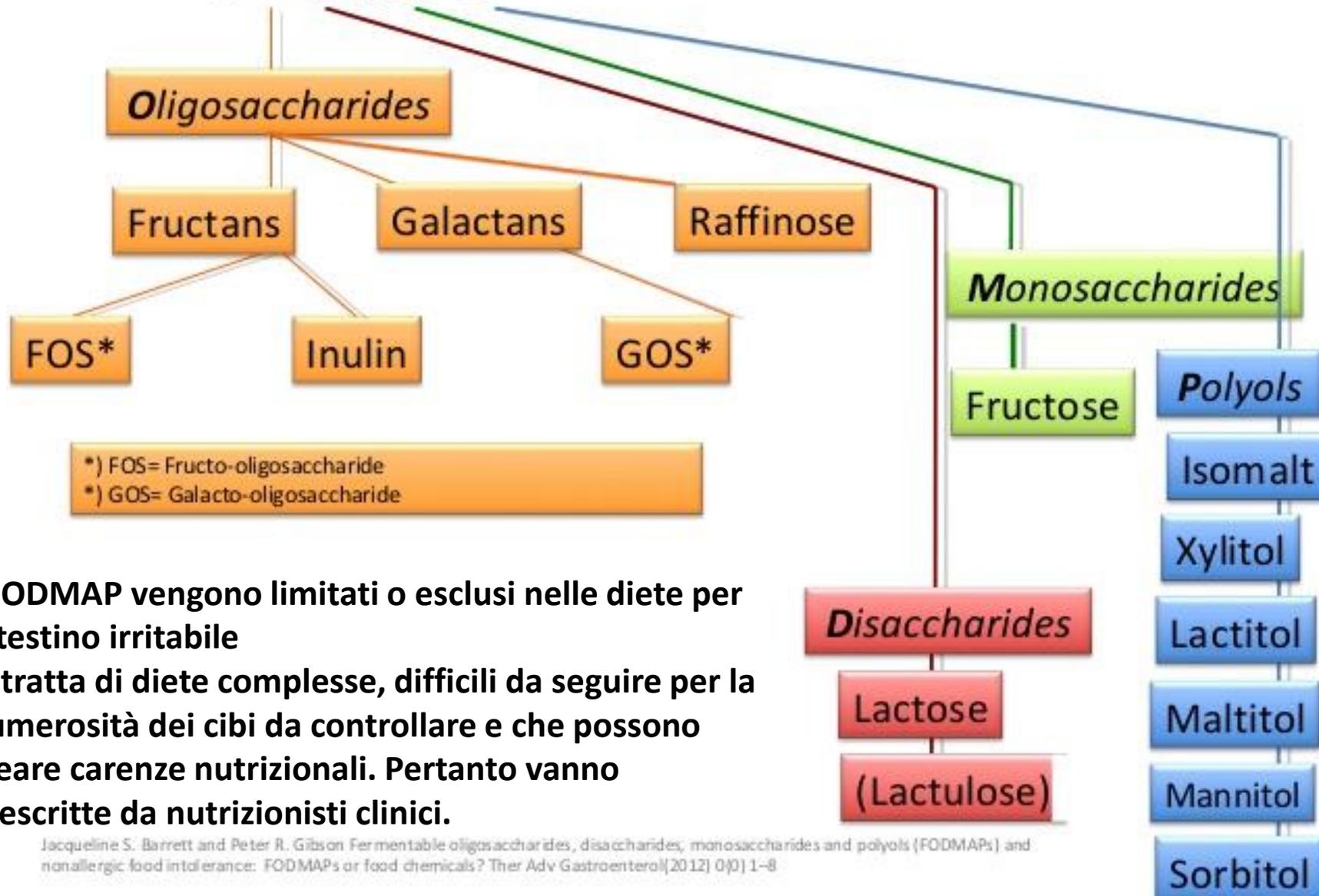


# FODMAPS



Acronimo formato dalle iniziali dei nomi di fibre e zuccheri che possono creare problemi in soggetti con disturbi gastrointestinali quali il colon irritabile

# FODMAP\*



- ❖ I FODMAP vengono limitati o esclusi nelle diete per intestino irritabile
- ❖ Si tratta di diete complesse, difficili da seguire per la numerosità dei cibi da controllare e che possono creare carenze nutrizionali. Pertanto vanno prescritte da nutrizionisti clinici.

# FODMAP E COLON IRRITABILE

## **FODMAP:**

Fermentable

Oligosaccharides (fruttani e galattani)

Disaccarides (lattosio)

Monosaccharides (fruttosio)

And

Polyols (alcol-zuccheri)

I cibi contenenti questi carboidrati a corta catena peggiorano i sintomi di alcuni disturbi digestivi (IBS).

Queste piccole molecole a esacerbano (in teoria!) i sintomi della sindrome del colon irritabile, caratterizzata dalla presenza del dolore addominale e da una variazione nella frequenza delle emissioni di feci.

Definire questi zuccheri a catena corta una possibile cause della sindrome è un'ipotesi azzardata. E' utile anche ridurre il consumo di caffè e di cibi piccanti.

## Oligosaccaridi

	Alimenti Ricchi	Alimenti Poveri
Fruttani	<p>Aglio, Anguria, Asparago, Barbabietola, Broccolo, Caco, Carciofo, Cavolo, Cavolini di Bruxelles, Ceci, Cicoria, Cipolla, Fagioli, Finocchio, Lenticchie, Mela, Pesca bianche, Piselli, Pistacchi, Porro, Radicchio, Scalogno.</p> <p>Alimenti contenenti Glutine (Grano, Orzo, ...).</p>	<p>Biete, Carota, Erba cipollina, Erbette, Fagiolini, Germogli di Soia, Lattuga, Mais, Melanzana, Patata, Peperoncino, Pomodoro, Sedano, Spinaci.</p> <p>Alimenti senza Glutine (Riso, Mais, ...), spelta</p>
Galattani	<p>Broccolo, Ceci, Fagioli, Lenticchie, Soia.</p>	<p>Formaggio stagionato, Latte "senza" lattosio, Sorbetto alla frutta.</p>

## Mono e Disaccaridi

### Polioli

	Alimenti Ricchi	Alimenti Poveri
Fruttosio	<p>Asparago, Carciofo, Ciliegie, Cocco, Cocomero, Dolcificanti con Fruttosio, Frutta in scatola, Frutta essicata, Mango, Mela, Miele, Pesca, Salsa tipo Ketch-up, Sciroppo d'Agave, Alcolici tipo Sherry e Porto, Bibite con fruttosio</p>	<p>Agrumi, Banane mature, Fragole, Frutto della passione, Limone, Lime, Mirtilli, Lamponi, Pompelmo, Uva</p> <p>Zucchero e Sciroppo d'acero</p>
Lattosio	<p>Latte di capra, di pecora, vaccino e Derivati (Formaggio fresco, Gelato, Panna, Yogurt) .</p>	<p>Formaggio stagionato, Latte "senza" lattosio, Sorbetto alla frutta.</p>

	Alimenti Ricchi	Alimenti Poveri
Polioli	<p>Albicocca, Anguria, Avocado, Cavolfiore, Ciliegie, Funghi, Pera, Pesca, More, Piselli, Prugna, Sorbitolo, Mannitolo, Maltitolo, Xilitolo</p>	<p>Agrumi, banane, kiwi, lime, lamponi, melone, mirtilli, uva</p> <p>Dolcificanti come zucchero, glucosio e aspartame</p>

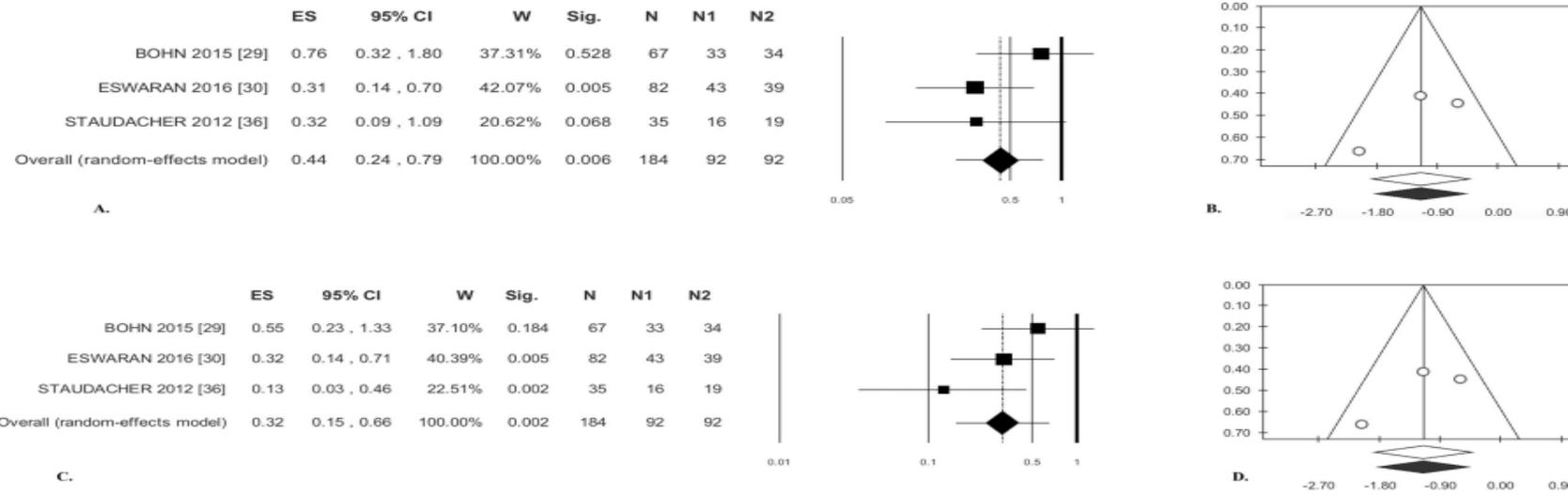


Figure 2. Low-FODMAP diet versus traditional IBS diet. Abdominal pain: (A) forest plot and (B) funnel plot. Bloating: (C) forest plot and (D) funnel plot.

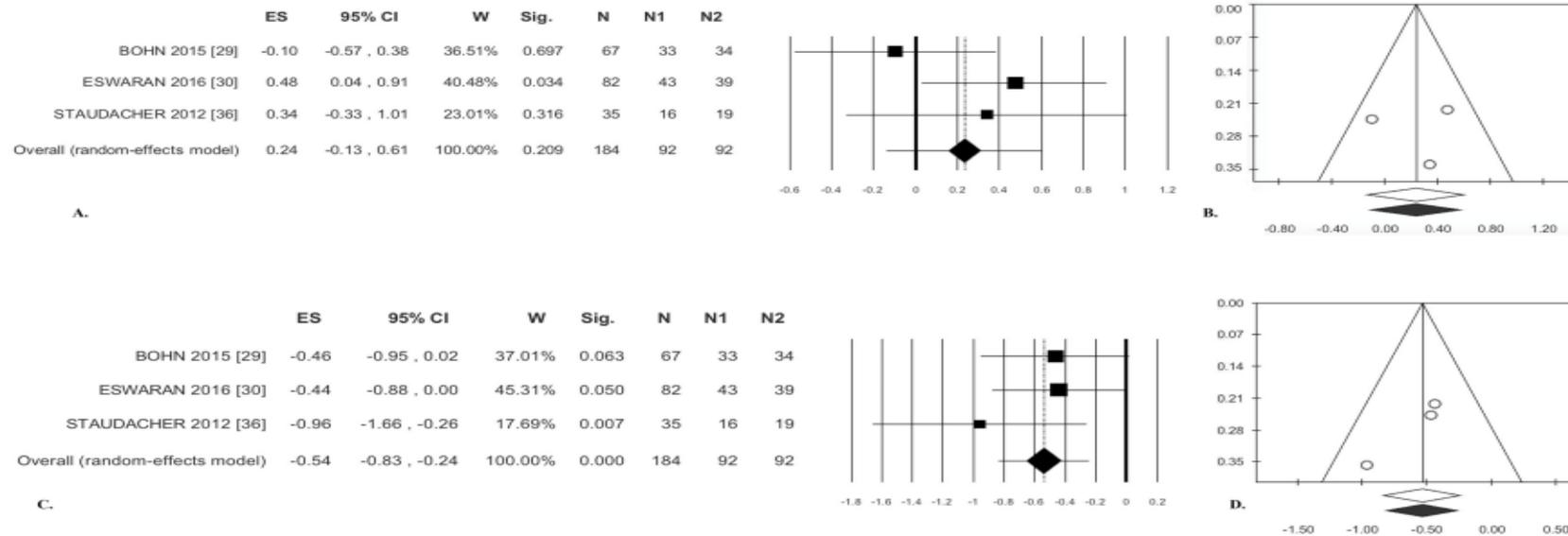
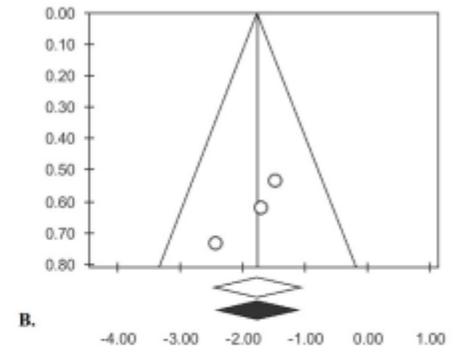
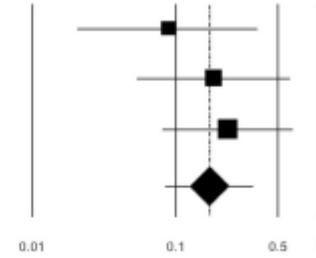


Figure 3. Low-FODMAP diet versus traditional IBS diet. Stool consistency: (A) forest plot and (B) funnel plot. Stool frequency: (C) forest plot and (D) funnel plot.

	ES	95% CI	W	Sig.	N	N1	N2
HALMOS 2014 [26]	0.09	0.02 , 0.37	23.34%	0.001	30	15	15
MCINTOSH 2016 [53]	0.18	0.05 , 0.62	32.64%	0.006	38	19	19
ONG 2010 [25]	0.23	0.08 , 0.65	44.02%	0.006	50	25	25
Overall (random-effects model)	0.17	0.08 , 0.34	100.00%	0.000	118	59	59

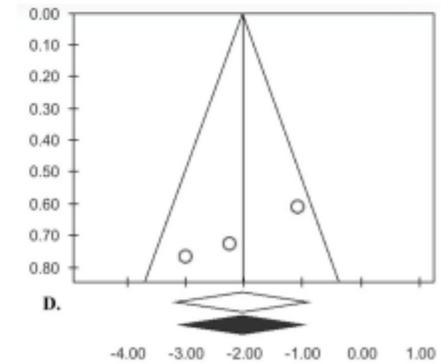
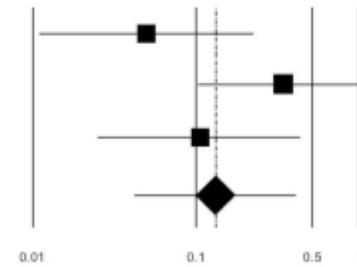
A.



B.

	ES	95% CI	W	Sig.	N	N1	N2
HALMOS 2014 [26]	0.05	0.01 , 0.22	30.23%	0.000	30	15	15
MCINTOSH 2016 [53]	0.34	0.10 , 1.13	37.64%	0.078	37	18	19
ONG 2010 [25]	0.10	0.03 , 0.43	32.13%	0.002	30	15	15
Overall (random-effects model)	0.13	0.04 , 0.40	100.00%	0.000	97	48	49

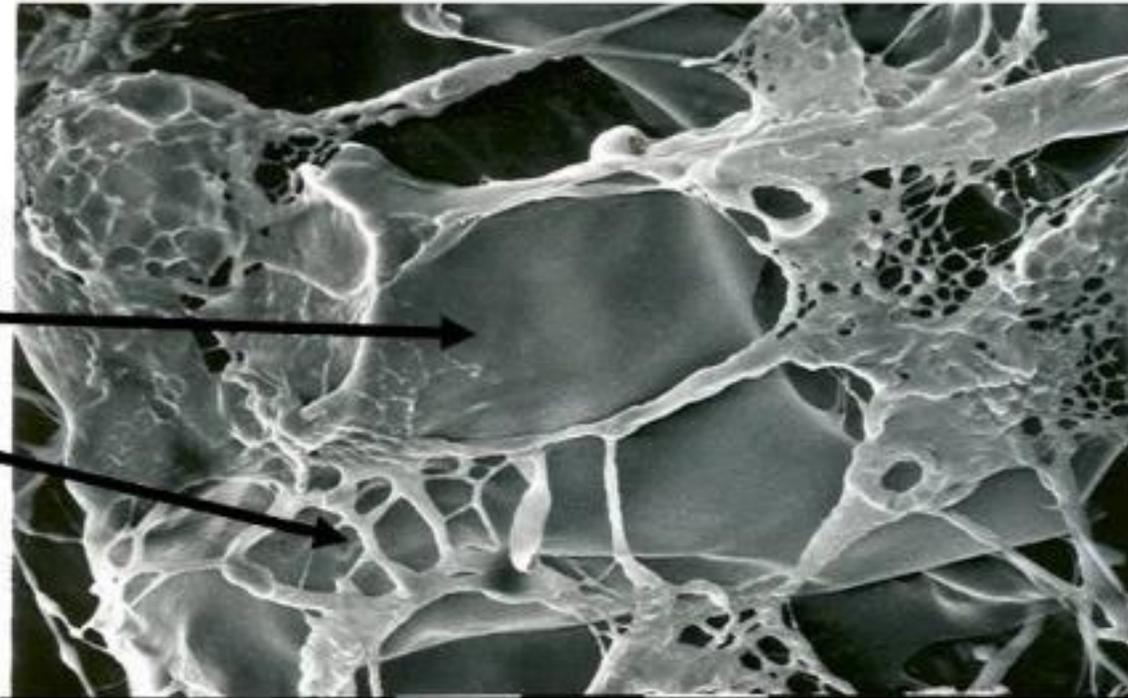
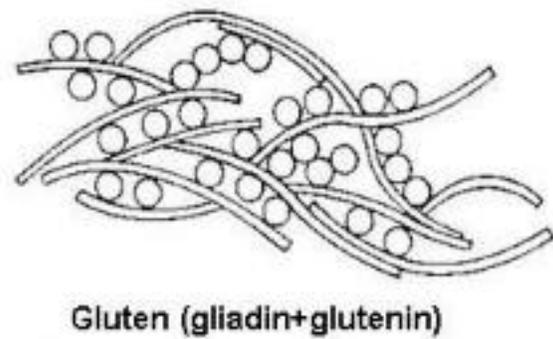
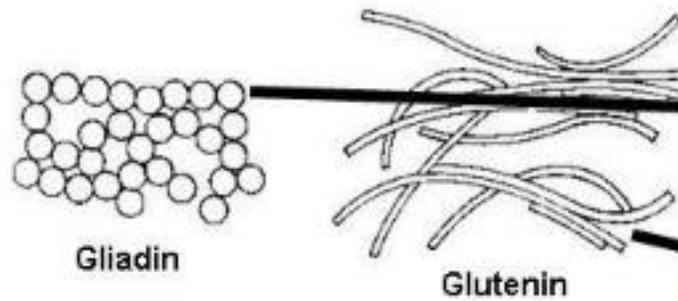
C.



D.

**Figure 4.** Low-FODMAP diet versus medium/high-FODMAP. Abdominal pain: (A) forest plot and (B) funnel plot. Bloating: (C) forest plot and (D) funnel plot.

# CHE COSA C'È DI SPECIALE NEL GLUTINE?



# GLUTINE



**GLIADINE**  
estensibilità  
viscosità



**GLUTENINE**  
elasticità  
tenacità

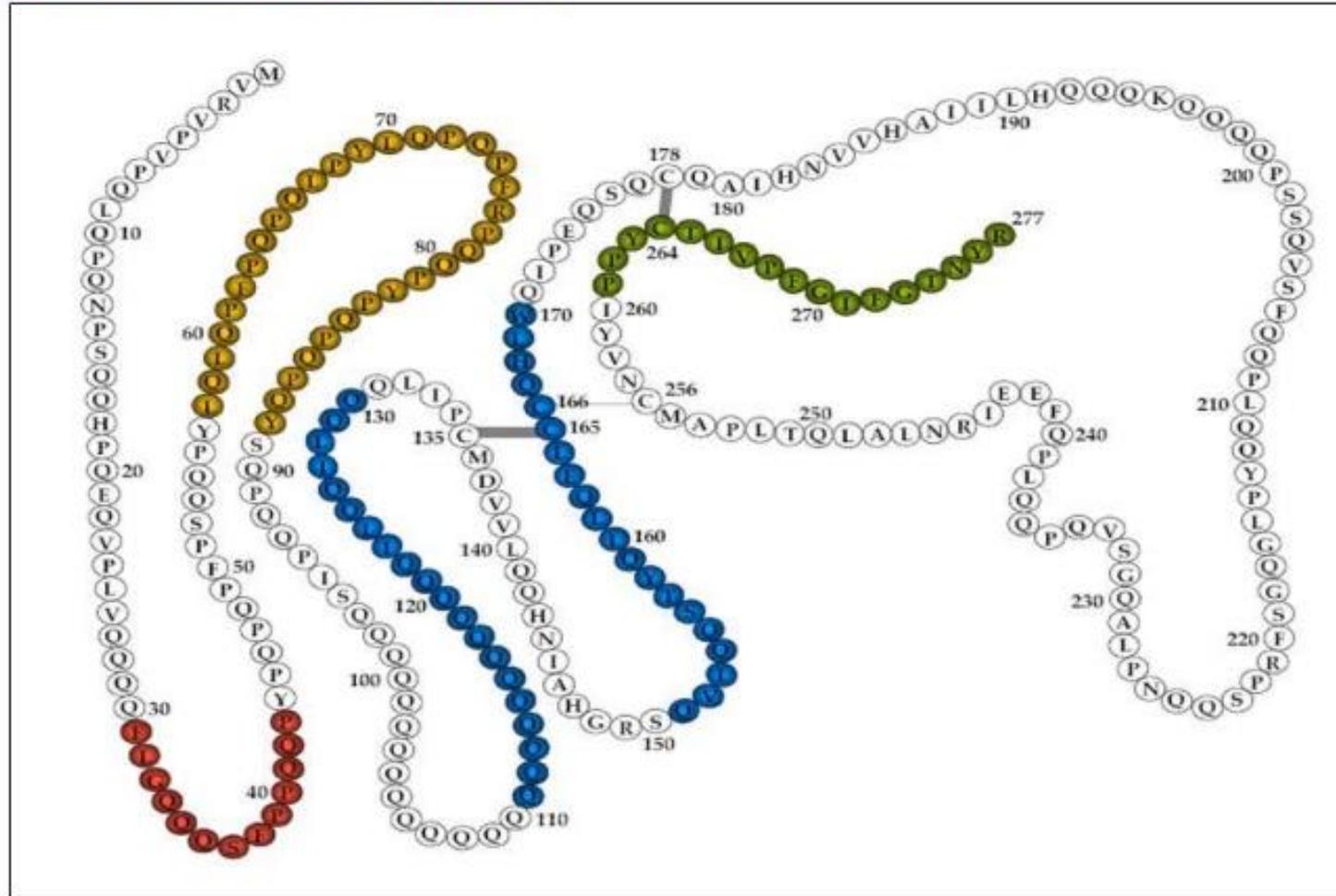


**GLUTINE**  
(GLIADINE + GLUTENINE)  
viscoelasticità

# GLUTINE

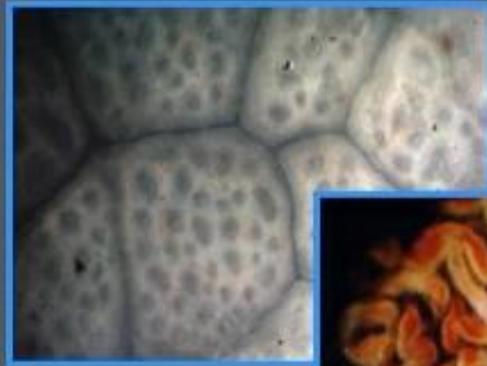
- **Non** ha importanza biologica
- **Ha** valore funzionale-tecnologico
- **Le fonti** sono naturali e/o industriali
- **Apporto** medio giornaliero 10-20g

MAPPAGGIO DEI MOTIFS DELL'  $\alpha$ -GLIADINA CHE ESERCITANO **EFFETTO CITOTOSSICO (ROSSO)**, **ATTIVITA' IMMUNOMODULATORIA (GIALLO SCURO)**, **RILASCIO DI ZONULINA ED AUMENTO PERMEABILITA' INTESTNALE (BLUE)** E **RILASCIO DELL' IL8 MEDIATO DA CXCR3 IN PAZIENTI CON MC (VERDE)**.





# EVOLUTION OF MUCOSAL PATTERN IN COELIAC DISEASE



*mosaic*



*convolutions*



*ridges & leaves*



*finger villi*

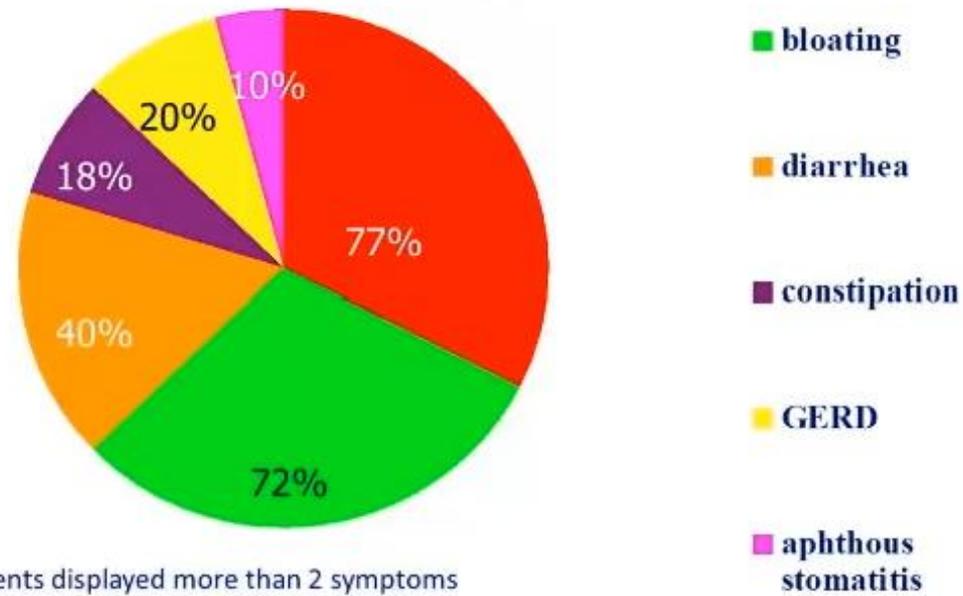


## THE DEFINITION OF COELIAC DISEASE

**CD is a chronic inflammatory disease characterised by flattened villi on the small bowel mucosa and is induced in genetically susceptible people by the ingestion of proline-rich and glutamine-rich proteins contained in wheat, rye and barley (gluten)**

*Lancet 2009*

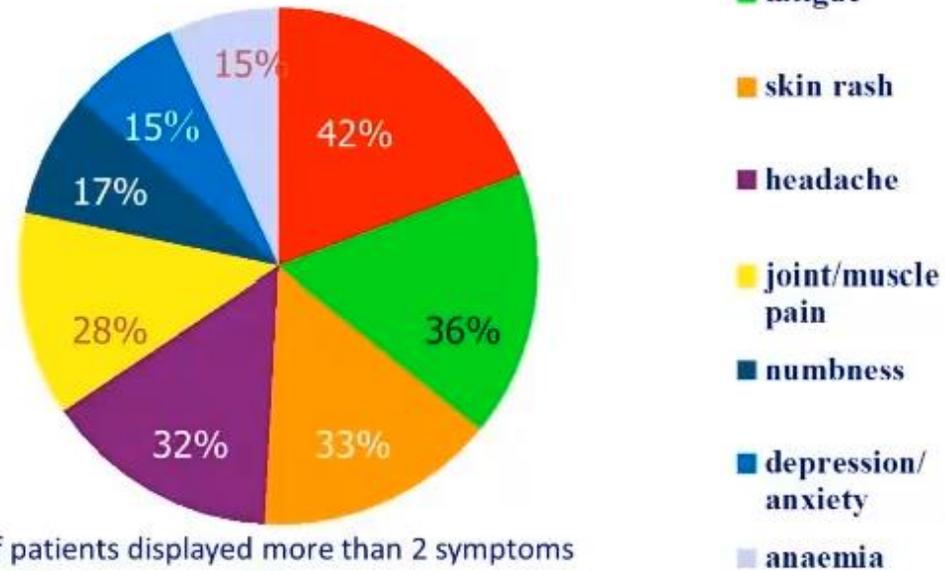
**GASTROINTESTINAL SYMPTOMS AS A  
SIGN OF NCGS\*:  
(78 cases)**



\*The majority of patients displayed more than 2 symptoms

Volta U et al, J Clin Gastroenterol 2012

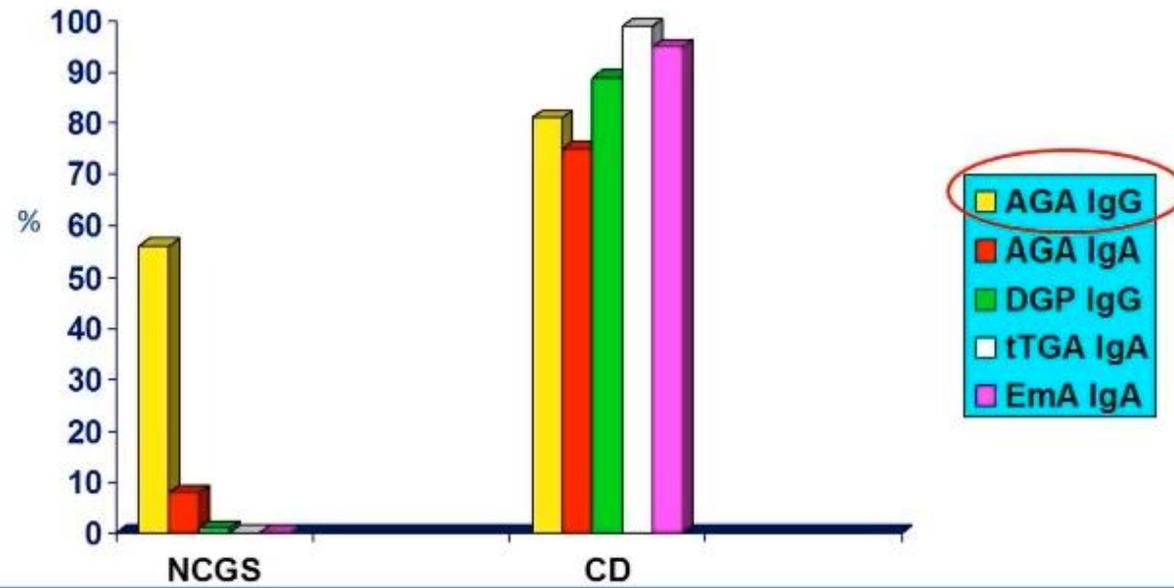
**EXTRAIESTINAL SYMPTOMS AS A  
SIGN OF NCGS\*:  
(78 cases)**



\*The majority of patients displayed more than 2 symptoms

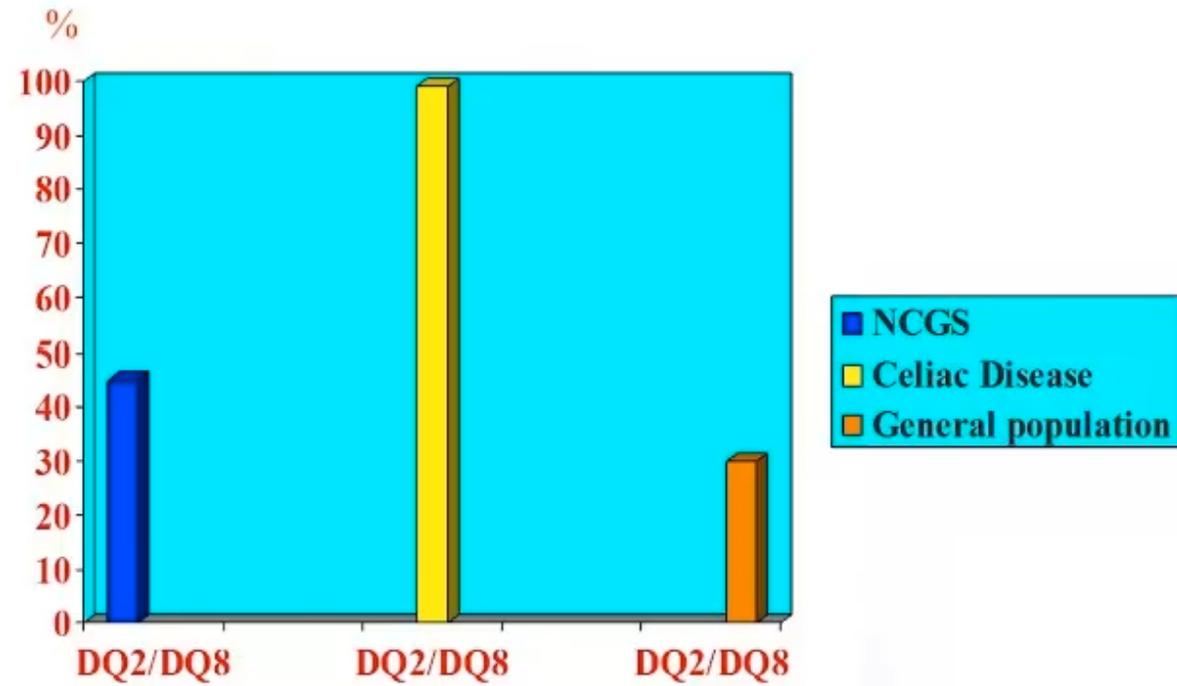
Volta U et al, J Clin Gastroenterol 2012

Serology in non-coeliac gluten sensitivity (NCGS) and in celiac disease (CD)



# Espressione genetica degli alleli Gltutine-correlati

## GENETICS (HLA typing)

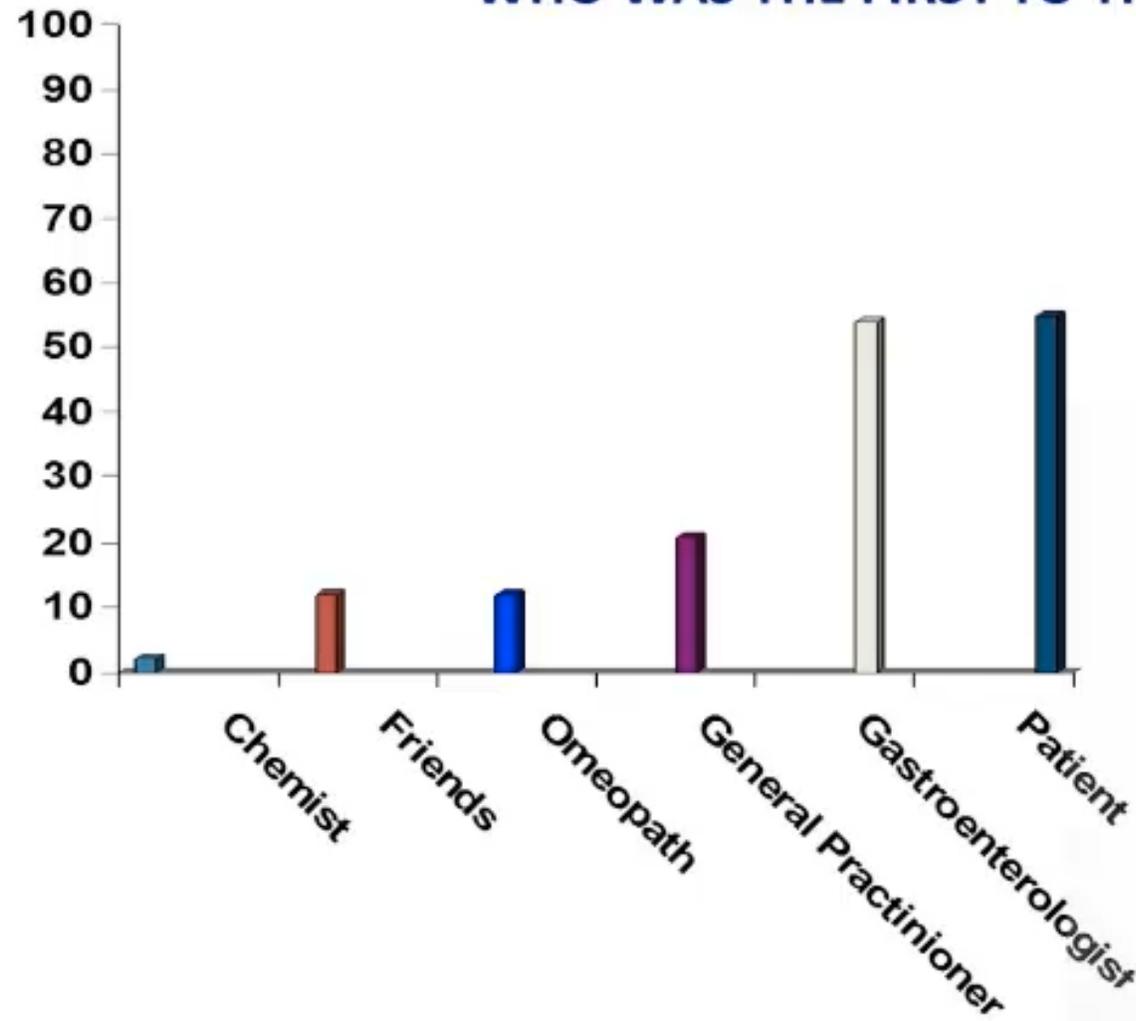


Non Celiac Gluten sensitivity (NCGS) is a “recently” described syndrome characterized by intestinal and extra-intestinal symptoms related to the ingestion of gluten-containing food, in subjects that are not affected with either celiac disease (CD) or wheat allergy (WA).

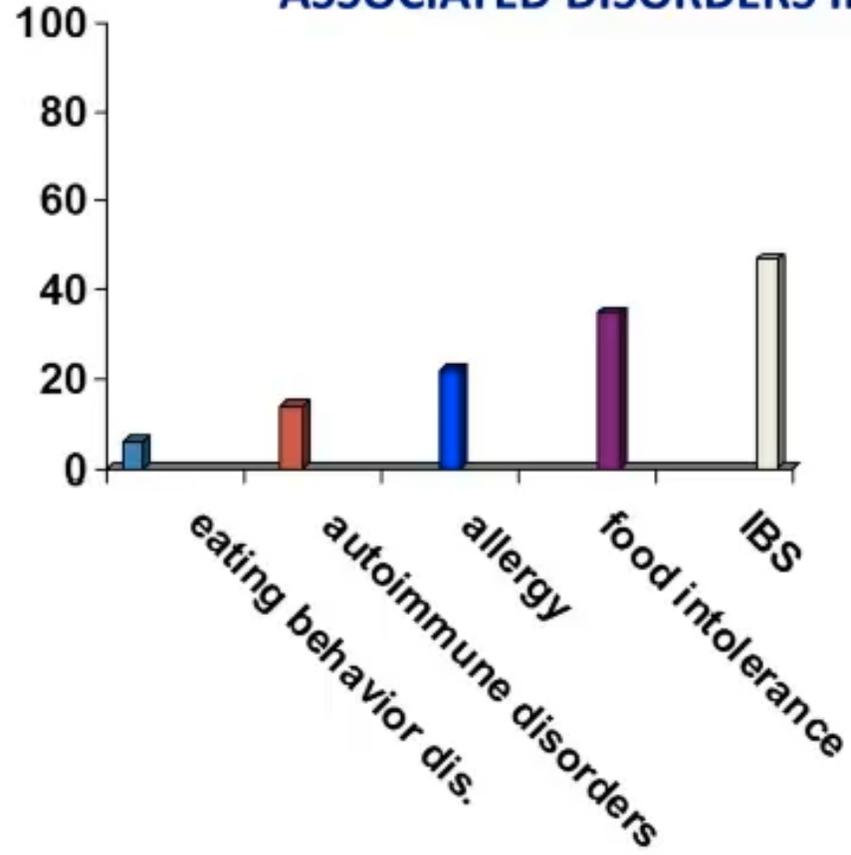
## **LE DIFFERENZE TRA MALATTIA CELIACA E SENSIBILITÀ AL GLUTINE**

	Malattia Celiaca	Sensibilità al Glutine
<b>Intervallo tra esposizione al glutine ed insorgenza dei sintomi</b>	Settimane-Anni	Ore-Giorni
<b>Patogenesi</b>	Autoimmunitaria (Immunità Innata+Adattiva)	Immunitaria? (Immunità Innata?)
<b>HLA</b>	HLA DQ2/8 ristretta (~95% dei casi)	Non HLA DQ2/8 ristretta (50% DQ2/8 negativi)
<b>Autoanticorpi</b>	Quasi sempre presenti	Sempre assenti
<b>Enteropatia</b>	Quasi sempre presente	Sempre assente
<b>Sintomi</b>	Intestinali ed extraintestinali (non distinguibile dalla sensibilità al glutine)	Intestinali ed extraintestinali (non distinguibile dalla malattia celiaca)
<b>Complicanze</b>	Co-morbidity Complicanze a lungo termine	Assenza di Co-morbidity Complicanze a lungo termine non note

## WHO WAS THE FIRST TO THINK ABOUT NCGS



### ASSOCIATED DISORDERS IN NCGS PATIENTS



## Prodotti convenzionali vs prodotti senza glutine



Farina o semola di frumento, acqua, sale e lievito

Semola o semolato di frumento duro e acqua



Farina di riso, fecola di patate, amido di mais, amido di mais pregelatinizzato, amido di patata, amido di tapioca, amido di riso, amido di riso pregelatinizzato...

Uova, siero di latte in polvere, latte in polvere, proteine del latte, farina di soia, isolato proteico di soia....

Cellulosa in polvere, cellulosa microcristallina (E460), metilcellulosa (E461), idrossipropilcellulosa (E463), carbossimetilcellulosa (E466), xantano (E415), farina di semi di guar (E412), farina di semi di carrube (E410), pectina (E440), mono e digliceridi degli acidi grassi (E471), lecitina....

Zucchero, sale, lievito, olio vegetale idrogenato

Farina di riso, farina di mais, fecola di patate, amido di riso, amido di mais, amido di mais pregelatinizzato, amido di tapioca...

uova, proteine del latte, isolato proteico di pisello, farina di soia, farina di soia degrassata ....

mono e digliceridi degli acidi grassi (E471), farina di semi di guar (E412), farina di semi di carrube (E410)....

Coloranti (b-carotene), polpa di carote

## *Codex Alimentarius* – revisione luglio 2008

Senza glutine = naturalmente privo di glutine



	20 ppm	21-100 ppm	> 100 ppm
Prodotti dietetici	senza glutine	very low gluten	<b>NON</b> ammessi

## Gli alimenti SG contengono più grassi?



### Nutritional Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten

Content	Foodstuff	Flour			Cereal bars			Pasta			Breads			Dough/Pastry/Pizza			Bakery		
		Mean	SD	<i>P</i>	Mean	SD	<i>P</i>	Mean	SD	<i>P</i>	Mean	SD	<i>P</i>	Mean	SD	<i>P</i>	Mean	SD	<i>P</i>
Energy (kJ)	With gluten	1,428	57.09	0.02	1,739	118	0.05	1,357	269	0.53	1,222	296	0.03	1,243	272	0.00	1,787	246	0.01
	Gluten-free	1,493	38.4		1,550	114		1,298	374		1,385	320		1,591	415		1,658	305	
Protein (g)	With gluten	9.77	1.69	<0.00	6.86	1.68	0.30	11.4	1.86	0.02	10.0	2.16	<0.00	2.00	1.71	<0.00	6.38	1.47	0.00
	Gluten-free	1.43	0.79		5.67	1.15		9.00	3.42		3.47	2.83		6.30	1.15		3.79	2.16	
Total carbohydrates (g)	With gluten	71.3	3.94	<0.00	64.0	8.79	0.14	64.9	11.90	0.951	55.8	12.3	0.08	59.5	18.7	0.31	53.0	8.72	0.04
	Gluten-free	82.7	4.27		55.3	2.31		65.1	18.56		61.2	14.8		54.1	18.1		49.3	9.95	
Simple carbohydrates (g)	With gluten	4.87	8.15	0.60	30.0	5.26	0.15	2.89	1.56	0.00	4.77	3.48	0.92	12.9	14.1	0.12	22.8	11.2	0.11
	Gluten-free	3.00	4.65		25.0	0.00		0.93	2.16		4.86	3.32		21.6	22.2		18.9	10.1	
Total lipids (g)	With gluten	1.61	0.65	0.66	13.1	5.40	0.39	2.16	0.69	0.03	3.86	2.15	0.00	4.83	5.08	<0.00	21.6	7.31	0.24
	Gluten-free	1.43	1.27		9.67	5.77		4.47	3.56		7.42	7.71		15.3	12.7		19.9	7.97	
Saturated lipids (g)	With gluten	0.08	0.28	0.33	5.43	2.57	0.72	0.35	0.49	0.02	0.85	0.66	<0.00	1.50	2.13	<0.00	8.67	5.61	0.05
	Gluten-free	0.28	0.49		6.00	.00		1.71	1.86		3.03	3.55		5.80	5.08		6.57	4.65	

## Gli alimenti SG contengono più grassi?



### Grassi presenti come:

- ingredienti, quali margarine e oli vegetali (es di girasole, d'oliva);
- emulsionanti, quali mono e digliceridi degli acidi grassi.



#### **Ruolo:**

- ✓ facilitare l'estrusione
- ✓ aumentare la produzione

**Necessari:** no.



#### **Ruolo:**

- ✓ sapore
- ✓ struttura
- ✓ morbidezza durante la conservazione

**Necessari:** si

I grassi nei prodotti lievitati possono essere limitati scegliendo:

- prodotti lievitati con impasto acido (lievito naturale);
- alimenti con una limitata *shelf life*.

## Gli alimenti SG contengono più sodio (sale)?



Plant Food Hum Nutr 2014 in press

Content	Foodstuff	Baby formulas			Flour			Cereal bars			Pasta			Cookies			Dough/Pastry/Pizza			Bakery		
		Mean	SD	P	Mean	SD	P	Mean	SD	P	Mean	SD	P	Mean	SD	P	Mean	SD	P	Mean	SD	P
Fiber (g)	With gluten	3.82	1.19	0.02	5.23	3.39	0.11	6.27	5.29	0.03	4.38	1.98	0.00	3.11	2.06	0.56	2.18	1.88	0.35	3.06	2.41	0.83
	Gluten-free	2.32	2.14		2.86	1.86		1.53	2.89		1.99	1.33		2.84	1.62		3.03	3.51		3.18	3.13	
Sodium (mg)	With gluten	17.5	15.6		0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	56.4	103	0.01	327	168	0.00	342	307	0.01	248	112	0.01
	Gluten-free	-	-		525	530		177	63.5		28.3	298		186	157		145	229		414	362	
Salt (mg)	With gluten	43.9	38.8		0.00	0.00	0.04	0.50	0.71	0.00	141	257	0.01	817	421	0.00	856	767	0.01	608	292	0.00
	Gluten-free	-	-		1,312	1,324		350	0.00		797	745		466	392		362	573		1,035	904	
Cholesterol (mg)	With gluten	-	-		-	-		1.33	1.53		31.7	37.8	0.01	37.0	27.3	0.64	121	122	0.47	120	61.8	0.00
	Gluten-free	-	-		-	-		-	-		2.00	0.00		27.5	35.4		26.0	27.4		43.6	41.0	

### Ruolo del sale:

- conferire sapore;
- favorire la formazione della struttura.

Come considerare i valori riportati in etichetta?

	Sodio	Sale
ALTO	superiore a 0.4-0.5 g/100 g	superiore a 1-1.2 g/100 g
MEDIO	da 0.12 a 0.4-0.5 g/100 g	da 0.3 a 1-1.2 g/100 g
BASSO	inferiore a 0.12 g/100 g	inferiore a 0.3 g/100 g

## Gli alimenti SG contengono meno fibra?



I prodotti SG sono ritenuti avere un minor contenuto di fibra di quello dei convenzionali che sostituiscono.

Hydrocolloid	Gelling properties*	Effect on gluten-free bread	References
Agarose	Forms gels upon heating	Increased loaf volume Decreased uniformity of crumb (large gas cells)	Lazaridou et al. (2007)
Guar gum	Highly viscous solutions, no gelling properties	Even cell size distribution in crumb, retarded bread staling	Schwarzlaff et al. (1996)
Locust bean gum	Slightly soluble in cold water, dissolves in water at 85°C Forms gels with $\kappa$ -type carrageenans and xanthan	Increased height of the bread loaves, retarded bread staling	Schwarzlaff et al. (1996)
Hydroxypropyl-methyl-cellulose	Forms gels upon heating Some interfacial activity and ability to form films	Increased specific volume Improved gas retention and water absorption	Kang et al. (1997) Gan et al. (1989), Kadan et al. (2001)
Pectin	Low-methoxyl pectins form gels in presence of calcium ions	Increased crumb porosity	Lazaridou et al. (2007)
Xanthan gum	High viscosity, pseudoplastic solutions (unaffected by temperature, pH, salt conditions). Forms gels with agarose, $\kappa$ -type carrageenans, locust bean gum, konjac gum	Good crumb structure Decreased loaf volume and increased crumb firmness	Christiansson et al. (1974) Lazaridou et al. (2007), Schober et al. (2005)

# Squilibri nutrizionali

- Fibra alimentare

- Minerali



*difetto*

- Vitamine

- Grassi

- Zuccheri semplici



*eccesso*

- Sale



## Gli alimenti SG contengono meno fibra?

I prodotti SG sono ritenuti avere un minor contenuto di fibra di quello dei convenzionali che sostituiscono.



Pane di amido di frumento

Pane di amido di frumento con 2% xantano

Pane di amido di frumento con 2% HPMC

11/11/2015

11/11/2015

## Gli alimenti SG contengono meno minerali (Fe, Mg, Ca...)?



Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours

Journal of Cereal Science 56 (2012) 239–247

Ash content [% (w/w) based on fresh weight] and mineral composition of flours [mg/kg].\*

	Wheat	Wholewheat	Rice	Oat	Quinoa	Buckwheat	Sorghum	Maize	Teff
Ash*	0.92 ± 0.02 <sup>f</sup>	1.32 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>d</sup>	2.43 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.65 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.37 ± 0.03 <sup>f</sup>	2.15 ± 0.05 <sup>b</sup>
Calcium***	1797.7 ± 10.5 <sup>d</sup>	307.7 ± 4.5 <sup>d</sup>	50.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	224.3 ± 2.1 <sup>c</sup>	497.3 ± 1.2 <sup>c</sup>	148.2 ± 1.7 <sup>e</sup>	97.6 ± 1.4 <sup>d</sup>	33.2 ± 1.1 <sup>f</sup>	1543.0 ± 2.0 <sup>b</sup>
Magnesium***	244.0 ± 1.0 <sup>f</sup>	782.7 ± 2.5 <sup>e</sup>	338.0 ± 4.0 <sup>d</sup>	392.7 ± 4.5 <sup>d</sup>	2299.0 ± 17.0 <sup>d</sup>	1736.0 ± 13.0 <sup>d</sup>	849.7 ± 8.5 <sup>d</sup>	315.7 ± 1.5 <sup>b</sup>	1089.7 ± 14.5 <sup>c</sup>
Sodium***	38.1 ± 3.7 <sup>a</sup>	19.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	15.1 ± 0.3 <sup>d</sup>	16.7 ± 3.5 <sup>cd</sup>	37.0 ± 0.2 <sup>b</sup>	10.8 ± 2.0 <sup>d</sup>	4.9 ± 0.1 <sup>f</sup>	4.8 ± 0.3 <sup>f</sup>	59.8 ± 2.1 <sup>a</sup>
Potassium***	1520.3 ± 8.5 <sup>f</sup>	3997.7 ± 29.5 <sup>b</sup>	973.7 ± 4.5 <sup>b</sup>	1743.7 ± 16.5 <sup>c</sup>	5537.7 ± 23.5 <sup>a</sup>	4022.7 ± 24.5 <sup>b</sup>	2581.0 ± 5.0 <sup>d</sup>	1487.0 ± 7.0 <sup>d</sup>	3827.7 ± 4.5 <sup>c</sup>
Iron***	13.4 ± 0.1 <sup>f</sup>	26.9 ± 0.2 <sup>d</sup>	6.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	16.4 ± 0.1 <sup>c</sup>	53.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	28.5 ± 0.0 <sup>e</sup>	26.7 ± 0.2 <sup>d</sup>	9.1 ± 0.3 <sup>e</sup>	85.3 ± 2.0 <sup>a</sup>
Copper***	1.51 ± 0.0 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	7.71 ± 0.1 <sup>a</sup>	5.1 ± 0.0 <sup>d</sup>	1.8 ± 0.0 <sup>e</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>f</sup>	9.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
Manganese	8.25 ± 0.1 <sup>d</sup>	23.4 ± 0.1 <sup>c</sup>	7.3 ± 0.02 <sup>b</sup>	27.7 ± 0.4 <sup>b</sup>	13.5 ± 0.0 <sup>d</sup>	11.8 ± 0.0 <sup>e</sup>	11.3 ± 0.1 <sup>f</sup>	1.5 ± 0.0 <sup>f</sup>	34.5 ± 0.4 <sup>a</sup>
Zinc***	7.59 ± 0.00 <sup>b</sup>	17.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	17.8 ± 0.2 <sup>d</sup>	11.3 ± 0.1 <sup>f</sup>	32.77 ± 0.1 <sup>b</sup>	18.8 ± 0.0 <sup>e</sup>	10.0 ± 0.0 <sup>e</sup>	6.6 ± 0.1 <sup>f</sup>	41.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
Chloride***	825.6 ± 42.6 <sup>b</sup>	998.0 ± 23.7 <sup>a</sup>	350.6 ± 31.5 <sup>d</sup>	670.0 ± 48.5 <sup>c</sup>	433.8 ± 0.3 <sup>e</sup>	144.0 ± 31.0 <sup>b</sup>	402.8 ± 25.36 <sup>c</sup>	484.2 ± 23.1 <sup>d</sup>	481.0 ± 39.1 <sup>d</sup>
Phosphorus***	908.7 ± 3.5 <sup>b</sup>	2040.7 ± 3.5 <sup>d</sup>	954.7 ± 16.5 <sup>b</sup>	1476 ± 25 <sup>f</sup>	4415.7 ± 57.5 <sup>a</sup>	2787.0 ± 14.0 <sup>c</sup>	1631.0 ± 13.0 <sup>e</sup>	813.7 ± 8.5 <sup>f</sup>	3617.0 ± 11.0 <sup>b</sup>

\*Values followed by the same letter in the same row are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

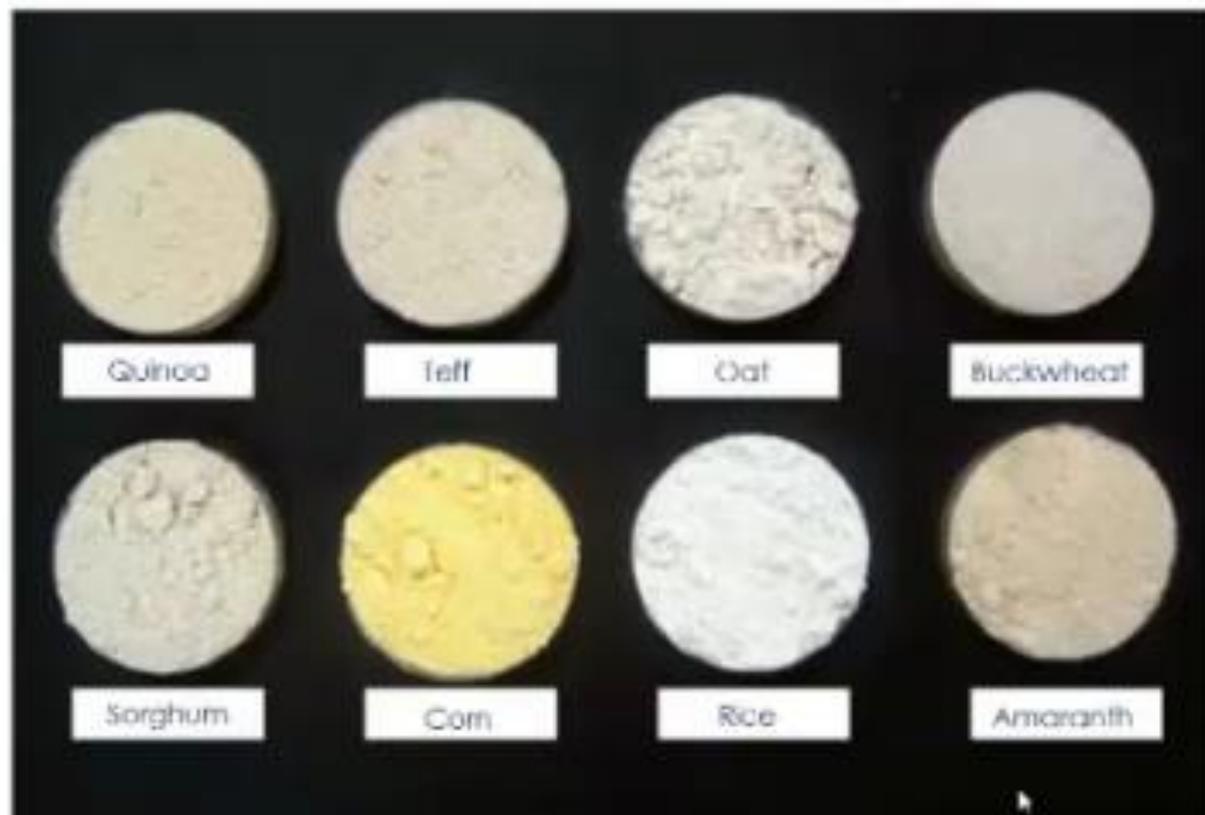
Le tradizionali farine GF (riso e mais) contengono meno Ca, Fe e Mg del frumento.

Per una maggior presenza di questi minerali nei PSG, scegliere alimenti che:

- contengano farine di quinoa, teff e grano saraceno;
- siano lievitati con impasto acido per ridurre il contenuto di fitati (quinoa e teff).

# Strategie per migliorare la qualità nutrizionale dei PSG

- Utilizzo di cereali e altri grani alternativi



## Cereali



## Strategie per migliorare la qualità nutrizionale dei PSG

### ➤ Utilizzo di cereali e altri grani alternativi

*International Journal of Food Sciences and Nutrition,*  
September 2009; 60(S4): 240-257

Bread type	Protein <sup>a</sup>	Fat	Total starch	Dietary fibre	Ash
GFC	4.2±0.0	6.7±0.3	75.4±0.8	7.6±0.9	2.3±0.0
WC	11.9±0.1	2.6±0.2	77.5±0.0	13.4±0.8	2.8±0.1
A	11.6±0.0	8.8±0.4	73.2±1.1	17.2±0.8	3.3±0.0
Q	10.1±0.1	8.6±0.4	72.6±1.1	16.1±0.6	3.1±0.0
B	8.4±0.4	7.5±0.5	68.9±1.6	23.3±0.7	2.6±0.1
100%Q	12.5±0.0	10.4±0.5	55.9±0.4	20.4±2.0	3.9±0.1
SpB	11.6±0.0	7.0±0.2	51.1±1.6	27.5±0.3	3.6±0.0

- Utilizzo di pseudocereali (amaranto, quinoa, grano saraceno) in formulazione al 50% nel pane ne aumenta il contenuto di proteine, grassi, fibra e ceneri, ma ne riduce l'amido rispetto a un pane di controllo GF;
- Rispetto al pane con frumento, questi pani hanno più grassi e fibra;
- Quando usati al 100%, determinano un maggior contenuto di grassi e fibra.

## Strategie per migliorare la qualità nutrizionale dei PSG

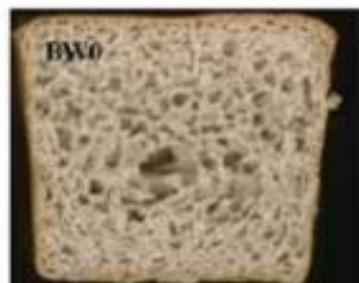
- Utilizzo di cereali e altri grani alternativi

*International Journal of Food Sciences and Nutrition*,  
September 2009; 60(S4): 240-257

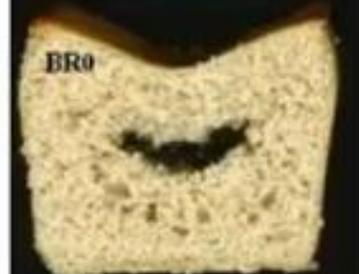
Bread type	Calcium	Magnesium	Zinc	Iron
GFC	23.7 ± 0.4	20.0 ± 0.0	0.3 ± 0.0	1.3 ± 0.2
WC	99.6 ± 0.1	74.7 ± 0.0	1.9 ± 0.1	5.2 ± 0.4
A	98.1 ± 1.4	149.7 ± 0.2	1.8 ± 0.0	4.3 ± 0.2
Q	28.7 ± 1.2	99.7 ± 0.1	2.1 ± 0.2	2.8 ± 0.4
B	41.3 ± 2.0	99.8 ± 0.1	1.5 ± 0.0	3.9 ± 0.1
100%Q	34.6 ± 2.2	163.6 ± 6.3	1.8 ± 0.0	5.5 ± 0.3
SpB	96.6 ± 2.0	168.6 ± 0.8	1.1 ± 0.0	4.7 ± 0.3

- Utilizzo di pseudocereali (amaranto, quinoa, grano saraceno) in formulazione al 50% nel pane ne aumenta il contenuto di Ca (sopr amaranto), Mg, Zn e Fe (sopr amaranto) rispetto a un pane di controllo GF e anche a un pane con frumento;
- Quando usati al 100%, si ha un incremento di minerali, sopr Mg.

Pane a  
base di  
grano  
saraceno



Pane a  
base di  
riso  
integrale

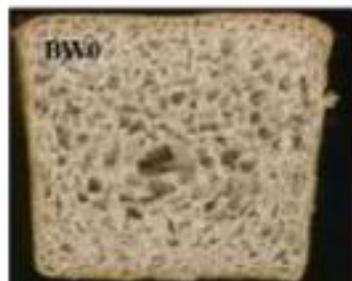


Pane a  
base di  
mais



- Utilizzo di cereali e altri grani alternativi
- Utilizzo di ingredienti funzionali

Pane a base di grano saraceno



Pane a base di riso integrale



Pane a base di mais



L'aggiunta di enzimi, che aiutano la formazione di legami tra le proteine, contribuiscono alla struttura del pane formulato con grani alternativi.

## Strategie per migliorare la qualità nutrizionale dei PSG

- Utilizzo di vecchie tecnologie: impasto acido o *sourdough*

Pane ottenuto con **impasto acido**, detto anche lievito naturale o madre acida, che è costituito da farina, acqua e un complesso ecosistema di **batteri lattici e lieviti**.

Si differenzia da quello ottenuto con il cosiddetto **lievito di birra**, costituito solo da **lieviti**.

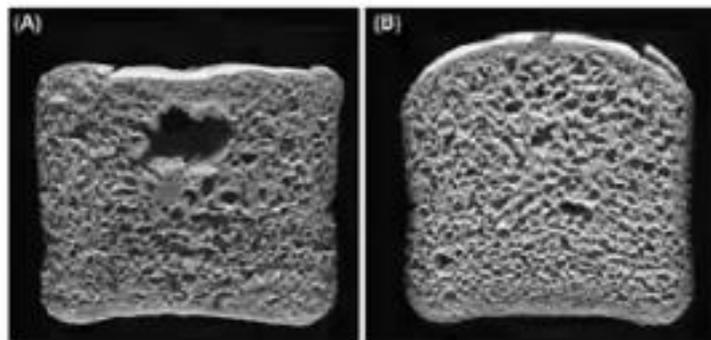


Fig. 8 Slice from gluten-free sorghum bread, the seed flour was a mixture of 70 % sorghum and 30 % potato flour and an additive of 2 % HPMC; a no-yeast sourdough is one of 70 % sorghum sourdough [126]

## Strategie per migliorare la qualità nutrizionale dei PSG

- Utilizzo di vecchie tecnologie: impasto acido o *sourdough*

Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue?

Food Microbiology 26 (2009) 676–684

GF bread: challenges	Sourdough in bread: positive effects
Dry crumbling texture	Improved dough softening
Low loaf volume	Increase of bread volume Improved gas retention
Poor mouth feel	Improved palatability
Poor flavour	Release of flavour compounds
Short shelf-life	Decrease bread staling Antirospiness and antifungal activity
Low nutritional value	Improved mineral bioavailability Decreased glycaemic index Prebiotic exopolysaccharides
High costs – expensive ingredients	Reduced need for expensive ingredients, e.g. hydrocolloids, enzymes, chemical preservatives

- ✓ Miglioramento delle qualità tecnologiche
- ✓ Miglioramento delle qualità sensoriali
- ✓ Aumento della *shelf life*
- ✓ Miglioramento delle qualità nutrizionali
- ✓ Formazione di esopolisaccaridi da parte dei batteri lattici

# Wheat allergy

```
graph TD; A[Wheat allergy] --> B[Respiratory allergy]; A --> C[Contact urticaria]; A --> D[Food allergy]; B --> B1[baker's asthma]; B --> B2[rhinitis]; D --> D1[Gastrointestinal symptoms]; D --> D2[Urticaria/angioedema]; D --> D3[Bronchial obstruction]; D --> D4[Worsening of atopic dermatitis]; D --> D5[In adults wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis (WDEIA)];
```

Contact urticaria

Food allergy

- Gastrointestinal symptoms
- Urticaria/angioedema
- Bronchial obstruction
- Worsening of atopic dermatitis

In adults wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis (WDEIA)

Respiratory allergy  
baker's asthma  
rhinitis

## The natural history of wheat allergy

Corinne A. Keet, MD, MS; Elizabeth C. Matsui, MD, MHS; Gitika Dhillon, MD;  
Patrick Lenehan, BS; Melissa Paterakis, BS; and Robert A. Wood, MD

Ann Allergy Asthma Immunol 2009

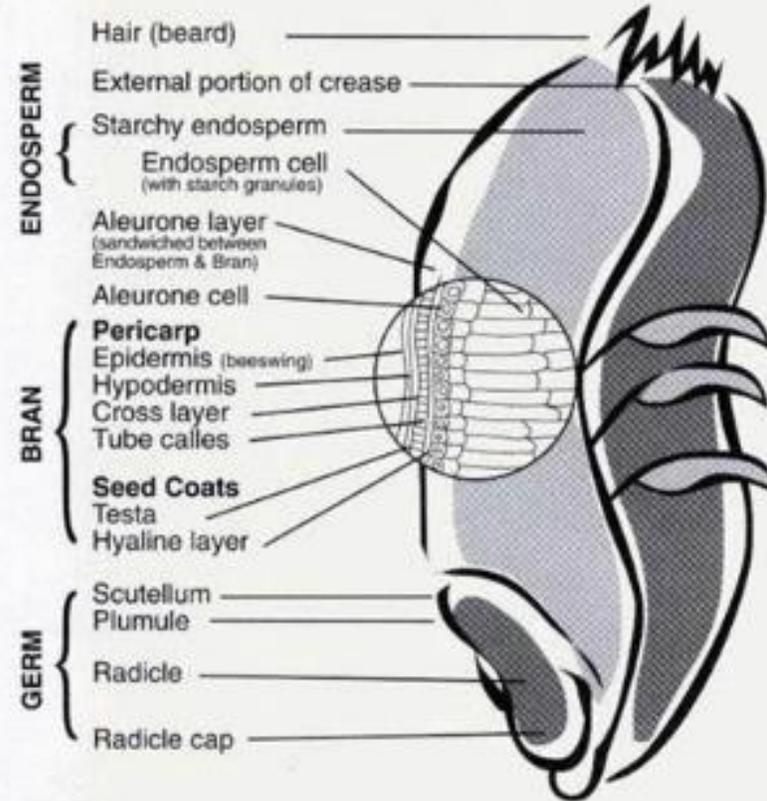
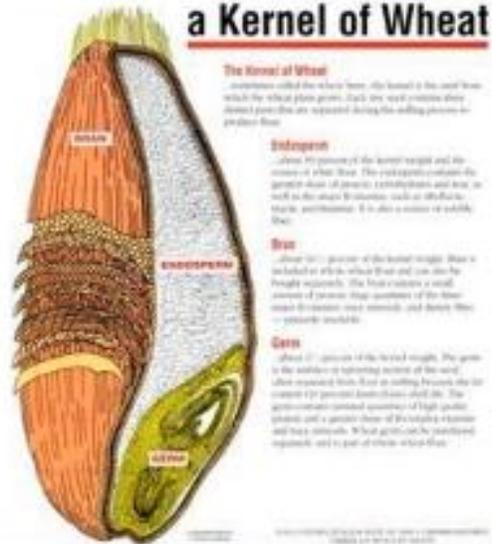
Table 2. Types of Wheat Reactions

Reaction type	No. (%) of patients
<u>Symptoms at presentation (N = 103)</u>	
Skin (except eczema)	31 (30)
Eczema	23 (22)
Gastrointestinal	12 (12)
Lower respiratory tract	11 (11)
Upper respiratory tract	4 (4)
Oral erythema	3 (3)
No exposure or unclear history	42 (41)
Symptoms with unintentional exposures (N = 88)	
Skin (except eczema)	51 (58)
Eczema	8 (9)
Gastrointestinal	12 (14)
Lower respiratory tract	36 (41)
Upper respiratory tract	11 (13)
Oral erythema	4 (5)
Anaphylaxis*	40 (45)

\* Two or more body systems or lower respiratory tract involvement.

<b>Other food allergy</b>	<b>%</b>
<b>Egg</b>	<b>56%</b>
<b>Milk</b>	<b>70%</b>
<b>Peanut</b>	<b>29%</b>
<b>Soy</b>	<b>50%</b>
<b>Tree nuts</b>	<b>15%</b>

# Allergens in wheat



**NOTE:** The wheat grains shown here are magnified more than 250 times.

Food allergy to wheat: differences in immunoglobulin E-binding proteins as a function of age or symptoms

Fabrice Battais<sup>a</sup>, Philippe Courcoux<sup>b</sup>, Yves Popineau<sup>a</sup>, Gisèle Kanny<sup>a</sup>,  
Denise Anne Moneret-Vautrin<sup>a</sup>, Sandra Denery-Papini<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>INRA Research Unit on Food Proteins and their Interactions (URPV), Rue de la Géométrie, B.P. 71627, 94316 Nouméa, France

Table 3

Frequencies of IgE antibodies to different wheat protein fractions obtained by F-ELISA for patients with different symptoms and *p*-values calculated by chi-square tests to analyze relationships between these frequencies and patient symptoms

Protein fraction	Anaphylaxis	Urticaria	AD	AD+ asthma	<i>p</i> -value
Overall positivity	100%	91%	85%	92%	
Albumins/globulins	56%	45%	81%	92%	0.0674
LTP	33%	18%	31%	33%	0.7937
Prolamins	100%	82%	57%	42%	
α-Gliadins	22%	0%	35%	25%	0.2121
β-Gliadins	22%	9%	19%	25%	0.8199
γ-Gliadins	11%	9%	19%	8%	0.8160
ω <sub>5</sub> -gliadins	100%	55%	23%	8%	0.0001
ω <sub>1,2</sub> -gliadins	22%	27%	23%	16%	0.9149
LMW glutenins	67%	27%	23%	25%	0.1008
HMW glutenins	33%	18%	27%	25%	0.2131

## IBS o sindrome dell'intestino irritabile

Tale sindrome è un disordine prettamente funzionale dell'intestino caratterizzato da dolore addominale a cui si associano modificazioni a carico dell'alvo quali alternate stipsi e diarrea e meteorismo. Ne soffre il 10-20% della popolazione generale, prevalenza da 2 a tre volte maggiore nelle donne.

Per numerosi pazienti è una condizione altamente invalidante; può compromettere l'attività lavorativa, la vita sociale e impedire spostamenti/viaggi anche brevi.

Cause?

- Motilità gastrointestinale
- Peralgesia
- Psicopatologia
- Cattivo assorbimento dei carboidrati a corta catena

## **SOGGETTI AD ALTO RISCHIO DI CELIACHIA**

BIOPSIE DUODENALI + IgA sieriche e anti tTG IgA e IgG  
(sierologia di conferma alla diagnosi)

---

Biopsie e Sierologia positiva → CELIACHIA

Biopsie Positive e Sierologia negativa → DQ2/DQ8 negativo (cercare altre cause di atrofia), DQ2/DQ8 positivo (dieta senza glutine, monitoraggio e challenge)

Biopsie Normali e Sierologia positiva → DQ2/DQ8 negativo (considero TGA falso positivo), DQ2/DQ8 positivo (monitoraggio TGA e ripetizione istologia – celiachia potenziale?)