

Alimenti Vegetali

U1

Definizioni e classificazioni di vegetali e frutti destinati al consumo umano, composizione chimica e distribuzione di macro e micronutrienti.

U2

Fibra alimentare: definizioni, composizione chimica e caratteristiche nutrizionali. Definizione di pre-biotico e pro-biotico (alimenti funzionali) ed effetti sul metabolismo umano.

U3

Antiossidanti: definizione, classificazioni ed esempi di sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetale (acido ascorbico, flavonoidi, tocoferoli e tocotrienoli, carotenoidi).

U4

Sostanze antinutrizionali e sostanze tossiche presenti nei vegetali: inibitori delle proteasi, lectine, fitati, glucosinolati, derivati aa, alcaloidi, glicosidi cianogenetici, saponine).

Introduzione

U1

Per **FRUTTA** si intende un raggruppamento che vede sia frutti veri dal punto di vista botanico sia falsi frutti ed infruttescenze, ma accomunati da composizione ricca di in:

zuccheri ed acidi organici, dotati di una elevata acidità, destinati al consumo fresco tal quale o dopo trasformazione.

La **FRUTTA** può essere classificata in:

- Frutta a granelli: mele, pere, cotogne...
- Frutta a nocciolo: albicocche, ciliegie, pesche, susine, prugne...
- Frutta a bacche: more, fragole, mirtilli, lamponi, ribes, uvaspina...
- Agrumi: pompelmi, arance, clementine, limoni, mandarini...
- Frutta esotica: ananas, banane, datteri, fichi, avocado...
- Frutta con guscio: castagne, arachidi, noci, nocciole, noci di cocco, pistacchi....

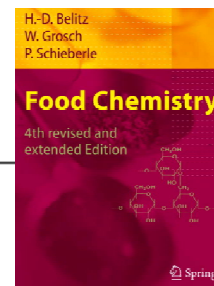
Introduzione

Secondo il [DM 27/08/2004](#) che regola i limiti massimi di residuo di fitofarmaci nelle derrate alimentari la frutta può essere suddivisa in:

- ✓ **Agrumi.** Inserimento di tangerino, mapo e tangelo precedentemente sottintesi sotto la voce "altri agrumi";
- ✓ **Frutta a guscio.** Inserimento di nocciole di Dalmazia, precedentemente sottintese sotto la voce "altra frutta a guscio";
- ✓ **Pomacee.** Inserimento di nespole del Giappone, mele selvatiche, Nashi, precedentemente sottintese sotto la voce "altre pomacee";
- ✓ **Drupacee.** Inserimento di amarene e mirabolani, precedentemente sottintese sotto la voce "altre drupacee";
- ✓ **Bacche e piccola frutta.** Inserimento di mirtilli giganti, azzzeruoli, bacche di sambuco, rose canine (cinorrodoni), frutti del sorbo, gelsi da frutto, precedentemente sottintesi sotto la voce "altre bacche e piccola frutta";
- ✓ **Bacche e frutti selvatici.** Inserimento di mirtilli rossi e neri selvatici, fragole di bosco, lamponi selvatici, more selvatiche, precedentemente non dettagliati;
- ✓ **Frutta varia.** Inserimento di cachi di Virginia, carambola, cherimoya, feijoa, papaya, annona (guanabana), carrube, giuggiole, fichi d'India, corniole, tamarindi, tamarilli, precedentemente sottintesi sotto la voce "Altra frutta varia";

Table 18.3. Average chemical composition of fruits (as % of fresh edible portion)

Fruit	Dry matter	Total sugar	Titrateable acidity ^a	Dietary fiber	Pectin ^b	Ash	pH
Apple	16.0	11.1	0.6	2.1	0.6	0.3	3.3
Pear	17.5	12.4	0.2	3.1	0.5	0.4	3.9
Apricot	14.7	8.5	1.4	1.6	1.0	0.6	3.7
Sour cherry	14.7	9.9	1.8	1.0	0.3	0.5	3.4
Sweet cherry	17.2	13.3	1.0	1.3	0.3	0.6	4.0
Peach	12.9	8.5	0.6	1.9	0.5	0.5	3.7
Plum/prune	16.3	10.2	1.5 (Ä) ^c	1.6	0.9	0.5	3.3
Blackberry	15.3	6.2	1.7	3.2	0.5	0.5	3.4
Strawberry	10.2	5.7	1.1	1.6	0.5	0.5	
Currant, red	15.3	4.8	2.3 (C) ^c	3.5	0.9	0.6	3.0
Currant, black	18.7	6.3	2.6 (C) ^c	6.8	1.7	0.8	3.3
Raspberry	15.5	4.5	2.1 (C) ^c	4.7	0.4	0.5	3.4
Grapes	18.9	15.2	0.9 (W) ^c	1.5	0.3	0.5	3.3
Orange	14.3	8.3	1.1	1.6		0.5	3.3
Grapefruit	11.4	7.4	1.5	1.6		0.4	3.3
Lemon	9.8	3.2	4.9			0.5	2.5
Pineapple	15.4	12.3	0.7	1.0		0.4	3.4
Banana	26.4	20.0	0.6 (Ä) ^c	1.8	0.9	0.8	4.7
Cherimoya	25.9	13	0.2			0.9	
Date	80	65.1	1.3	8.7		1.8	
Fig	20	13	0.4	2.0	0.6	0.7	
Guava	17	5.8	0.9	5.2	0.7	0.7	
Mango	19	12.5	0.3	1.7	0.5	0.5	
Papaya	11	7.1	0.1	1.7	0.6	0.6	

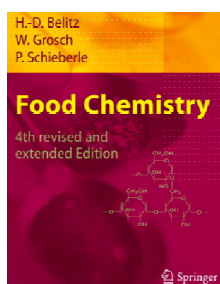
^a Sum: citric acid + malic acid + tartaric acid.^b Results are expressed as calcium pectate.^c Calculated as malic (M), citric (C), or tartaric acid (T).

Introduzione

U1

Table 18.1. Eddible fruits: a classification

Number	Common name	Latin name	Family/ subfamily	Form of consumption
Pomme fruits				
1	Apple	<i>Malus sylvestris</i>	Rosaceae	Fresh, dried, purée, jelly, juice, apple cider, brandy
2	Pear	<i>Pyrus communis</i>	Rosaceae	Fresh, dried, compote, brandy
3	Quince apple shaped pear shaped	<i>Cydonia oblonga</i> <i>var. maliformis</i> <i>var. pyriformis</i>	Rosaceae	Jelly, ingredient of apple purée
Stone fruits				
4	Apricot	<i>Prunus armeniaca</i>	Rosaceae	Fresh, dried, compote, jam, juice, seed for persipan, brandy
5	Peach	<i>Prunus persica</i>	Rosaceae	Fresh, compote, juice, brandy
6	Prune/plum	<i>Prunus domestica</i>	Rosaceae	Fresh, dried, compote, jam, brandy
7	Sour cherry	<i>Prunus cerasus</i>	Rosaceae	Fresh, compote, jam, juice, brandy
8	Sweet cherry	<i>Prunus avium</i>	Rosaceae	Fresh, candied, compote
Berry fruits				
9	Blackberry	<i>Rubus fruticosus</i>	Rosaceae	Fresh, jam, jelly, juice, wine, liqueur
10	Strawberry	<i>Fragaria vesca</i>	Rosaceae	Fresh, compote, jam, brandy
11	Bilberry	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae	Fresh, compote, jam, brandy
12	Raspberry	<i>Rubus idaeus</i>	Rosaceae	Fresh, jam, jelly syrup, brandy
13	Red currant	<i>Ribes rubrum</i>	Saxifragaceae	Fresh, jelly, juice, brandy
14	Black currant	<i>Ribes nigrum</i>	Saxifragaceae	Fresh, juice, liqueur
15	Cranberry	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae	Compote
16	Gooseberry	<i>Ribes uva-crispa</i>	Saxifragaceae	Unripe: compote; ripe: fresh, jam, juice
17	Grapes	<i>Vitis vinifera</i> <i>ssp. vinifera</i>	Vitaceae	Fresh, dried (raisins) juice, wine, brandy



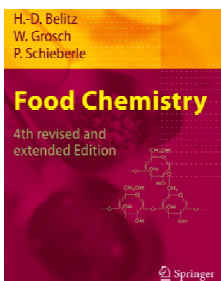
Citrus fruits

18	Orange	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	Fresh, juice, marmelade
19	Grapefruit	<i>Citrus paradisi</i>	Rutaceae	Fresh, juice
20	Kumquat	<i>Fortunella margarita</i>	Rutaceae	Fresh, compote, jam
21	Mandarine	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	Fresh, compote
22	Pomelo	<i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	Fresh, juice
23	Seville orange	<i>Citrus aurantium</i> <i>ssp. aurantium</i>	Rutaceae	Candied, marmalade
24	Lemon	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	Juice
25	Citron	<i>Citrus medica</i>	Rutaceae	Peel candied (citronat)

Other tropical/
subtropical fruits

26	Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	Malpighiaceae	Fresh, compote, juice
27	Pineapple	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	Fresh, compote, jam, juice
28	Avocado	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Fresh
29	Banana	<i>Musa</i>	Musaceae	Fresh, dried, cooked, baked
30	Cherimoya	<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	Fresh
31	Date	<i>Phoenix dactylifera</i>	Arecaceae	Fresh, dried
32	Fig	<i>Ficus carica</i>	Moraceae	Fresh, dried, jam, dessert wine
33	Indian fig	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Cactaceae	Fresh
34	Guava	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Compote, juice
35	Persimmon	<i>Diospyros kaki</i>	Ebenaceae	Fresh, candied, compote

Etc...



Introduzione

U1

Per VERDURA si considerano le piante e le parti di piante, destinate all'alimentazione umana, contraddistinte da un minore contenuto in zuccheri e minore acidità rispetto alla frutta.

Si distinguono le seguenti specie di verdura:

- Tuberi e radici: patate, carote sedano-rapa, barbabietole, rape..
- Verdura a Gambo: coste, rabarbaro, asparagi, finocchi, sedano..
- Verdura a Foglia: cavoli, spinaci, lattuga, insalata a cappuccio, catalogna..
- Verdura a Frutti: cocomeri, pomodori, zucchini, melanzane, meloni..
- Leguminose: fagiolini, piselli, taccole..
- Cipolle: cipolle, aglio..
- Specie di cicorie: cicoria indivia, cicorino rosso e verde, insalata romana..
- Erbe da cucina

Introduzione

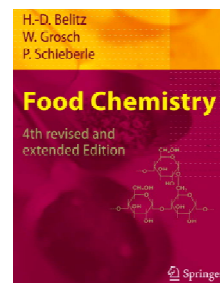
U1

Secondo il [DM 27/08/2004](#) che regola i limiti massimi di residuo di fitofarmaci nelle derrate alimentari i prodotti orticoli possono essere suddivisi in:

- ✓ **Ortaggi a radice e tubero.** Inserimento di sisari (schervole), barba gentile (anche carboncello) precedentemente sottintesi sotto la voce "Altri ortaggi a radice e tubero";
- ✓ **Ortaggi a bulbo;**
- ✓ **Ortaggi a frutto.** Inserimento di ibischi (gombi) e pepini (meloni a pera), precedentemente sottintesi sotto la voce "altri ortaggi a frutto";
- ✓ **Cavoli;**
- ✓ **Cavoli a foglia.** Inserimento di senape cinese, precedentemente sottintesa sotto la voce "altri cavoli a foglia";
- ✓ **Ortaggi a foglia ed erbe fresche.** Oltre alla già citata rucola, inserimento di salvia moscatella, angelica, pimpinella, fieno greco, matricale, issopo, calendula o fiorellino, nasturzio, ortica, origano, ruta, santoreggia, cerfoglio muschiato, acetosa, dragoncello, stellina odorosa o asperula, precedentemente sottintese sotto la voce "altre erbe fresche";
- ✓ **Legumi freschi.** Inserimento della fava, precedentemente sottintesa sotto la voce "altri legumi freschi";
- ✓ **Ortaggi a stelo;**
- ✓ **Funghi**
- ✓ **Legumi da granella;**
- ✓ **Semi oleaginosi;**
- ✓ **Patate**
- ✓ **Tè;**
- ✓ **Luppolo;**
- ✓ **Spezie;**
- ✓ **Lattughe e simili.** Eliminazione della rucola, "passata" al gruppo delle "Erbe fresche", inserimento di dente di leone e valerianella;

Table 17.4. Average composition of vegetables (as % of fresh edible portion)

Vegetable	Dry matter	N-Compounds (N \times 6.25)	Available carbo- hydrates	Lipids	Dietary fiber	Ash
<i>Mushrooms</i>						
Champignon (cultivated)						
<i>Agaricus arvensis, campestris</i>	9.0	4.1	0.6	0.3	2.0	1.0
Chanterelle	8.5	2.6	0.2	0.5	3.3	1.6
Edible boletus (<i>Boletus edulis</i>)	11.4	5.4	0.5	0.4	6.0	0.9
<i>Rooty vegetables</i>						
Carrots	11.8	1.1	4.8	0.2	3.6	0.8
Radish (<i>Raphanus sativus</i> , elongated white fleshy root)	7.0	1.0	2.4	0.2	2.5	0.8
Viper's grass, <i>scorzonera</i>	23.2	1.4	2.2	0.4	18.3	1.0
Parsley	16.1	2.9	6.1	0.6		1.6
<i>Tuberous vegetables (sprouting tubers)</i>						
White (Irish) potato	22.2	2.0	14.8 ^a	0.1	2.1	1.1
Celery (root)	11.6	1.6	2.3	0.3	4.2	1.0
Kohlrabi	8.4	2.0	3.7	0.2	1.4	1.0
Rutabaga	10.7	1.1	5.7	0.2	2.9	0.8
Radish (<i>Raphanus sativus</i> , reddish fleshy root)	5.6	1.1	2.1	0.1	1.6	0.9
Red beet, beetroot	13.8	1.6	8.4	0.1	2.5	1.1
<i>Tuberous root vegetables</i>						
Sweet potato	30.8	1.6	24.1 ^b	0.6	3.1	1.1
Cassava (manioc)	36.9	0.9	32.0	0.2	2.9	0.7
Yam	31.1	2.0	22.4	0.1	5.6	1.0
<i>Bulbous root vegetables</i>						
Onion	11.4	1.2	4.9	0.3	1.8	0.6
Leek	12.1	2.2	3.3	0.3	2.3	0.9
Vegetable fennel	7.6	1.4	3.0	0.2	2.0	1.0
<i>Stem (shoot) vegetables</i>						
Asparagus	6.5	1.9	2.0	0.2	1.3	0.6
<i>Leafy (stalk) vegetables</i>						
Rhubarb	7.3	0.6	1.4	0.1	3.2	0.6
<i>Leafy vegetables</i>						
Endive (escarole)	5.6	1.3	2.3	0.2	1.3	0.8
Kale (curly cabbage)	14.1	4.3	2.5	0.9	4.2	1.5
Head lettuce	5.1	1.2	1.1	0.2	1.4	0.9
Brussels sprouts	15.0	4.5	3.3	0.3	4.4	1.2
Red cabbage	9.0	1.5	3.5	0.2	2.5	0.7
Spinach	8.5	2.6	0.6	0.3	2.6	1.5
Common (white) cabbage	9.6	1.3	4.2	0.2	3.0	0.7
<i>Flowerhead (calix) vegetables</i>						
Artichoke	17.5	2.4	2.6	0.1	10.8	1.3
Cauliflower	9.0	2.5	2.3	0.3	2.9	0.9
Broccoli	10.9	3.6	2.7	0.2	3.0	1.1

^a Starch content 14.1%. ^b Starch and saccharose contents 19.6 and 2.8%, respectively.

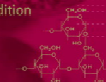
Introduzione

H.-D. Belitz
W. Grosch
P. Schieberle

U1

Food Chemistry

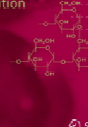
4th revised and
extended Edition



Springer

Number	Common name	Latin name	Class, order, family	Consumed as
<i>Mushrooms (cultivated or wildy grown edible species)</i>				
1	Ringed boletus	<i>Suillus luteus</i>	Basidiomycetes/Boletales	Steamed, fried, dried, pickled or salted
2	Saffron milk cap	<i>Lactarius deliciosus</i>	Basidiomycetes/Agaricales	
3	Field champignon	<i>Agaricus campester</i>	Basidiomycetes/Agaricales	
4	Garden champignon	<i>Agaricus hortensis</i>	Basidiomycetes/Agaricales	
5	Cep	<i>Xerocomus badius</i>	Basidiomycetes/Boletales	
6	Truffle	<i>Tuber melanosporum</i>	Ascomycetes/Tuberales	
7	Chanterelle	<i>Cantharellus cibarius</i>	Basidiomycetes/Aphyllphorales	
8		<i>Xerocomus chrysenteron</i>	Basidiomycetes/Boletales	
9	Morel	<i>Morchella esculenta</i>	Ascomycetes/Pezizales	
10	Edible boletus	<i>Boletus edulis</i>	Basidiomycetes/Boletales	
11	Goat's lip	<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Basidiomycetes/Boletales	
<i>Algae (seaweed)</i>				
12	Sea lettuce	<i>Ulva lactuca</i>		Eaten raw as a salad, cooked in soups (Chile, Scotland, West Indies)
13	Sweet tangle	<i>Laminaria saccharina</i>		Eaten raw or cooked (Scotland)
14		<i>Laminaria sp.</i>		Eaten dried ("combu") or as a vegetable (Japan)
15		<i>Porphyra laciniata</i>		Eaten raw in salads, cooked as a vegetable (England, America)
16		<i>Porphyra sp.</i>		Dried or cooked ("nari" products, Japan and Korea)
17		<i>Undaria pinnatifida</i>		Eaten dried ("wakami") and as a vegetable (Japan)
<i>Rooty vegetables</i>				
18	Carrot	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	Eaten raw or cooked
19	Radish (white elong- ated fleshy root)	<i>Raphanus sativus var. niger</i>	Brassicaceae	The pungent fleshy root eaten raw, salted
20	Viper's grass, scorzonera	<i>Scorzonera hispanica</i>	Asteraceae	Cooked as a vegetable
21	Parsley	<i>Petroselinum crispum</i> <i>ssp. tuberosum</i>	Apiaceae	Long tapered roots cooked as a vegetable, or used for seasoning
<i>Tuberous vegetables (sprouting tubers)</i>				
22	Arrowroot	<i>Tacca leontopetaloides</i>	Taccaceae	Cooked or milled into flour for breadmaking

extended Edition



Springer

Number	Common name	Latin name	Class, order, family	Consumed as
<i>Leafy vegetables</i>				
39	Watercress	<i>Nasturtium officinale</i>	Brassicaceae	Moderately pungent leaves are eaten raw in salads or used as garnish
40	Endive (escarole, <i>chicory</i>)	<i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i>	Cichoriaceae	Eaten raw as a salad, or is cooked as a vegetable
41	Chinese cabbage	<i>Brassica chinensis</i>	Brassicaceae	Eaten raw in salads, or is cooked as a vegetable
42	Lamb's salad (lettuce or corn salad)	<i>Valerianella locusta</i>	Valerianaceae	Eaten raw in salads
43	Garden cress	<i>Lepidium sativum</i>	Brassicaceae	Eaten raw in salads
44	Kale (borecole)	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>acephala</i> var. <i>sabellica</i>	Brassicaceae	Cooked as a vegetable
45	Head lettuce	<i>Lactuca capitata</i> var. <i>capitata</i>	Cichoriaceae	Juicy succulent leaves are eaten raw in salads
46	Mangold (mangel-wurzel, beet root)	<i>Beta vulgaris</i> spp. <i>vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>	Chenopodiaceae	Cooked as a vegetable
47	Chinese (Peking) cabbage	<i>Brassica pekinensis</i>	Brassicaceae	Cooked as a vegetable
48	Brussels sprouts	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	Brassicaceae	Cooked as a vegetable
49	Red cabbage	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>	Brassicaceae	Eaten raw in salads or is cooked as a vegetable
50	Romaine lettuce	<i>Lactuca capitata</i> var. <i>crispa</i>	Cichoriaceae	Eaten raw as a salad
51	Spinach	<i>Spinacia oleracea</i>	Chenopodiaceae	Cooked as a vegetable or is eaten raw as a salad
52	White (common) cabbage	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> var. <i>capitata</i> f. <i>alba</i>	Brassicaceae	Juicy succulent leaves are eaten raw in salads, or are fermented (sauerkraut), steamed or cooked as a vegetable
53	Winter endive	<i>Cichorium endivia</i>	Cichoriaceae	Eaten raw as a salad
54	Savoy cabbage	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> , var. <i>sabauda</i>	Brassicaceae	Cooked as a vegetable
<i>Flowerhead (calix) vegetables</i>				
55	Artichoke	<i>Cynara scolymus</i>	Asteraceae	Flowerhead is cooked as a vegetable
56	Cauliflower	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>botrytis</i> var. <i>botrytis</i> .	Brassicaceae	Cooked as a vegetable or used in salads (raw or pickled)
57	Broccoli	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>botrytis</i> var. <i>italica</i>	Brassicaceae	The tight green florets are cooked as a vegetable

Etc...

Classificazione Alimenti vegetali

U1

Gli alimenti di origine vegetale, freschi e/o sottoposti a trattamenti tecnologici possono essere classificati come segue:

- I gamma - **Prodotti freschi** (es. verdure fresche);
- II gamma - **Alimenti conservati attraverso trattamento termico** (es. latte pastorizzato);
- III gamma - **Alimenti congelati e surgelati** (es. filetti di pesce surgelato);
- IV gamma - **Alimenti freschi, puliti e pronti per essere consumati** (es. verdure lavate e pre-tagliate);
- V gamma - **Alimenti già cotti e conservati sottovuoto** (es. primi piatti cotti sottovuoto).

Nutrienti – Composti Bioattivi

U1

In tutti i casi i prodotti ortofrutticoli sono riconosciuti dai consumatori per il loro valore nutrizionale e per le caratteristiche organolettiche di colore, aroma, sapore e **texture** nonché per un'immagine di naturalità che lega il consumo di ortofrutticoli al benessere umano.

Texture: insieme delle proprietà fisiche-strutturali che hanno un significato sensoriale

Le più recenti ricerche in campo internazionale riguardano sia gli aspetti salutistici legati al consumo di ortofrutticoli sia la ricerca di nuove forme di conservazione e trasformazione nell'ottica della salvaguardia delle proprietà sensoriali e nutrizionali.

Gli alimenti di origine vegetale possono essere trattati, da un punto di vista più prettamente chimico, osservandone quindi la composizione in metaboliti primari e secondari, oppure da un punto di vista nutrizionale dando rilievo alla distribuzione peculiare di macro e micro nutrienti, di sostanze bioattive di origine vegetale (fitocomplessi) ovvero di sostanze cosiddette antinutrizionali.

Nella trattazione che segue si seguirà un criterio misto evidenziando quelle sostanze a cui è ascrivibile una documentata attività biologica.

In quest'ottica verrà quindi approfondito il concetto di fibra alimentare, di antiossidante ed infine di composto antinutrizionale.

COMPOSIZIONE CHIMICA E VALORE CALORICO PER 100 gr. DI PARTE EDIBILE

(a cura di E. Carnovale, L. Marletta, F. Miuccio - Istituto Nazionale della Nutrizione, 1994)

ALIMENTI	% Parte edibile	g Acqua	g Proteine	g Lipidi	Glucidi		Kcal	mg Sodio	mg Potassio	mg Ferro	mg Calcio	mg Fosforo	Tiamina (Vit. B1) mg	Riboflavina (Vit. B2) mg	Niacina (Vit. PP) mg	Vitamina A µg	Vitamina C mg
					g Disponibili	g Fibra alimentare											
VERDURE E ORTAGGI																	
Bieta	82	94,5	1,3	0,1	2,8	1,2	17			1,0	67	29	0,03	0,19	1,80	263	24
Broccolo a testa	51	90,3	3,0	0,4	3,1	3,1	27	12	340	0,8	28	66	0,04	0,12	1,80	2	54
Carote	95	91,6	1,1	0	7,6	3,1	33	95	220	0,7	44	37	0,04	0,04	0,70	1148	4
Cavolfiore	66	90,5	3,2	0,2	2,7	2,4	25	8	350	0,8	44	69	0,10	0,10	1,20	tra.	59
Cavoli di Bruxelles	76	85,7	4,2	0,5	4,3	5,2	37			1,1	51	50	0,08	0,14	0,70	220	81
Cetrioli	77	96,5	0,7	0,5	1,8	0,7	14	13	140	0,3	16	17	0,02	0,03	0,60	tra.	11
Cicoria di campo	80	93,4	1,4	0,2	0,7	3,6	10			0,7	74	31	0,03	0,19	0,30	219	17
Cipolle	83	92,1	1,0	0,1	5,7	1,1	26	10	140	0,4	25	35	0,02	0,03	0,50	0	5
Finocchi	59	93,2	1,2	0	1,0	2,2	9			0,4	45	39	0,02	0,04	0,50	2	12
Germogli di soia	98	86,3	6,2	1,4	3,0		49	30	218	1,0	48	67	0,23	0,20	0,80	24	13
Lattuga	80	94,3	1,8	0,4	2,2	1,5	19	9	240	0,8	45	31	0,05	0,18	0,70	229	6
Melanzane	92	92,7	1,1	0,1	2,6	2,6	15	26	184	0,3	14	33	0,05	0,05	0,60	tra.	11
Patate	83	78,5	2,1	1,0	8,0	1,6	85	7	570	0,6	10	54	0,10	0,04	2,50	3	15
Peperoni	82	92,3	0,9	0,3	4,2	1,9	22	2	210	0,7	17	28	0,05	0,07	0,50	139	151
Pomodori da insalata	100	94,2	1,2	0,2	2,8	1,1	17	3	290	0,4	11	26	0,03	0,03	0,70	42	21
Radicchio rosso	72	94,0	1,4	0,1	1,5	3,0	13			0,3	36	30	0,07	0,05	0,30	tra.	10
Rape	69	93,3	1,0	0	3,8	2,6	18			0,6	40	29	0,02	0,07	0,90	0	23
Spinaci	83	90,1	3,4	0,7	3,0	1,9	31	100	530	2,9	78	62	0,07	0,37	0,40	485	54
Zucchine	88	93,6	1,3	0,1	1,4	1,3	11			0,5	21	65	0,08	0,12	0,70	6	11
LEGUMI FRESCHI																	
Fagioli	41	62,3	6,4	0,6	19,4	10,6	104	2	650	3,0	44	180	0,44	0,10	1,0	18	10
Fagiolini	95	90,5	2,1	0,1	2,4	2,9	17	2	280	0,9	35	48	0,07	0,15	0,80	41	16
Fave	30	80,7	5,4	0,2	4,2	5,1	37	18	210	1,8	23	98	0,20	0,10	1,20	11	24
Piselli	47	76,1	7,0	0,2	12,4	5,2	76	1	202	1,8	47	101	0,42	0,18	1,00	49	28
LEGUMI SECCHI																	
Ceci secchi	100	13,0	21,8	4,9	54,3	13,8	334	6	800	6,1	117	299	0,36	0,14	1,70	30	5
Fagioli secchi	100	10,7	23,6	2,5	51,7	17,0	311	4	1445	6,7	137	437	0,40	0,17	2,30	3	3
Fave secche	100	13,3	27,2	3,0	55,3	7,0	342			5,0	90	420	0,50	0,28	2,60	10	4
Lenticchie secche	100	11,6	25,0	2,5	54,0	13,7	325	8	980	5,1	127	347	0,57	0,20	1,80	10	3
Soia secca	100	8,5	36,9	18,1	23,3	11,9	398	4	1740	6,9	257	591	0,99	0,52	2,50		

Fibra alimentare

U2

Al termine fibra alimentare sono state date definizioni piuttosto diverse funzione del criterio prioritario scelto: anche in questo caso è possibile privilegiare un criterio nutrizionale e quindi discriminare tra carboidrati digeribili o meno oppure un criterio prettamente chimico.

Negli anni '50-'70 (Hipsley EH, BMJ, 1953, (2):420 420, Burkitt et al. Lancet, 1972, 1408 , 1408; Trowell HC, Lancet, 1972, 503) la fibra alimentare era definita come segue:

“Dietary fibre are the remnant of plant components that are resistant to hydrolysis by human alimentary enzymes”

Nel 2001 (*Cereal Food World* 2001, 46 (3): 112) la definizione è stata rivista come segue dal *Committee of the American Association of Cereal Chemists*:

“Dietary fibre is the edible parts of plants or analogues carbohydrates that are resistant to digestion and absorption in the human small intestine with complete or partial fermentation in the large intestine. Dietary fibre includes polysaccharides, oligosaccharides, lignin, and associated plant substances...”

E' chiaro come negli anni il concetto si sia allargato comprendendo nella definizione molecole e/o gruppi di sostanze che in definitiva possono rappresentare un substrato utile alla sopravvivenza (fermentazione-metabolismo energetico) di microorganismi endogeni del tratto GI.

Fibra alimentare

Alle definizioni appena citate, per completezza, è importante affiancare la definizione della “Association of Official Analytical Chemists – AOAC International):

“fiber is composed by non-digestible animal and plant carbohydrates, based on the analytical methods for fiber separation using an enzymatic–gravimetric method”

Mentre per l’ Institute of Medicine of the National Academies of Science:

“dietary fiber comprises intact non-digestible carbohydrates and lignin derived from plant sources. Functional fiber consists of non-digestible carbohydrates, derived from either plant or animal sources, that have shown favorable health outcomes for humans. Total fiber consists of both dietary and functional fiber.”

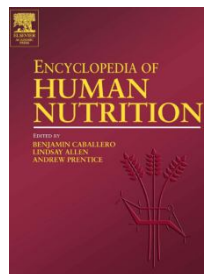


Table 5 Current definitions of dietary fiber

Source	Definitions
AOAC ^a	Fiber: nondigestible animal and plant carbohydrates
IOM ^b	Dietary fiber: intact nondigestible carbohydrates and lignin, derived from plant sources
	Functional fiber: nondigestible carbohydrates derived from either plant or animal sources that have shown favourable health outcomes for humans
	Total fiber: dietary and functional fiber

^aAOAC: Association of Official Analytical Chemists

^bIOM: Institute of Medicine

Fibra alimentare

U2

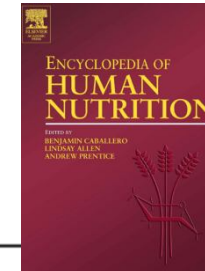


Table 1 Major components of dietary fiber

<i>Food source</i>	<i>Polysaccharides and related substances</i>
Fruits and vegetables	Cellulose, xyloglucans, arabinogalactans, pectic substances, glycoproteins
Cereals	Cellulose, arabinoxylans, glucoarabinoxylans, β -D-glucans, lignin, and phenolic esters
Legume seeds	Cellulose, xyloglucans, galactomannans, pectic substances
Manufactured products	Gums (guar gum, gum arabic), alginates, carrageenan, modified cellulose gums (methyl cellulose, carboxymethyl cellulose)

COSTITUENTI DELLA FIBRA ALIMENTARE

POLISACCARIDI NON AMIDACEI

cellulosa
emicellulose
arabinoxilani
arabinogalattani
 β -glucani
gomme
mucillagini
pectine

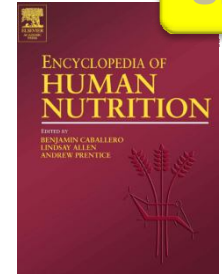
SOSTANZE NON GLUCIDICHE

- polifenoli
 - lignina
 - acidi fenolici
 - tannini
- fitati
- cutina, suberina
- saponine

OLIGOSACCARIDI RESISTENTI

- Polifrutteni
 - inulina
 - frutto-oligosaccaridi
- Galatto-oligosaccaridi
- Oligosaccaridi dei legumi
 - raffinoso
 - stachioso
 - verbascoso

PARERTE VEGETALE



Fibra alimentare

CARBOIDRATI ANALOGHI

- Destrine non digeribili
- Maltodestrine resistenti
destrine resistenti di patata
- Amido non-digeribile
(resistente)
RS₁, RS₂, RS₃, RS₄
- Composti di sintesi
polidestrosio
metilcellulosa
xantani
lattulosio
lattitolo

Table 1 Classification of resistant starch

<i>Food source</i>	<i>Type^a</i>	<i>Content in food (g per 100 g)</i>	<i>Contribution to total RS intake</i>
Cereal products containing whole grains or grain fragments	RS ₁	1–9	Minor
Brown breads			
Legumes			
Pastas			
Unripe bananas	RS ₂	17–75	Very little
Uncooked potatoes			
High amylose starches			
Bread	RS ₃	1–10	Major
Cornflakes			
Cooked cooled potatoes			
Legumes			
Amylose–lipid complex	Others	Not known	Unknown
Modified starches			

^aRS₁, physically inaccessible starch; RS₂, resistant granules; RS₃, retrograded starch.

Fibra alimentare

U2

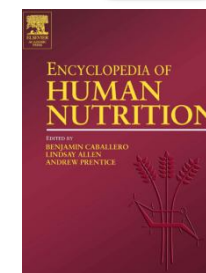


Table 7 The physiological effects of resistant starch, oligosaccharides, and dietary fiber

<i>Physiological effect</i>	<i>Resistant starch</i>	<i>Oligosaccharides</i>	<i>Dietary fiber</i>
Energy supply	8–13 kJ g ⁻¹	8–13 kJ g ⁻¹	8–13 kJ g ⁻¹
Increased glucose tolerance	Some foods	No	Some NSP ^a
Decreased plasma cholesterol and triacylglyceride levels	No	Not known	Some NSP
Fermentability	Complete	Complete	Variable
Production of SCFA	Yes	Yes	Yes
Increased butyrate production	High	High	Variable
CO ₂ and H ₂ production	Yes	Yes	Variable
Decreased fecal pH	Yes	Yes	Some NSP
Decreased production of deoxycholate	Yes	Yes	Some NSP
Increased colonocyte proliferation	Yes	Yes	Yes
Increased fecal bulk	At high dose	No	Variable
Faster whole gut transit time	At high dose	No	Yes
Increased bacterial nitrogen and biomass	Yes	Yes	Yes
Reduced mineral absorption in small intestine	No	No	Some NSP
Increased mineral absorption in large intestine	Yes	Yes	Some NSP
Possible prevention of colorectal cancer	Yes	Not known	Yes

^aNSP, nonstarch polysaccharide.

Fibra alimentare – Alimenti funzionali

U2

Alimenti caratterizzati da effetti aggiuntivi dovuti alla presenza di componenti (generalmente non nutrienti) naturalmente presenti o aggiunti che interagiscono più o meno selettivamente con una o più funzioni fisiologiche dell'organismo (bio-modulazione) portando ad effetti positivi sul mantenimento della salute e/o prevenzione delle malattie

Alimenti funzionali diretti al miglioramento dell'ambiente intestinale rappresentano il segmento **più ampio** del mercato dei prodotti funzionali in **Europa, Giappone e Australia**

PREBIOTICO



**PROBIOTICO
SIMBIOTICO**

Prebiotico

“Ingrediente alimentare che non viene idrolizzato dagli enzimi del tratto gastrointestinale umano e che stimola la crescita e/o l'attività di uno o un limitato numero di batteri nel colon portando ad un miglioramento della salute dell'ospite”

Gibson e Robertfroid, 1995

PREBIOTICO e FIBRA ALIMENTARE non sono sinonimi

Fibra alimentare – Prebiotico

U2

**Attività dei microrganismi
in presenza di prebiotici**

CIBO DEL COLON

Fermentazione da parte dei
LAB



Modifica della
COMPOSIZIONE della
microflora

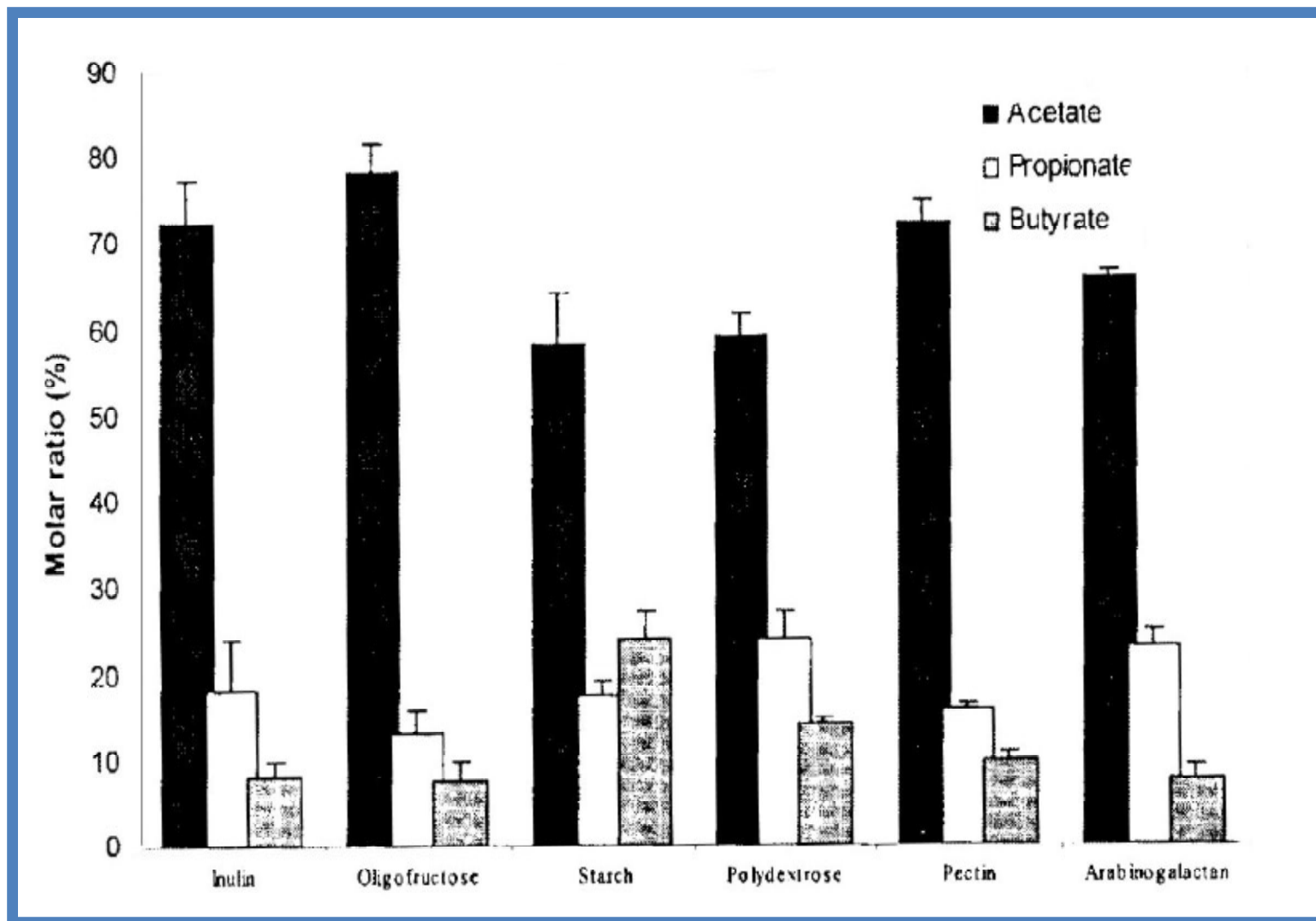
Produzione di SCFAs (Acidi
Grassi a corta catena) H_2 ,
 CO_2 e massa batterica



Modifica della **ATTIVITA'** della
microflora

Fibra alimentare – Prebiotico

U2



Fibra alimentare – Probiotico

U2

Dal greco “Pro Bios” cioè “A favore della vita”

Il termine è stato usato per la prima volta a metà del secolo scorso

Definizione

“Probiotico è un supplemento alimentare vivo di natura microbica che influenza in modo benefico la salute dell’ospite migliorando l’equilibrio della microflora intestinale”

Fuller, 1989

Evidenze si stanno via via accumulando che sosterebbero benefici dei microrganismi probiotici non solo a livello locale, ma anche sistemico.

La definizione può essere quindi riformulata come segue:

“Probiotico è un supplemento alimentare di natura microbica che influenza in modo benefico l’ospite modulando la risposta immunitaria locale e sistemica, così come migliorando l’equilibrio nutrizionale e microbico del tratto intestinale”

Fibra alimentare – Probiotico

U2

COMPOSIZIONE DELLA MICROFLORA INTESTINALE

Nel **colon** si raggiunge una carica di 10^{14} CFU/g, comprendente più di 400 specie (di cui però solo 30-40 costituiscono ben il 99% della microflora totale), suddivise nei seguenti generi in ordine di prevalenza:

- Bacteroides, Eubacteria, Peptostreptococchi, Bifidobacteria (10^{11} /g feci)
- Enterobacteria, Streptococchi (10^8 - 10^9 /g feci)
- Lactobacilli (10^5 - 10^8 /g feci)
- Clostridia, Staphylococchi

LAB - Lactic Acid Bacteria

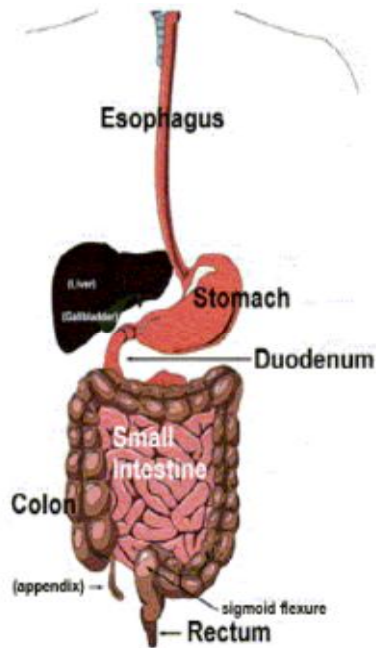
Tra gli abitanti della microflora intestinale, specie batteriche appartenenti ai generi Lactobacillus e Bifidobacterium sono **MICROORGANISMI ENDOGENI BENEFICI**

Fanno parte e sono i maggiori rappresentanti di un gruppo più ampio, quello dei **BATTERI ACIDO LATTICI (LAB)**, in riferimento al loro metabolismo **FERMENTATIVO**

Si distinguono infatti in:

- omofermentanti obbligati,
- eterofermentanti facoltativi ed
- eterofermentanti obbligati,

a seconda della resa in molecole di acido lattico e della produzione o meno di acido acetico, alcol etilico e CO_2



Fibra alimentare – Probiotico

U2

Microorganismi vengono selezionati dalla microflora intestinale e testati per la loro applicabilità come probiotici:

N.B. Tutti i ceppi di LAB destinati all'uso come probiotici devono essere riconosciuti come GRAS, Generally Recognized As Safe

Table 1

Properties of probiotics to be assessed during the development of new strains and new probiotic functional foods

Property	Target and method
Strain specificity	Source or origin to be assessed.
Resistance to pH	Model systems for gastric and bile effects.
Adhesion and colonisation	Several model systems to be used for adhesion (e.g. cell cultures, mucus, intestinal segments). Colonisation in human studies.
Competitive exclusion	Adhesion and competitive exclusion of pathogens in in vitro and in vivo model systems.
Immune regulation	In vitro and human studies.
Safety	Pre-market clearance and post-market surveillance.
Technological properties	Various systems for stability and activity throughout the processes.
Sensory assessment	Sensory testing of model and final products.
Consumer acceptance	Consumer studies on product formulations.
Efficacy assessment	Human clinical intervention studies with final product formulations; at least two independent studies to show efficacy in target populations and safety in all consumer groups.

Fibra alimentare – Probiotico

U2

Con questi criteri di selezione sono stati identificati diversi ceppi a tutt'oggi riconosciuti come probiotici, alcuni dei quali sono diventati marchi registrati

- L. casei (Fyos, Nutricia)
- L. acidophilus1 (LC1, Nestlè)
- L. casei (BIO, Danone)
- L. casei Immunitas (Actimel, Danone)
- L. casei Shirota(Yakult)

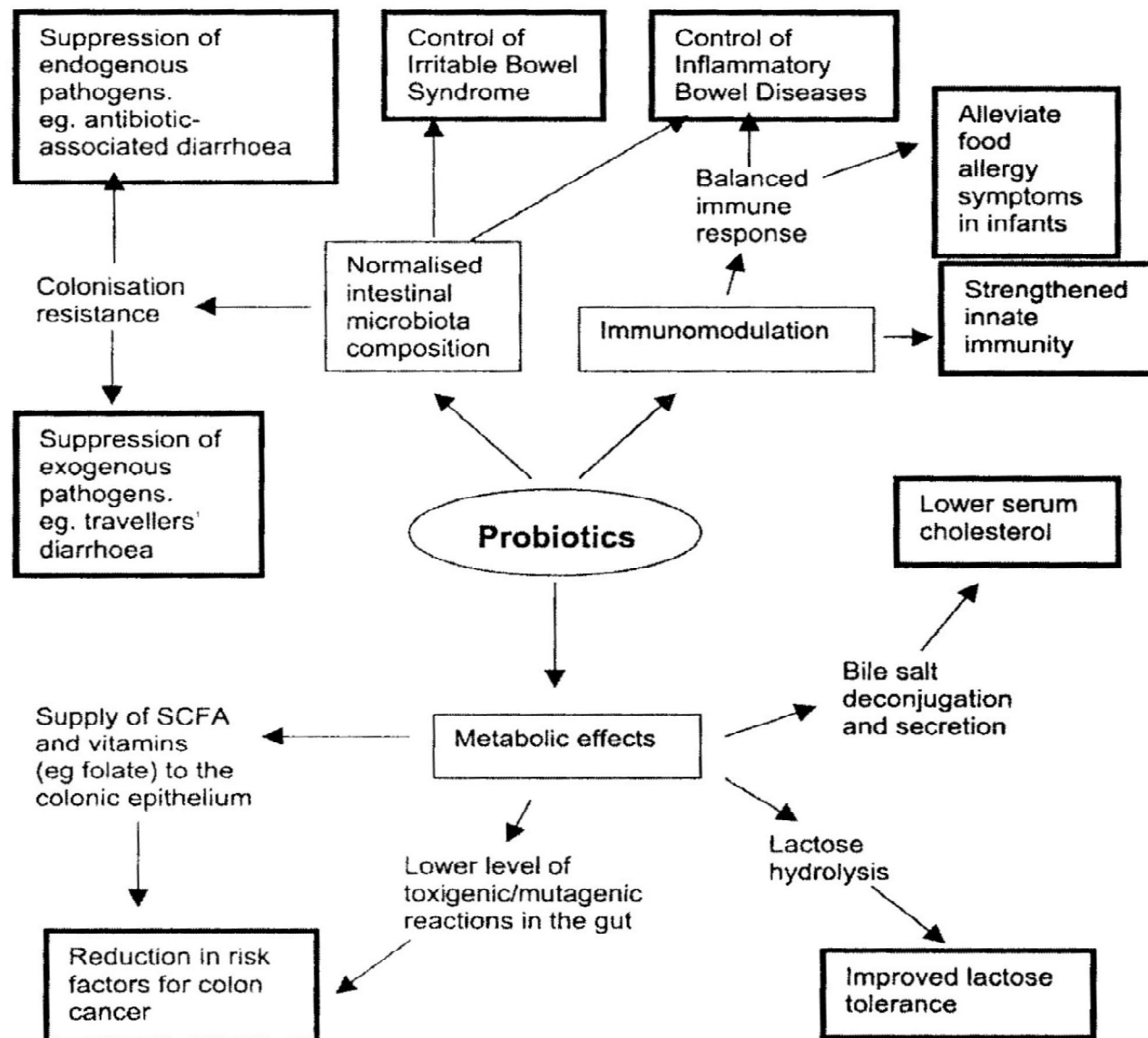


Fig. 1. Proposed health benefits stemming from probiotic consumption.

Antiossidanti

U3

Si definisce “antiossidante” una sostanza che, quando presente a basse concentrazioni (0,01-0,02 %) rispetto a quella di un substrato ossidabile, è in grado di ritardare o inibire significativamente l'ossidazione del substrato stesso.

I meccanismi mediante i quali gli antiossidanti proteggono l'alimento dall'ossidazione prevedono: **la donazione di un elettrone o di un atomo di idrogeno, l'inattivazione degli ioni metallici e dell'ossigeno.**

Gli antiossidanti possono essere suddivisi in **antiossidanti primari**, o veri, e in **antiossidanti secondari**, o preventivi (pro-antiossidanti).

- ✓ Gli **antiossidanti primari** interrompono la catena di reazioni radicaliche mediante la donazione di elettroni o di idrogeno ai radicali liberi convertendoli in prodotti più stabili e il radicale risultante è meno reattivo;
- ✓ Gli **antiossidanti secondari** riducono la velocità della fase di inizio della catena di reazioni catturando l'ossigeno o chelando i metalli (rimovendo cioè i catalizzatori), reagiscono con l'ossigeno singoletto o ne impediscono la formazione e rigenerano gli antiossidanti primari.

Antiossidanti

U3

Un'altra possibile classificazione (Moure et al. 2001) suddivide gli antiossidanti in:

- *antiradicali dell'ossigeno (singoletto e tripletto)*
- *antiradicali e antiossidanti primari*
- *chelanti metallici*

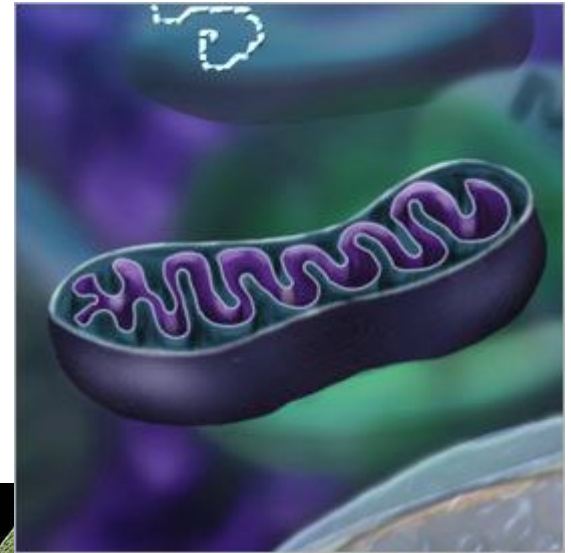
Lo stress ossidativo?

Dal punto di vista biochimico i radicali liberi sono atomi o molecole con uno o più elettroni spaiati che si formano nella cellula sia in seguito alle normali reazioni metaboliche, sia in seguito a stimoli esterni come radiazioni ionizzanti, elevata tensione di ossigeno e sostanze chimiche di varia natura. I radicali liberi sono fortemente ossidanti, molto reattivi ed avendo un elettrone spaiato tendono a stabilizzarsi con la cattura di elettroni dalle molecole circostanti; si formano così nuovi radicali instabili e avvengono reazioni a catena che danneggiano irreversibilmente le strutture cellulari.

L'ipotesi di Ames: la carenza di micronutrienti porta a malattie cronico-degenerative

- La deficienza di micronutrienti porta a decadimento mitocondriale, con stillicidio di ossidanti nel citoplasma ed invecchiamento cellulare.
- La selezione naturale favorisce la sopravvivenza a corto rispetto alla salute a lungo termine, e si attiva un meccanismo a *triage*, che favorisce la produzione di ATP a scapito della riparazione del DNA, i globuli rossi rispetto a quelli bianchi, il cuore rispetto al fegato. La risposta di triage accelera le malattie cronico-degenerative, quali cancro, decadimento cerebrale ed invecchiamento prematuro.

Ames, B.M. *PNAS* 2006, 103, 17589-17594



Antiossidanti

U3

In condizioni fisiologiche vi è uno stato di equilibrio tra la produzione endogena di radicali liberi e la loro neutralizzazione da parte dei meccanismi antiossidanti di difesa:

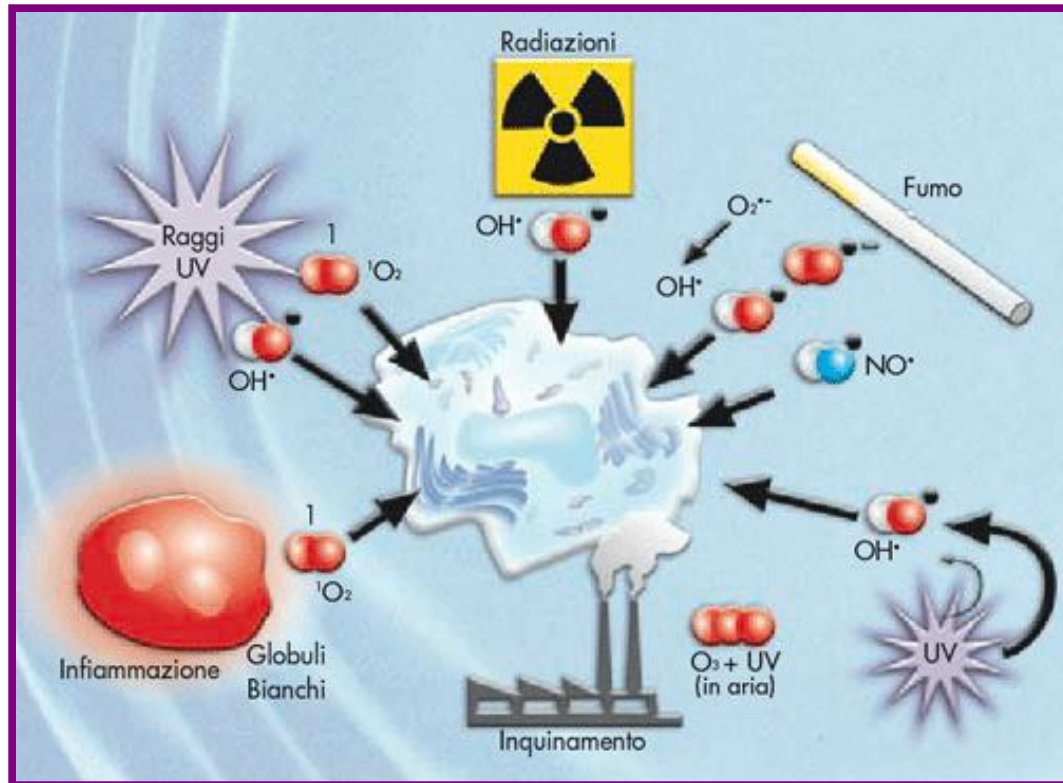
Enzimatici: la superossido dismutasi, la catalasi e la glutazione perossidasi;

Non enzimatici: il glutathione, l'ubichinone, l'acido urico, l' α -tocoferolo, l'acido ascorbico, i carotenoidi e i composti fenolici (antiossidanti naturali contenuti negli alimenti).

Quando però il quantitativo di radicali liberi prodotti è superiore a quello fisiologico, il sistema antiossidante di difesa non è più in grado di neutralizzarli, per cui i radicali liberi aggrediscono le cellule provocando danni più o meno gravi (stress ossidativo).

Antiossidanti

U3



Tra i radicali liberi le “specie reattive dell’ossigeno” sono le maggiori responsabili del danno ossidativo; includono i radicali dell’ossigeno e alcune specie che, benché non abbiano elettroni spaiati, sono agenti ossidanti che generano radicali liberi:

- radicali dell’ossigeno: anione superossido, radicale idrossilico e radicale perossilico;
- specie reattive non radicaliche dell’ossigeno: perossido di idrogeno, ossigeno singoletto (Murcia et al. 2001).

Meccanismi di reazione dei principali antiossidanti

1. blocco delle reazioni radicaliche per mezzo di molecole dette “radical scavengers”: tocoferoli, carotenoidi, acido ascorbico e fenoli vegetali (antiossidanti primari);
2. fissazione o riduzione dell'ossigeno ad opera di molecole definite “ossigeno scavengers”, cioè sequestranti dell'ossigeno: acido ascorbico (antiossidanti secondari);
3. disattivazione dell'ossigeno singoletto tramite una molecola detta “quencher”: carotenoidi, acido ascorbico, tocoferoli (antiossidanti secondari);
4. chelazione di tracce metalliche pro-ossidanti: fenoli (antiossidanti secondari);
5. rigenerazione di antiossidanti primari mediante molecole dette sinergiche: acido ascorbico verso tocoferoli (antiossidanti secondari).

1. blocco delle reazioni radicaliche per mezzo di molecole dette “radical scavengers”: tocoferoli, carotenoidi, acido ascorbico e fenoli vegetali (antiossidanti primari)

U3

Inibizione per “idrogeno donazione”: *acido ascorbico, tocoferoli e derivati fenolici*

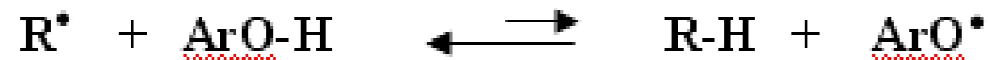
Composti con un potenziale di riduzione più basso di quello del radicale libero o delle specie ossidate che sono capaci di donare un atomo di idrogeno (a meno che la reazione non sia cineticamente non favorita).

L'acido ascorbico, i tocoferoli e i derivati fenolici, indicati genericamente come ArOH, svolgono la loro azione mediante la donazione di idrogeno al radicale perossile secondo la reazione:



Tale reazione è solitamente molto efficace e termodinamicamente favorita poiché il legame ossigeno-idrogeno fenolico è meno forte di quello idroperossidico. Essa è però fortemente condizionata da effetti di solvatazione e quindi dal sistema in cui avviene.

Risulta invece meno favorita la donazione di un atomo di idrogeno dall'antiossidante al radicale alchilico, R :



Nel caso dei sistemi lipidici gli antiossidanti che donano idrogeno devono avere un potenziale di riduzione più basso di quello degli acidi grassi polinsaturi (E: 600 mV).

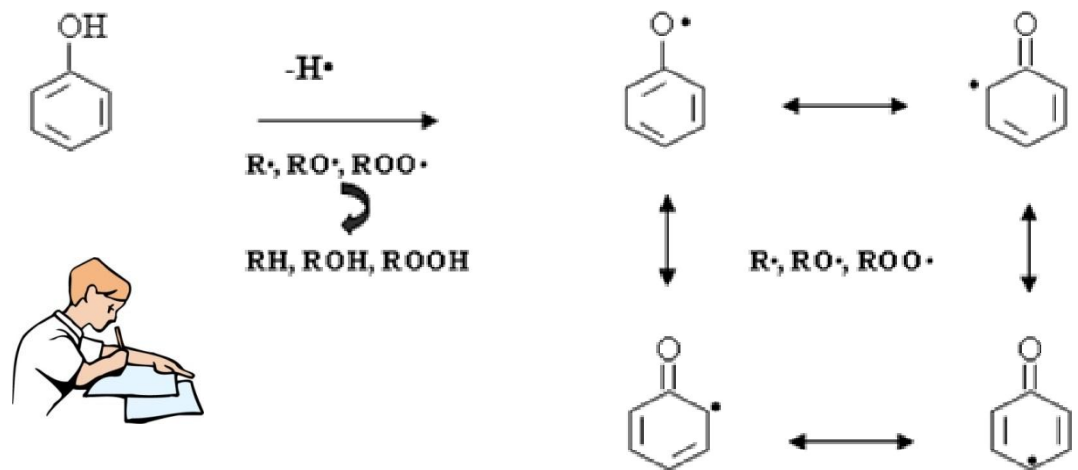
1. blocco delle reazioni radicaliche per mezzo di molecole dette “radical scavengers”: tocoferoli, carotenoidi, acido ascorbico e fenoli vegetali (antiossidanti primari)

U3

L'efficacia dell'antiossidante è legata alla differenza del potenziale di riduzione tra il radicale lipidico e il radicale antiossidante, alla stabilità del radicale antiossidante, alla delocalizzazione elettronica per risonanza e all'ulteriore ossidazione del radicale antiossidante.

Coppia Redox	Potenziale di riduzione E (mV)
Catecolo*, H ⁺ / Catecolo	530
α-tocoferoxile*, H ⁺ / α-tocoferolo	480
Ascorbato*, H ⁺ / ascorbato	282
HO*, H ⁺ / H ₂ O	2310
RO*, H ⁺ / ROH	1600
ROO*, H ⁺ / ROOH	1000
PUFA*, H ⁺ / PUFA	600

I principali antiossidanti che donano idrogeno sono i composti fenolici mono-ossidrilici e poli-ossidrilici con varie sostituzioni sull'anello.

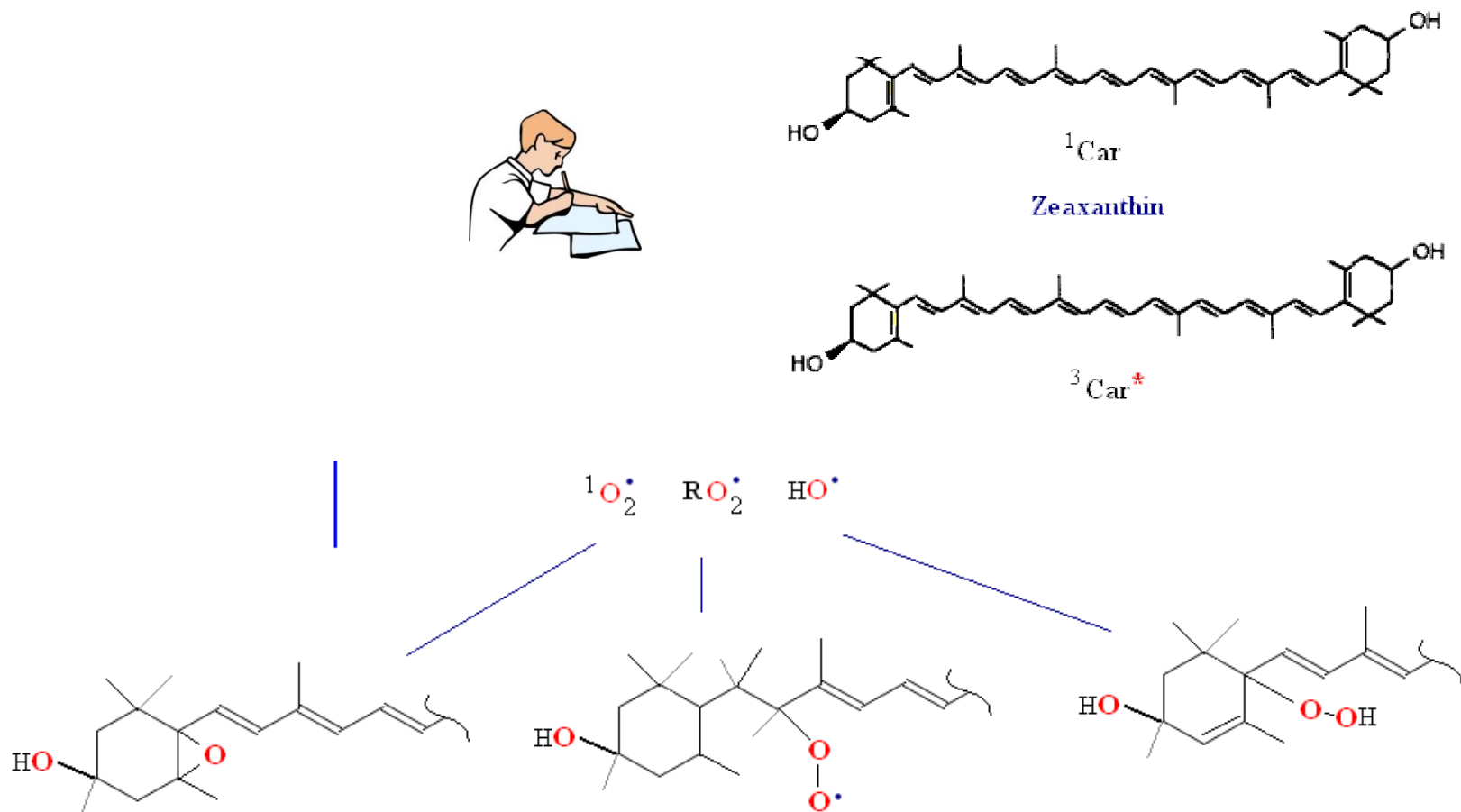


1. blocco delle reazioni radicaliche per mezzo di molecole dette “radical scavengers”: tocoferoli, carotenoidi, acido ascorbico e fenoli vegetali (antiossidanti primari)

U3

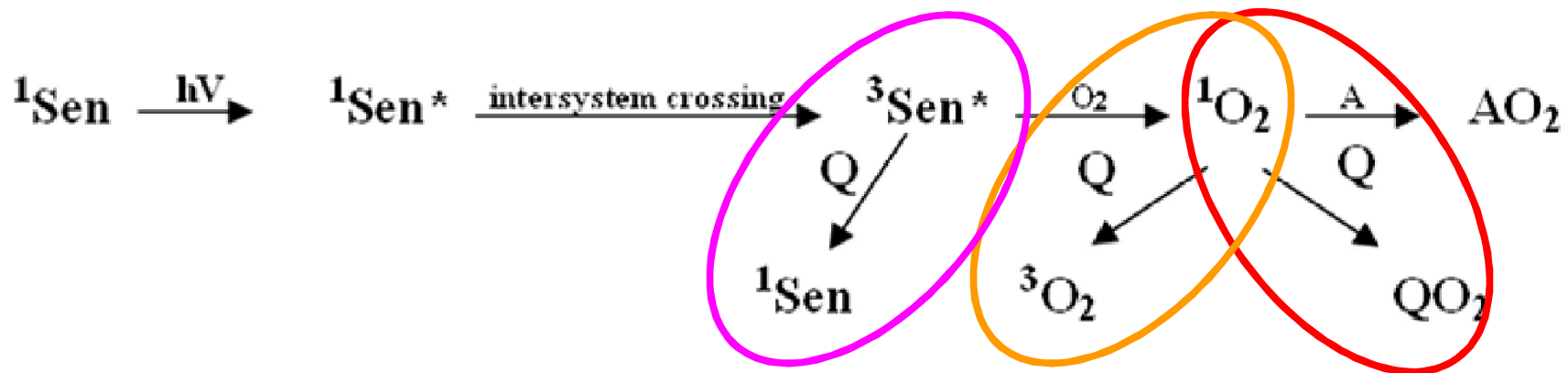
Inibizione per trasferimento elettronico: carotenoidi

I carotenoidi non possiedono atomi di idrogeno mobili (cioè facilmente estraibili) ma essendo elettrone-ricchi possono essere ossidati dai radicali perossili, alcossili e idrossili.



2. fissazione o riduzione dell'ossigeno ad opera di molecole definite "ossigeno scavengers", cioè sequestranti dell'ossigeno: acido ascorbico (antiossidanti secondari);
3. disattivazione dell'ossigeno singoletto tramite una molecola detta "quencher": carotenoidi, acido ascorbico, tocoferoli (antiossidanti secondari)

L'ossigeno singoletto si forma per reazione tra un sensibilizzante allo stato di tripletto eccitato ($^3\text{sen}^*$), ottenuto dall'eccitazione del sensibilizzante singoletto (^1sen) seguita da "intersystem crossing", e l'ossigeno tripletto ($^3\text{O}_2$); l'ossigeno singoletto che si forma reagisce con un substrato A per formare il prodotto ossidato AO_2 (Min, Boff, 2002) .



Un agente "quenching" può agire:

1. con il **sensibilizzante tripletto eccitato che torna allo stato fondamentale**;
2. **mediante "quenching" fisico**: l'ossigeno singoletto trasferisce la sua energia al "quencher" con formazione dell'ossigeno tripletto;
3. **mediante "quenching" chimico**: reazione tra "quencher" Q ed ossigeno singoletto con formazione del prodotto QO_2 .

4. chelazione di tracce metalliche pro-ossidanti: fenoli (antiossidanti secondari)

U3

I metalli di transizione, come il Fe e il Cu, svolgono un ruolo importante nelle fasi iniziale e di propagazione dell'ossidazione lipidica che vengono così accelerate; essi sono inoltre coinvolti nella formazione dell'ossigeno singoletto e del radicale ossidrile.

I chelanti metallici sono antiossidanti che reagiscono con i metalli di transizione formando composti di coordinazione prevenendo la reazione redox ciclica dei metalli; possono convertire gli ioni metallici in complessi metallici insolubili o generare ingombro sterico impedendo così le reazioni tra i metalli e gli intermedi lipidici e la catalisi della formazione delle specie reattive dell'ossigeno.



Formazione dei radicali alchili per reazione diretta:



Decomposizione dell'idroperossido per formare il radicale perossile e il radicale alcossile:



4. chelazione di tracce metalliche pro-ossidanti: fenoli (antiossidanti secondari)

U3

Attivazione dell'ossigeno per formazione dell'ossigeno singoletto:



Formazione del radicale ossidrilico:



(<http://fst.osu.edu/min/Min-IUFoST-4-13-01.ppt>)

Antiossidanti - Esempi

I composti fenolici sono **antiossidanti primari** in quanto agiscono da “radical scavengers” sequestrando le specie reattive dell’ossigeno (radicali perossile, alcossile, superossido e ossidrilico) attraverso la donazione di elettroni o atomi di idrogeno; sono inoltre **antiossidanti secondari** in quanto chelano i metalli di transizione come il ferro e il rame inibendo le reazioni di [Fenton e Haber-Weiss](#), fonti importanti delle specie reattive dell’ossigeno.

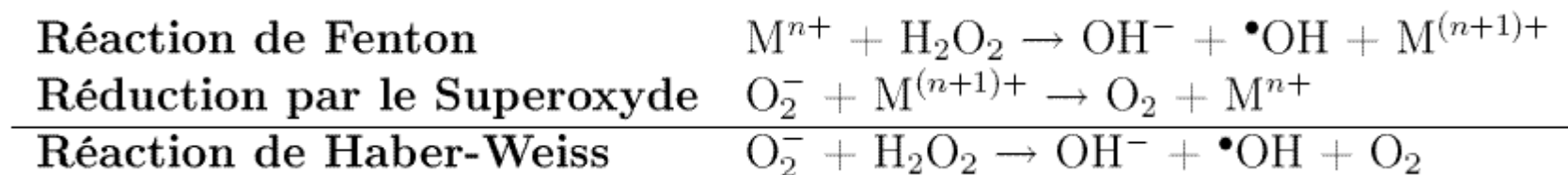
L’efficacia antiossidante in termini di reazione **stechiometrica** (numero di radicali che una molecola fenolica può sequestrare) e di reazione **cinetica** (velocità alla quale tali radicali sono sequestrati) può variare considerevolmente e dipende dalle caratteristiche strutturali:

- ✓ numero e posizioni dei gruppi ossidrilici sui sistemi ciclici;
- ✓ estensione della delocalizzazione dell’elettrone sull’intermedio fenolico ossidato.

In base a tali osservazioni i fenoli polimerici sono antiossidanti più potenti di quelli monomerici; ad esempio i tannini risultano possedere una maggior capacità nel catturare i radicali perossili rispetto ai fenoli semplici, il dimero dell’acido ferulico inibisce maggiormente la perossidazione lipidica rispetto all’acido ferulico e al maggior grado di polimerizzazione dei flavonoli corrisponde una più potente attività superossido-scavenging.

Reazioni di Fenton e Haber-Weiss

L' H_2O_2 è il precursore di un radicale ad alto potere ossidante responsabile di danni ai tessuti: il radicale ossidrile (OH^\bullet) che si forma dalla reazione tra il ferro bivalente e il perossido di idrogeno attraverso la reazione di Fenton.



Anche il rame (Cu) può reagire con l' H_2O_2 per formare OH^\bullet (Halliwell, 1992);

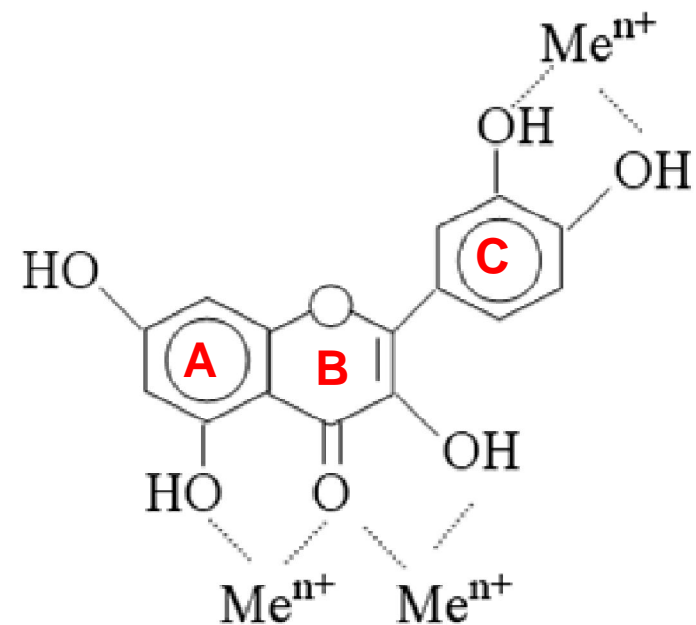
nonostante la maggior parte dei radicali ossidrilici si formi via Fenton (con rame o ferro), esiste una ulteriore reazione definita di Haber-Weiss in cui il rame o il ferro possono nuovamente essere ridotti dall'acido ascorbico o dall'anione superossido, anche se in questo caso i due metalli fungono unicamente da catalizzatori.

Fenoli - Flavonoidi

Numerosi flavonoidi chelano efficientemente i metalli di transizione come il rame e il ferro e i siti di legame sono i seguenti:

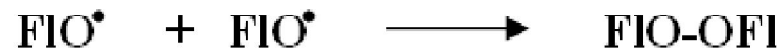
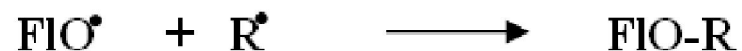
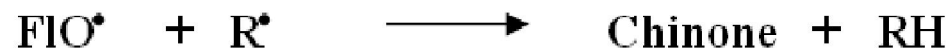
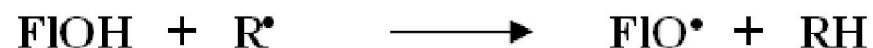
1. la struttura catecolica (due gruppi ossidrilici adiacenti in posizione 3' e 4') sull'anello B
2. il gruppo ossidrilico in posizione 3 e il gruppo carbonilico in posizione 4 sull'eterociclo
3. il gruppo carbonilico in posizione 4 e il gruppo ossidrilico in posizione 5 tra l'eterociclo e l'anello A.

Tuttavia sembra che la più importante porzione del polifenolo per la chelazione di ioni metallici di transizione sia la struttura catecolica sull'anello B.



Fenoli - Flavonoidi

I flavonoidi sono efficaci “radical scavengers” in quanto, possedendo potenziali redox bassi ($0.23 \text{ V} < E_7 < 0.75 \text{ V}$), sono termodinamicamente capaci di ridurre i radicali perossile, alcossile, superossido e ossidrile ($1 \text{ V} < E_7 < 2.31 \text{ V}$) mediante la donazione di un atomo di idrogeno, formando il radicale fenossile flavonoidico (FIO^*), meno reattivo dei radicali liberi in quanto stabilizzato dalla delocalizzazione dell’elettrone spaiato.

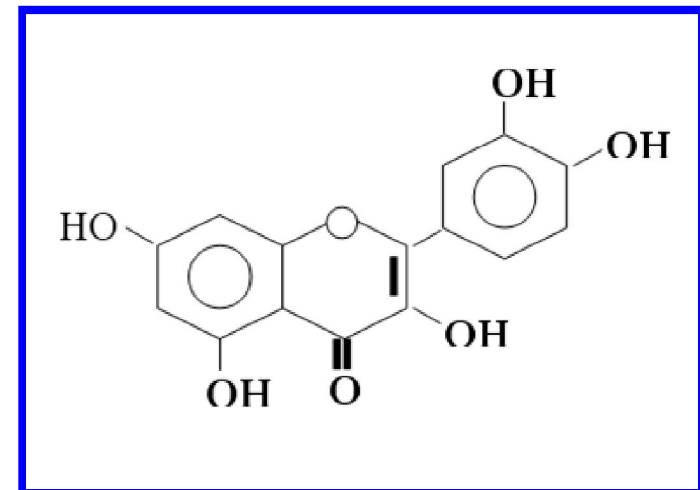


Il radicale fenossile flavonoidico può cedere un ulteriore atomo di idrogeno ad un secondo radicale acquisendo una struttura chinonica stabile o può formare composti non reattivi mediante reazione di accoppiamento radicalico (FIO-R , FIO-OFI)

Fenoli - Flavonoidi

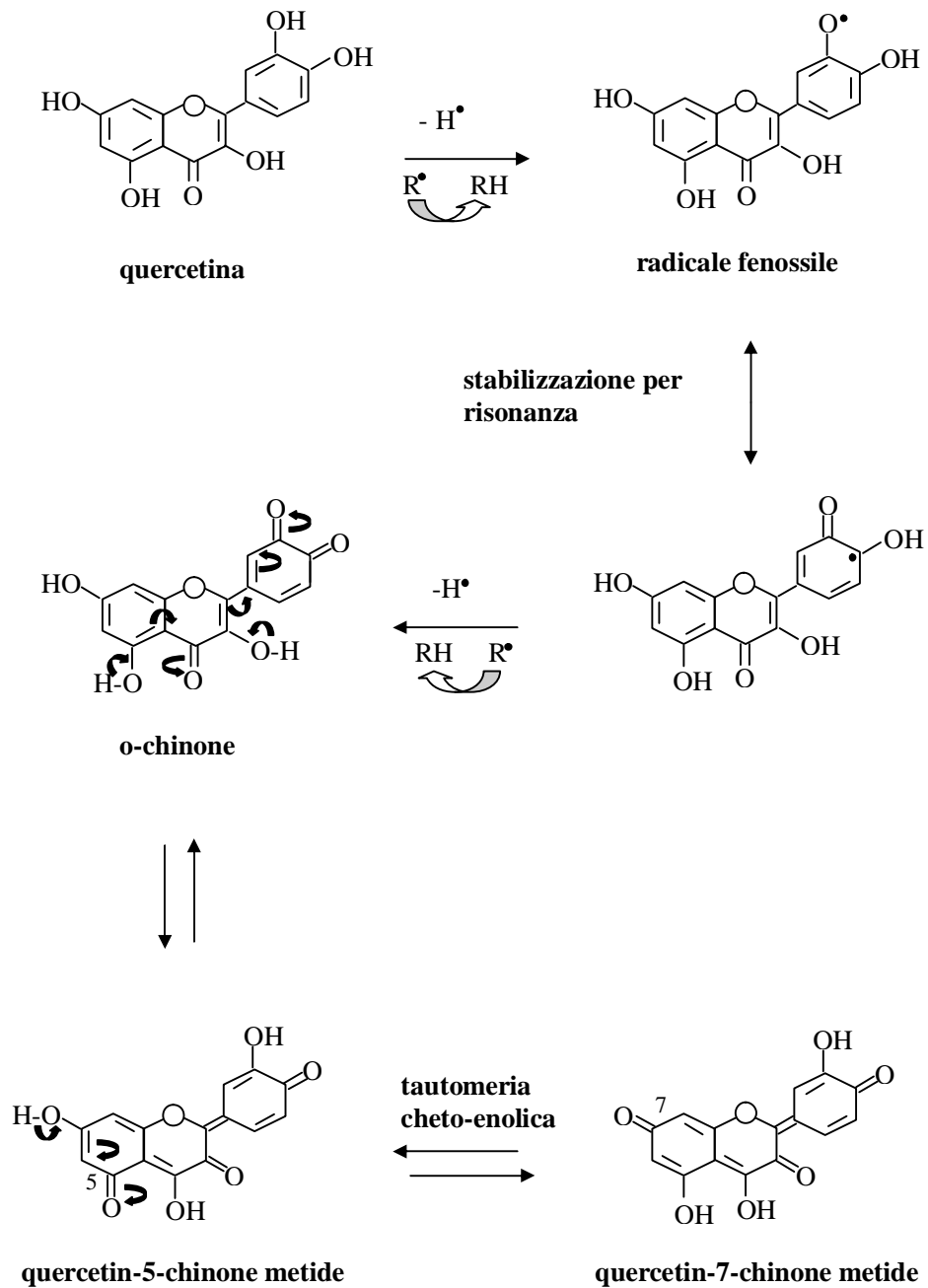
Sulla base di diversi studi effettuati per stabilire una relazione tra la struttura e l'attività "radical scavenging" dei flavonoidi sono stati individuati i requisiti strutturali che potenziano l'attività antiradicalica e che contribuiscono ad accrescere la stabilità del radicale fenossile:

1. orto-diidrossi sostituzione (struttura catecolica) sull'anello B;
2. 2,3-insaturazione e 4-oxo sostituzione sull'eterociclo;
3. 3-idrossi sostituzione, 2,3-insaturazione, 4-oxo sostituzione sull'eterociclo e 5-idrossi sostituzione sull'anello A



Fenoli - Flavonoidi

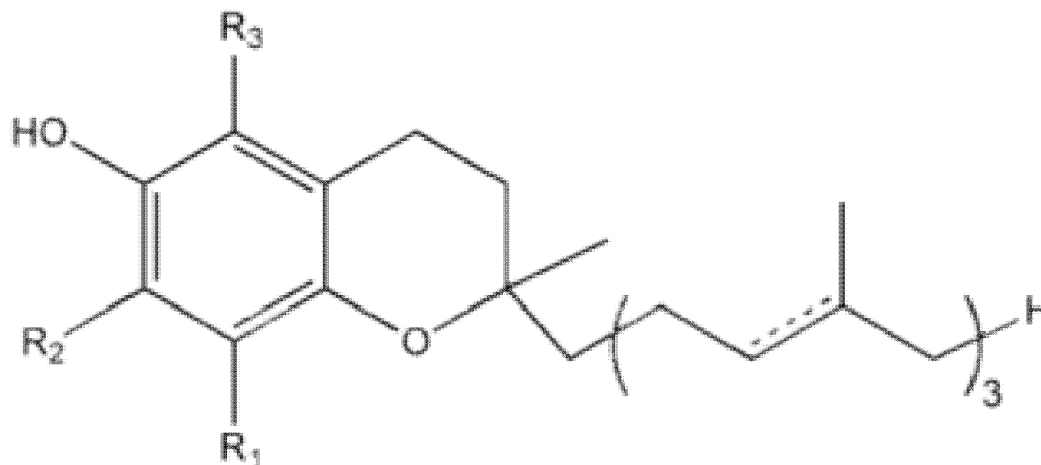
U3



Fenoli – Tocoferoli e Tocotrienoli

I **tocoferoli** e i **tocotrienoli** sono in grado di inibire la perossidazione lipidica in quanto sono antiossidanti efficaci nel bloccare la reazione a catena mediante “scavenging” dei radicali lipidici; possiedono inoltre reattività come “quenchers” dell’ossigeno singoletto.

Il tocoferolo può trasferire un atomo di idrogeno al radicale lipidico formando il radicale tocoferoxile che è stabilizzato per risonanza.



α -tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$
 α -tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

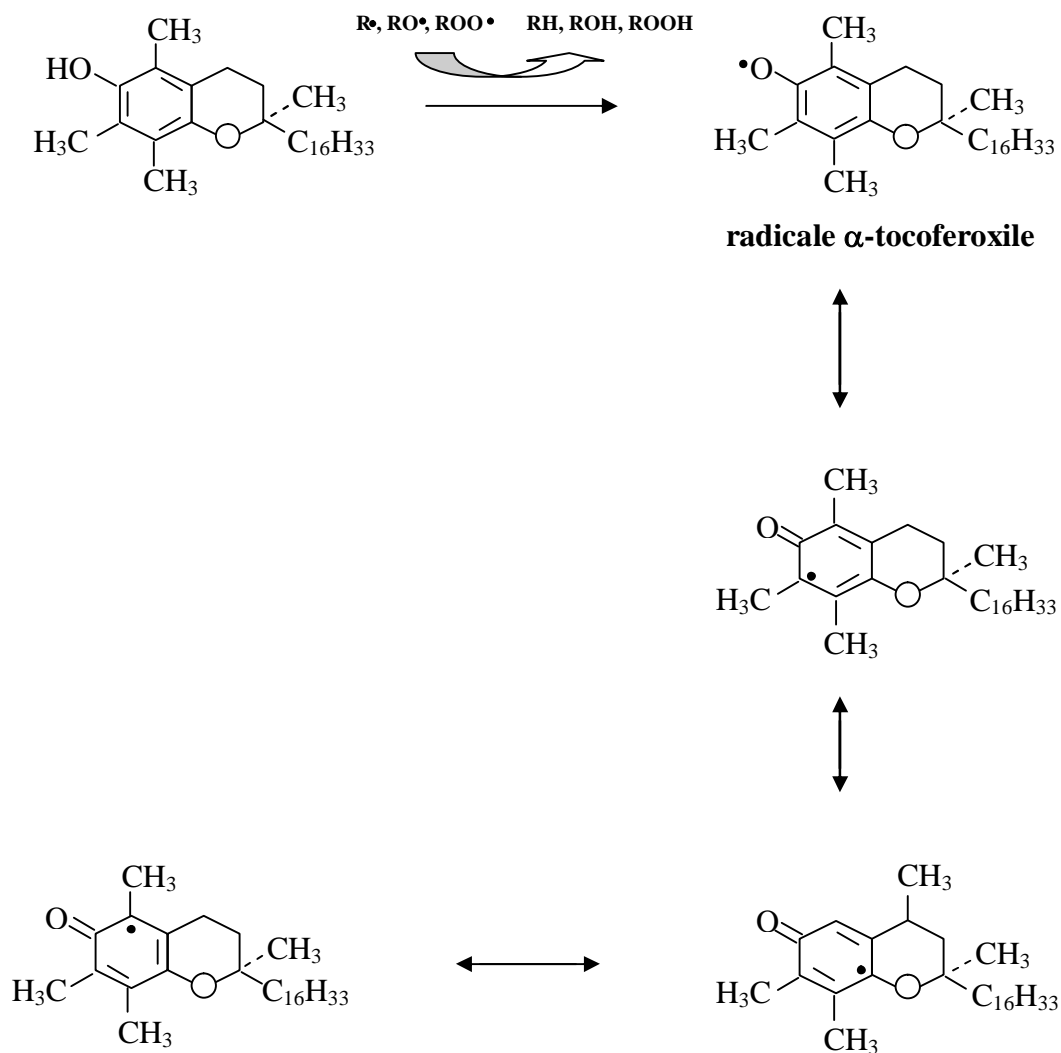
γ -tocopherol, $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$ $R_3 = \text{H}$
 γ -tocotrienol, $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$ $R_3 = \text{H}$

β -tocopherol, $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$
 β -tocotrienol, $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$

δ -tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$
 δ -tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

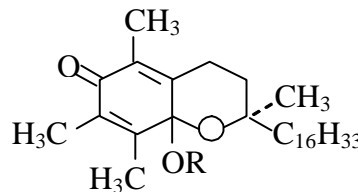
Risonanza del radicale α -tocoferoxile nel trasferimento dell'idrogeno fenolico

U3



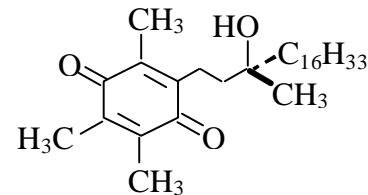
Fenoli – Tocoferoli e Tocotrienoli

Il radicale generato può reagire con un ulteriore radicale lipidico formando un derivato chinonico; la reazione del radicale α -tocoferoxile con il radicale perossile produce principalmente un composto instabile: il tocoferoxone 8 α -sostituito (idrossitocoferone o alchildirossitocoferoni) che prontamente idrolizza in condizioni acide a chinone tocoferolico che può essere ridotto reversibilmente a tocoferolidrochinone

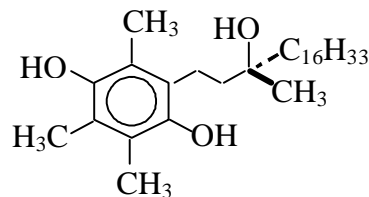


R = H: 8 α -idrossitocoferone

R = O-ALCHIL: 8 α -alchildirossitocoferone



chinone tocoferolico



tocoferolidrochinone

Fenoli – Tocoferoli e Tocotrienoli

Inoltre il radicale tocoferoxile può reagire con l'acido ascorbico il quale, mediante la donazione di un atomo di idrogeno, forma il radicale ascorbile e rigenera il tocoferolo. L'efficienza dell' α -tocoferolo di sequestrare i radicali ossidrile, alcossile e perossile è approssimativamente 10^{10} , 10^8 e 10^6 $\text{M}^{-1} \text{s}^{-1}$ rispettivamente.

I tocoferoli agiscono come “quenchers” dell'ossigeno singoletto mediante un meccanismo di quenching fisico che implica il trasferimento di carica.

Sulla base di studi effettuati sull'efficacia di α -, β - e γ -tocoferolo come “quenchers” nella foto-ossidazione dell'olio di soia è stato determinato un maggior effetto antiossidante da parte dell' α -tocoferolo.

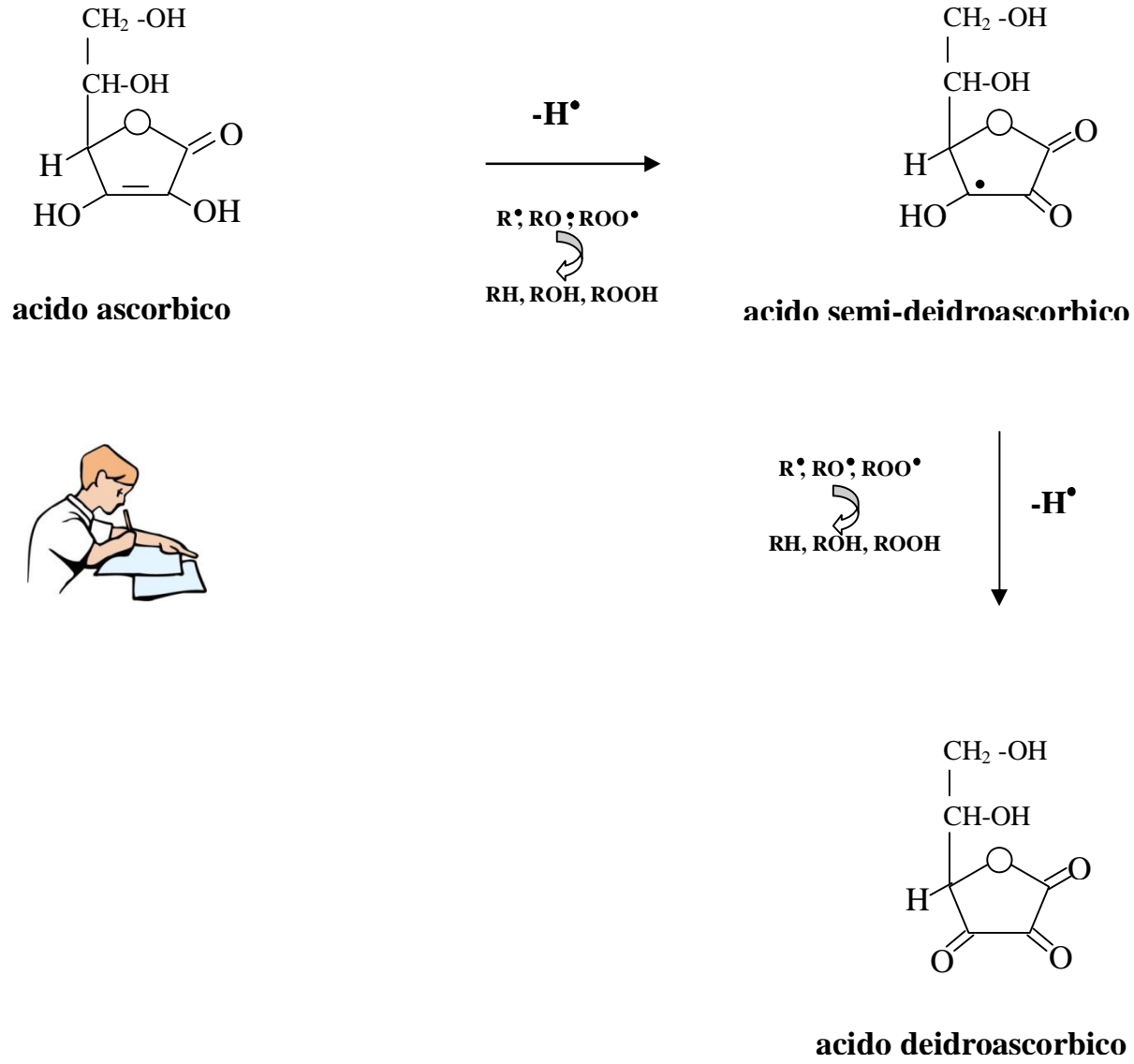
Antiossidanti – Acido ascorbico

L'acido ascorbico è un efficace inibitore dell'ossidazione e agisce come "radical scavenger" donando l'idrogeno ai radicali lipidici e come un "ossigeno scavenger" reagendo con l'ossigeno libero; inoltre agisce come sinergico con gli antiossidanti primari rigenerandoli, specialmente i tocoferoli, permettendo così l'utilizzo di livelli più bassi di antiossidante primario.

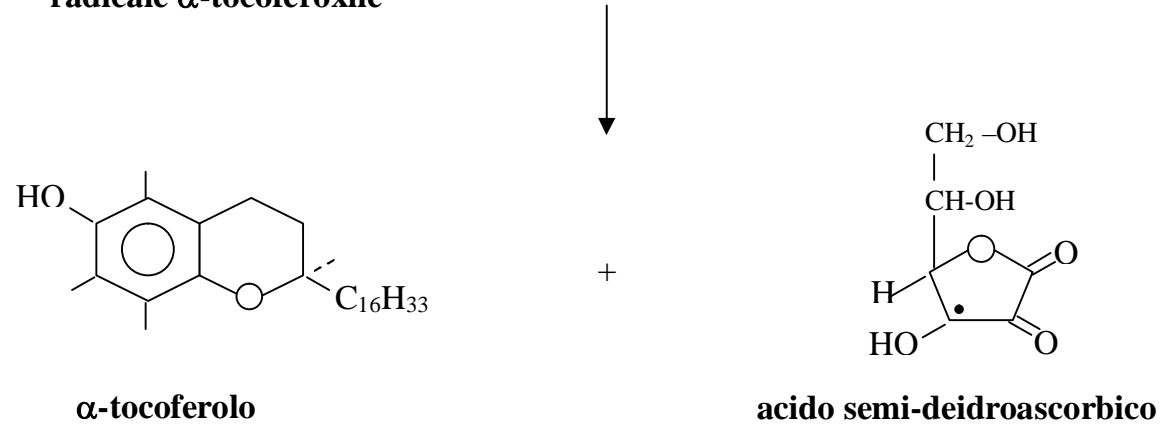
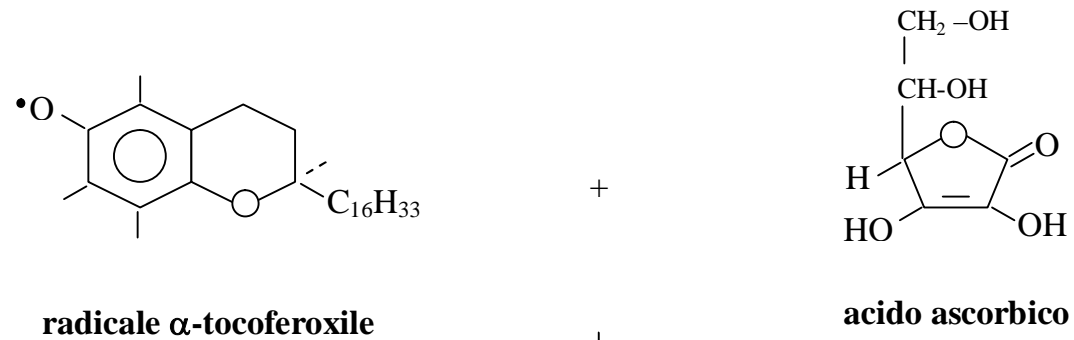
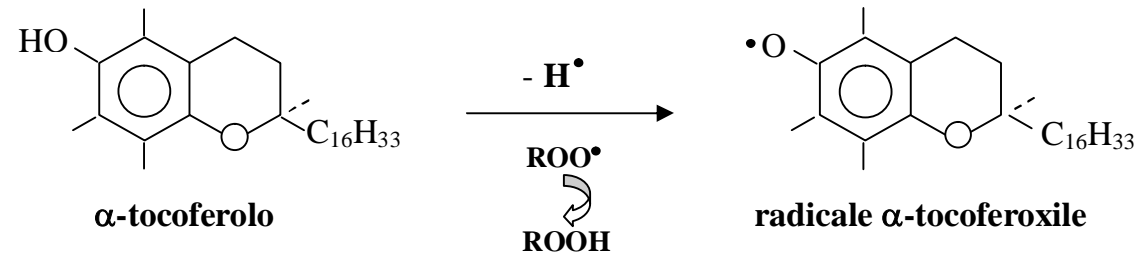
Nella rigenerazione del tocoferolo, l'acido ascorbico può donare un atomo di idrogeno al tocoferoxile ad una velocità di $2 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ a causa della differenza di potenziale di riduzione tra l'acido ascorbico (282 mV) e il tocoferolo (480 mV).

E' infine anche un quencher dell'ossigeno singoletto e ne impedisce la formazione mediante la reazione con il sensibilizzante tripletto eccitato che tornando allo stato fondamentale non può reagire con l'ossigeno tripletto per dare ossigeno singoletto.

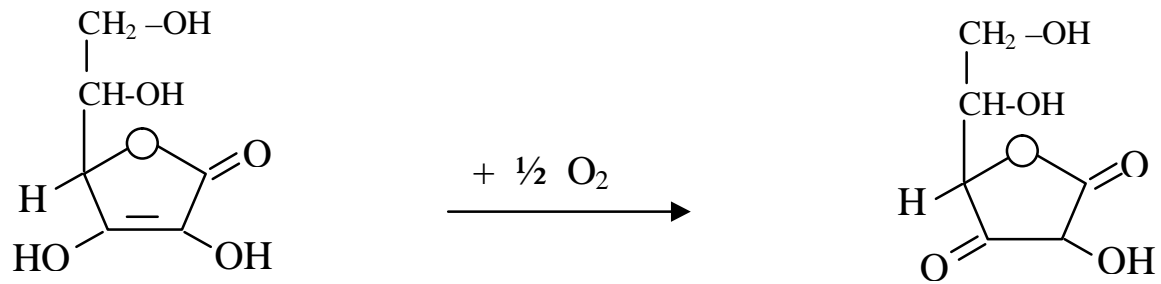
Meccanismo del “radical scavenging”



Effetto sinergico tocoferolo-acido ascorbico



Meccanismo dell' "ossigeno scavenging"



Sostanze antinutrizionali e sostanze tossiche

I vegetali possono contenere sostanze in grado di interferire con l'assorbimento, la distribuzione e/o il metabolismo dei nutrienti. Tali sostanze si definiscono "antinutrizionali" ed hanno target differenti a seconda della loro struttura e meccanismo di azione.

Alcuni esempi di sostanze antinutrizionali sono:

Inibitori delle proteasi, delle amilasi, lectine (nei legumi provocano malassorbimento), fitati (riducono l'assorbimento di alcuni micronutrienti – metalli) ecc...

Quando si instaura un vero e proprio meccanismo di tossicità (che può avere connotazioni diverse in funzione dell'esposizione – acuta/cronica) allora ci si riferisce a veri e propri composti tossici. In questa categoria è possibile annoverare i glucosinolati contenuti nelle *Brassicaceae* che hanno attività goitrogena, alcuni alcaloidi glicosidici delle Leguminose che provocano anemia emolitica in individui con carenze enzimatiche ereditarie, le saponine presenti nei legumi ad attività emoagglutinogena, gli alcaloidi pirrolizidinici presenti in derivati come il miele con spiccata epato-tossicità, i glicosidi cianogenetici che per idrolisi liberano HCN, potente inibitore della respirazione cellulare, derivati aminoacidici quali il β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid contenuto nel pisello selvatico (*Lathyrus sativus*) e responsabile del latirismo (paralisi arti inferiori e danni al SNC), l'acido erucico (presente nell'olio di colza) che porta a turbe metaboliche. Da non dimenticare sono le proteine in grado di scatenare risposte allergiche.

Di seguito verranno portati alcuni esempi di sostanze tossiche e/o antinutrizionali discutendo anche i possibili trattamenti tecnologici e/o accorgimenti che possono ridurre l'impatto sulla salute dell'uomo.

Inibitori enzimatici

I principali inibitori enzimatici da considerarsi dei veri e propri fattori antinutrizionali sono gli inibitori delle proteasi; sono delle proteine la cui sequenza è nota, così come i siti attivi, le quali riducono l'attività degli enzimi pancreatici, portando ad ipertrofia pancreatica e diminuendo l'assorbimento proteico. Essi sono particolarmente presenti nelle Leguminose (fagiolo, pisello e soia) ma anche nell'uovo e nei cereali; per ridurre l'attività è necessaria la denaturazione per trattamento termico (cottura).

Alcuni inibitori delle proteasi presenti nei legumi, anche denominati inibitori di Bowman-Birk, hanno due differenti siti attivi in grado di bloccare enzimi quali tripsina e chimotripsina. Tali composti sono particolarmente resistenti ai normali trattamenti atti ad inattivarli.

Table 16.12. Proteinase inhibitors of animal and plant origin

Source/Inhibitor	Molecular weight	Inhibition of ^a						
		T	CT	P	Bs	AP	SG	PP
Animal tissues								
Bovine pancreas								
Kazal inhibitor	6153	+	-	-				
Kunitz inhibitor	6512	+	+	-	-	-	+	
Chicken egg								
Ovomucoid	27-31,000	+	-		-			
Ovoinhibitor	44-52,000	+	+	-	+	+		
Ficin-papain-inhibitor	12,700	-	-	+	-			
Plant tissues								
Cruciferae								
<i>Raphanus sativus</i> ^b	8-11,200	+	±	-	+	+		
<i>Brassica juncea</i> ^b	10-20,000	+	±					
Leguminosae								
<i>Arachis hypogaea</i> ^b	7500-17,000	+	+					
<i>Cicer arietinum</i> ^b	12,000	+	+					
<i>Glycine max</i>								
Kunitz inhibitor	21,500	+	+	-	-			
Bowman-Birk inhibitor	8000	+	+	-	+			
<i>P. coccineus</i> ^c	8800-10,700	+	+					
<i>P. lunatus</i> ^c	8300-16,200	+	+	-	-	±		
<i>P. vulgaris</i> ^c	8-10,000	+	+	-	-			
<i>Pisum sativum</i> ^b	8-12,800	+	+					
<i>Vicia faba</i> ^b	23,000	+	+					
Convolvulaceae								
<i>Ipomoea batatas</i> ^b	23-24,000	+	-	-	-	-		
Solanaceae								
<i>Solanum tuberosum</i> ^b	22-42,000 ^c	±	±	-	±	±	±	±
Bromeliaceae								
<i>Ananas comosus</i> ^b	5500	+	+					
Gramineae								
<i>Hordeum vulgare</i> ^b	14-25,000	±	-	-	±	±	±	
<i>Oryza sativa</i> ^b		±	-	+				
<i>Secale cereale</i> ^b	10-18,700	+	+	-				
<i>Triticum aestivum</i> ^b	12-18,500	±	-	-				
<i>Zea mays</i> ^c	7-18,500	+	+	-				

^a T: trypsin, CT: α -chymotrypsin, P: papain, Bs: *Bacillus subtilis* proteases, AP: *Aspergillus* spp. proteases, SG: *Streptomyces griseus* proteases, PP: *Penicillium* spp. proteases, +: inhibited, -: not inhibited, ±: inhibited by some inhibitors of the particular source.

^b The properties of different inhibitors are combined.

^c Subunits 6-10,000.

Inibitori enzimatici

La resistenza degli inibitori delle proteasi al pH dello stomaco è piuttosto rilevante (soprattutto per i Bowman-Birk inhibitors). I trattamenti termici sono in genere la strada più efficace per ridurre l'efficacia e quindi per limitarne gli effetti sulla salute.

Table 16.16. Destruction of trypsin inhibitors by heating

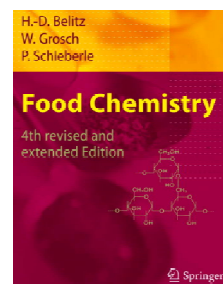
Sample	Process	Destruction (%)
Soy flour	Live steam, 100 °C, 9 min	87
Soy bean	10% Ca(OH) ₂ , 80 °C, 1 h	100
Navy bean	Autoclaving, 121 °C, 5 min	80
	Autoclaving, 121 °C, 30 min	100
	Dry roasting, 196–204 °C, 20–25 s	75
Navy bean	Pressure cooking, 15 min	89
Winged bean	Autoclaving	92
	Soaking + autoclaving	95
Chickpea	Autoclaving	54
Broad bean	Autoclaving, 120 °C, 20 min	90
Horse bean	Autoclaving	100
Black gram	Cooking, 100 °C, 10 min	15
	Autoclaving, 108 °C, 10 min	27
	Autoclaving, 116 °C, 10 min	38
	Cooking, 90–95 °C, 45 min	52
Cow pea	Autoclaving, 121 °C, 15 min	11
	Toasting, 210 °C, 30 min	44
	Toasting, 240 °C, 30 min	22
	Extrusion cooking	19
Peanut	Moist heat, 100 °C, 15 min	100

Table 16.15. Resistance of inhibitors^a to pepsin at pH2

Source/Inhibitor	Remaining activity ^b (%)
Soybean, <i>Kunitz</i> inhibitor	0
<i>Bowman-Birk</i> inhibitor (BBI)	100
extract	30–40
Lima bean, BBI-type inhibitor	70–93
Kidney bean, BBI-type inhibitor	100
Kintoki bean, BBI-type inhibitor	100
Lentil, BBI-type inhibitor	83–100
Chick pea, inhibitors	100
Broad bean, trypsin-chymotrypsin inhibitor	100
Moth bean, trypsin inhibitor	91
Broad bean, trypsin inhibitor	100

^a Different incubation times.

^b Against bovine and human trypsin and chymotrypsin.



Lectine

U4

I legumi contengono un gruppo di proteine, molte delle quali presentano legami con residui di carboidrati (glicoproteine), denominate **lectine** le quali sono in grado di legarsi agli eritrociti provocando emo-agglutinazione. Gli effetti tossici sull'uomo sono altri tra cui: danni morfofunzionali all'epitelio intestinale, ipertrofia pancreatica ed epatica, atrofia del timo ed in generale un aumento del catabolismo di proteine e grassi.

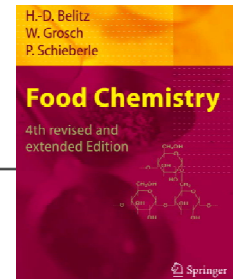
Le **lectine** della soia sono inattivate dal calore con trattamento a 100°C per 10'.

Table 16.20. Occurrence of lectins in food

Source	Molecular weight (kdal)	Subunits	Glycan-component		Specificity ^a
			% Carbo-hydrate	Building blocks	
Soybean	122	4	6.0	D-Man, D-GlcNAc	D-GalNAc, D-Gal
Garden beans	98–138	4	4.1	GlcN, Man	D-GalNAc
Jack beans ^b	112	4	0		α-D-Man
Lentils	52	2	2.0	GlcN, Glc	α-D-Man, α-D-Glc
Peas	53	4	0.3		α-D-Man, α-D-Glc
Peanuts	11	4	0		α-D-Gal
Potato	20		5.2	Ara	D-GlcNAc
Wheat	26		4.5	Glc, Xyl, Hexosamine	D-GlcNAc

^a Precipitates biopolymers that contain the given building blocks (polysaccharides, glycoproteins, lipopolysaccharides).

^b *Canavalia ensiformis*.



Fitati

U4

I cereali ed i legumi contengono quantità rilevanti (nei cereali anche fino al 1%) di acido fitico. Esso è in grado di legare fino al 70% del fosforo contenuto nella matrice vegetale, nella cariosside è compartimentato nello strato aleuronico e la sua concentrazione nelle farine dipenderà dal grado di abburrattamento. Durante la formazione del glutine, per idratazione delle farine, le fitasi si attivano e idrolizzano il substrato a mioinositolo e acido fosforico. L'attività antinutrizionale di questo composto è legata alla capacità di sequestrare metalli quali Zn, Fe, Ca e Mg sottraendoli quindi all'assorbimento.

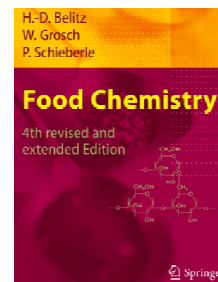
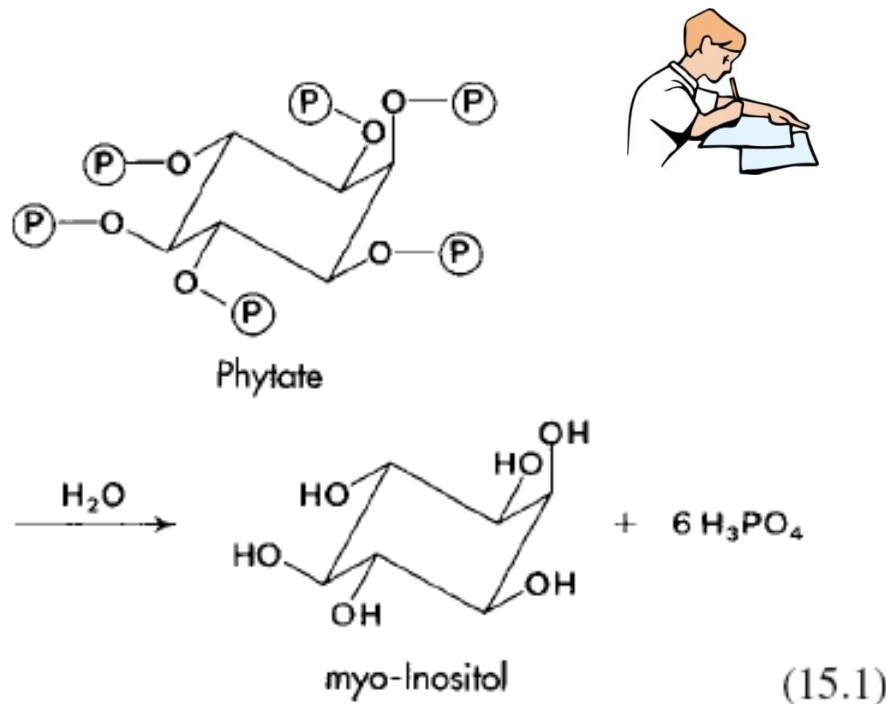


Table 15.20. Phytate content in wheat flour

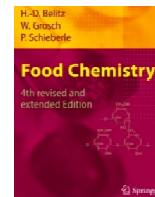
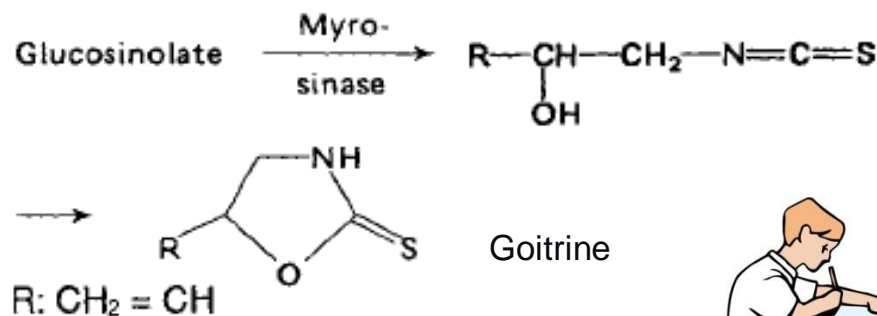
Degree of grinding	Phytate (mg/kg) ^a
70%	53
85%	451
92%	759

^a Based on solids.

Glucosinolati

U4

Le *Brassicaceae* contengono una classe di composti i glucosinolati i quali, in seguito ad idrolisi enzimatica da parte di enzimi specifici – Myrosinasi -, formano dei derivati ossazolidinici definiti rodanidi i quali interferendo con l'uptake dello iodio da parte del tessuto tiroideo agiscono come goitrogeni, specialmente se somministrati in diete povere di iodio.



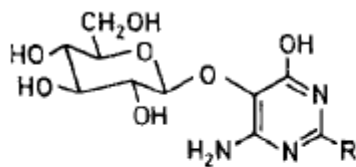
Derivati aa

Alcune varietà di pisello, del genere *Lathyrus sativus*, particolarmente diffuse in India dove sono coltivate durante il periodo secco, contengono un composto, strutturalmente simile all'acido glutammico, il β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid. Tale composto, eliminabile lasciando per 12 ore a bagno in acqua i legumi, ha come target d'azione il SNC provocando effetti tossici cronici quali la paralisi degli arti inferiori (neuro-latirismo) .

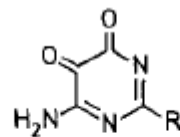
Alcaloidi Glucosidi da *Vicia faba*

U4

Tra le leguminose i frutti di *Vicia faba*, le fave, contengono alcuni alcaloidi glucosidi (vicina e convicina – I e II) che, attaccati dalle β -glicosidasi del tratto gastro-intestinale, rilasciano gli agliconi (rispettivamente divicina e isouramile – III e IV) i quali interagendo con il glutatione a livello degli eritrociti (GSH) ne provocano l'ossidazione. In individui con deficienza ereditaria dell'enzima G6PDH (glucosio-6-fosfato deidrogenasi) questo causa anemia emolitica, il cosiddetto favismo.



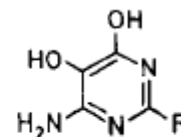
I : R = NH₂
II : R = OH



III (ox.) : R = NH₂
IV (ox.) : R = OH

+

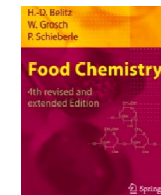
2 GSH



+

GSSG

III (red.) : R = NH₂
IV (red.) : R = OH



Saponine

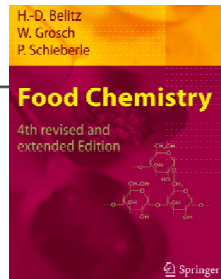
U4

Le saponine sono metaboliti secondari a struttura pentaciclica, appartenenti alla classe dei triterpeni. Esse presentano una porzione agliconica ed una glicosidica in cui sono presenti da 1 ad 8 residui di carboidrati e/o acidi uronici. hanno proprietà tensioattive e nelle leguminose sono responsabili del caratteristico sapore. Esse sono suddivise in due classi i monodesmosidi ed i bidesmosidi in funzione del numero di catene glicosidiche che presentano.

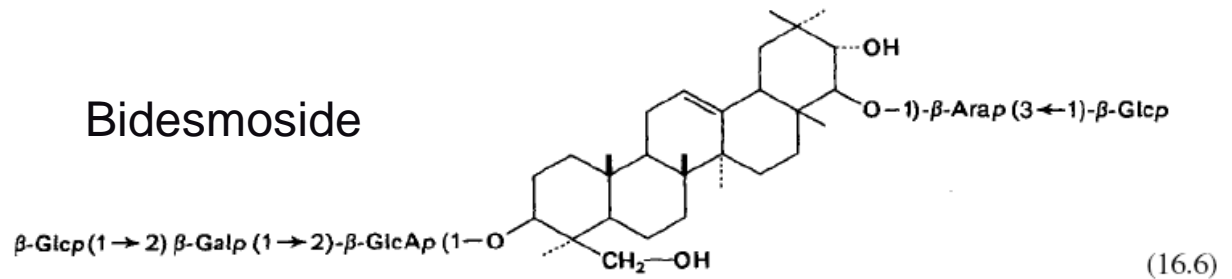
L'attività tossica si traduce in un effetto emolitico, presente solo per alcuni composti, visto il ridotto assorbimento nel tratto GI la tossicità delle saponine non è rilevante.

Table 16.27. Saponin content in foods

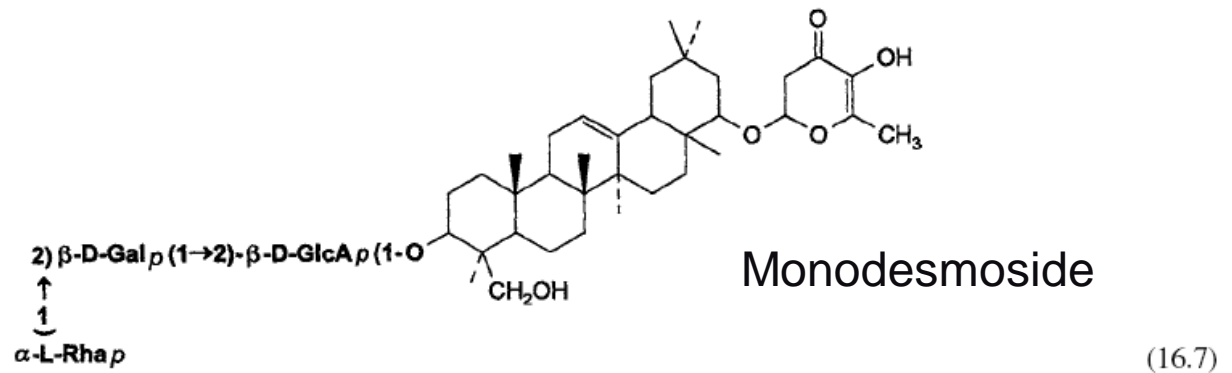
Food	Saponin (g/kg solids)
Chick peas	56
Soybeans	43
Garden beans	4.5–21
Peanuts	6.3
Lentils	3.7–4.6
Broad beans	3.5
Peas	11
Spinach	47
Asparagus	15
Oat bran	1.0



Bidesmoside



Monodesmoside



Glicosidi cianogenetici

U4

I glicosidi cianogenetici presenti nei semi dei fagiolini (Lima bean – *Phaseolus lunatus*) ed di altri vegetali tra cui la Cassava, le mandorle dolci, le pesche, le mele ecc.. Sono composti che, idrolizzati dalle β -glucosidasi, liberano HCN. Trattamenti tecnologici quali la triturazione e l'idratazione dei semi porta all'idrolisi dei glucosidi e il successivo riscaldamento promuove l'allontanamento (per evaporazione) dell'acido cianidrico formatosi.

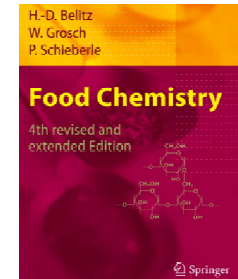
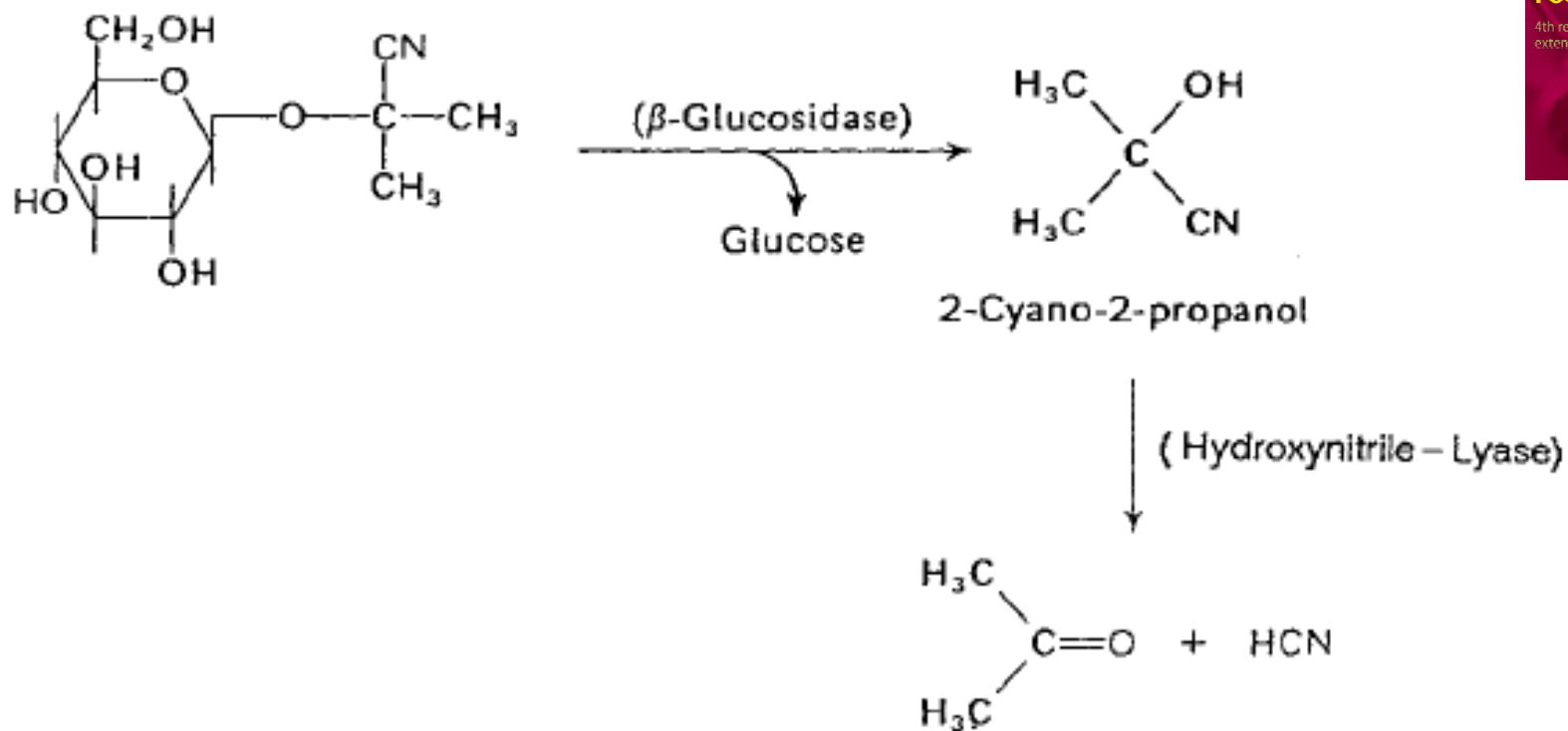
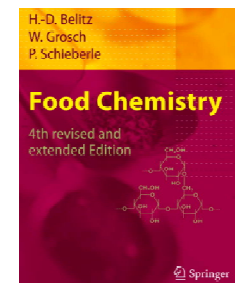


Table 16.22. Cyanogenic glycosides in fruit and some field crops

Glycoside Name	Structure		Sugar	Amino acid precursor	Occurrence (seeds)
	R ₁	R ₂			
Linamarin	CH ₃	CH ₃	Glucose	Val	Lima bean Linseed (flax) Cassava
(R)-Lotaustralin	C ₂ H ₅	CH ₃	Glucose	Ile	like Linamarin
(R)-Prunasin	Phenyl	H	Glucose	Phe	Prunes
(R)-Amygdalin	Phenyl	H	Gentiobiose	Phe	Bitter almond Apricots Peaches
(S)-Dhurrin	HO-Phenyl	H	Glucose	Tyr	Apples Sorghum sp.

Glicosidi cianogenetici

U4



Lima beans: linamarin degradation, resulting in a release of hydrocyanic acid