



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE,  
FISICHE E NATURALI

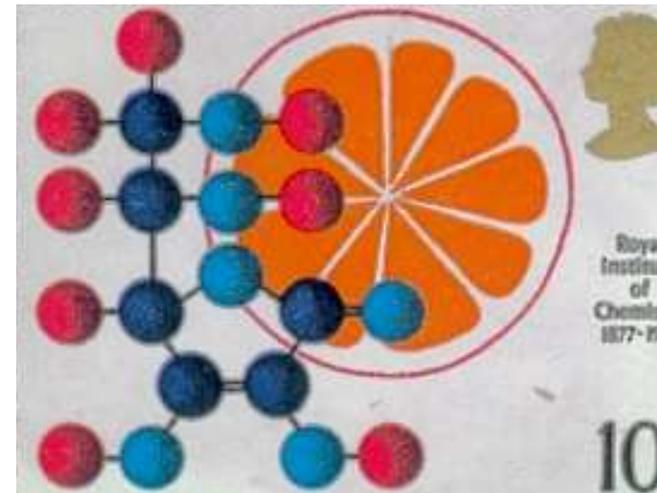
## Chi é il più ricco di vitamina C?

Patrizia R. Mussini e Laura Belvisi

Dipartimento di Chimica

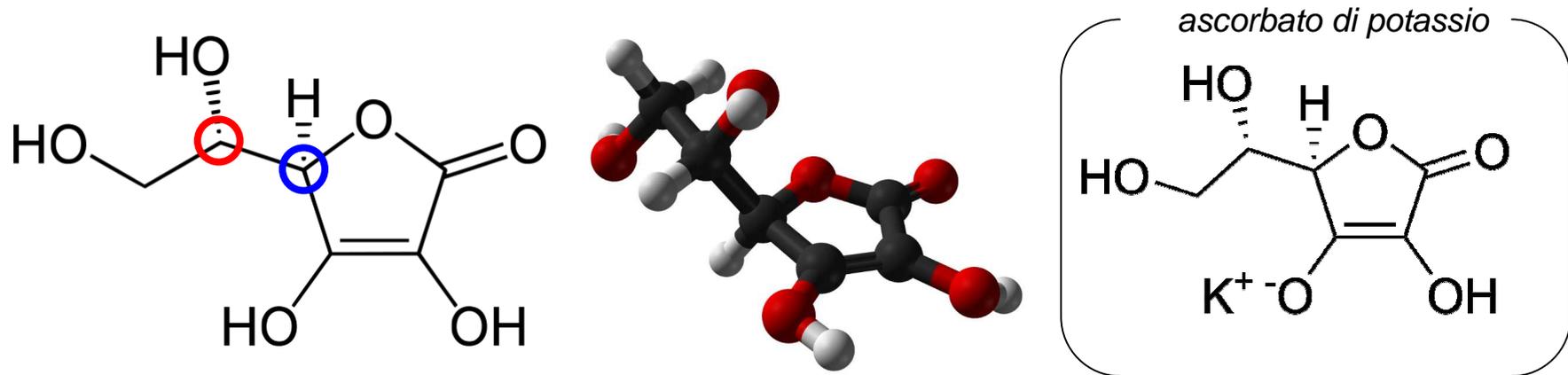
---

# 1. La vitamina C



## 1.1 La Vitamina C: proprietà strutturale

La **Vitamina C** corrisponde **all'acido L-ascorbico**  
(tal quale o come sale, L-ascorbato):



(5R)-[(1S)-1,2-diidrossietil]-3,4-diidrossifuran-2(5H)-one

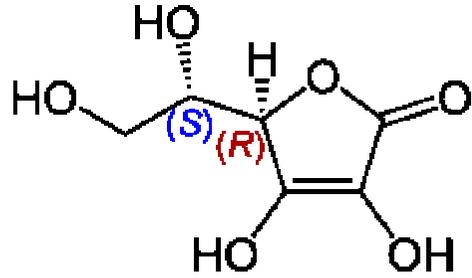
Ha due stereocentri ed è chirale ( $[\alpha]_D^{20} \sim +21$ )

*Il suo enantiomero, che si può sintetizzare,  
ha le stesse proprietà chimiche e fisiche,  
ma, come provato da test con animali,  
efficacia molto inferiore nei processi enzimatici,  
quindi non è un "vitamero" della Vitamina C.*

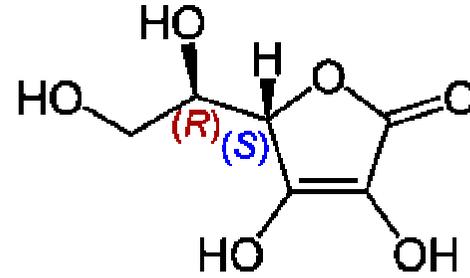
Vitamina C **acido ascorbico**

*enantiomeri*

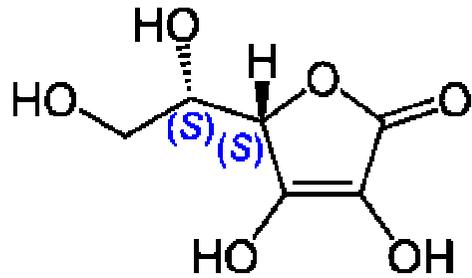
*diastereoisomeri*



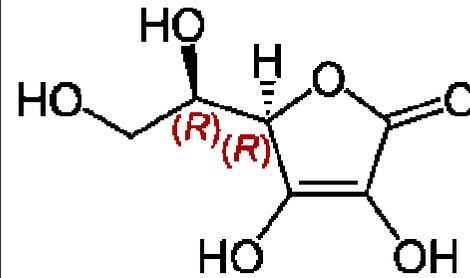
Acido L-(+)-ascorbico  
(*destrogiro*)



Acido D-(-)-ascorbico  
(*levogiro*)



Acido L-isoascorbico



Acido D-isoascorbico

*“acido eritorbico”*

*enantiomeri*

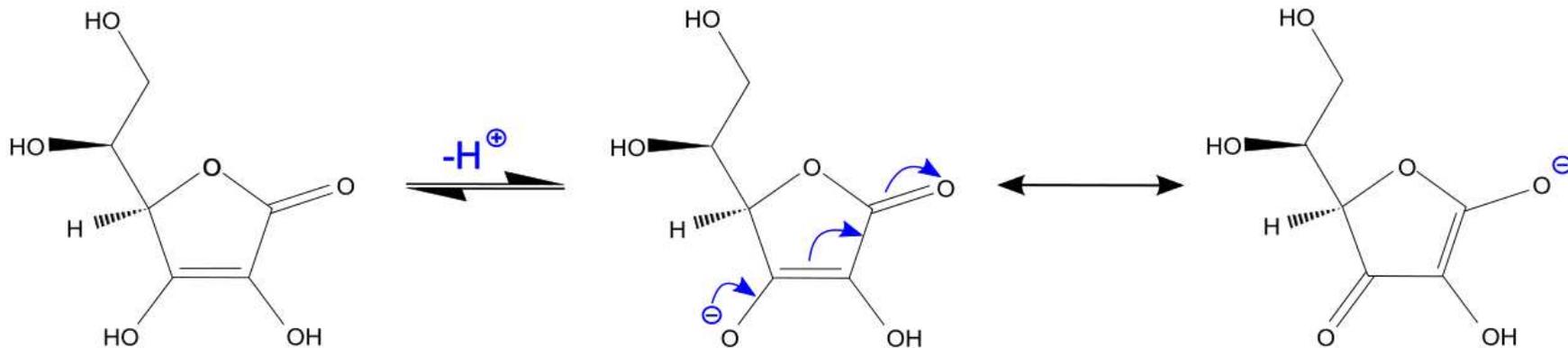
**acido isoascorbico (o eritorbico)**

## 1.2 La Vitamina C: solubilità e proprietà acido base

È un solido bianco, che si scioglie bene in acqua (è una delle **vitamine idrosolubili**) dando soluzioni **debolmente acide** ( $pK_{a1} = 4.17$ ;  $pK_{a2} = 11.6$ )



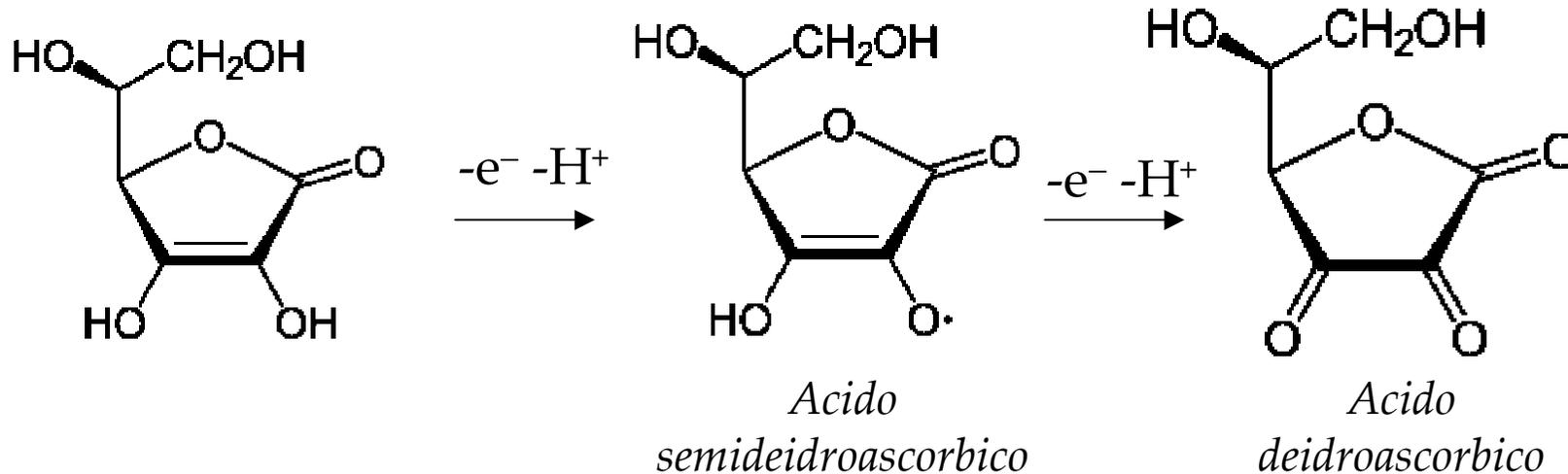
La prima dissociazione acida è a carico dell'OH indicato, che è molto più acido di un normale idrossile perché l'anione risultante dalla dissociazione è stabilizzato per risonanza:



Negli organismi viventi sono presenti sia la forma acida, sia quella salificata, perché si interconvertono a seconda del pH

## 1.3 La Vitamina C: proprietà redox

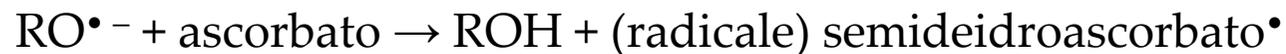
L'acido ascorbico tende a ossidarsi :



Ad esempio in presenza di ossigeno l'acido ascorbico tende ad ossidarsi ed a formare acido deidroascorbico (metalli eventualmente presenti catalizzano la reazione).

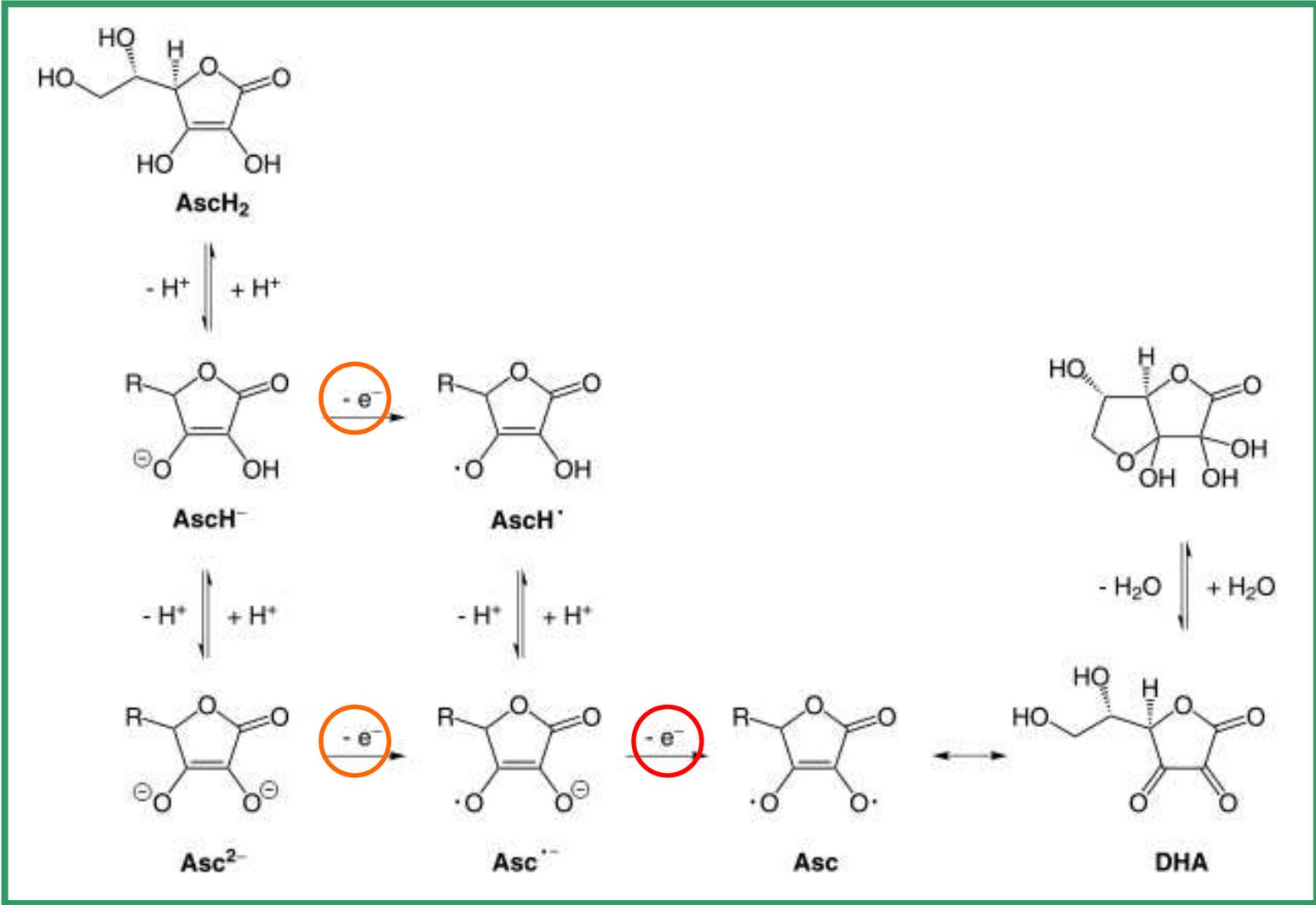
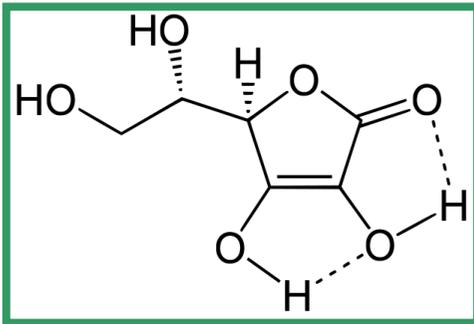
Esso è quindi un **buon riducente** (e quindi **antiossidante**).

Per esempio, può reagire con i pericolosi radicali liberi bloccandone le reazioni a catena:



(Infatti il radicale semideidroascorbato è relativamente inattivo e non causa danno cellulare)

*Però in grande eccesso e in presenza di catalizzatori metallici può invece fungere da iniziatore di processi radicalici.*



## 1.4.1 Proprietà redox della vitamina C in campo alimentare (I)

---

La **spiccata azione antiossidante** della vitamina C e la sua capacità di **mantenere stabili le vitamine A, E, l'acido folico e la tiamina**, viene utilizzata dalle industrie che la usano come **additivo nei cibi** (tal quale o sotto forma di sale sodico, potassico e calcico; nel caso di grassi si utilizzano i suoi esteri liposolubili con acidi grassi a lunga catena (ascorbil palmitato o stearato) .

*Additivi alimentari a base di acido ascorbico:*

**E300** acido ascorbico (approvato come additivo alimentare in EU, USA, Australia e Nuova Zelanda)

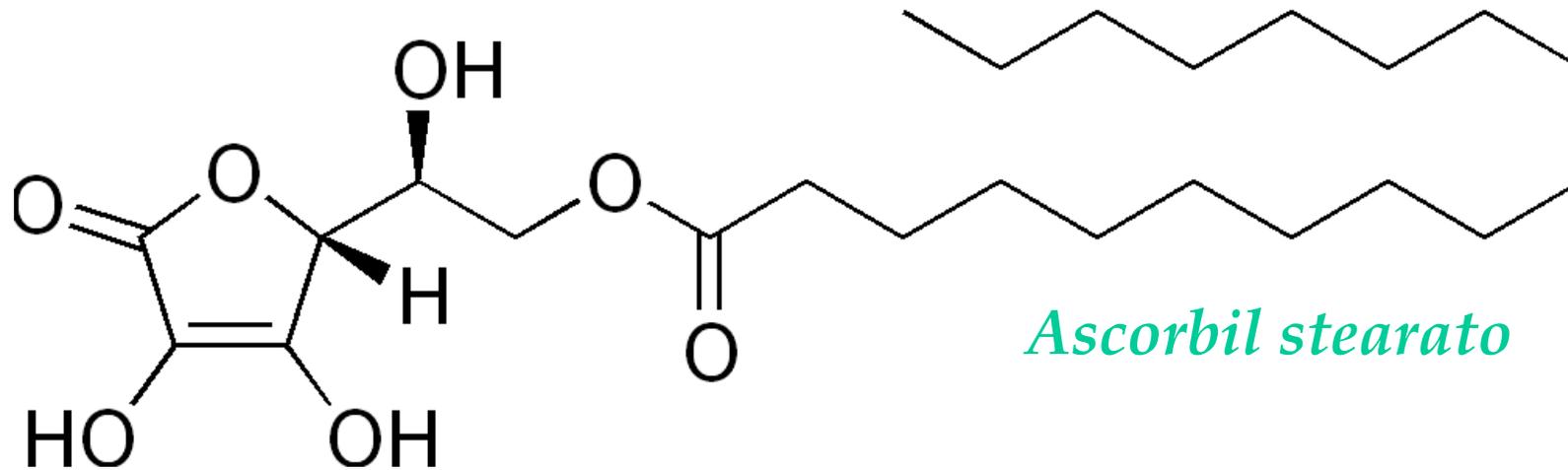
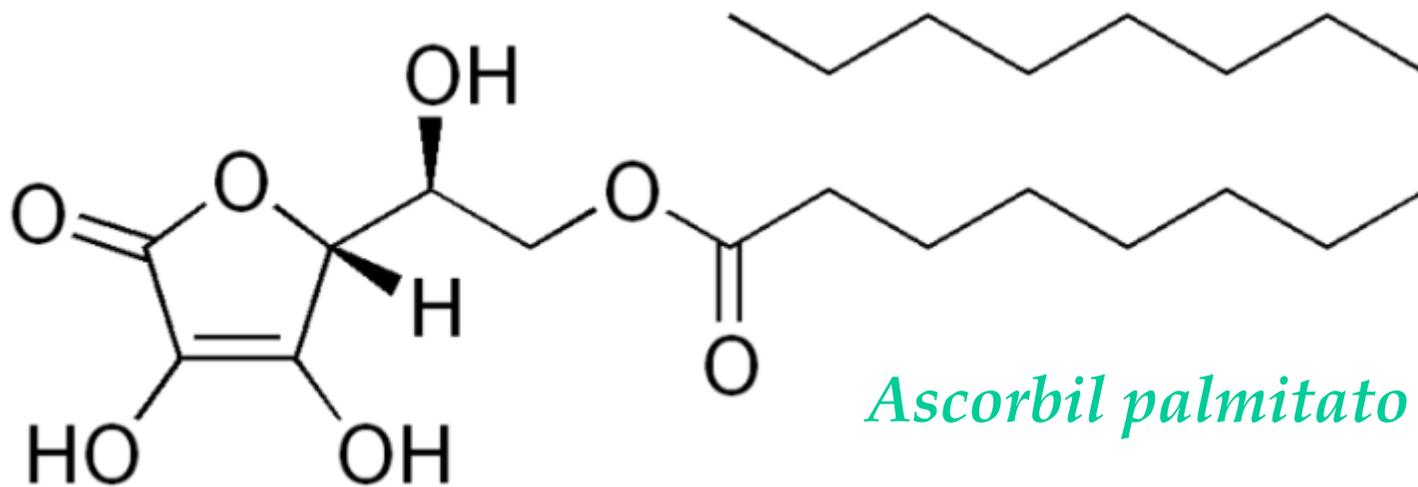
**E301** sodio ascorbato (approvato come additivo alimentare in EU, USA, Australia e Nuova Zelanda)

**E302** calcio ascorbato (approvato come additivo alimentare in EU, USA, Australia e Nuova Zelanda)

**E303** potassio ascorbato (approvato in Australia e Nuova Zelanda)

**E304** Esteri di acidi grassi dell'acido ascorbico (ascorbil palmitato e ascorbil stearato)

*L'80% dell'acido ascorbico di sintesi viene prodotto in Cina*



## 1.4.2 Proprietà redox della vitamina C in campo alimentare (II)

---

L'aggiunta di acido ascorbico è **prevista in molti prodotti alimentari** tra cui:

- birra
- funghi secchi
- gelatine
- confetture
- marmellate
- liquori
- insaccati (dove inibisce la formazione di nitrosammine)
- frutta sciroppata
- prodotti dolciari
- carne fresca
- **succhi di frutta**
- prodotti della pesca
- sottoli e sottaceti
- vino e farine, ecc.

È **ammesso anche nei prodotti per l'infanzia**.

Inoltre, è **anche usato nella panificazione**.

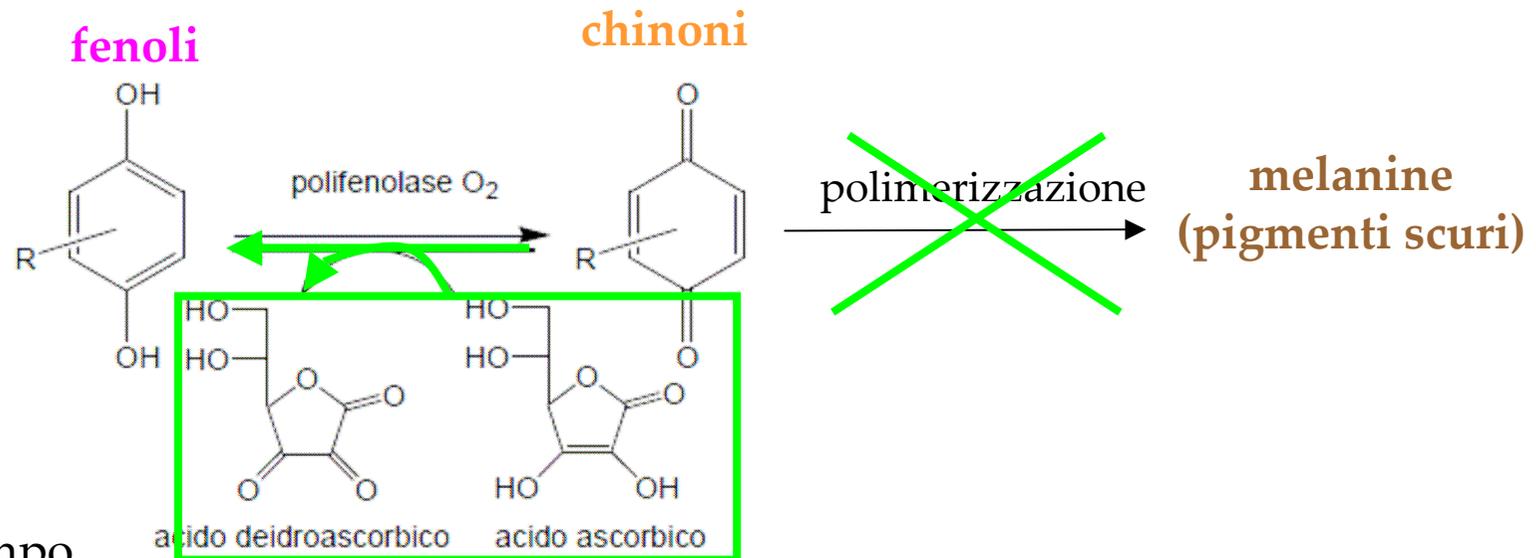
## 1.5 Proprietà redox della vitamina C nei succhi di frutta



Nei **succhi di frutta** l'acido ascorbico:

- **ripristina valori nutrizionali** persi durante la lavorazione
- **migliora la "palatabilità"**
- **impedisce l'imbrunimento** nei frutti che lo subiscono dopo il taglio (*mela, banana, pesca, pera, che sono frutti senza o con poca vitamina C, mentre non lo subiscono gli agrumi e tutti i frutti ricchi di vitamina C*).

Infatti **riduce i chinoni prodotti dall'ossidazione dei fenoli** prevenendone la polimerizzazione a melanine scure:

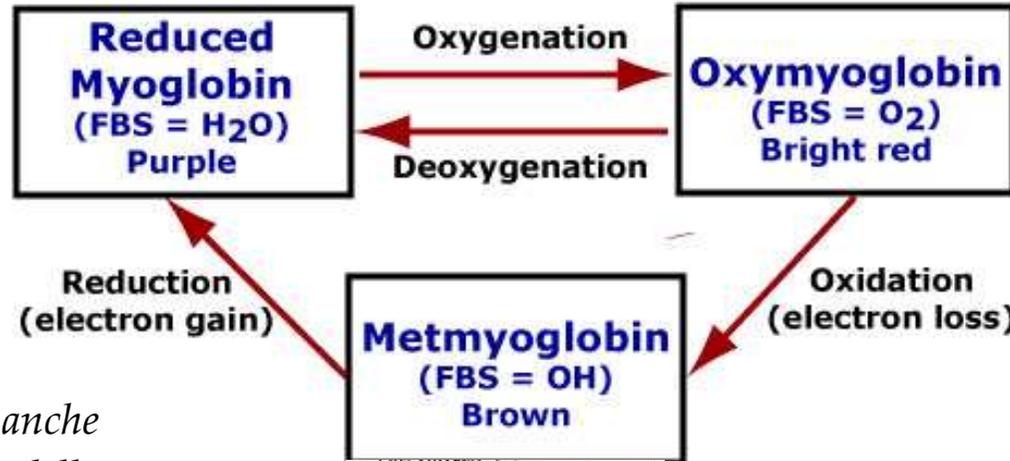
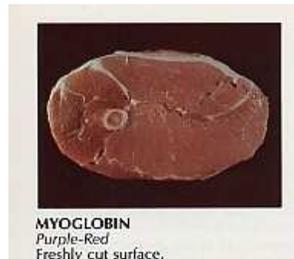
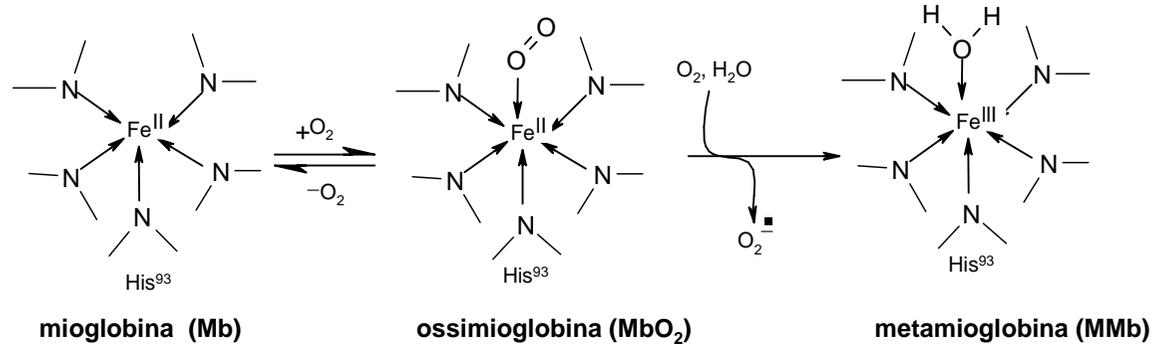


e nel contempo

- **chela eventuali metalli** che fungerebbero da catalizzatori del processo;
- **elimina l'ossigeno** presente riducendolo;
- **abbassa il pH** rispetto al range ottimale (6-7) per il processo enzimatico.

# 1.6.1 Proprietà redox della vitamina C nelle carni

Nelle carni fresche l'acido ascorbico previene l'ossidazione con **scolorimento** durante lo stoccaggio.



La mioglobina viene anche denaturata dal calore della cottura. L'istidina viene spostata dal suo sito di legame al ferro e quest'ultimo è ossidato dall'ossigeno a Fe III.

Nelle carni trattate con nitrito, l'acido ascorbico reagisce con la nitrosometmioglobina Fe (III) riducendola a **nitrosomioglobina Fe (II)**, responsabile del colore rosso brillante delle carni trattate.



## 1.6.2 Proprietà redox della vitamina C nelle carni (II)

Inoltre, l'acido ascorbico **inibisce la formazione delle nitrosammine cancerogene che si possono formare in presenza di nitriti.**

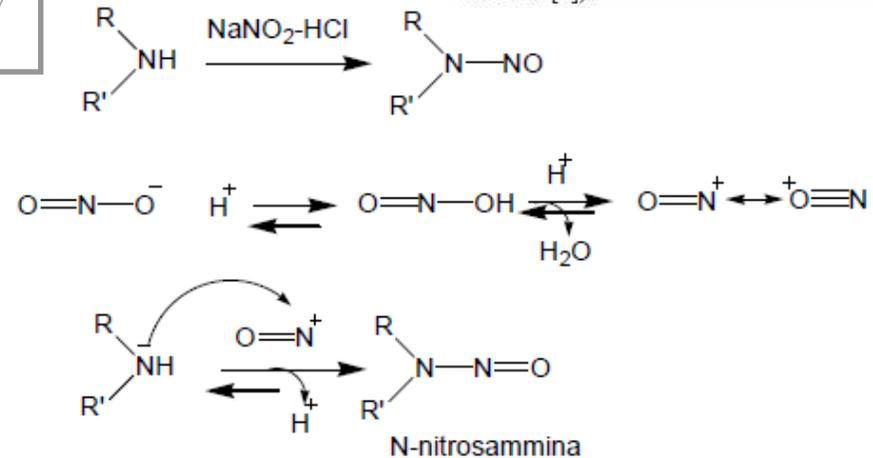
*I nitriti vengono aggiunti nella carne conservata e in altri alimenti perchè lo ione nitrito è un potente microbicide che impedisce la crescita di patogeni quali il Clostridium botulinum.*



Food [30]	Nitrate	Nitrite
Cured meats	1.6	39
Fresh meats	0.8	7.7
Vegetables	87	16
Fruit / juices	6	1.3
Baked foods / cereals	1.6	34
Milk / milk products	0.2	1.3
Water	2.6	1.3

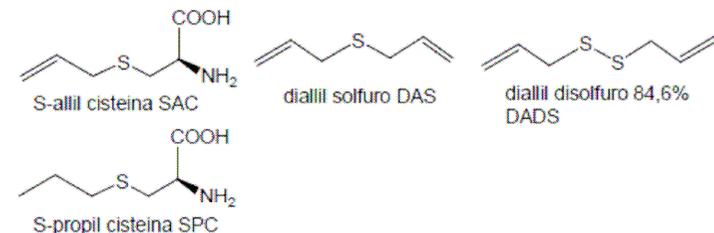
**Table I.** Contribution (%) of various foodstuffs to dietary intake of nitrate and nitrite (after Committee on Nitrite and Alternative Curing Agents in Food [7]).

*Tuttavia lo ione nitrito genera (sia nell'alimento, sia nel corpo umano) il reattivo ione nitrosonio NO<sup>+</sup> che con le ammine può dare nitrosammine, di provata cancerogenicità (per metilazione e/o deamminazione del DNA).*



**L'acido ascorbico fa da scavenger nei confronti dello ione nitrosonio NO<sup>+</sup>** e riduce il nitrito a monossido di azoto NO. (Ad esempio l'aggiunta di ascorbile palmitato prima della frittura della pancetta riduce drasticamente la formazione delle nitrosammine)

**Anche aglio e cipolla, col loro contenuto di composti solforati, inibiscono la formazione di nitrosammine**

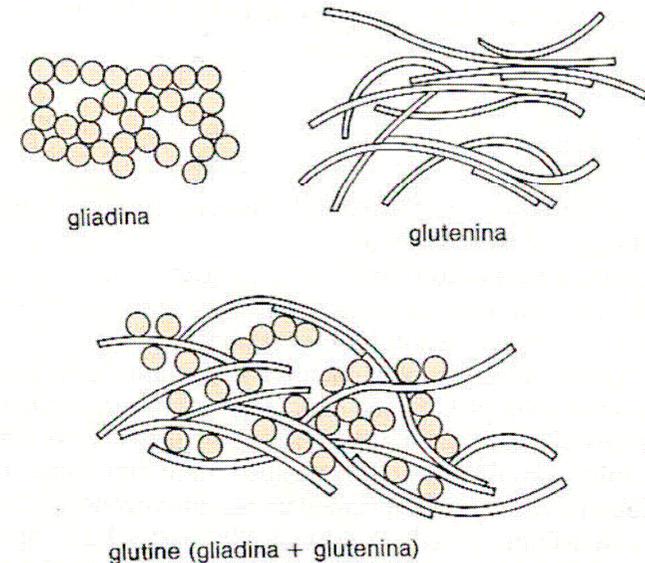


## 1.7 Proprietà redox della vitamina C nella panificazione

Gli effetti positivi dell'acido ascorbico sulla qualità dell'impasto del pane sono noti fin dagli anni '30.



La viscosità, l'elasticità e "l'intreccio" della pasta di pane sono date da **due proteine, la gliadina e la gluteina** che in presenza d'acqua e dell'azione meccanica danno origine al **glutine** (sostanza lipoproteica)



L'acido ascorbico in presenza di  $O_2$  e dell'**acidocarbossidasi**, enzima presente nella farina, **si ossida ad acido deidroascorbico**. Questo a sua volta, per azione dell'**acido deidroascorbico riduttasi**, altro enzima presente nella farina, **reagisce con i gruppi SH del glutine** trasformandoli in gruppi disolfurici **S-S**, **responsabili della tenacità del glutine**.

Gli effetti che ne conseguono sono

- **aumento della tenacità e dell'elasticità** dell'impasto,
- **aumento della capacità di assorbimento dell'acqua**,
- **miglioramento delle qualità organolettiche** quali porosità uniforme della mollica, volume maggiore del pane, colore più uniforme, mollica più bianca.

## 1.8.1 La Vitamina C nel metabolismo degli esseri viventi (I)

---

La vitamina C é **necessaria per una serie di fondamentali reazioni metaboliche.**

*L'acido ascorbico é il cofattore di enzimi che catalizzano reazioni di idrossilazione:*

- *l'idrossilazione della prolina e della lisina per la formazione del **collagene** (e quindi **favorisce la rimarginazione delle ferite e previene emorragie capillari**);*
- *l'idrossilazione della DOPA per la formazione dell'**adrenalina**;*
- *l'idrossilazione di composti aromatici nel **fegato**.*

*Inoltre*

- *interviene nei processi di difesa cellulare, favorendo **l'eliminazione dei radicali liberi**, esercitando quindi **un'azione preventiva di alcune patologie tumorali** (tumore del cavo orale, della laringe e dell'esofago);*
- ***riduce la formazione di nitrosamine** intestinali;*
- *attraverso la donazione di un elettrone al tocoferil-radicalo **rigenera l'attività antiradicalica della vitamina E**.*
- *favorisce la riduzione dell'**acido folico** nelle sue forme coenzimatiche;*
- *favorisce **l'assorbimento intestinale del ferro** per riduzione da  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$ ;*
- *favorisce **l'eliminazione di metalli pesanti tossici** come piombo, nickel e cadmio, che si legano alla vitamina e vengono quindi escreti;*
- *interviene nella sintesi della **serotonina**, neurotrasmettitore responsabile di sensazioni come stanchezza e sazietà;*
- *partecipa alla sintesi della **carnitina**, in sinergia con gli enzimi lisina, e metionina,*
- *partecipa alla trasformazione enzimatica del colesterolo in acido biliare o **vitamina D**.*
- *Bassi livelli di acido ascorbico, sufficienti alla sopravvivenza, ma al di sotto di quelli necessari, sembrano favorire l'**aterosclerosi**.*

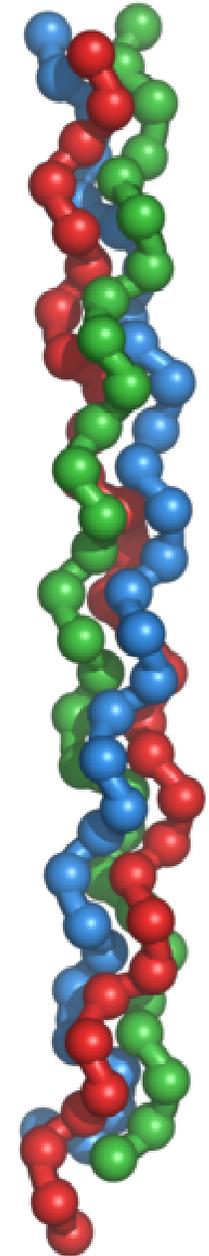
## 1.8.2 La Vitamina C nel metabolismo degli esseri viventi (II)

Soprattutto, l'acido ascorbico è **essenziale per la sintesi del collagene**, la principale proteina (o meglio famiglia di proteine) del tessuto connettivo.

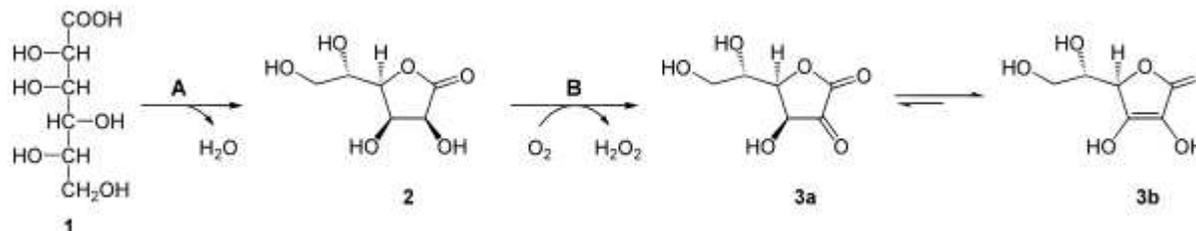
Il collagene é la **proteina più abbondante nei mammiferi** (circa il 25% della massa proteica totale) e **nell'uomo costituisce il 6% del peso corporeo** (vasi sanguigni, pelle, muscoli, tendini, ossa, cartilagini...).

Quindi è essenziale, per esempio, per la rimarginazione di ferite o piaghe, e per prevenire emorragie.

Per questi motivi la vitamina C è **prodotta internamente da quasi tutti gli organismi**, in una sequenza di reazioni enzimatiche, a partire dagli zuccheri monosaccaridi.



*ultimi step:*



## 1.8.3 La Vitamina C nel metabolismo degli esseri viventi (III)

---

Vi sono tuttavia una serie di **eccezioni**. Nei mammiferi esse sono:

pipistrelli,



porcellini d'India,



capibara,



e **tutti gli Haplorrhini**, il sottordine dei primati che include le scimmie e l'uomo.



Inoltre anche alcune specie di uccelli e pesci non lo sintetizzano.

**Le specie che non sintetizzano autonomamente la vitamina C** dagli zuccheri **hanno assoluta necessità di procurarsela dalla dieta.**

## 1.8.4 La Vitamina C nel metabolismo degli esseri viventi (IV)

---

La vitamina C assunta con la dieta viene assorbita a partire dalla bocca, nello stomaco e soprattutto a livello dell'intestino tenue, mediante un processo di diffusione passiva. Se è **alla concentrazione ottimale l'efficienza di assorbimento è del 75-95%** (può diventare 98% in caso di carenza). Via via che la concentrazione di acido ascorbico cresce, il sistema di assorbimento si riduce di efficienza fino a valori del 16%.

**La quantità totale di vitamina C nel corpo di un adulto normale è intorno ai 1500 mg**, composta da una parte "stabile" (presente nei tessuti) e una "labile" (quella in circolo nel plasma sanguigno, per il 90-95% come acido ascorbico e per il 5-10% come acido deidroascorbico).

**Vi sono organi che ne contengono molto di più del plasma sanguigno:**

- le ghiandole surrenali, la ipofisi, il corpo luteo e la retina ne contengono circa 100 volte di più;
- il cervello, la milza, i polmoni, i testicoli, le ghiandole linfatiche, il fegato, la tiroide, la mucosa intestinale, i leucociti, il pancreas, i reni e le ghiandole salivari circa 50 volte di più.

**La quota di vitamina C nel plasma sanguigno in eccesso, che non viene immagazzinata, viene eliminata mediante la funzione renale, nelle urine.**

# 1.8.5 La Vitamina C nel metabolismo degli esseri viventi (V)

## Livelli di assunzione raccomandati nell'uomo

Per l'adulto la quantità **minima** di vitamina C necessaria per prevenire lo scorbuto è **di circa 10 mg/die**.

La quantità **raccomandata** deve però essere **più elevata (in Italia è stata portata da 60 a 80mg/die dal decreto 18 marzo 2009, e nel 2011 il limite massimo è stato portato da 240 a 500 mg/die)**

### Situazioni particolari:

- nei **fumatori** il *turn-over* metabolico della vitamina C aumenta di oltre il 40%, e pertanto **il fabbisogno viene raddoppiato rispetto ai non fumatori**.
- Nella **donna che allatta**, a causa della quantità di vitamina secreta con il latte, i livelli raccomandati devono essere più elevati (**30 mg/die in più**).
- In **gravidenza** si stima occorrono **10 mg/die in più**. Nel caso dei **lattanti** ci si basa sul contenuto in vitamina C del latte materno → **20-30 mg/die**. Per le età successive vengono aumentate progressivamente con l'aumentare del peso corporeo, fino a raggiungere quelle dell'età adulta.

## Raccomandazioni Italia (2009)

Vitamine e sali minerali che possono essere dichiarati e relative razioni giornaliere raccomandate (RDA)

Vitamina A (µg)	800	Cloruro (mg)	800
Vitamina D (µg)	5	Calcio (mg)	800
Vitamina E (mg)	12	Fosforo (mg)	700
Vitamina K (µg)	75	Magnesio (mg)	375
Vitamina C (mg)	80	Ferro (mg)	14
Tiamina (mg)	1,1	Zinco (mg)	10
Riboflavina (mg)	1,4	Rame (mg)	1
Niacina (mg)	16	Manganese (mg)	2
Vitamina B6 (mg)	1,4	Fluoruro (mg)	3,5
Felacina (µg)	200	Selenio (µg)	55
Vitamina B12 (µg)	2,5	Cromo (µg)	40
Biotina (µg)	50	Molibdeno (µg)	50
Acido pantotenico (mg)	6	Iodio (µg)	150
Potassio (mg)	2 000		

Di norma, per decidere se una quantità è significativa per ogni 100 g o 100 ml o per ogni confezione, se questa contiene un'unica porzione, si prende come riferimento il 15 % della dose raccomandata nel presente allegato.

## Raccomandazioni USA

Recommended Dietary Allowance (RDA) for Vitamin C			
Life Stage	Age	Males (mg/day)	Females (mg/day)
Infants	0-6 months	40 (AI)	40 (AI)
Infants	7-12 months	50 (AI)	50 (AI)
Children	1-3 years	15	15
Children	4-8 years	25	25
Children	9-13 years	45	45
Adolescents	14-18 years	75	65
Adults	19 years and older	90	75
Smokers	19 years and older	125	110
Pregnancy	18 years and younger	-	80
Pregnancy	19 years and older	-	85
Breast-feeding	18 years and younger	-	115
Breast-feeding	19 years and older	-	120

## 1.9.1 Fonti alimentari di vitamina C (I)

---

La vitamina C è largamente diffusa negli alimenti di origine vegetale; particolarmente ricchi sono **gli agrumi, i kiwi, i peperoni, i pomodori e gli ortaggi a foglia verde**.



E' anche presente nella **carne** di animali che sintetizzano la propria vitamina C.

Gli alimenti che vengono **conservati per lungo tempo** prima di essere consumati, subiscono però **ingenti perdite vitaminiche**. Anche trattamenti che comportano **lavaggi con grandi quantità di acqua e successiva cottura** possono portare a notevoli perdite (sino a raggiungere in alcuni casi il 75%).

**Sbollentando e congelando gli alimenti le perdite si riducono notevolmente**; i surgelati contengono spesso più vitamina C della verdura o frutta fresca conservata in frigorifero per alcuni giorni.

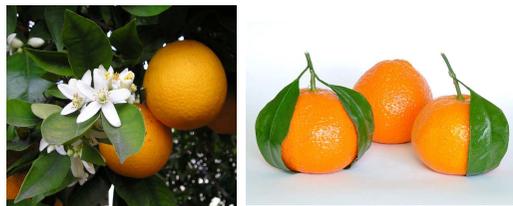
*La vitamina C è la vitamina che si degrada più facilmente, essendo sensibile al calore e all'ossigeno dell'aria nonché idrosolubile, tanto che **la misura della sua concentrazione viene spesso utilizzata come indicatore di qualità del processo di lavorazione**.*

## 1.9.2 Fonti alimentari di vitamina C (II)



I livelli di assunzione in Italia sono stati stimati in **120 mg nel Sud** contro **103 mg nel Nord**;

Gli alimenti che maggiormente contribuiscono all'assunzione di vitamina C, e che sono responsabili di questa differenza, sono le verdure a frutto ed in particolare i **pomodori** (Ferro-Luzzi *et al.*, 1994).

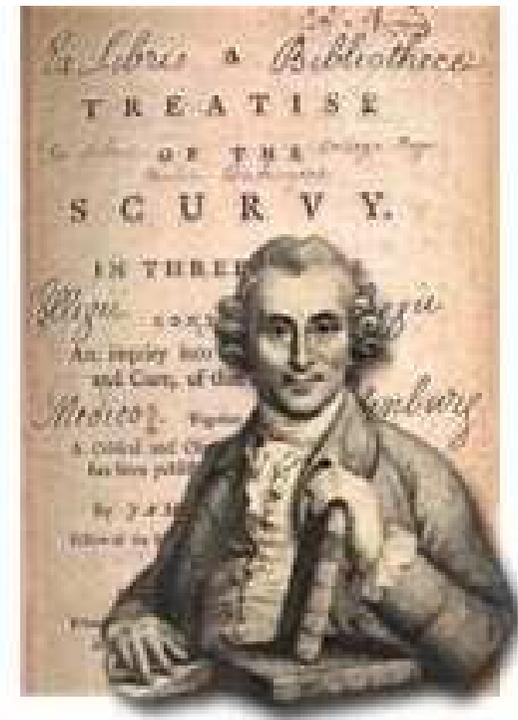


Nell'anziano la fonte principale di vitamina C è rappresentata dalle **arance e dai mandarini**, seguiti dai pomodori (Krogh *et al.*, 1993).

---

## 2. Perché acido “ascorbico”?

---



## 2.1.1 Lo scorbuto, malattia da carenza di vitamina C (I)

---

Il nome “ascorbico” viene dal latino:  
a [privativa] + *scorbutus*  
che a sua volta viene dall’antico scandinavo [*skyr-bjugr*]  
ossia edema [*bjugr*] dovuto al latte cagliato [*skyr*]  
(si credeva infatti erroneamente che fosse questa la causa della malattia)

Infatti **assumere vitamina C evita (o guarisce)**  
la gravissima malattia dello **scorbuto**

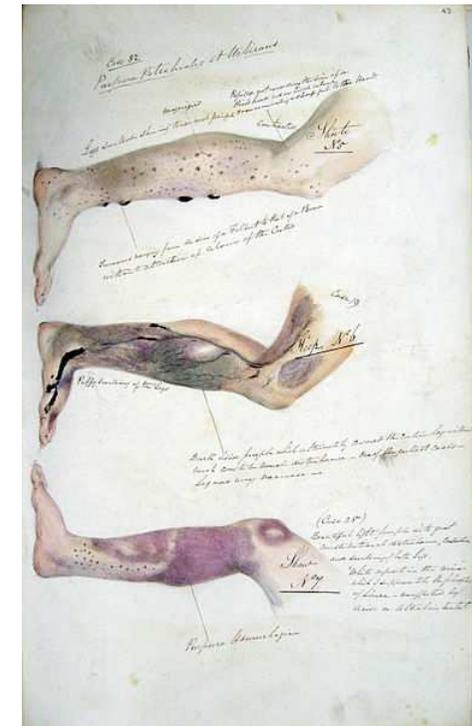
Lo scorbuto **insorge in condizioni di carenza di vitamina C.**

I primi sintomi sono malessere e debolezza.

Dopo 1-3 mesi, i pazienti accusano fiato corto e male alle ossa.

Inoltre la pelle diventa più ruvida, si ferisce facilmente e cominciano a comparire **ecchimosi cutanee, emorragie delle mucose del naso e delle gengive, denti che traballano, difficoltà nel rimarginare le piaghe e irritabilità** (“scorbutico”).

Nelle fasi avanzate si osservano **ittero, edema generalizzato, ridotta escrezione urinaria, neuropatia, febbre e convulsioni, fino alla morte.**



## 2.1.2. Lo scorbuto, malattia da carenza di vitamina C (II)

---

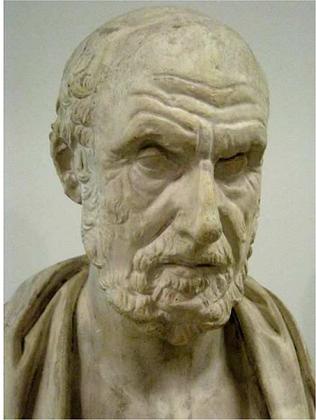
Lo scorbuto non curato è invariabilmente fatale.

Tuttavia oggi ciò è molto raro, perché se correttamente identificato, può essere guarito semplicemente riprendendo ad assumere la quantità corretta di vitamina C (minimo 10 mg/die; raccomandata 50-60 mg/die).

Tuttavia, questa consapevolezza è stata acquisita solo di recente.

Per molti secoli ci si è andati vicino ma poi si è non capito o dimenticato, e così lo scorbuto è rimasto a lungo una malattia fatale.

## 2.2.1 Lo scorbuto nella storia (I)

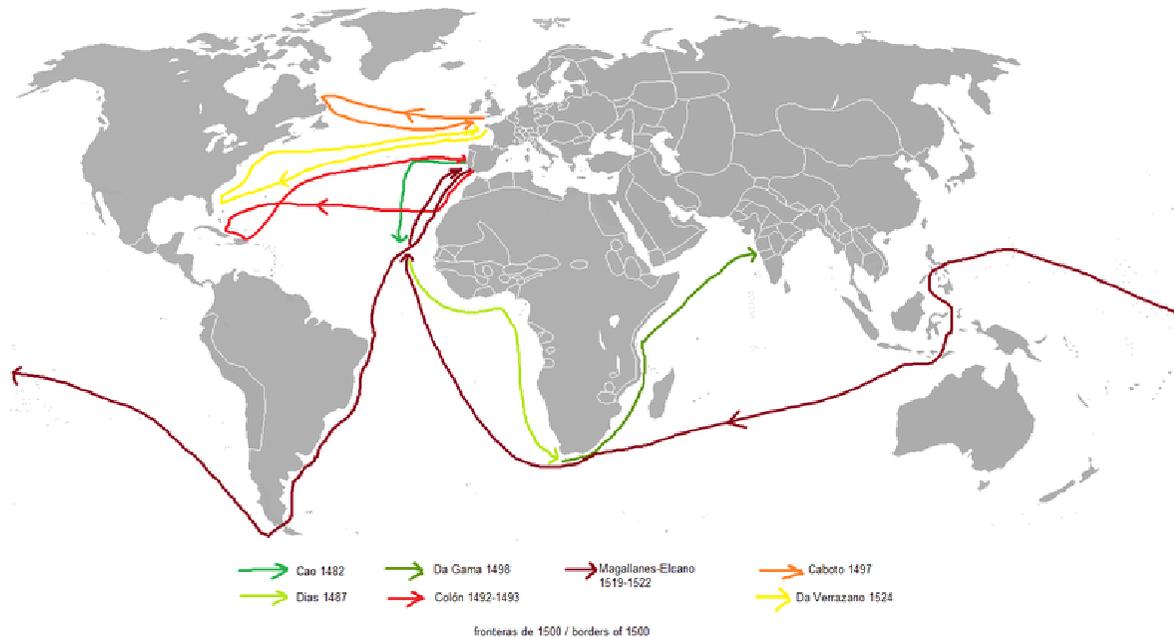


Sintomi di scorbuto vengono riportati già nell'antico Egitto (1550 a.C) e in seguito dal celebre medico greco Ippocrate (460-377 a.C.).

Nel XIII secolo, i crociati soffrivano spesso di scorbuto.



Nell'epoca dei grandi viaggi transoceanici in veliero (dalla fine del XV secolo al XIX secolo), in cui si restava per mesi lontani da terra, lo scorbuto divenne una delle piaghe più gravi perché l'alimentazione di bordo era a base di cibi conservati.

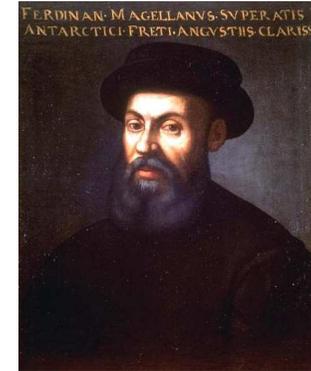


## 2.2.2 Lo scorbuto nella storia (II)



### XV-XVII secolo

Benché sembra che nella spedizione di **Vasco de Gama** nel 1497 fossero noti gli effetti benefici degli agrumi, è riportato che nel 1499 Vasco da Gama perse 116 marinai su 170 e **Magellano** nel 1520 ne perse 208 su 230 praticamente tutti per lo scorbuto.

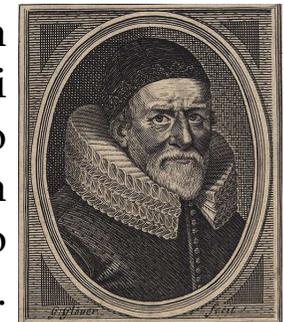


Nel 1536 l'esploratore francese **Jacques Cartier**, esplorando il fiume San Lorenzo (Canada), salvò i suoi uomini morenti di scorbuto usando una ricetta degli indiani locali, con un tè ottenuto bollendo gli aghi dell' **Eastern White Cedar** (che si scoprì poi conteneva 50 mg di vitamina C per 100 grammi)



Nel 1593 l'ammiraglio **Sir Richard Hawkins** sostenne che lo scorbuto si poteva evitare bevendo succo d'arancio e di limone. A quell'epoca però si tendeva a pensare che fosse l'acidità degli agrumi il fattore determinante, e che quindi al limite si potevano sostituire con un altro acido.

Tuttavia nel 1614 **John Woodall**, Medico Chirurgo Generale della Compagnia delle Indie Orientali, pubblica il manuale per apprendisti medici di bordo "*The Surgion's Mate*" in cui dichiara che lo scorbuto insorge per carenza dietetiche, raccomandando cibo fresco o, in sua mancanza, arance, limoni, limette e tamarindi, o come ultima risorsa, "olio di vetriolo" (acido solforico!!).



## 2.2.3 Lo scorbuto nella storia (III)

## XVIII secolo

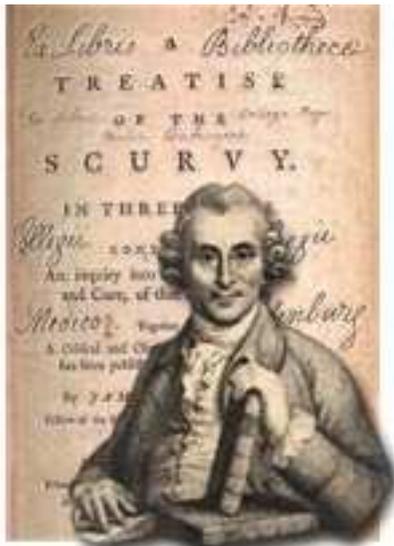
Nel XVIII secolo **lo scorbuto uccise più marinai inglesi delle azioni militari**. Ad esempio fu per lo scorbuto che **George Anson**, nel suo famoso viaggio intorno al mondo del 1740–2, perse nei primi 10 mesi quasi 2/3 del suo equipaggio (1300 su 2000). Nella Guerra dei Sette Anni la Royal Navy registra l'arruolamento di 184899 marinai, dei quali 133708 morti di malattia o "dispersi", con lo scorbuto come causa prevalente.



1707: libro manoscritto della signora Ebot Mitchell (Hasfield, Gloucestershire) che contiene una **ricetta per lo scorbuto**: estratti di varie piante mischiato con succo di arancia, vino bianco o birra.

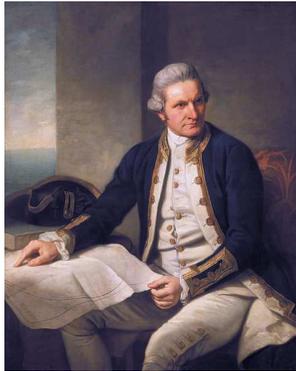
1734: il medico di Leida (Olanda) Johann Bachstrom pubblica un **libro sullo scorbuto** in cui dice che dipende solo dalla totale astinenza da cibo vegetale fresco ed esorta a usare frutta e verdura fresche per curarlo.

1740: Ai marinai dell'ammiraglio Edward Vernon **la razione quotidiana di rum annacquato ("grog") viene addizionata di succo di limone o limetta** come rimedio alla cattiva qualità dell'acqua stagnante disponibile: come risultato, essi sono molto più sani del resto della flotta.



1747: **James Lind dimostra formalmente che lo scorbuto può essere prevenuto e curato integrando la dieta con limette o limoni, col primo test clinico mai effettuato (su suore)**. Nel 1753 pubblica "A Treatise of the Scurvy" in cui spiega i dettagli del suo studio. Tenta poi di vendere estratti di succo di limetta come medicina, ma non funzionano a causa dell'ossidazione dell'acido ascorbico. Quindi purtroppo questa soluzione non fu accettata dalla Royal Navy fino al 1790, e si continuò a pensare che poteva andar bene qualsiasi acido!

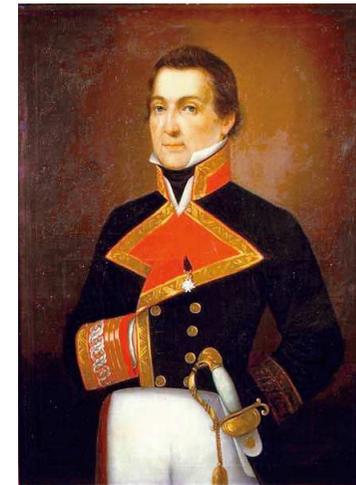
## 2.2.4 Lo scorbuto nella storia (IV)



### XVIII secolo (segue)

**James Cook** riuscì a circumnavigare il mondo (1768–71) sulla HM Bark Endeavour senza perdere nessun uomo per scorbuto, però il suo metodo non era proprio “centrato”. Era basato su malto e **crauti** (che effettivamente sono l’unico cibo vegetale che conserva una quantità ragionevole di acido ascorbico anche sottaceto). A questo però si aggiungeva un regime di **scrupolosa pulizia e disciplina a bordo**, e frequenti **rifornimenti di cibo fresco**, nonché il **divieto di mangiare grasso raschiato dalle pentole di rame** della nave (il rame catalizza l’ossidazione dell’acido ascorbico!), pratica comune allora in Marina.

La prima spedizione di lungo corso che non riscontrò quasi nessun caso di scorbuto fu quella di **Alessandro Malaspina** (1789–1794). Il suo ufficiale medico, Pedro González, era convinto che arance e limoni freschi fossero essenziali per prevenire lo scorbuto. Si ebbe solo un caso di cinque marinai con sintomi della malattia, uno dei quali grave, in un giro di 56 giorni in mare aperto. Ma dopo tre giorni a Guam erano tutti e cinque di nuovo in perfetta salute. L’impero spagnolo, con tutti i suoi porti importanti, rendeva facile acquistare frutta fresca.



Nonostante i progressi, i marinai inglesi nel periodo della rivoluzione americana continuarono a soffrire di scorbuto. **Finalmente nel 1790 lo scorbuto fu debellato nella Royal Navy** grazie al presidente del “Navy’s Sick and Hurt Board”, **Gilbert Blane**, che finalmente attuò i suggerimenti a lungo ignorati di Bachstrom e Lind di **usare limoni freschi nelle Guerre Napoleoniche**. Il miglioramento nella salute dei marinai giocò un ruolo fondamentale nelle battaglie navali, come quella di **Trafalgar**. Così altre flotte presto adottarono la stessa soluzione.

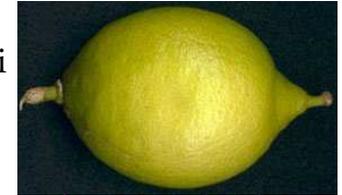
## 2.2.5 Lo scorbuto nella storia (V)

### XIX secolo (I)

**Il medico in capo dell'esercito di Napoleone** all'assedio di Alessandria d'Egitto (1801), il barone Dominique-Jean Larrey, scrisse nelle sue memorie che consumare carne di cavallo aiutò i Francesi a curare un'epidemia di scorbuto. (In realtà la carne era stata cotta, ma aveva funzionato ugualmente perché era stata ricavata da cavalli appena comprati dagli Arabi)



Nel 1867 Lauchlin Rose brevettò una ricetta di **succo analcolico di limetta** (*Rose's lime juice*). Nello stesso anno si richiese a tutte le navi sia della Royal Navy sia della marina mercantile di fornire razioni giornaliere di limetta ai marinai per prevenire lo scorbuto. Il prodotto divenne ubiquitario, tanto che nello *slang* USA con "**limey**" si indicarono prima i marinai inglesi, poi gli immigranti inglesi nelle ex colonie britanniche quali USA, Nuova Zelanda, Sud Africa, infine tutti gli inglesi.

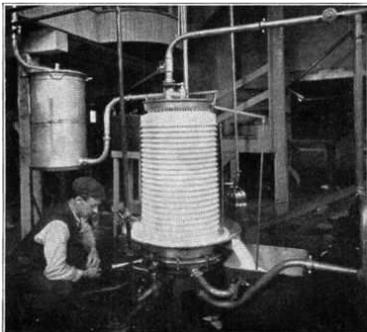


*Si sostituirono le limette ai limoni perché si ottenevano con più facilità nelle colonie britanniche dei Caraibi, e si credeva che fossero più efficaci essendo più acide. In realtà era sbagliato (le limette avevano solo un quarto della vitamina C dei limoni)* e inoltre *non erano servite fresche*, ma come succo, che era stato esposto all'aria e fatto passare per *tubazioni di rame*, due fattori che ne abbatterono notevolmente il contenuto di vitamina C. Anzi, un esperimento condotto nel 1918 su animali usando il succo di limetta della marina militare e mercantile mostrò che era praticamente privo di efficacia contro lo scorbuto.

Inoltre si notò che la *Cochlearia officinalis* curava lo scorbuto; chiamata "*Common Scurvygrass*", la si portò a bordo delle navi essiccata o in estratti distillati, attenuandone il gusto amarissimo con erbe e spezie. Divenne piuttosto comune fino alla metà del XIX secolo, quando limoni e limette divennero più facilmente disponibili.



Verso la fine del XIX si ebbe anche un aumento dello scorbuto infantile, soprattutto nelle classi cittadine più elevate, come conseguenza che si dava loro da bere **latte di mucca pastorizzato**. Infatti la pastorizzazione uccideva i batteri, ma distruggeva la vitamina C. Alla fine si risolse il problema utilizzando come integratori succo di cipolla o patate cotte.



## 2.2.6 Lo scorbuto nella storia (VI)

---

In realtà **fino all'inizio del XX secolo la nozione che lo scorbuto era causato da una carenza nella dieta non fu interamente accettata** e i marinai continuarono a soffrire di scorbuto.

Ad esempio nelle spedizioni artiche del XIX secolo **si credeva che lo scorbuto si potesse prevenire mediante severe norme igieniche e regolare esercizio fisico** a bordo, e tenendo alto il morale della ciurma, piuttosto che assumendo cibo fresco, e così le spedizioni della Marina militare continuarono a essere tormentate dallo scorbuto benché i balenieri e gli esploratori artici civili sapessero che la carne fresca (non in scatola) era un rimedio contro lo scorbuto. Anche la cottura non distruggeva le proprietà antiscorbuto della carne fresca, anche perché molti metodi di cottura non riuscivano a portare tutto il pezzo di carne ad alta temperatura.

Tale **confusione è stata attribuita al fatto** che:

- benché gli agrumi freschi (soprattutto i limoni) curavano lo scorbuto, **il frutto di limetta che era stato esposto ad aria e tubazioni di rame non lo faceva**; questo indebolì la teoria che gli agrumi curassero lo scorbuto;
- **anche la carne fresca curava lo scorbuto**, e questo indeboliva la teoria che ci volessero vegetali freschi;
- l'aumentata velocità con i battelli a vapore, e il miglioramento della dieta a terra ridussero l'incidenza dello scorbuto; così **non si notò subito l'inefficacia del succo di limetta fatto passare in tubi di rame rispetto ai limoni freschi**.

Nella confusione che ne risultò, si aggiunse una nuova ipotesi, seguendo le teorie da poco apparse dei germi come origine delle malattie, e cioè **che lo scorbuto fosse causato da residui batterici** soprattutto nella carne in scatola avariata.

## 2.2.7 Lo scorbuto nella storia (VII)



### XX secolo (I)

All'epoca in cui **Robert Falcon Scott** fece le sue celebri spedizioni antartiche (1903 e 1911) la teoria prevalente fu che lo scorbuto era causato da carne avariata soprattutto carne in scatola. Così le spedizioni di Scott soffrirono di scorbuto, benché inizialmente non lo registrò sul suo diario, soprattutto in viaggi in slitta nell'entroterra, dove la varietà di cibo era limitatissima e non c'era possibilità di procurarsi cibo fresco. Invece lo scorbuto non compariva quando avevano accesso ad una maggior varietà di cibo, o potevano contare sulla carne di foca.

**Vilhjalmur Stefansson**, esploratore artico che viveva tra gli eschimesi, dimostrò che la dieta di questi, completamente a base di carne, non portava a carenze vitaminiche. Partecipò ad uno studio all'ospedale Bellevue di New York nel 1935, mangiando insieme ad un altro volontario null'altro che carne per un anno sotto osservazione medica, ma rimase in buona salute.



Nel 1907 i due medici norvegesi **Axel Holst e Theodor Frølich** stavano studiando il beriberi (malattia causata da carenza di vitamina B1) a bordo della flotta di pesca norvegese, e, volendo sostituire i piccioni fino ad allora usati come cavie con dei mammiferi, scelsero porcellini d'India.

Li alimentarono con la dieta modello di granaglie e farina che aveva prodotto il beriberi nei piccioni, e furono sorpresi quando invece contrassero lo scorbuto, che fino ad allora era stato osservato unicamente negli esseri umani. Trovarono che lo potevano guarire aggiungendo alla dieta dei porcellini cibi freschi.

Finalmente quindi un esperimento su animali con un protocollo corretto permise di dimostrare chiaramente come si poteva curare lo scorbuto.



## 2.3 Finalmente la scoperta della Vitamina C

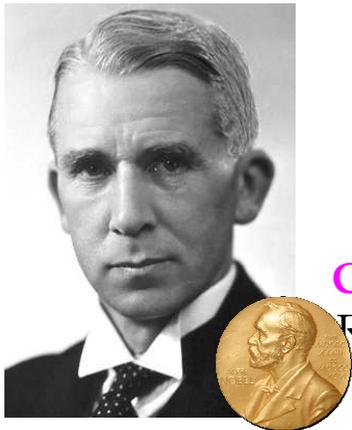


Nel 1927 il biochimico ungherese **Albert Szent-Györgyi** sospettò che un acido che aveva isolato nelle ghiandole surrenali, l'“acido esuronic” (“hexuronic acid”), fosse l'agente antiscorbutico.

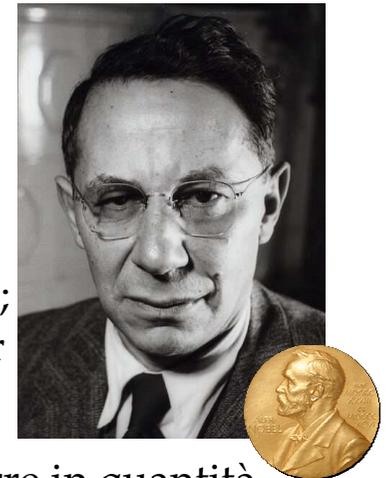
Tra il 1928 e il 1933 in collaborazione con **Joseph L. Svirbely** e in parallelo con il ricercatore USA **Charles Glen King** dell'Università di Pittsburgh **lo isolarono e cristallizzarono e lo identificarono come Vitamina C**, chiamandolo “acido ascorbico” in considerazione delle sue proprietà antiscorbuto.



Per questo nel 1937 Szent-Györgyi ricevette il **Nobel per la Medicina**.

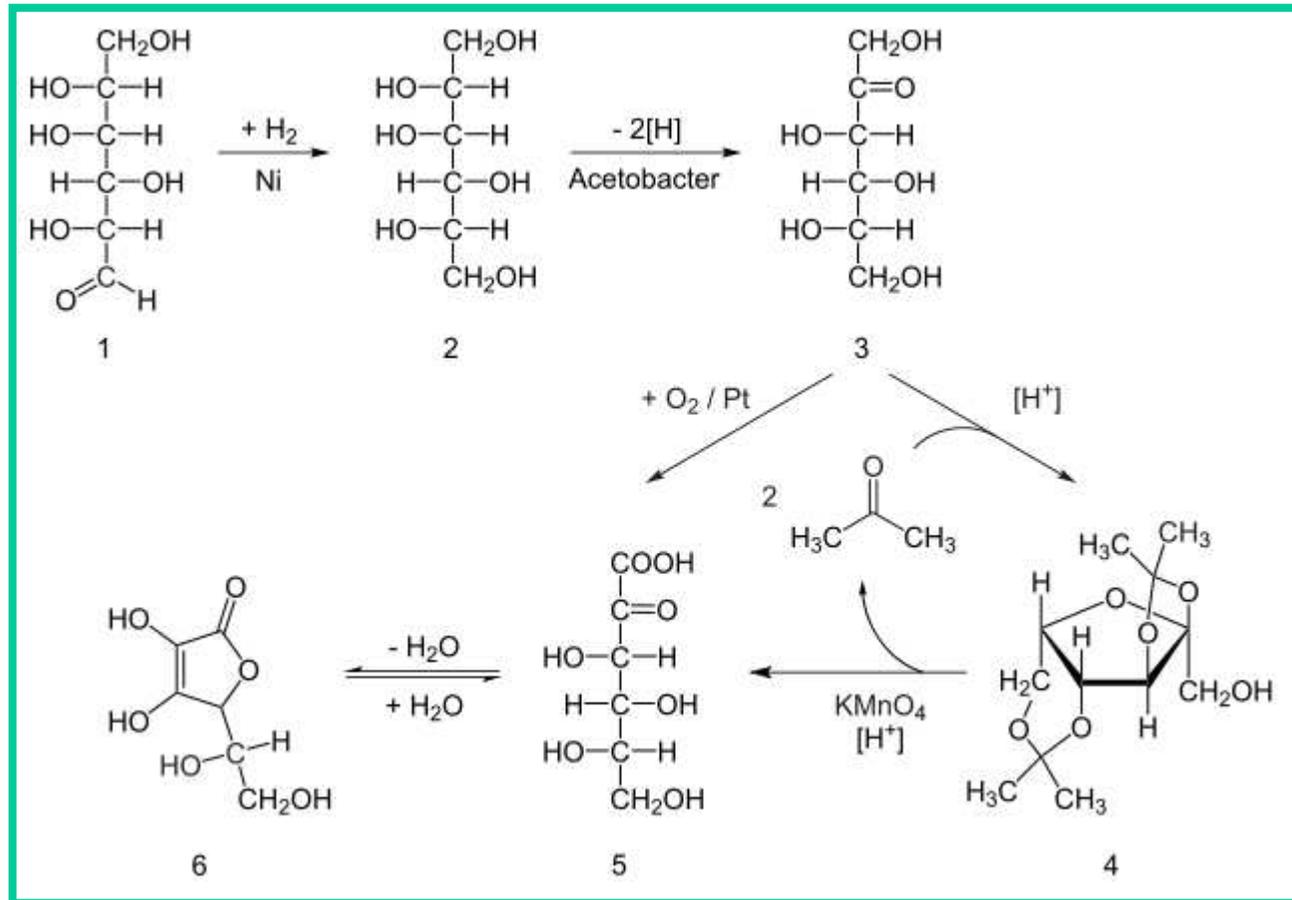


Nel 1934 **Sir Walter Norman Haworth e Tadeusz Reichstein**, in maniera indipendente, riuscirono a **sintetizzare la vitamina C**. Nel 1937 Haworth, per questo risultato, venne insignito del **Premio Nobel per la Chimica**. (il processo però si chiamava “processo Reichstein”; Reichstein poi ricevette per altre scoperte nel 1950 quello per la **Medicina**)



Nel 1934 Hoffmann–La Roche fu la **prima compagnia farmaceutica** a produrre in quantità industriali la vitamina C, col nome di Redoxon.

Infine nel 1955 **J. J. Burns** scoprì che il motivo per cui alcuni mammiferi, tra cui gli uomini, non riescono a produrre la vitamina C risiede nella mancanza dell'ultimo enzima della catena metabolica responsabile della sintesi di tale molecola: la L-gulonolattone ossidasi.



*Sintesi col metodo di Reichstein*

## 2.4. Carenze ed eccessi di vitamina C oggi

---

Attualmente **nei Paesi industrializzati è difficile che si sviluppino casi di scorbuto.**

I livelli plasmatici di vitamina C, oltre a mettere in evidenza eventuali apporti subottimali, sono uno dei parametri per il calcolo del potenziale antiossidante totale del plasma e dunque del grado di protezione dell'organismo contro gli attacchi ossidativi.

**Negli adulti i livelli plasmatici considerati normali sono 0,3-1,4 mg/dl**, e riflettono l'apporto giornaliero di circa 40-100 mg di acido ascorbico; nei leucociti i livelli normali sono di 20-53  $\mu$ g/10<sup>8</sup>cellule.

Quando i tessuti si trovano in uno stato di saturazione in ascorbato la concentrazione nel plasma è compresa tra 0,8-1,5 mg/dl; nel sangue intero tra 1,0-1,5 mg/dl (Maiani *et al.*, 1993).

In Italia è stata riscontrata una deficienza marginale in vitamina C nel 9% di un campione di soggetti anziani (Maiani *et al.*, 1993).

**Ad alte dosi di vitamina C**, quali quelle che vengono assunte a scopo farmacologico (10 o più g/die), si sono riscontrati disturbi a livello gastrointestinale, che però sembrano dovuti all'acidità più che alla vitamina C per sé, in quanto sali tamponati non danno più lo stesso effetto.

Sono stati riscontrati anche altri effetti, come una aumentata escrezione urinaria di ossalati e la formazione di calcoli renali.

Sembra comunque che dosi fino a 10g/die possano essere considerate sicure (Flodin, 1988).

---

## **3. Il nostro esperimento**

---

## 3.1 I nostri obiettivi

---

**Determineremo (semi)quantitativamente per ossidazione con iodio l'acido ascorbico presente in una serie di succhi di frutta freschi o industriali.**

*(solo semiquantitativamente perché nei frutti possono essere presenti in quantità non trascurabili anche altre molecole che reagiscono con  $I_2$ , in particolare nel pompelmo licopeni e bergamottina)*

Potremo così renderci conto:

- a) Del **contenuto molto diverso di Vitamina C di una serie di frutti** (mela << ananas << pompelmo, limone, arancio)
- b) Del contenuto di Vitamina C **in una spremuta fresca rispetto a quello di un succo commerciale al 100%** dello stesso frutto
- c) Del contenuto di Vitamina C **in una bevanda commerciale a base di frutta** (anche in base al quantitativo di succo impiegato e all'eventuale aggiunta di acido ascorbico come additivo) **rispetto al succo commerciale al 100% dello stesso frutto**
- d) Della **diminuzione di Vitamina C per ossidazione nel tempo**
- e) Della **diminuzione di Vitamina C per ossidazione per riscaldamento.**

## 3.2 Titolazione

---

La **titolazione** è una delle più comuni tecniche dell'**analisi chimica quantitativa**, ossia di quel gruppo di metodi che servono a determinare la quantità di una sostanza chimica.

Per poter eseguire una titolazione di una sostanza occorre:

che essa reagisca in modo **veloce, quantitativo** e con **stechiometria perfettamente nota** con una seconda sostanza (detta "**titolante**") solitamente aggiunta in una **sequenza di volumi misurati con precisione** di una **soluzione standard a titolo noto**

che sia possibile **individuare sperimentalmente** ("**punto finale**" della **titolazione**) quella particolare aggiunta di titolante che corrisponde al **completamento della sua reazione con la sostanza da titolare** ("**punto di equivalenza**").

Se **entrambe** queste condizioni sono verificate, possiamo calcolare la quantità della sostanza titolata in base all'equazione stechiometrica della reazione, alla concentrazione del titolante ed al volume di titolante aggiunto al punto di equivalenza

### Reazioni operative:

si possono eseguire titolazioni basate su

**reazioni acido/base**

**reazioni di precipitazione**

**reazioni di complessazione**

**reazioni di ossidoriduzione**

*Il nostro caso*

### Tecniche per individuare il punto finale:

**indicatore colorimetrico**

**pH-metria**

**potenziometria**

**conduttimetria**

**amperometria**

**spettrofotometria....**

legate al tipo di reazione prescelto.

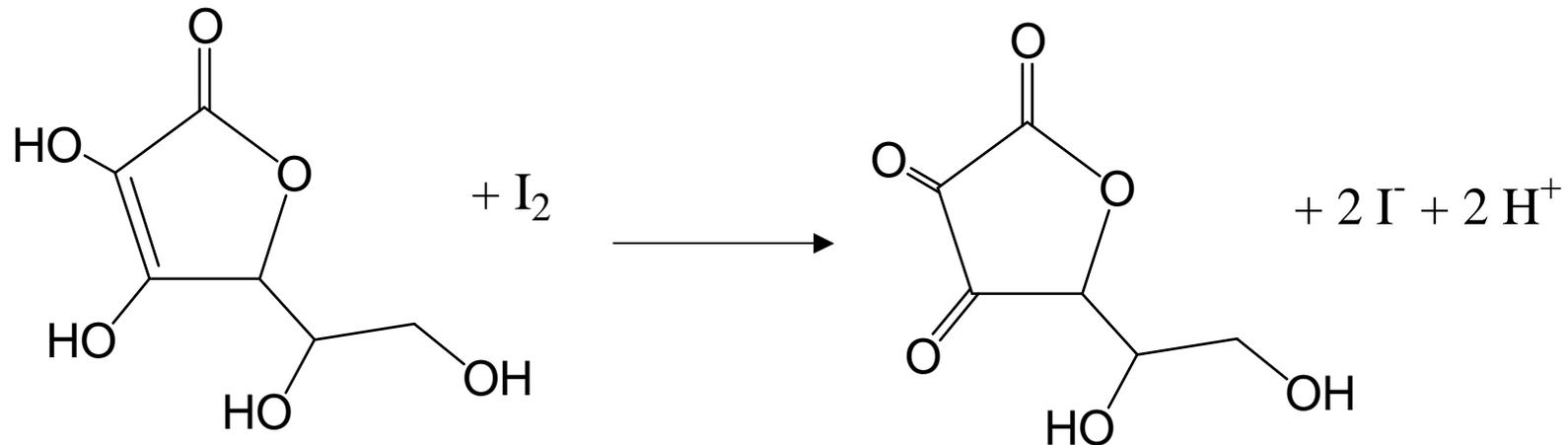
### 3.3.1 La reazione che sfrutteremo per la titolazione (I)

---

E' possibile determinare la quantità di vitamina C in diverse sostanze sfruttando la seguente reazione tra acido ascorbico e iodio:

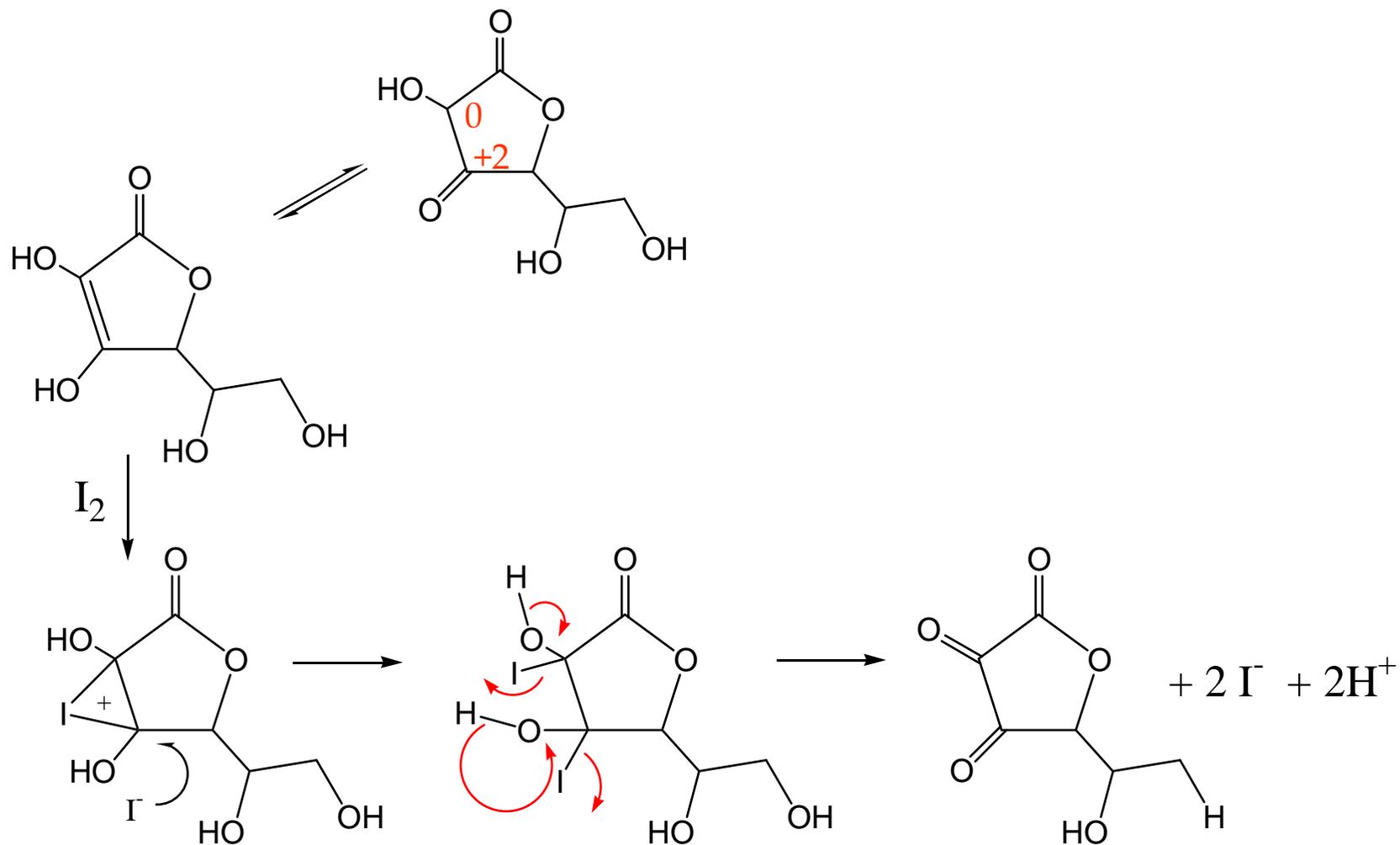


L'acido ascorbico si ossida riducendo lo iodio a ioduro:



### 3.3.2 La reazione che sfrutteremo per la titolazione (II)

---



### 3.3.3 La reazione che sfrutteremo per la titolazione (III)

A. Genereremo *in situ* lo iodio per reazione dello iodato con ioduri in eccesso in ambiente acido:



L'eccesso di  $\text{I}^-$  permette di solubilizzare  $\text{I}_2$  come complesso  $\text{I}_3^-$ , quindi l'equazione stechiometrica diventa:

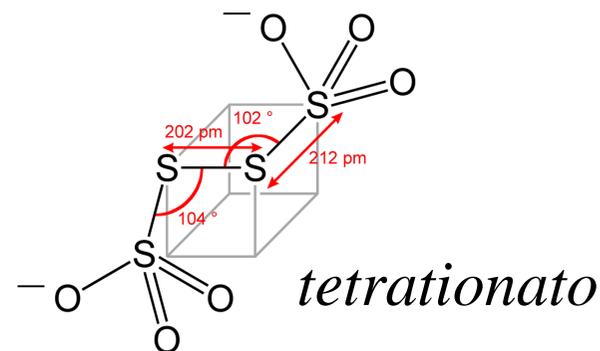
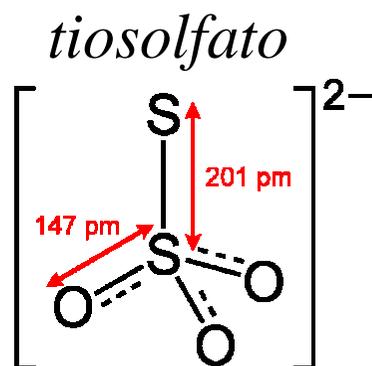


Lo iodio si forma velocemente, e impartisce alla soluzione un colore ambrato giallo marrone



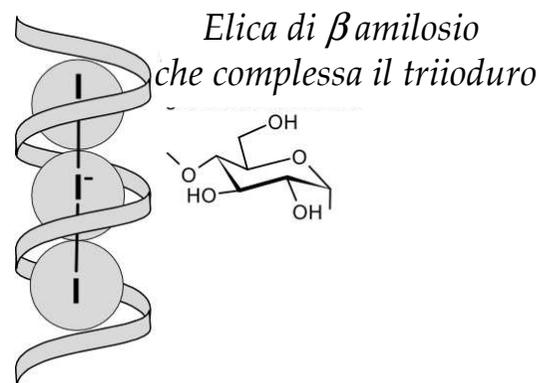
B. L'acido ascorbico presente verrà ossidato dallo iodio in rapporto 1 : 1  
acido L-ascorbico +  $\text{I}_2 =$  acido L-deidroascorbico +  $2\text{HI}$

C. Titoleremo lo iodio residuo con tiosolfato  $\text{I}_3^- + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 3\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$



### 3.4 L'indicatore

La colorazione della soluzione di  $I_3^-$  si può accentuare con la **salda d'amido** che forma con  $I_3^-$  (non con solo  $I^-$  o solo  $I_2$ ) un complesso nero bluastro visibile a  $0.00002\text{ M}$  a  $20^\circ\text{C}$



**Attenzione! La salda va aggiunta nella minima quantità necessaria a rendere nera la soluzione e solo poco prima del punto di equivalenza, cioè quando la soluzione giallo bruna è diventata giallo pallida.** Quantità eccessive di salda e/o l'aggiunta troppo precoce, in presenza di una grande quantità di iodio, sono fonti di errori nella titolazione).

*Si può preparare sciogliendo 1 g di amido (di mais o patate) in  $10-15\text{ cm}^3$  di acqua distillata, agitando, e versandola in  $100-500\text{ cm}^3$  di acqua distillata all'ebollizione; si agita vigorosamente e si lascia bollire per 1 minuto. Si lascia raffreddare e si decanta l'eventuale precipitato. La stabilità della salda, che dura solo qualche giorno, si può allungare ad esempio con aggiunta di un pizzico di acido salicilico.*

*La salda si decompone per azione batterica e/o ad alte temperature, si idrolizza in acido molto concentrato e precipita in soluzioni alcoliche; viene spesso venduta con un additivo antibatterico e va conservata al riparo dalla luce*



Soluzione diluita di  $I_3^-$



idem,  
con aggiunta  
di salda d'amido



idem, a reazione  
 $I_3^- + 2 S_2O_3^{2-} = 3I^- + S_4O_6^{2-}$   
completata

## 3.5 Il protocollo operativo nel caso di una pastiglia di vitamina C

---

### Campione

- o Sciogliere una pastiglia commerciale di Vitamina C da 1g (oppure 2 da 0.5g) in un bicchiere con poca acqua deionizzata.
- o Trasferire quantitativamente la soluzione in un matraccio tarato da 250 cm<sup>3</sup> e portare a volume.
- o Tappare e agitare.

### Protocollo di titolazione

- o Riempire la buretta da 50 cm<sup>3</sup> con soluzione standard di tiosolfato  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  **0.1 M**.
- o Azzerare accuratamente la buretta. Montare la buretta sull'apposito sostegno e predisporre sotto
- o l'agitatore magnetico.
- o Campionare nella beuta o nel bicchiere di titolazione 50 cm<sup>3</sup> della soluzione del matraccio.
- o Con l'aiuto della bilancia tecnica aggiungere una quantità di KI tra 2 e 3g.
- o Sotto l'apposita cappa (VETRO ABBASSATO! OCCHIALI! GUANTI!) aggiungere con precauzione 20 cm<sup>3</sup> approssimativi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluito 1:5 (circa 3.9 M. CAUTELA!).
- o Aggiungere con una seconda pipetta a due tacche 50 cm<sup>3</sup> misurati esattamente di soluzione **0.01 M di  $\text{KIO}_3$** . Lo iodio (bruno) si forma ma all'inizio scompare subito perché reagisce con l'acido ascorbico; poi invece rimane quando la reazione si è completata.
- o Aggiungere nel bicchiere l'ancoretta magnetica e avviare la titolazione. Il colore bruno dello iodio si schiarirà progressivamente. In prossimità del p.e. (il colore bruno è diventato arancione e trasparente) aggiungere l'indicatore salda d'amido (poche gocce, la minima quantità necessaria a rendere nera la soluzione).
- o Terminare la titolazione annotando il volume al punto di equivalenza (in presenza di salda d'amido il viraggio non è da giallo pallido a incolore, ma da nero a incolore o del colore del colorante diluito, se presente).

## Schema per i calcoli:

A. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) generate  
= 3 \* moli di  $IO_3^-$

B. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) residue dopo reazione con Acido Ascorbico  
= 0.5 \* moli di  $S_2O_3^{2-}$  al p.e.

C. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) che hanno reagito con Acido Ascorbico  
= moli A - moli B = moli di acido ascorbico

D . Moli di Acido ascorbico nella pastiglia = 5 \* C

E . Grammi di Acido ascorbico nella pastiglia  
= D \* peso molecolare acido ascorbico [176.12 g mol<sup>-1</sup>]

## 3.6 Il protocollo operativo nel caso di un succo di frutta fresco o commerciale

In questo caso determineremo la concentrazione di vitamina C in succhi di frutta freschi o commerciali: l'acido ascorbico da titolare é **molto meno concentrato**, e il protocollo implica l'uso di **reagenti molto più diluiti**.

**Campione di succo di limone, arancio o pompelmo freschi:** spremere il frutto e colarne o filtrarne il succo per toglierne le particelle in sospensione.

**Campioni commerciali:** si prelevano tal quali.

### Protocollo di titolazione

- Ambientare e riempire la buretta da 50 cm<sup>3</sup> con la soluzione standard di tiosolfato diluito fornita (**Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.01 M**). Eliminare la bolla sotto il rubinetto e azzerare accuratamente la buretta. Montare la buretta sull'apposito sostegno e predisporre sotto l'agitatore magnetico.
- Prelevare con pipetta a due tacche **10 cm<sup>3</sup>** esatti di succo filtrato e porli nella beuta o nel bicchiere di titolazione (da 100 cm<sup>3</sup>).
- Diluire moderatamente con acqua deionizzata (ad esempio, portando a circa 25 cm<sup>3</sup>).
- Aggiungere mezza spatolata (spatola medio piccola) di KI (senza portarlo al banco!).
- Sotto cappa (occhiali e guanti) aggiungere **1–2 cm<sup>3</sup>** approssimativi (1 pipettata con pipetta Pasteur) di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ~0.5 M. (L'acido è già pronto e deve rimanere sotto la cappa)
- Aggiungere con una seconda buretta **2.5 cm<sup>3</sup>** precisi di soluzione **0.01 M** di KIO<sub>3</sub> (oppure, con una seconda pipetta a due tacche, **25 cm<sup>3</sup>** precisi di soluzione **0.001 M** di KIO<sub>3</sub>). Lo iodio (bruno) si forma ma all'inizio scompare subito perché reagisce con l'acido ascorbico; poi invece rimane quando la reazione si è completata. Tuttavia, stavolta è molto più diluito e la soluzione appare più chiara e trasparente rispetto al caso precedente.
- Tenere di fianco in un secondo bicchiere un campione del succo originario come riferimento.
- Aggiungere nel bicchiere l'ancoretta magnetica e iniziare a titolare.
- Quando la soluzione si è schiarita fin quasi ad eguagliare il campione di riferimento aggiungere **3 gocce di salda d'amido**. La soluzione deve diventare nera.
- Completare la titolazione determinando il p.e. (da nero a incolore o meglio al colore del succo di limone diluito). *Attenzione! In alcuni campioni resta una leggera sfumatura grigia che non va più via anche in eccesso di titolante; in tal caso basatevi sulla goccia che fa schiarire istantaneamente in modo vistoso la soluzione.*

### **Schema per i calcoli:**

A. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) generate  
= 3 \* moli di  $IO_3^-$

B. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) residue dopo reazione con Acido Ascorbico  
= 0.5 \* moli di  $S_2O_3^{2-}$  al p.e.

C. Moli di  $I_2$  (o  $I_3^-$ ) che hanno reagito con Acido Ascorbico  
= moli A - moli B = moli di acido ascorbico

**Concentrazione della vitamina C nel succo di frutta  
espresso come in tabella in mg Vitamina C per 100g ( $\approx 100\text{cm}^3$ ) di succo:**

= 10 \* moli vitamina C nel campione titolato \* 176.12 g/mol \* 1000 mg/g

### 3.7 I campioni a disposizione

---

**Mele:** due succhi “100%” commerciali

**Ananas:** due succhi “100%” commerciali

**Pompelmi:** frutti freschi da spremere (spremitrice gialla) e tre succhi “100%” commerciali (uno addizionato di acido ascorbico)

**Limoni:** frutti freschi da spremere (spremitrice bianca), succhi “100%” commerciali addizionati di bisolfito e bevanda commerciale al limone e pompelmo

**Arance:** frutti freschi da spremere (spremitrice arancione), tre succhi 100% commerciali (uno addizionato di acido ascorbico) e bevande commerciali all’arancia (con diverse % di succo, con e senza acido ascorbico aggiunto, con e senza dolcificante)

*NB: di ciascun succo o bevanda sarà a disposizione anche una aliquota aperta 3 giorni prima e mantenuta a temperatura ambiente. Inoltre sarà a disposizione un bagnomaria con acqua calda e provette tappate in cui riscaldare campioni di succo.*

DIRETTIVA 2001/112/CE DEL CONSIGLIO  
del 20 dicembre 2001

# Tipi di succhi di frutta secondo le direttive europee

## I. DEFINIZIONI

### 1. a) Succo di frutta

Designa il prodotto fermentescibile ma non fermentato, ottenuto da frutta sana e matura, fresca o conservata al freddo, appartenente ad una o più specie e avente il colore, l'aroma e il gusto caratteristici dei succhi di frutta da cui proviene. L'aroma, la polpa e le cellule del succo che sono separati durante la lavorazione possono essere restituiti allo stesso succo.

Nel caso degli agrumi il succo di frutta proviene dall'endocarpo. Tuttavia, il succo di limetta può essere ottenuto dal frutto intero, secondo le buone prassi di fabbricazione in modo da ridurre al massimo la presenza, nel succo, di costituenti delle parti esterne del frutto.

### b) Succo di frutta ottenuto da un succo concentrato

Designa il prodotto ottenuto, reinserendo nel succo di frutta concentrato l'acqua estratta dal succo al momento della concentrazione e ripristinando gli aromi e, se opportuno, la polpa e le cellule perduti dal succo ma recuperati al momento del processo produttivo del succo di frutta in questione o di succhi di frutta della stessa specie. L'acqua aggiunta deve presentare caratteristiche appropriate, in particolare dal punto di vista chimico, microbiologico e organolettico, in modo da garantire le qualità essenziali del succo.

Il prodotto così ottenuto deve presentare le caratteristiche organolettiche e analitiche per lo meno equivalenti a quelle di un succo di tipo medio ottenuto a partire da frutta della stessa specie ai sensi della lettera a).

### 2. Succo di frutta concentrato

Designa il prodotto ottenuto dal succo di frutta di una o più specie, mediante eliminazione fisica di una determinata parte d'acqua. Se il prodotto è destinato al consumo diretto, questa eliminazione deve essere almeno pari al 50 %.

### 3. Succo di frutta disidratato — in polvere

Designa il prodotto ottenuto dal succo di frutta di una o più specie, mediante eliminazione fisica della quasi totalità dell'acqua.

### 4. Nettare di frutta

a) Designa il prodotto fermentescibile ma non fermentato, ottenuto con l'aggiunta di acqua e di zuccheri e/o miele ai prodotti definiti ai punti 1, 2 e 3, alla purea di frutta o ad un miscuglio di questi prodotti, e che è inoltre conforme a quanto disposto nell'allegato IV.

L'aggiunta di zuccheri e/o miele è autorizzata in quantità non superiore al 20 % in peso rispetto al peso totale del prodotto finito.

Nella fabbricazione di nettari di frutta senza zuccheri aggiunti o con debole apporto energetico, gli zuccheri sono sostituiti totalmente o parzialmente da edulcoranti, conformemente al disposto della direttiva 94/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 giugno 1994, sugli edulcoranti destinati ad essere utilizzati nei prodotti alimentari (1).

b) In deroga alla lettera a), i frutti elencati nelle parti II e III dell'allegato IV nonché le albicocche possono costituire, singolarmente o mescolati tra loro, la base per la fabbricazione di nettari di frutta senza aggiunta di zuccheri, miele e/o edulcoranti

## II. INGREDIENTI, TRATTAMENTI E SOSTANZE AUTORIZZATI

### 1. Ingredienti autorizzati

- Ai sensi dell'articolo 2, per i prodotti di cui alla parte I del presente allegato, l'aggiunta di vitamine e minerali può essere autorizzata, fatte salve le disposizioni della direttiva 90/496/CEE.
- Gli aromi, la polpa e le cellule restituiti al succo di frutta devono essere stati separati da tale succo di frutta durante la lavorazione, mentre l'aroma, la polpa e le cellule restituiti al succo di frutta di cui alla parte I, punto 1, lettera b) possono provenire da succo di frutta dello stesso tipo.

La restituzione di sali di acido tartarico può essere effettuata soltanto per i succhi di uva.

- È autorizzata l'aggiunta di zuccheri ai prodotti di cui alla parte I, punti 1, 2 e 3 diversi dai succhi di pera e di uva:
  - per correggere il gusto acido, la quantità di zuccheri addizionata, espressa in sostanza secca, non può eccedere i 15 g per litro di succo,
  - per dolcificare il prodotto, la quantità di zuccheri addizionata, espressa in sostanza secca, non può eccedere i 150 g per litro di succo,a condizione che la quantità di zuccheri addizionata per correggere il gusto acido e per dolcificare il prodotto non ecceda 150 g per litro.
- Per i prodotti di cui alla parte I, punti 1, 2, 3 e 4, al fine di correggerne il gusto acido, è autorizzata l'aggiunta di succo di limone e/o di succo concentrato di limone in quantità non superiore ai 3 g per litro di succo, espresso in anidride di acido citrico.
- È autorizzato l'utilizzo di biossido di carbonio come ingrediente.

È vietata l'aggiunta di zuccheri e di succo di limone, concentrato o no, o di sostanze acidificanti come consentito della direttiva 95/2/CE ad uno stesso succo di frutta.

## 2. Trattamenti e sostanze autorizzati

- Processi meccanici d'estrazione,
- gli abituali processi fisici ed i processi di estrazione ad acqua (processo «in line») della parte commestibile dei frutti diversi dall'uva destinati alla fabbricazione di succhi di frutta concentrati, purché i succhi di frutta concentrati ottenuti soddisfino quanto disposto alla parte I, punto 1. L'utilizzo di taluni processi e trattamenti può essere limitato o vietato conformemente alla procedura di cui all'articolo 8, paragrafo 2,
- per i succhi di uva, se è stata utilizzata la solfitazione dell'uva mediante biossido di zolfo, la desolfitazione tramite processi fisici è autorizzata purché la quantità totale di SO<sub>2</sub> presente nel prodotto finito non superi i 10 mg/l,
- enzimi pectolitici,
- enzimi proteolitici,
- enzimi amiolitici,
- gelatina alimentare,
- tannino,
- bentonite,
- gel di silice,
- carboni,
- coadiuvanti di filtrazione e agenti precipitanti chimicamente inerti (perlite, diatomite lavata, cellulosa, poliamide insolubile, polivinilpolipirrolidone, polistirene), conformi alle direttive comunitarie relative ai materiali e agli oggetti a contatto con i prodotti alimentari,
- coadiuvanti di assorbimento chimicamente inerti conformi alle direttive relative ai materiali e agli oggetti a contatto con i prodotti alimentari, utilizzati per ridurre il tenore di limonoidi e naringina del succo di agrumi senza incidere in modo rilevante sul tenore di glucosidi dei limonoidi, acido, zuccheri (compresi gli oligosaccaridi) o minerali.

Esistono poi le *bevande analcoliche alla frutta*, le aranciate e limonate, in cui la percentuale di succo di frutta scende al 12% (i produttori possono però aumentare la percentuale; una delle aranciate nei nostri campioni ha il 15.8% di succo di frutta e in compenso non ha (stando all'etichetta) aggiunte di acido ascorbico.

Se il tenore di succo di frutta risulta inferiore al 12%, si parla di *bevanda al gusto di frutta*.

Tuttavia prossimamente **la soglia minima obbligatoria di succo naturale di frutta nelle bevande analcoliche alla frutta o al gusto di frutta in Italia dovrebbe essere elevata al 20%**. La data di entrata in vigore originariamente specificata nel provvedimento era il 1 gennaio 2013, mentre ora è stata sostituita dalla precisazione “decorsi sei mesi dal perfezionamento con esito positivo della procedura di notifica di cui alla direttiva 98/34/CE”.

La norma comunque dovrebbe essere benefica sia per i consumatori di bevande analcoliche sia per i coltivatori in particolare di agrumi (anche se parte del succo d'arancia viene importato dall'estero).

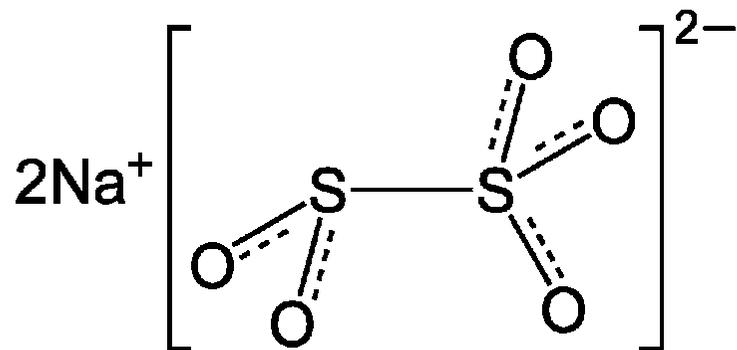
## Dati indicativi di riferimento (mg vitamina C per 100 g di frutto fresco)

[http://www.naturalhub.com/natural\\_food\\_guide\\_fruit\\_vitamin\\_c\\_apple.htm](http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_vitamin_c_apple.htm)

Arancia		<i>Citrus x sinensis</i>	53
Limone (Succo di)		<i>Citrus limon</i>	46
Pompelmo		<i>Citrus Paradisi</i>	34
Ananas		<i>Ananasus comosus</i>	15
Mela <i>Jonathan</i> <i>Delicious</i> <i>Granny Smith</i>		<i>Malus silvestris</i>	6 11 7 12



Invece nel caso dei campioni col limone una anomalia riguarda i succhi commerciali che sono addizionati di sodio metabisolfito  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$



che viene ossidato a solfato sia dallo iodato, sia dallo iodio. Per questo motivo lo iodio residuo che si titola è molto meno di quello che si dovrebbe trovare.