

 UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE  
CHIMICHE



---

**Colori e sapori a tavola:**  
*la cucina tra scienza e tradizione*


*Una Scienza Amica per Una Buona Alimentazione*

*Corso di formazione per insegnanti di discipline scientifiche nella scuola primaria e secondaria*

**21 aprile 2017**

# **Molecole in Cucina**

---



*Vignetta del "cuoco-chimico" di Roberto Mangosi, per gentile concessione dell'autore*

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova



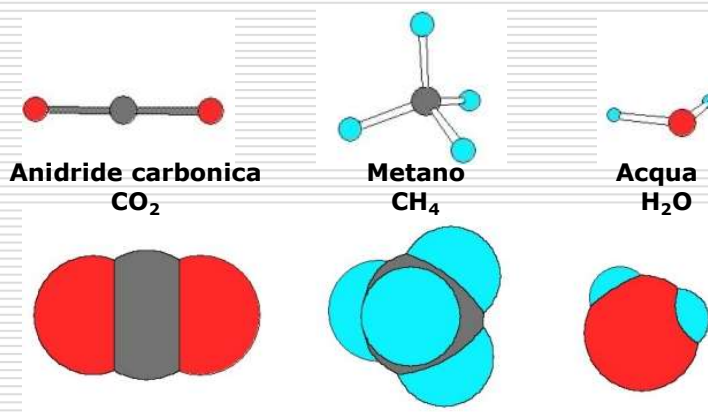
## **Il riconoscimento molecolare**

*Dalla forma e dalla struttura delle molecole dipendono le proprietà organolettiche*

- **Sapori e Aromi**
- **Gusto e Olfatto**

## Le molecole

---



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Le molecole

---

**Dalla forma e dalla struttura di una molecola dipendono alcune importanti proprietà della molecola.**

**L'attività farmacologica.**

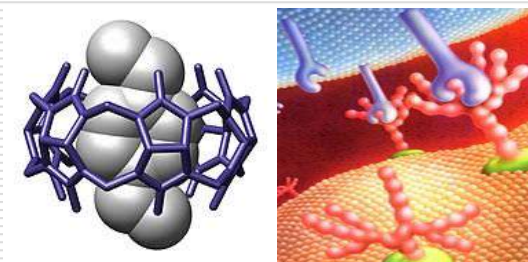
**La tossicità.**

**Il gusto dolce o amaro, il tipo di aroma.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Riconoscimento molecolare

Tutto dipende dalla interazione della molecola con altre molecole che hanno forme e strutture complementari, come i pezzi di un **puzzle** oppure la **chiave e la serratura**.



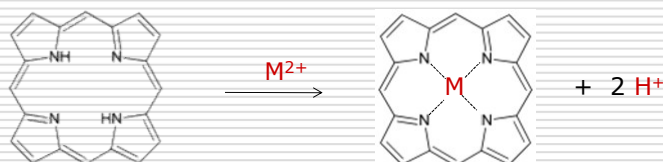
Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Porfirine

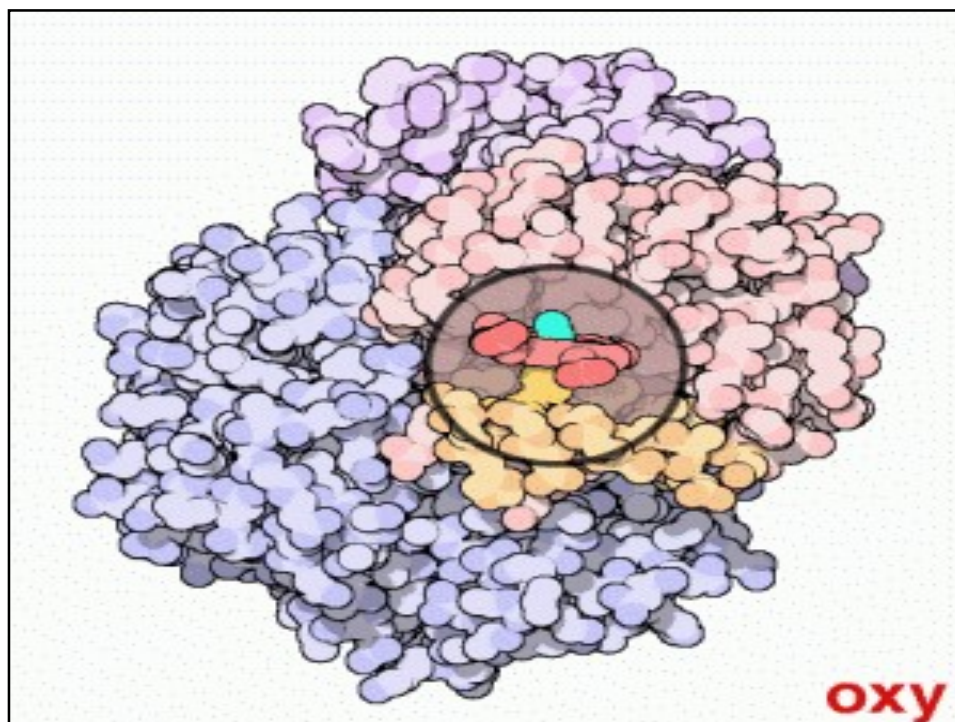
Le **porfirine** sono in grado di coordinare facilmente diversi metalli:

ferro, magnesio, zinco, rame, nicel e cobalto.

Sono responsabili del colore della **carne cruda (ferro)** e **salata (zinco)**, **foglie (magnesio)**, **vitamina B12 (cobalto)**:

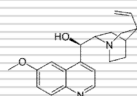


Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

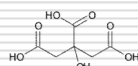


## I sapori

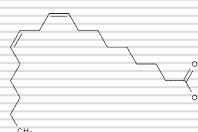
chinino solfato  
[0.0001%]



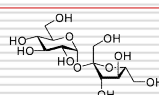
acido citrico  
[0.002%]



acido linoleico  
[0.06%]



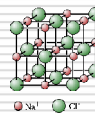
Dolce



saccarosio  
[0.2%]

Amaro

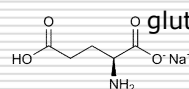
Salato



cloruro di sodio  
[0.004%]

Aspro

Umami



glutammato sodico  
[0.01%]

Grasso

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

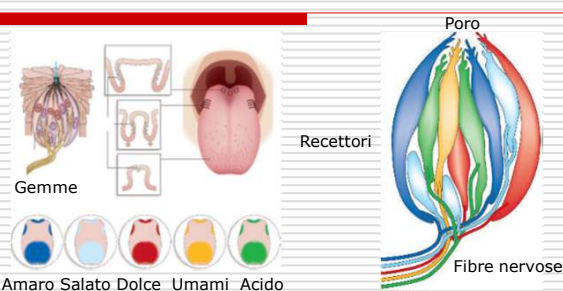
## Aroma e Gusto

Che differenza c'è tra *aroma* e *gusto* ?

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Chemorecettori

Il gusto



Il **gusto** rende possibile la percezione dei **sapori**.  
I **chemorecettori** dei sapori sono distribuiti indifferentemente su tutta la **lingua** (papille) e anche su altre zone della bocca, quali **epiglottide**, **guance**, **faringe** e **palato molle**.

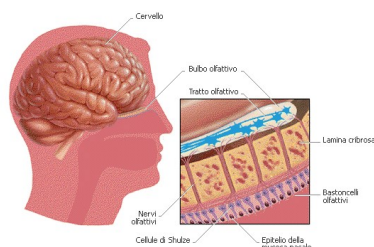
Nature 2006, 444, 288-294

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Chemorecettori

---

### L'olfatto



L'**olfatto** rende possibile tramite i **chemorecettori** la percezione degli **aromi**, ossia della concentrazione, della qualità e dell'identità di molecole volatili e di gas presenti nell'aria.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto e olfatto

---

**Avete mai provato a mangiare una caramella alla fragola tappandovi il naso?**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto e olfatto

Annunciano l'arrivo degli alimenti e preparano l'organismo a metabolizzarli.

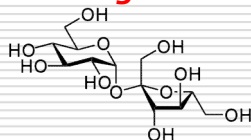
Probabilmente contribuiscono allo stimolo della sazietà.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto dolce: annuncia l'arrivo del glucosio.

Annuncia l'arrivo degli zuccheri (glucosio).

Il saccarosio è composto da **glucosio** e **fruttosio**.



**Il cervello comanda la produzione dell'insulina, l'ormone che regola i livelli di glucosio nel sangue.**

Nell'intestino sono presenti sensori del gusto che favoriscono l'assorbimento del glucosio.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Il fruttosio

---

Mentre **ogni cellula del corpo può utilizzare il glucosio**, **il fegato è l'unico organo in grado di metabolizzare il fruttosio in quantità significative.**

**Quando si segue una dieta ad alto contenuto di calorie e ricca di fruttosio, il fegato viene sovraccaricato** e inizia a trasformare il fruttosio in grasso.

**Il fruttosio, abusato come dolcificante, ostacola il buon funzionamento dell'insulina.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Il fruttosio

---

**Contrasta la leptina**, l'ormone che toglie il senso di fame e ci avverte di non mangiare più se non ne abbiamo più bisogno.

**Nell'intestino sono presenti recettori del dolce:** le sostanze centinaia di volte più dolci dello zucchero come il fruttosio attivano i canali dell'assorbimento del glucosio.

**Il fruttosio contenuto nella frutta o nel miele**, è "riconosciuto" dal nostro organismo in un contesto **naturale** e come tale è **utile** e non dannoso sia per il metabolismo che **per la gestione della sazietà.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## I dolcificanti artificiali

### E i dolcificanti artificiali?



### Le bibite dietetiche (senza zuccheri) inducono l'intolleranza al glucosio e aumentano il rischio di diabete!

Uno studio recente suggerisce che **il consumo di dolcificanti artificiali** aumenta il rischio di sviluppare intolleranza al glucosio alterando la composizione e le funzioni dei batteri intestinali.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

9 OCTOBER 2014 | VOL 514 | NATURE | 181

## ARTICLE

doi:10.1038/nature13793

### Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota

Jotham Suez<sup>1</sup>, Tal Korem<sup>2\*</sup>, David Zeevi<sup>2\*</sup>, Gili Zilberman-Schapira<sup>1\*</sup>, Christoph A. Thaiss<sup>1</sup>, Ori Maza<sup>1</sup>, David Israeli<sup>3</sup>, Niv Zmora<sup>4,5,6</sup>, Shlomit Gilad<sup>7</sup>, Adina Weinberger<sup>2</sup>, Yael Kuperman<sup>8</sup>, Alon Harmelin<sup>8</sup>, Ilana Kolodkin-Gal<sup>9</sup>, Hagit Shapiro<sup>1</sup>, Zamir Halpern<sup>5,6</sup>, Eran Segal<sup>2</sup> & Eran Elinav<sup>1</sup>

Non-caloric artificial sweeteners (NAS) are among the most widely used food additives worldwide, regularly consumed by lean and obese individuals alike. NAS consumption is considered safe and beneficial owing to their low caloric content, yet supporting scientific data remain sparse and controversial. Here we demonstrate that consumption of commonly used NAS formulations drives the development of glucose intolerance through induction of compositional and functional alterations to the intestinal microbiota. These NAS-mediated deleterious metabolic effects are abrogated by antibiotic treatment, and are fully transferrable to germ-free mice upon faecal transplantation of microbiota configurations from NAS-consuming mice, or of microbiota anaerobically incubated in the presence of NAS. We identify NAS-altered microbial metabolic pathways that are linked to host susceptibility to metabolic disease, and demonstrate **similar NAS-induced dysbiosis and glucose intolerance in healthy human subjects**. Collectively, our results link NAS consumption, dysbiosis and metabolic abnormalities, thereby calling for a reassessment of massive NAS usage.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Bibite zuccherate gassate

### Meglio quelle zuccherate?



### Le bibite gassate e zuccherate fanno invecchiare come il fumo!

Uno studio recente ha dimostrato che coloro che bevono circa **due lattine di bibite gassate al giorno** mostrano variazioni nel DNA (accorciamento dei telomeri cromosomici) corrispondente a un **invecchiamento cellulare di circa 5 anni**.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

December 2014, Vol 104, No. 12 | American Journal of Public Health

#### RESEARCH AND PRACTICE

## Soda and Cell Aging: Associations Between Sugar-Sweetened Beverage Consumption and Leukocyte Telomere Length in Healthy Adults From the National Health and Nutrition Examination Surveys

Cindy W. Leung, ScD, Barbara A. Laraia, PhD, Belinda L. Needham, PhD, David H. Rehkopf, ScD, Nancy E. Adler, PhD, Jue Lin, PhD, Elizabeth H. Blackburn, PhD, and Elissa S. Epel, PhD

Sugar-sweetened beverages (SSBs), including soft drinks or sodas, fruit-flavored drinks, sports drinks, and energy drinks, are the largest source of added sugar in the US diet.<sup>1,2</sup> Between 1999 and 2008, it was estimated that adults aged 20 to 34 years consumed an average of 333 to 421 calories per day, and adults aged 35 years or older consumed an average of 236 to 260 calories per day from SSBs.<sup>3</sup> Because of these strikingly high levels of consumption, SSBs have emerged as an important target of public health efforts and policies.<sup>4,5</sup>

In parallel to trends in SSB intake, the prevalences of obesity and type 2 diabetes have also increased in recent years.<sup>6,7</sup> Epidemiological studies have shown that regular consumption of SSBs is associated with increased risks of obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease.<sup>8–11</sup> However, the mechanisms for these associations are complex and not yet fully understood. There is evidence to suggest that excess calories (via lowered

**Objectives.** We tested whether leukocyte telomere length maintenance, which underlies healthy cellular aging, provides a link between sugar-sweetened beverage (SSB) consumption and the risk of cardiometabolic disease.

**Methods.** We examined cross-sectional associations between the consumption of SSBs, diet soda, and fruit juice and telomere length in a nationally representative sample of healthy adults. The study population included 5309 US adults, aged 20 to 65 years, with no history of diabetes or cardiovascular disease, from the 1999 to 2002 National Health and Nutrition Examination Surveys. Leukocyte telomere length was assayed from DNA specimens. Diet was assessed using 24-hour dietary recalls. Associations were examined using multivariate linear regression for the outcome of log-transformed telomere length.

**Results.** After adjustment for sociodemographic and health-related characteristics, **sugar-sweetened soda consumption was associated with shorter telomeres** ( $b = -0.010$ ; 95% confidence interval [CI] =  $-0.020, -0.001$ ;  $P = .04$ ). **Consumption of 100% fruit juice was marginally associated with longer telomeres** ( $b = 0.016$ ; 95% CI =  $-0.000, 0.033$ ;  $P = .05$ ). **No significant associations were observed between consumption of diet sodas or noncarbonated SSBs and telomere length.**

**Conclusions.** Regular consumption of sugar-sweetened sodas might influence metabolic disease development through accelerated cell aging. (*Am J Public Health*. 2014;104:2425–2431. doi:10.2105/AJPH.2014.302151)

## Gusto dolce e amaro

**La soglia di percezione per il dolce è la più alta tra i gusti fondamentali. La percezione si attiva a circa 1 parte di zucchero su 500 di soluzione.**

**L'amaro ha la soglia di sensibilità più bassa ed è percepito per 1 parte di chinino su 1 milione di soluzione.**

**Nell'ambiente naturale dove si evolse la specie umana il dolce era un indicatore di ricchezza nutrizionale del cibo, mentre l'amaro era associato alla tossicità.**

**L'alta soglia di percezione del dolce avrebbe quindi predisposto i primati e ominidi a ricercare i cibi dolci e nutrienti e ad evitare i cibi amari.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto dolce e amaro



Caffè (amaro)  
Zucchero (dolce)  
Cloruro di sodio (salato)

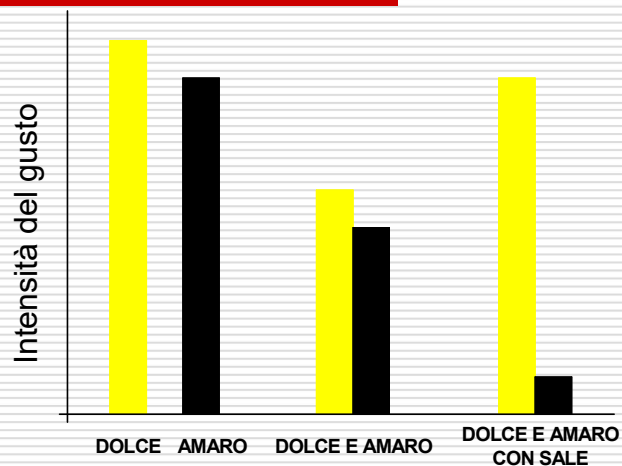
Lo zucchero e il sale diminuiscono la sensazione di amaro del caffè, ma **il sale è più efficace dello zucchero!**

**I miscugli di caffè + zucchero + sale sono meno amari e più dolci di quelli di caffè + zucchero.**

**Tuttavia l'aggiunta del sale allo zucchero non ha alcun effetto, probabilmente il sale neutralizza la diminuzione del dolce causata dal caffè.**

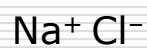
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto dolce e amaro



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto dolce e amaro



Il **sodio** è responsabile dell'effetto osservato: non è un esaltatore di dolcezza ma un soppressore dell'amaro (purtroppo alza la pressione sanguigna!)

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto dolce e amaro

---



L'usanza di aggiungere sale nella cottura di verdure amare (radicchio, indivia) ma anche dolci (carote, piselli), alimenti grassi e carne, e di preparati di pasticceria serviva inconsapevolmente per eliminare i gusti spiacevoli.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto aspro

---

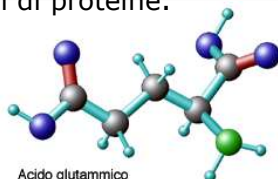
Il gusto aspro è dato dal contenuto in acidi, i quali sono costituiti da ioni idrogeno ( $H^+$ ), che sono i responsabili di questi sapore.

Tra le sostanze acide contenute negli alimenti, vi sono acido acetico, l'acido citrico, acido tartarico e **l'acido ascorbico (vitamina C) indispensabile per l'organismo.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Gusto umami: il saporito

In giapponese significa "saporito" e indica per la precisione il sapore del **glutammato sodico**, che è particolarmente presente in cibi come la **carne**, il **formaggio** ed altri alimenti ricchi di proteine.



Il riconoscimento avviene con un **meccanismo simile a quello del dolce e dell'amaro** e **annuncia l'arrivo delle proteine** preparando l'organismo alla produzione dei metaboliti necessari alla loro assimilazione.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Piccante

**Il piccante non è un gusto, ma una percezione sensoriale, simile al bruciore ma senza essere associato all'alta temperatura.**

**La sensazione viene causata da alcune sostanze chimiche che stimolano i recettori del calore sulla cute e sulle mucose umane.**

La sensazione piccante dipende dalla sostanza che la induce; le principali sostanze sono la **capsaicina**, presente nei **peperoncini**; la **piperina**, presente in tutti i tipi di **pepe**; altri tipi di molecole sono presenti nel **rafano**, nella **senape** e in alcune **rape** o **rapanelli** e infine nell'**aglio**, nella **cipolla** nello **scalogno**.

**Una sensazione affine al piccante è il fresco mentolato, causato dal mentolo, associato alla stimolazione chimica dei recettori del freddo.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Conclusioni

**La famiglia e soprattutto la scuola dovrebbero accompagnare le giovani generazioni all'appropriazione di uno stile alimentare più consapevole.**

**Ridurre la quantità di sale e dolcificanti nella dieta**, oltre ad essere uno straordinario strumento per diminuire il rischio di malattie metaboliche e cardiovascolari, ipertensione e malattie renali, consente di tornare ad apprezzare i sapori originali e la qualità degli alimenti.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Alcuni consigli per educare il gusto

**Le alte temperature inibiscono la percezione dei gusti: abituarsi a consumare gli alimenti a temperature non troppo elevate.**

**Preservare e valorizzare sapidità e fragranze originali degli alimenti prediligendo la cottura a vapore, non avremo bisogno di aggiungere sale.**

**I sapori naturali vengono esaltati dai condimenti acidi: in cucina utilizzare yoghurt naturale, succo di agrumi, aceto e vino bianco, riducendo così il bisogno di sale.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Alcuni consigli per educare il gusto

**Masticare lentamente e soffermarsi a percepire appieno gusti e profumi.**

**Le erbe aromatiche fresche o essiccate esaltano il sapore come e più del sale: imparare ad utilizzare questo grande patrimonio naturale in tutte le ricette.**

**Il sale in cottura altera il volume e la consistenza originali degli alimenti; aggiungerlo solo a cottura ultimata e macinato fresco.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

### *Menu*

\*\*\*

*Prosciutto di Parma e Melone*

*Carpaccio*

\*\*\*

*Spaghetti al Pomodoro*

\*\*\*

*Bollito Misto*

*Florentina*

*Frittura di Paranza*

\*\*\*

*Sacher Torte*

\*\*\*

*Spumante*

*Caffè*

## Colore e consistenza

---

- **Il colore della carne**
- **I colloidi alimentari**

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La chimica in cucina

---

La **fisica** e la **chimica** sono la conoscenza della materia e delle sue trasformazioni:

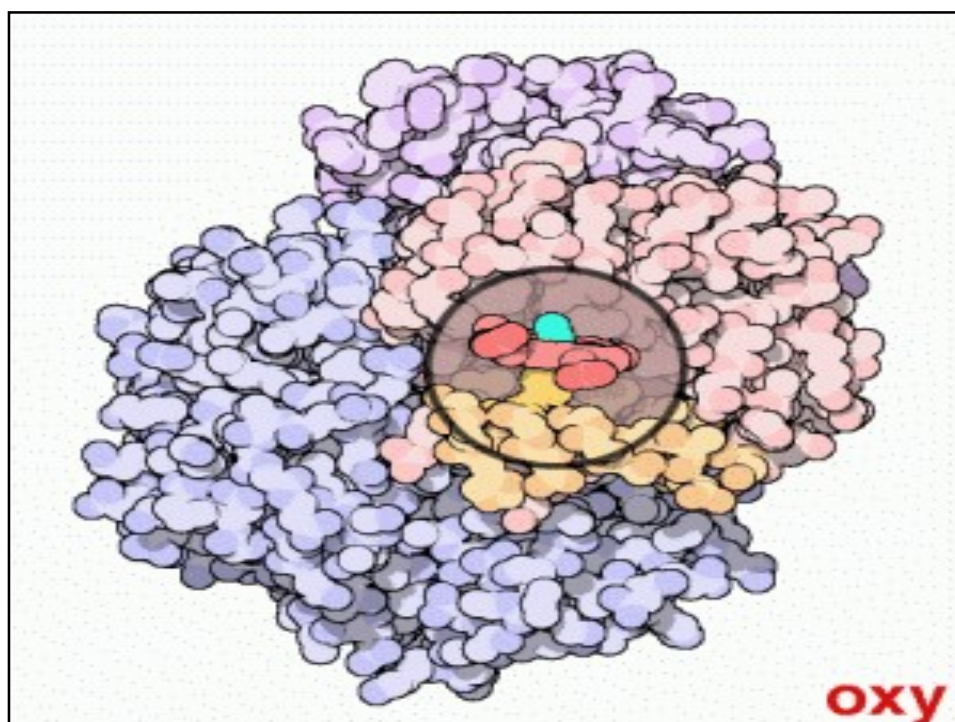
La maionese è un fenomeno fisico: l'emulsione

La cottura è un fenomeno chimico: combustione, ossidazione, riduzione denaturazione delle proteine.

La fermentazione è un fenomeno biochimico: vino, yogurt, lievitazione.

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

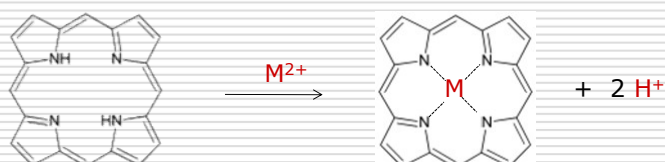


## Prosciutto e Carpaccio

Le porfirine sono in grado di coordinare facilmente diversi metalli:

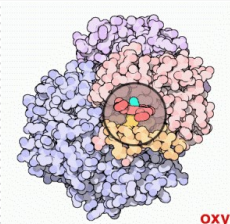
ferro, magnesio, zinco, rame, nicel e cobalto.

Sono responsabili del colore della carne cruda, salata, affumicata e cotta



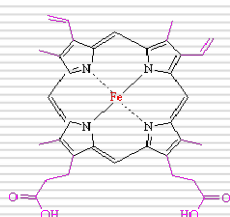
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Perché prosciutto e carne cruda crudo sono rossi



La carne cruda è rossa per la presenza di **emoglobina** e **mioglobina** legate all'ossigeno.

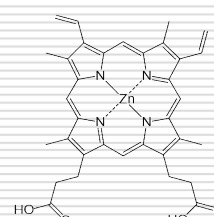
Il prosciutto crudo è rosso per la presenza di **Zn protoporfirina**



**Eme di emoglobina e mioglobina**



**Eme (metallo porfirina)**

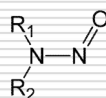


**Eme (Zn protoporfirina)**

## Additivi

Per quanto riguarda gli additivi, possono essere addizionati **nitriti ( $\text{NO}_2^-$ )** e **nitriti ( $\text{NO}_3^-$ )** di sodio e potassio come battericidi (**non nel prosciutto di Parma e San Daniele**).

Tuttavia i nitriti soggetti all'ambiente acido dello stomaco si legano ai composti azotati degli alimenti e si trasformano in **nitrosammine, sostanze cancerogene**.



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Additivi

I nitriti trasformano l'ossiemoglobina in **nitrosoemoglobina**, conferendo alle carni ed in particolare ai salumi una **colorazione rosa** che si mantiene più a lungo.



Anche il colore rosso della carne affumicata e dovuta alla formazione di **nitrosoemoglobina**

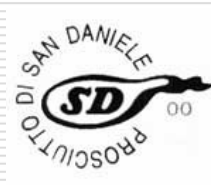


I nitrati sono una sorta di riserva dei nitriti, mano a mano che questi scarseggiano, a partire da essi se ne ottengono di nuovi.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Additivi

Attualmente solo le produzioni di fascia alta (come il [Prosciutto di San Daniele](#) o il [Prosciutto di Parma](#)) e alcuni salumi artigianali non impiegano conservanti di questo tipo.



Tuttavia, non sono proibiti dalla maggioranza dei **disciplinari DOP**.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Emulsioni

### Latte, citronette e maionese



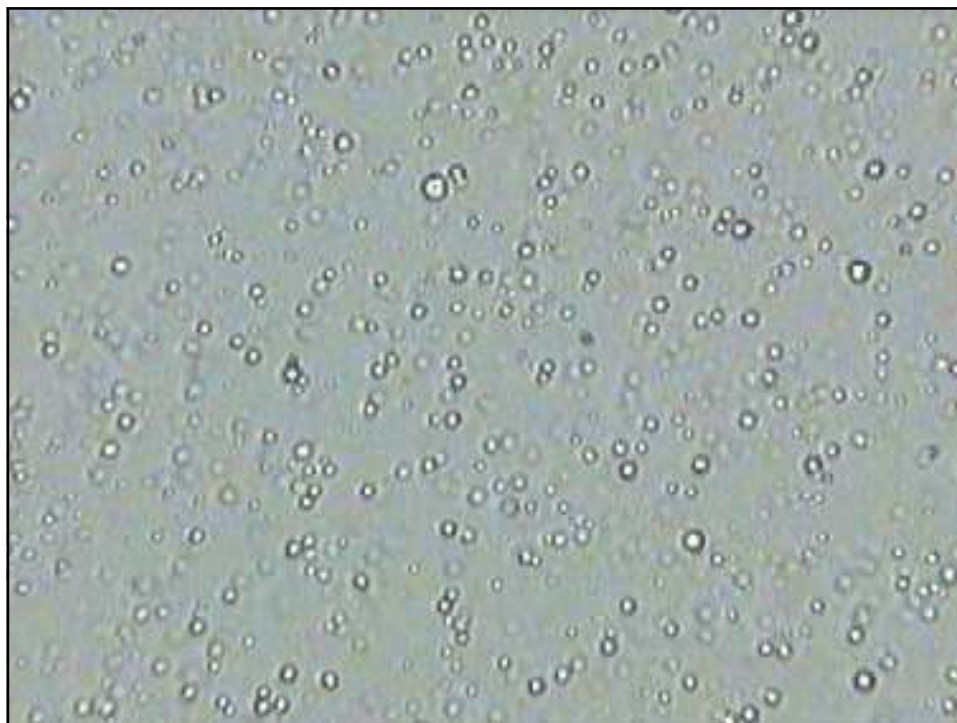
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Colloidi

Un **colloide** è una sostanza o una miscela di sostanze che si trova in uno stato finemente disperso, intermedio tra una soluzione omogenea e una dispersione eterogenea. Alcuni ritengono che lo **stato colloidale** costituisca un ulteriore stato di aggregazione della materia.

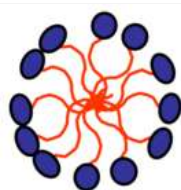
Fase dispersa	Fase continua	Nome	Esempio
Liquido	Gas	Aerosol liquido	Nebbia, spray liquidi
Solido	Gas	Aerosol solido	<b>Fumo</b>
Gas	Liquido	Schiuma	<b>Panna montata, schiuma della birra</b>
Liquido	Liquido	Emulsione	<b>Latte, maionese, burro</b>
Solido	Liquido	Sol	Au o AgI colloidali, <b>sangue ?</b>
Gas	Solido	Schiuma solida	Polistirene o poliuretano espansi
Liquido	Solido	Gel	Opale, <b>formaggio</b>
Solido	Solido	Sospensione solida	Vetri ("Rubino Oro"), leghe metalliche

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova



## Emulsioni

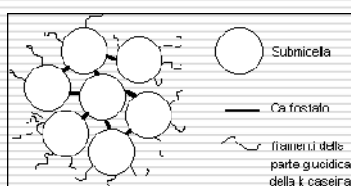
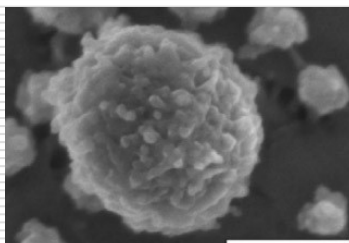
### Il Latte



Le strutture di dimensioni maggiori sono gocce di grasso circondate da migliaia di molecole di proteine (caseina) che si uniscono con l'aiuto di di particelle di fosfato di calcio.

Si formano degli "aggregati" sferici (**micelle**) con un diametro di una decina di micrometri.

## Micelle



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Emulsioni instabili

### Citronette

limone	una parte
olio	quattro parti
sale	q.b

Mistura tra due liquidi che non possono mescolarsi tra loro. Dopo poco tempo le particelle di olio e succo si separano formando grosse gocce diventano sempre più grandi e i due liquidi si separano.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Emulsioni instabili

---



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Emulsioni stabili

---

### Maionese

limone	25 ml
uova	2 tuorli
olio	29 ml
sale	q.b

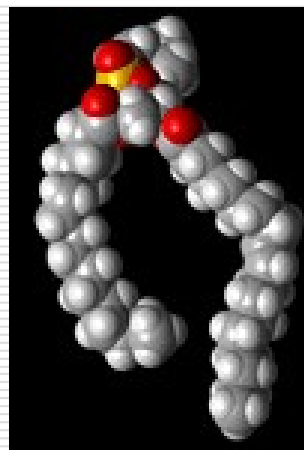
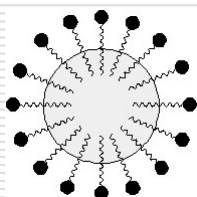
Emulsione stabile: succo e olio rimangono mescolati perché l'uovo contiene una sostanza grassa, la lecitina, che ha una forma particolare a forchetta. Si inserisce tra le particelle di olio e succo e le stabilizza.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Emulsioni stabili

### Lecitina

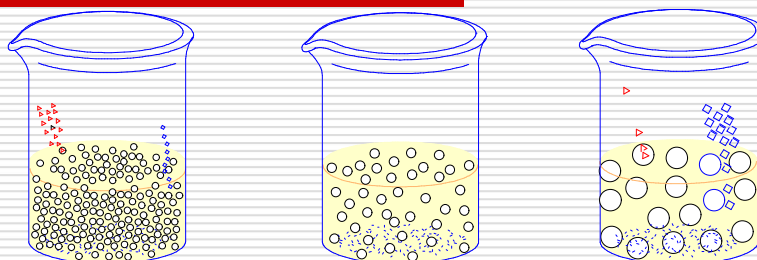
La lecitina è un "fosfolipide" caratterizzata da una testa che si scioglie in acqua e due code che si sciolgono nell'olio.



E' un agente emulsionante

Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Le dimensioni delle gocce



### **Le dimensioni devono essere intermedie**

- ○ ○ Più piccole sono le gocce di lipide, più sottile è lo strato che le molecole emulsionanti formano sulla goccia e più facilmente gli aromi solubili in olio (uovo, mostarda, burro) fuoriescono dall'emulsione. Al contrario gli aromi solubili in acqua (limone, aceto, alcol) fuoriescono più difficilmente perché le emulsioni sono più viscoso.
- ○ ○ Più grandi sono le gocce di lipide, più difficilmente gli aromi solubili in olio fuoriescono dall'emulsione. Al contrario gli aromi solubili in acqua (limone, aceto, alcol) fuoriescono più facilmente dalla soluzione.

Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

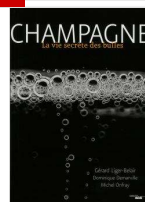
## Le dimensioni delle gocce

Il sapore delle emulsioni (maionese, senape, crema) dipende, a parità di qualità degli ingredienti, dalle dimensioni delle gocce di lipide disperse che contengono gli aromi.

Analogamente, anche il sapore dei vini spumanti dipende dalle dimensioni delle bolle di gas disperse nella schiuma, che contengono gli aromi.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Bollicine

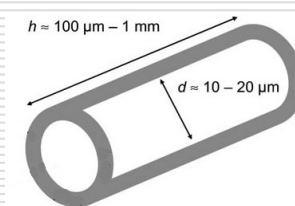
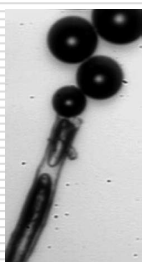


**Gérard Liger Belair**, professore di Fisica all'università di Reims Champagne-Ardenne, nel cuore della regione vinicola dello Champagne, è l'unico ricercatore al mondo dedicato solo allo champagne. Grazie alle sue sofisticate attrezzature, le sue telecamere veloci, esamina le bollicine di champagne dalla nascita fino all'ultimo respiro, quando scoppiano alla superficie del vetro, **Senza bolle, lo champagne sarebbe un vino bianco piatto, un po' dolciastro e senza molto interesse.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Bollicine

L'effervescenza naturale deriva da un evento casuale: la presenza di **microscopiche fibre di cellulosa** che si depositano dall'aria o rimangono dopo aver asciugato il bicchiere con un panno e aderiscono sul vetro a causa di forze elettrostatiche.



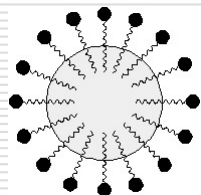
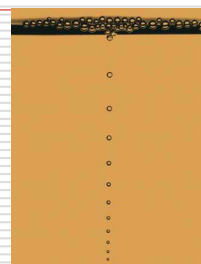
Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Bollicine

**Le bollicine fuoriuscite dalla fibra assorbono al loro interno ulteriore CO<sub>2</sub> (e aromi) durante la salita**, il che aumenta la loro galleggiabilità e incrementa la velocità di ascesa.

Di solito arrivano a un massimo di 1 mm di diametro nel corso del viaggio lungo la flûte, che dura da 1 a 5 secondi.

La traiettoria in fila indiana è stabilizzata dalle molecole tensioattive contenute nel vino (spesso responsabili del profumo).

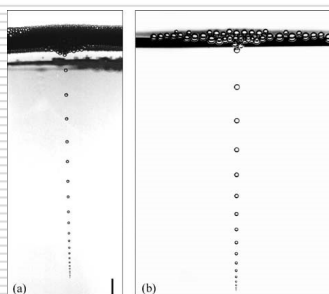


Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Bollicine

Rispetto alla birra, **lo spumante è un liquido relativamente povero di proteine**, quindi ci sono **meno sostanze tensioattive** che aderiscono alle bollicine, rallentandole. Inoltre è **più ricco di CO<sub>2</sub>** e **le bolle raggiungono dimensioni maggiori** perché salgono più velocemente.

**La birra contiene molte proteine**, che ricoprono l'esterno della bollicina durante l'ascesa. Poiché la birra è meno ricca di CO<sub>2</sub>, **le sue bollicine crescono più lentamente**, permettendo alle proteine di rivestirle completamente.



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

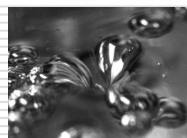
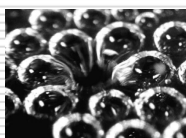
## Bollicine

### Come scoppia una bolla

Sulla superficie **ogni bolla ne ha sei vicine**, in un unico strato:



La maggior parte della bolla si trova sotto la superficie come un iceberg. Il fluido comincia ad allontanarsi dalla sommità e dopo circa 10-100  $\mu\text{s}$  **la bolla collassa deformando le bolle vicine**:



**L'esplosione non induce una reazione a catena delle bolle vicine**

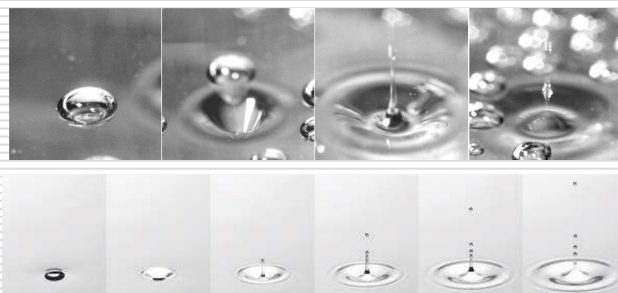
Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Bollicine

### Come scoppia una bolla

Le pareti della bolla esplosa, sottoposte ad una pressione positiva, sono spinte verso l'alto e formano **un getto di liquido** a una velocità di qualche metro al secondo.

Il getto **si separa in alcune gocce** di diametro dell'ordine di 100  $\mu\text{m}$ .

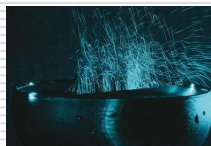


Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Bollicine

### Come scoppia una bolla

Lo scoppio di centinaia di migliaia di bolle forma sopra la superficie un **aerosol** responsabile della liberazione degli aromi.



I bicchieri incisi, **in particolare le flûte**, permettono un rimescolamento molto più vigoroso di quelli non incisi, e quindi si ottiene **un rilascio maggiore di CO<sub>2</sub> e composti ricchi di aroma**.

Questo **non è necessariamente positivo**, perché **una quantità eccessiva di CO<sub>2</sub> è irritante** e modifica la valutazione dell'aroma.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Bollicine

Questo aerosol svolge un ruolo fondamentale nella diffusione aroma migliorando drasticamente il trasferimento di liquido e dei suoi aromi nell'aria circostante.

Le migliori condizioni per lo scoppio bolla che ottimizzano l'evaporazione dell'aerosol sono:

**bolle grandi e liquidi debolmente viscosi**

**un bolla grande di raggio (~ 1.8 mm) rende il trasferimento di liquido nell'aerosol più efficiente.**

**Questo risultato è notevole in quanto mina la credenza popolare che più piccole sono le bolle, migliore è lo spumante.**

**Bolle piccole sono peggiori in termini di rilascio di aroma.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

The infographic features a central image of a champagne flute filled with sparkling wine. Surrounding it are eight boxes, each containing a chemical structure and a description of its aroma contribution:

- GAMMA-DECALACTONE**: Fruity, peachy and sweet aroma
- METHYL DIHYDROJASMONATE**: Sweet, fruity, floral aroma
- DODECANOIC ACID**: Dry and metallic notes
- DECANOIC ACID**: Acid and toasty aromas
- 7,8-DIHYDROVOMIFOLIOL**: Contributor to fruity aroma
- ETHYL MYRISTATE**: Sweet and waxy aroma
- PALMITIC ACID**: Waxy and creamy aroma
- PALMITOLEIC ACID**: Oily and waxy aroma

Note that there are many other compounds contributing to the aroma of champagne - this is merely a selection!

© COMPOUND INTEREST 2014 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | @COMPOUNDCHEM  
Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.

CC BY NC ND



## Spaghetti al pomodoro

Anche la pasta di grano duro cotta è un gel

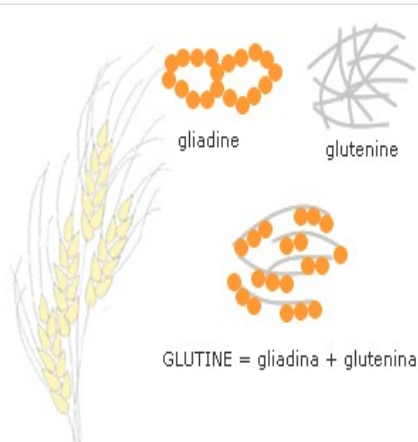


Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La pasta

### Il glutine

È un complesso proteico costituito principalmente da [gliadine](#) e [glutenine](#) che costituiscono circa l'80% dell'intera frazione proteica presente nella [cariosside di frumento](#); il glutine si forma durante l'impasto con acqua della [farina](#) di alcuni cereali, tra cui frumento, farro, segale e orzo, e si presenta come un **reticolo viscoso e elastico**.



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La pasta

**Il glutine:** preparate un impasto di farina "0" o "00", lavoratelo sotto un filo di acqua fredda di rubinetto, e ottenete un reticolo di glutine



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La pasta

### Il glutine

**Il glutine del grano duro è più resistente e tenace di quello del grano tenero:** la farina di grano tenero può essere utilizzata per la preparazione del pane, mentre la farina di grano duro (semola) è ideale per la preparazione della pasta. Le proteine di alcuni cereali, come il riso ed il mais, non riescono a formare il glutine.

**La pasta di grano duro è in grado di assorbire molecole all'interno del reticolo di glutine che si gonfia nell'acqua e assorbe il sale (NaCl)**

Alimenti contenenti glutine	Alimenti privi di glutine
frumento, orzo, segale, farro	grano saraceno, amaranto, mais, miglio, riso, soia

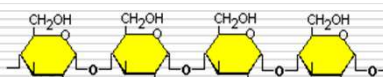
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La pasta

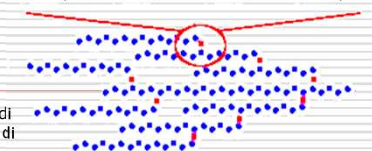
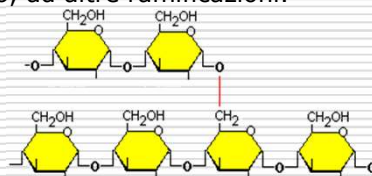
**L'amido** La farina contiene amido, una miscela di due polisaccaridi, **l'amilosio** e **l'amilopectina**

**L'amilosio** è costituito da catene lineari di residui di glucosio uniti mediante legami  $\alpha$ -1,4.

Nei principali cereali, quali frumento, mais e orzo, l'amilosio costituisce il 25% circa dell'amido.



**L'amilopectina** è composta da catene lineari di residui di glucosio uniti, mediante legami  $\alpha$ -1,6, ad altre ramificazioni.



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Il pomodoro: *licopene*

La maggiore fonte dietetica di **licopene** ma anche **carotenoidi**, **antocianine**, polifenoli, è rappresentata dal pomodori a cui conferisce il tipico colore rosso.

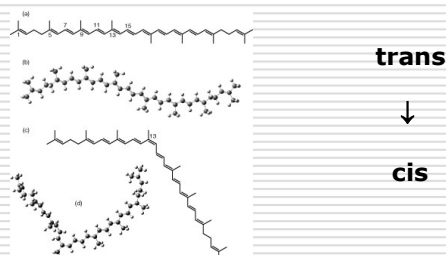
Il licopene è presente **in natura principalmente sotto forma di isomero *trans* (>90%)**, mentre **nel plasma e nei tessuti umani è presente principalmente sotto forma di isomero *cis* (>60%)**.

**La trasformazione può avvenire durante il processo di produzione (estrazione del licopene dal pomodoro) e/o direttamente nello stomaco.**

Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Il licopene

- Il licopene è un [antiossidante](#) ma all'interno del pomodoro fa parte di una matrice che ne impedisce l'assorbimento.
- La cottura facilita la sua estrazione e il passaggio dalla forma **trans** a quella **cis più solubile**.
- Gli isomeri trans e cis possiedono la stessa attività biologica, ma la forma cis è più solubile e quindi più biodisponibile.



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Il pomodoro

L'assorbimento del licopene è favorito anche dalla contemporanea presenza di [lipidi](#): il piatto tipico della [cucina mediterranea](#) (spaghetti con [olio di oliva](#), basilico e passata di pomodoro) è quindi un alimento ideale.

Il licopene è infatti in grado di prevenire efficacemente il cancro alla [prostata](#) e neutralizzare l'ossigeno singoletto, un [radicale libero](#) implicato nei processi di [invecchiamento e degenerazione cellulare](#).

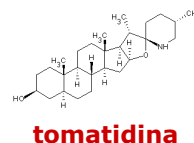
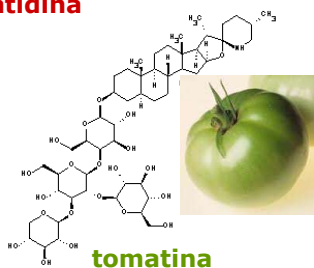
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Il pomodoro

### Pomodoro: rosso o verde ?

**Tomatina:** presente nella parte verde del frutto, alcaloide glicosidico ad azione fungicida ha proprietà potenzialmente tossiche in particolare sulla flora batterica intestinale.

Durante la maturazione la **tomatina** viene sostituita dalla **tomatidina**

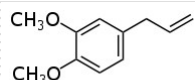


Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Il pomodoro

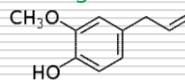
### Basilico

Nelle piante di basilico di altezza minore di 10 cm il contenuto di **metileugenolo** è maggiore rispetto all'eugenolo. Nelle piante di altezza maggiore di 10 cm il composto prevalente è l'**eugenolo**.



metil-eugenolo

**antibatterico, insetticida**



eugenolo

**antisettico e anestetico**



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova



## **Trasformazione degli alimenti**

- **Trasmissione del calore**
- **Tecniche di cottura**

## La cottura

---

La cottura degli alimenti è un processo noto sin dall'antichità, che mediante l'utilizzo del calore, trasferito ai cibi attraverso:

**conduzione**  
**convezione**  
**irraggiamento**

modifica le proprietà chimiche, fisiche e biologiche degli alimenti.

Saverio Santi - Dipartimento di  
 Scienze Chimiche - Università di  
 Padova

## Cotture tradizionali

---

### **Conduzione:**

Cotture alla piastra, tegame, etc. avvengono, in assenza di acqua sulla superficie del contenitore o dell'alimento, a temperature superiori a 140 °C.

### **Convezione:**

Cotture in acqua avvengono a temperature di poco superiori a 100 °C. La **concentrazione di sostanze disciolte o sospese** e la **pressione** aumentano la temperatura a ca. 120°C

### **Irraggiamento:**

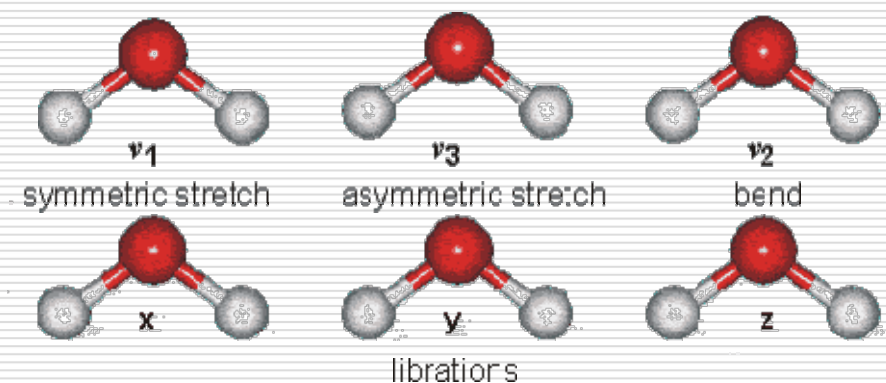
Cotture al forno (a legna, a gas, elettrico) o alla lampada avvengono per irraggiamento di radiazione infrarossa e a temperature superiori a 140 °C.

Nei forni ventilati vi è il contributo della **convezione**.

Saverio Santi - Dipartimento di  
 Scienze Chimiche - Università di  
 Padova

## L'acqua

L'acqua ( $H_2O$ ) è il principale componente di molti alimenti



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## Cotture tradizionali: la bollitura

**La bollitura è una cottura per conduzione/convezione.**

La carne ricca di tessuto connettivo deve essere cotta a lungo, a temperature non troppo elevate e in ambiente acquoso.

Il brodo è una preparazione essenziale in cucina perché presenta numerose possibilità d'uso: **gelatina**, **liquido di cottura**, ridotto di volume in cottura prolungata, si ottiene una preparazione bruna e saporita, il "**fondo bruno**" per salse.



Saverio Santi - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università di Padova

## La bollitura

---

**Liebig** indicò che immergendo la carne nell'acqua bollente le proteine coagulano sulla superficie della carne, impedendo ai succhi di uscire. Il brodo deve il suo gusto ai succhi della carne, per cui sarebbe:

*il brodo meno buono quando la carne è inizialmente immersa in acqua bollente, e il bollito più saporito;*

*il brodo migliore se la carne è immersa inizialmente in acqua fredda, e meno buono il bollito.*

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura

---

**Hervé This** è un chimico fisico francese considerato il padre della *gastronomia molecolare*, ossia di un approccio scientifico all'arte culinaria.



*Ricercatore all'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), dirige la Fondazione di Scienza e Cultura Alimentare dell'Accademia Francese delle Scienze.*

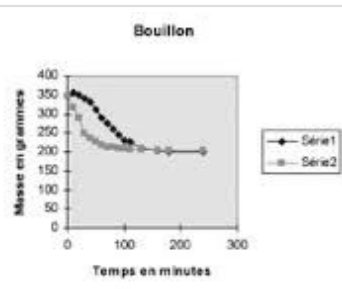
**Ha verificato la teoria di Liebig in un esperimento gastronomico condotto con il rigore di una ricerca scientifica.**

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura

Il grafico riporta la variazione di peso nel tempo di due pezzi di carne della stessa massa iniziale, cotti l'uno in acqua inizialmente bollente (serie 1), e l'altro in acqua inizialmente fredda (serie 2):



**Le masse dei due pezzi sono uguali dopo circa due ore di bollitura.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura

**La teoria di Liebig, improbabile nella teoria, è falsa nella pratica!**

**In una degustazione alla cieca non è possibile distinguere un brodo dall'altro, o un bollito dall'altro.**

**Un buon suggerimento: la carne lasciata raffreddare nel brodo assorbe una parte del brodo per un 10% del suo peso.**

**Ma allora perché non lasciare raffreddare la carne in un succo di tartufi!**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura delle verdure

---

Le verdure verdi, come broccoli, fagiolini o carciofi, spesso perdono il loro colore dovuto alla presenza della **clorofilla**:

**Oltre ad essere alla base della fotosintesi, ha importanti proprietà terapeutiche:**

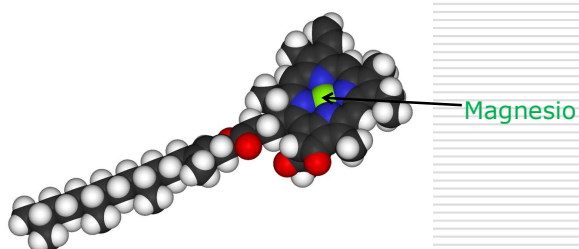
- normalizzatrice della flora batterica intestinale;
- battericida e antinfettivo;
- rafforza il sistema immunitario;
- accresce enormemente il livello di ossigeno nelle cellule.

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura delle verdure

---



---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura delle verdure

*La colorazione verde è dovuta alla presenza di magnesio che viene liberato in ambiente acido:*

**usare molta acqua per diluire gli acidi che si liberano in cottura;**

**evitare di tagliare a pezzetti la verdura per limitare la dispersione delle sostanze nutrienti durante la cottura;**

**immergere le verdure in acqua bollente, la clorofilla si altera maggiormente quando la temperatura è tra 65 e 75°C;**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La bollitura delle verdure

**non aggiungere mai bicarbonato di sodio al liquido di cottura; mantiene la colorazione ma la consistenza ne risente con perdita di vitamine e di sali minerali;**

**lasciare la pentola scoperta nella cottura dei vegetali verdi, per consentire l'eliminazione degli acidi liberati;**

**coprire invece gli ortaggi bianchi per limitare il contatto con l'ossigeno che tende a ossidare;**

**dopo la cottura al dente raffreddare in acqua fredda per bloccare la trasformazione della clorofilla e fissare il colore verde.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Cottura a microonde

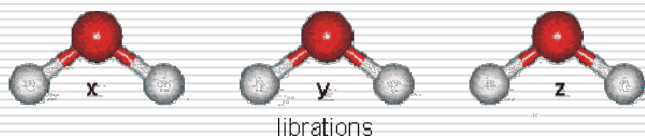
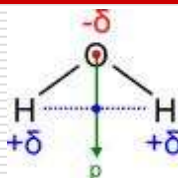
La cottura a microonde è una tipologia specifica di trasferimento dell'energia per irraggiamento.

Una molecola con un momento di dipolo non nullo che interagisce con le microonde **ruota su se stessa**.

Il meccanismo di funzionamento di un forno a microonde prevede un dispositivo, chiamato **magnetron**, che genera un **campo elettromagnetico** variabile, ovvero la radiazione a microonde.

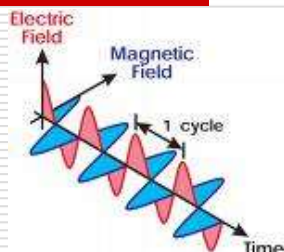
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Cottura a microonde



L'oscillazione del campo elettromagnetico, che si ripete 2 miliardi e 450 milioni di volte al secondo (2,45 GHz), è capace di produrre rotazioni nelle molecole che possiedono polarizzazione, principalmente **acqua**, ma anche **lipidi**, **proteine** e **zuccheri**.

## Cottura a microonde



La rotazione delle molecole con momento dipolare non nullo è la risposta del tentativo della molecola di allineare il suo dipolo (e di conseguenza orientare la posizione delle molecola stessa) nella direzione del campo elettrico.

## Cottura a microonde

Il campo elettrico oscillante nel suo andamento sinusoidale, impone un moto rotatorio alle molecole che tendono ad allineare al campo il loro dipolo.

**La rotazione delle molecole dipolari induce a sua volta un riscaldamento intenso e velocissimo nell'intorno delle molecole stesse in rotazione: in queste condizioni di elevatissima temperatura a livello micro-locale, l'efficienza del trasferimento di calore diviene altamente efficiente.**

**La cottura avviene all'interno dell'alimento dove l'acqua è presente in maggiore quantità.**

## Cottura sottovuoto

Nelle cucine professionali ci sono attrezzature adatte per cotture prolungate e controllate **a bassa temperatura**, grazie all'utilizzo della tecnica sottovuoto.

Il cibo da cuocere è chiuso sottovuoto in appositi **sacchetti di plastica** e cotto a bagnomaria alla temperatura desiderata per molte ore, oppure **contenitori di acciaio**.



A pressioni molto basse l'acqua bolle a temperatura ambiente; **gli alimenti cedono liquido in quantità minore.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Cottura sottovuoto

**Il contenitore viene posto in un forno a vapore perché la sua cottura deve mantenersi tra i 50 e i 70 °C.**

**La mancanza di ossigeno fa sì che gli alimenti non si ossidino:** le verdure restano verdi o non si annerisce, la frutta mantiene i propri colori brillanti e naturali.

**I liquidi estratti e i condimenti vengono assorbiti dagli alimenti** in pochi secondi permettendo una **marinatura istantanea.**

Il **profilo aromatico** (composti volatili), il **colore** (clorofille, xantofille, carotenoidi), le **sostanze antiossidanti** (polifenoli, antocianine) e **i sapori sono mantenuti ed esaltati nelle cotture a bassa pressione.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Cottura sottovuoto

Le carni cotte a temperatura di 65 ° C risultano più tenere, come l'interno di un bollito o di una carne ai ferri:



***Il bollito non bollito di Massimo Bottura***

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

### *Menu*

\*\*\*

*Prosciutto di Parma e Melone*

*Carpaccio*

\*\*\*

*Spaghetti al Pomodoro*

\*\*\*

*Bollito Misto*

*Florentina*

*Frittura di Paranza*

\*\*\*

*Sacher Torte*

\*\*\*

*Spumante*

*Caffè*

---

➤ **La denaturazione delle proteine**

➤ **La frittura**

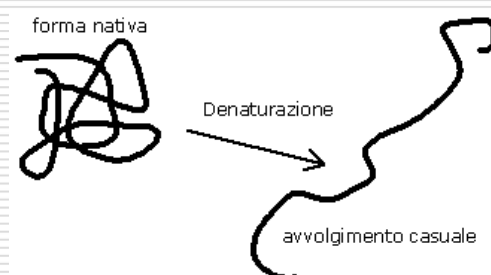
➤ **La reazione di Maillard**

---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine

Le proteine tendono a denaturare.



---

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine

### Uovo sodo

Il calore denatura le proteine facendo evaporare l'acqua.

Perché a volte il tuorlo diventa verde?

Il **verde** intorno al tuorlo dell'uovo sodo è solfuro di **ferro** e viene prodotto nella reazione chimica tra il ferro contenuto nel tuorlo e il **solfuro di idrogeno** che si libera da alcune proteine dell'albume che contengono **zolfo** (ecco perché appare nel punto di contatto tra i due).

Il ferro è legato a una proteina del tuorlo, la **fosvitina**.



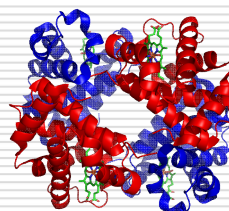
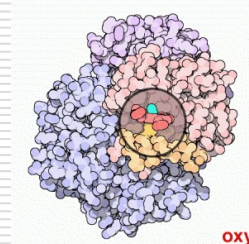
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine

### La carne

L'emoglobina e la mioglobina contengono il ferro, che "fissa" l'ossigeno e lo trasporta.

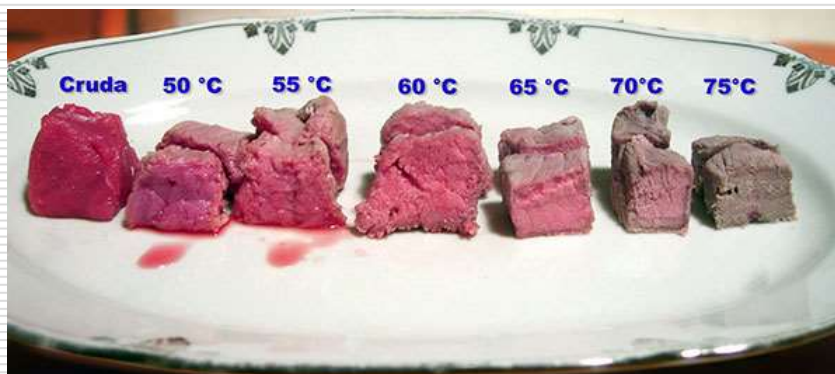
L'imbrunimento della carne durante la cottura è causato dall'ossidazione del ferro che trasforma la mioglobina in meta-emoglobina incapace di legarsi all'ossigeno.



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine

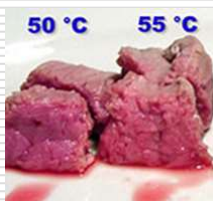
Utilizzando un termometro che permetta di misurare la temperatura interna è possibile monitorare la cottura:



Blog Bressanini

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine



Le molecole di **miosina**, la principale proteina delle fibre muscolari, **denaturano** e **coagulano**. Si legano tra loro, liberando acqua.

La **carne è "al sangue"** e comincia ad avere una consistenza più ferma.



La mioglobina si comincia a denaturare e diventa grigio-bruna. La carne diventa sempre più ferma e di colore rosato. Le fibre contengono ancora acqua, ma i succhi scorrono molto meno. Si ottiene la **"cottura media"**.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La denaturazione delle proteine



Le proteine coagulate non trattengono l'acqua e il volume si riduce di circa un sesto. La carne è rosa ma tende al grigio-marroncino (**media-ben cotta**). E' umida ma non è più molle.

La mioglobina è quasi tutta denaturata e coagulata. L'acqua è completamente uscita dalle fibre. La carne è quasi completamente grigio-marrone e **"ben cotta"**. E' secca e dura.

La carne è dura e asciutta, praticamente **immangiabile**. **La carne troppo coagulata diventa scarsamente attaccabile dai succhi gastrici e indigesta.**

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Dieta vegetariana e vegana

**Il prof. Franco Berrino, è stato uno dei pochi ricercatori italiani chiamati a collaborare al *Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer*, pubblicato nel 2007 dal World Cancer Research Fund.**

**Cosa ne pensa del vegetarianesimo, veganesimo, macrobiotica, attenzione al biologico...**

"Sono movimenti che stanno sensibilizzando le persone sulla necessità di diminuire il consumo di carni rosse, di eliminare gli alimenti ricchi di grassi e zuccheri o coltivati con l'utilizzo di pesticidi. Ma come dicevo non sono un fanatico di niente, perché per stare bene **dobbiamo essere flessibili e ogni tipo di rigore non fa bene alla salute**. Alcuni vegetariani, ad esempio, non mangiano correttamente perché eccedono nel mangiare latticini, alcuni vegani mangiano troppi zuccheri. Benissimo essere vegetariani o vegani, ma con competenza e criterio."

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La reazione di Maillard

### La fiorentina



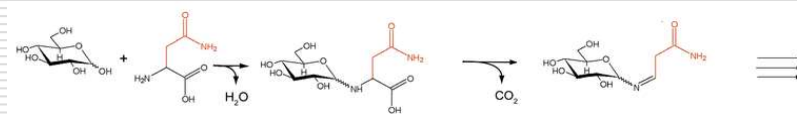
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Reazione di Maillard

La reazione chimica più importante di tutta la cucina è sicuramente la *reazione di Maillard*.

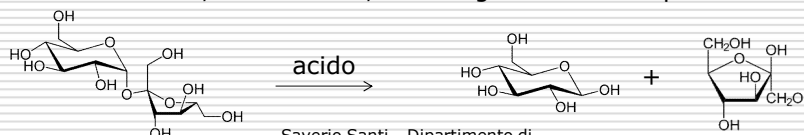
Avviene tra gli **amminoacidi** delle proteine e gli **zuccheri**.

**E' responsabile dell'imbrunimento del cibo e del caratteristico odore di crosta di pane appena sfornato, avviene a temperature tra 140°C e 180 °C,**



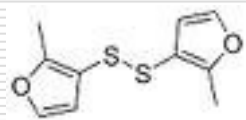
Solo gli zuccheri "riducenti" come glucosio, fruttosio, lattosio, reagiscono con gli amminoacidi.

Lo zucchero comune, il saccarosio, non reagisce se non in presenza di acidi:



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

La reazione di Maillard forma **centinaia di piccole molecole odorose**, responsabili di molte aromi. I dettagli di questa reazione non sono ancora noti perfettamente.



“gusto di carne”.

**Le condizioni assolutamente necessarie perché avvenga la reazione di Maillard è che la temperatura raggiunga almeno 140 °C e non sia presente acqua esternamente (è un prodotto della reazione che deve subito evaporare).**

Questo significa che l'imbrunimento può avvenire solo sulla **superficie della carne**: internamente è sempre presente dell'acqua che le impedisce di superare i 100 °C.

**Avviene in tutte le tostature come nel pane, nei biscotti, nel caffè e nel cioccolato**

### *Menu*

\*\*\*

*Prosciutto di Parma e Melone*

*Carpaccio*

\*\*\*

*Spaghetti al Pomodoro*

\*\*\*

*Bollito Mistto*

*Florentina*

*Frittura di Paranza*

\*\*\*

*Sacher Torte*

\*\*\*

*Spumante*

*Caffè*

## La frittura

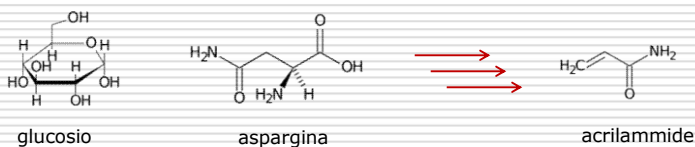
- A temperature elevate si formano sostanze nocive
- I lipidi tendono a ossidarsi, polimerizzare e idrolizzarsi



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La frittura

Negli alimenti, durante i processi di cottura a temperature maggiori di 180°C, per esempio friggendo, cuocendo al forno e arrostando, **si forma l'acrilamide come prodotto indesiderato tra uno zucchero riducente (glucosio, fruttosio, lattosio) e l'aspargina come sottoprodotto della "reazione di Maillard"** :



La diminuzione della quantità di zuccheri riducenti (ad es. glucosio) e/o aspargina nelle patate (come Agria, Jelli e Spunta) equivale a ridurre la concentrazione di acrilamide.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Acrilammide

L'acrilamide era conosciuta solo per il suo impiego nei processi industriali come quelli della produzione di plastici, colle, carta e cosmetici.

L'esposizione accidentale dei lavoratori ad **alti livelli di acrilamide** ha portato all'identificazione di questa sostanza come **neurotossica**.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Acrilammide

### **Il colore aiuta ad individuare la presenza di acrilammide:**

le tonalità di colore dal marroncino al marrone scuro che si vedono su: patate, pane, pizza, biscotti, cereali da colazione, fette biscottate...:

Alimento	Acrilamide microgrammi/kg
Prodotti da forno	50-450
Patatine fritte	50-3.500
Cereali da colazione	50-1.346
Biscotti, cracker, toast	30-3.200
Patatine fritte in casa	3.500-12.000

L'Efsa (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) ha stilato un rapporto in cui valuta i livelli di acrilammide e di altre sostanze nocive nel cibo (2015-2016):

[http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/161215chemicalsinfoodreport.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/161215chemicalsinfoodreport.pdf)

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## La frittura

Rinunciamo ad una buona frittura croccante?

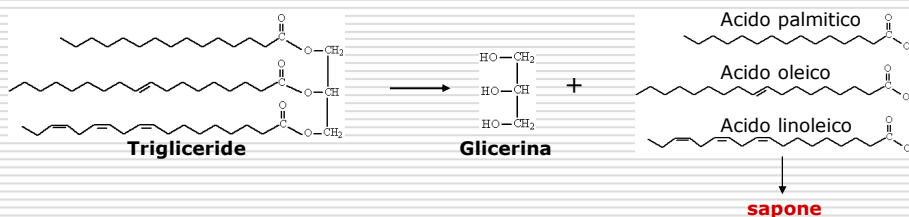
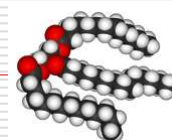


La chimica ci suggerisce un buon rimedio: lasciare a bagno in acqua e aceto qualche ora le patate, o "sbollentarle" qualche minuto, prima di friggerle. Questa operazione estrae il glucosio presente diminuendo anche del 70-80 % l'acrilamide.

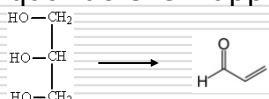
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Grassi: buoni e cattivi

Trigliceridi



**Attenzione!** Se si scalda troppo l'olio fa male:  
quando si sviluppa fumo si forma **acroleina**



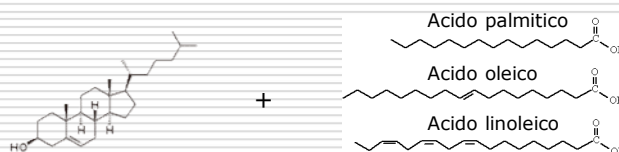
Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

Extra virgin olive oil	160°C
Unrefined peanut oil	160°C
Semirefined safflower oil	160°C
Unrefined soy oil	160°C
Unrefined walnut oil	160°C
Hemp seed oil	165°C
Butter	177°C
Semirefined canola oil	177°C
Coconut oil	177°C
Unrefined sesame oil	177°C
Semirefined soy oil	177°C
Vegetable shortening	182°C
Lard	182°C
Macadamia nut oil	199°C
Refined canola oil	204°C
Semirefined walnut oil	204°C
High quality (low acidity) extra virgin olive oil	207°C
Sesame oil	210°C
Cottonseed oil	216°C
Grapeseed oil	216°C
Virgin olive oil	216°C
Almond oil	216°C
Hazelnut oil	221°C
Peanut oil	227°C
Sunflower oil	227°C
Refined corn oil	232°C
Refined high-oleic sunflower oil	232°C
Refined peanut oil	232°C
Refined Safflower oil	232°C
Semirefined sesame oil	232°C
Refined soy oil	232°C
Semirefined sunflower oil	232°C
Olive pomace oil	238°C
Extra light olive oil	242°C

**Punto di fumo**

## Buoni e cattivi

### Colesterolo



E' "buono" o "cattivo": dipende dall'acido grasso con cui si lega

## Fritto non fritto

Un valida alternativa alla frittura in olio è la **frittura in glucosio**.

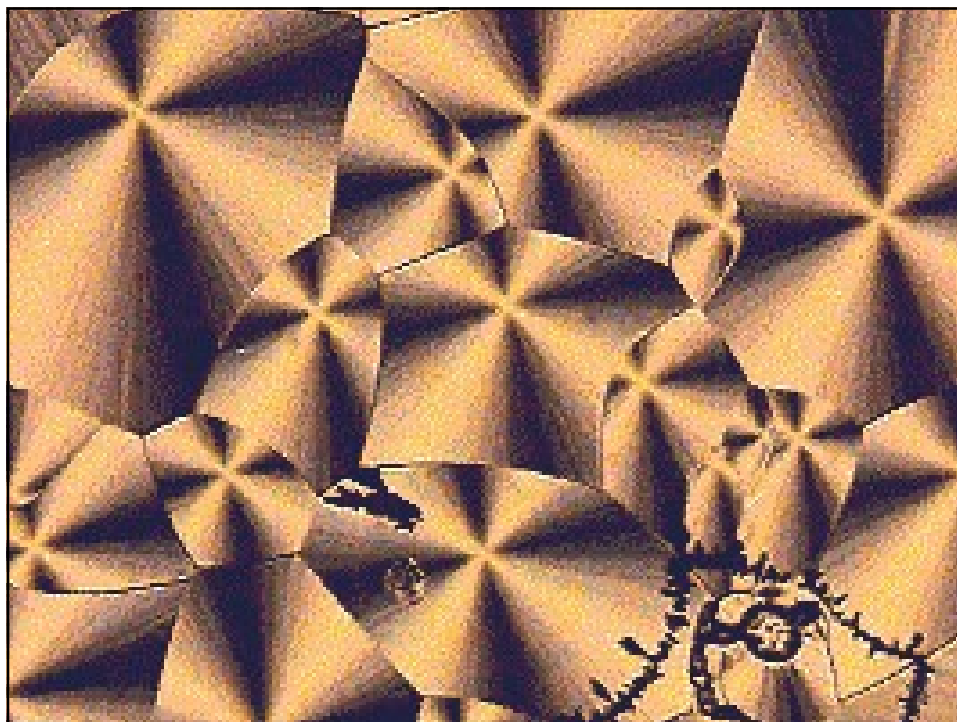
Il glucosio in polvere viene estratto dall'uva, fonde a 160 °C ed è stabile fino a 190 °C.



Permette una **cottura più veloce e più sana** perché si evitano i grassi e la sua capacità di condurre il calore **riduce i tempi di cottura**.

Si ottengono **preparazioni più soffici e saporiti** perché la sua **densità maggiore** di quella dell'olio permette il trattenimento del vapore d'acqua, dei liquidi e degli aromi.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova





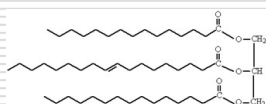
## Sacher Torte



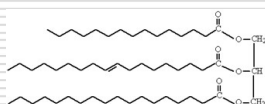
### IL TEMPERAGGIO DEL CIOCCOLATO

Il temperaggio serve a dare al cioccolato caratteristiche fisiche ben definite e durevoli nel tempo che consentono al cioccolato di conservarsi a lungo **compatto, leggermente, lucente, croccante (snap!), rigido.**

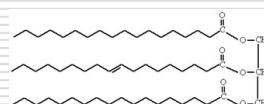
Le proprietà fisiche del cioccolato dipendono principalmente dalla composizione dei suoi grassi: una miscela di **trigliceridi** da acido palmitico (**P**), stearico (**S**), e oleico (**O**).



**POP**  
**15-20%**



**POS**  
**35-40%**



**SOS**  
**23-25%**



Blog Bressanini

In un cristallo le molecole si dispongono in maniera ordinata nello spazio.

Scaldando il reticolo si rompe e il cristallo fonde

Si forma una nuova struttura cristallina, più stabile

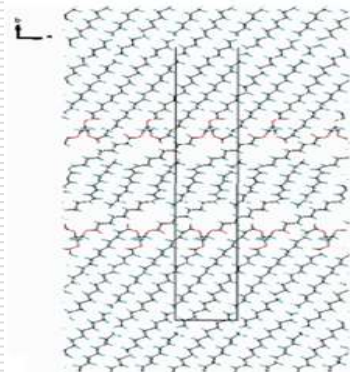
La struttura finale è molto più densa della precedente:  
le palline sono molto più impaccate.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

Forma	Come si ottiene	Punto di fusione
I $\gamma$	raffreddamento rapido	16-18 °C
II $\alpha$	raffreddamento rapido a 2 °C. 1 ora a 0 °C	22-24 °C
III $\beta_2'$ mista	solidificazione a 5-10 °C Dalla II a 5-10 °C	24-26 °C
IV $\beta_1'$	Solidificazione a 16-21 °C Dalla III a 16-21 °C	26-28 °C
V $\beta_2$	Per tempera Forma desiderata. Lucida e compatta.	32-34 °C
VI $\beta_1$	Dalla V, 4 mesi a temperatura ambiente Il burro di cacao migra in superficie	35-36 °C

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

Il burro di cacao, il grasso presente nel cioccolato deve cristallizzare nella forma  $\beta(V)$ . Il cioccolato fondente si deve sciogliere ad una temperatura di 45-50°C per poi riportarlo a 28°C, per poi riportarla a 31°C.



K.F. Van Malssen, A.J. Van Langevelde, R. Peschar, H. Schenk. **Patent** WO 01/06863 (2001)  
<http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Publications/Highlights/2004/SCM/SCM8>

I cristalli instabili del burro di cacao grazie a questo processo si trasformano nella forma  $\beta(V)$  che conferisce al cioccolato le proprietà migliori e la **capacità di sciogliersi letteralmente in bocca avendo una temperatura di fusione di poco inferiore alla temperatura corporea (32-34 °C).**



Saverio Santi - Dipartimento di  
 Scienze Chimiche - Università di  
 Padova

Il Metodo dei **germi di cristallo** è più facile. Possiamo usare un pezzo di cioccolato già temperato come sorgente di germi di cristalli  $\beta(V)$ .



Si fonde il cioccolato a bagno maria mescolando.

Raggiunta la temperatura di  $45^{\circ}\text{C}$  si toglie dal fuoco. Tutti i cristalli sono fusi. Si aggiunge il pezzo di cioccolato temperato che contiene i germi di cristallo  $\beta(V)$ .



Si mescola fino a che la temperatura del cioccolato diminuisce fino a  $31-32^{\circ}\text{C}$  e si mantiene questa temperatura fino all'uso.

La forma  $\beta(V)$ , grazie alla sua forma cristallina molto compatta solidificando si restringe un poco e quindi è facile estrarre il cioccolato ben temperato dagli stampi.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova



## Conclusioni

---

La chimica e la fisica sono la conoscenza della materia e delle sue trasformazioni.

La cucina è una specie di chimica e di fisica applicata: conoscere la fisica e la chimica aiuta a capire meglio quello che fa e a cucinare meglio.

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

## Libri

### **Pentole & provette**

Hervé This

### **Cucina e scienza**

Stefano Colonna, Fabiano Guatteri

### **Cucina, Chimica e Salute**

Rosario Nicoletti

### **La scienza in cucina**

Peter Barham

### **La scienza in cucina**

*(Piccolo trattato di gastronomia molecolare)*

Hervé This



### **BlogScienza in cucina:**

<http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/>

<http://www.cookingforengineers.com/>

Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova

...grazie a tutti per l'attenzione!



Saverio Santi - Dipartimento di  
Scienze Chimiche - Università di  
Padova