

BioTechnologieSanitarie.it

Yogurt e verdure  
fermentate

## **Produzioni biotecnologiche alimentari**

# Indice

## Introduzione

## Yogurt

## Kefir

## Crauti

## Olive da mensa

## Photo credits

*Nel trattare gli argomenti vengono anche presi in considerazione i seguenti approfondimenti:*

- fermentazione lattica
- probiotici





# **Introduzione**

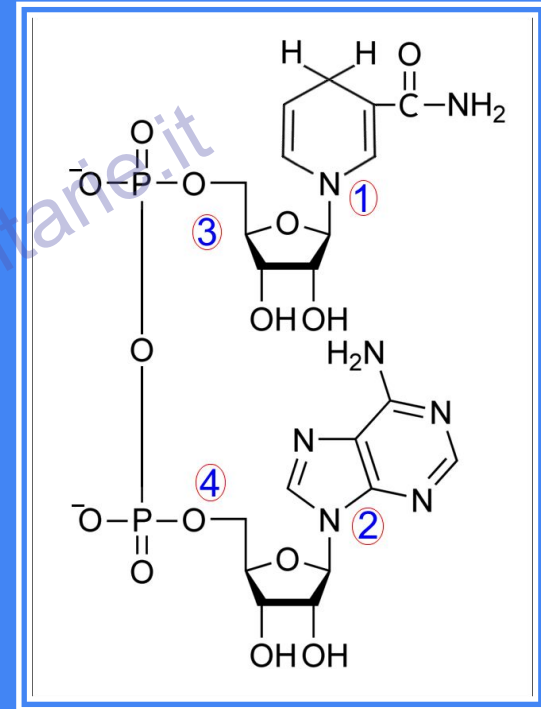
BioTecnologieSanitarie.it

# Introduzione

Yogurt e verdure fermentate derivano dalla fermentazione lattica, una via metabolica per produrre energia molto diffusa in natura. Viene effettuata in assenza di ossigeno da parte di batteri e cellule animali. Si parte, come nella respirazione cellulare, dalla molecola di glucosio che viene trasformata in due molecole di acido piruvico, composto formato da soli tre atomi di carbonio.

# Introduzione

In questa fase si producono 4 molecole di ATP ma se ne consumano 2 per cui il guadagno netto è di 2 molecole di ATP. Inoltre si formano 2 molecole di NADH. Il NAD (nicotinammide adenina dinucleotide) è una molecola che consente le ossido-riduzioni. Agisce trasferendo elettroni. Quindi è un coenzima ossidoriduttivo. NADH è la sua forma ridotta (immagine).



1

# Introduzione

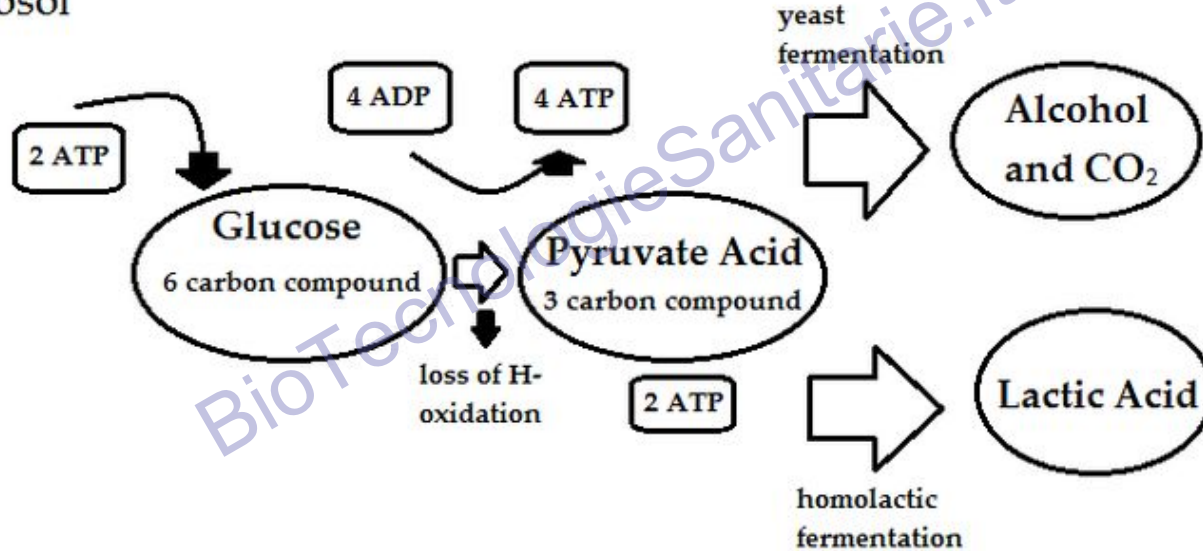
Il NADH deve essere trasformato nella sua forma ossidata e se non c'è ossigeno viene convogliato nella via fermentativa che può essere lattica o alcolica.

La fermentazione lattica, effettuata principalmente da batteri del genere *Lactobacillus*, produce acido lattico.

La fermentazione alcolica, in cui i principali protagonisti sono i lieviti del genere *Saccharomyces*, produce etanolo e  $\text{CO}_2$ .

# Introduzione

Anaerobic  
Cytosol



# Introduzione

La fermentazione lattica di cui ci occuperemo in queste pagine ha una bassa resa energetica ma è molto importante nelle produzioni biotecnologiche alimentari perché è la via biochimica per ottenere prodotti di largo consumo.

Da tenere presente che si parla di fermentazione omolattica perché l'eterolattica, sempre appannaggio di un sottogruppo di lattobacilli, porta alla formazione di una molecola di acido lattico, una di etanolo e una di anidride carbonica in un rapporto 1:1:1





**Yogurt**

BioTecnologieSanitarie.it

# Yogurt

Lo yogurt è un alimento che si ottiene dalla fermentazione dello zucchero lattosio presente nel latte.

Possono essere utilizzati tutti i tipi di latte, compreso quello di soia che non è animale.



Yogurt guarnito con frutta

# Yogurt

La fermentazione produce acido lattico che agisce sulle proteine del latte conferendo il tipico sapore.

La produzione può essere casalinga o industriale.

Il processo produttivo industriale comprende: la concentrazione, l'omogeneizzazione, il trattamento termico, l'inoculazione dello starter, la fermentazione e il confezionamento. Vediamo le singole fasi.

# Yogurt

## 1. Concentrazione

Il latte destinato alla produzione di yogurt viene prima di tutto raccolto e poi concentrato.

Il latte è una miscela eterogenea. Infatti al microscopio appare come una serie di goccioline (grasso) in un liquido trasparente.

La concentrazione consente di eliminare circa il 10% dell'acqua contenuta.

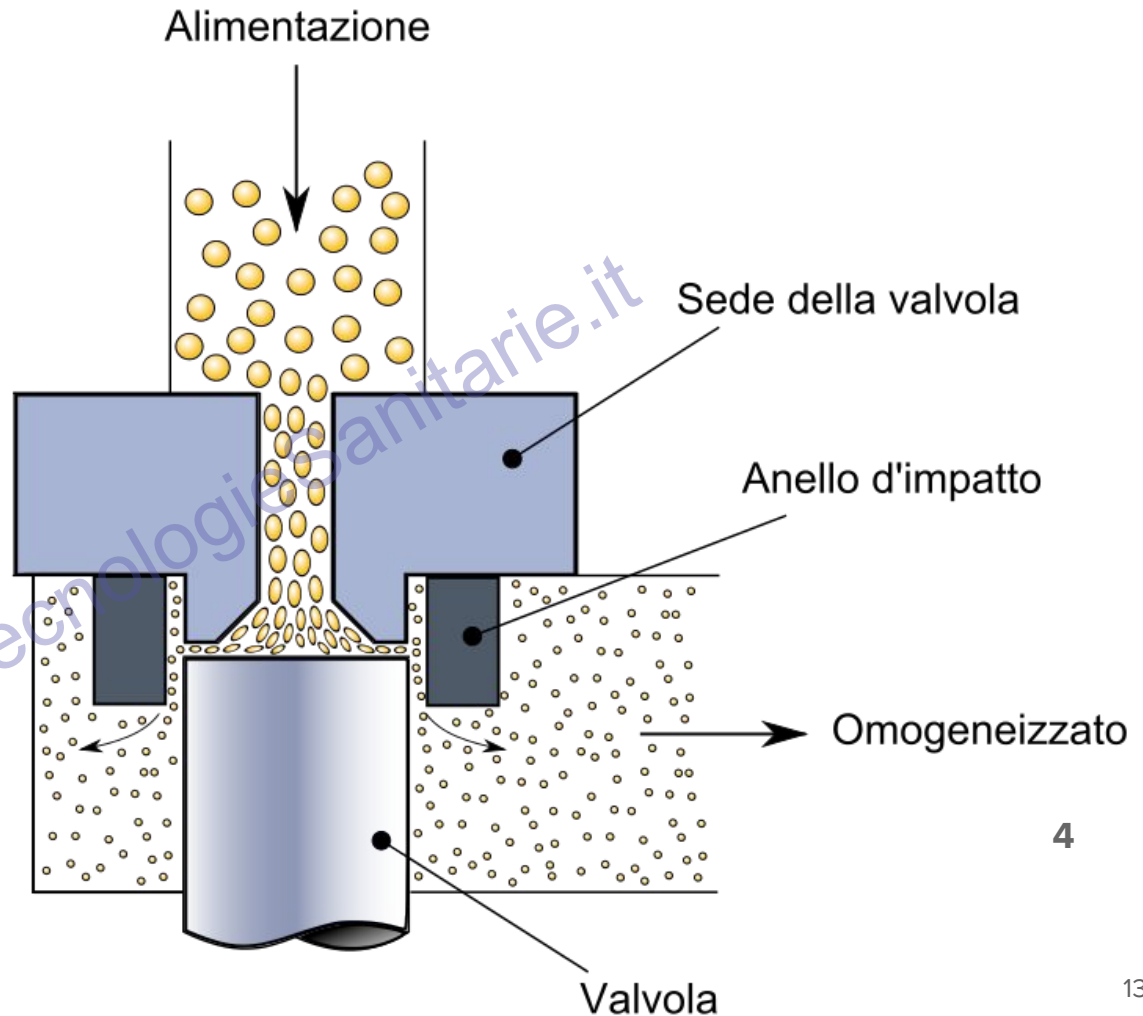
# Yogurt

## 2. Omogeneizzazione.

In genere i grassi del latte tendono a separarsi dal miscuglio eterogeneo e ad affiorare mentre l'acqua sedimenta.

Lo scopo del processo è quindi quello di frammentare le grosse particelle di grasso in minutissime goccioline. Si ottiene questo sottoponendo il latte a forti e improvvise cadute di pressione.

Non solo il prodotto sarà esteticamente migliore ma anche più digeribile.



# Yogurt

## 3. Pastorizzazione

Il trattamento termico consiste nella pastorizzazione ed ha come fine quello di eliminare dal latte ogni microrganismo patogeno (batteri in forma vegetativa, funghi e lieviti) ma nello stesso tempo di preservare il più possibile le caratteristiche organolettiche, chimiche e fisiche. Per il latte si preferisce la pastorizzazione alta ma in questo caso si va oltre i 75° - 85°C per 10 - 15 secondi.

# Yogurt

## 3. Pastorizzazione

Infatti si preferisce adottare 90°C per 5 minuti. ([Fonte ASSOLATTE](#)).

La scelta è legata al prodotto che si vuole ottenere e soprattutto a creare un ambiente in cui i fermenti che vengono aggiunti subito dopo possano lavorare meglio. Quindi le proteine vanno denaturate perché si possano formare complessi proteici con elevata capacità nel trattenere l'acqua da parte del coagulo acido.

# Yogurt

## 3. **Pastorizzazione**

Questa temperatura consente inoltre di eliminare dal latte, che è un prodotto alimentare a bassa acidità, la Listeria monocytogenes, uno dei batteri più temibili per le infezioni alimentari.

Nell'immagine la Listeria è ingrandita 41.250 volte.





# Yogurt

## 4 e 5. Inoculazione con starter e fermentazione lattica

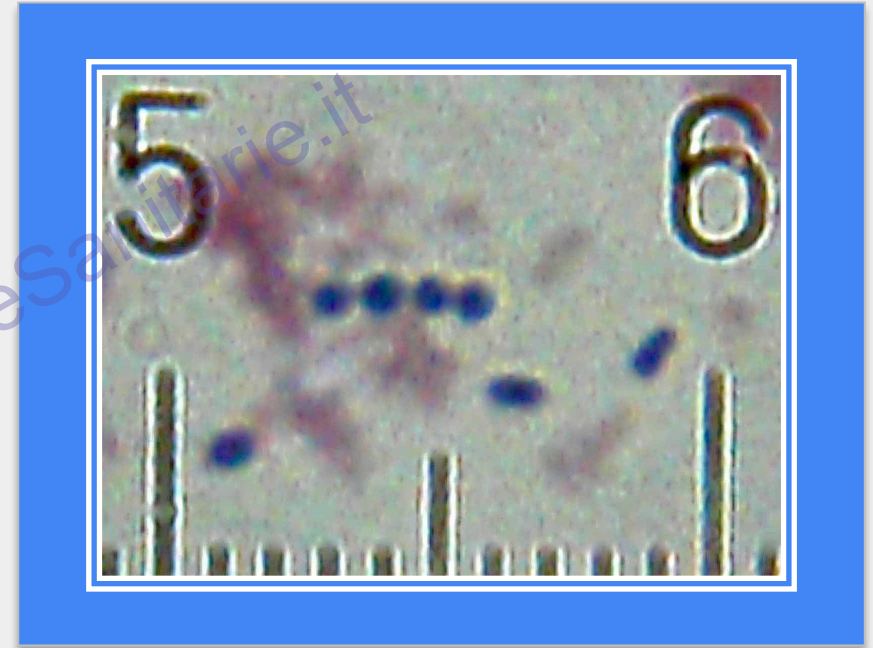
Il latte, a questo punto, viene raffreddato ed inoculato con fermenti standardizzati secondo le prescrizioni della legge italiana:

- ★ *Streptococcus thermophilus*
- ★ *Lactobacillus delbrueckii*, variante *bulgaricus*

# Yogurt

## Streptococcus thermophilus.

- Batterio Gram-positivo, classificato come batterio lattico (LAB).
- Anaerobio aerotollerante.  
Termofilo con temperature ottimali di crescita tra 36 - 42°C ma resiste anche a trattamenti di pastorizzazione a 62°C per 20 - 30 minuti.
- Non sopravvive ai succhi gastrici
- Presente naturalmente nel latte e nelle colture per la produzione di emmenthal, mozzarella, groviera, asiago ...

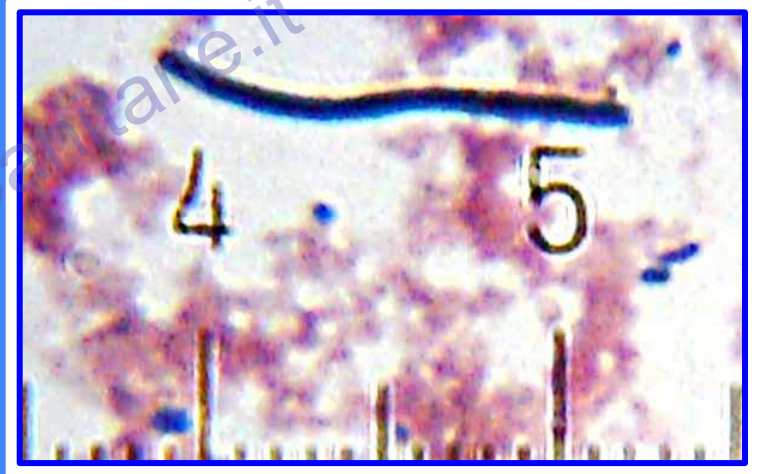


Streptococcus thermophilus  
da campione di yogurt Activia

# Yogurt

## Lactobacillus delbrueckii.

- Batterio lattico (LAB), Gram-positivo, lungo e filamentoso, acidofilo cioè richiede pH bassi per svilupparsi
- Ha necessità nutrizionali particolari che lo rendono ideale per la produzione di yogurt. Degrada solo lattosio da cui produce acido lattico. Nella fermentazione produce acetaldeide, fondamentale per il sapore. Coagula le proteine del latte ed è importante per la conservazione.



Lactobacillus delbrueckii  
da campione di yogurt Activia

# Yogurt

## 4 e 5. Inoculazione con starter e fermentazione lattica

La fermentazione può avvenire all'interno di fermentatori a cui segue poi il confezionamento oppure direttamente dentro le confezioni. In genere occorrono 4 -9 ore. I batteri fermentanti scindono il lattosio nei suoi due componenti, glucosio e galattosio, per procedere poi alla fermentazione lattica. Alla fine si ha la coagulazione del latte e l'acquisizione del suo caratteristico sapore acido.

Solo a fermentazione avvenuta può essere aggiunta frutta o marmellata.

# Yogurt

Ovviamente lo yogurt può essere prodotto anche a casa purché:

- si abbiano i batteri fermentanti
- si scaldi il latte in modo da denaturare le proteine ed eliminare i germi patogeni (soprattutto se si usa latte crudo)
- si rispettino le temperature e i tempi di produzione
- lo si consumi in tempi rapidi

# Yogurt

## Cosa dice la legge?

Secondo la legge italiana, ai fini della commercializzazione, può essere considerato yogurt solo il latte fermentato con i due batteri citati. Tutti gli altri sono *latti fermentati*.

Inoltre ci sono precisi vincoli in ordine al numero di cellule batteriche che devono risultare vive e vitali fino al momento della scadenza. Scadenza che non è fissata per legge ma cade sotto la responsabilità del produttore.

# Yogurt

## Cosa dice la legge?

La sopravvivenza dei batteri fermentanti è garantita dalla conservazione a 4°C e quindi deve essere assicurato il mantenimento della catena del freddo.

A proposito di cellule batteriche vive e vitali questi sono i numeri da tenere presente:  $10^7$  / g di prodotto (quindi 10.000.000) e ciascuna delle due specie non deve essere presente inferiormente a  $10^6$  / g (quindi 1.000.000).

# Yogurt

## Cosa dice la legge?

La ricerca scientifica ha recentemente evidenziato che però lo *Streptococcus thermophilus* non sopravvive all'attività dei sali biliari e probabilmente anche il secondo batterio ha qualche difficoltà ad arrivare integro all'intestino.

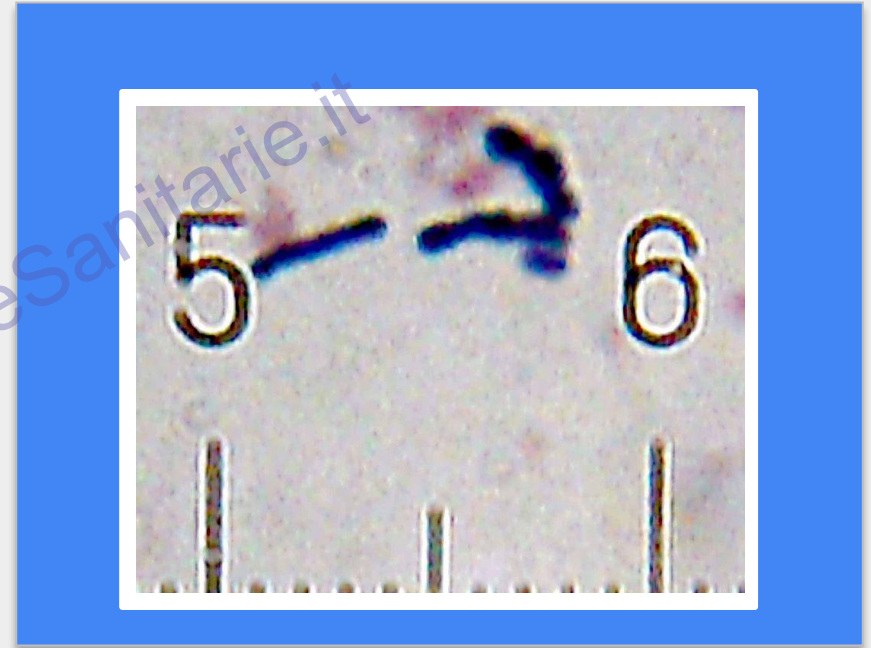
Al giorno d'oggi la ricerca ha riportato l'attenzione sui benefici alla salute dovuti al microbiota intestinale e anche l'industria alimentare si è impegnata a produrre latti fermentati in cui ci sia presenza di microrganismi probiotici (batteri dei generi *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*) in grado di colonizzare realmente il nostro intestino.



# Yogurt

## Bifidobacterium

- Batterio Gram-positivo, immobile, anaerobio.
- Normale ospite dell'intestino crasso dei mammiferi, uomo compreso
- Alcuni bifidobatteri sono riconosciuti come probiotici come *B. animalis* nell'immagine, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. longum* (uno dei primi batteri a colonizzare il tratto intestinale dei neonati), *B. thermacidophilum* ...

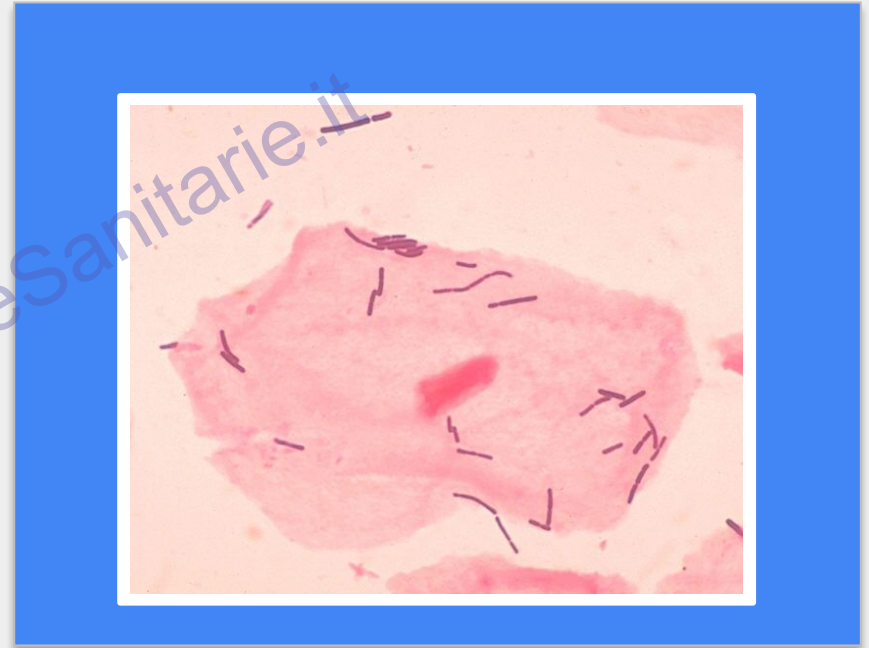


*Bifidobacterium animalis*  
da campione di yogurt Activia

# Yogurt

## Lactobacillus

- A questo genere appartengono batteri Gram-positivi, anaerobi facoltativi o microaerofili.
- Normali ospiti della vagina e del tratto gastro-intestinale.
- Si contano una sessantina di specie di cui diversi sono riconosciuti come probiotici tra cui *L. acidophilus* e *L. casei* ...



*Lactobacillus acidophilus*  
in campione di cellule epiteliali vaginali  
Microscopio ottico

# Yogurt

## Cosa dice la legge?

Ecco cosa recitano le “Linee Guida Probiotici e Prebiotici” del Ministero della Salute (2005):

“i probiotici sono microrganismi vivi e vitali che conferiscono benefici alla salute dell’ospite quando consumati, in adeguate quantità, come parte di un alimento (compresa l’acqua) o di un integratore”.

# Yogurt

## Cosa dice la legge?

Ne scaturisce dal punto di vista merceologico questa distinzione:

- yogurt con - dizione che deve essere seguita dal nome del probiotico aggiunto che però non è intervenuto direttamente nel processo di fermentazione
- latte fermentati - può essere presente il nome o i nomi dei probiotici che sono stati impiegati per la fermentazione

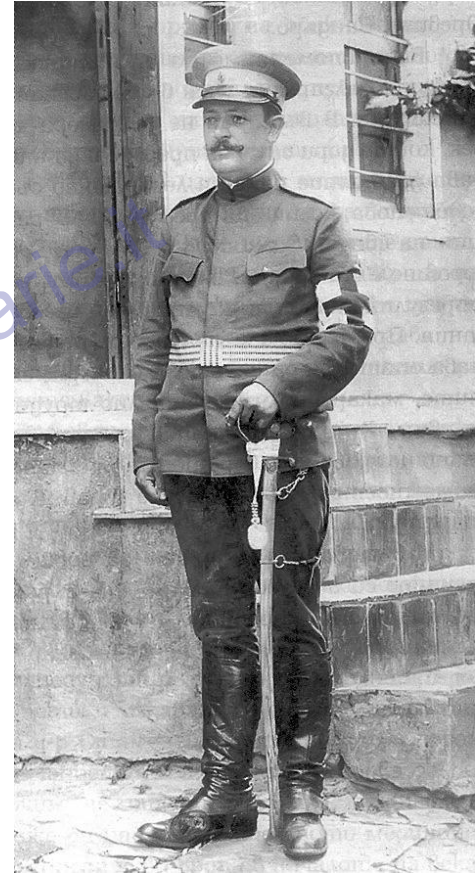
# Yogurt

Per completare il discorso è interessante riportare alcuni cenni storici.

I lattici fermentati sono stati sempre prodotti e consumati anche dalle popolazioni più antiche, solo che non c'era alcuna conoscenza scientifica che spiegasse cosa avveniva nel latte e ad opera di chi. Il primo scienziato a capire i meccanismi e soprattutto il beneficio sulla flora batterica intestinale fu Elie Metchnikoff (1845-1916) che lavorava presso l'istituto Pasteur a Parigi.

# Yogurt

Ma a sua volta Elie Metchnikoff fu influenzato da un altro scienziato Stamen Grigorov (1878 - 1945) che, da studente di medicina a Ginevra, isolò i batteri presenti nello yogurt bulgaro e studiò in maniera particolare il *Lactobacillus bulgaricus*.



Stamen Grigorov

# Yogurt

La prima produzione industriale di yogurt si deve a Isaac Carasso che nel 1919 inaugurò un piccolo stabilimento a Barcellona che chiamò Danone (piccolo Daniel, dal nome del figlio).



# Yogurt

Altro fattore degno di nota.

Lo yogurt senza dubbio è un alimento più digeribile perché registra una riduzione della quantità di lattosio normalmente presente nel latte e verso cui un numero sempre più grande di individui mostra intolleranza.

I microrganismi fermentanti infatti non lo degradano completamente ma hanno nel loro assetto enzimatico anche quello che degrada il lattosio. Un bel vantaggio per tutti gli individui che non lo possiedono e fanno fatica a digerire il latte.





**Kefir**

BioTecnologieSanitarie.it

# Kefir

Il kefir è una bevanda prodotta dal latte (vaccino, di capra, di pecora) grazie alla fermentazione di una comunità di batteri e lieviti in simbiosi. Molti probiotici presenti.

Presenta lo 0,8% di acido lattico e in qualche caso anche anidride carbonica e alcol (infatti possono essere presenti anche lieviti che operano la fermentazione alcolica).

# Kefir

Il kefir è originario del Caucaso ed è ancora molto popolare nei paesi dell'ex-Unione Sovietica.

La tradizione riporta che il latte veniva versato in otri di pelle e, quando il kefir si formava, veniva estratto e rimpiazzato con latte fresco. Quindi la produzione era continua.



# Kefir

In realtà non ci sono fonti storiche che citano il kefir e la sua produzione.

Al giorno d'oggi se si vuole produrlo in casa bisogna avere i cosiddetti grani di kefir o kefiran. Si tratta di strutture polisaccaridiche formate dai batteri stessi.



Granuli di kefir

# Kefir

La preparazione casalinga è molto semplice. A fermentazione avvenuta i granuli devono essere recuperati facendo passare la bevanda attraverso un colino. I granuli vengono poi messi a contatto con latte fresco di nuovo.



Preparazione casalinga del kefir. Bevanda pronta nella ciotola e granuli (kefiran) nella caraffa pronti per un nuovo ciclo.



**Crauti**

BioTecnologieSanitarie.it

# Crauti

I **crauti** (o cavoli acidi) sono ottenuti dal cavolo cappuccio le cui foglie vengono tagliate in modo molto sottile, stratificate con sale, pepe e aromi e sottoposte a fermentazione lattica almeno per due mesi almeno a 15°C. La fermentazione avviene in tini chiusi.



Cavolo cappuccio  
(Brassica oleracea)

# Crauti

I lattobacilli subentrano ai normali batteri aerobi quando l'ossigeno si esaurisce.

La flora batterica fermentante che si amplia anche ad altri generi può così portare a compimento sia la omo- che la eterofermentazione.

Tra i prodotti allora non c'è solo l'acido lattico ma anche etanolo, anidride carbonica ed acido acetico. Si viene a creare un ambiente molto particolare, acido e con una concentrazione salina che può essere anche del 2,5%.



# Crauti

In queste condizioni possono sopravvivere solo microrganismi acido-tolleranti, microaerofili, alofili. L'elenco comprende i generi *Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc* e alcuni lieviti tra cui *Candida*, *Saccharomyces* e *Zygosaccharomyces*.



16

Crauti in vaso

# Crauti

I lieviti conferiscono aromi particolari al prodotto alimentare in quanto producono acetoino e diacetile e poi, quando vengono lisati, i loro costituenti vengono utilizzati come nutrienti dai batteri stessi. A volte però sono gli stessi lieviti a provocare danni come rammollimenti e gas indesiderati.



Crauti in vaso

17

# Crauti

Per poter avere effetti benefici sul nostro microbiota intestinale i crauti andrebbero mangiati crudi. Infatti la cottura distrugge la flora microbica. C'è poi da considerare che questo processo è un vero e proprio metodo di conservazione che modifica le caratteristiche organolettiche del cavolo.



Crauti tedeschi



**Olive**

BioTecnologieSanitarie.it

# Olive

Le olive sono edibili solo quando sono perfettamente mature. Infatti se raccolte prima sono astringenti per la presenza di particolari glucosidi nella loro polpa. L'oliva dovrebbe quindi essere di colore verde cupo, fino a nera a seconda delle varietà.



Olive sarde

# Olive

E dovrebbe avere un suo aroma del tutto riconoscibile.

Il problema che si pone però a questo punto è che la polpa sarebbe troppo delicata per essere sottoposta a qualsiasi trattamento. Da qui è nata l'abitudine di raccogliere le olive verdi e metterle in salamoia.



Mercato provenzale con esposizione di olive

# Olive

Il procedimento che porta alle olive in salamoia (da tavola o da mensa) è una fermentazione lattica dovuta alla presenza di zuccheri semplici (3,5 % nelle varietà italiane) nella polpa delle olive. Attualmente il processo è industrializzato e quindi guidato.



# Olive

**Il processo di fermentazione è però preceduto da un trattamento chimico che ha il compito di eliminare il gusto amaro e le proprietà astringenti.**

**Dopo essere state raccolte e trasportate le olive vengono ripartite a seconda delle dimensioni (calibrazione). Questa fase è importante ai fini di una fermentazione uniforme.**

**La fermentazione a cui vengono sottoposte le olive è eterolattica e quindi l'acido lattico non è il prodotto prevalente. Inoltre la quantità di zuccheri non è molto elevata e sono nella polpa.**



# Olive

**I batteri fermentanti non hanno una quantità elevata di proteasi.**

**Altro problema è la gestione della temperatura perché in genere i bioreattori utilizzati non sono coibentati e questo tipo di fermentazione non produce grandi quantità di calore.**

**Quindi l'intero processo deve essere tenuto sotto controllo e si deve procedere in modo standardizzato.**

**Nelle prime fasi della fermentazione si produce un po' di schiuma per la presenza di anidride carbonica.**

# Olive

Le olive vengono addizionate di NaCl (dal 6 al 7- 8 %).  
Il pH si mantiene tra 6 e 11, a seconda che siano state trattate preventivamente con una soluzione di soda.

Se il pH della salamoia è alcalino si sviluppano lattobacilli dei generi *Pediococcus* e *Leuconostoc* ed anche *Aeromonas*. Ma la presenza dei lattobacilli deve provocare una rapida acidificazione pena il possibile sviluppo di muffe che spesso danneggiano in modo irreparabile il prodotto.

# Olive

Se tutto procede bene, dopo i primi giorni, la salamoia è dominata dai lattobacilli e dai lieviti. I primi riescono a penetrare la cuticola delle olive e a utilizzare gli zuccheri della polpa. I lattobacilli sono in grado di attaccare anche il principio amaro (oleuropeina) per poter utilizzare la sua componente glucosidica. Ma ricordiamo che questo processo è molto lento per cui di norma il processo fermentativo è preceduto da un trattamento chimico che accelera di suo la trasformazione.

Nel frattempo operando la fermentazione i lattobacilli producono acido lattico che diventa nutrimento dei lieviti.

# Olive

I lieviti sono favoriti nella loro crescita anche dall'ambiente reso acido sempre dall'acido lattico. Il loro sviluppo comporta la produzione di composti aromatici.

Con la loro morte subentra l'autolisi che libera i loro componenti che diventano nutrimento dei lattobacilli (fattore già evidenziato nella produzione dei crauti).

Con la comparsa dei lattobacilli più acidofili (*L. brevis* ad esempio) il pH si riduce ulteriormente (fino a 4,5 o 5) e questo è controproducente anche per i coliformi.

# Olive

Ad una prima fermentazione ne segue una seconda che tende ad abbassare ulteriormente il pH (fino a 3,5 - 4) e che dura anche due mesi.

L'unico lattobacillo in grado di operare in queste condizioni in cui la concentrazione di NaCl può arrivare anche all'8% è il L. *plantarum*. Gli aromi migliori delle olive in salamoia si sviluppano proprio in questa fermentazione secondaria che preclude ad altre specie di batteri di poter usufruire delle fonti di carbonio, scarse e tutte consumate dal lattobacillo.

# Olive

Ma è proprio in questo periodo che bisogna fare i conti con un problema già segnalato all'inizio, vale a dire la temperatura. Questo comporta un arresto della fermentazione che potrebbe compromettere tutto il lavoro svolto consentendo l'insorgenza di batteri e lieviti che potrebbero produrre dei film pericolosi in superficie.

Per ovviare a questo problema si porta la concentrazione di NaCl al 10%. Nel momento in cui il prodotto deve essere commercializzato si trasferiscono i frutti in una salamoia meno concentrata e si procede anche ad una pastorizzazione bassa.

# Olive

I lattobacilli sono sensibili al calore e la pastorizzazione ha il compito di eliminarli e far cessare quindi una fermentazione continua che provocherebbe il rammollimento della polpa a causa della continua produzione di acido lattico. La pastorizzazione garantisce così un periodo di conservazione più lungo.

Le olive in salamoia possono essere consumate direttamente o condite.

# Photo credits

## Immagine in copertina

### *Yogurt*

CCO Public Domain via Pixabay.com

## Immagine nell'indice

### *Crauti*

CCO Public Domain via Pixabay.com

## Immagine intestazione di sezione

### *Olive in salamoia condite*

Di Neeta Lind - www.flickr.com, CC BY 2.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30645357>



# Photo credits

- 1 Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=489261>
- 2 By Sjantoni (Own work) [CC BY-SA 3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], via Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AAnaerobic\\_diagram.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AAnaerobic_diagram.png)
- 3 By Schwäbin (Wikimedia)License: Creative Commons by-sa-3.0-de (deed), CC BY-SA 3.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15965032>
- 4 Di Aushulz - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7717888>
- 5 Di Elizabeth White - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #2287.Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers.English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=717987>

# Photo credits

**6** By Bob Blaylock - Own work, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12262742>

**7** Di Bob Blaylock - Opera propria, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12262663>

**8** By Bob Blaylock - Own work, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12262555>

**9** Di Photo Credit: Janice Carr Content Providers(s): CDC/Dr. Mike Miller - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #1048. Note: Not all PHIL images are public domain; be sure to check copyright status and credit authors and content providers. English | Slovenščina | +/-, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=640855>

**10** By Unknown -

<http://www.deltanews.bg/irj/portal/anonymous?NavigationTarget=navurl://ddc02483e599c1618fedc88564c9d6d6&aid=738&c=586>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5113680>

# Photo credits

**11** By Source, Fair use,

<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=31440074>

**12** By Quijote at Russian Wikipedia, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12747336>

**13** Di A. Kniesel - Fotografiert von A. Kniesel, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=360369>

**14** Di Bermas66 - Opera propria, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4009929>

**15** Di Frank Vincentz - Opera propria, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5074943>

**16** Von Bdubay - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15459964>

**17** By Gandydancer (original file) ; cropped by Off-shell -

File:Saurkraut.JPG, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40938361>

**18** By Dirk Ingo Franke - Own work, CC BY 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22246159>

# Photo credits

**19** CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1382052>

**20** Par Véronique PAGNIER — Travail personnel, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16265962>

**21** De Gmmr3 - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=46161878>

BioTechnologieSanitaire.fr