



# La Birra

---



# La birra: un po' di storia

- La birra è una bevanda alcolica che viene ottenuta dalla fermentazione del malto d'orzo (ossia orzo germinato ed essiccato) e aromatizzata con il luppolo.
- La birra è una delle più antiche bevande alcoliche del mondo. Le sue prime testimonianze risalgono al 3500 a.C. nell'antico Egitto ed in Mesopotamia. In Europa i veri produttori furono le tribù Germaniche e quelle Celtiche.



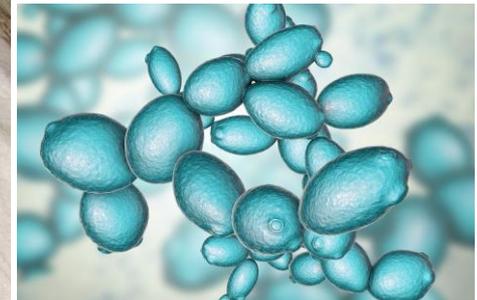
# Le materie prime

**L'acqua:** la birra è composta di acqua per circa l'85-92%. L'acqua riveste un ruolo centrale anche a livello gustativo e tattile.

Il **malto d'orzo** è la forza della birra, fornendo il substrato zuccherino indispensabile per la fermentazione.

Il **luppolo** viene utilizzato per aromatizzare la birra.

Il **lievito** è fondamentale perché da inizio alla fermentazione, producendo alcool ed anidride carbonica.



## H<sub>2</sub>O

Nella fabbricazione della birra e soprattutto ai fini del sapore, la composizione salina dell'acqua è di grande importanza. I sali dell'acqua interagiscono con i componenti della birra influenzandone la concentrazione.

Il sistema utilizzato per esprimere la ricchezza dei sali più abbondanti, i carbonati, che in soluzione sono sotto forma di bicarbonati (HCO<sub>3</sub>), è la durezza totale, misurata convenzionalmente in gradi francesi: un grado francese corrisponde a 10 mg di carbonato di calcio/L di acqua.

A seconda della quantità di bicarbonati le acque si suddividono in:

**Dolci:** fino a 10 gradi di durezza;

**Medie:** da 10 a 20 gradi di durezza;

**Dure:** oltre 20 gradi di durezza.

In generale per le birre chiare sono raccomandabili acque povere di sali (oligominerali) e dolci, mentre per le birre scure sono più adatte acque ricche di sali e dure.

# Birra come alimento

Costituenti	Quantità (g/L)	Vitamine	Quantità (mg/L)
Acqua	850-940	Vitamine C	0-10
Alcol etilico	30-70	Vitamine PP	3-6
Glicerolo	1,5-2	Vitamine B <sub>2</sub>	0,2-0,3
Glucidi	30-40	Vitamine B <sub>6</sub>	0,1-0,6
Proteine	3-5	Acido folico	0,04-0,1
Fosforo	0,3-0,7		
Potassio	0,3-0,6		
Sodio	0,02-0,1		
Magnesio	0,09-0,12		
Calcio	0,01-0,07		

# La produzione della birra



# La produzione della birra: fasi

1- Preparazione del malto



2- Ammostamento



3- Fermentazione



4- Filtrazione ed imbottigliamento



## Dal cereale crudo al malto:

La trasformazione dell'orzo in malto ha come scopo principale quello di attivare gli enzimi che si trovano nei semi di orzo allo stato latente ed ai quali verrà poi (in sala cottura) affidato il compito di trasformare l'amido, non fermentabile dai lieviti, in zuccheri fermentabili.

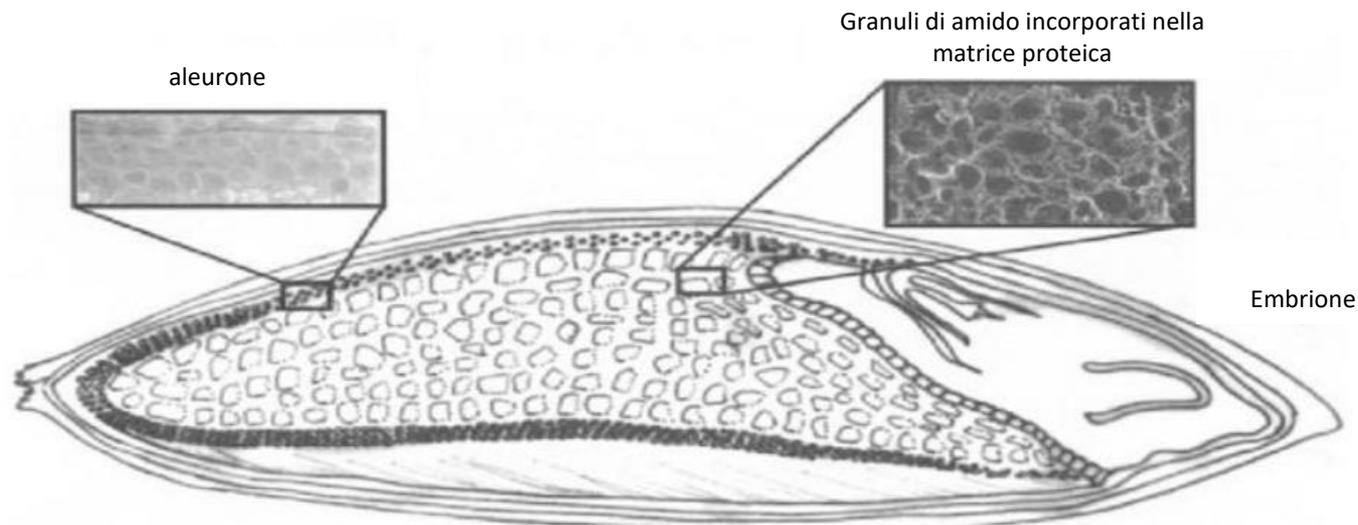
Durante la maltazione hanno luogo altre reazioni biochimiche di grande importanza:

- la demolizione delle pareti delle cellule costituenti il corpo farinoso del chicco che nell'orzo era duro, ma diventa friabile;
- la solubilizzazione dei composti azotati, che entrano poi nel mosto e costituiranno il nutrimento necessario per lo sviluppo del lievito;
- la formazione di composti aromatici tipici che contribuiscono al gusto della birra. Essi si formano soprattutto durante l'essiccazione finale.

L'orzo è l'ingrediente di partenza per la preparazione della birra perché i chicchi sono ricchi di polisaccaridi (principalmente amido) e proteine tra cui enzimi come l' $\alpha$ - e  $\beta$ -amilasi, utili al processo di maltazione.

*Table 3: Composition of barley grain.*

Fraction	% Kernel (by weight)	Key nutrients
Hulls (husks)	9-14	Cellulose, lignin, silica, pentosan, phenolic compounds
Seed COAT	5.5-6.5	Cellulose, lipid
Aleurone layer	11-13	Lipid, protein, $\beta$ -glucan, arabinoxylan, minerals, vitamins
Embryo	2.5-4.0	Lipid, storage protein, cellulose, sugars, minerals, vitamins
Endosperm	65-68	Starch, protein, $\beta$ -glucan, arabinoxylan



**Figure 1: Structural barley grain.**

Fasi del processo di maltazione: 1) idratazione dei semi o macerazione (inizio della germinazione e crescita iniziale dell'embrione); 2) germinazione (formazione di malto verde); e 3) essiccazione o tostatura del malto verde (trattamento termico finale).



**Steeping**

15 - 20 °C  
36 - 48 h



**Germination**

15 - 22 °C  
4 - 6 days



**Kilning**

50 - 65 °C, 12 h (withering phase)  
65 - 85 °C, 12 h (curing phase)

**Barley seeds**

≈ 12% H<sub>2</sub>O

**Steeped barley**

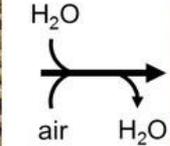
≈ 45% H<sub>2</sub>O

**Green malt**

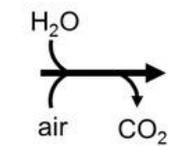
≈ 45% H<sub>2</sub>O

**Malted barley**

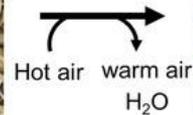
≈ 12% H<sub>2</sub>O (withering phase)  
≈ 4% H<sub>2</sub>O (curing phase)



Raise moisture content



Enzyme induction  
Cell wall digestion



Drying  
Flavor development

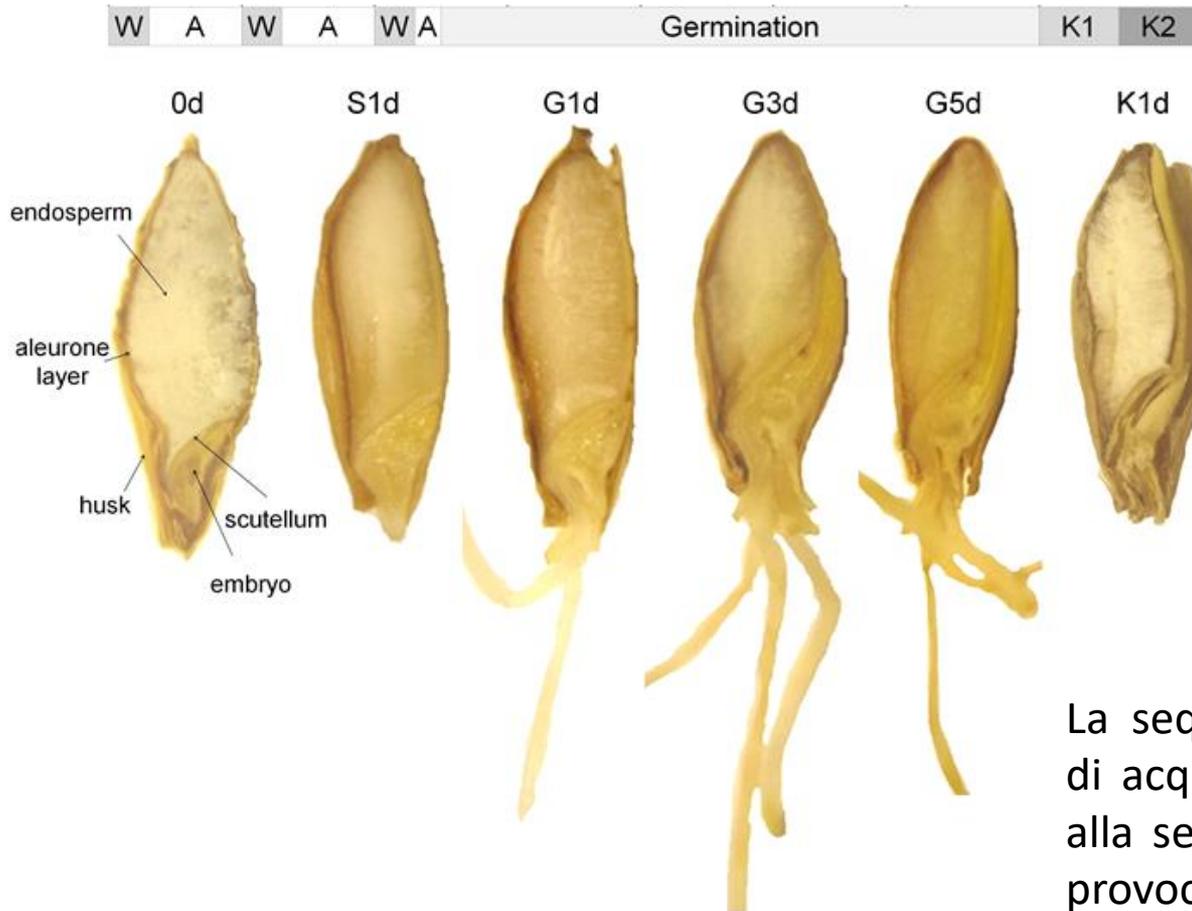


Rootlets removal

Damage corns  
Stray seeds  
Small barley corns

Light corns  
Effluent

## Crescita dei semi d'orzo durante la maltazione.



La sequenza delle fasi: assorbimento di acqua, la quale stimola l'embrione alla secrezione delle gibberelline, che provocano il rilascio degli enzimi, i quali demoliscono i granuli di amido.

Karin Gorzolka et al. Spatio-Temporal Metabolite Profiling of the Barley Germination Process by MALDI MS Imaging. *PLOS ONE*. March 3, 2016

0d: orzo crudo, S: macerazione, G: giorno di germinazione, K: malto essiccato [K1: essiccazione a 45°C (7 ore), K2: essiccazione a 65°C (17 ore)].

**Essiccazione:** in questa fase il malto verde deve essere reso conservabile riducendo il contenuto di umidità dal 45% al 5%.

L'essiccazione inizia intorno ai 50°C e dura di solito 24 ore.

La temperatura finale di essiccazione è diversa per i malti chiari (tipo pilsen: 85°C, tipo pale Ale: 95-100°C) e per quelli scuri (tipo monaco oltre 100°C).

Alla fine dell'essiccazione il malto deve essere pulito (liberato dalla polvere e dalle radichette) raffreddato e stagionato in sacchi o in sili.



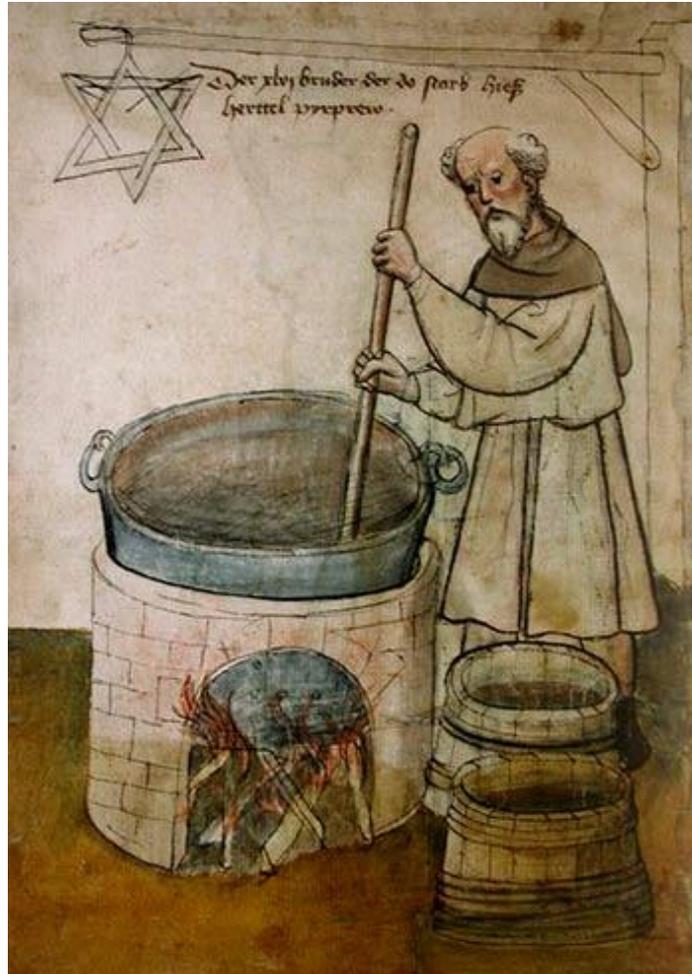
Attività enzimatica residua nel malto dopo l'essiccazione				
Enzimi	70°C	80°C	90°C	100°C
α-amilasi	116%	114%	99%	95%
β-amilasi	69%	56%	38%	28%
peptidasi	117%	136%	121%	110%
β-glucanasi	99%	96%	80%	55%

*La percentuale di attività enzimatica è paragonata a quella del malto verde considerato pari al 100%*

**Macinazione:** è un processo puramente meccanico, riducendo la granulometria del macinato si favorisce l'azione degli enzimi e la resa quantitativa, questo può prolungare eccessivamente la durata della filtrazione e una maggiore solubilizzazione dei tannini astringenti contenuti nelle scorze.



# Ammostamento



Lo scopo dell'ammestamento è quello di produrre una soluzione liquida in cui siano disciolti gli zuccheri, che i lieviti trasformeranno in alcol e anidride carbonica. Per ottenere il risultato voluto è necessario che la miscela d'acqua e cereali macinati venga portata alle temperature ottimali per gli enzimi, liberati con la germogliazione, in modo che questi lavorino a pieno ritmo, trasformando l'amido in zuccheri e le proteine in amminoacidi.

## Condizioni ideali per l'ammestamento

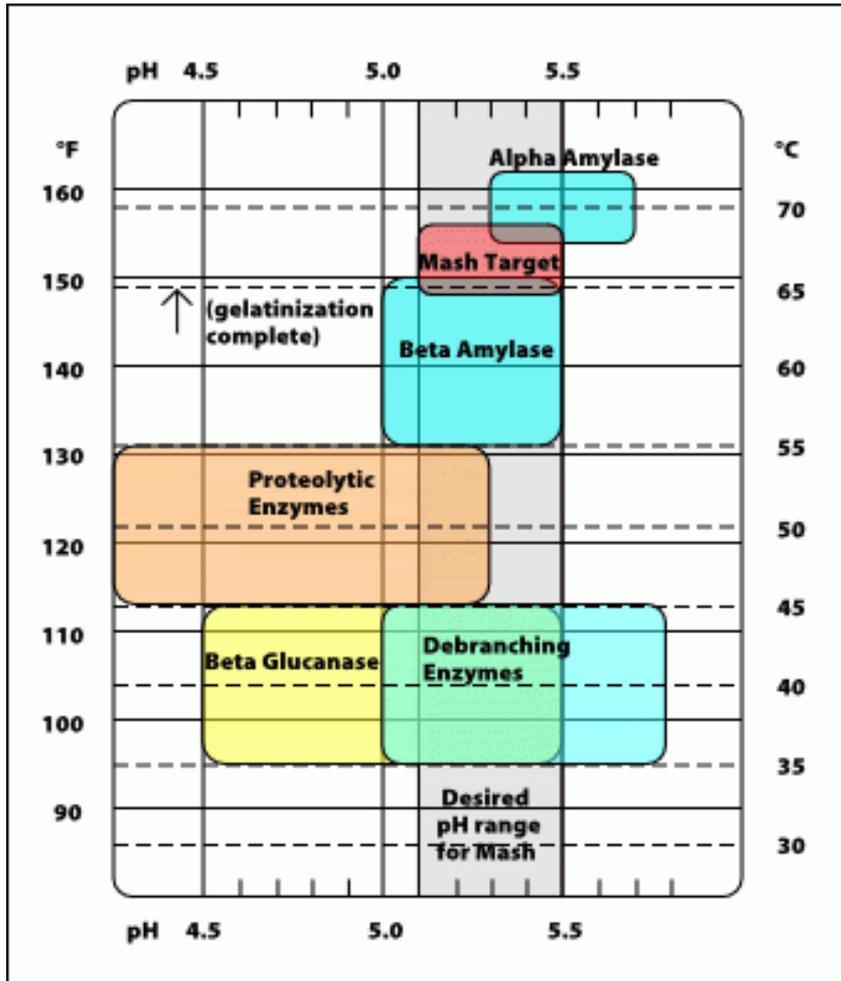
Enzima	Optimum T	Optimum pH	Funzione
Fitasi	30-52°C	4,4-5,5	Abbassa il pH del mosto
$\beta$ -gluconasi	36-45°C	4,5-5,0	Degradazione $\beta$ -glucani
Peptidasi	46-57°C	4,6-5,2	Produzione di FAN
Proteasi	46-57°C	4,6-5,2	Degradazione proteica
$\beta$ -amilasi	62-65°C	5,4-5,6	Degradazione amido (zuccheri)
$\alpha$ -amilasi	72-75°C	5,6-5,8	Degradazione amido (destrine)

le  $\beta$ -gluconasi rompono le membrane protettive che avvolgono i granuli di amido e le proteasi, scindono le proteine fino ad arrivare agli amminoacidi. Le principali proteasi sono le esopeptidase e le endopeptidasi e la loro attività continua al di sopra dei 65°C.

Le  $\alpha$ -amilasi attaccano l'amido trasformandolo in destrine e zuccheri fermentabili.

Le  $\beta$ -amilasi trasformano l'amido in zuccheri fermentabili come maltosio e glucosio.

La fase finale dell'ammestamento, chiamata anche "**mash out**", consiste nel portare la miscela ad una temperatura di 76-77°C in modo da denaturare quasi completamente gli enzimi.

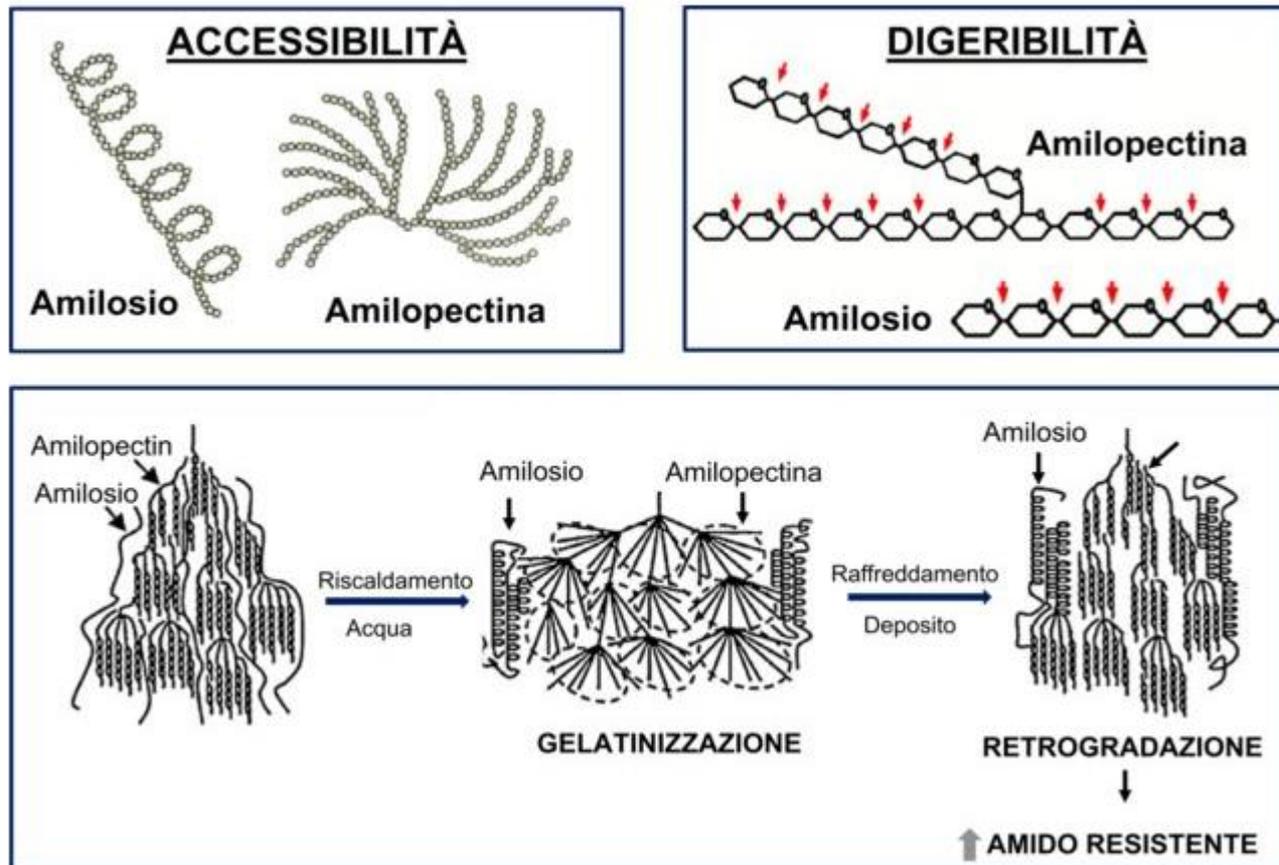


L'ammestamento va interrotto con la temperatura perché gli amidi non scissi, lasceranno il mosto torbido e con un gusto poco gradevole.

Alla fine del processo di ammostamento il materiale cellulare non digerito viene filtrato. In questa fase il glume dell'orzo si deposita sul fondo, diventando esso stesso l'elemento filtrante.

L'impasto di acqua e malto si chiarifica e rivela il colore della birra, che sarà chiaro se sono stati usati malti chiari e scuro (o ambrato) se sono stati usati malti speciali, caramellati o tostati.

**La gelatinizzazione dell'amido:** perché gli enzimi possano penetrare all'interno ed iniziare il loro lavoro è necessario che i granuli assorbano acqua e si rigonfino passando da una consistenza farinosa ad una gelatinosa. Ciò può avvenire lasciando l'amido a contatto con l'acqua calda, così le molecole d'acqua hanno energia sufficiente per penetrare all'interno del granulo, separare amilosio ed amilopectina e mettersi in mezzo aumentando il volume del granulo stesso ed aprendo la strada agli enzimi. I granuli di amido gelatinizzano a temperature inferiori di quelle dell'ebollizione (60 e 70°C), le quali consentono di salvaguardare gli enzimi



**La saccarificazione dell'amido:** durante l'ammestramento gli enzimi del malto generalmente (diastasi) trasformano l'amido in una buona percentuale di zuccheri fermentabili e solubili nell'acqua. Solo una quota resta non fermentabile. Si tratta di derivati dell'amido chiamati destrine che hanno un ruolo di rilievo nel determinare la pienezza e la corposità della birra, incrementandone la viscosità.

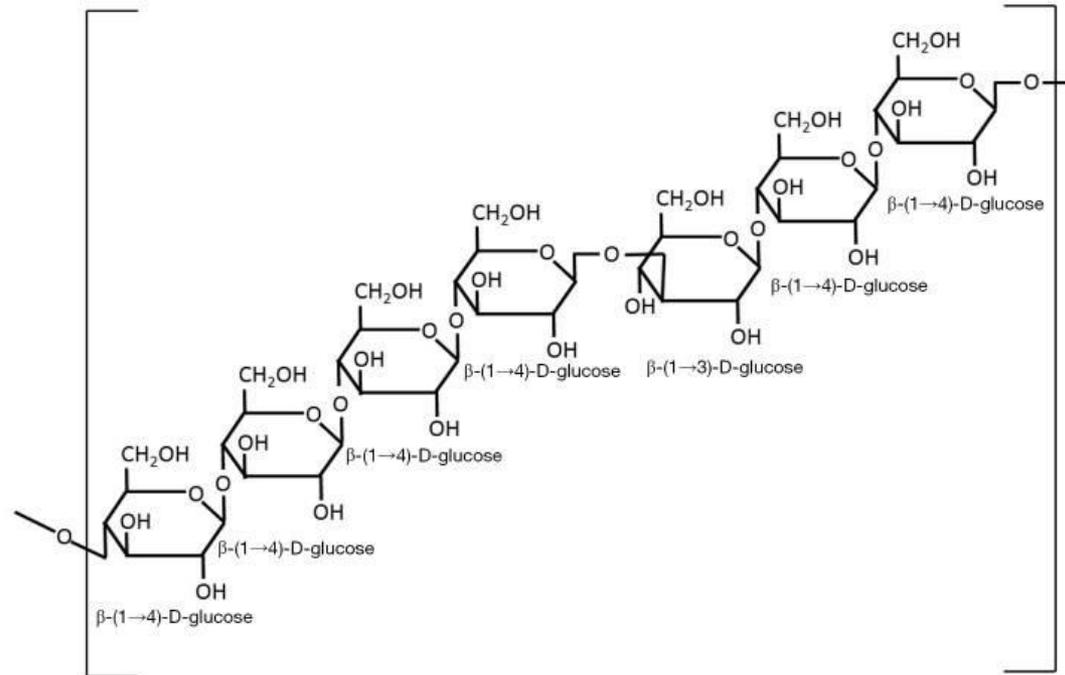
Per verificare che la trasformazione del amido sia completa si dispone di un test: si versa qualche goccia di miscela ed una goccia di una soluzione contenente 0,254 g di iodio e 0,5 g di ioduro di potassio in 100 ml di H<sub>2</sub>O distillata. Se il colore risultante è viola/blu scuro il test è positivo, la miscela contiene ancora amido. Se invece il colore rimane giallo ambrato/marroncino, significa che la saccarificazione è completa e solo a questo punto la miscela può essere trasferita al tino di filtrazione.



L'endosperma è formata da circa 90,000 microscopici granuli di amido rivestiti da membrane ricche di  $\beta$ -glucani.

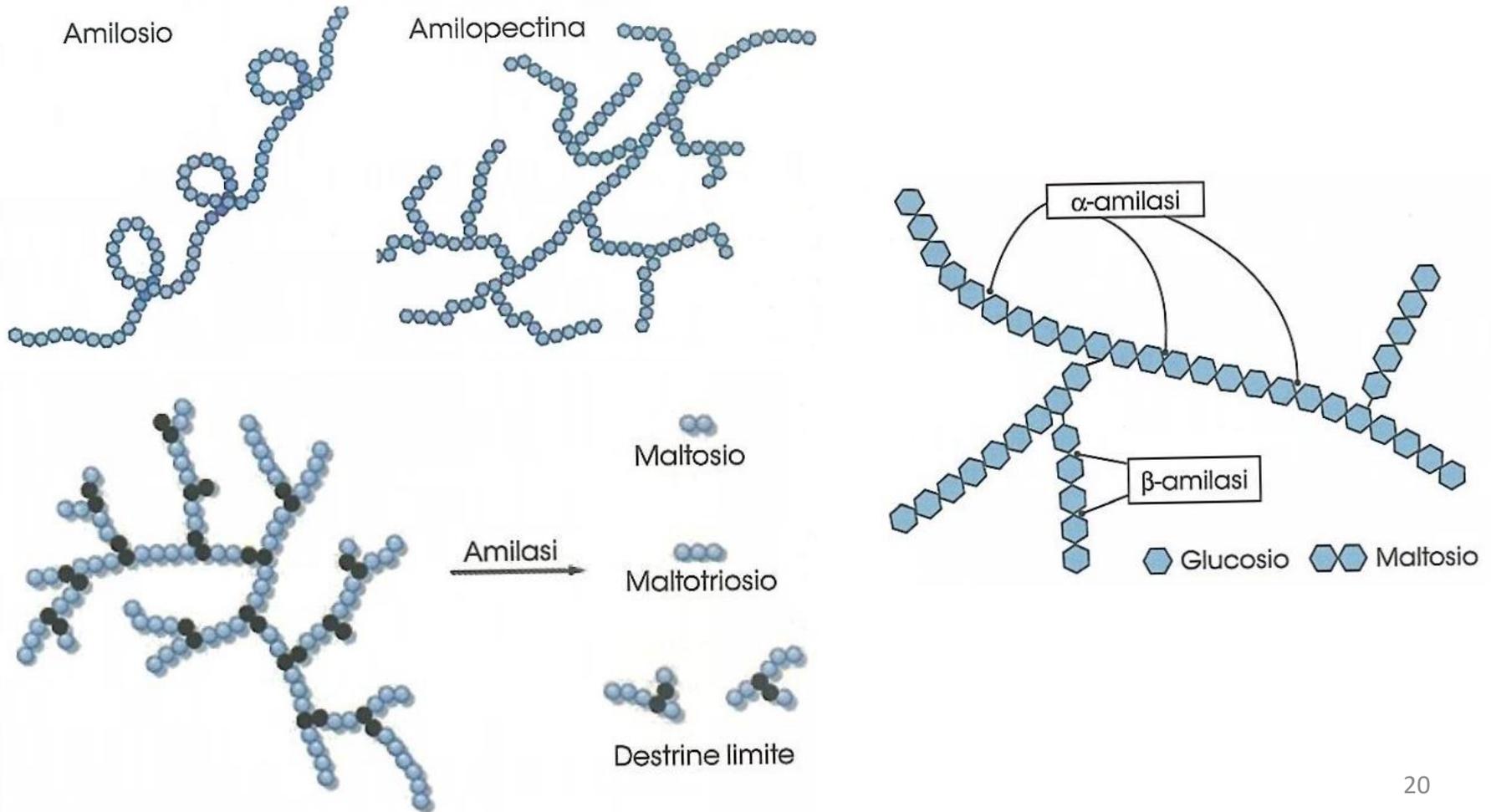
la  $\beta$ -glucanasi degrada i  $\beta$ -glucani in modo da rendere più semplice il processo di estrazione degli amidi dal cereale. Il pH deve essere compreso tra 4,6 e 5,2 e le temperature tra 37 e 46°C.

Questi enzimi sono indispensabili per degradare i  $\beta$ -glucani nei cereali non maltati, quali frumento, riso, avena e orzo tal quale. Questa fase è necessaria solo se si introduce una quantità superiore al 25% di frumento non maltato nel mosto.

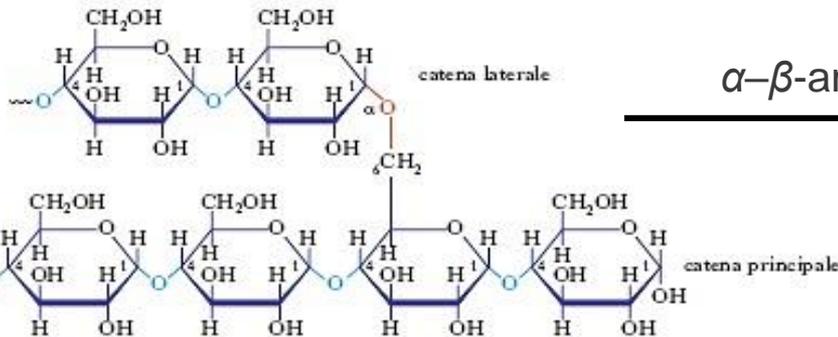
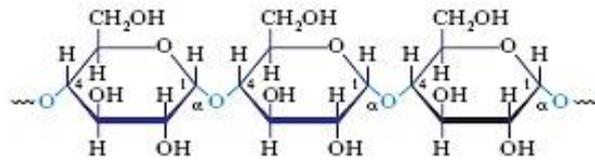


Molecular structure of cereal (1→3)(1→4)- $\beta$ -glucans.

Quando i granuli iniziano a gelatinizzare a 55-60 °C gli enzimi possono penetrare all'interno. Le  $\beta$ -amilasi tagliano le catene di glucosio partendo da una estremità sia di amilosio che di amilopectina, producendo unità a 2 molecole di glucosio (maltosio). Le  $\alpha$ -amilasi invece effettuano tagli a random che parte dall'interno delle catene di glucosio, producendo frammenti di amido di dimensioni progressivamente più piccole che possiamo definire destrine. L'attività dell' $\alpha$ -amilasi genera spezzoni di catene di glucosio alla cui estremità libere possono intervenire le  $\beta$ -amilasi che a loro volta generano maltosio.

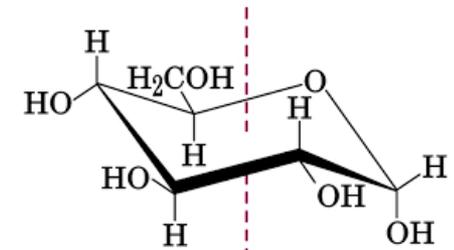


Nell'orzo solo l'amilosio che non è ramificato è scomponibile al 100% mentre la amilopectina può essere ridotta solo fino ad un certo punto. Avremo sempre una quota di amido che non si trasforma in zucchero fermentabile costituita da molecole di dimensione variabile che nel loro complesso si chiamano destrine. Alla fine dell'ammestramento il maltosio prevale nettamente, con una quota del 40-50% dei carboidrati del mosto. Seguono, tra gli zuccheri fermentabili, il glucosio (5-7%) e il maltotriosio (11-13%). Le destrine oscillano tra il 28 e il 35% de totale.

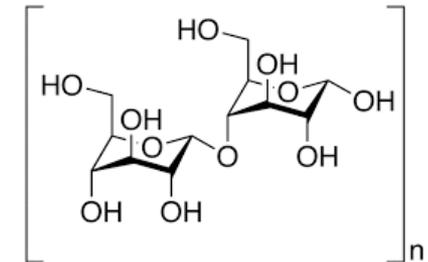


$\alpha$ - $\beta$ -amilasi

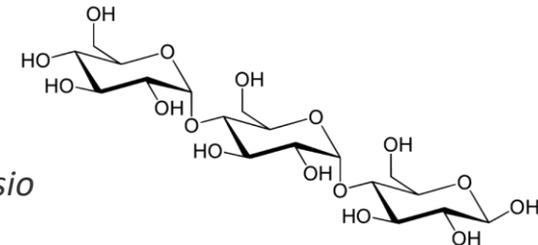
*glucosio*



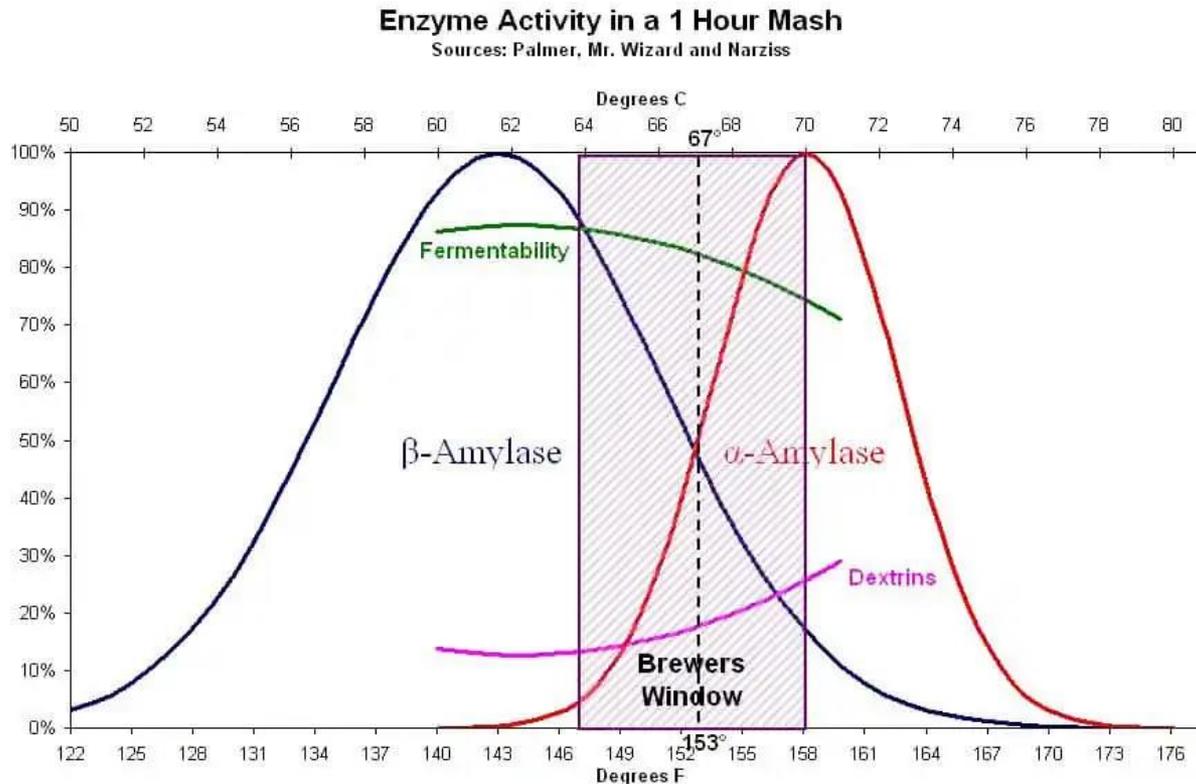
*maltosio*



*maltotriosio*



# Temperatura di ammostamento e fermentabilità del mosto



<https://www.fermentobirra.com/homebrewing/ricette/>

Le  $\alpha$ -amilasi hanno un optimum di temperatura tra i 65 e i 75 °C, mentre le  $\beta$ -amilasi hanno un optimum tra i 60-65 °C. Se si favoriscono le  $\beta$ -amilasi (più maltosio) il mosto sarà maggiormente fermentabile e la birra finita avrà una corposità leggermente minore, mentre se si favoriscono le  $\alpha$ -amilasi (più destrine) il mosto sarà meno fermentabile e la birra leggermente più corposa.

La corposità della birra dipende dalla presenza di molte altre molecole e non solo dalle destrine

Oltre alle amilasi agiscono nella miscela numerosi enzimi fra i quali quelli proteolitici o proteasi che continuano la demolizione delle proteine grandi e complesse, (già iniziata durante la germinazione del malto) in molecole più piccole (peptidi) ed in aminoacidi, composti semplici e assimilabili dal lievito.

Queste sono, insieme alle glicoproteine e agli iso- $\alpha$ -acidi, quelle che vengono chiamate dai birrai il telaio colloidale della schiuma, necessario per averla compatta e durevole.

Un processo di ammostamento che duri troppo a lungo rischia di far agire gli enzimi proteolitici anche su quelle frazioni azotate che non devono essere toccate.

È necessario trovare un compromesso fra le esigenze nutritive del lievito e quelle di una buona schiuma e di un buon gusto, trovando le combinazioni migliori fra tipo delle materie primarie, tempi, temperature, pH e composizione salina dell'acqua ed altri fattori.

Il grado di fabbricazione della birra influenza il grado alcolico, la corposità e anche i costi di produzione ed è la percentuale di composti solubili estratti dalle materie prime presenti nel mosto prima dell'inizio della fermentazione.

Cosa esprime il grado di fabbricazione: il peso specifico (o densità) è il rapporto fra il peso di un determinato volume di mosto ed il peso di un uguale volume di acqua distilla alla temperatura di 20°C.

Nei paesi anglosassoni si impiega l'equivalente di Original Gravity (OG) per misurare la concentrazione del mosto di partenza. La sua misura consiste nel peso specifico del mosto moltiplicato per 1000:  $OG = \text{Peso specifico} * 1000$ .

Il grado di fermentazione viene espresso in grado di Plato (°P) che corrisponde alla percentuale in peso di composti solubili estratti per 100 g di mosto, oppure peso/volume se indicano la percentuale in g di estratto in 100 ml di mosto.

Per la misura del grado Plato si utilizza un saccarometro oppure strumenti elettronici in grado di rilevare la frequenza della risonanza di un liquido.

Se si misura con un saccarometro la birra e non il mosto, il valore letto da il grado apparente, che è la risultante di tre componenti con pesi specifici diversi:

- estratto non fermentato (residuo con peso specifico >1)
- acqua (peso specifico = 1)
- alcool (peso specifico < 1)

Se il grado di fabbricazione del mosto (in °P) è noto prima della fermentazione, conoscendo il grado apparente della birra (con il saccarimetro) si può calcolare il contenuto alcolico moltiplicando la differenza fra grado del mosto e grado apparente della birra con i seguenti fattori:

Saccarimetro con i gradi Plato da 0 a 20 e termometro

Esempio: da un mosto con 11,98 °P si è ottenuta una birra con un grado apparente di 2,3 °P:  
 $(11,98 - 2,3) * 0,53 = 5,13\%$  di alcol in volume

Gradi Plato (°P)	Fattore
11-12	~ 0.53
12-15	~ 0.54
> 15	~ 0.55

## Calcolo della gradazione alcolica in una birra fatta in casa:



Si utilizza un densimetro per misurare:

la densità iniziale del mosto prima dell'inizio della fermentazione (OG, *Original Gravity*)

la densità del mosto a fine fermentazione (FG, *Final Gravity*)

Durante il processo di fermentazione i lieviti trasformano gli zuccheri presenti nel mosto in etanolo e anidride carbonica; secondo questo metodo la densità iniziale diminuirà e la misura di questa diminuzione stabilirà quanto alcool è stato prodotto.

La carbonatazione della birra fatta con l'aggiunta di zuccheri per ottenere la gasatura, genera una piccola percentuale di alcool. Per una corretta stima si deve aggiungere lo 0,5% alla gradazione calcolata.

$$\text{Calcolo alcool birra} = [(OG-FG)/7,5]+0,5$$

La gradazione saccarometrica misura la quantità di zuccheri presenti nel mosto prima della fermentazione: 1 grado saccarometrico o Plato è pari a 10 grammi di zuccheri in 1 Kg di mosto. Sebbene non vi sia un rapporto matematico esatto fra i gradi saccarometrici e quelli alcolici, generalmente si considera che, approssimativamente, 3 gradi saccarometrici corrispondano a 1 grado alcolico.

Secondo la legge italiana (legge n. 1354 del 16 agosto 1962, successivamente modificata dalla legge n. 329 del 1974) la birra viene suddivisa in cinque diverse categorie, in base ai gradi saccarometrici:

- La denominazione “**birra analcolica**” è riservata al prodotto con grado saccarometrico in volume non inferiore a 3 e non superiore a 8;
- La denominazione “**birra leggera o light**” è riservata al prodotto con grado saccarometrico in volume non inferiore a 5 e non superiore a 11;
- La denominazione “birra” o “**birra normale**” è riservata al prodotto con grado saccarometrico in volume non inferiore a 11;
- La denominazione “**birra speciale**” è riservata al prodotto con grado saccarometrico in volume non inferiore a 13;
- La denominazione “**birra doppio malto**” è riservata al prodotto con grado saccarometrico in volume non inferiore a 15.



## Filtrazione della miscela:

per ottenere il mosto si devono separare le scorze del malto ancora contenute nella miscela saccarificada.

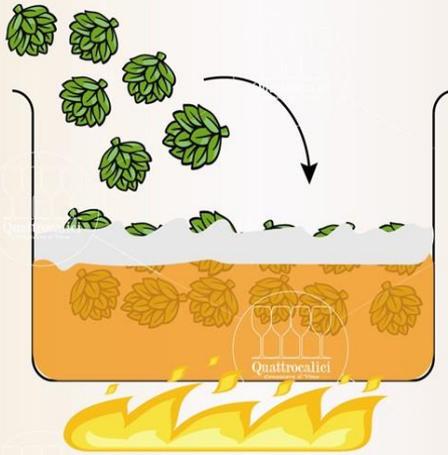
La separazione avviene nel tino di filtrazione, si tratta di un recipiente dotato di un doppio fondo. Le scorze di malto si depositano su di esso e costituiscono lo strato filtrante attraverso il quale la parte liquida della miscela fluisce alla temperatura di 76-77 °C verso la successiva fase di lavorazione. La temperatura non deve superare i 77°C per non distruggere completamente gli enzimi.



I malti di buona qualità con tini di filtrazione ben costruiti consentono di ottenere in un massimo di 2:30 h un mosto ben limpido indispensabile per una birra finita con gusto pulito e schiuma stabile.

# La cottura del mosto

## *La bollitura del mosto*



©Quattrocalici 2019

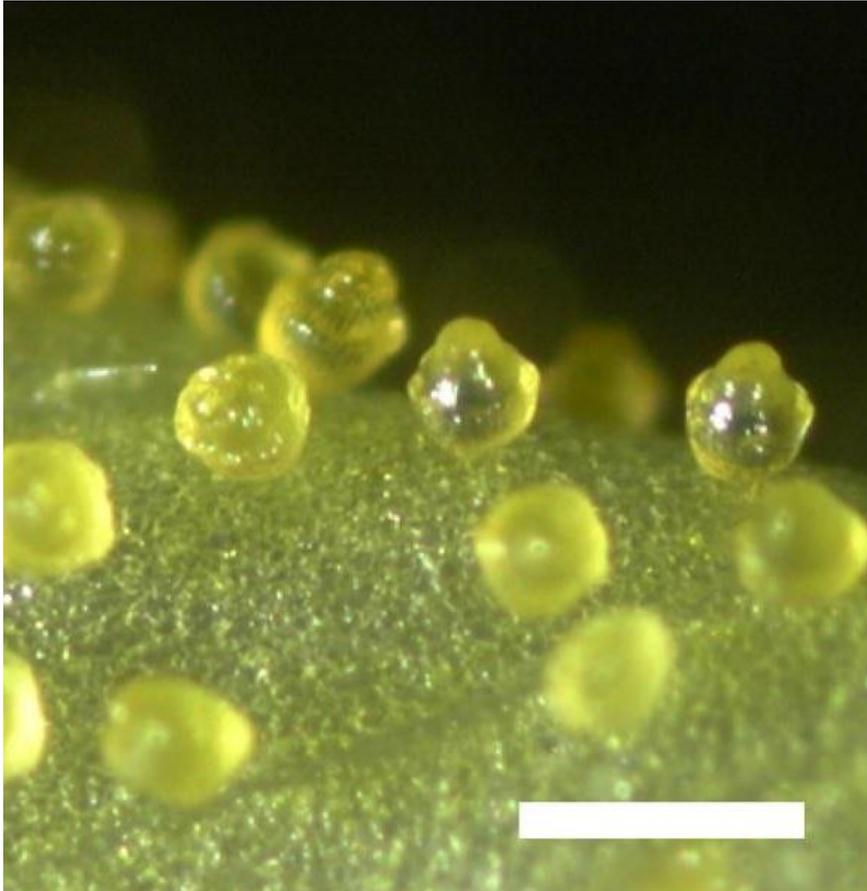
Quattrocalici di Marcello Leder



La bollitura ha numerosi scopi:

- la dissoluzione delle resine del luppolo che conferiranno alla birra il gusto amaro.
- La coagulazione delle proteine, per azione dei tannini del luppolo si formano nel mosto di piccoli fiocchi detti «*trub*» (torbido).
- La sterilizzazione del mosto e l'inattivazione degli enzimi.
- La concentrazione del mosto al grado Plato voluto per l'inizio della fermentazione.
- La formazione di sostanze aromatiche e coloranti del tipo melanoidine.
- L'espulsione per evaporazione di composti volatili indesiderati come i dimetilsolfuro, accompagnata anche dalla volatilizzazione di sostanze aromatiche vantaggiose per il gusto della birra finita come il linalolo.

Nelle infiorescenze femminili del luppolo sono situate le ghiandole di luppolina che ad occhio nudo si presentano come una polvere giallognola che contiene resine e oli essenziali. I polifenoli sono contenuti nelle parti verdi della infiorescenza.



*Immagine al microscopio ottico di ghiandole resinose ricche di luppolina (barra = 500  $\mu$ m).*



*Sezione longitudinale di un cono, con le ghiandole resinose alla base delle bratteele.*

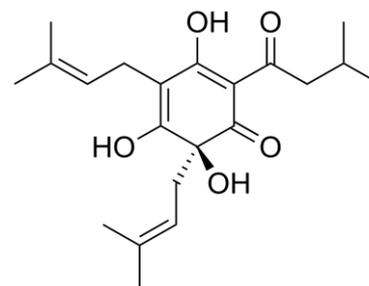
**Le resine amare:** sono sostanze complesse con una struttura chimica vicina a quella dei polifenoli, conferiscono alla birra il sapore amaro ed esercitano un'efficace attività antibatterica.

**Resine totali:** rappresentano l'insieme di tutte le sostanze resinose del fiore di luppolo e si suddividono in resine molli e resine dure.

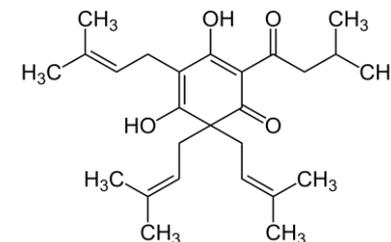
**Resine molli:** solubili in esano e scarsamente solubili in acqua. Sono conosciute con il nome di  $\alpha$ -acidi e  $\beta$ -acidi e rappresentano i principali costituenti amari del luppolo. Il loro peso percentuale sul totale del fiore varia tra 2 e 22% per gli  $\alpha$ -acidi e tra 2 e 11% per i  $\beta$ -acidi a seconda della varietà del luppolo.

Gli  $\alpha$ -acidi con la cottura isomerizzano e diventano iso-  $\alpha$ -acidi, i  $\beta$ -acidi non isomerizzano con il calore e non si solubilizzano e hanno un potere batteriostatico elevato.

I  $\beta$ -acidi da un punto di vista chimico sono costituiti dal lupulone e dai suoi derivati. Gli iso- $\alpha$ -acidi sono i protagonisti del gusto amaro della birra e sono costituiti da tre isomeri principali: umulone, ad-umulone e co-umulone.



Umulone  
( $\alpha$  acido)



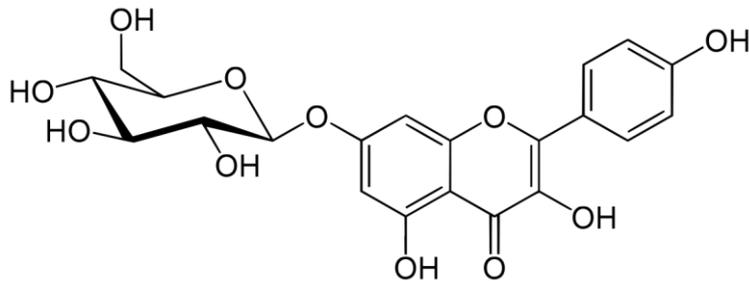
Lupulone  
( $\beta$  acido)

**Resine dure:** solubili in alcol metilico e discretamente solubili in acqua.

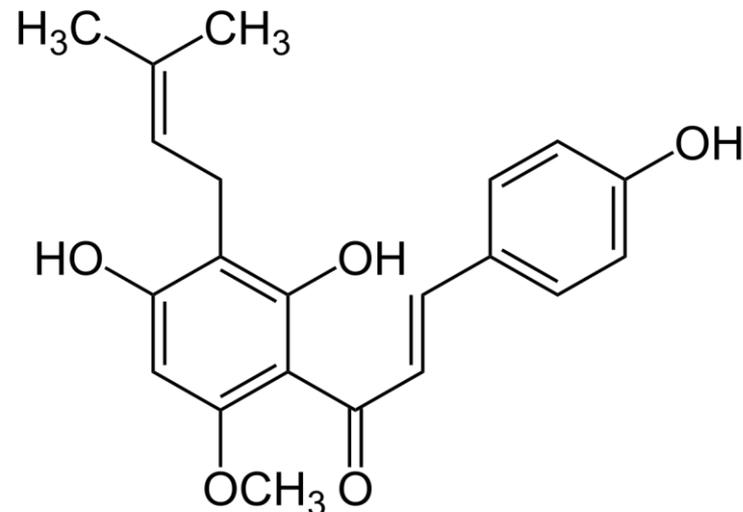
Queste sostanze che in generale appartengono alla famiglia dei polifenoli e vengono classificati in due gruppi principali:

**Glucopiranosidi:** comprendono i multifidoli e i flavonoli, entrambi legati a una molecola di zucchero. I multifidoli sono i precursori degli  $\alpha$ -acidi e dei  $\beta$ -acidi. I flavonoidi sono ampiamente diffusi nelle piante.

**Prenilflavonoidi:** il maggiore rappresentante è il xantoumolo che è tipico del luppolo e contribuisce alla amarezza della birra, anche sotto forma di iso-xantoumolo che si genera durante la bollitura del luppolo nel mosto.



kampferolo 7-O-glucoside



xantoumolo

**Polifenoli:** non si tratta dei polifenoli presenti solo nelle resine del luppolo ma dei polifenoli presenti nei vegetali, ovvero i flavonoidi.

Nel luppolo sono presenti in parte anche nelle resine dure ma soprattutto nel resto dei tessuti vegetali del fiore. Nell'infiorescenza del luppolo il contenuto di polifenoli benefici è del 4-6%.

Nella fabbricazione della birra sono importanti perché durante la cottura ed il raffreddamento del mosto coagulato le proteine dando origine al *trub*. I polifenoli che residuano nella birra finita e filtrata possono provocare intorbidimento.

I polifenoli provenienti sia dal luppolo che dalle scorze del malto, in combinazione con le acque dure conferiscono astringenza, un'amarezza troppo persistente e sensazioni sgradevoli.

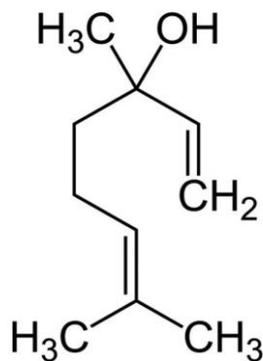
Il contenuto di polifenoli in una birra finita è basso, in una classica Lager si trovano in media 200 mg/L, dei quali una buona parte deriva dal malto.

**Oli essenziali:** sono la frazione volatile del luppolo e contribuiscono al profumo della birra. La concentrazione di oli essenziali nel luppolo varia tra 0,5 e 3% della sostanza secca. Questi composti aromatici sono suddivisi per famiglie chimiche: aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, terpeni alcolici, composti solforati (tioli), pirazine.

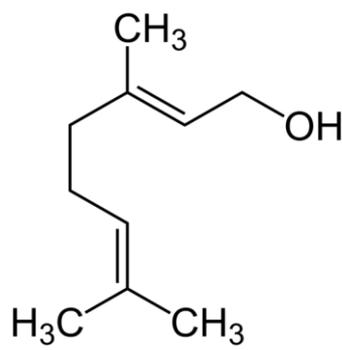
La famiglia dal maggior impatto olfattivo è quella dei terpeni, sintetizzati nei fiori di luppolo durante la maturazione.

I principali terpeni sono: il monoterpene mircene (fino al 40% del totale degli oli) i sesquiterpeni  $\alpha$ -umulene e  $\beta$ -cariofilene e infine gli alcol terpenici geraniolo e linalolo.

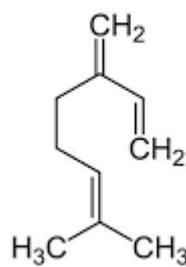
La famiglia dei tioli è caratterizzata da una soglia olfattiva che varia tra 0,1 e 60 ng/L significa che siamo in grado di avvertirli a concentrazione bassissima. Quello che conta non è solo la concentrazione del composto aromatico, ma la sua soglia olfattiva: più questa è bassa più l'aroma verrà avvertito facilmente.



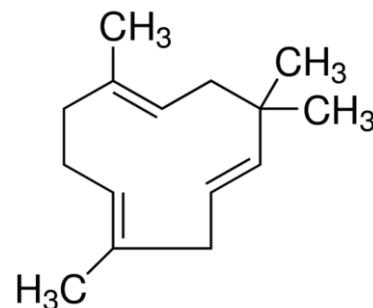
linalolo



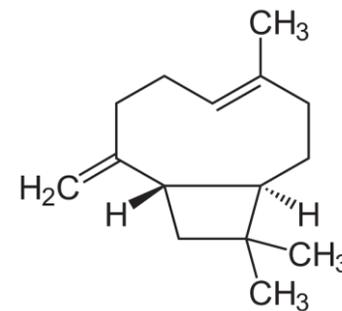
geraniolo



mircene



$\alpha$ -umulene



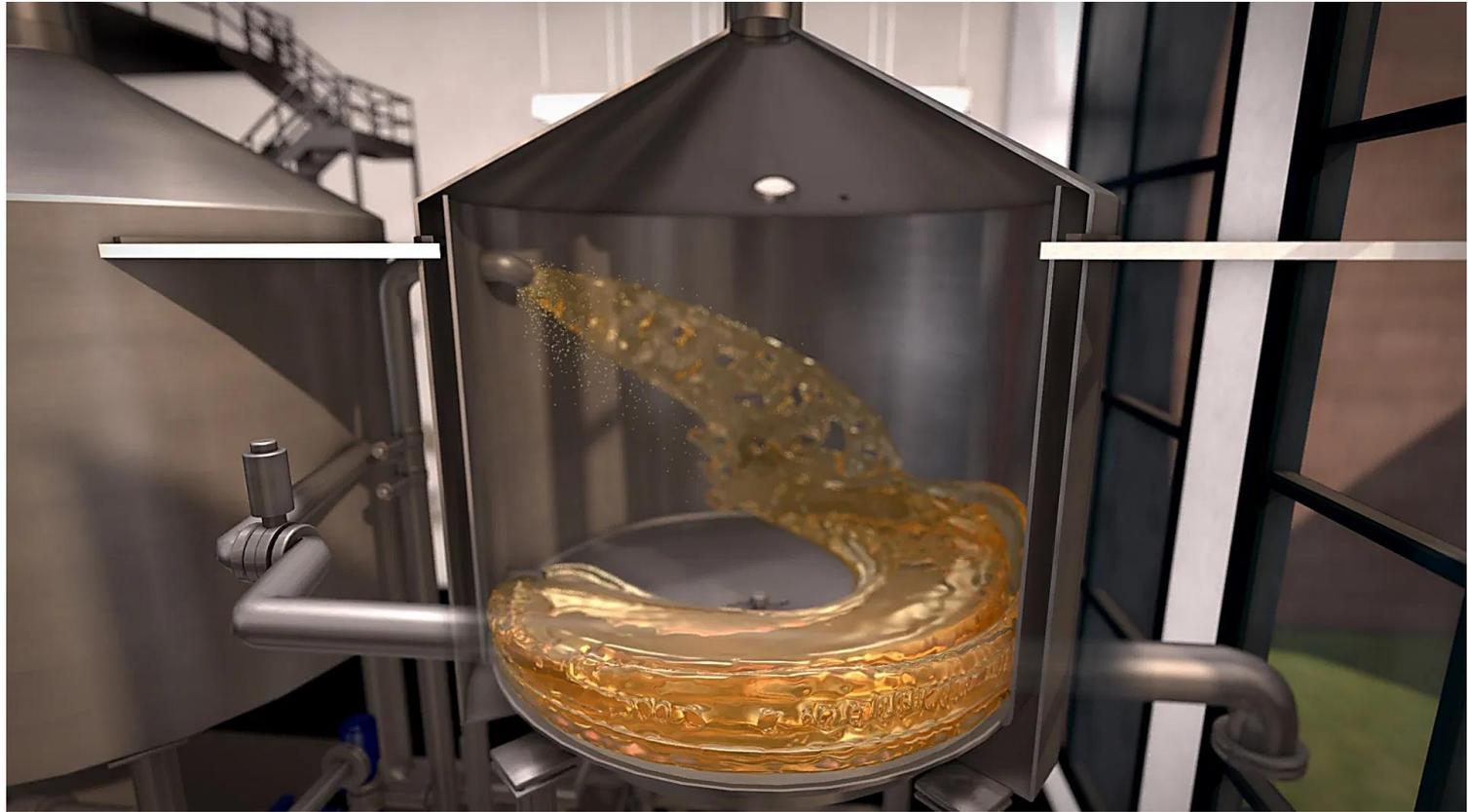
$\beta$ -cariofillene

**Il luppolo in cottura:** ha l'obiettivo di poter estrarre la quantità maggiore di  $\alpha$ -acidi. Il calore solubilizza tutti i composti importanti per il gusto e l'aroma della birra contenuti nel luppolo e converte (isomerizza) gli  $\alpha$ -acidi in iso  $\alpha$ -acidi. I polifenoli si solubilizzano in pochi minuti. Gli oli essenziali, l'ideale sarebbe non far bollire il mosto per evitare la volatilizzazione, allora si può ricorrere alla luppolatura a freddo.

<b>Percentuali di iso-a-acidi e polifenoli riscontrabili nella birra in funzione della durata della bollitura del luppolo</b>			
<b>Durata della bollitura (minuti)</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>5</b>
<b>Luppolo fiore: iso-a-acidi</b>	27%	15%	6%
<b>polifenoli</b>	70%	60%	45%
<b>Pellet: iso-a-acidi</b>	35%	20%	7%
<b>polifenoli</b>	75%	65%	48%
<b>Estratto: iso-a-acidi</b>	40%	23%	8%
<b>polifenoli</b>	-	-	-

Dopo la bollitura, nella fase di decantazione il mosto viene fatto raffreddare e decantare per favorire l'eliminazione dei residui del luppolo e dei precipitati solidi.

Il mosto viene portato alla temperatura giusta per dare l'avvio alla fermentazione.



Il mosto di  
birra filtrato e  
chiarificato,  
pronto per la  
fermentazione

---



## La fermentazione determina la prima differenza tra i diversi tipi di birra

La fermentazione si divide in tre stadi:

- primaria
- secondaria
- condizionamento o *lagering*.

Avviamo birre a fermentazione indotta e fermentazione spontanea.

Le birre a fermentazione indotta si suddividono in birre ad alta fermentazione e birre a bassa fermentazione.



Le specie più importanti per la vinificazione e la birrificazione appartengono al genere *Saccharomyces*, che comprende quattro specie:

*Saccharomyces cerevisiae*,

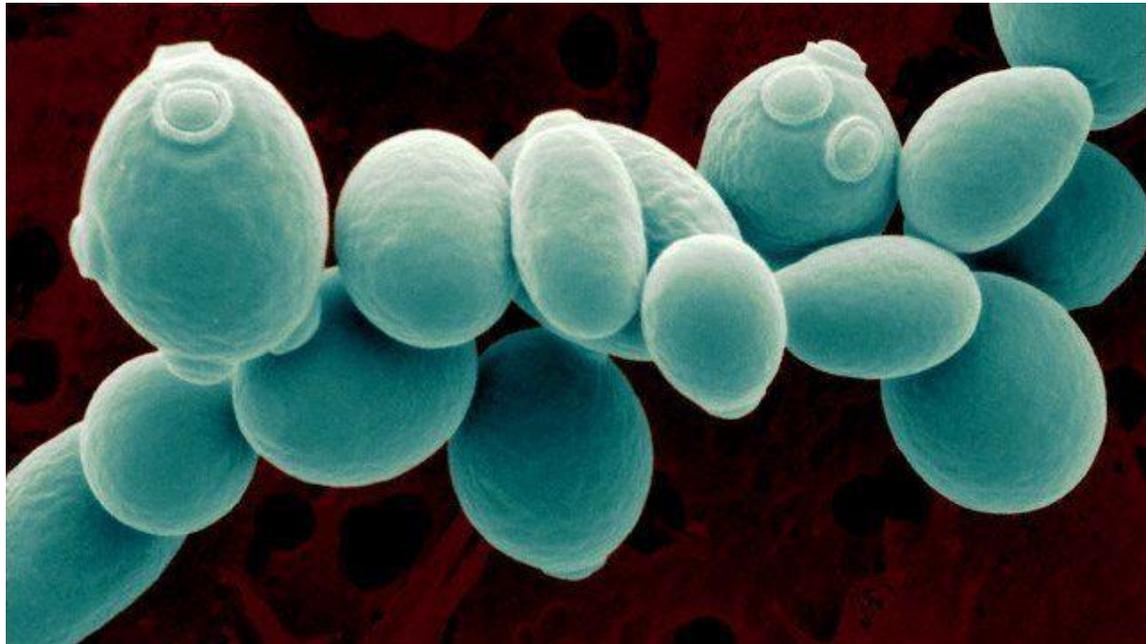
*Saccharomyces paradoxus*,

*Saccharomyces pastorianus* (sinonimo di *Saccharomyces carlsbergensis*)

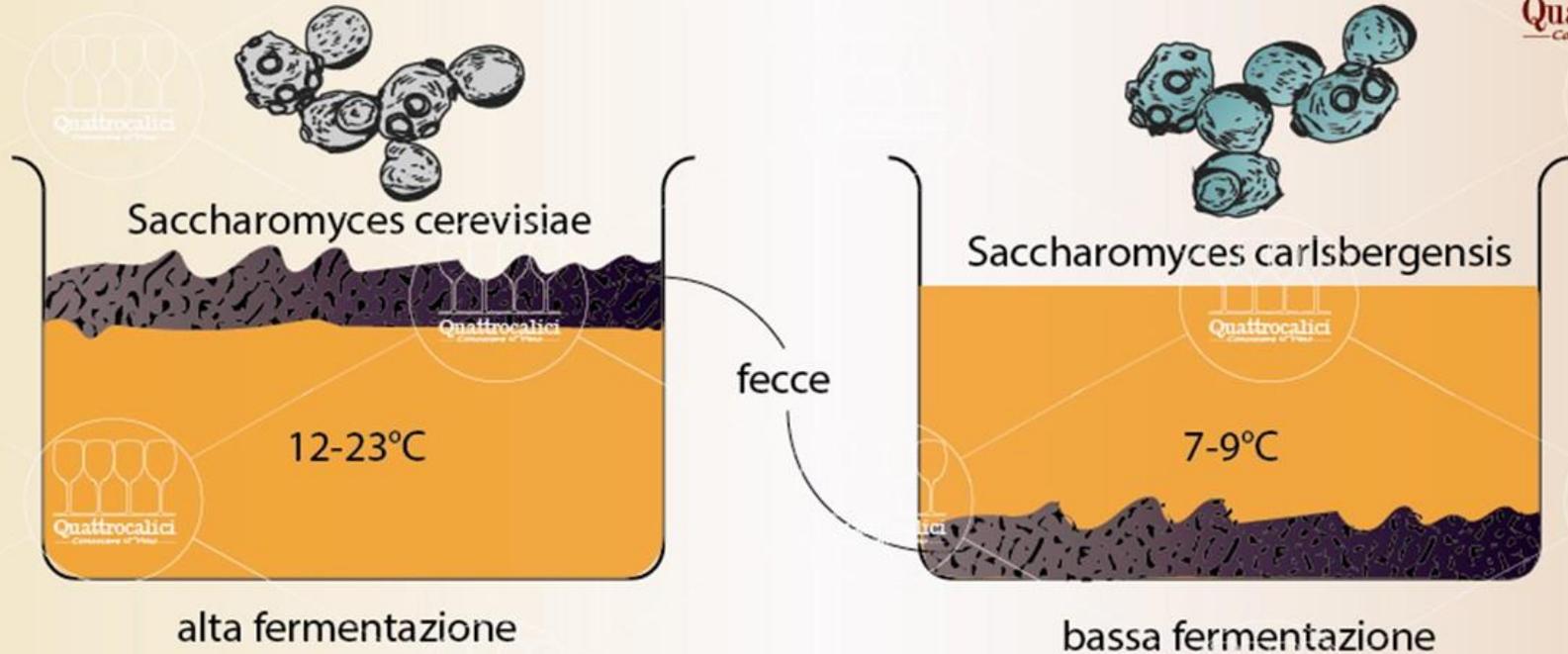
*Saccharomyces bayanus*.

*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces paradoxus* sono in grado di crescere a temperature più alte rispetto agli altri lieviti.

Questa caratteristica ha determinato la suddivisione in lieviti ad alta fermentazione (ale) ed a bassa fermentazione (lager)



# La fermentazione della birra



©Quattrococalici 2019

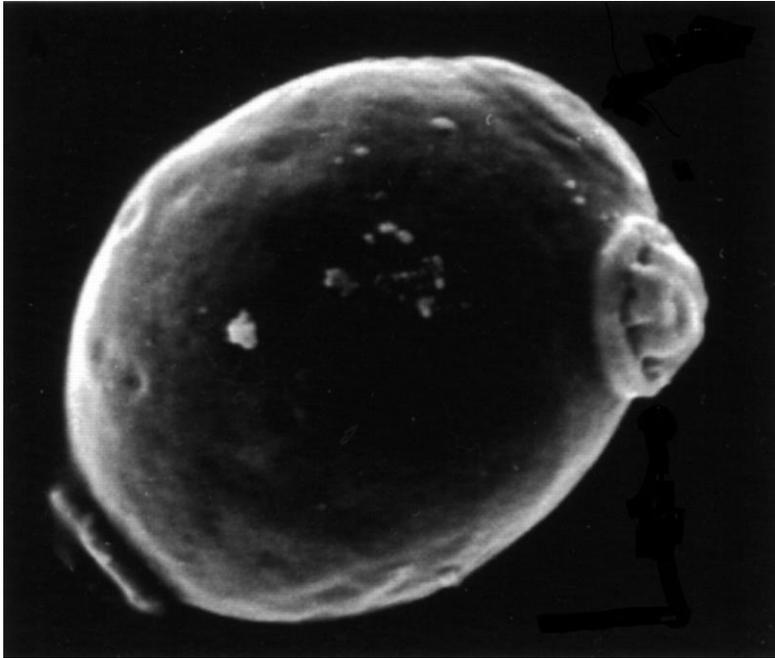
Quattrococalici di Marcello Leder

Temperature per la fermentazione primaria:

- Ale: 17-24°C
- Lager: 8-14°C
- Stili *wheat* e *belgi*: 17-29°C



# Lieviti



*Immagini al microscopio elettronico di Saccharomyces (a sinistra) e Brettanomyces (a destra).*

*Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces uvarum*  
*Saccharomyces carlbergensis*

*Brettanomyces lambicus*  
*Brettanomyces bruxellensis*

Alta fermentazione

Bassa fermentazione

Fermentazione spontanea

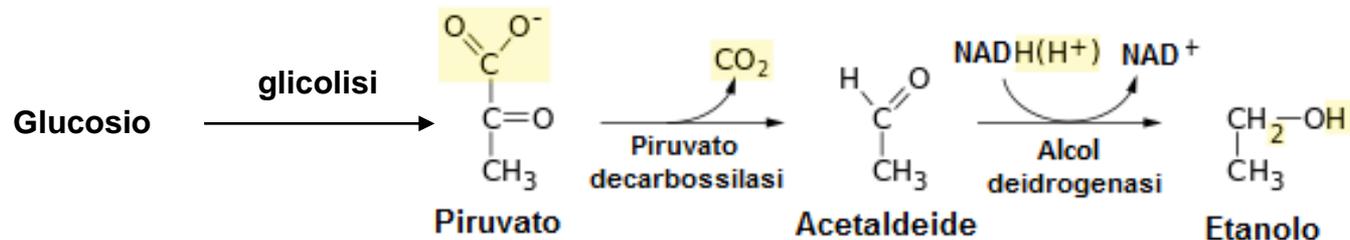
# La fermentazione alcolica (processo anaerobico)

il vero cuore del processo di birrificazione

Durante il processo di fermentazione alcolica i lieviti trasformano gli zuccheri semplici contenuti nel mosto in alcool etilico ed anidride carbonica, secondo la seguente reazione chimica



- 1- glicolisi
- 2- decarbossilazione del piruvato: piruvato decarbossilasi
- 3- riduzione dell'acetaldeide ad etanolo: alcol deidrogenasi



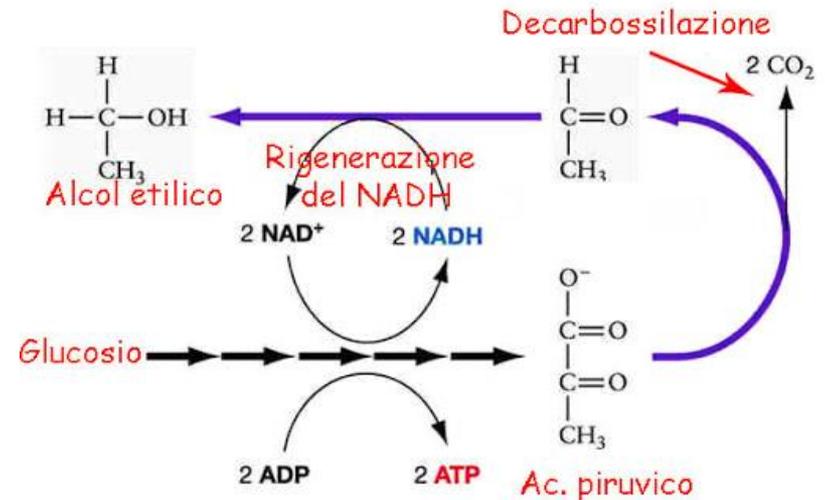
# Fermentazione primaria

Il primo stadio della fermentazione inizia quando il lievito viene aggiunto al mosto, già raffreddato ed aerato. La riproduzione dei lieviti inizia per via aerobica, utilizzando l'ossigeno disciolto nel mosto, con formazione di steroli (ergosterolo).

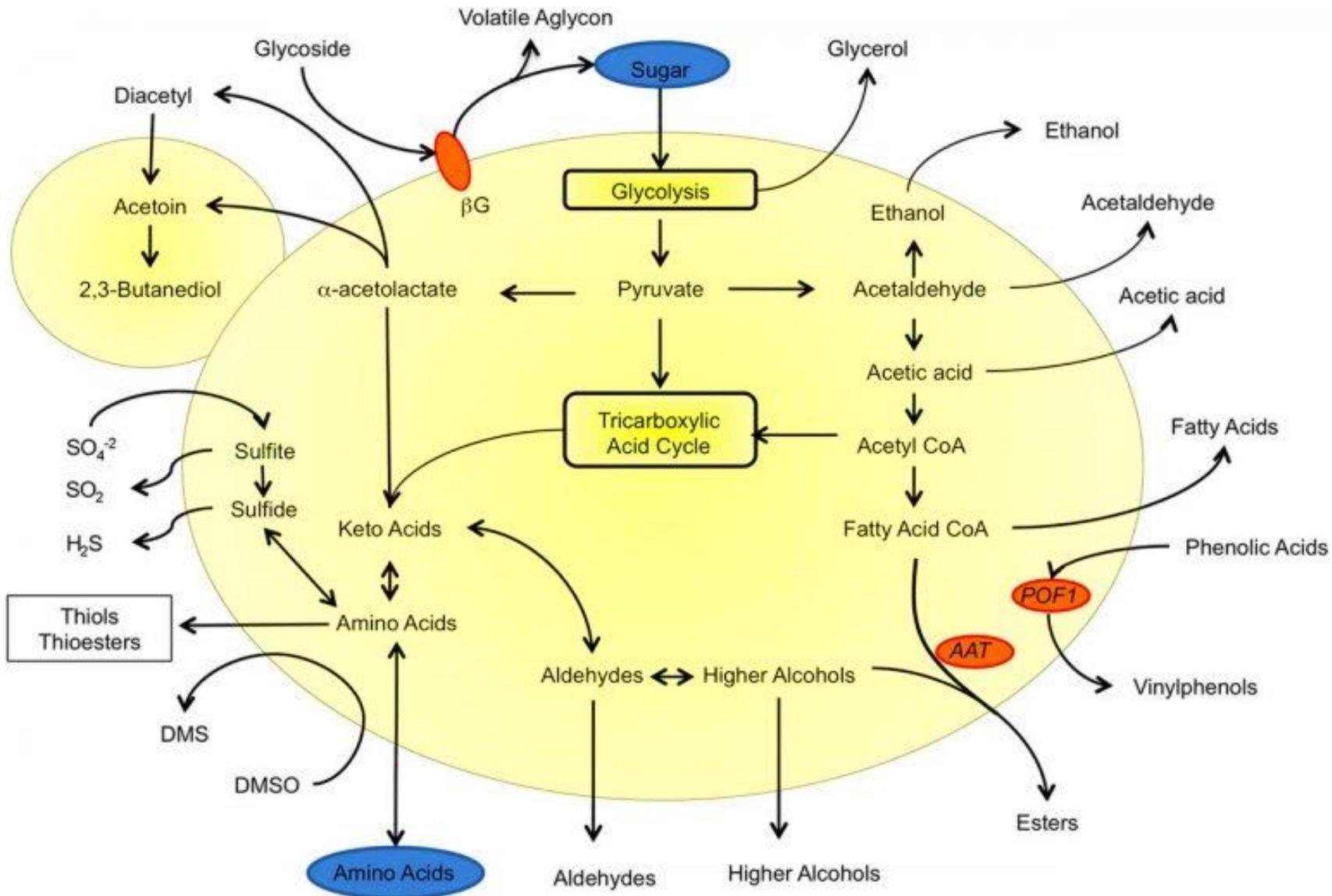
In seguito, la fermentazione passa alla fase anaerobica in cui la maggior parte degli zuccheri del mosto sono trasformati in etanolo e CO<sub>2</sub>. Durante la fase primaria della fermentazione vengono prodotti gli alcoli superiori ed esteri che danno l'aroma particolare alla birra.

## Riepilogo della fermentazione primaria:

- Consumo dell'ossigeno disciolto
- Acidificazione/riduzione del pH
- Crescita del lievito
- Produzione di etanolo e CO<sub>2</sub>
- Produzione di composti aromatici come esteri, diacetile, composti contenenti zolfo, ecc.
- Consumo della maggior parte degli zuccheri presenti nel mosto.

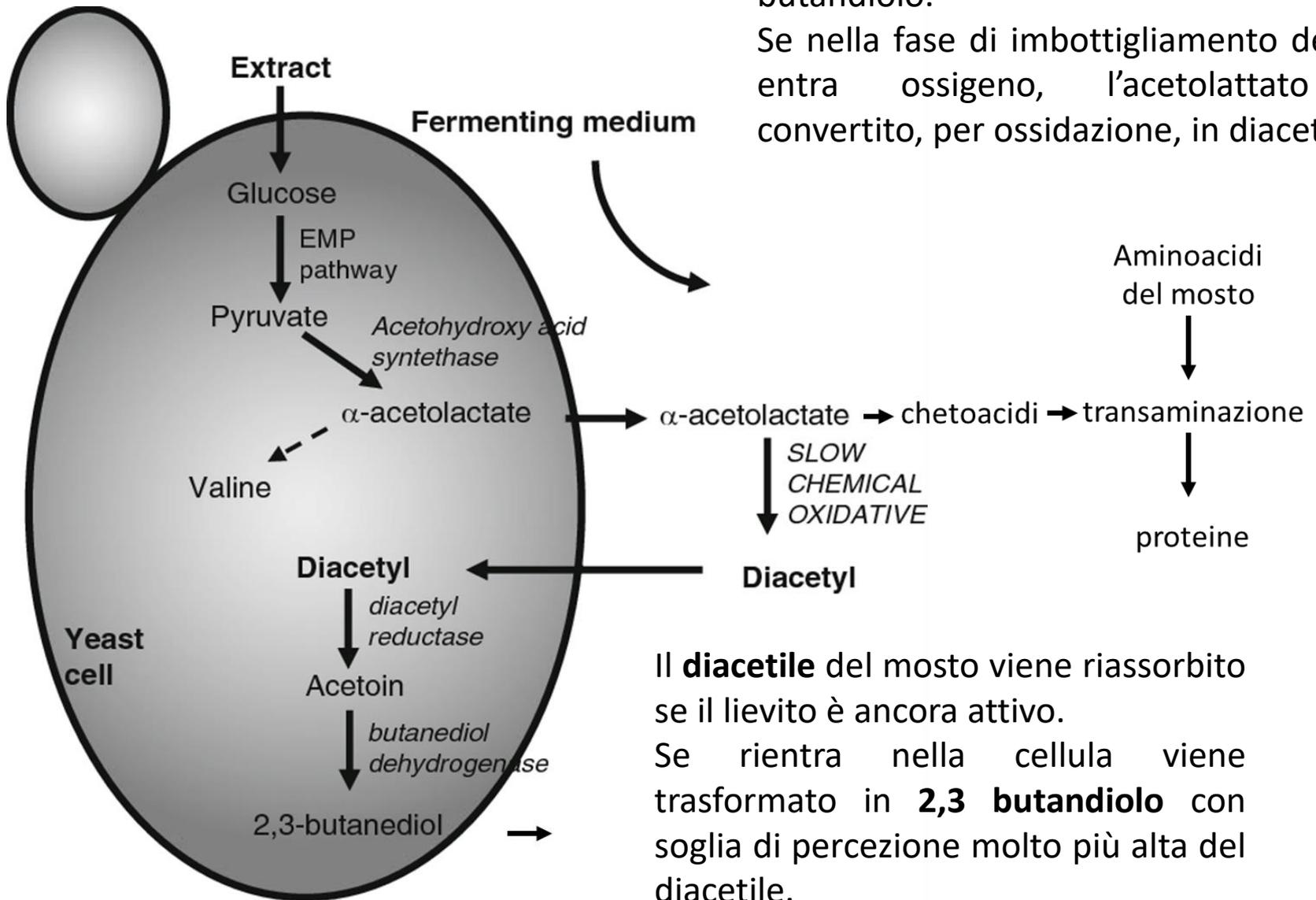


# Il metabolismo del lievito



Il diacetile si forma durante la fermentazione per ossidazione dell'acetolattato che, successivamente, verrà trasformato in 2,3-butandiolo.

Se nella fase di imbottigliamento della birra entra ossigeno, l'acetolattato verrà convertito, per ossidazione, in diacetile.

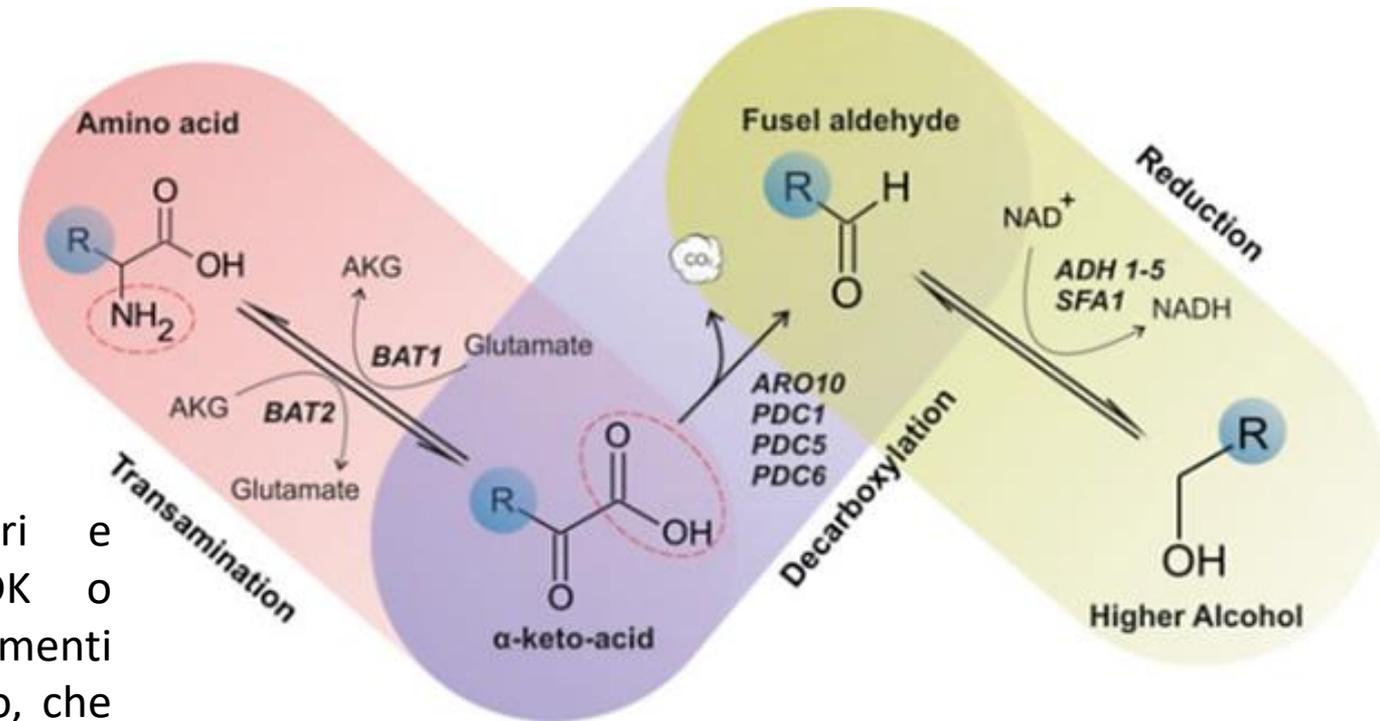


Il **diacetile** del mosto viene riassorbito se il lievito è ancora attivo. Se rientra nella cellula viene trasformato in **2,3 butandiolo** con soglia di percezione molto più alta del diacetile.

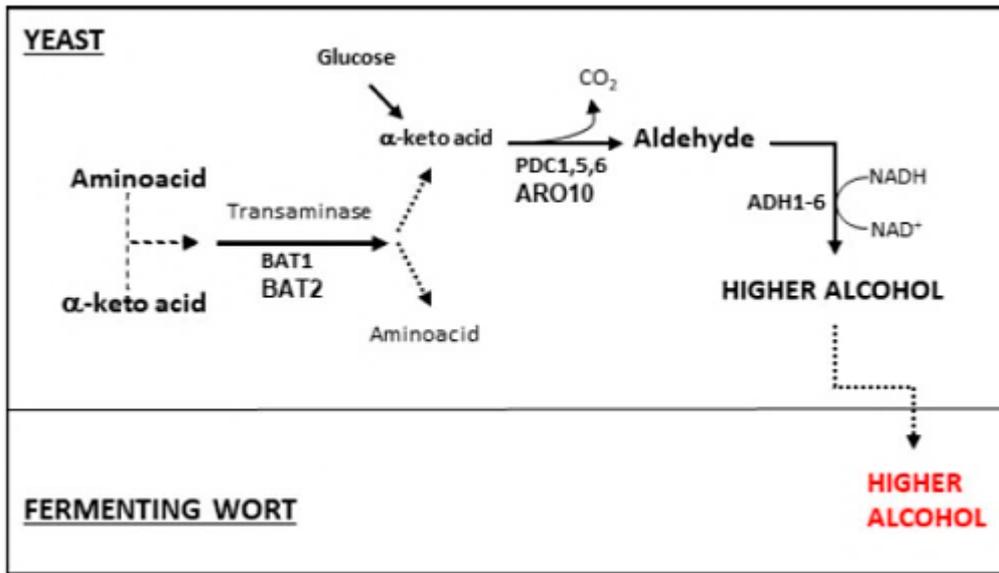
Gli alcoli superiori sono i composti organolettici più abbondanti nella birra. Il lievito utilizza gli amminoacidi presenti nel mosto, da cui prende il gruppo amminico per incorporarlo nelle biosintesi dei propri prodotti. La parte rimanente dell'amminoacido ( $\alpha$ -chetoacido) entra in una reazione a catena, irreversibile che porta alla formazione di un prodotto secondario della fermentazione alcolica: gli alcoli superiori

### Enzimi della via di Ehrlich:

transaminasi,  
decarbossilasi  
alcol deidrogenasi

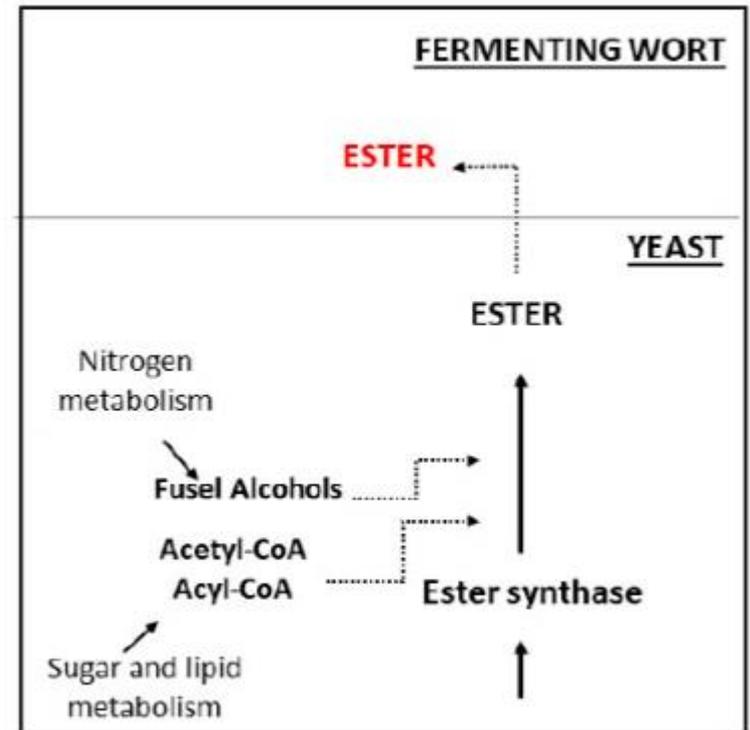


Alcoli superiori, esteri e dchetoni vicinali (VDK o diacetile) sono gli elementi chiavi prodotti dal lievito, che alla fine determineranno la qualità finale di la birra

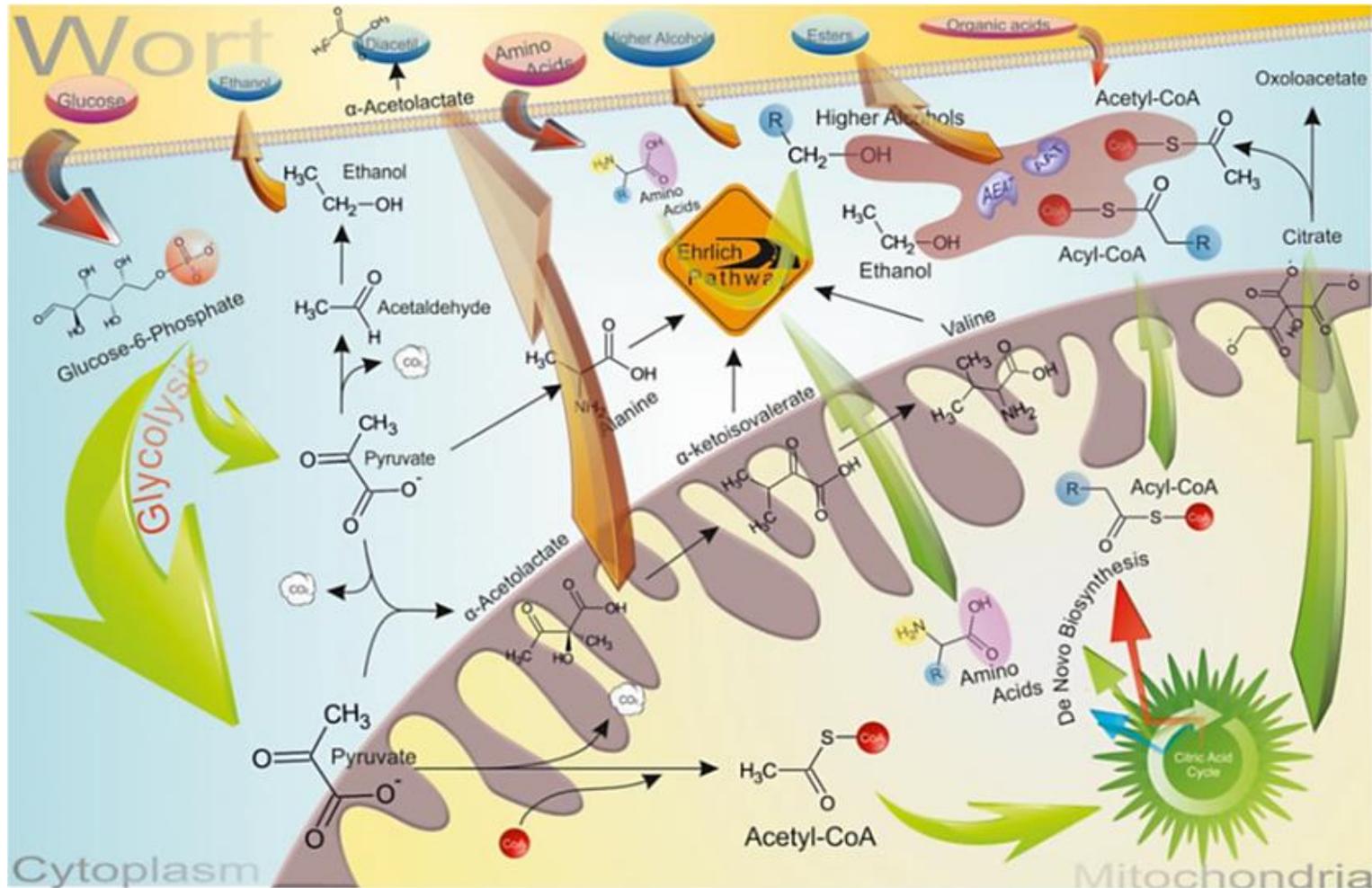


**Vie di sintesi degli alcol superiori:** derivano dal glucosio e dagli aminoacidi, gli  $\alpha$ -chetoacidi che si formano vengono decarbossilati per produrre aldeidi ed infine deidrogenati per produrre l'alcol primario corrispondente. Nella via di Ehrlich o nella via degli aminoacidi, gli aminoacidi vengono convertiti in  $\alpha$ -chetoacidi dall'enzima transaminasi.

**Via di sintesi dell'estere:** durante il metabolismo del lievito, gli zuccheri fermentabili e i lipidi sono convertiti in acetil-CoA, mentre dal metabolismo dell'azoto si formano gli alcoli superiori (fusel alcoli). Questi composti sono utilizzati per produrre molecole di estere e l'enzima che catalizza la reazione è l'estere sintasi.



Via anabolica: Il mosto di birra contiene normalmente tutti gli amminoacidi precursori richiesti dal lievito per la crescita durante la fermentazione. Tuttavia, gli  $\alpha$ -chetoacidi (intermedi del metabolismo di Ehrlich) possono essere formati ex novo dalla biosintesi degli amminoacidi derivati dal metabolismo dei carboidrati.



L'**alcol amilico** è il composto aromatico quantitativamente più significativo tra gli alcolici superiori. Quando il contenuto aumenta, influisce sulla bevibilità e sulle caratteristiche sensoriale della birra. Un altro l'alcol che determina la qualità della birra è l'**isobutilico**, il suo effetto è sgradevole quando la concentrazione supera il 20% della concentrazione totale degli alcoli.

Gli esteri aromatici più rappresentativi nella birra sono l'**acetato di etile** (aroma simile al burro), **caproato di etile**, **caprilato di etile** (sapore e aroma di mela acida), **acetato di isoamile** (fruttato, aroma di banana), **acetato di isobutile**, **di feniletile** ed **ottanoato di etile** (miele, fruttato, rose, aroma floreale).

Gli esteri aromatici vengono sintetizzati nel citosol delle cellule del lievito ed è stato dimostrato che la temperatura è un fattore importante per la liberazione degli esteri. Nelle cellule dei lieviti lager (*Saccharomyces pastorianus*, *Saccharomyces carlsbergensis*, *Saccharomyces uvarum*) una percentuale di esteri prodotti rimane all'interno del citosol, mentre per i lieviti ale (*Saccharomyces cerevisiae*) vengono liberati nel mezzo di fermentazione, questo spiega la combinazione di aromi più complessi delle birre ale.



# Birre ad alta fermentazione

- Per le birre ad alta fermentazione, dette anche *Ale*, si impiegano lieviti della famiglia dei *Saccharomyces cerevisiae*.
- Questo lievito lavora bene a temperature comprese tra 12 e 23°C.
- Il processo di fermentazione è più rapido a temperature più alte, sono richiesti da 4 a 5 giorni.
- Una volta esaurito il loro lavoro il residuo dei lieviti, sotto l'effetto dell'anidride carbonica, galleggia sulla superficie, da qui il nome di "alta" fermentazione.
- Le birre ad alta fermentazione comprendono molti stili, oltre a tutte quelle birre che riportano nel loro nome la dicitura "*Ale*" come le IPA, APA, Brown Ale, Cream Ale, Wheat Ale, Belgian Ale.



# Birre a bassa fermentazione

- Per le birre a bassa fermentazione si utilizzano lieviti della famiglia dei *Saccharomyces uvarum* o *carlbergensis*.
- Questi lieviti richiedono temperature piuttosto basse, tra 7 e 9 °C.
- La fermentazione a bassa temperatura è più lenta ed il processo si compie in 7-10 giorni.
- Questi lieviti, una volta terminata la fermentazione, si depositano sul fondo, da qui il nome di “bassa” fermentazione.
- Gli stili di birra a bassa fermentazione vengono detti *Lager* e rispetto a quelli *Ale* tendono ad essere più puliti e neutri e rispecchiano più fedelmente le caratteristiche del luppolo o del malto utilizzato nel mosto.
- Tra le birre a bassa fermentazione rientrano molti stili come le Dunkel, Pilsner, Kellerbier e molte altre.



# La fermentazione spontanea

- È un tipo di fermentazione completamente diversa dalle altre, perché sfrutta i lieviti della famiglia di *Saccharomyces* presenti nell'ambiente.
- Per favorire la loro azione, dopo la bollitura, il mosto si mette a raffreddare in vasche grandi e poco profonde, massimizzando la superficie di contatto con l'aria.
- Il mosto viene introdotto in botti di castagno o di rovere, dove fermenta.
- Queste birre sono generalmente prodotte solo nei mesi freddi e può essere bevuta già alla fine dell'estate seguente.
- I principali stili di birra a fermentazione spontanea sono le Iris e le Lambic.



# fermentazione secondaria o maturazione

Per fermentazione secondaria si intende quella che si svolge dopo che la maggior parte degli zuccheri del mosto sono esauriti e continua la trasformazione di metaboliti secondari da parte dei lieviti.

Quando la fermentazione primaria inizia a bloccarsi i lieviti esausti flocculano o si depositano a causa dell'aumento del contenuto alcolico e dell'esaurimento di zuccheri e nutrienti (minore densità).

Durante la fermentazione secondaria avviene il riassorbimento e la riduzione del diacetile da parte dei lieviti.

## **Riepilogo della fermentazione secondaria:**

- Riduzione del tasso di produzione di etanolo e CO<sub>2</sub>
- Riassorbimento e trasformazione del diacetile
- Raggiungimento della densità finale
- Inizio di flocculazione o deposito del lievito

# Condizionamento

- La fase del condizionamento o *lagering* avviene al raggiungimento della densità finale con il raffreddamento del serbatoio fino alla temperatura ambiente. Durante questa fase il lievito continua a flocculare e depositarsi, condiziona la birra riducendo i vari composti aromatici indesiderati.
- I tempi per il condizionamento non sono omogenei tra i vari stili di birra e dipendono da diversi fattori: il livello di alcool, il tipo di malto utilizzato e la temperatura alla quale si svolge il condizionamento. Generalmente sono sufficienti da 4 a 7 giorni sotto carbonatazione.

## **Riepilogo del condizionamento:**

- La maggior parte del lievito è rimosso
- Formazione e precipitazione di proteine (intorbidimento)
- Riduzione e maturazione degli aromi penetranti
- Riduzione di composti sulfurei, diacetile e acetaldeide
- Stabilizzazione degli aromi

## La rifermentazione in bottiglia (*priming o carbonatazione*)

Il priming è quella tecnica che consiste nell'aggiungere una certa quantità di CO<sub>2</sub> oppure zuccheri fermentabile alla birra prima del suo imbottigliamento. La fermentazione di questa piccola quantità di zucchero produrrà CO<sub>2</sub> che non potendo uscire si conserverà all'interno della bottiglia. La rifermentazione in bottiglia ha bisogno di temperature comprese tra 23-25°C

**Carbonatazione forzata** è l'aggiunta di CO<sub>2</sub> in pressione. Dopo qualche giorno, la CO<sub>2</sub> viene dissolta e carbona la birra. Per calcolare la quantità di anidride carbonica disciolta effettivamente nella birra bisogna considerare la temperatura di imbottigliamento e non quella di fermentazione.

### Volumi di CO<sub>2</sub>:

1 volume = 1 litro di CO<sub>2</sub>/1 litro di birra

I livelli di solubilità della CO <sub>2</sub> nella birra a diverse temperature:		Stile	Volumi CO <sub>2</sub> /L
Temperatura	Volumi CO <sub>2</sub> /litro	Ale inglesi	1,5 – 2,0
4	1,45	Stout e porter	1,6 – 2,2
10	1,17	Ale americane	2,2 – 2,6
15	0,99	Lager e Pils	2,4 – 2,7
20	0,85	Belgian Ale	2,4 – 3,2
25	0,73	Birre di grano	3,0 – 3,5

**Carbonatazione naturale:** L'aggiunta dello zucchero o malto può avvenire direttamente nel fermentatore, prima dell'imbottigliamento, o nelle singole bottiglie. Solitamente, nel fermentatore, il quantitativo di zucchero necessario è più basso (40-50%) rispetto alla bottiglia, perché nel fusto si fermentano gli zuccheri residui meglio che nelle bottiglie.

Carbonatazione per i diversi stili di birra:

- **Priming per una porter:** 2,7 g di zucchero/L
- **Priming per una Ipa:** 2,9 g di zucchero/L
- **Priming per una lager:** 4,5 g di zucchero/L
- **Priming per una birra di Natale:** 5,2 g di zucchero/L
- **Priming per una blanche:** 5,5 g di zucchero/L

	<b>Fermentabile</b>	<b>g/L</b>
Valori di zucchero fermentabile/L necessari a produrre 1 volume di CO <sub>2</sub>	Zucchero da tavola	4
	Zucchero di canna	4
	Estratto di malto secco	5,2
	Miele	5,5
	Estratto di malto liquido	6,4

# La rifermentazione in bottiglia

- **Aggiunta del lievito:** questo significa che terminata la fermentazione e prima dell'imbottigliamento, vengono aggiunti altri lieviti che possono essere dello stesso ceppo utilizzato nella prima fermentazione o di un ceppo diverso, per arricchirne l'aroma.



# Maturazione e qualità della birra

- L'affinamento o maturazione in bottiglia avviene dopo la conclusione della fermentazione.
- Le birre da invecchiamento vengono imbottigliate e conservate a temperatura di cantina per un periodo che va dai 6 mesi ai 6 anni.
- Il tempo necessario per imbottigliare una birra non è specifico; dipende da quando il birraio sente che la birra è pronta.
- La birra dovrebbe trovarsi a temperatura piuttosto bassa (10-15°C) e al riparo dalla luce.

# Il confezionamento della birra

**La filtrazione della birra:** permette di velocizzare la fase di condizionamento evitando le lunghe attese necessarie per la naturale decantazione dei lieviti esausti.

Se la filtrazione è molto spinta, fino ad eliminare tutte le tracce di lieviti e batteri, viene definita microfiltrazione o filtrazione sterile.

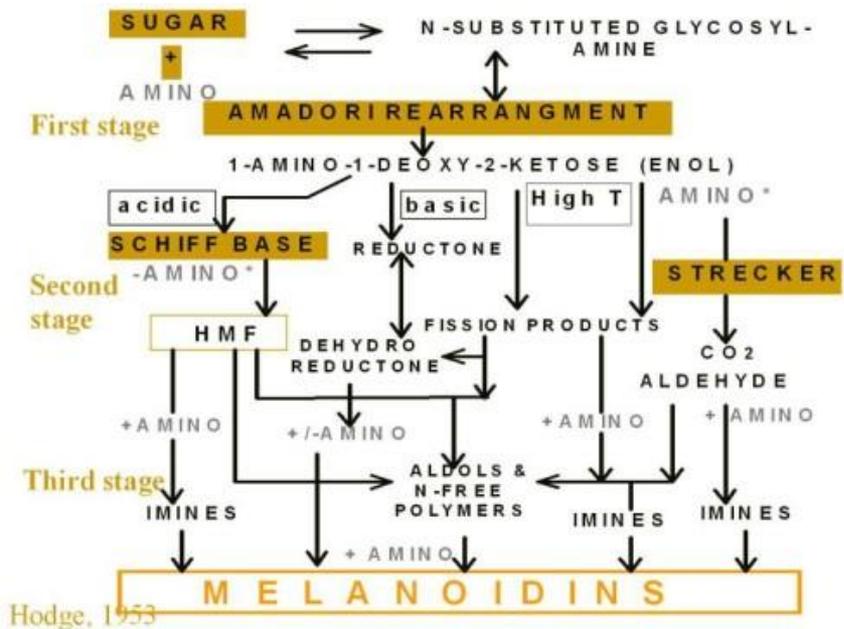
**La pastorizzazione:** è un blando trattamento termico applicato alla birra che permette di eliminare quasi tutti gli organismi che potrebbero portare a delle alterazioni al prodotto finito.

La birra viene trattata per alcuni minuti ad una temperatura di poco superiore ai 60°C.



# Reazione di Maillard : colori, profumi e sapori

La reazione di Maillard avviene in tutti gli alimenti in cui sono presenti zuccheri riducenti (aldosi o chetosi) e gruppi amminici liberi; determina la comparsa di colore, per questo la reazione è detta reazione di Imbrunimento non enzimatico.



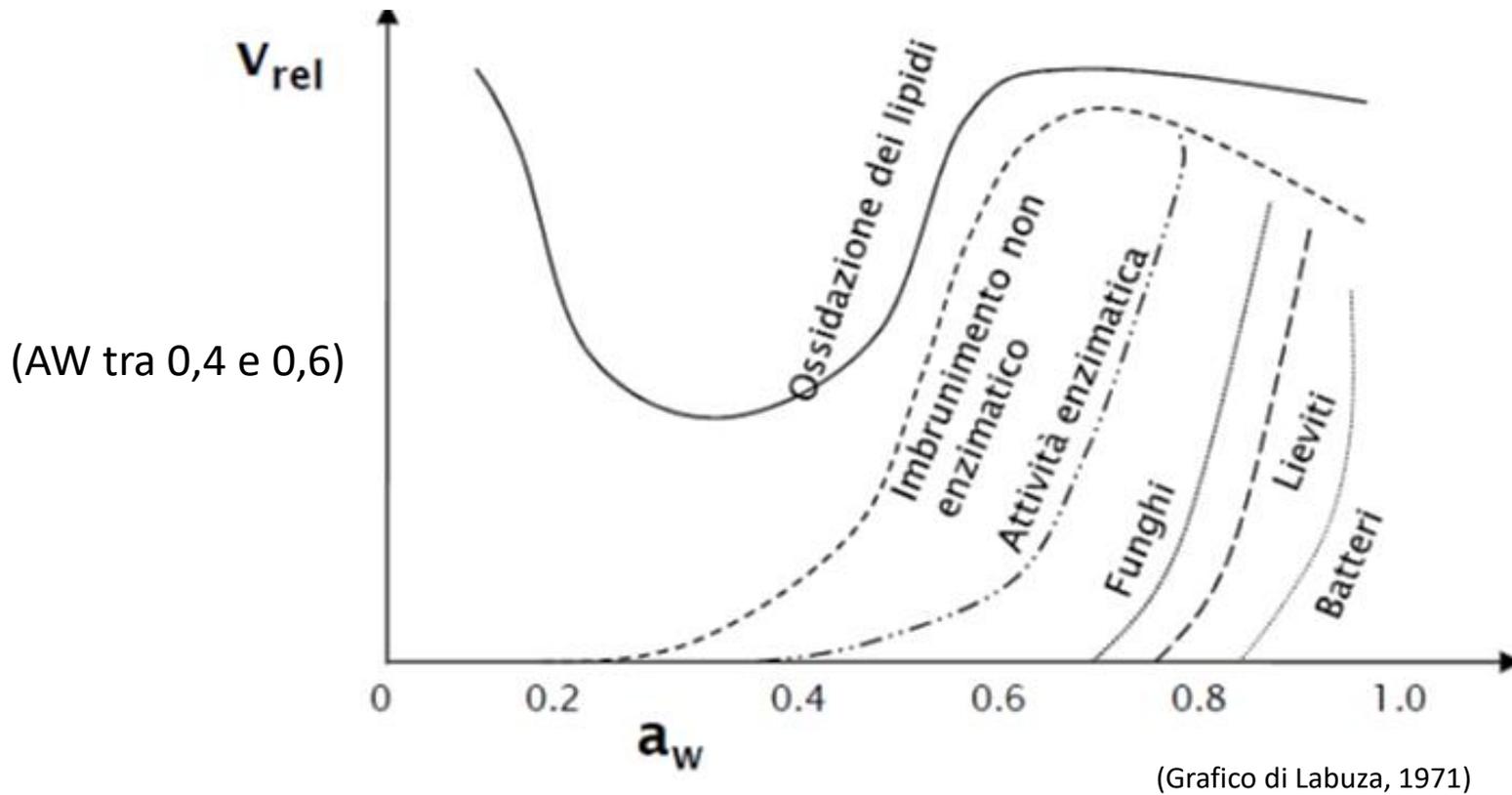
## REAZIONE DI MAILLARD



Dipende da molteplici fattori:

- Il tipo e la quantità dei reagenti: gli zuccheri chetosi sono più reattivi degli aldosi e i pentosi più degli esosi. I polisaccaridi reagiscono poco, mentre le proteine sono relativamente poco reattive e lo fanno solo con i gruppi amminici liberi della catena laterale come quello della lisina che risulta ben esposto. Gli amminoacidi liberi sono tutti molto reattivi.
- L'attività dell'acqua: fornisce una stima quantitativa della frazione di acqua libera contenuta in un alimento. La reazione di Maillard ha bisogno di acqua e deve essere compresa tra 0,4 e 0,6. In soluzioni molto diluite i reagenti si incontrano con maggiore difficoltà.
- Il tempo e la temperatura del trattamento sono due fattori che aumentano sempre lo sviluppo della reazione.

L' $a_w$  fornisce una stima quantitativa della frazione di acqua libera contenuta in un alimento



L'acqua legata alle proteine o ad altre molecole non è utilizzabile dai microorganismi. L'acqua libera è utilizzata dai microorganismi per la loro riproduzione e consente l'interazione dei reagenti nelle reazioni enzimatiche o chimiche come l'imbrunimento termico o reazione di Maillard.

# Reazione di Maillard

Si intende una serie complessa di fenomeni che avviene in seguito all'interazione di zuccheri riducenti ed amminoacidi, in processi ad alte temperature e in condizione di bassa attività dell'acqua.

Le tappe chimiche:

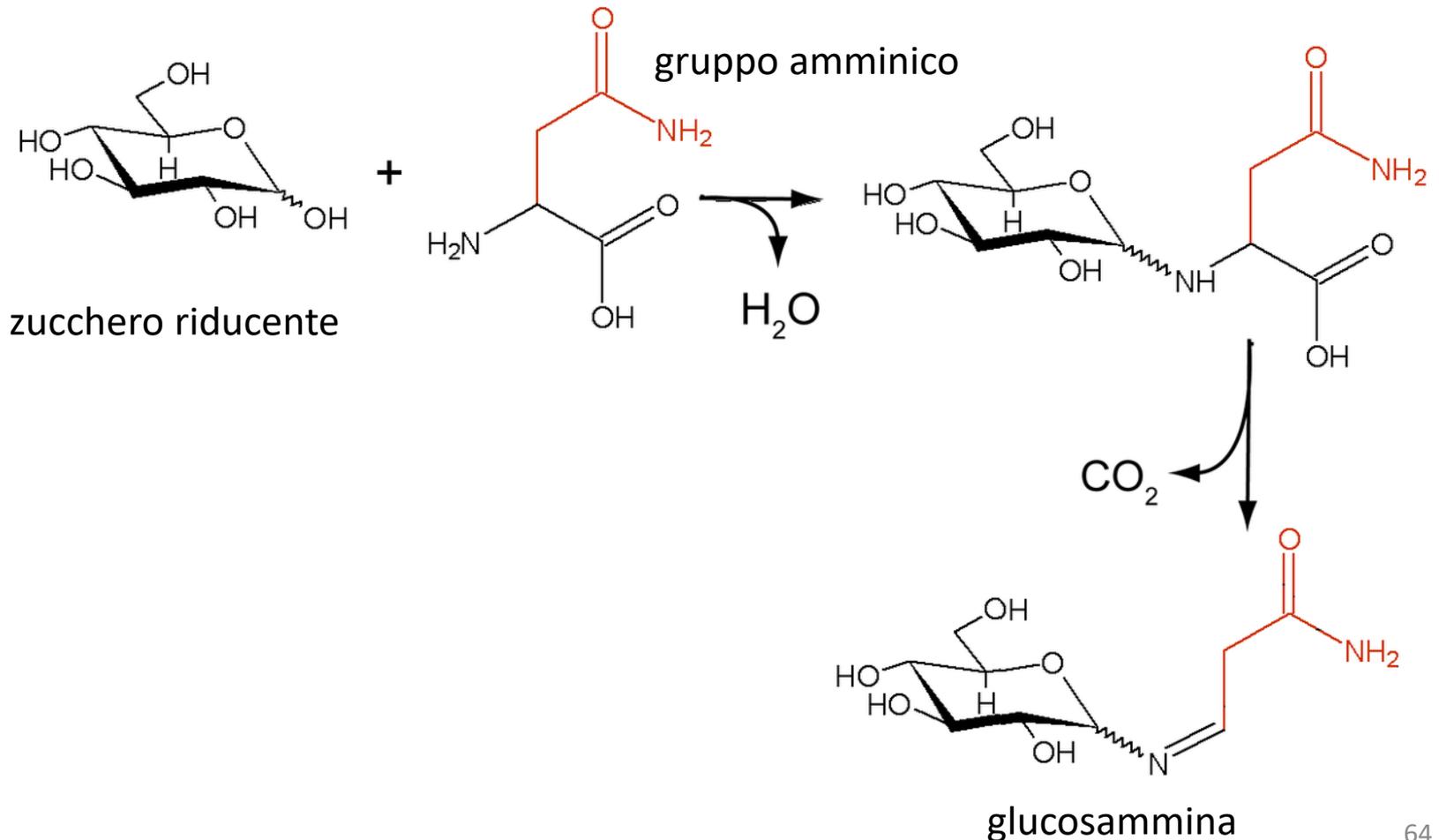
Stadio iniziale

Stadio avanzato

Stadio finale

## Stadio iniziale: reazione tra uno zucchero riducente e gruppi amminici

E' caratterizzata dalla formazione di una base di Schiff tramite la reazione del carbonio carbonilico dello zucchero riducente con il gruppo amminico di un amminoacido, si forma una glucosammina che è un composto molto instabile.





# Seconda fase o Stadio avanzato

In questa fase si possono avere un gran numero di reazioni che sono influenzate da fattori come il pH e la temperatura

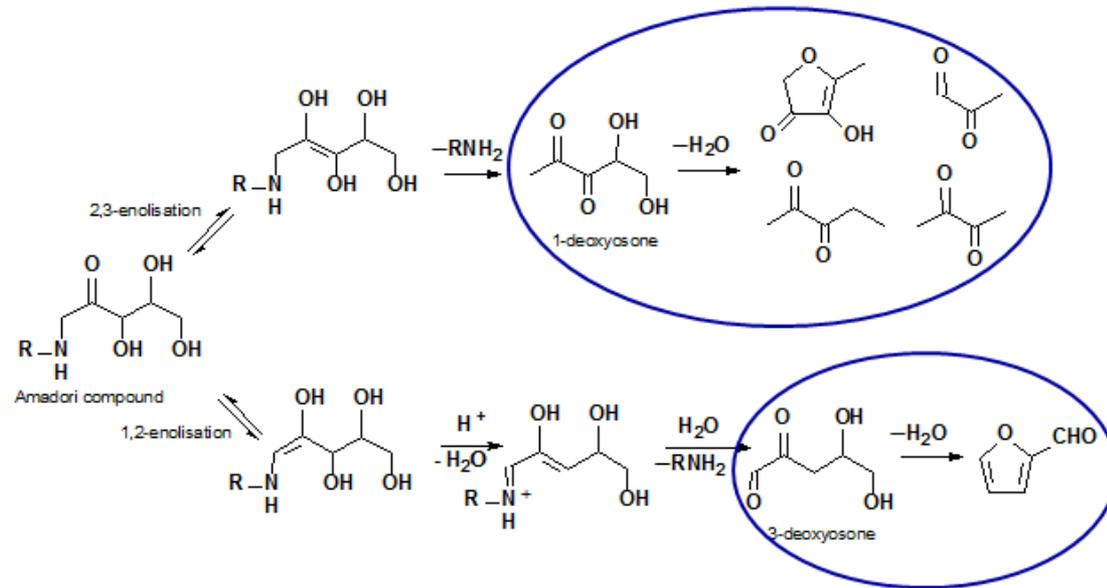
- **Formazione di composti  $\alpha$ -carbonilici** (a seconda delle condizioni di temperatura e di pH della matrice).
- **Disidratazione di vari composti formati nella fase precedente.**
- **Scissione dei composti della prima fase** (favorita dalle alte temperature)

# Seconda fase: formazione dei composti $\alpha$ - dicarbonilici

I composti di Amadori possono enolizzare formando composti  $\alpha$ -dicarbonilici che saranno diversi in funzione del pH e della temperatura:

a pH acido e temperatura bassa: enolizzazione 1,2

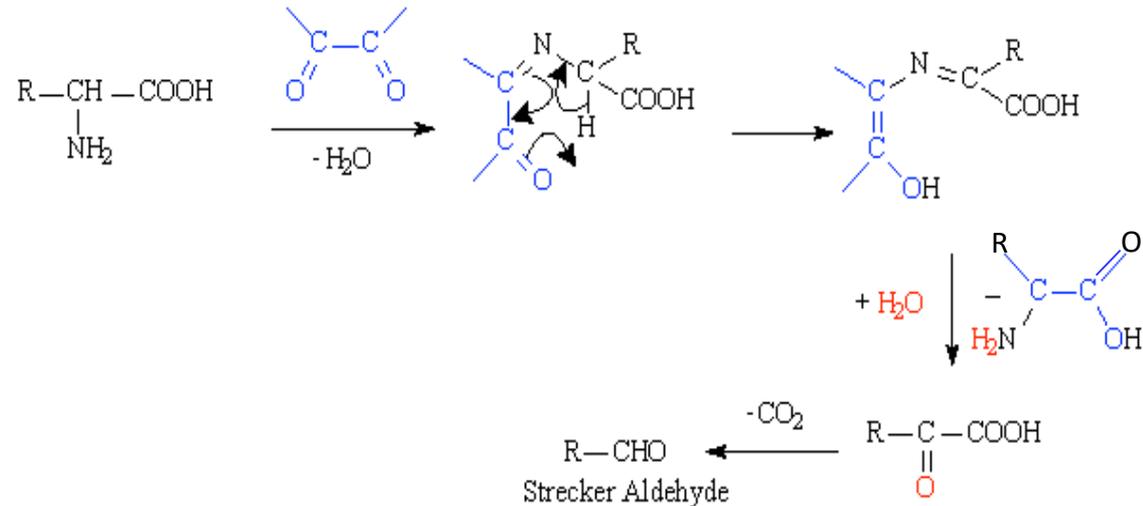
a pH neutro e temperatura alta: enolizzazione 2,3



I composti dicarbonilici hanno perso l'NH<sub>2</sub> che si era condensato al carbonio carbonilico dello zucchero riducente. Questi composti sono molto reattivi, continuano a reagire con amminoacidi liberi per dare la reazione di Strecker oppure condensano per formare le melanoidine.

# Stadio avanzato: la reazione di Strecker

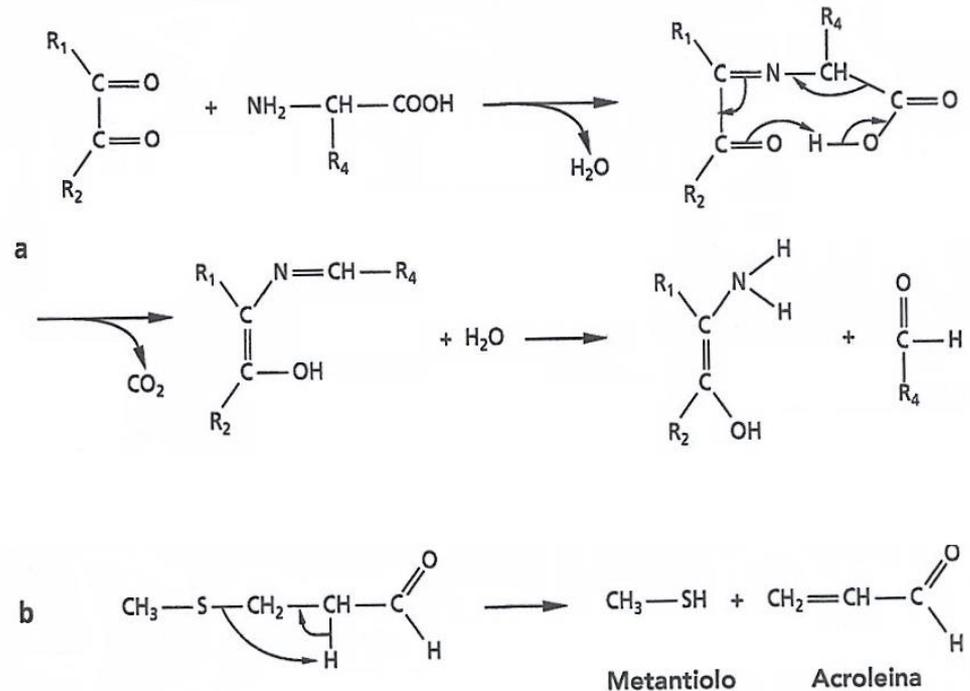
La reazione di Strecker è una reazione che avviene tra un amminoacido e un dicarbonile. Durante la degradazione di Strecker si libera  $\text{CO}_2$



La reazione implica una deaminazione ossidativa ed una decarbossilazione che porta alla formazione di aldeidi e  $\alpha$ -amminochetoni di Strecker. Sono molecole sensorialmente attive e sono responsabili dell'aroma di pane fragrante, di caffè tostato, di carne cotta.

Le aldeidi di Strecker possono rimanere tali, oppure condensare con altre aldeidi o intermedi formando le melanoidine.

# Stadio avanzato: la reazione di Strecker



I composti  $\alpha$ -dicarbonile possono a loro volta aggiungere degli aminoacidi dei mosti. I prodotti di addizione evolvono, per decarbossilazione intramolecolare, secondo la degradazione di Strecker, l'amminoacido coinvolto in questa reazione si trova allo stato di aldeide.

Se l'amminoacido è l'alanina ( $R_4 = -CH_3$ ) l'aldeide corrispondente è l'etanale.

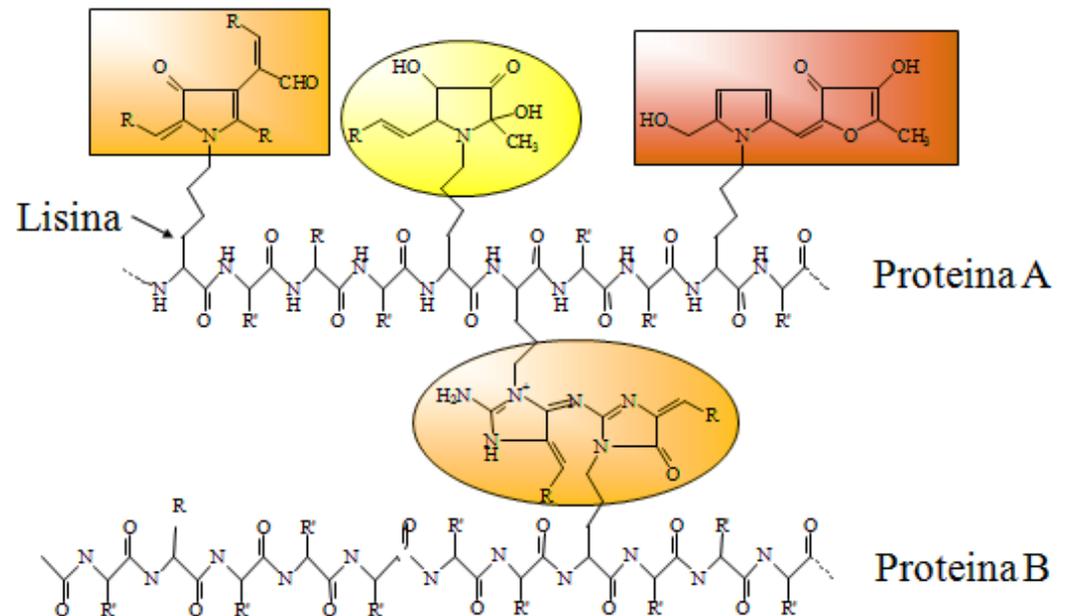
Se l'amminoacido è la metionina ( $R_3 = -CH_3-S-CH_2-$ ) si ottiene il metionale o S-metil-3-propanale, termicamente instabile e evolvente in acroleina e metantiolo, all'origine dell'odore di calvolfiore in cottura o di cane bagnato.

# La terza fase della reazione di Maillard

In questa fase si ha l'effetto maggiore sul grado di imbrunimento.

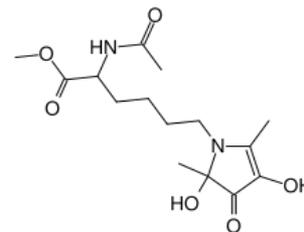
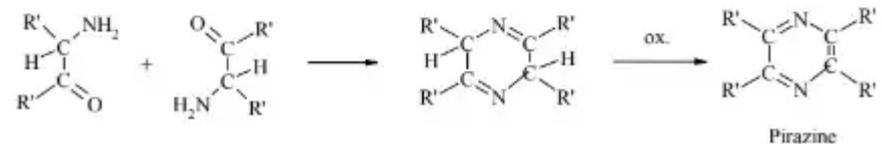
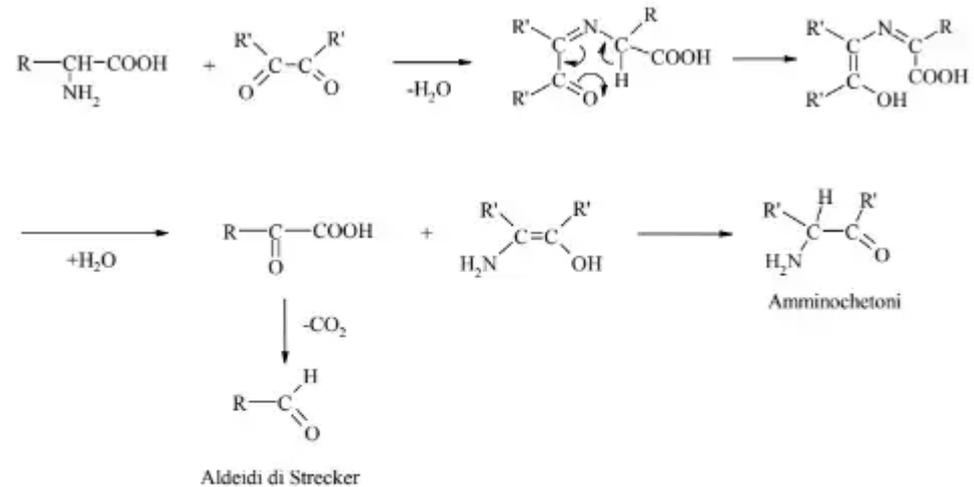
Si ha la condensazione dei prodotti a basso PM formati nelle reazioni precedenti per formare le melanoidine, sostanze insolubili ad alto PM dal colore variabile dal giallo al marrone scuro e dal contenuto in azoto. Nei prodotti ricchi di proteine si formano le melanoproteine.

Se la reazione coinvolge le catene laterali di 2 residui di lisina posti su proteine diverse (A e B) si ha la formazione di un cross-link molto forte:



# La terza fase della reazione di Maillard

Nei prodotti ricchi di polisaccaridi si formano anche le melanoidine. Il corpo è formato dai polisaccaridi mentre gli aminoacidi liberi, frammenti di proteine e acidi fenolici si legano a questi contribuendo alla formazione di una struttura macromolecolare.



melanoidine

La reazione può essere suddivisa in 3 fasi principali:

1. La reazione inizia con la condensazione di uno zucchero riducente e un amminoacido o gruppo amminico.

Zucchero-CHO + NH<sub>2</sub>-amminoacido-proteina

Glicosammina

Si forma una glicosammina che subisce un riarrangiamento:

Composti di Amadori

aldosi → riarrangiamento di Amadori  
chetosi → riarrangiamento di Heyns

Disidratazione  
Scissione

Ciclizzazione  
Degradazione di Stecker

Acidi carbossilici  
Aldeidi  
Chetoni

Furani  
Pirazine  
Pirroli

Condensazione

Melanoidine

2. Consiste nella degradazione dei composti di Amadori-Heyns con formazione di composti bruni responsabili dell'aroma.

3. Comporta la formazione di melanoidine, di colore scuro ad elevato peso molecolare.

# COLORE DEL MALTO

**Malto chiaro:** tostato a 80°C darà le birre chiare;

**Malto ambrato:** tostato tra 100-110°C darà le birre rosse;

**Malto scuro:** tostato a 150°C darà le birre scure;

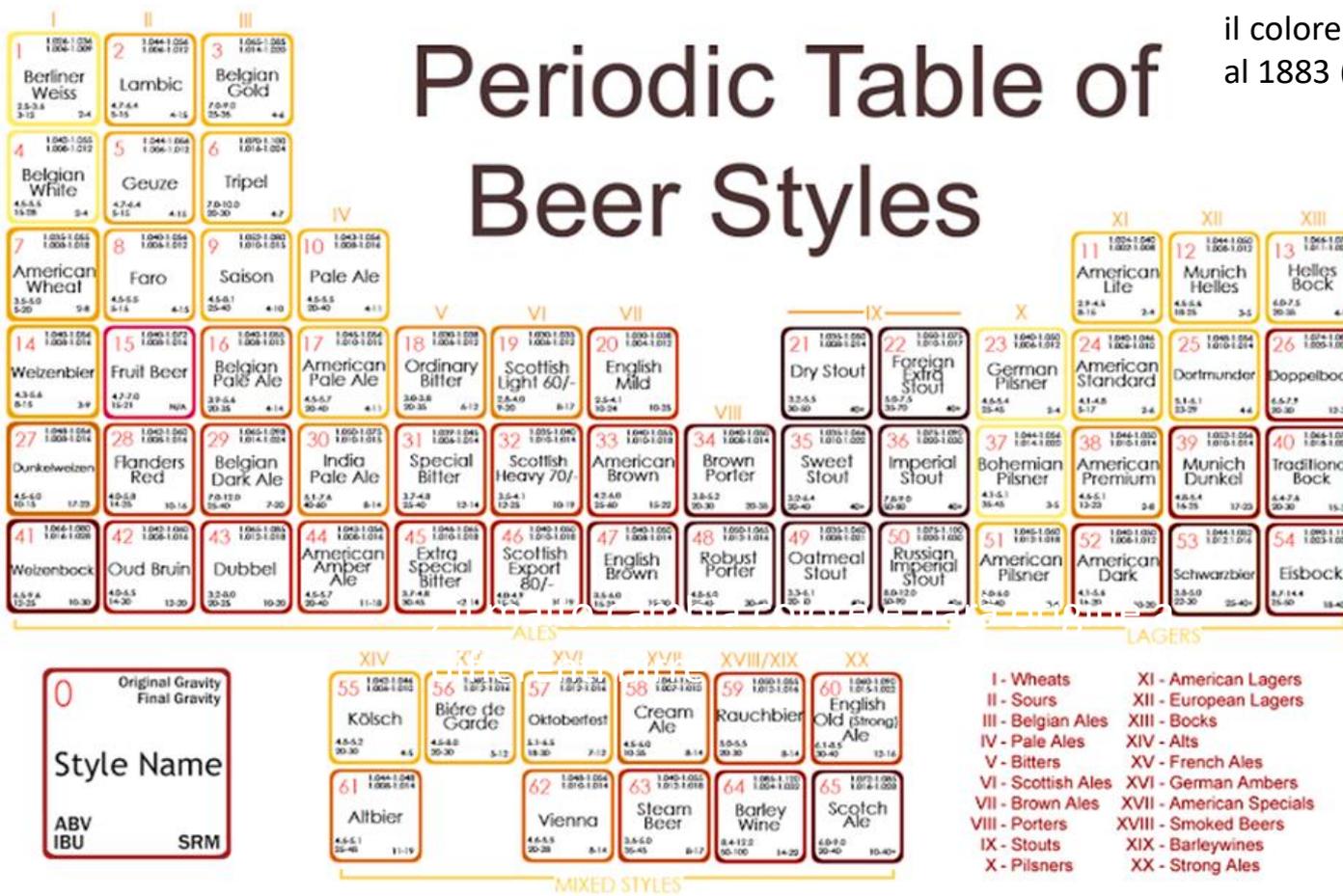
**Malto speciale:** tostato a 200°C darà le birre Stout.



Il malto cambierà colore e darà origine alle differenti birre a seconda della temperatura di tostatura ed al tempo di essiccazione al quale verrà sottoposto.

Esistono differenti scale per misurare il colore della birra, la più antica risale al 1883 (Joseph W. Lovibond)

# Periodic Table of Beer Styles



	SRM	Beer Color	EBC
Pale Lager	2		4
German Pilsener	3		6
Pilsner Urquell	4		8
	6		12
Weissbier	8		16
Bass Pale Ale	10		20
	13		26
Dark Lager	17		33
	20		39
	24		47
Porter	29		57
Stout	35		69
	40		79
Imperial Stout	70		138

ABV (Alcohol By Volume): indica il grado alcolico della birra.

IBU (International Bitterness Unit): indica il minore o maggiore sapore amaro del luppolo.

SRM (Standard Reference Method): scala che indica il colore della birra.

OG (Original Gravity) FG (Final Gravity): sono le quantità di zuccheri fermentabili presenti nel mosto prima e dopo la fermentazione.