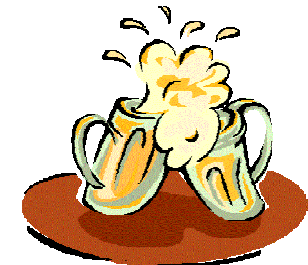




# Appunti di tecnologia birraria

**ZEPPA G.**  
Università degli Studi di Torino





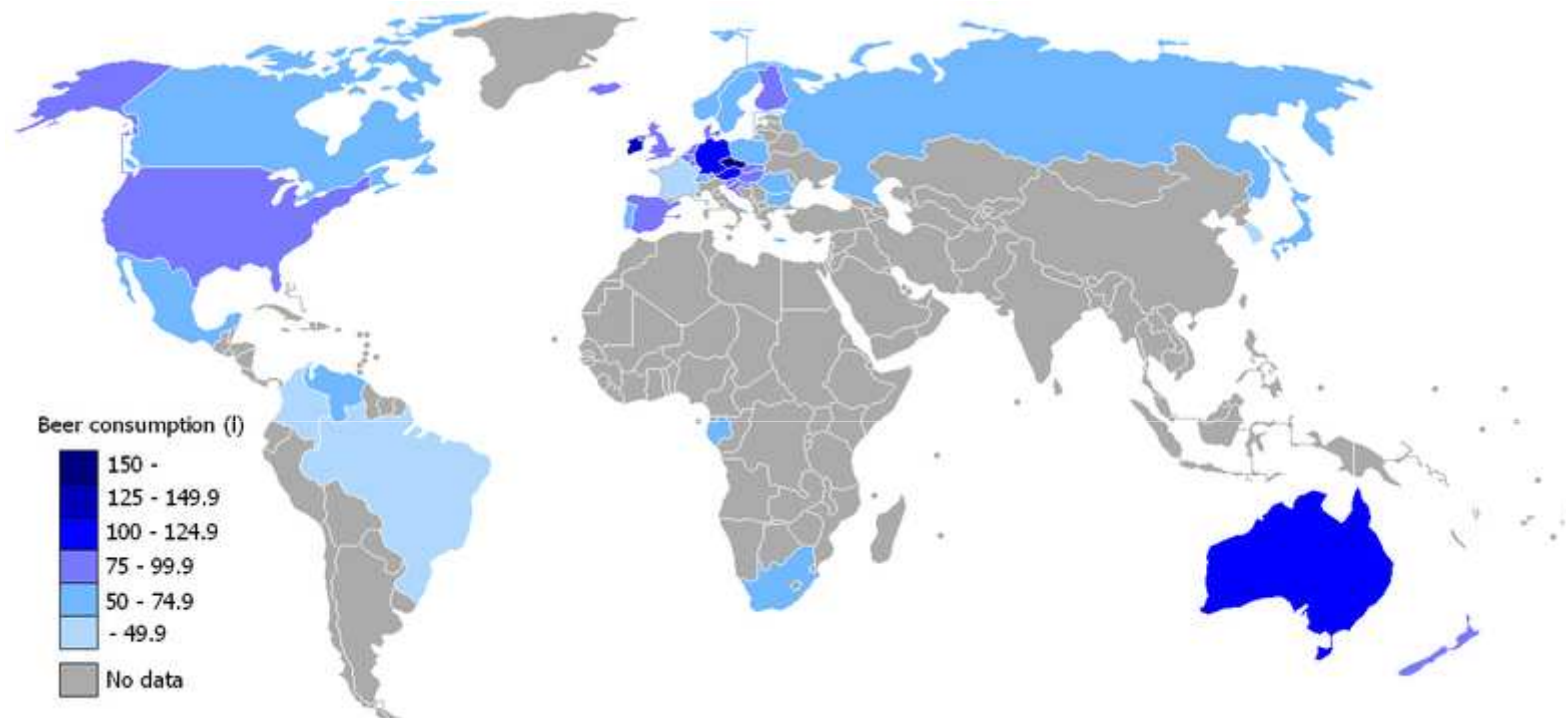
## ***La birra è la bevanda alcolica più consumata al mondo***

	<b>BIRRA</b>		<b>VINO</b>	
	Produzione (*10E6)	Consumo (L/procapite/anno)	Produzione (*10 E6)	Consumo (L/procapite/anno)
Stati Uniti	230	90	23	8
Cina	130	25	12	1
Germania	100	116	9	24
Gran Bretagna	54	96	0.017	20
Giappone	50	40	0.9	2
Italia	13	30	54	46
Francia	17	33	52	55
<b>TOTALE</b>	--	--	280	--



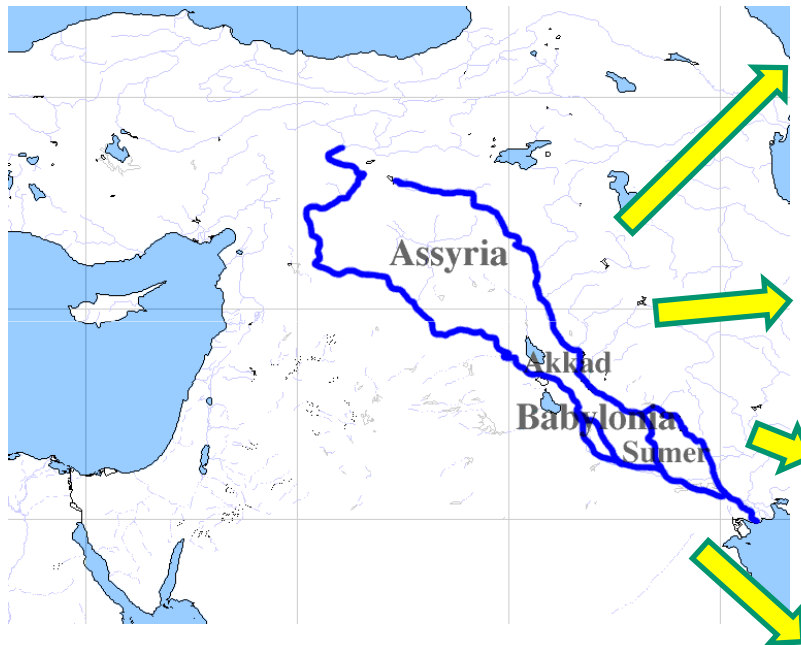
<b>Produzione birra (*10E6 hl)</b>		<b>2007</b>
<b>Europa</b>		<b>592</b>
	Russia	116
	Germania	105
	Gran Bretagna	51
	Italia	14
<b>America</b>		<b>533</b>
	USA	234
<b>Africa</b>		<b>85</b>
<b>Asia</b>		<b>556</b>
	Cina	393
<b>Australia</b>		<b>22</b>

<b>Produzione birra (*10E6 hl)</b>	<b>2008</b>
Cina	410
USA	232
Russia	114
Brasile	106
Germania	103
Messico	82
Giappone	61
Gran Bretagna	49
Polonia	36





## Storia della birra



Sumeri – Accadi (÷5000 a.c.)  
Se-bar-bi-sag “bevanda che fa veder chiaro”  
→ birra

Hammurabi (÷1700 a.c.)  
Codice Hammurabi

Libreria di Assurbanipal (÷600 a.c.)  
Epopea di Gilgamesh e Enkidu

Nabucodonosor (÷570 a.c.)

Prime notizie → 3100 a.C. → ostessa Azag-Bau che vendeva birra

Tre tipi certi di birra: **zythum** (chiara), **curmy** (scura) e **sà** (alta concentrazione per il solo faraone)

Aromatizzazione con malto ma anche con datteri, cannella, salvia, rosmarino

La birra veniva utilizzata per il lavaggio dei morti (faraone, sacerdoti, dignitari) prima della mummificazione vista l'origine sacra della bevanda

Amenophis IV (1362 a.C.) per togliere il potere ai sacerdoti vieta la produzione di birra, introduce il culto del dio sole (Athon) e cambia il nome in Ekenathon

Alla sua morte (1345 a.C.) gli succede il nipote Tutankathon che abiura Athon, ripristina il culto di Ammone, cambia il nome in Tutankamon e ripristina la produzione di birra





Statuette in gesso e legno  
provenienti da Tebe e risalenti  
all'undicesima dinastia (circa 2009  
a.C - 1998 a.C.) che raffigurano  
uomini al lavoro in un panificio-  
birrificio





I romani conoscevano e consumavano la birra

Un grande consumatore era Nerone che la produceva.

Tacito parla della birra come un vino d'orzo, grossolano e dal sapore sgradevole

Plinio nella *Naturalis Historia* dice che la birra è usata a Roma dalle donne per cosmesi mentre nelle province è molto diffusa ed in particolare sono consumate la *zythum* egiziana e la *cerevisia* in Gallia





Nel Medioevo il personaggio centrale è Gambrinus, contemporaneo di Carlomagno, a cui si farebbe risalire nelle leggende germaniche la nascita della birra

Molto diffusa fra i popoli germanici, la birra veniva variamente aromatizzata e dal 1270 viene mescolata con il luppolo

Nel 1516 Guglielmo IV di Bavaria emana la “Legge della purezza” dove stabilisce che la birra deve essere fatta con luppolo, malto d’orzo ed acqua. Pesanti sanzioni sono previste per i trasgressori

Molto diffusa già dal tempo dei Britanni la produzione di birra in Inghilterra e nel 1454 Enrico IV concede la prima patente di fabbricazione alla Brewers’ Company



L'Italia è un Paese vinicolo e quindi il consumo di birra inizia al Nord a causa delle invasioni barbariche

Si diffonde nei monasteri come medicamento

Viene consumata alla corte dei Visconti a Milano (1500) e di Lorenzo de' Medici

La cita il Pulci nel Morgante

Nel 1890 vi sono 140 aziende che producono circa 160.000 hL a cui si aggiungono circa 51.000 hL importati

Nel 1910 la produzione è di circa 600.000 hL e le importazioni raggiungono 86.000 hL

Nel 1920 vi sono 58 aziende con una produzione di circa 1.2 milioni di hL

Nel 1925 si arriva a 1.6 milioni di ettolitri con un consumo medio/pro capite di 3 litri (il vino però è a 150 l)

Nel 1927 le leggi impongono l'aggiunta del 15% di riso, aumentano le tasse, limitano la vendita al minuto a bar, trattorie e birrerie → crollo della produzione

Nel 1930 la produzione è di circa 670.000 hL ed il consumo medio/pro capite di 1.6 litri



	<b>Produzione italiana</b>
1890	161.000
1910	598.315
1920	1.157.024
1925	1.569.000
1930	672.325
1940	814.638
1950	1.548.800
1959	1-2.000.000
1975	6.465.000



## Birra

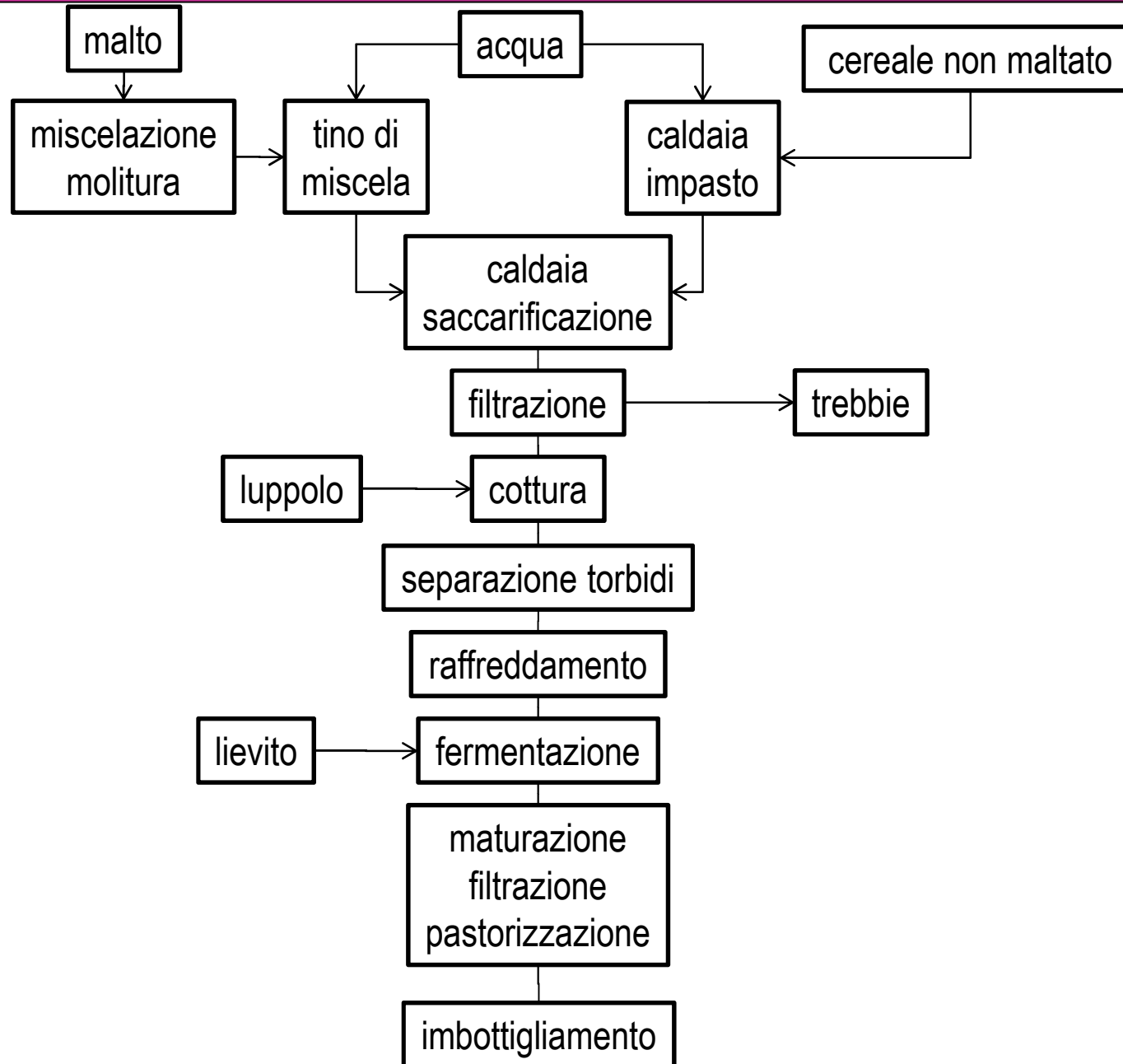
Bevanda ottenuta dalla fermentazione alcolica con ceppi di *Saccharomyces cerevisiae* o di *S. carlsbergensis* dei mosti preparati con malto di orzo anche torrefatto, di orzo o di frumento o di loro miscele ed acqua, amaricato con luppolo o suoi derivati o con entrambi. E' consentito l'impiego di estratti di malto anche torrefatto e degli additivi consentiti con DM 209/96. Il malto di orzo o di frumento può essere sostituito con altri cereali anche rotti o macinati o sotto forma di fiocchi nonché con materie prime amidacee e zuccherine nella misura massima del 40% calcolato sull'estratto secco del mosto.

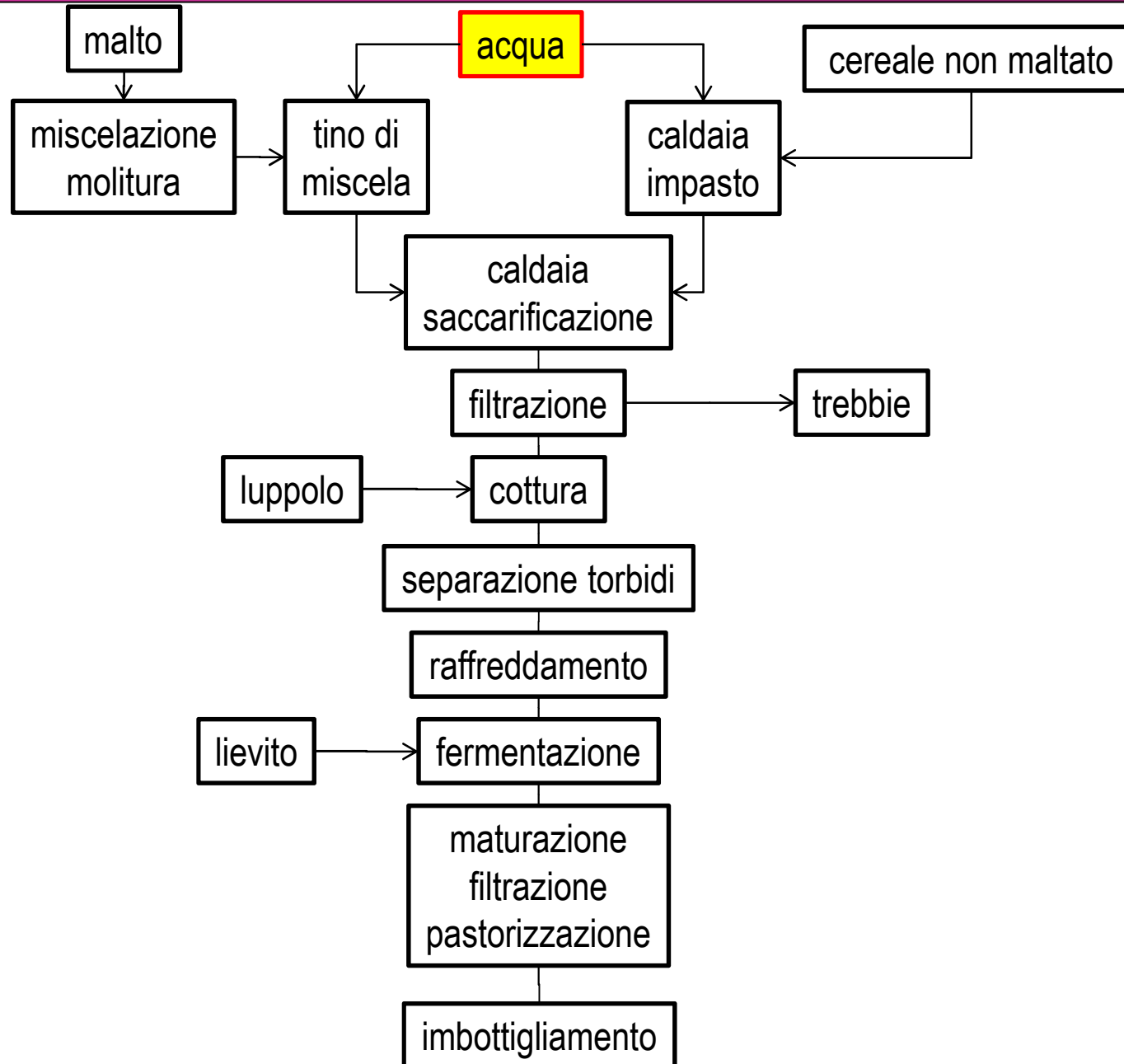
La fermentazione alcolica del mosto può essere integrata con una fermentazione lattica.

<b>Birra analcolica</b>	<i>3÷8 gradi saccarometrici – etanolo &lt; 1.2%</i>
<b>Birra leggera o Light</b>	<i>5÷9 gradi saccarometrici - etanolo 1.2÷3.5%</i>
<b>Birra</b>	<i>&gt; 10.5 gradi saccarometrici - etanolo &gt; 3.5%</i>
<b>Birra speciale</b>	<i>&gt; 12.5 gradi saccarometrici</i>
<b>Birra doppia malto*</b>	<i>&gt; 14.5 gradi saccarometrici</i>

\* Definizione italiana

**Grado saccarometrico o Grado Plato → grammi di estratto secco in 100 g di mosto  
→ 3 gradi  $\cong$  1% etanolo**







## Le materie prime

## Acqua

**La tipologia dell'acqua è fondamentale per definire le caratteristiche della birra**

**Acque non dure e povere in sali → birre chiare tipo Pilsen**

**Acque dure e più alcaline → birre scure o birre tipo Monaco**

- Bicarbonato di calcio – è il sale più diffuso nell'acqua e da carbonato per agitazione e riscaldamento; un'acqua ricca di carbonati è indicata per birre scure, poco luppolate; per birre chiare è meglio un'acqua povera in carbonati o ricca in solfato di calcio
- Bicarbonato di magnesio – simile al bicarbonato di calcio ma è meno abbondante e non precipita
- Solfato di calcio – favorisce la coagulazione e quindi la chiarifica dando birre più “secche”
- Solfato di magnesio – può dare sapore metallico
- Cloruro di calcio – da birre più morbide
- Cloruro di sodio – se non eccessivo influenza positivamente il sapore e la schiuma
- Carbonati di sodio e potassio – essendo alcalini portano a dissoluzione i tannini dando birre amare e meno stabili



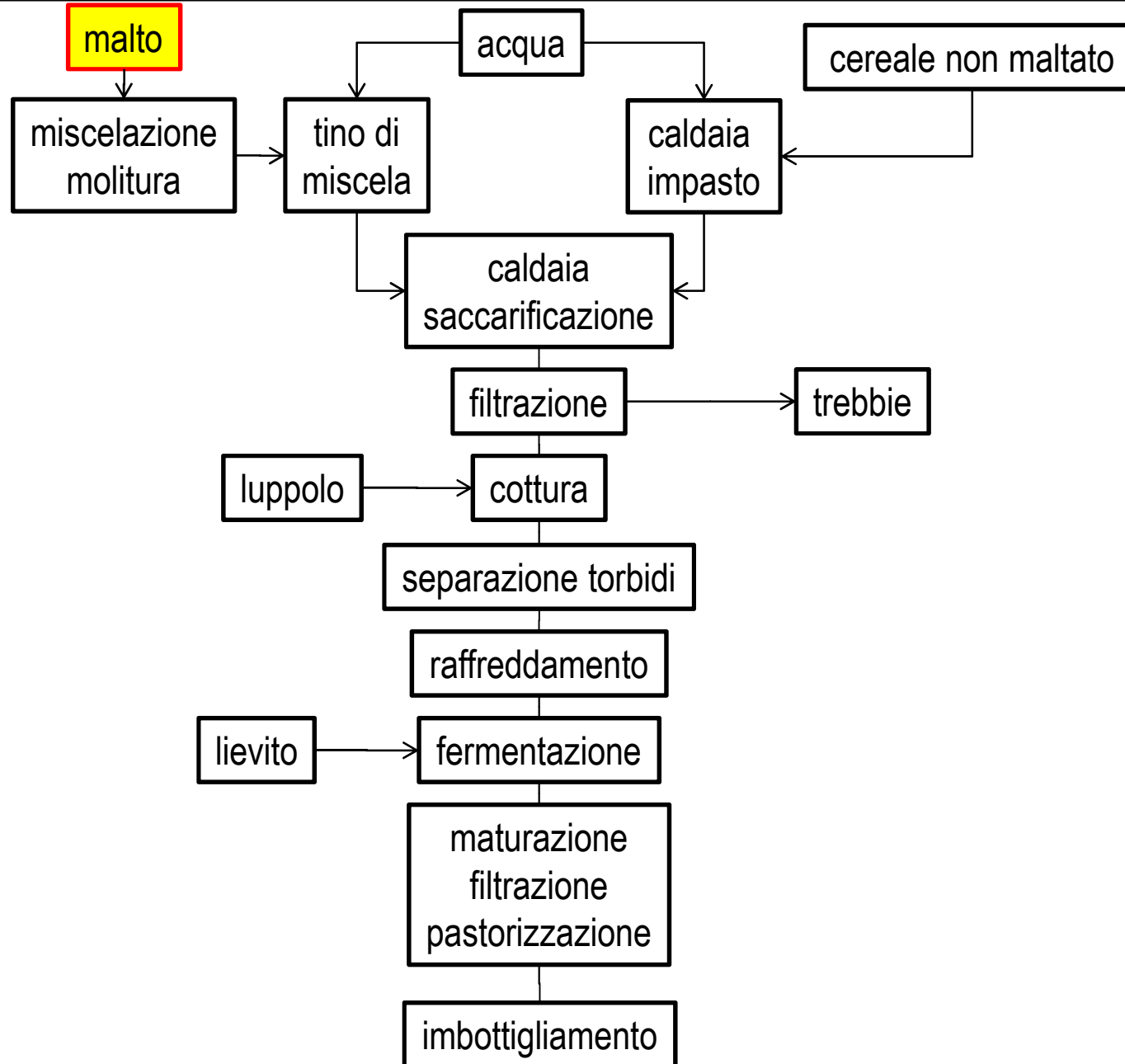


## Ioni

- Ferro – in dosi elevate inibiscono le reazioni diastasiche ed i lieviti
- Nitrati – dosi elevate possono ridurre l'attività del lievito
- Idrogeno – il pH influenza la disgregazione enzimatica, determina la solubilità delle proteine e delle sostanze amare ed il colore della birra

## Trattamenti della acque

- ✓ Acqua di calce – Si aggiunge idrossido di calcio che forma carbonati insolubili
- ✓ Scambiatori di ioni – Si usano scambiatori cationici ed anionici
- ✓ Osmosi inversa



## Le materie prime

## Orzo



- E' il cereale più adatto alla produzione di birra benchè si possano utilizzare anche frumento ed altri cereali
- L'orzo da *horere* è uno dei cereali più antichi e secondo Plutarco il primo ed unico cereale consumato dagli uomini
- Famiglia Graminacee, tribù Hordeae
- Le numerose forme di orzo coltivate appartengono alla specie *Hordeum vulgare* e vengono distinte in base al numero di file di granelli della spiga.
- E' il 4° cereale al mondo dopo frumento, riso e mais



- L'infiorescenza dell'orzo è una spiga il cui rachide è costituito da 20-30 articoli su ognuno dei quali, in posizione alterna, sono portate tre spiglette uniflore, una mediana e due laterali.
- Se solo la spigletta centrale di ogni nodo del rachide è fertile e le due laterali sono sterili, la spiga porta due soli ranghi e ha una forma fortemente appiattita: sono questi gli orzi distici (*Hordeum vulgare distichum*).
- Se le tre spiglette presenti su ogni nodo del rachide sono tutte fertili, si hanno gli orzi polistici (o esastici) (*Hordeum vulgare exastichum*), a sei file.
- Questi a loro volta, possono essere distinti ulteriormente come segue:
  - cariossidi disposte a raggiera regolare: orzi esastici (*H. vulgare exastichum aequale*);
  - cariossidi laterali molto divaricate e quasi sovrapposte a quelle soprastanti e sottostanti così da apparire di 4 file e quadrangolare in sezione: orzi impropriamente detti tetrastici (*H. vulgare exastichum inaequale*).



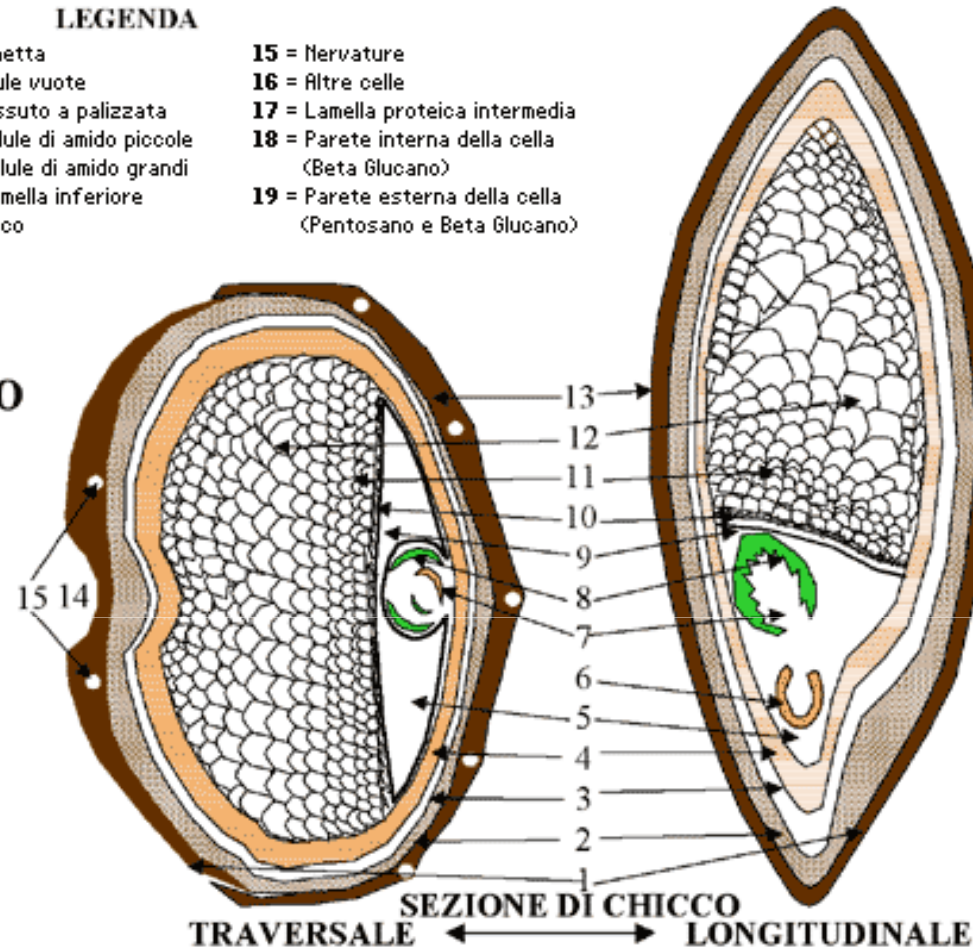
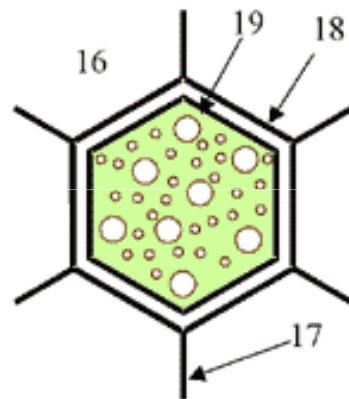


- L'orzo polistico ha grani diseguali e di minori dimensioni. In realtà solo il seme centrale cresce normalmente mentre i laterali sono danneggiati dal centrale con scanalatura contorta di dimensione minore. Assorbono più rapidamente acqua in bagnatura ed hanno una germinazione non omogenea. Sono poco usati per la produzione di birra. Hanno un basso estratto ma un elevato potere diastatico e quindi vengono utilizzati dove si aggiunge mais o riso
- L'orzo distico ha una spiga più lunga con grani più grossi e regolari ed un involucro più fine. Ha un elevato estratto ma basso potere diastatico. Contengono anche minori quantità di polifenoli e sostanze amare
- Si può avere un orzo invernale (semina in autunno) ed un orzo estivo (semina in primavera) . In genere è preferita la seconda per la produzione di birra benchè il tipo invernale produca di più (6 t/ha) di quello estivo (4 t/ha) per il ciclo più lungo (300 gg contro 150 gg)
- Presso la EBC vi sono registrate circa 300 varietà distiche estive, 100 distiche estive e 100 esastiche invernali
- In Germania diffuse Annabel , Quench, Braemar (distici estivi); in Italia Scarlett, Quench, Braemar (distici estivi) ; Orchidea (distico invernale), Aliseo (esastico invernale)
- Produzione di circa 130 milioni di tonnellate anno (2002) di cui 70% in Europa e Paesi dell'Est

**LEGENDA**

- |                               |                                      |  |
|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>1</b> = Glumella superiore | <b>8</b> = Piumetta                  | <b>15</b> = Nervature  |
| <b>2</b> = Pericarpo          | <b>9</b> = Cellule vuote             | <b>16</b> = Altre celle  |
| <b>3</b> = Testa              | <b>10</b> = Tessuto a palizzata      | <b>17</b> = Lamella proteica intermedia                              |
| <b>4</b> = Strato di aleurone | <b>11</b> = Cellule di amido piccole | <b>18</b> = Parete interna della cella<br>(Beta Glucano)             |
| <b>5</b> = Scutello           | <b>12</b> = Cellule di amido grandi  | <b>19</b> = Parete esterna della cella<br>(Pentosano e Beta Glucano) |
| <b>6</b> = Radichetta         | <b>13</b> = Glumella inferiore       |  |
| <b>7</b> = Embrione           | <b>14</b> = Solco                    |  |

**CELLULA DI AMIDO**



✓ Tre parti principali : embrione, endosperma, involucro

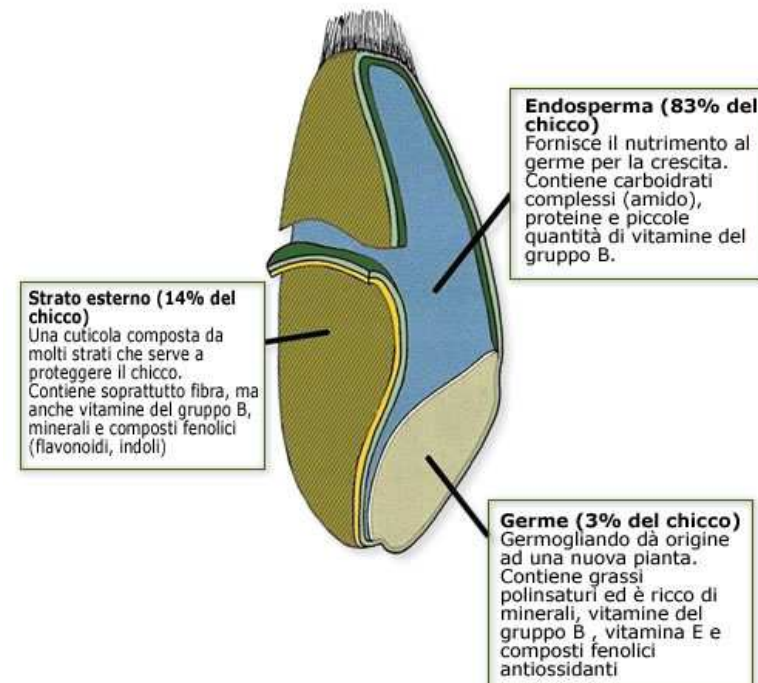
✓ L'involucro è formato dalle glume (con cellulosa, polifenoli, sostanze amare), dal pericarpo, dalla testa (è semipermeabile quindi lascia passare solo l'acqua), e dall'aleurone (struttura proteica importante per la produzione di enzimi; contiene grassi, polifenoli e sostanze coloranti)



- ✓ L'endosperma è formato da cellule che contengono granuli di amido definiti grandi (tipo A, 20-30  $\mu\text{m}$ ) e piccoli (tipo B, 3-5  $\mu\text{m}$ ). Non ci sono granuli medi
- ✓ I rapporti sono definiti a livello genetico

### Composizione dell'orzo

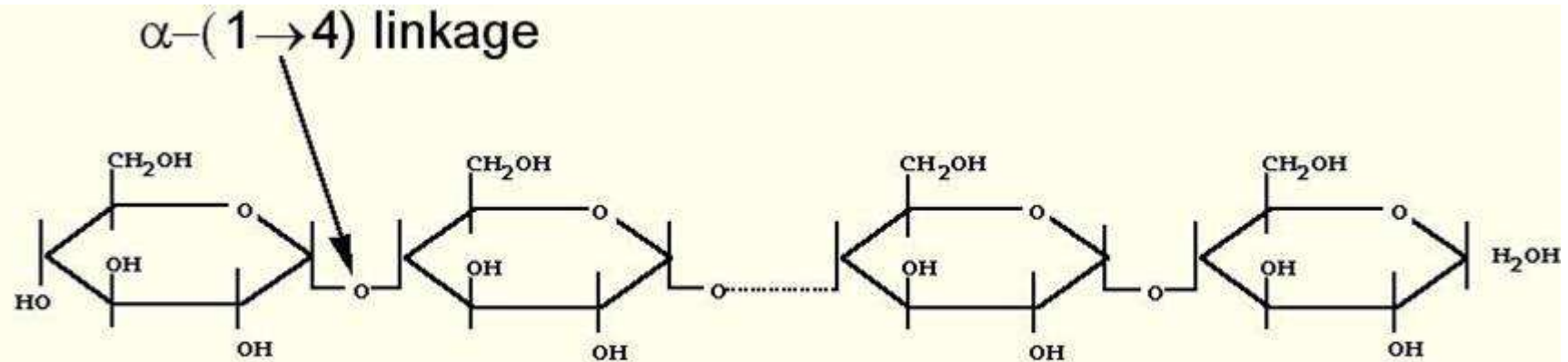
Umidità	13-15 %
Carboidrati	70-85 %
Proteine	10-12 %
Sali	2-4 %
Grassi	1.5-2 %
Altro	1-2 %



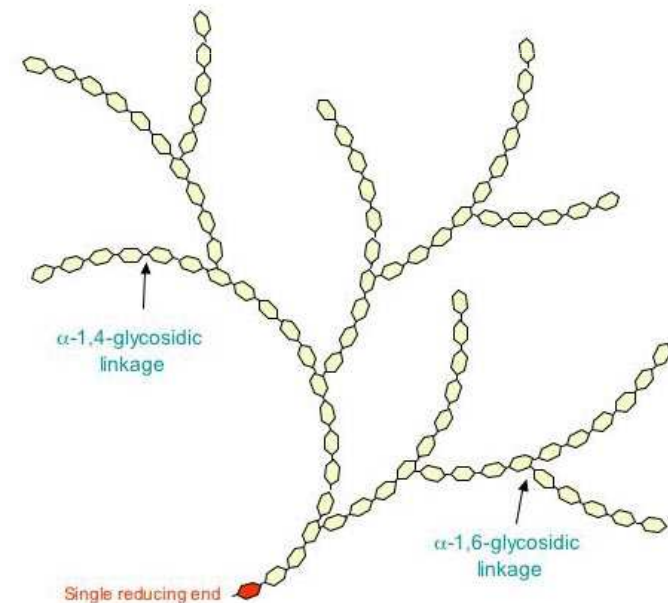
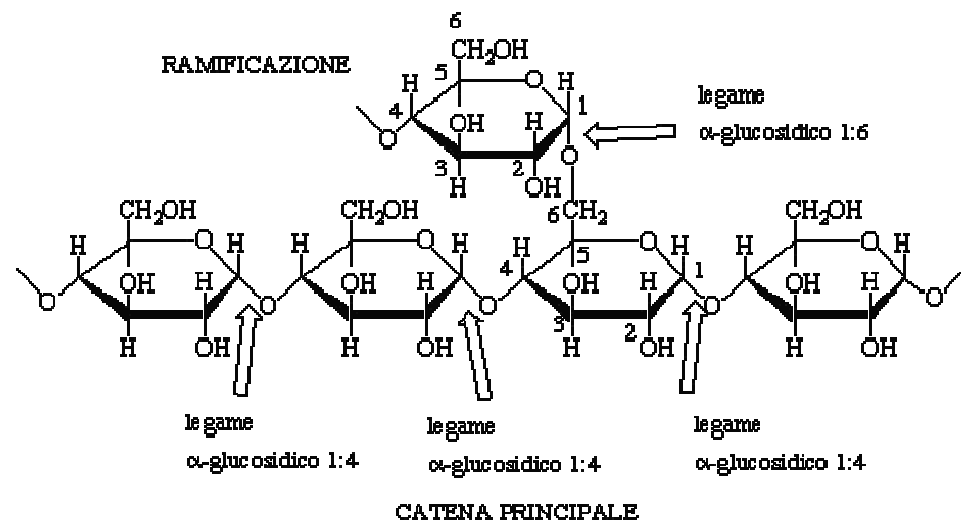


# Carboidrati Amido

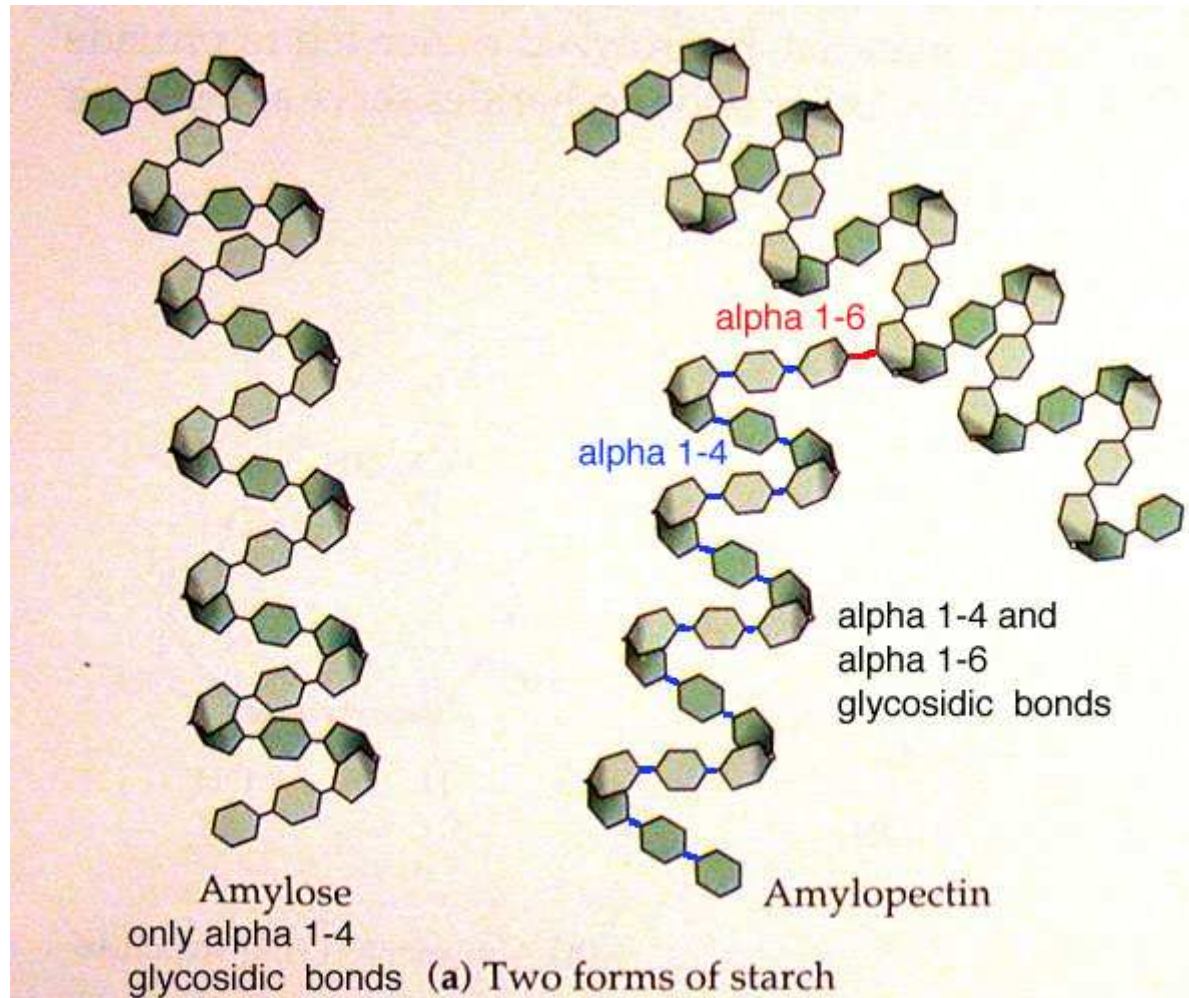
- ✓ E' il costituente principale dell'orzo (circa 63% della sostanza secca)
- ✓ Formato da amilosio (16-24% dell'amido) ed amilopectina (76-84% dell'amido)
- ✓ L'amilosio è uno zucchero polisaccaride che deriva dall'unione di centinaia di molecole di  $\alpha$ -D(+)-glucosio (solitamente da 300 a 3000). Il legame tra due unità adiacenti si forma tra l'atomo di carbonio n°1 e il n°4 delle due molecole di glucosio con l'eliminazione di una molecola d'acqua; l'amilosio ha quindi struttura lineare.



- ✓ L'amilopectina è uno zucchero polisaccaride, polimero del glucosio, altamente ramificato ed costituito dall' $\alpha$ -D-glucopiranosio.
- ✓ Le componenti monosaccaridiche (glucosidi) sono legate in modo lineare tra loro per mezzo di legami di tipo  $\alpha(1\rightarrow4)$ ; le ramificazioni avvengono con legami di tipo  $\alpha(1\rightarrow6)$ , ogni 24-30 unità di glucosio. Nell'amilopectina, il numero di molecole di glucosio presenti può variare da 2.000 a 200.000

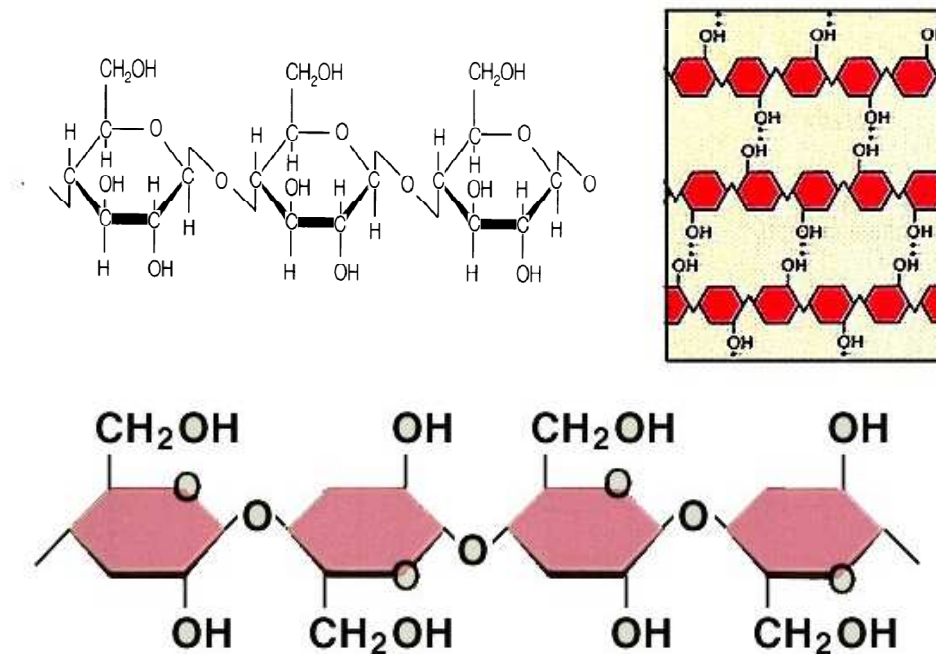


Structure of amylopectin, a branched starch



## Altri carboidrati

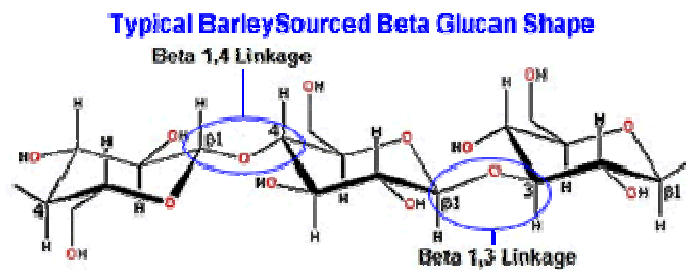
- ✓ Cellulosa : circa il 5-6% concentrata nelle glume. È costituita da molte molecole di glucosio (da circa 300 a 3.000 unità) unite tra loro da un legame  $\beta$ -1--->4 glicosidico
- ✓ Le catene sono disposte parallelamente le une alle altre e si legano fra loro per mezzo di legami ad idrogeno molto forti, formando fibrille, catene molto lunghe, difficili da dissolvere





- ✓ Emicellulose : sono i costituenti principali della parete delle cellule dell'endosperma
- ✓ Sono un polisaccaride di composizione irregolare scarsamente solubile, strettamente associato alla cellulosa, dalla quale posso essere estratte. Insieme costituiscono le fibre alimentari, sostanze commestibili di origine vegetale che di norma non vengono idrolizzate dagli enzimi secreti dall'apparato digerente umano
- ✓ In contrapposizione alla cellulosa, la cui molecola lineare è formata da unità di solo glucosio, le emicellulose sono invece costituite da zuccheri differenti, inoltre hanno una struttura ramificata e non fibrosa. La caratteristica principale delle emicellulose è la loro facile idratabilità, quando vengono in contatto con l'acqua. Sono amorfe e possiedono proprietà adesive; tendono pertanto a cementare o ad assumere un aspetto corneo tipico quando si disidratano
- ✓ Ne fanno parte i  $\beta$ -glucani (80-90 %) ed i pentosani (10-12%).

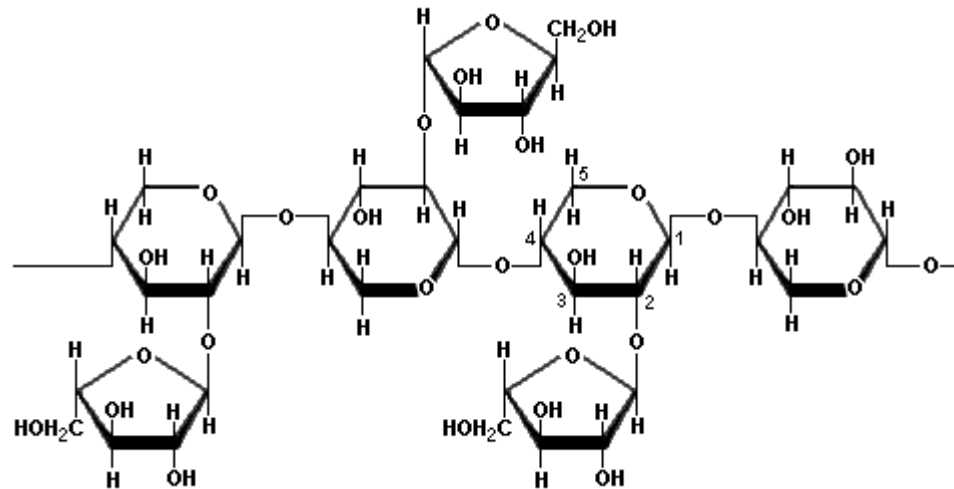
- ✓ Delle emicellulose fanno parte i  $\beta$ -glucani (80-90 %) ed i pentosani (10-12%)
- ✓ I  $\beta$ -glucani consistono di lunghe catene di glucosio unite con legami 1,3- ed 1,4-
- ✓ In soluzione si uniscono in strutture ramificate
- ✓ Se non vengono idrolizzati possono determinare problemi al prodotto finito



Beta 1, 3-D linkage is essentially opposite to the Beta 1, 4 linkage. Each source its own molecular shape and exhibits different health related benefits based on its shape.



- ✓ I pentosani sono polimeri di pentosi (xilosio ed arabinosio) e consistono di catene di 1,4-D-xilosio con legami 1,2- ed 1,3- di arabinosio
- ✓ Vengono idrolizzati dagli enzimi ma in piccola quantità (11-20%) e quindi possono restare nel prodotto finito dando problemi di filtrabilità







## Sostanze azotate

- ✓ Il contenuto in azoto dell'orzo è 10-12%. Poche le proteine che passano nella birra ma hanno effetto sulla qualità e quindi il contenuto massimo non deve superare l'11.5%
- ✓ Fra le proteine
  - glutelina (circa 30% delle proteine, non si scioglie)
  - prolamina (o ordeina, circa 37% delle proteine, non si scioglie)
  - globuline (circa 15% delle proteine, si scioglie e può dare intorbidamenti)
  - albumina (o leucosina, circa 11% delle proteine, si scioglie, si separa con la bollitura)



## Grassi

- ✓ Nell'orzo vi è il 2% circa di grassi
- ✓ Durante la maltazione i lipidi sono idrolizzati e l'idrolisi continua nelle fasi successive
- ✓ I grassi sono separati con le trebbie

## Altre sostanze

- ✓ Sali (2-3%) di cui fosfati (~35%, importanti per la fermentazione alcolica), silicati (~25%), potassio (~20%)
- ✓ Polifenoli (presenti nelle glume e nell'aleurone, circa 0.1-0.2% della sostanza secca). Sono antiossidanti naturali, precipitano le proteine, sono amari ed astringenti, colorano
- ✓ Vitamine (essenzialmente B1, B2, C, E)



## Valutazione orzo

- ✓ Importante la valutazione sensoriale
  - odore fresco, pulito. Odori di terra, muffa indicano cattiva conservazione
  - umidità
  - colore giallo paglierino. Colore grigio per piogge, verdi per scarsa maturazione
  - chicchi rossi per Fusarium
  - perisperma fine. Se è spesso, ha più polifenoli ed amaro
  - grani rotti
  - grani germinati
  - impurità
  - grani danneggiati
  - dimensioni e forma dei grani
  - uniformità dei grani
  - presenza di infestazioni



## ✓ Valutazioni fisico-chimiche

### ❖ Dimensioni

- Grado I → > 2.8 mm
- Grado I → 2.8 – 2.5 mm
- Grado II° → 2.5 – 2.2 mm
- scarto → < 2.2 mm

### ❖ peso 1000 chicchi

### ❖ massa ettolitrica o peso ettolitrico (in genere 68-75 kg)

### ❖ durezza

### ❖ contenuto in acqua

### ❖ sensibilità all'idratazione

### ❖ capacità di idratazione

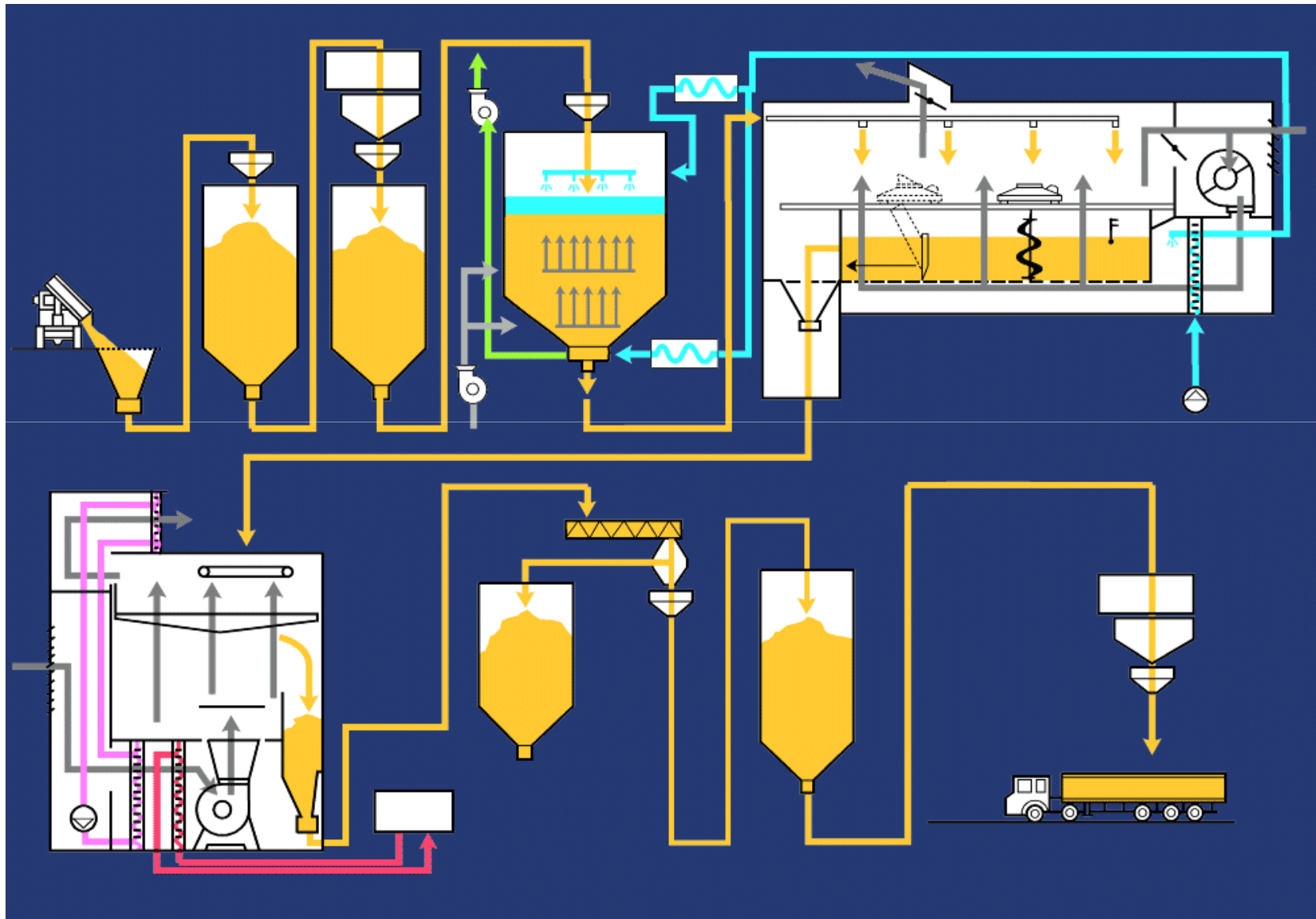


## Le materie prime

### Malto

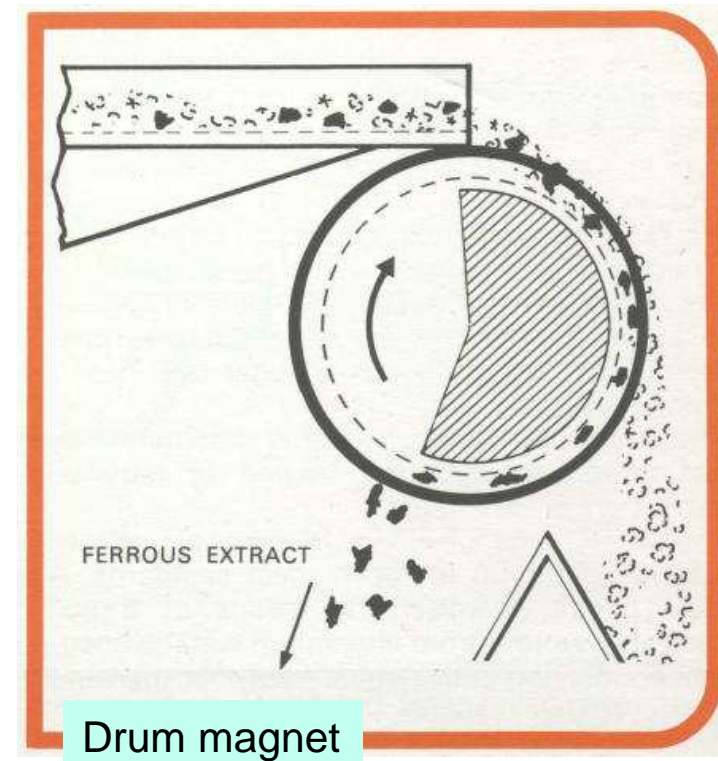
- Il malto è in genere un derivato dell'orzo benchè possano essere utilizzati anche altri cereali quali frumento e segale
- Si utilizzano circa 160 milioni di q di orzo. Molto usati i distici primaverili ed invernali
- Il maltaggio ha lo scopo di attivare i complessi enzimatici già presenti e che avranno il compito di disgregare l'amido ( $\alpha$ -amilasi,  $\beta$ -amilasi,  $\beta$ -glucanasi, proteasi, fosfatasi)

CEREALE	AMIDO E ZUCCHERI LIBERI	PROTEINE	LIPIDI	CELLULOSA EMICELLULOS A PENTOSANI	SALI MINERALI
AVENA	61,8 ( ± 8)	13,5 ( ± 3)	6 ( ± 2)	16 ( ± 2)	3,5 ( ± 0,5)
FRUMENTO	75,6 ( ± 5 )	14,5 ( ± 4)	2,0 ( ± 1)	5,7 ( ± 1)	2,2 ( ± 0,3)
MAIS	69,8 ( ± 6)	11,6 ( ± 3)	5,8 ( ± 2)	11,6 ( ± 1)	1,2 ( ± 0,1)
ORZO	70,6 ( ± 5)	11,8 ( ± 3)	2,6 ( ± 1)	12,0 ( ± 1)	3,0 ( ± 0,2)
SEGALE	74,2 ( ± 4)	13,5 ( ± 4)	2,0 ( ± 0,5)	8,0 ( ± 1)	2,3 ( ± 0,2)
TRITICALE	74,4 ( ± 5)	14,5 ( ± 4)	2,0 ( ± 0,5)	6,8 ( ± 1)	2,3 ( ± 0,2)



## *Processo di maltazione*

- ✘ Pulitura orzo (magneti, ventole, aspiratori)
- ✘ Calibratura con Plansifter o Plansichter
- ✘ Lavaggio



Drum magnet



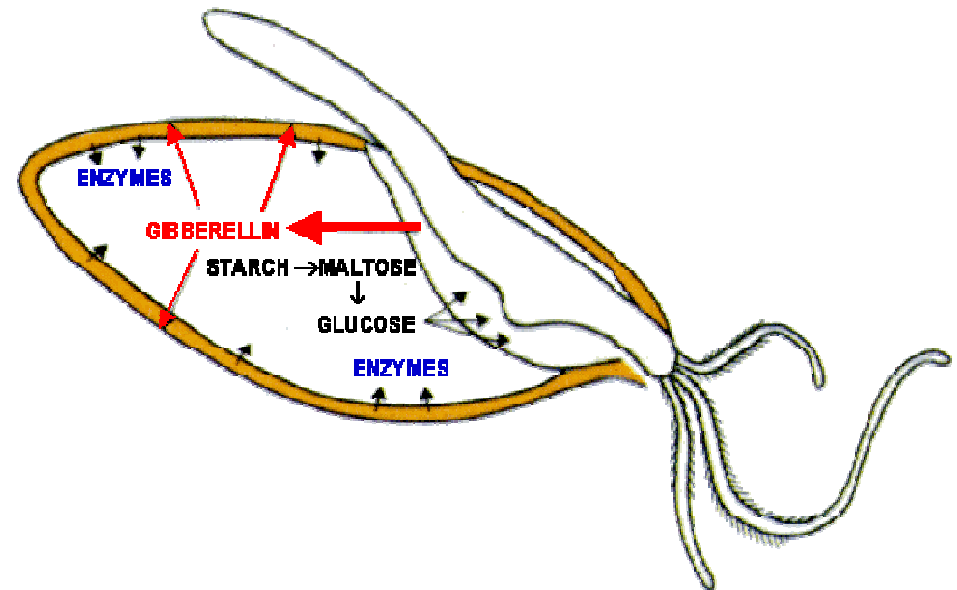
## *Processo di maltazione*

✘ **Macerazione** : l'orzo viene immerso in acqua affinché l'interno del chicco possa raggiungere una umidità di circa 42-44% per i malti chiari e 44-47% in quelli scuri. Si utilizza acqua alcalinizzata per sciogliere tannini e sostanze amare. Il processo dura 50-80 ore in funzione della temperatura, della grandezza del chicco e della varietà. In genere  $T = 12-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  per evitare lo sviluppo di microrganismi. Si può attuare con immersione, macerazione alternata a soste fredde, aspersione continua.



## Processo di maltazione

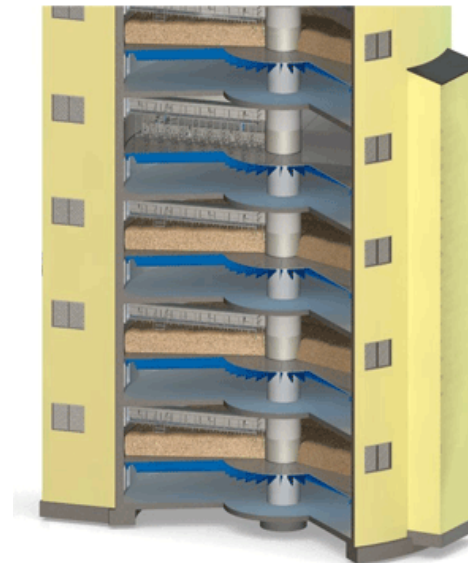
- ✘ Germinazione : il chicco viene trasferito in camere dove si sviluppa la radichetta e la piumetta (circa 5-7 gg; 12-16 °C)
- ✘ La piumetta deve essere circa 2/3-3/4 del seme per malto Pilsner e 3/4 - 1/1 per malto scuro
- ✘ Se supera il seme si parla di “ussaro”
- ✘ Durante la germinazione si formano amilasi, enzimi citolitici (end/eso-glucanasi, xilanasi etc.), proteolitici, lipolitici, fosfatasi
- ✘ Si può formare anche DMS con futuro aroma di “verdura cotta”





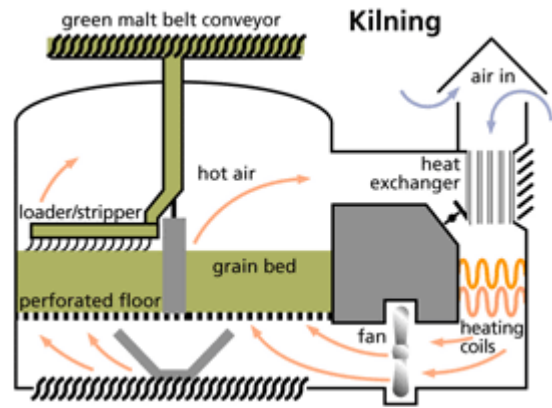


## Processo di maltazione

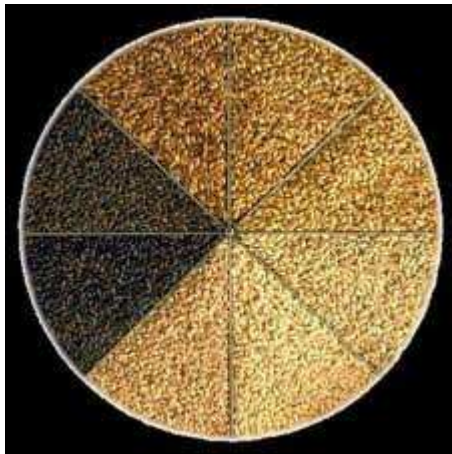




- ✘ Essiccamento : il seme viene essiccato al fine di interrompere la germinazione e formare le sostanze coloranti ed aromatiche necessarie per la produzione. Per i malti chiari la temperatura arriva a circa 80 °C, per quelli scuri a circa 105 °C e 180 °C per quelli coloranti. L'UR finale è del 4%
- ✘ A temperature superiori a 90 °C si hanno reazioni di Maillard
- ✘ Si forma DMS attraverso due vie:
  - ➡ si ha un precursore inattivo dalla germinazione, la SMM (S-metil-metionina) che durante il riscaldamento forma DMS e il precursore DMS-P che a sua volta per effetto termico da DMS. Se non si converte tutto il DMS-P, i lieviti formano DMS.
  - ➡ Se la temperatura è molto elevata (>85 °C) la SMM si converte in DMSO che verrà convertito dai lieviti e dai batteri in DMS
- ✘ La varietà dell'orzo ha effetto sulla formazione di DMS (in genere le varietà invernali hanno 2 ppm di DMS-P in più delle estive)
- ✘ Importanti anche l'annata, il clima e la zona di produzione
- ✘ Importanti anche l'umidità in germinazione , la durata di germinazione, la temperatura di germinazione



- ☒ Dopo l'essiccamento il malto viene raffreddato e pulito dalle radichette e dalla piumetta
- ☒ Il germe ha circa il 30 % di proteine, 9% di acqua, 2% di grassi e viene utilizzato per mangimi







☒ Il colore EBC è definito come “L’intensità del colore di una birra priva di torbidità (con meno di 1 NTU) misurata in una cella da 1 cm a 430 nm moltiplicando l’assorbanza per 25”

☒ Quindi

$$EBC = A_{430} * D * 25$$

dove

D → diluizione

SRM/Lovibond	Example	Beer color	EBC
2	Pale lager		4
3	German Pilsener		6
4	Pilsner Urquell		8
6			12
8	Weissbier		16
10	Bass pale ale		20
13			26
17	Dark lager		33
20			39
24			47
29	Porter		57
35	Stout		69
40			79
70	Imperial stout		138

## Processo di maltazione

### ✘ Tipi di malto:

- malto chiaro (2.5-3.5 scala EBC) → 40-42% UR; essiccazione e torrefazione blanda, max 85 °C, alto potere diastatico per la bassa inattivazione termica → per birre tipo Pils
- malto scuro (15-25 EBC) → 45-48% UR; torrefazione più spinta, circa 100 °C, basso potere diastatico → per birre tipo Monaco → 13-15 EBC per Monaco chiare; 20-25 EBC per Monaco scure
- malto tipo Vienna → per arrotondare il sapore → 90-95 °C di torrefazione, 6-8 EBC
- malto caramellizzato → per dare corpo e colore alla birra → vi è stata una formazione di zuccheri semplici maggiore con successiva caramellizzazione







## *Processo di maltazione*

### ✘ Tipi di malto:

- malto acido → il malto è trattato con acido lattico → 3-4 EBC
- malto melanoidina → 50-80 EBC → ottenuto favorendo l'azione enzimatica
- malto a breve crescita → la germinazione è stata breve quindi vi è molto amido → da problemi gestionali ma aumenta la stabilità della schiuma e da meno aroma di malto
- malto affumicato
- malto diastatico
- malto tostato → cioccolato 800-1600 EBC; caffè 400-600 EBC
- malto di birre tostate → 1000-17000 EBC con colori dall'ambra al nero



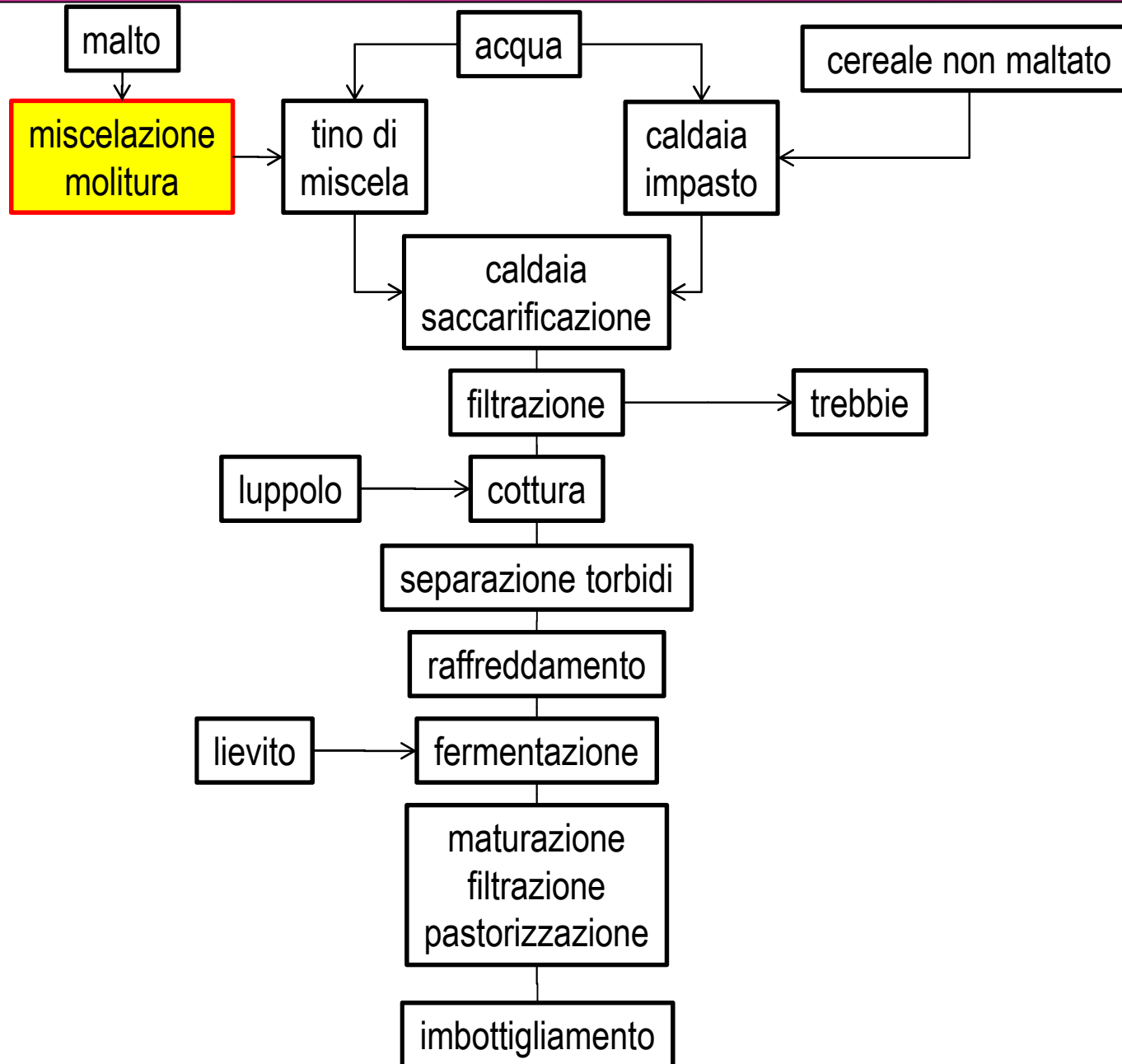
## ■ Altri tipi di malto

● malto di frumento → usato per birre da frumento e altre tipologie di birre → si usano varietà particolari di frumento (Andros, Atlantis, Estica) → il frumento ha elevate percentuali di proteine ed è privo di glume quindi si idrata molto velocemente → si ha un malto chiaro (3-4 EBC) ed uno scuro (15-17 EBC)

● estratto di malto → estratto di malto concentrato sotto vuoto a 50-60 °C

● malto da altri cereali

- Spelta (*Triticum spelta* o farro grande o spelt)
- Farro (*Triticum dicoccum* o emmer)
- Riso
- Triticale (ibrido fra frumento e segala)
- Avena
- Sorgo





## Macinazione malto

Scopo della molitura è quello di rendere estraibili i componenti solubili e facilitare l'azione degli enzimi

Importante non produrre una eccessiva quantità di polveri che ostacolerebbero la filtrazione ne danneggiare le glume che costituiscono materiale drenante durante le filtrazioni

Usati molini a cilindri a secco (il malto viene umidificato con acqua o vapore così da rendere le glume più elastiche e quindi più resistenti) od umido (il malto è miscelato con acqua, macinato e poi inviato ai tini di saccarificazione)

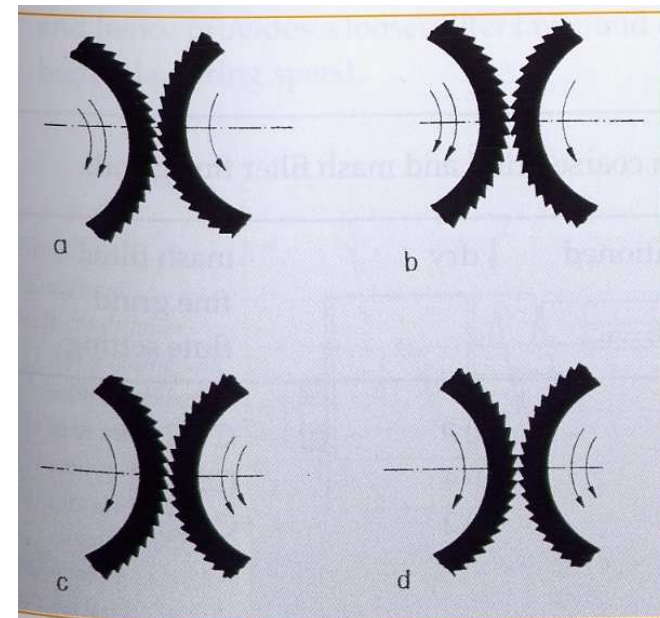
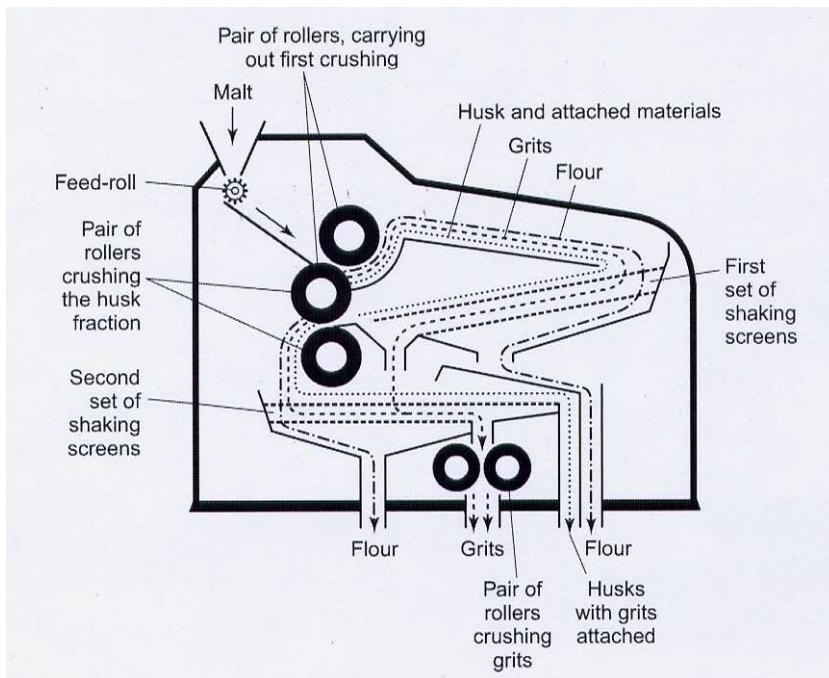
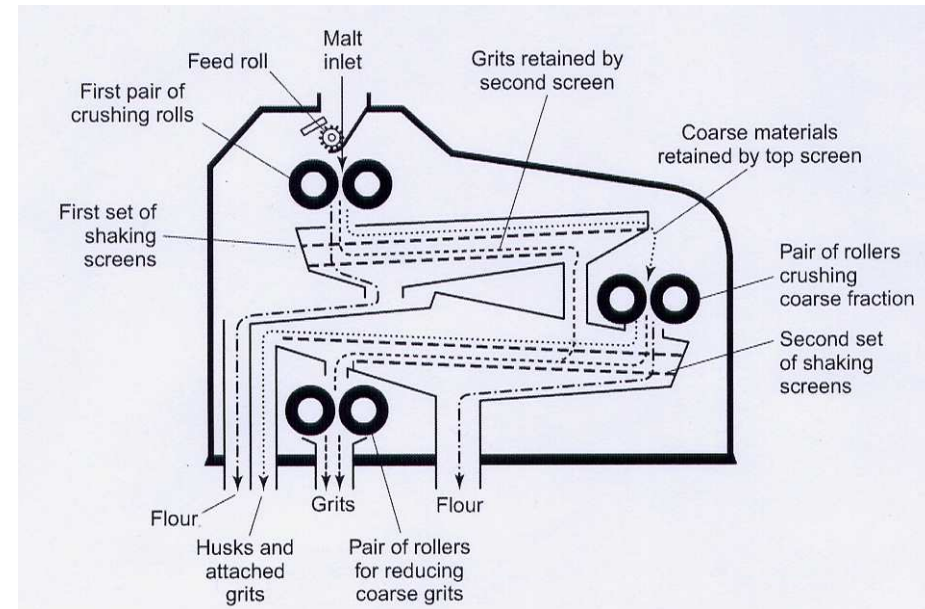


## ■ Pretrattamento

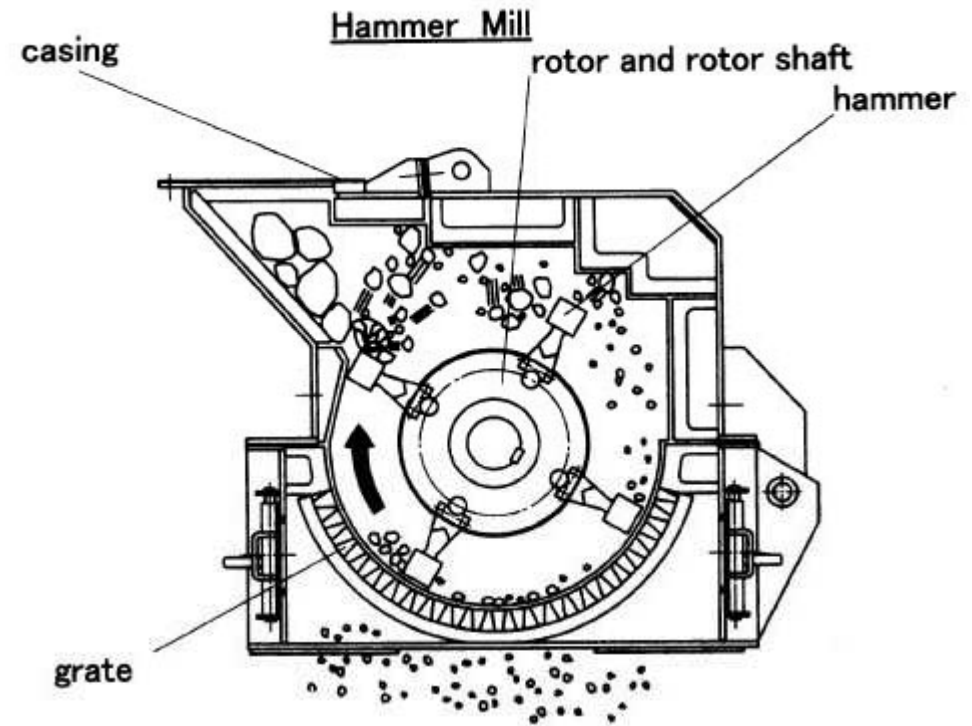
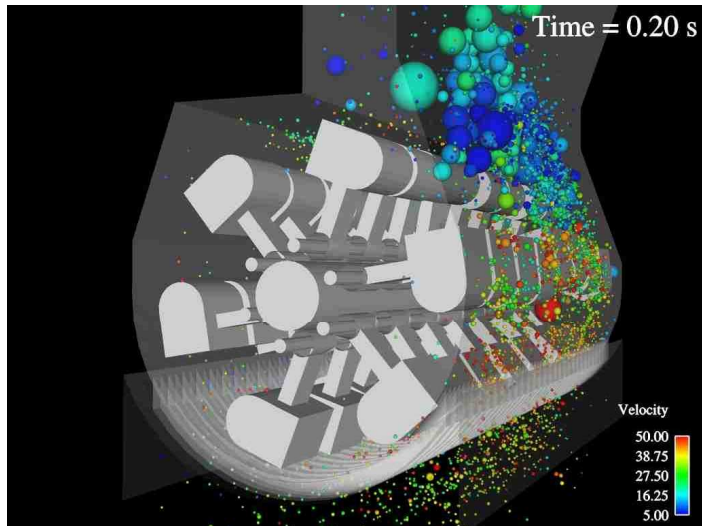
- pulitura da pietre e metalli

## ■ Molitura a secco

- 2 rulli
- 4 rulli
- 5 rulli
- 6 rulli (il più usato)

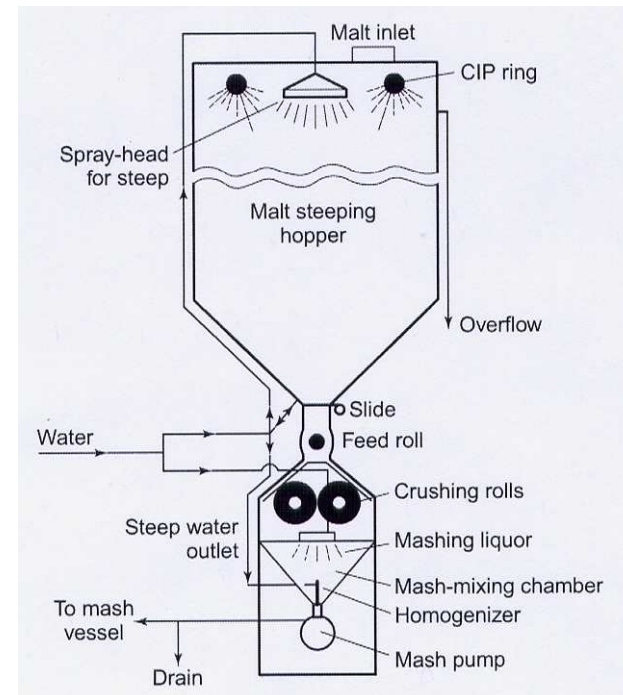
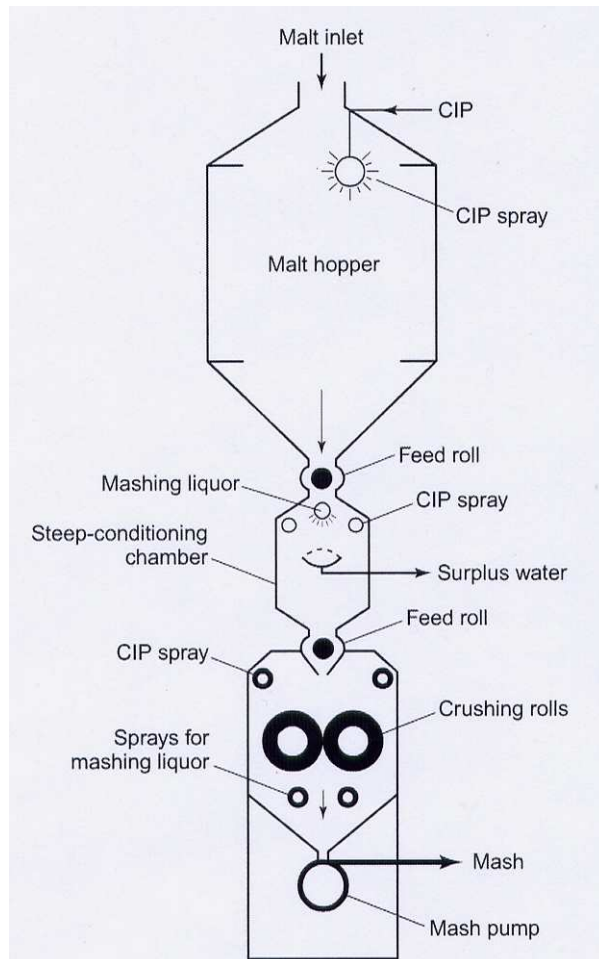


## Molino a martelli



## ■ Molitura ad umido

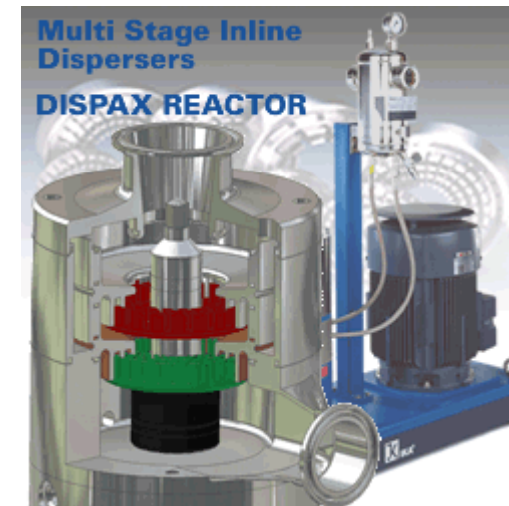
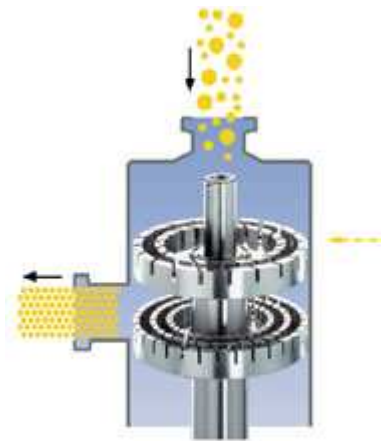
■ Se la molitura è a secco, si ha un danneggiamento delle glume mentre se si inumidiscono divengono elastiche e resistenti



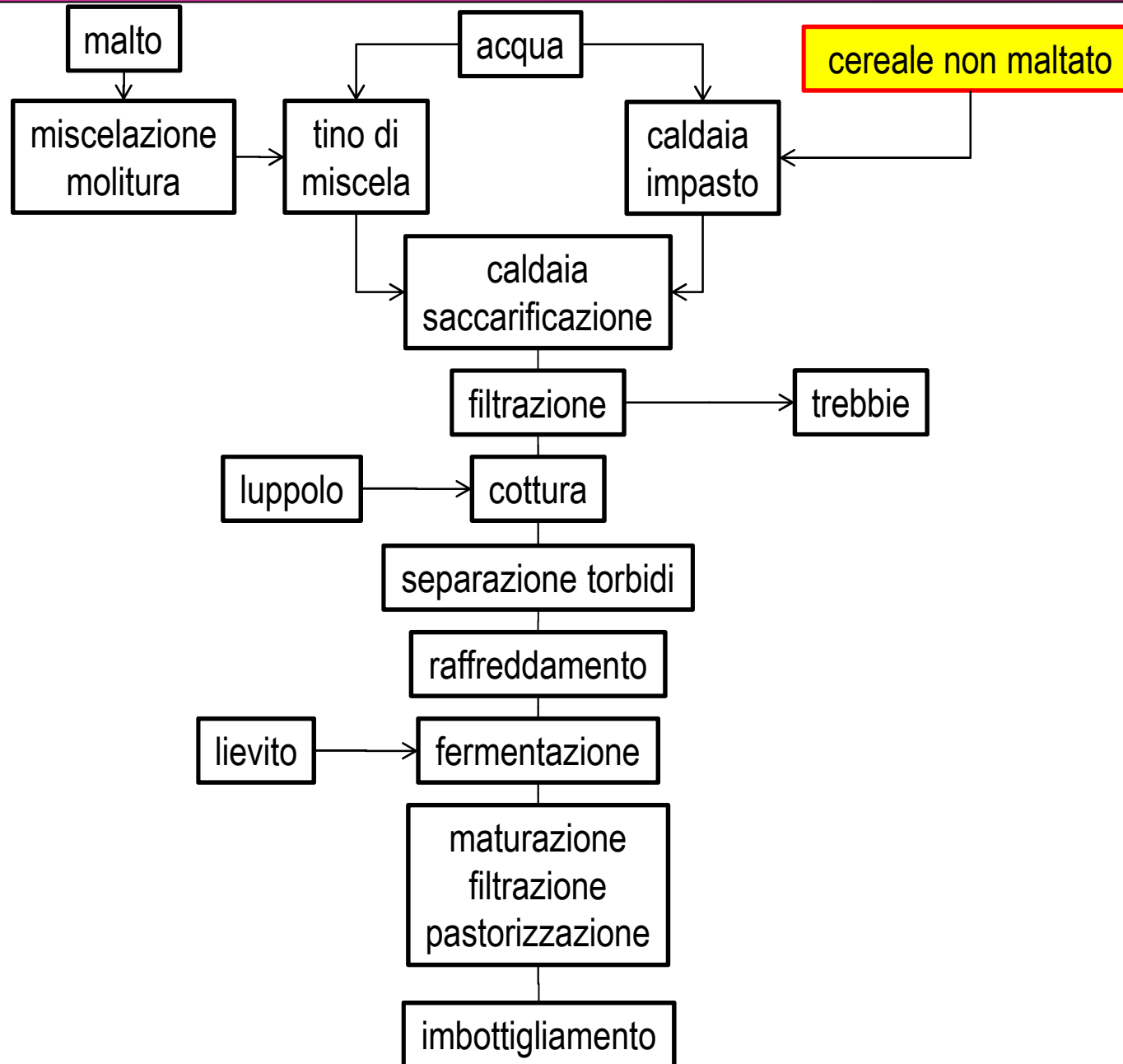


## ■ Macinatura fine con acqua

- Il malto è mescolato con acqua e macinato da un omogeneizzatore con un rotore fisso ed un o mobile ad alta velocità (sistemi Dispax, Hydromill)









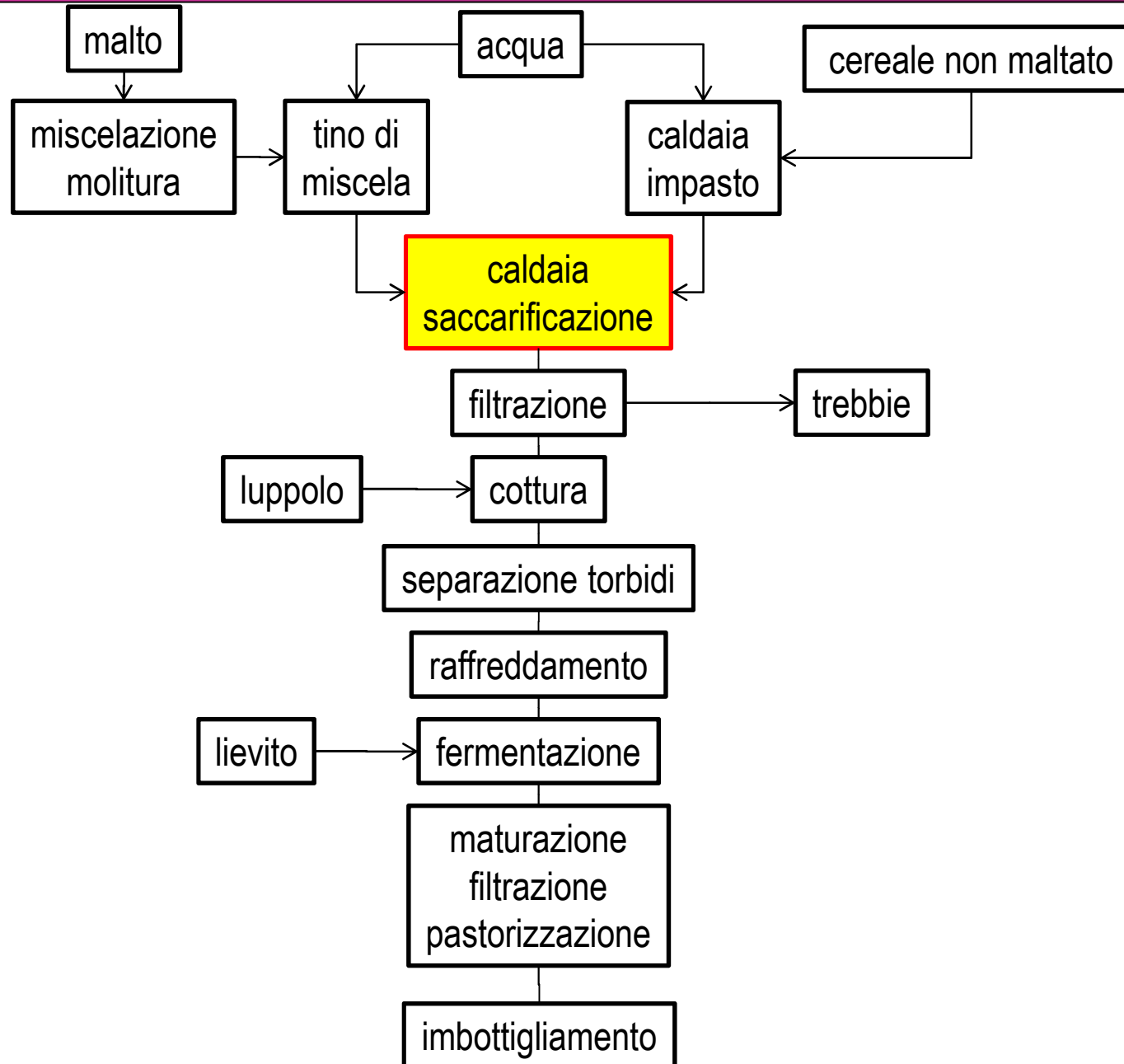
## Cereali verdi

In alcune produzioni vengono utilizzati anche cereali non maltati quali mais, riso, frumento

Lo scopo è quello di fornire un substrato amilaceo per gli enzimi del malto → è necessario un malto ad elevato potere diastatico → indispensabile modificare l'amido (gelificazione) con un trattamento a caldo prima dell'aggiunta al tino di saccarificazione

Importante privare il prodotto del grasso che influisce negativamente sulla tenuta della schiuma della birra

Quantità max 40%; se non sono maltati non si supera il 25%



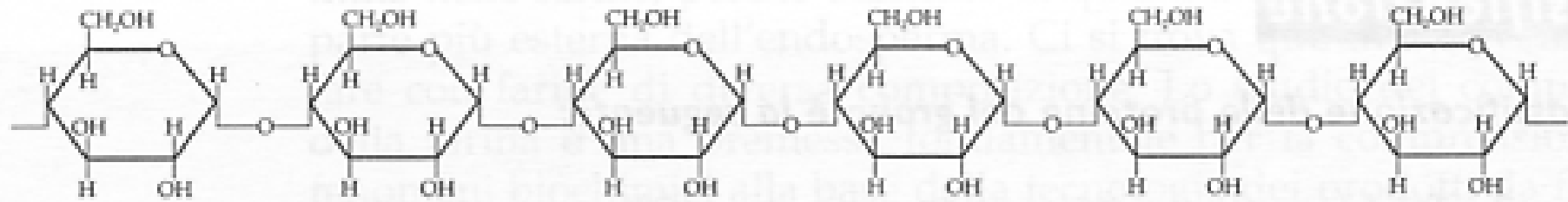


## Saccarificazione

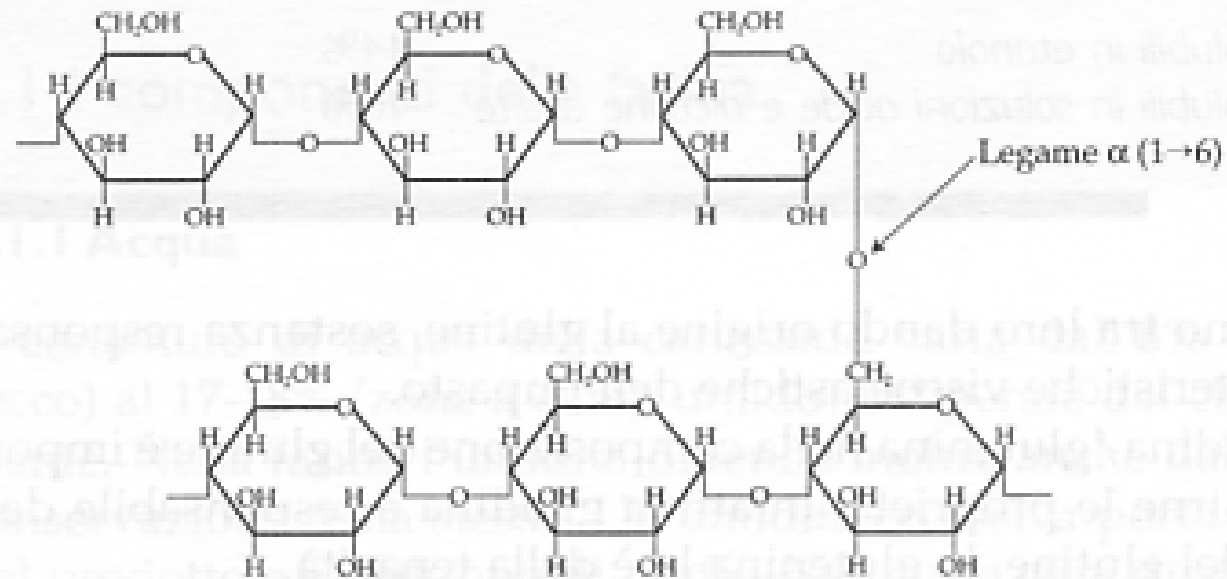
- ✓ Si tratta dell'operazione di produzione del mosto ed avviene nella sala di cottura.
- ✓ Durante la saccarificazione gli enzimi del malto producono le sostanze caratteristiche del mosto
- ✓ Il malto viene miscelato con acqua a pH 5.5 in proporzioni diverse in funzione del tipo di birra
  - birre chiare: 2.5-3 litri di acqua per kg di malto macinato
  - birre scure : 1-1.5 litri di acqua per kg di malto macinato
- ✓ Nel tino di saccarificazione sono aggiunti anche i cereali non maltati già cotti

- Attività enzimatiche
  - ▶ idrolisi amido
  - ▶ idrolisi  $\beta$ -glucani
  - ▶ idrolisi proteine
  - ▶ degradazione lipidi
  - ▶ altre attività enzimatiche

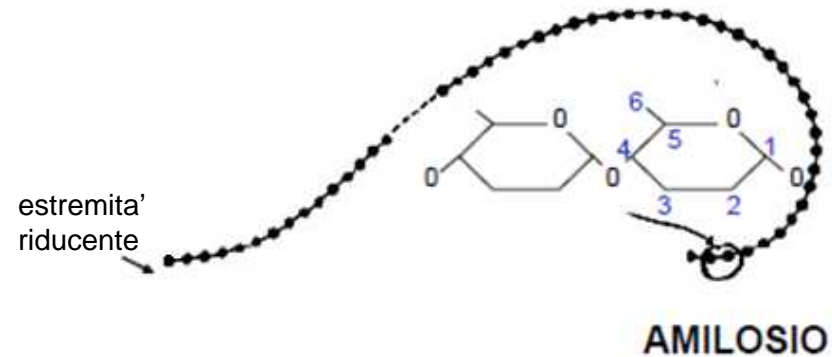
## AMIDO



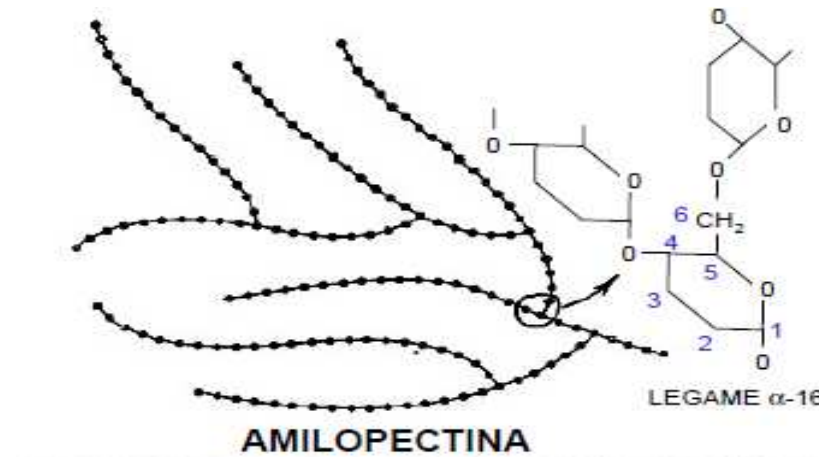
a: Struttura parziale dell'amilosio



b: Struttura parziale dell'amilopectina



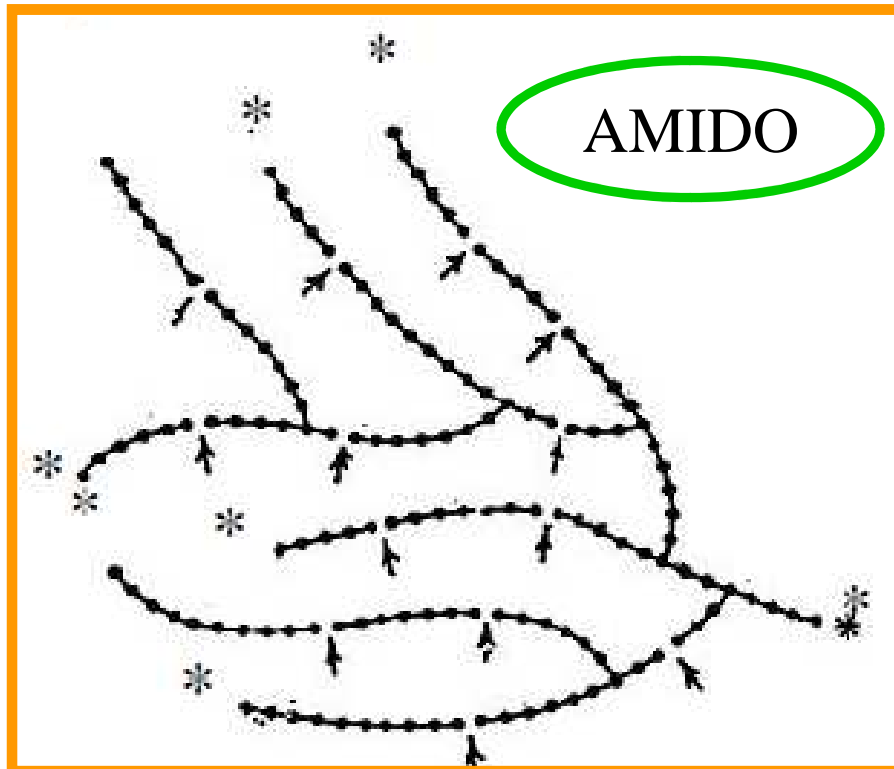
- ✓ **MOLECOLA LINEARE**
- ✓ **POLIMERI DI D-GLUCOSIO**
- ✓ **LEGAMI  $\alpha$ -1,4**
- ✓ **PESO MOLECOLARE  $10^5$ -  $10^6$**
- ✓ **ELEVATA TENDENZA AD ASSOCIARSI**
- ✓ **FORMA COMPLESSI CON GLI EMULSIONANTI**
- ✓ **INSOLUBILE IN ACQUA A FREDDO**
- ✓ **REAZIONE CON IODIO: COLORE BLU**



- ✓ **MOLECOLA RAMIFICATA**
- ✓ **POLIMERI DI D-GLUCOSIO**
  - ✓ **LEGAMI  $\alpha$ -1,4;  $\alpha$ -1,6**
  - ✓ **PESO MOLECOLARE  $10^7$ -  $10^9$**
  - ✓ **SCARSA TENDENZA AD ASSOCIARSI**
- ✓ **BASSA INTERAZIONE CON GLI EMULSIONANTI**
  - ✓ **INSOLUBILE IN ACQUA A FREDDO**
- ✓ **REAZIONE CON IODIO: COLORE ROSSO**



La  $\alpha$ -amilasi attacca i legami  $\alpha$ -1,4-glucosidici e stacca molecole di oligosaccaridi e polisaccaridi con tre o più residui e si ferma in corrispondenza delle ramificazioni



## $\alpha$ -AMILASI

ENDOENZIMA

ENZIMA DESTRAINIZZANTE

PRODOTTI DELL'IDROLISI

AMILOSIO

AMILOPECTINA

GLUCOSIO

OLIGOSACCARIDI

MALTOSIO

RAMIFICATI

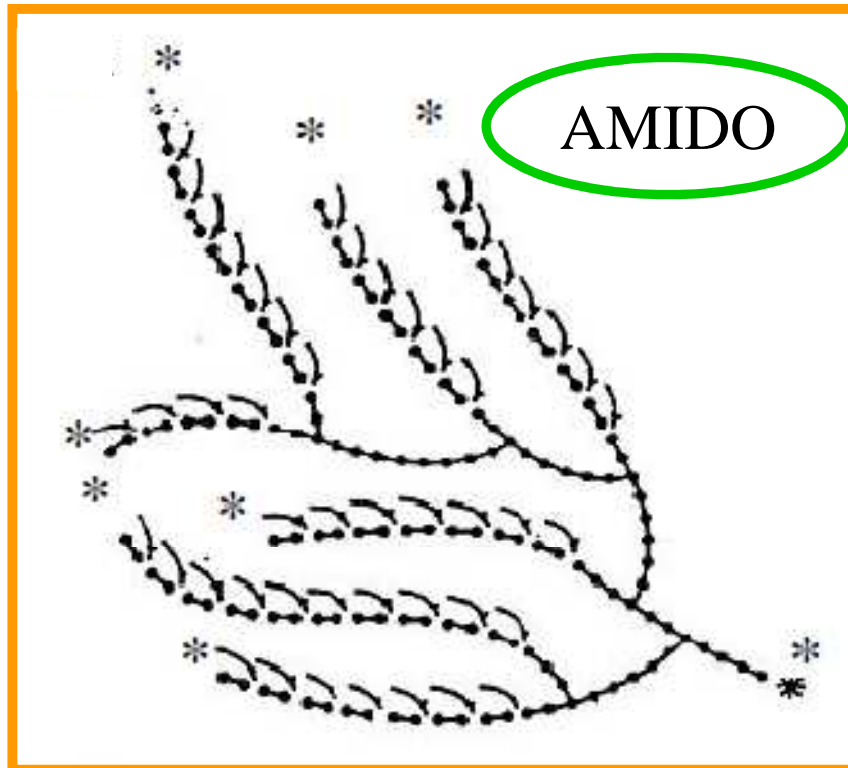
MALTOTRIOSIO

OLIGOSACCARIDI





La  $\beta$ -amilasi attacca i legami  $\alpha$ -1,4-glucosidici e stacca una molecola di maltosio per volta partendo dall'estremità non riducente della molecole e si ferma in corrispondenza delle ramificazioni



## $\beta$ -AMILASI

ESOENZIMA

ENZIMA SACCARIFICANTE

PRODOTTI DELL'IDROLISI

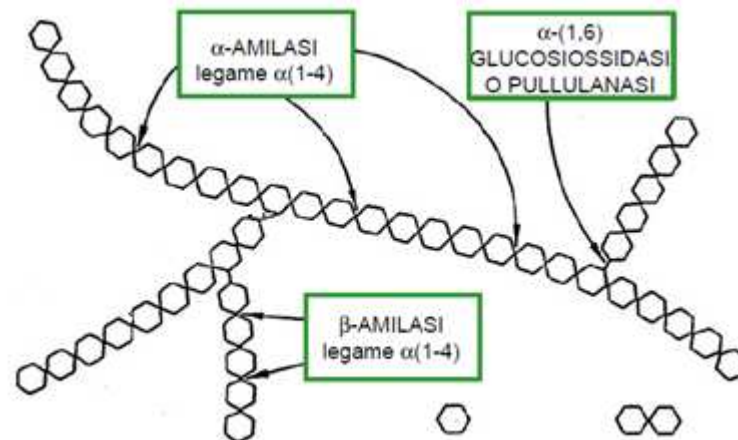
AMILOSIO

MALTOSIO  
(100%)

AMILOPECTINA

MALTOSIO (55%)  
 $\beta$ -DESTRINA limite  
(45%)

- ✓  $\alpha$ -amilasi  $\rightarrow$  produce vari componenti; ha un T ottimale di 70-74 °C, si degrada ad 80 °C ed il pH ottimale è di 5.6-5.8
- ✓  $\beta$ -amilasi  $\rightarrow$  produce maltosio ma anche glucosio e maltotriosio; ha una T ottimale di 58-65 °C, si inattiva oltre i 65 °C ed il pH ottimale 5.4-5.5
- ✓ il malto contiene una destrinasi che può scindere i legami 1,6- ma poiché la sua T ottimale è di 50-60 °C ha una scarsa attività
- ✓ sulla fase di saccharificazione hanno effetto la temperatura, il pH, il tempo di trattamento e la concentrazione del malto





## Idrolisi $\beta$ -glucani

- ✓ I  $\beta$ -glucani si uniscono a formare strutture tridimensionali
- ✓ Durante la saccarificazione la endo-1,4- $\beta$ -glucanasi scinde i glucani
- ✓ Avendo una T ottimale di 40-48 °C si disattiva rapidamente ed alle temperature più elevate rimane solo la  $\beta$ -glucansolubilase (T ottimale 62 °C) che libera  $\beta$ -glucani
- ✓ In presenza di agitazione queste molecole si legano ad altri polimeri aumentando la viscosità
- ✓ Importante usare malti con elevate concentrazioni enzimatiche; raffreddare lentamente; evitare agitazioni violente della massa



## Idrolisi proteine

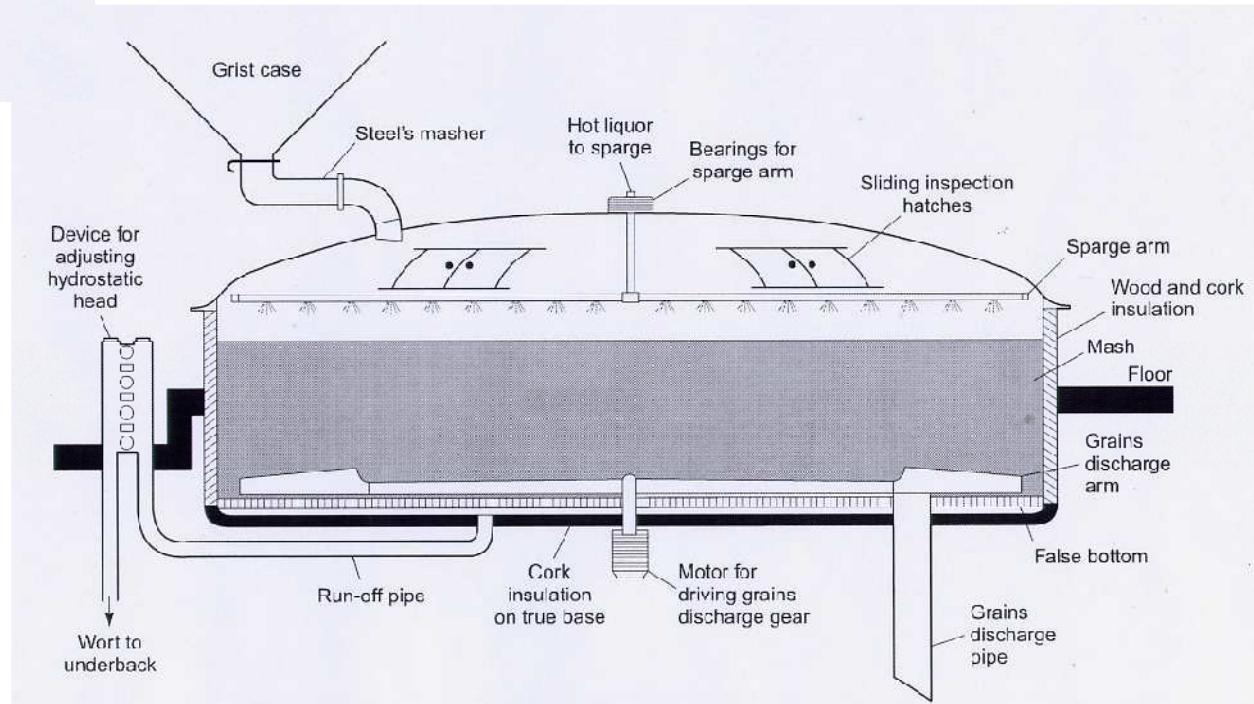
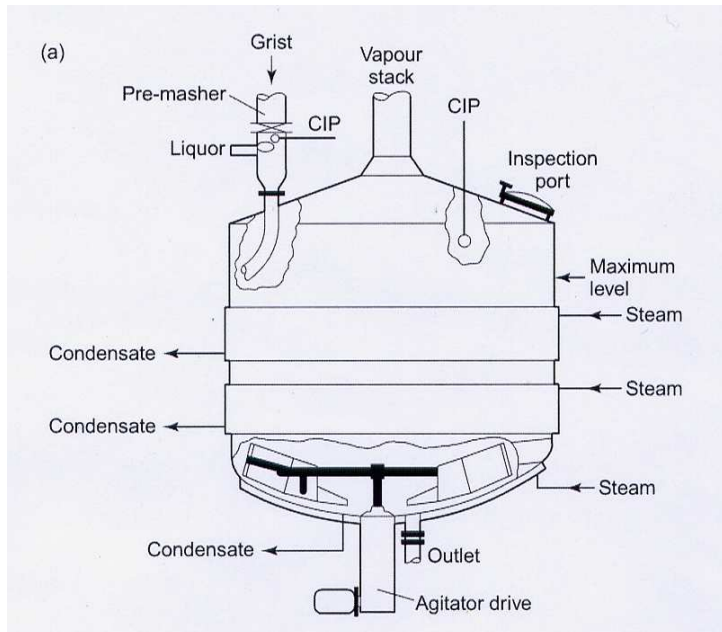
- ✓ Dopo la bollitura tutte le proteine precipitano e questo fenomeno dipende dalla temperatura e dalla durata
- ✓ La birra contiene solo prodotti di degradazione
- ✓ A 45-50 °C si formano composti a basso PM (peptidi, aminoacidi) mentre a 60-70 °C si formano composti ad alto PM responsabili del corpo della birra, della stabilità della schiuma ma anche delle torbidità
- ✓ Importante usare malto a bassa % proteica

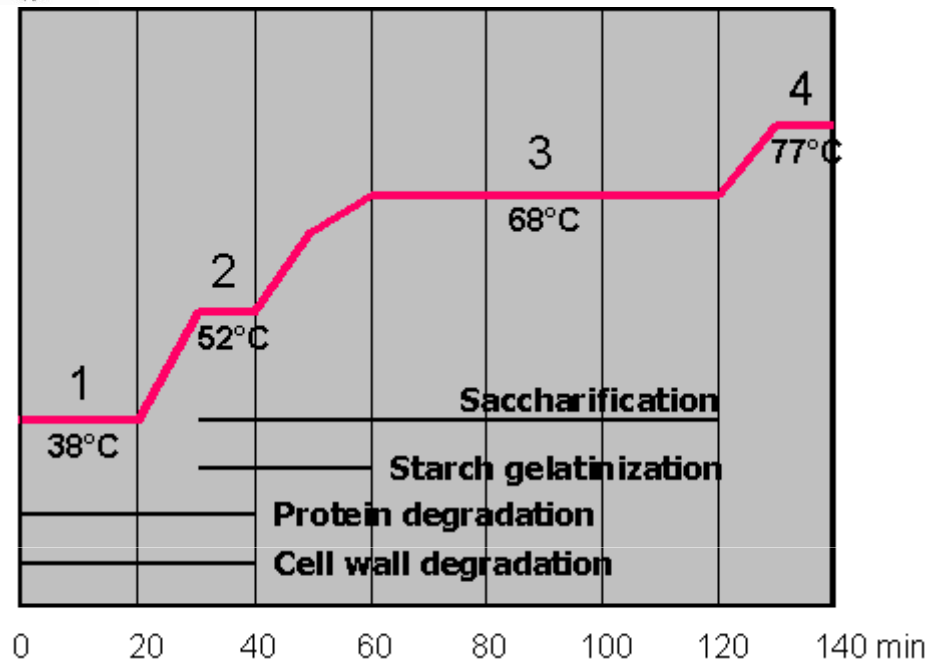


## Idrolisi grassi

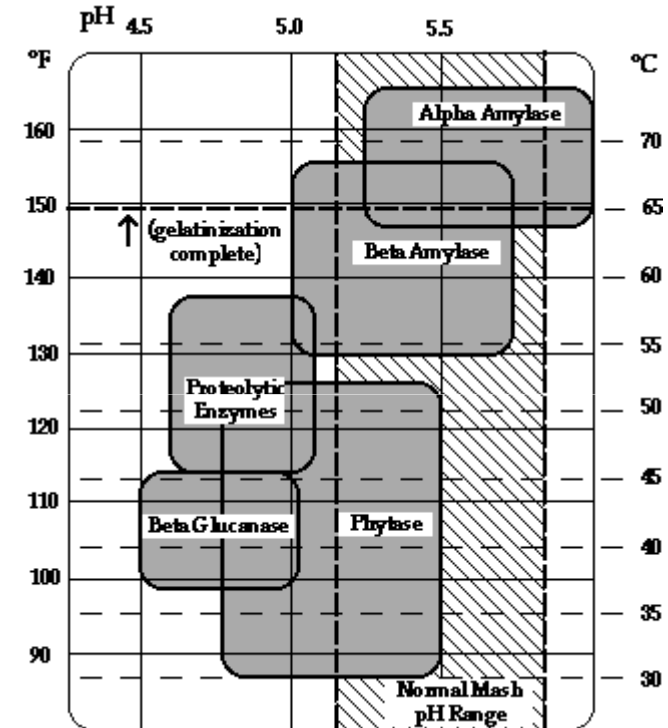
- ✓ Durante il maltaggio le lipasi liberano acidi grassi
- ✓ Durante la saccharificazione le lipossigenasi degradano gli acidi grassi insaturi producendo composti carbonilici con impatto olfattivo (negativo)

# Tini per saccarificazione





- 1) Inizio processo : miscelazione malto con acqua
- 2) Rilascio peptidi ed aminaocidi
- 3) Rilascio maltosio e destrine
- 4) Degradazione dell'amido residuo ed inattivazione enzimi





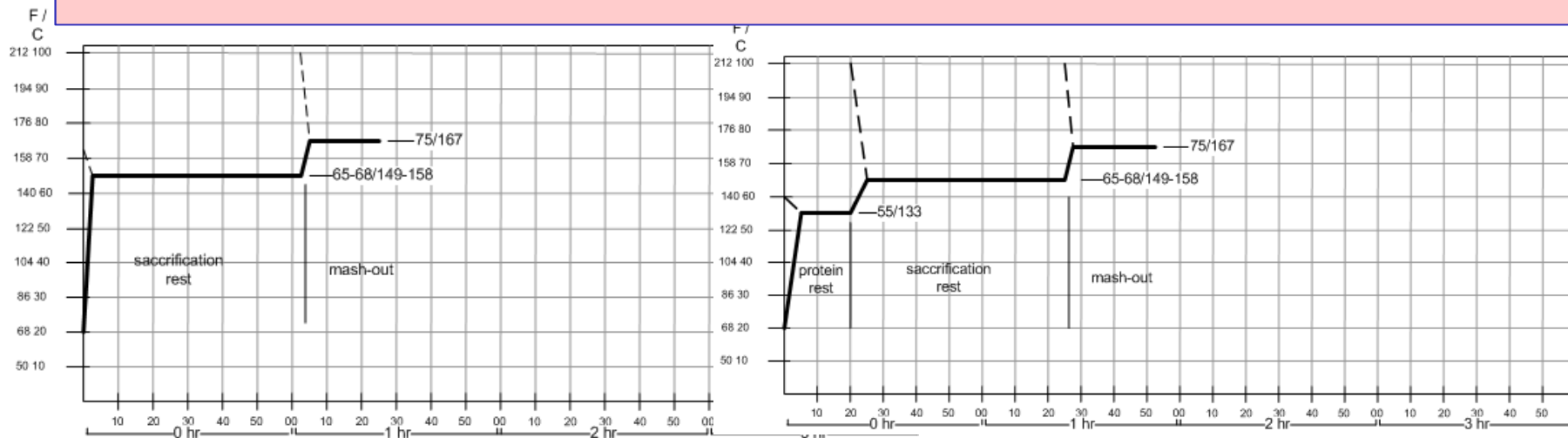
## Saccarificazione

La temperatura della miscela viene portata da 40 a circa 75 °C

Due sistemi di saccarificazione

**Sistema ad infusione o sistema inglese (la miscela non viene bollita)**

- ✓ Sistema semplice con un solo contenitore, nessuna ossigenazione per trasporto con pompa (nessuna ossidazione lipidica)
- ✓ Importante il sistema di agitazione





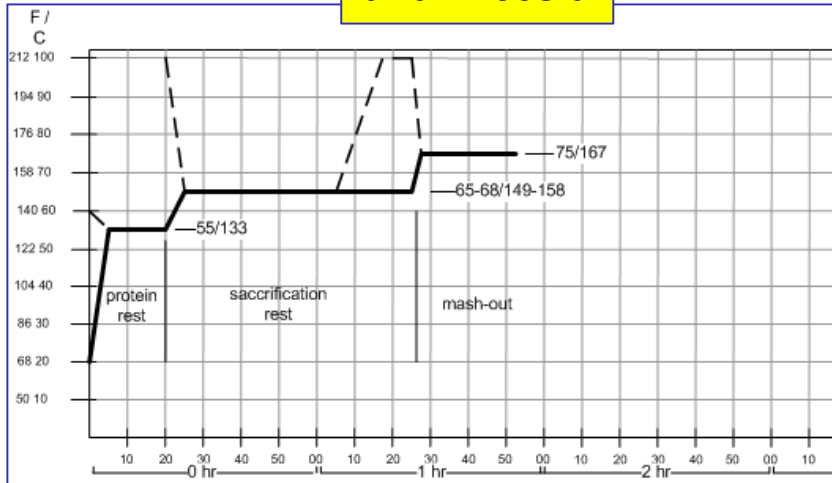


### **Sistema a tempere o sistema tedesco (parte della miscela viene bollita ed inattivata enzimaticamente)**

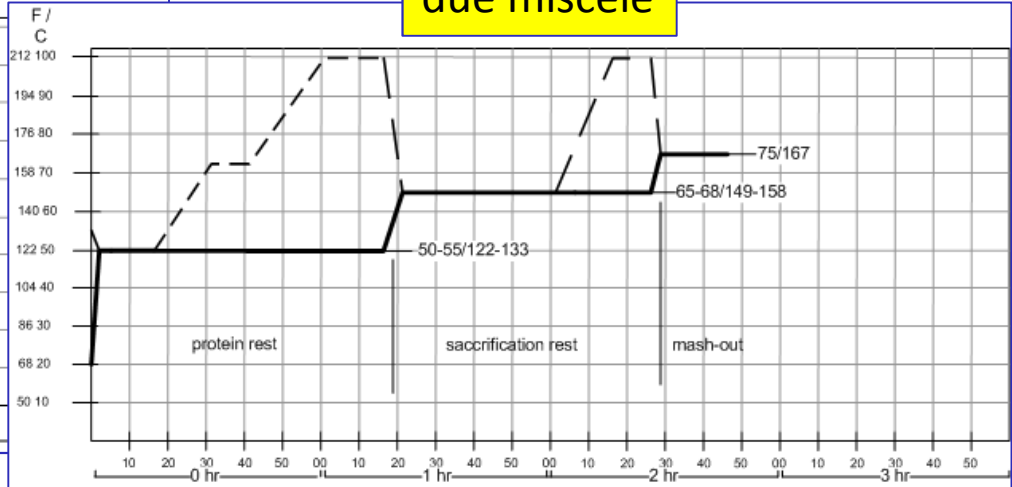
- ✓ Una parte del prodotto viene spostata dalla caldaia in un'altra caldaia dove viene portato all'ebollizione, poi re-immesso nella caldaia. Gli effetti sono:
  - nessuna proteolisi nella parte bollita per le alte temperature
  - maggiore gelatinizzazione e liquefazione dell'amido
  - maggiore estrazione dal perisperma
  - maggiore formazione di melanoidine
  - maggiore rimozione del DMS
  - maggiore disattivazione di enzimi
  
- ✓ La quantità prelevata è in genere  $\frac{1}{4}$  del totale
- ✓ Non è possibile bollire l'intera massa per non distruggere tutte le amilasi
- ✓ In genere si fa una bollitura di 10-15 min per le birre chiare e 20-30 min per le scure e si ripete 1-2 volte
- ✓ Per i costi elevati è poco utilizzato e si hanno
  - una miscela
  - due miscele
  - tre miscele



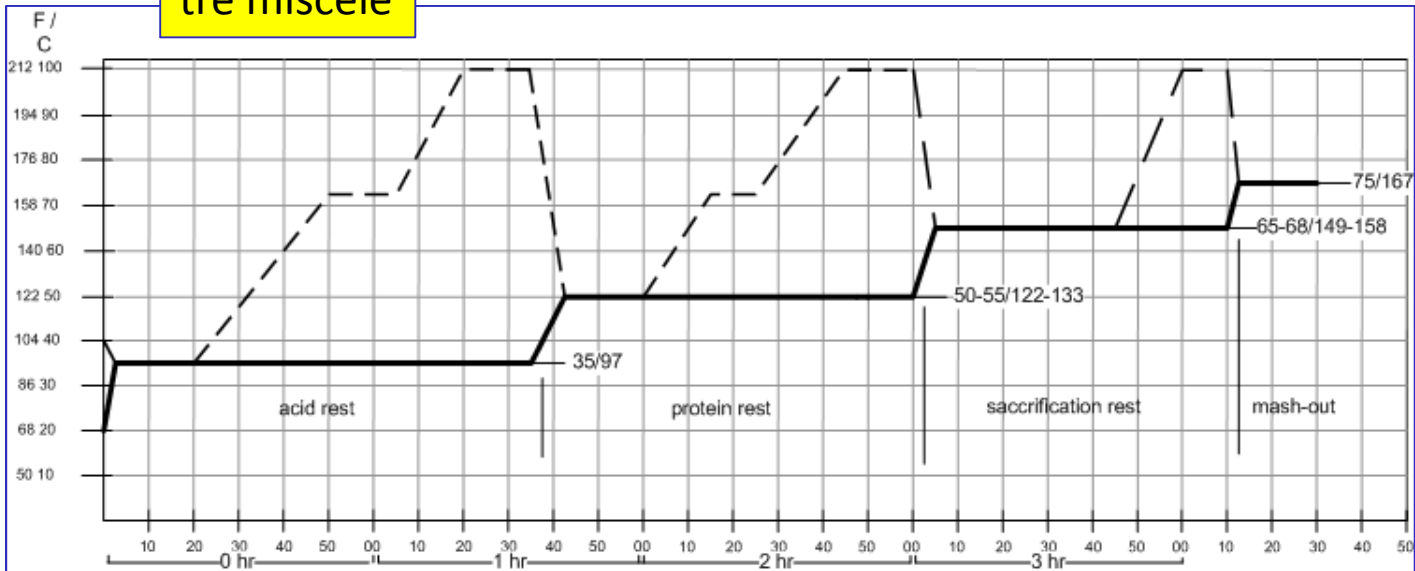
una miscela



due miscele



tre miscele



- Durante questa fase possono essere aggiunti altri cereali per avere più amido senza il costoso malto
- Sono molto diffusi → circa l'85% delle birre contiene questi cereali
- I più usati sono riso, mais, orzo, frumento, sorgo. Usati anche zuccheri e sciroppo di mais
- La distribuzione dell'amido e la composizione sono diversi dal malto → processi specifici per ogni aggiunta

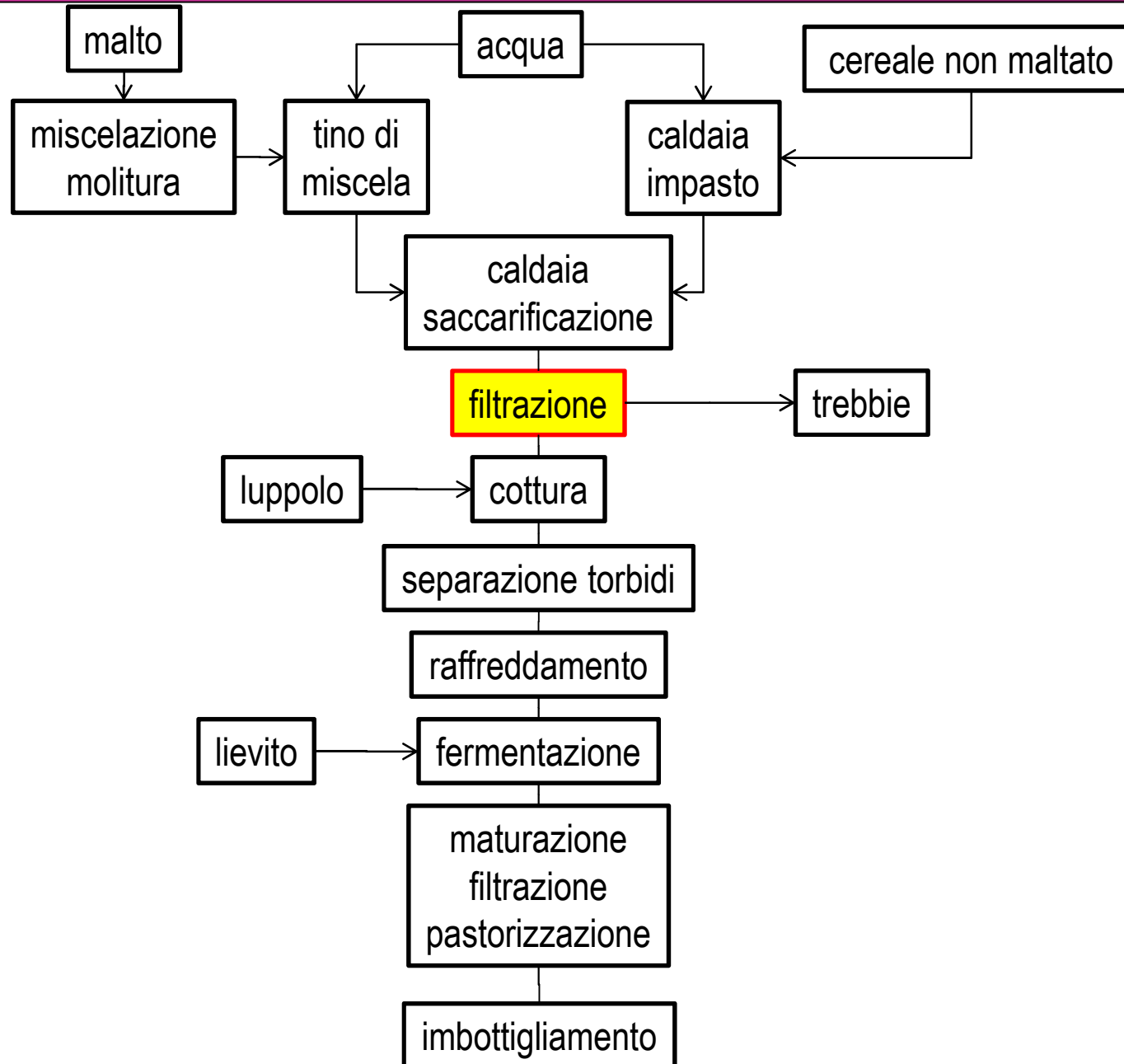


- Il riso è il più difficile da usare per granuli di amido piccoli e poco solubili → T di gelatinizzazione 67-91 °C → le amilasi si degradano
- L'amido del riso si rigonfia moltissimo → tende a bruciare a contatto con le superfici calde ed è difficilmente agitolabile → servono  $\beta$ -amilasi che però sono disattivate a quelle temperature
- Le possibili soluzioni sono :
  - ✓ usare un cuocitore separato , ottimale a pressione → T > 100 °C
  - ✓ mescolare il riso con 10-20 % del malto, poi cuocere 10-20 min a 78 °C e aggiungere alla massa
  - ✓ alcuni risi non gelatinizzano sotto gli 85 °C → unire al 10% di malto e gelatinizzare separatamente → se si lavorano da soli, è difficile movimentarli
  - ✓ usare amilasi batteriche termoresistenti





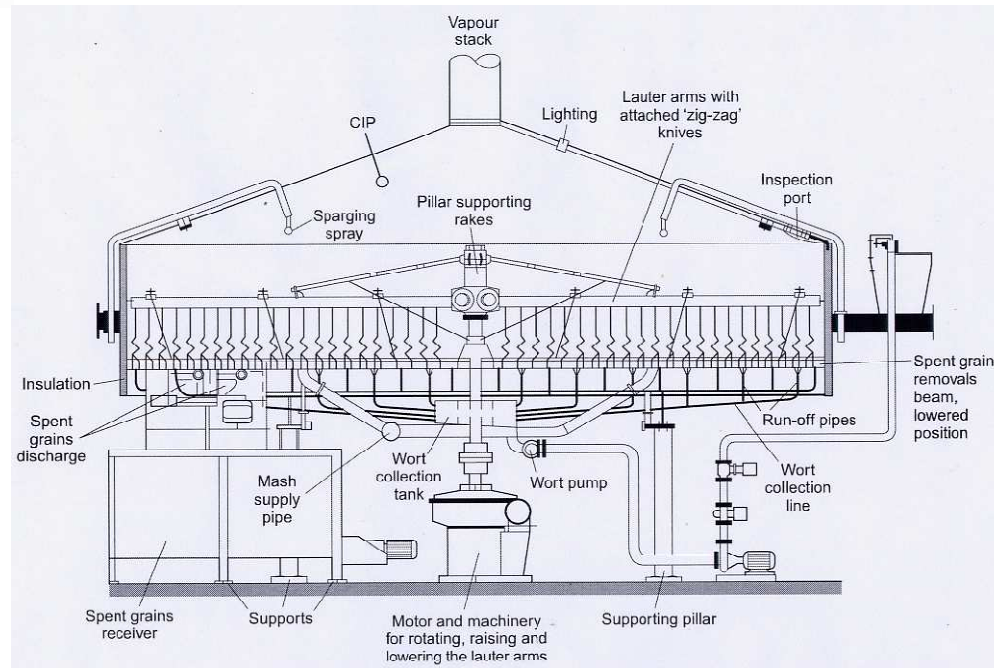
- Il mais contiene olio (> 5%) quindi serve mais degrassato
  - L'amido del mais gelatinizza a 73-79 °C
  - Si macina finemente e si cuoce con o senza malto
  - Se si usa farina non sono necessari pre-trattamenti mentre lo sciroppo è aggiunto dopo la saccharificazione
- Si può usare orzo (max 20%) macinato finemente o come fiocchi decorticati
  - Possono dare problemi le proteine ed i glucani
  - Rende meno del malto e si può aggiungere se il costo è molto basso o sono disponibili orzi a bassa % di proteine
  - Se supera il 25% sono necessari enzimi
- Si possono aggiungere anche zucchero (5-15%) dopo la saccharificazione, sciroppo di zucchero, sciroppo di mais
  - L'aggiunta va fatta dopo la saccharificazione





- ✘ Dopo la saccarificazione la frazione liquida (mosto/wort) deve essere separata dalla frazione solida (trebbie/spent grains)
- ✘ Le trebbie sono fondamentali in questa separazione avendo una prima ed una seconda filtrazione
- ✘ La prima separazione è per semplice drenaggio
- ✘ La seconda si ha per lavaggio delle trebbie con acqua calda → maggiore la quantità di acqua, maggiore è l'estrazione, maggiore è l'evaporazione successiva da utilizzare → necessario un equilibrio fra rese e costi
- ✘ Usando acqua a 100 °C si ha minore viscosità ma si degradano le amilasi → l'amido residuo non viene più idrolizzato
- ✘ La separazione si può avere con un **tino di filtrazione** od un **filtro**



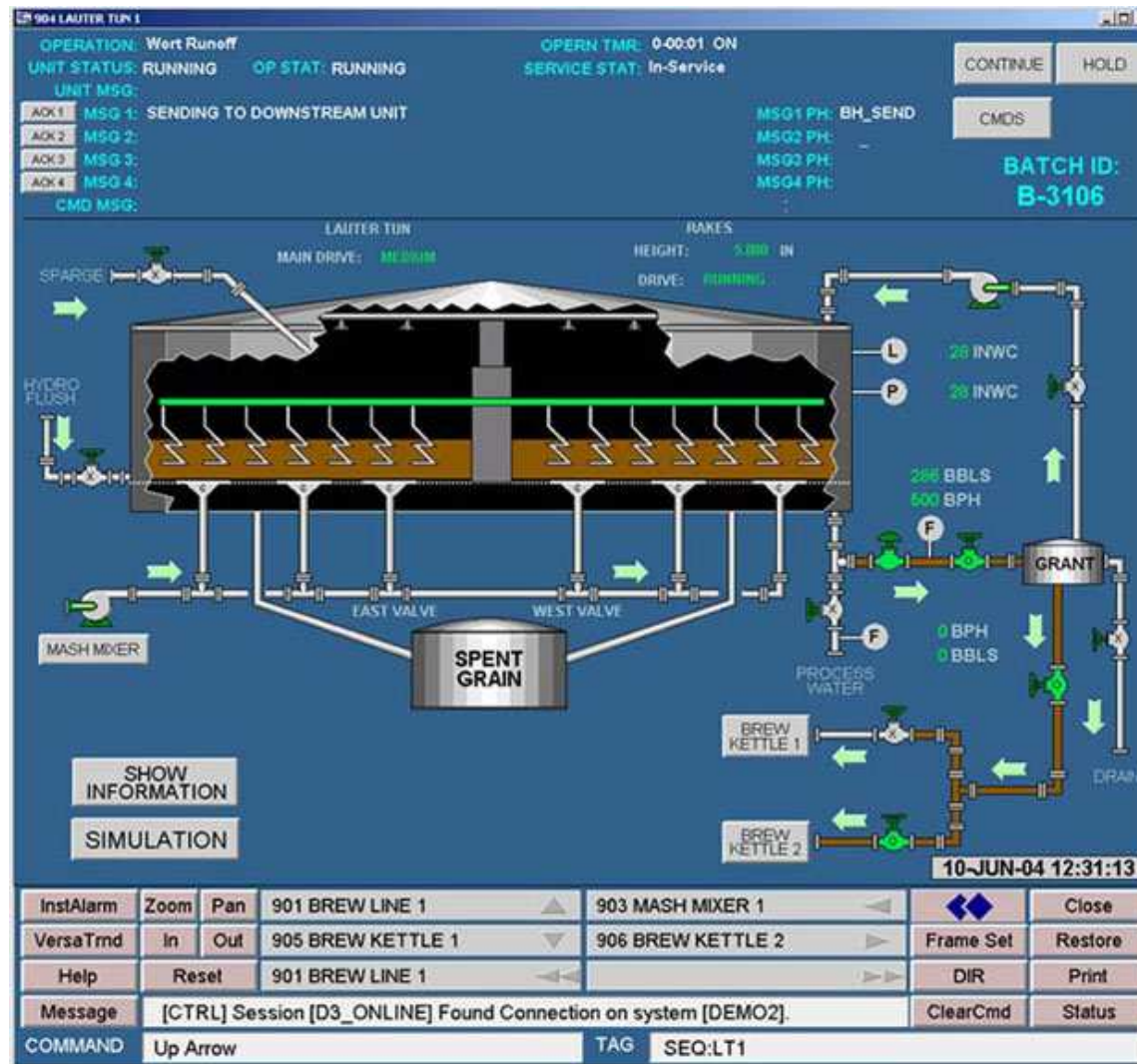


## Tino di filtrazione

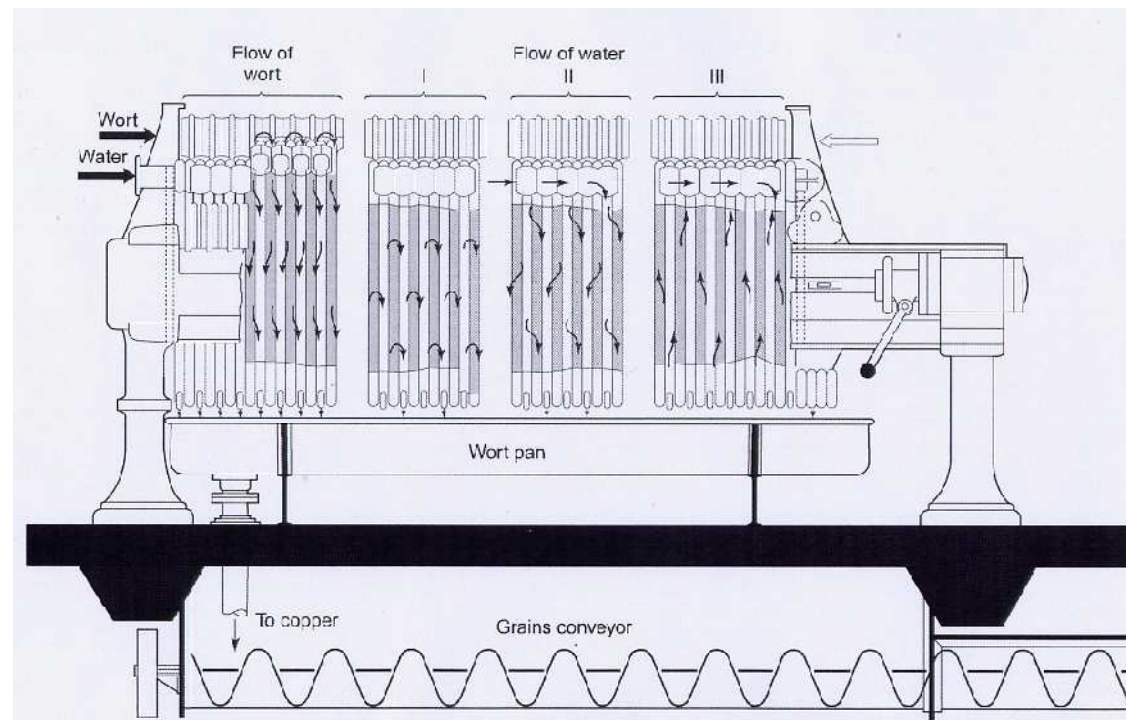


- Importate evitare le ossidazioni
- Spessore delle trebbie circa 20 cm
- Evitare il raffreddamento





- La **filtrazione** deve essere effettuata a circa 75-78 °C al fine di avere una buona viscosità del mosto
- Le scorze di malto costituiscono uno strato filtrante (circa 4 cm) → trebbie → dopo alcuni lavaggi vengono eliminate ed utilizzate per l'alimentazione animale
- Il mosto viene inviato alle caldaie di cottura



✘ Esistono alcune varianti:

- ▶ Filtro a camera “Meura” → vi sono delle membrane che delimitano delle camere di circa 4 cm
  - si immettono le trebbie nella camera
  - si immette aria compressa che pressa le trebbie
  - si immette acqua calda (circa 78 °C) e la si lascia per 50-55 min per l'estrazione
  - si pressa nuovamente
  - si apre il filtro e si separano le trebbie





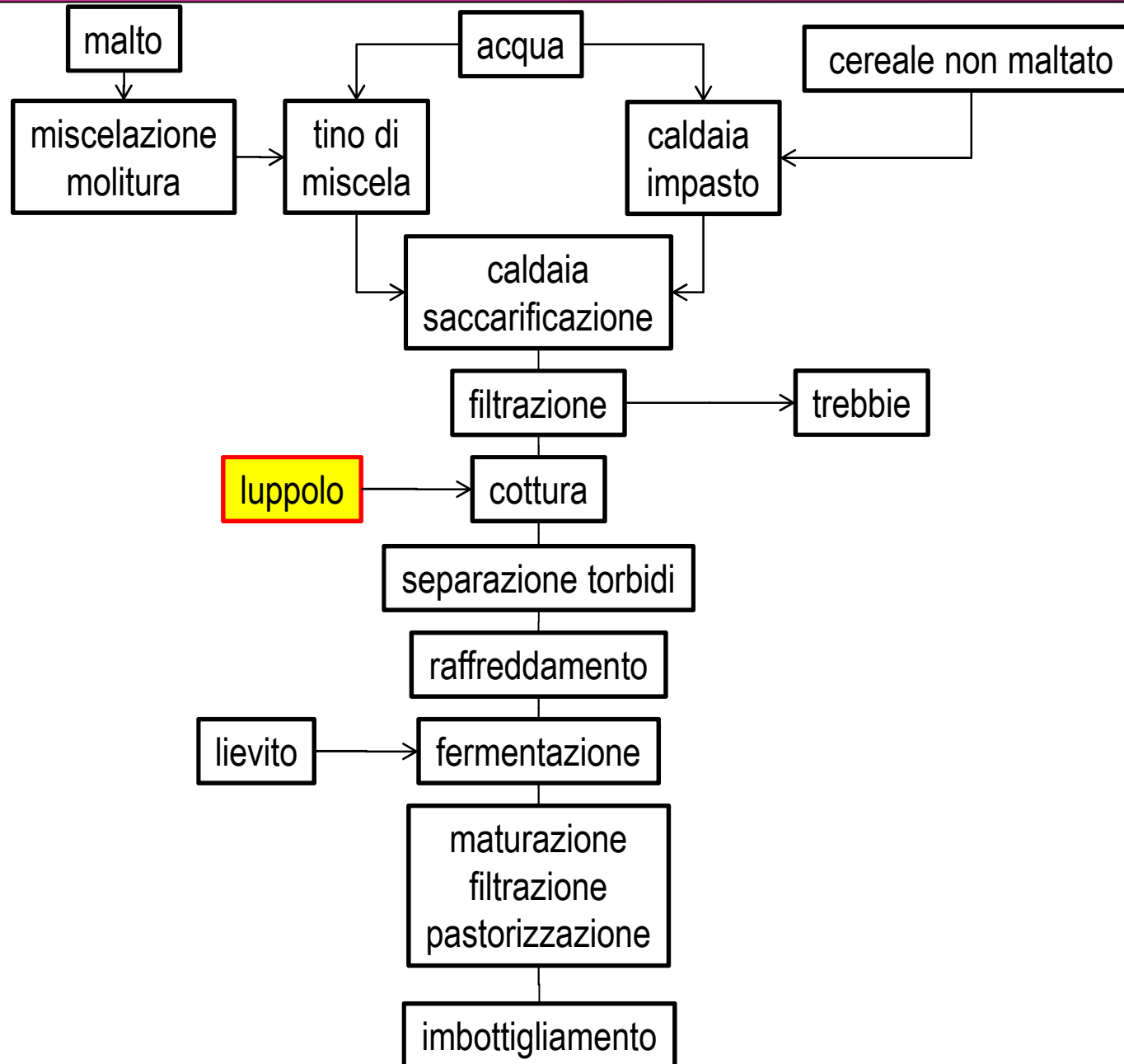
✘ La filtrazione ha diversi vantaggi:

- ▶ Si opera in circa 2 ore avendo così 12 o più filtrazioni
- ▶ Si ha un mosto chiaro
- ▶ Rese più elevate
- ▶ Minimo contatto con l'ossigeno
- ▶ Si possono usare molini a martello nella preparazione del malto
- ▶ Facile gestione e manutenzione
- ▶ Costi contenuti
- ▶ Poiché i costi del tino di filtrazione sono stati ridotti, le differenze sono minime e solo in grandi birrifici la filtrazione è più economica

✘ Da 100 kg di malto si ottengono 100-130 kg di trebbie pari a 20-22 kg/hl di birra

✘ Composizione media

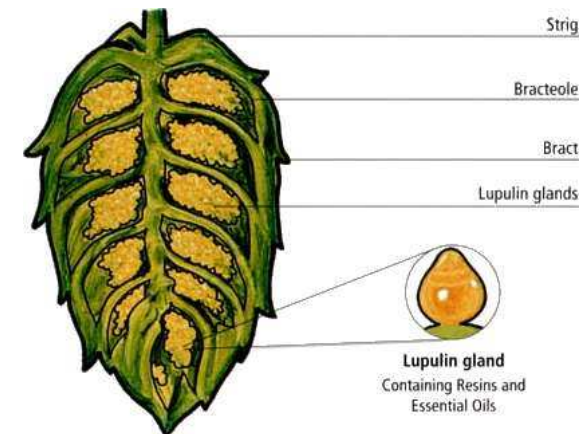
■ Proteine	28%
■ Grasso	8%
■ Estratto non azotato	41%
■ Cellulosa	17%
■ Sali	5%





## Luppolo

- E' la sostanza amaricante della birra
- Si utilizzano le infiorescenze femmili dell'*Umulus lupulus*
- Alla base delle brattee vi sono le sostanze resinose del luppolo (luppolina)
- Il luppolo determina il sapore amaro, ha proprietà antibatteriche, è antiossidante, agisce sulla persistenza della schiuma, è un aromatizzante
- La produzione mondiale è di circa 103.000 t/anno ottenuti da circa 82.000 ha; maggiori Paesi produttori Germania (29.000 t), Gran Bretagna (26.000 t), Cina (20.000 t), USA (26.000 t)
- Si è avuta una diminuzione di produzione per aumento di varietà ad alto  $\alpha$ ; di un decremento nel consumo di birra; nella richiesta di birre meno amare







✘ La raccolta è fatta a mano o macchina dei coni femminili che vengono rapidamente essiccati a circa 50 °C sino a 8-12% di acqua

✘ Il luppolo secco può essere trasformato o pressato in balle (circa 1 \* 0.6 m) e insaccato per ridurre l'ossidazione e l'assorbimento di umidità

✘ Può essere utilizzato in varie forme

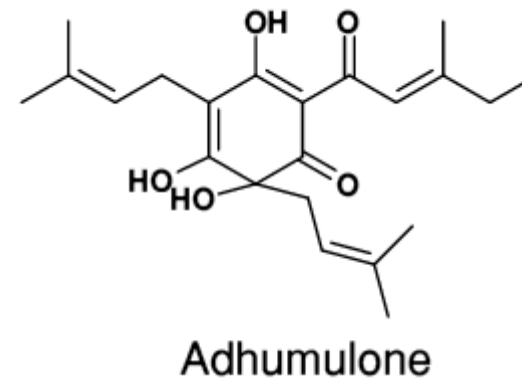
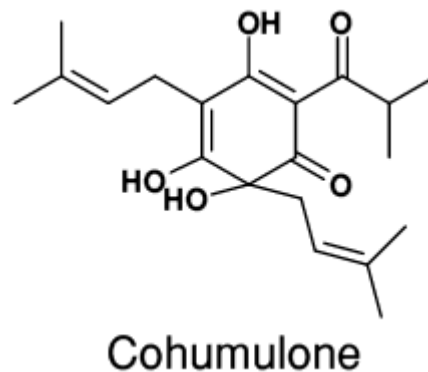
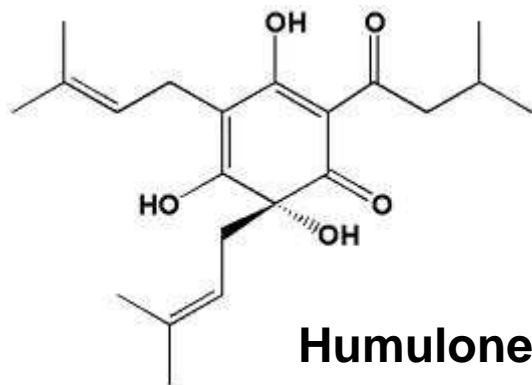
- infiorescenze essiccate
- pellets (macinato in polvere e compresso)
- estratto (solventi o CO<sub>2</sub> supercritica)
- estratto isomerizzato (si aggiunge a fine cottura)

✘ I componenti del luppolo sono:

- |                  |      |
|------------------|------|
| ■ sostanze amare | 19%  |
| ■ oli            | 0.5% |
| ■ polifenoli     | 4%   |
| ■ proteine       | 20%  |

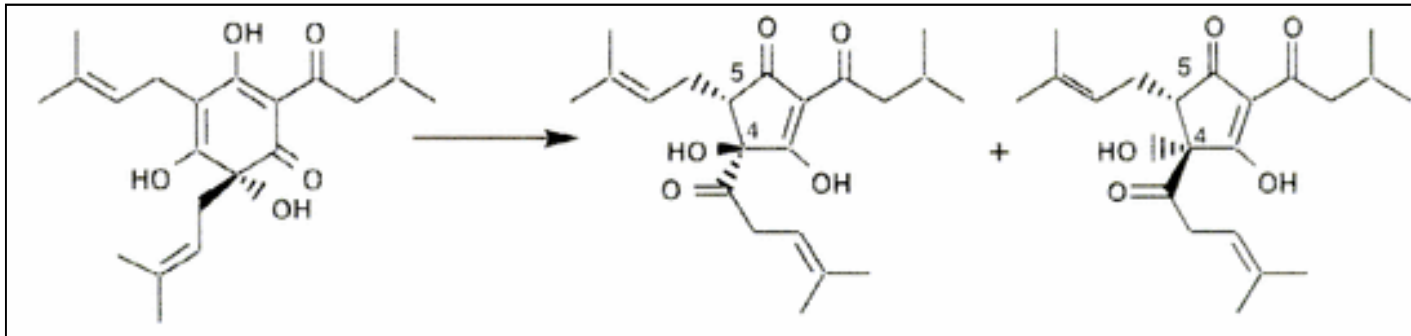
## Sostanze amare

- ✘ Durante lo sviluppo si formano  $\beta$ -acidi meno amari che con la maturazione si convertono in  $\alpha$ -acidi più amari
- ✘ Per questa conversione servono periodi freddi ed umidi
- ✘ Gli  $\alpha$ -acidi o umuloni sono molto importanti per l'amaro mentre il co-umulone ha un ruolo negativo → selezionate cultivar a bassa tenore in co-umulone
- ✘ Coltivate Nugget, Target, Hallertauer Magnum con 15-16% di  $\alpha$ -acidi





■ Gli alfa-acidi (umulone, co-umulone, adhumulone) durante la cottura si isomerizzano in iso-alfa-acidi (iso-umulone, iso-co-umulone, iso-adhumulone) , più solubili ed amari



■ L'indice di amaro del luppolo è dato dalla somma della frazione alfa + la beta divisa per 9

■ Il contenuto di alfa-acidi diminuisce con la conservazione → necessarie basse temperature, secco ed assenza di aria



■ I componenti principali amari della birra sono dosati estraendo la birra con iso-ottano e leggendo a 275 nm in cella da 1 cm. Il valore dell'assorbanza moltiplicato per 50 fornisce il valore di BU o IBU o International Bitterness Units

Birra	BU
Light	6-10
Weiss	10-20
Trappiste	11-24
Lambic belghe	11-25
Porter	20-40
Pils	28-40
Guinness	50-60



## Oli

- Si tratta di una miscela complessa di sostanze aromatiche prodotte dalle ghiandole del luppolo
- Presenti mono-terpeni (linalolo, mircene) e sesquiterpeni (B-cariofillene, B-farnesene, humulene)
- Vi sono varietà di luppolo che forniscono elevate quantità di olio aromatico, basse quantità di  $\alpha$ -acidi e basse di co-umulone (Hallertauer Mittelfrueh, Opal, Perle, Saphir ecc.)
- Durante la bollitura queste sostanze evaporano quindi una parte del luppolo è aggiunta dopo anche rinunciando ad una parte della isomerizzazione degli  $\alpha$ -acidi



## Polifenoli

- Sono molto importanti in quanto antiossidanti, astringenti, precipitano le proteine, danno composti rosso/bruni, si combinano con il ferro → fondamentali per il colore, l'aspetto, le caratteristiche sensoriali
- Consistono in una miscela di tannini, flavonoidi, catechine e proantocianidine (circa l'80% dei polifenoli presenti)

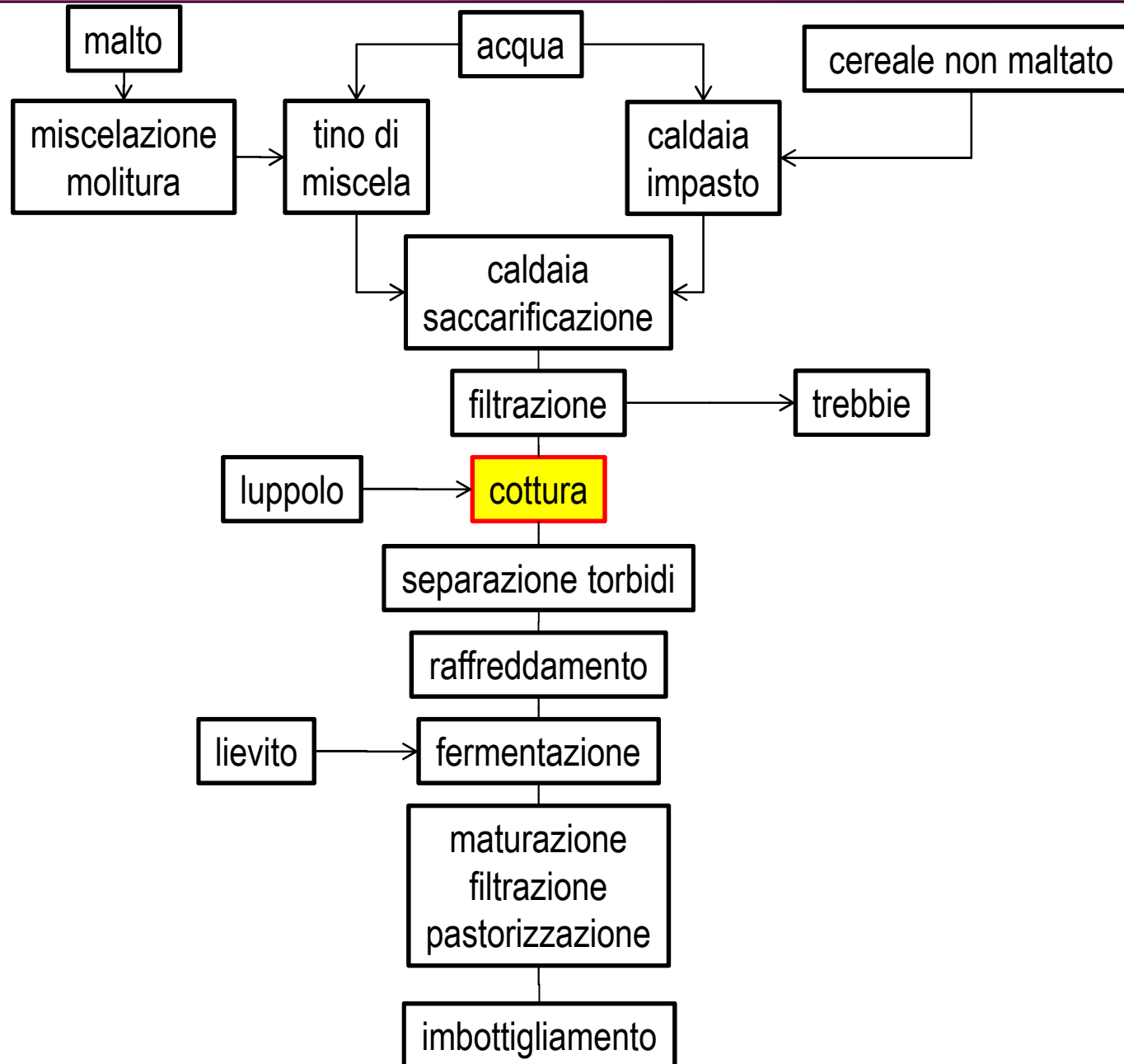
## Proteine

- Sono scarse (12-20% della sostanza secca del luppolo e solo il 30-50% passa in soluzione) e quindi poco importanti per le caratteristiche della birra



- Il luppolo si può avere anche in vari formati
  - ▶ pellet tipo 90 (90 kg di pellet da 100 kg di luppolo → il luppolo è essiccato a 40-50 °, quindi macinato (1-5 mm) e trasformato in pellet → il riscaldamento può danneggiare il prodotto → non si devono superare i 50 °C
  - ▶ pellet tipo 45 arricchito → si tolgono le ghiandole aromatiche operando a -35 °C → si può concentrare sino al tipo 25 e poi si pellettizza
  - ▶ pellet isomerizzato → si provoca la isomerizzazione degli  $\alpha$ -acidi riducendo i costi di bolitura e della quantità di luppolo → si opera come per il pellet arricchito ma prima della pellettizzazione si aggiunge ossido di magnesio o si pone a contatto dei pellet in una camera a 50 °C
  - ▶ estratti si estraggono i componenti attivi
    - ◆ con etanolo 90% in un estrattore continuo → la soluzione è concentrata in un sistema multistadio
    - ◆ con CO<sub>2</sub> liquida (5.1 bar – 217 °K) → si usano 20 °C e 70 bar → metodo costoso ma da prodotti molto puri
    - ◆ con CO<sub>2</sub> supercritica → si lavora a 150-300 bar e 32-100 °C
  - ▶ estratti isomerizzati → vengono usati gli estratti con CO<sub>2</sub>
- Si possono avere anche agenti amaricanti → aggiunti alla fine del processo e comprendono tetra-iso- $\alpha$ -acido, esa-idro-iso- $\alpha$ -acido e rho-iso- $\alpha$ -acido

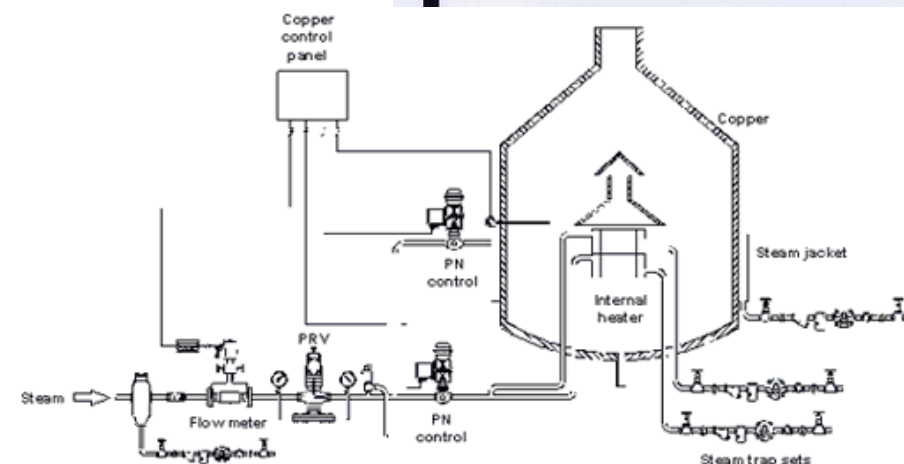
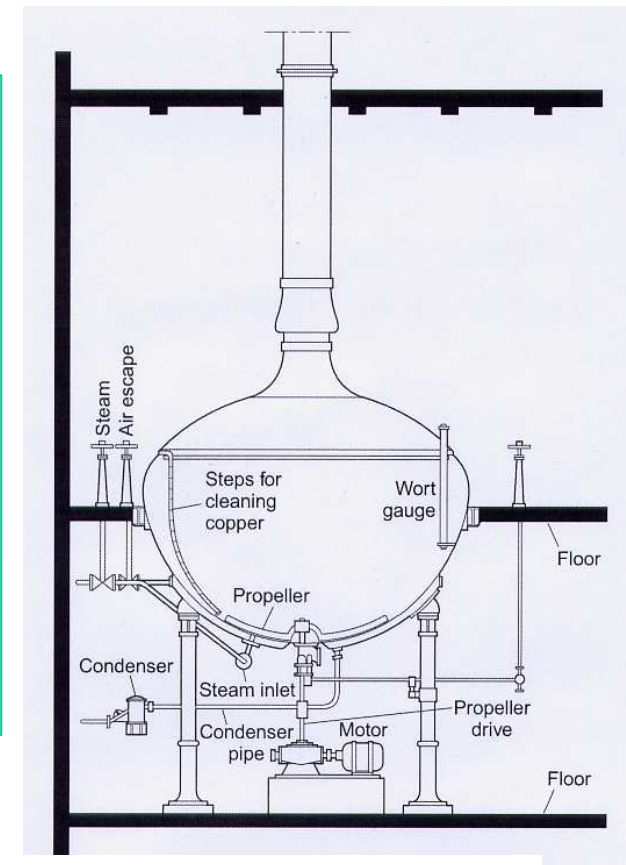






***La cottura del mosto ha lo scopo di :***

- estrarre ed ed isomerizzare i costituenti del luppolo
- precipitare le proteine
- concentrare il mosto, diluito con i lavaggi delle trebbie
- sterilizzare il mosto
- inattivare gli enzimi e bloccare la saccarificazione
- provocare reazioni di imbrunimento (reazioni di Maillard)
- ridurre il pH
- formare sostanze riducenti
- strappare composti volatili indesiderati







## Estrarre ed isomerizzare i costituenti del luppolo

- Gli  $\alpha$ -acidi sono insolubili a freddo ed a caldo si isomerizzano → la resa in iso-humulone e quindi l'amaro della birra dipende da:
  - natura dell'iso-humulone → il co-humulone dà la migliore resa in iso-humulone → usando varietà (Northern Brewer) con elevate % di co-humulone si hanno birre più amare
  - durata bollitura → aumentando il tempo la % di iso-humulone diminuisce → gli  $\alpha$ -acidi isomerizzano all'inizio della bollitura
  - pH → con pH alti si ha una migliore isomerizzazione ma l'amaro ottenuto a bassi pH è ritenuto migliore
  - concentrazione humulone → la resa in iso-humulone diminuisce aumentando il luppolo
  - ritenzione sulle fecce
  - isomerizzazione spinta → uso di alte temperature
  - dimensioni del luppolo → con polveri fini si ha migliore estrazione e quindi amaro maggiore
- L'olio di luppolo è volatile quindi viene aggiunto 15-20 min prima della separazione delle fecce o nel wirpool (si hanno però problemi di torbido)
- I polifenoli si sciolgono subito e proteggono dalla ossidazione



## Precipitare le proteine

- ✓ In bollitura le proteine precipitano spontaneamente o per reazione con i polifenoli
- ✓ Ora si tende a ridurre la bollitura → rimangono proteine in soluzione

## Evaporare l'acqua

- ✓ L'evaporazione elimina l'acqua aggiunta durante la filtrazione delle trebbie ed aumenta l'estratto

## Sterilizzare il mosto

- ✓ La bollitura sterilizza il mosto e lo predispone alla fermentazione
- ✓ Si eliminano i microrganismi alteranti

## Inattivare gli enzimi e bloccare la saccarificazione

- ✓ La bollitura inattiva gli enzimi ancora presenti

## Provocare reazioni di imbrunimento

- ✓ Durante la bollitura si hanno reazioni di Maillard → aumenta il colore scuro



## Ridurre il pH

- ✓ Le melanoidine che si formano ed il luppolo aggiunto riducono il pH → da 5.5-5.6 si passa a 5.5-5.4
- ✓ Con pH minori aumenta meno il colore, si ha maggiore amaro, la resistenza dei microrganismi è minore
- ✓ Con pH minori si ha una minore isomerizzazione degli  $\alpha$ -acidi quindi serve più luppolo → meglio acidificare biologicamente dopo la cottura

## Formare sostanze riducenti

- ✓ Si formano sostanze riducenti (reduttoni) come le melanoidine che bloccano l'ossigeno

## Strappare composti volatili

- ✓ La temperatura elevata provoca l'evaporazione di composti indesiderati (DMS, esanale, esanolo, aldeidi di Strecker, furfurale ecc).
- ✓ Maggiore è la bollitura, maggiore è l'eliminazione di DMS e la trasformazione di SMM in DMS



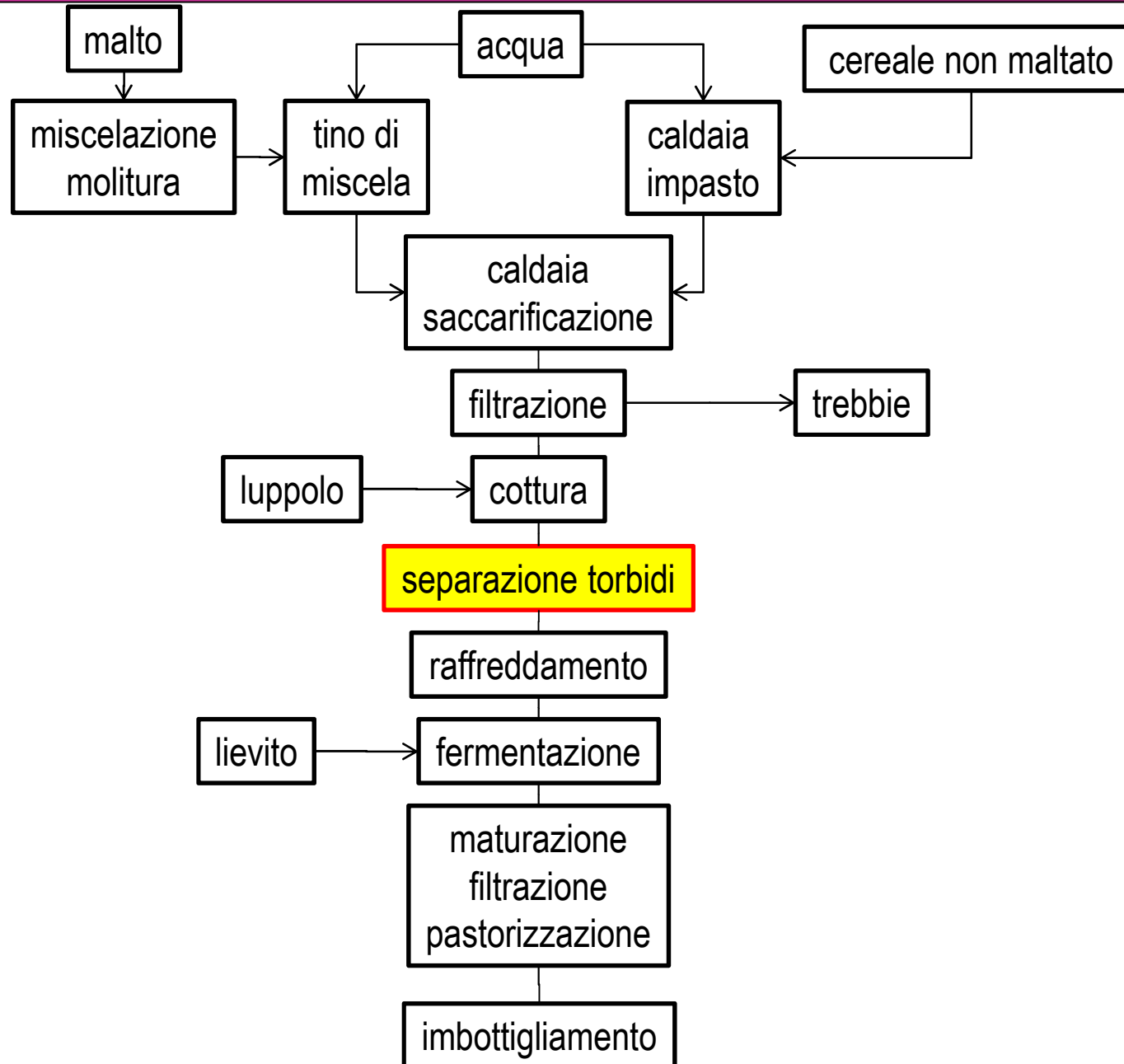
- La cottura del mosto si può effettuare con
  - ▶ caldaie a riscaldamento diretto (antiche e poco utilizzate)
  - ▶ caldaie a vapore (usano vapore a 130-140 °C, 2-3 bar)
  - ▶ caldaie ad acqua (usano acqua a 160-170 °C)
  - ▶ caldaie a bassa pressione (operano a 102-104 °C, 0.5 bar)
    - ✘ con scambiatore esterno (facile da gestire anche se richiede maggiore energia e spazio)
    - ✘ con scambiatore interno (le temperature sono meno omogenee, si hanno surriscaldamenti con caramellizzazioni) → modelli alternativi (“Stromboli”, “Jet-Star”)
  
- Per ridurre i costi e le emissioni si sono messi a punto sistemi di bollitura a bassa pressione
  - ✘ Bollitura dinamica → si porta a 100 °C a pressione normale, poi si chiude la valvola di sfogo e si pone in pressione (150 mbar, 103 °C, 3-5 min), poi si fa condensare il vapore il che porta la pressione a 50 mbar, poi si re-immette vapore → si ripete 6-8 volte
  - ✘ Bollitura sotto vuoto
  - ✘ A film
  - ✘ Flash



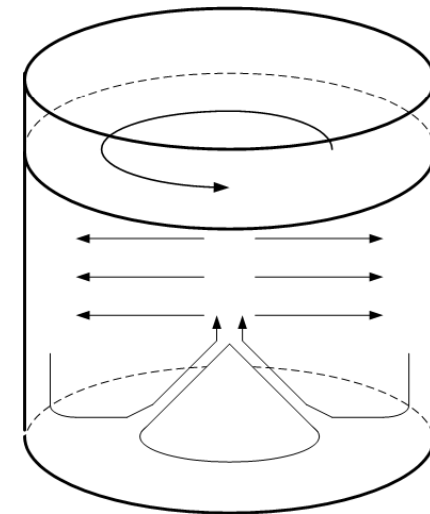
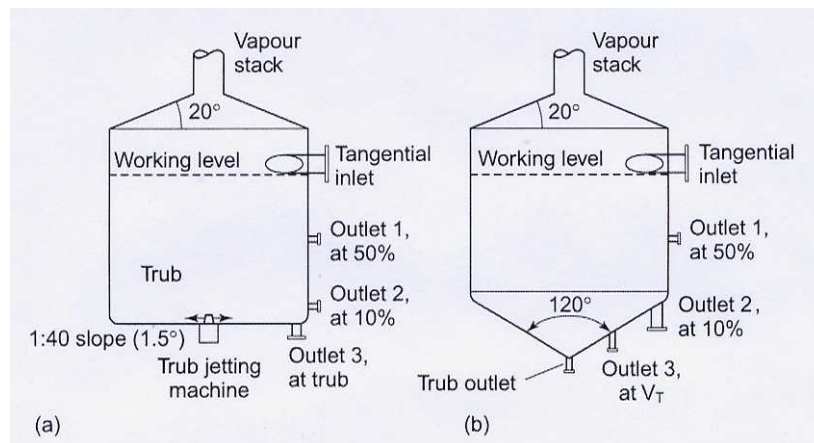
## Aggiunta luppolo

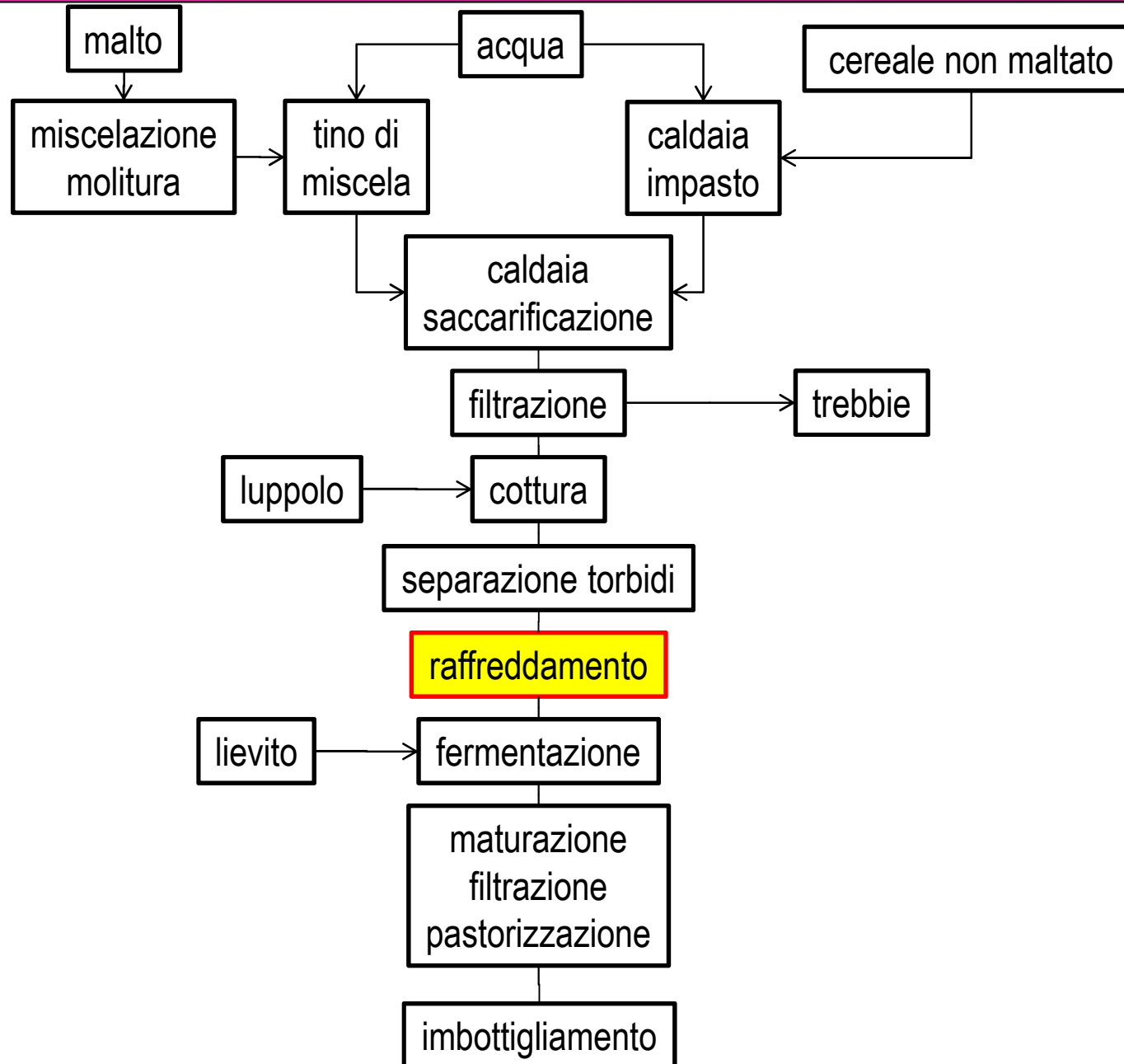
- Durante la cottura viene aggiunto il luppolo → bisogna definire quanto, quando e come
- La quantità è definita in funzione dell'intensità di amaro (Bitterness Units – BU – mg di sostanze amare/litro)
- Il momento della aggiunta dipende dal tipo di malto e dagli effetti voluti → in genere 80% subito e 20% alla fine di aromatico oppure 50% subito, 30-40% a metà 10-20% alla fine

	g $\alpha$ -acidi/hl birra	BU
Wheat beer	5-7	14-20
Bock beer	6-8	19-23
Marzen beer	7-8.5	20-25
Alcohol free	7-9	20-28
Export beer	7.5-11	22-30
Pilsner beer	10-16	28-40



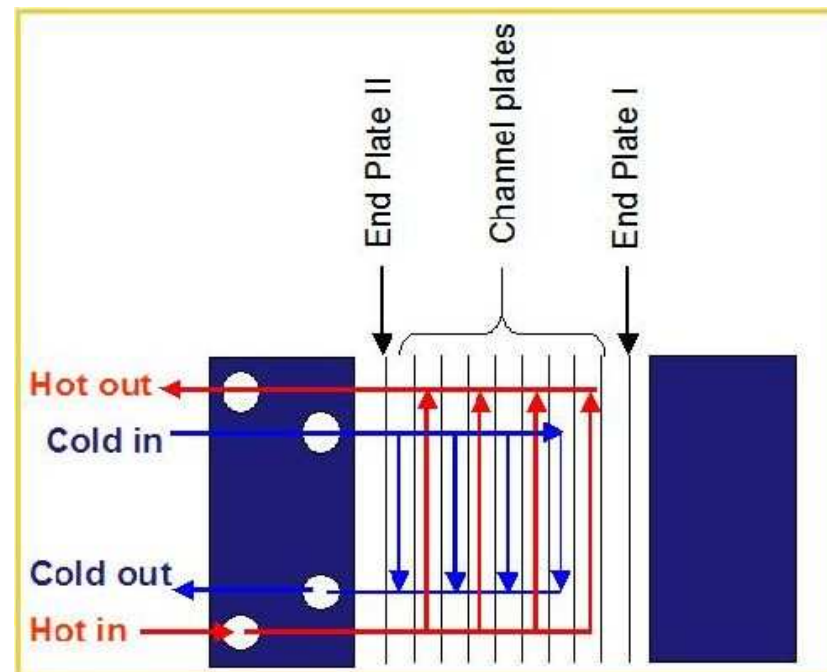
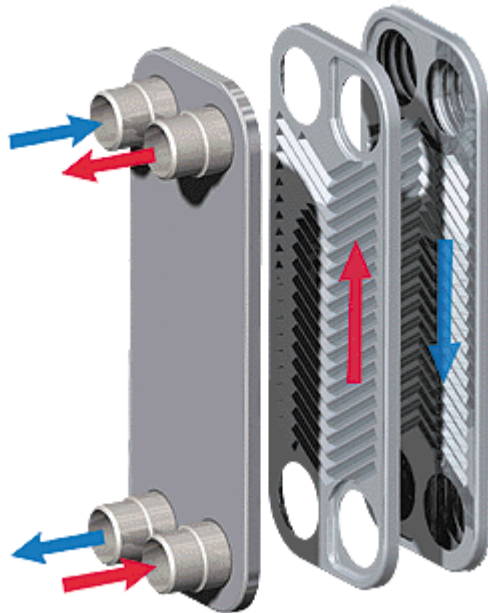
- Dopo la cottura è necessario separare il mosto dai materiali solidi → se si ottengono mosti troppo limpidi si hanno problemi in fermentazione
- Si possono usare
  - ▶ vasche di decantazione (15-25 cm; 1-2 ore; non più utilizzate)
  - ▶ vasche di sfioramento (mosto alto 1-2 m; prelievo dall'alto)
  - ▶ separatori Whirlpool (camere in cui il mosto torbido viene inserito tangenzialmente alla superficie interna così da farlo ruotare nel recipiente e far sedimentare i solidi)
  - ▶ centrifughe

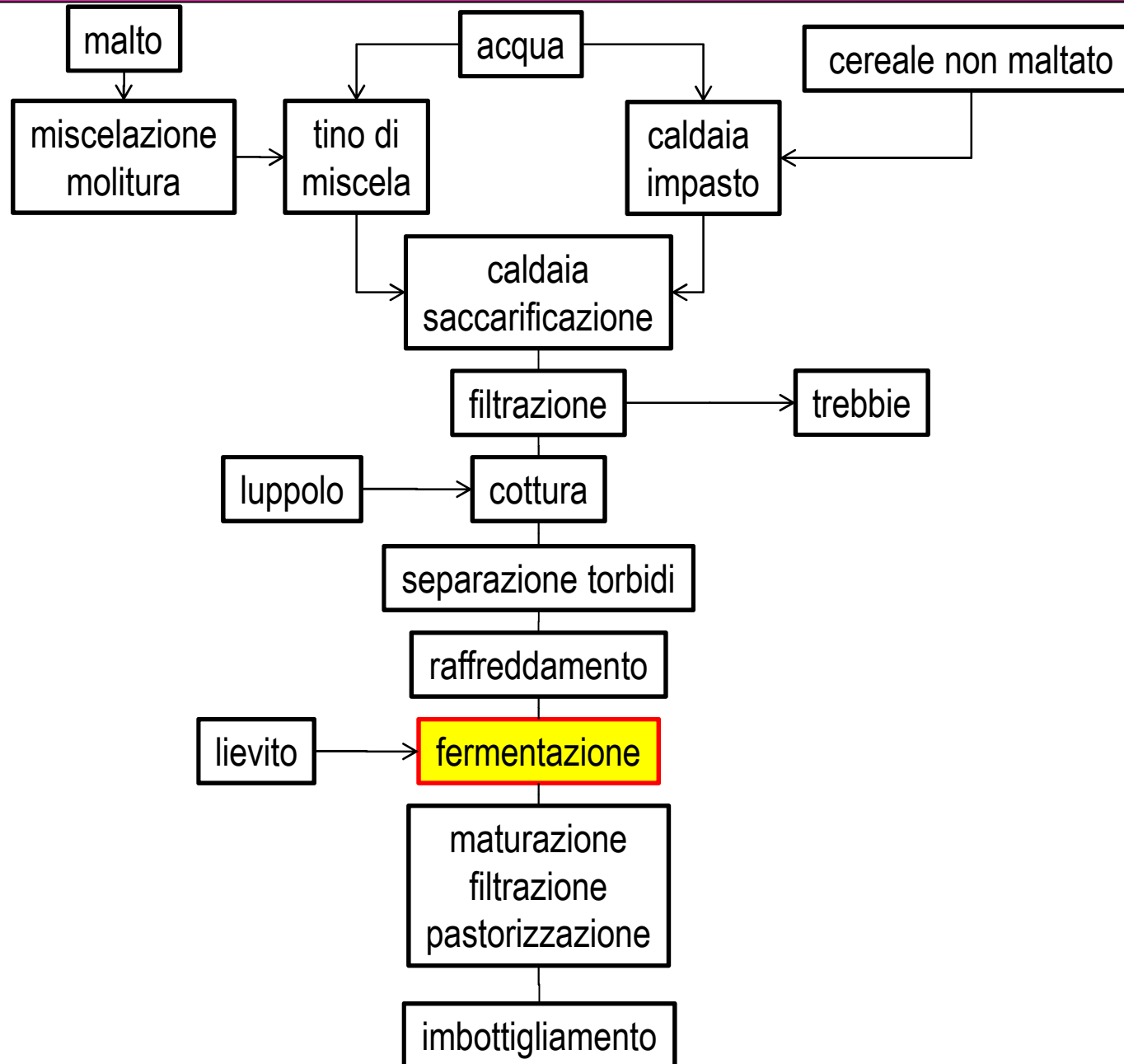




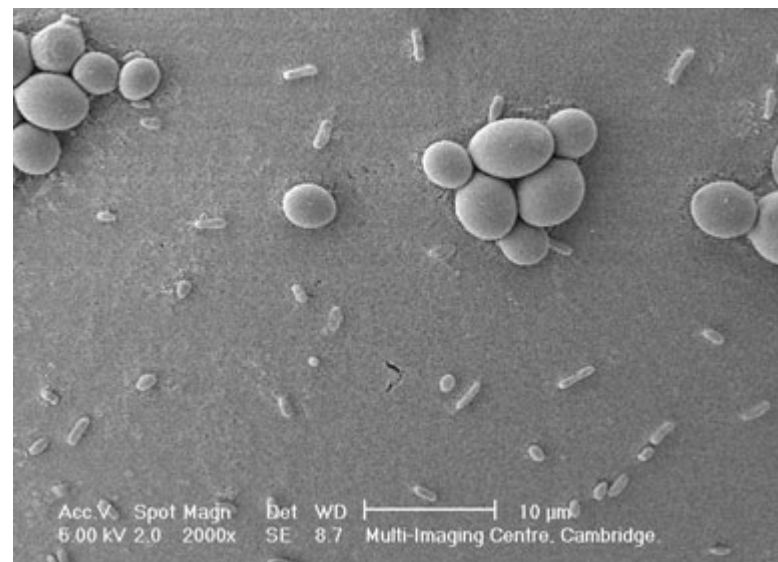
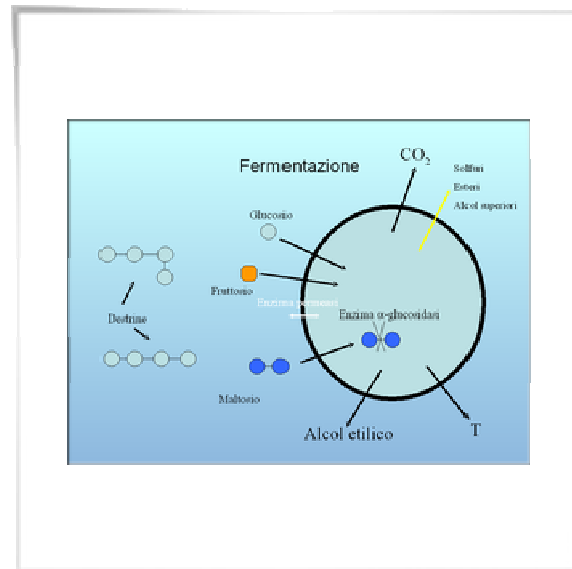


- Il raffreddamento del mosto serve per prepararlo alla fermentazione e viene attuato in scambiatori a piastre sino a  $15 \pm 22$  °C per le ale e  $6 \pm 12$  °C per le lager
- Durante la fase di raffreddamento viene insufflato ossigeno od aria filtrati sterilmente così da facilitare la fermentazione → candele ceramiche, tubi venturi, mixer statici, mixer centrifughi
- Durante il raffreddamento possono formarsi torbidi che dovranno essere nuovamente separati (filtrazione, flottazione)





- Il lievito trasforma lo zucchero del mosto in etanolo ed anidride carbonica che determina la formazione della schiuma
- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 + 24 Kcal$
- Resa teorica 65.5% in volume 180 g  $\rightarrow$  92 g etanolo + 88 g anidride carbonica
- Oltre all'etanolo si formano altri composti, in particolare esteri ed alcoli superiori  $\rightarrow$  rese più basse della teorica
- La resa è determinata dal ceppo di lievito, dalla composizione del mosto e dalle condizioni di fermentazione
- In genere si utilizzano lieviti da fermentazioni precedenti, lavati, ossigenati e concentrato per filtrazione

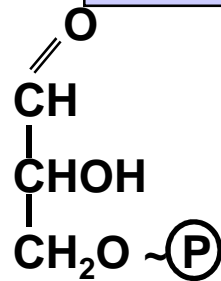




# GLUCOSIO o FRUTTOSIO

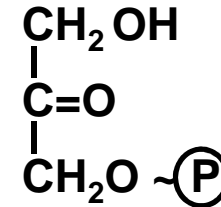
pa G. - Università degli Studi di Torino

Glicolisi (1) con consumo di 2 ATP



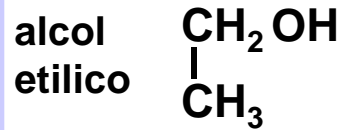
3,5%

96,5%

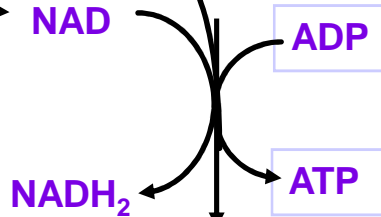


gliceraldeide - 3P

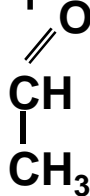
diossiacetone - P



alcol - deidrogenasi



aldeide acetica

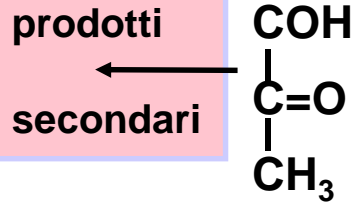


piruvato decarbossilasi

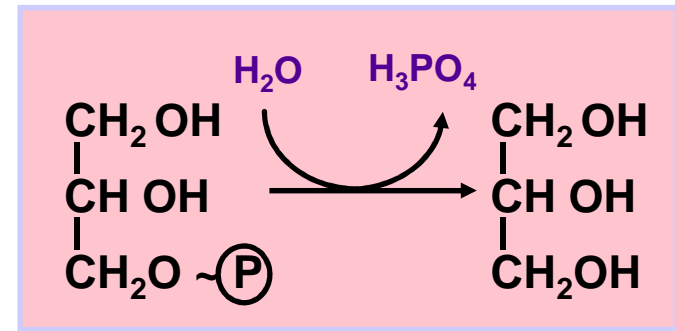


ac. - 3 P.glicerico

(2)



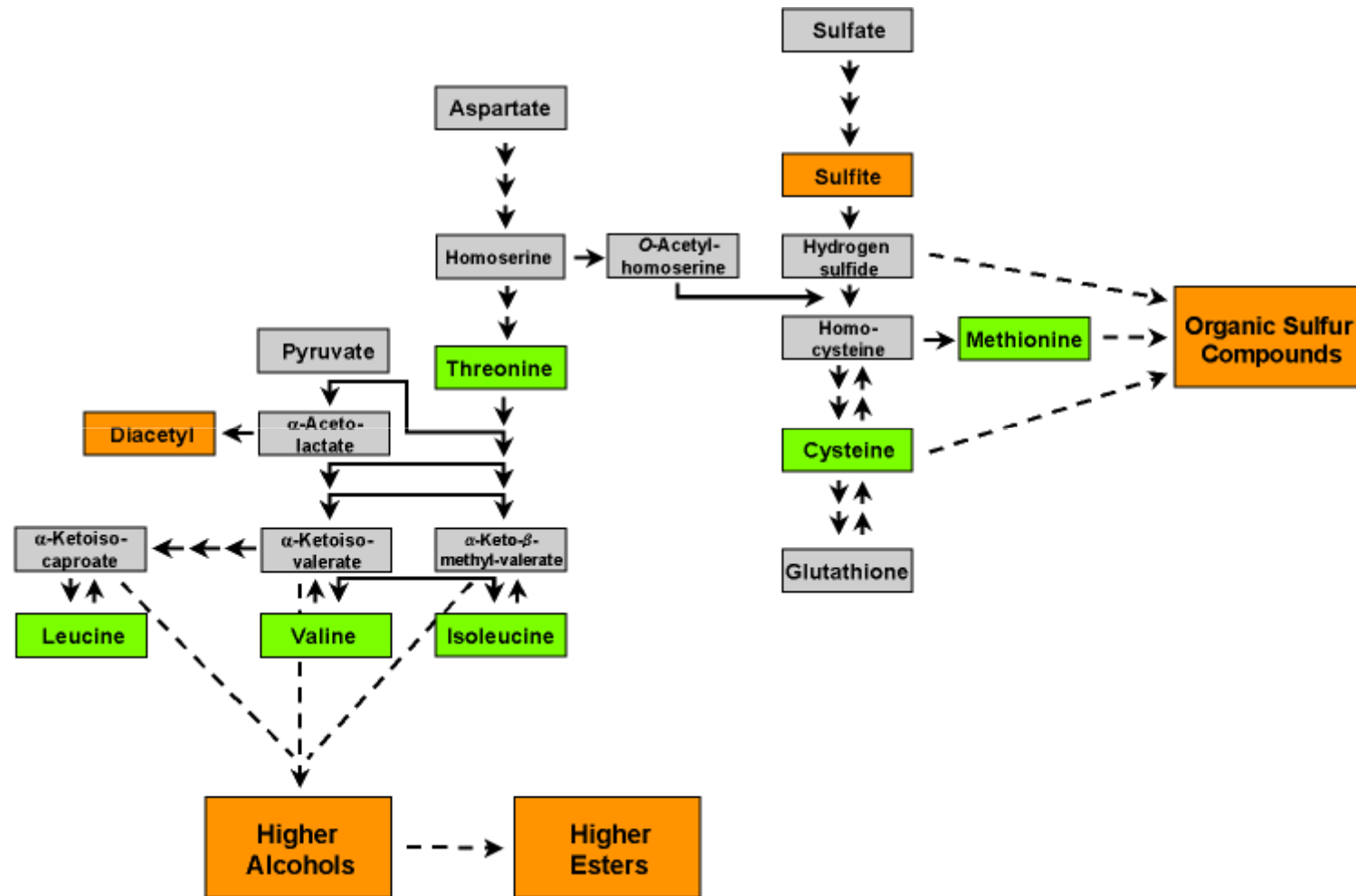
ac. piruvico (fine glicolisi)



glicerofosfato

glicerina

REAZIONI FONDAMENTALI DELLA FERMENTAZIONE ALCOLICA





- Fermentazione bassa (6-12 °C; 10-15 gg; lager) → *Saccharomyces carlsbergensis*
  - lievito flocculante, a fine fermentazione è sul fondo
  - tipologie → Pilsner, Dortmund, Munich, Boch, Analcoliche, Light
  
- Fermentazione alta (10-20 °C; 5-7 gg; ale o weiss) → *Saccharomyces cerevisiae*
  - lievito non flocculante, si concentra in superficie
  - tipologie → Ale, Porter, Stout, Lambic

#### Fattori che influenzano la fermentazione

- ceppo lievito
- condizioni lievito
- quantità lievito
- aerazione
- composizione mosto e pH
- temperatura e pressione di fermentazione

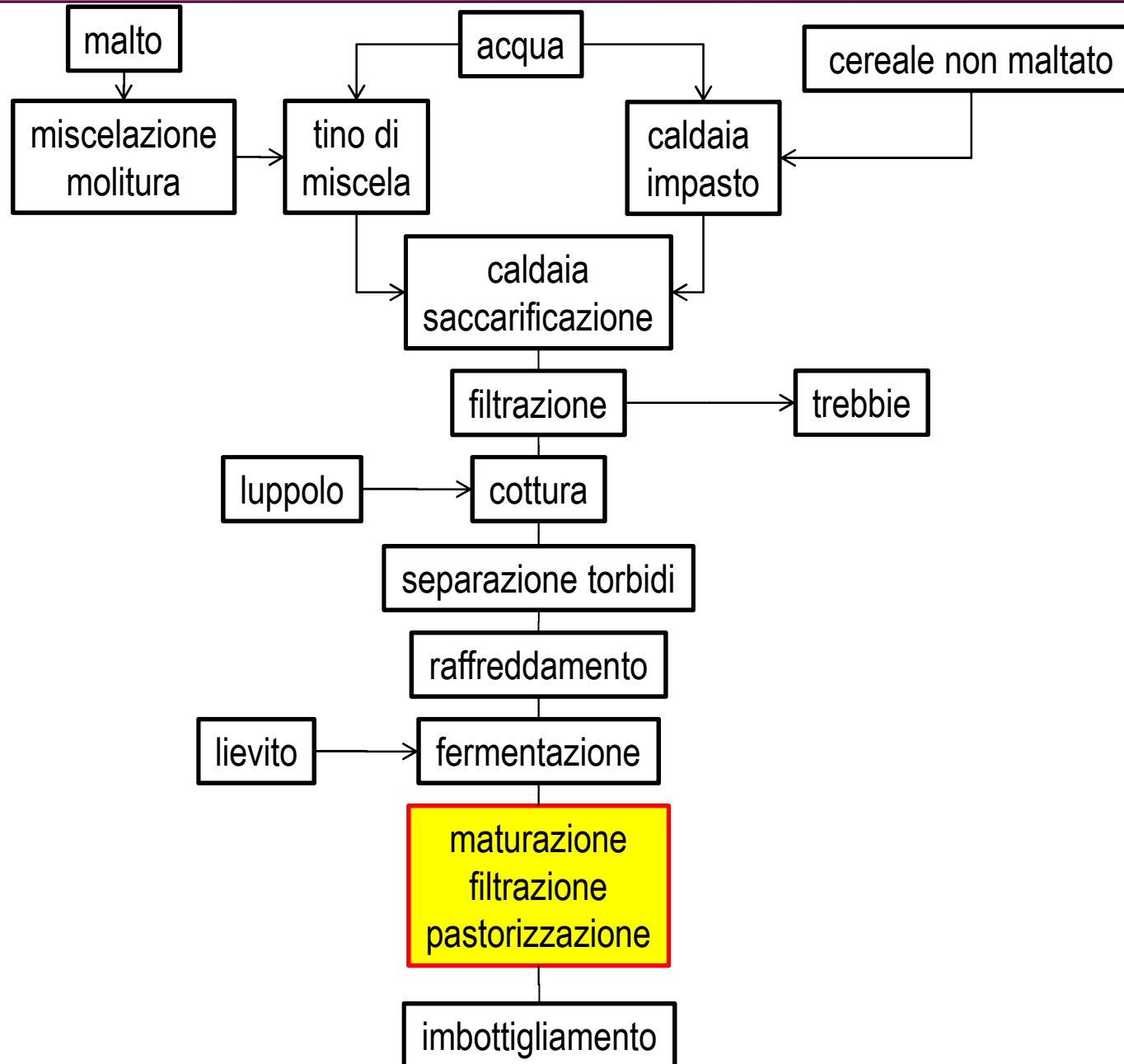




**Birra 1**



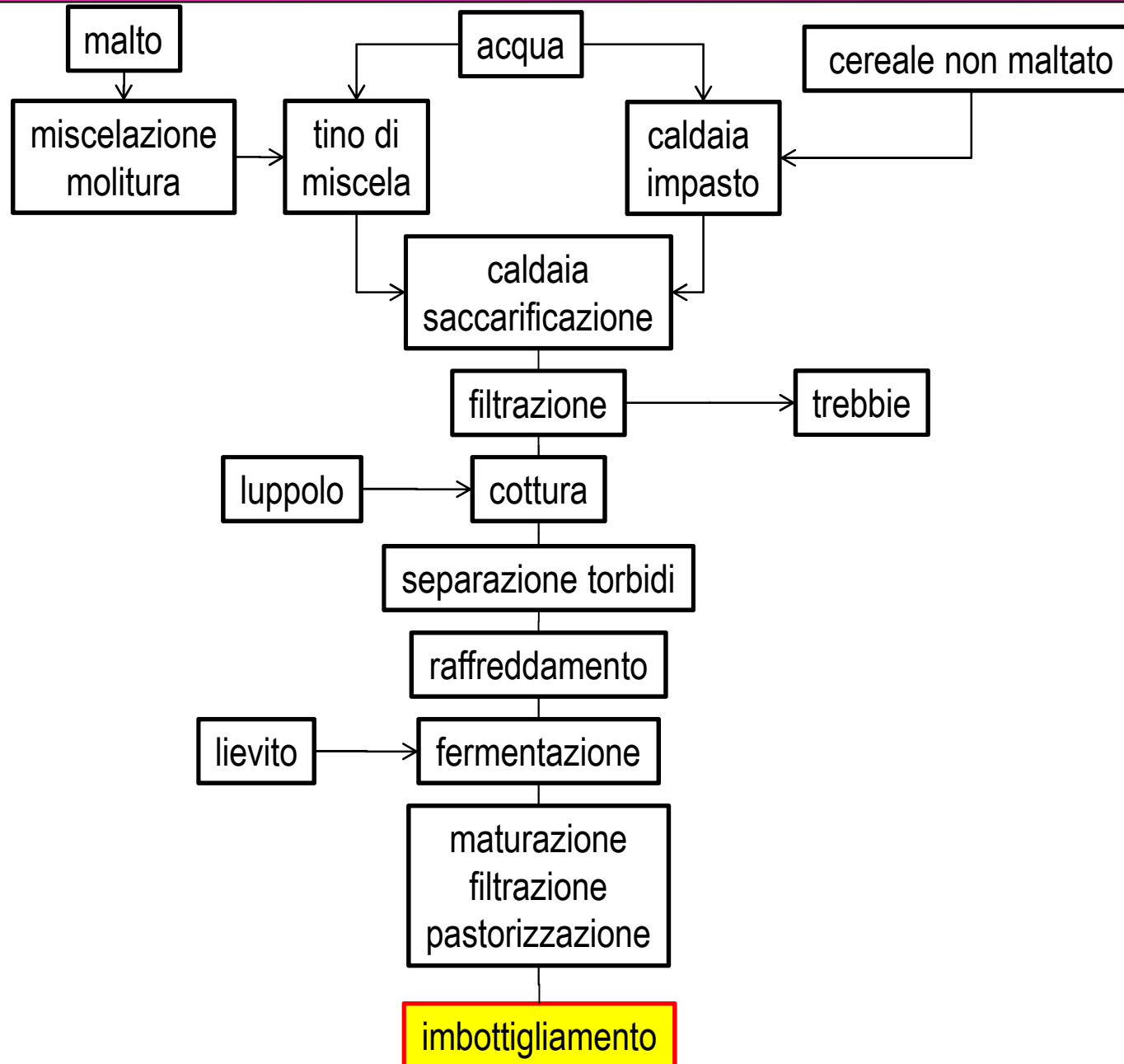
**Birra 2**



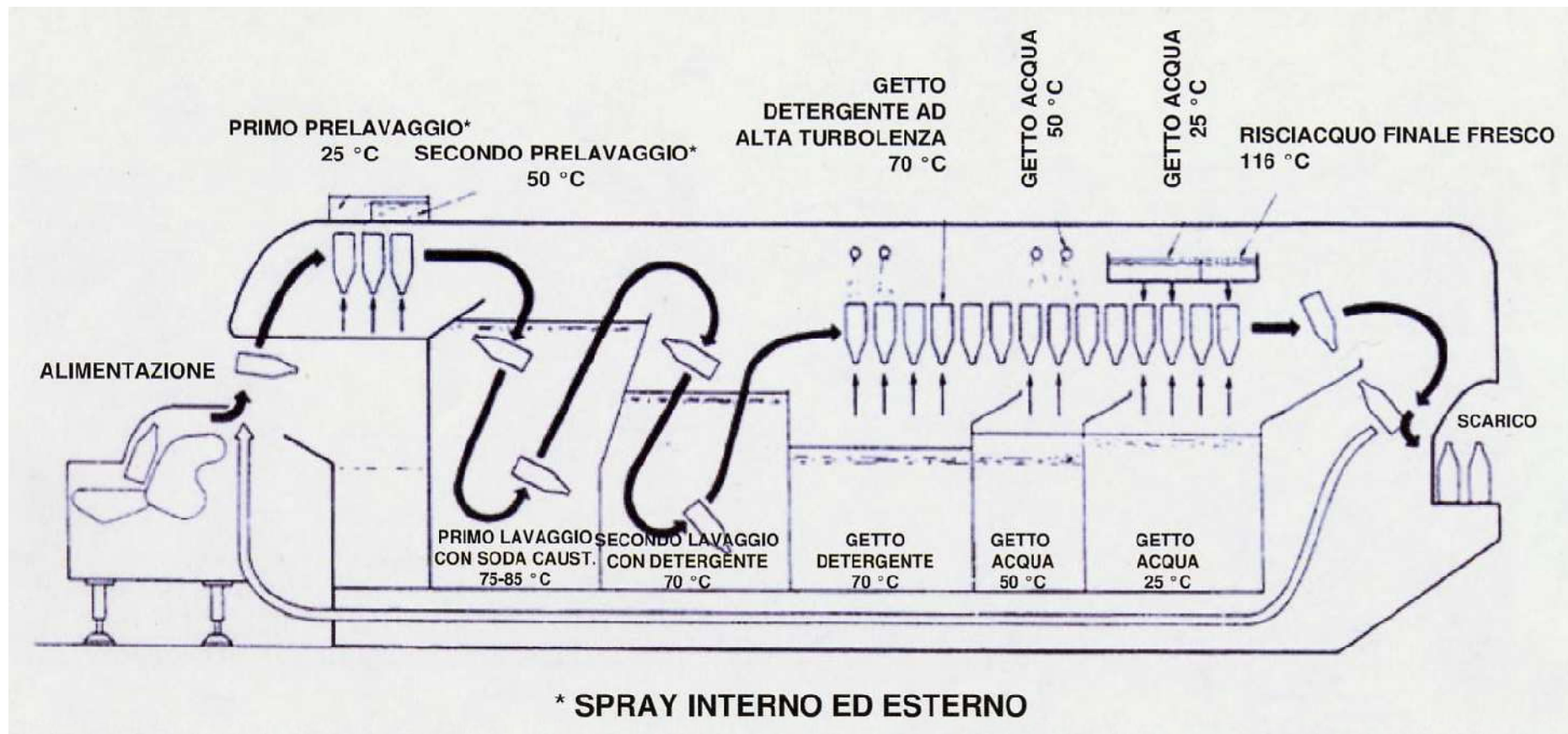


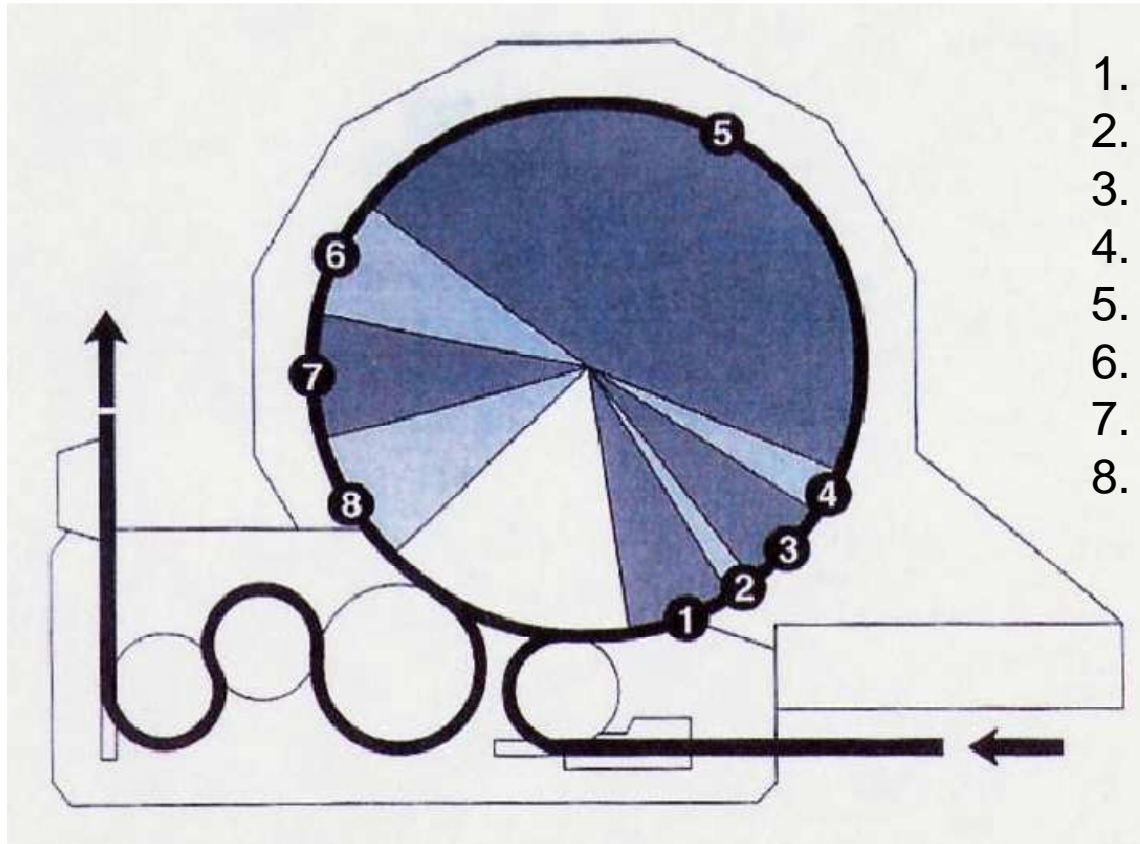
- Dopo la fermentazione si ottiene la *birra verde*
- Sulla *birra verde* è possibile effettuare una serie di trattamenti per ottenere :
  - maturazione del prodotto (conservazione per periodi variabili a bassa temperatura)
  - stabilizzazione verso la produzione di torbidi
  - carbonatazione
  - stabilizzazione biologica (pastorizzazione o filtrazione sterile)
  - chiarificazione per allontanare i torbidi (filtrazioni, chiarifiche)





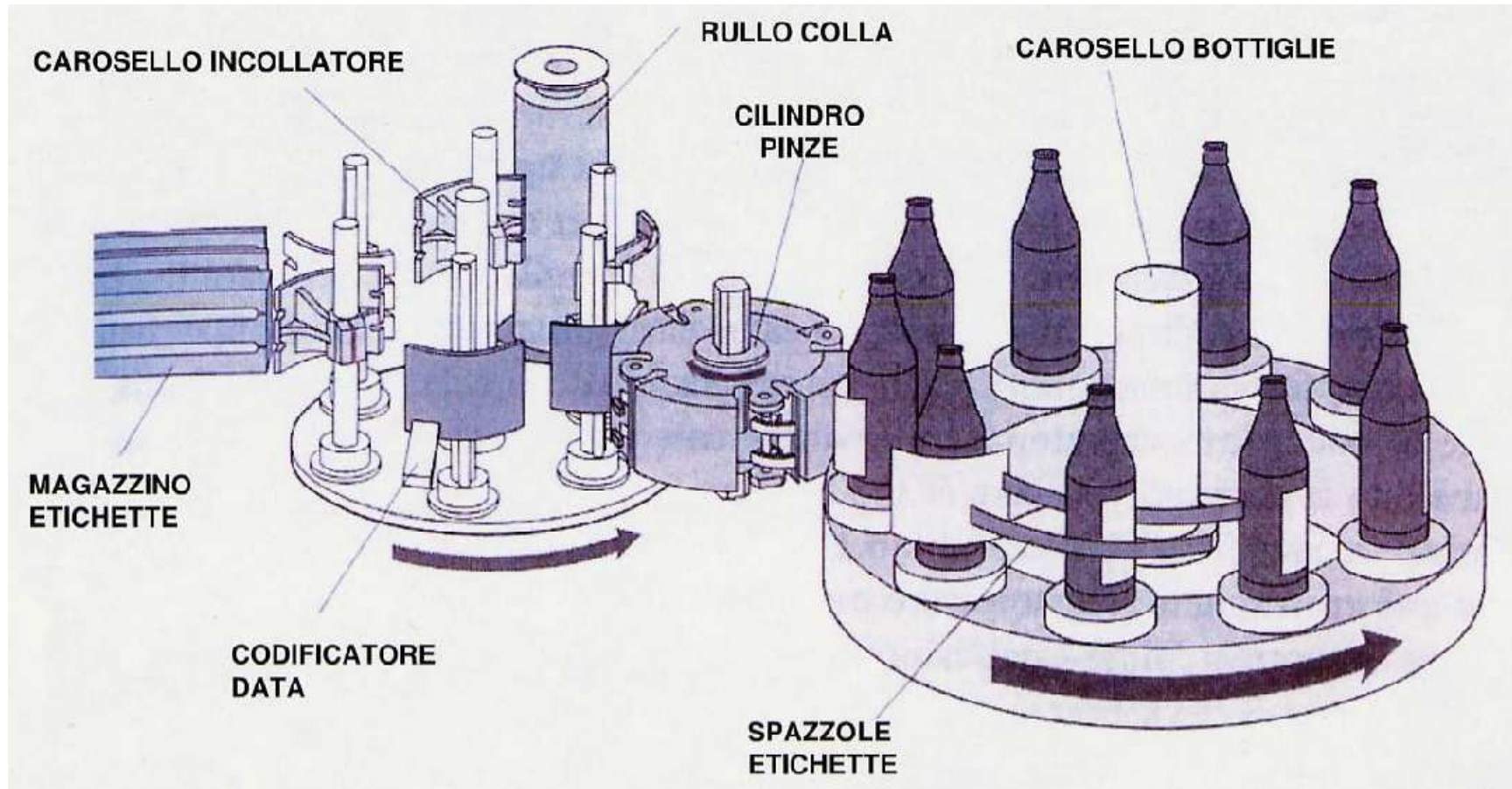
- Usati fusti metallici, lattine e bottiglie
- I fusti sono in anticorrosivo, lega di alluminio (Si 1%; Mg 1%; Mn 0.6-0.8%) o in acciaio inox
- Le lattine sono costose ed utilizzate per mercati lontani da vetrerie
- Bottiglie di 20, 33 e 66 cl per il consumo diretto e 50 cl per la ristorazione





1. Vuoto nella bottiglia
2. Flusso CO<sub>2</sub>
3. 2° vuoto
4. Riempimento CO<sub>2</sub>
5. Riempimento birra
6. Completamento riempimento
7. Eliminazione eccesso
8. Controllo pressione







**Birra 3**



**Birra 4**



**Birra 5**



**Birra 6**







CO<sub>2</sub> Cylinder Optional



... e per concludere ...





