Appunti di tecnologia birraria

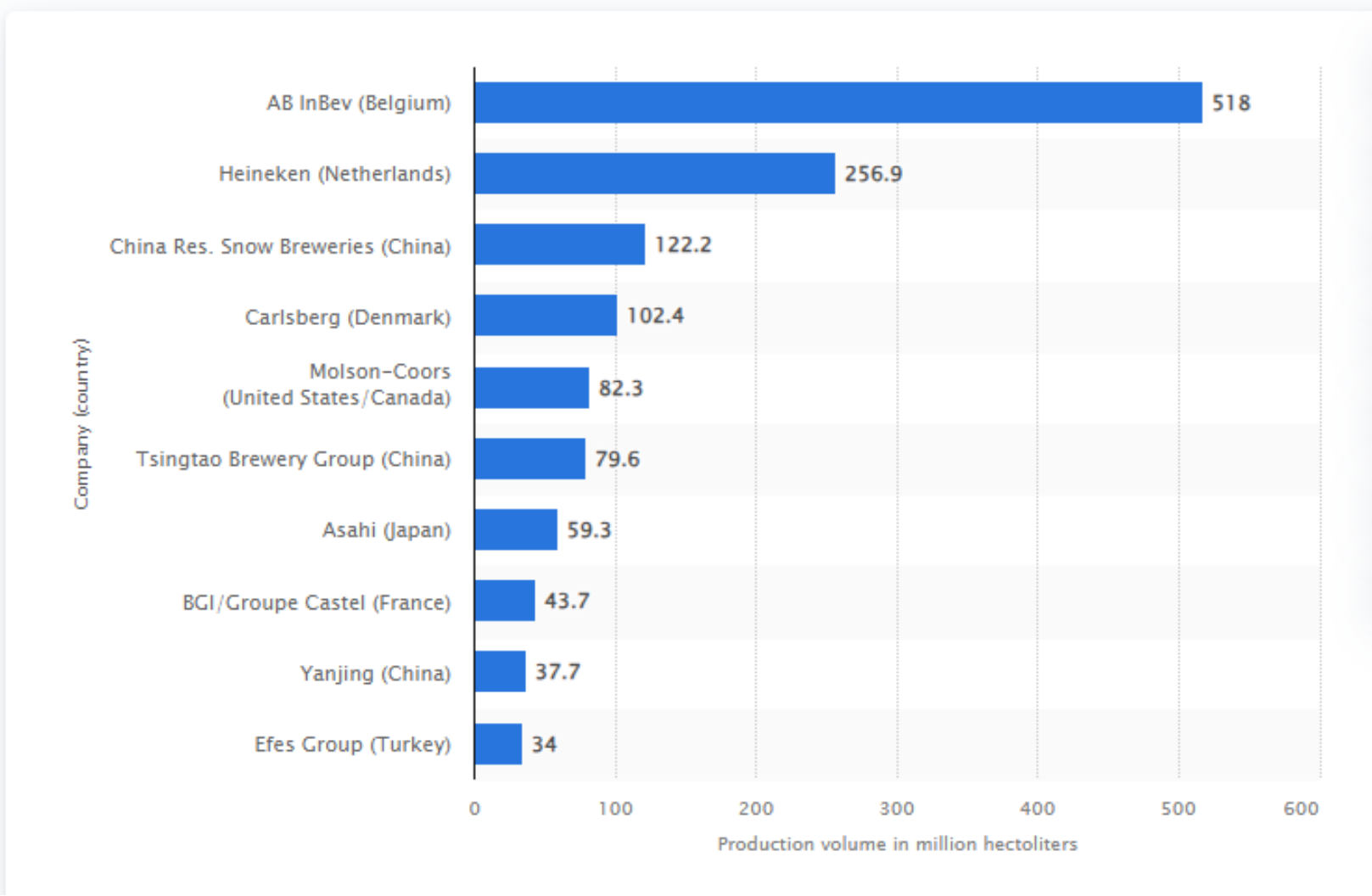
ZEPPA G.
Università degli Studi di Torino

La birra è la bevanda alcolica più consumata al mondo

	Birra (HL; 2021)	Vino (HL; 2021)
World	1,852,796,201	268,705,017
Americas	636,843,392	52,794,380
Asia	554,132,599	23,996,282
Europe	503,076,600	162,229,213
Eastern Asia	405,017,404	18,642,441
South America	257,396,223	31,091,851
Northern America	225,405,000	21,223,784
Eastern Europe	192,118,500	17,014,106
Western Europe	166,830,090	45,000,931
Central America	145,298,507	433,760
Africa	137,701,190	12,201,142

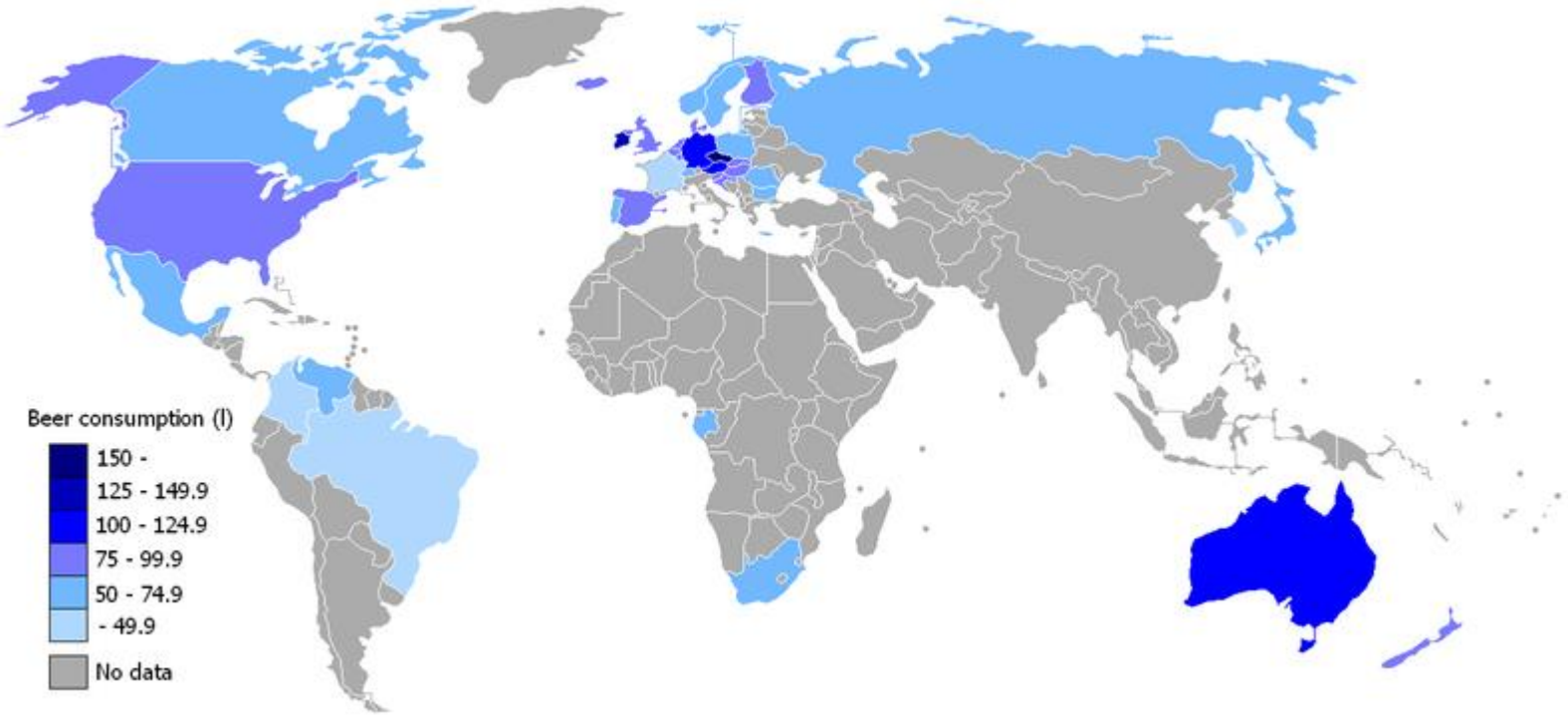
	Birra (HL; 2021)	Vino (HL; 2021)
China	365,712,000	18,144,000
China, mainland	359,740,000	
United States of America	204,200,000	20,570,210
Brazil	169,489,310	3,484,490
Mexico	134,696,640	
Germany	85,443,000	
Russian Federation	81,982,500	
Viet Nam	42,000,000	
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	38,382,000	
Poland	38,277,000	
Spain	38,109,000	37,005,880
South Africa	31,000,000	
Colombia	26,934,353	
Japan	24,500,000	
Belgium	24,043,000	
Netherlands (Kingdom of the)	22,086,000	
India	22,044,000	
France	21,800,000	37,132,000
Canada	21,205,000	
Thailand	19,806,000	
Australia and New Zealand	19,755,000	
Czechia	19,559,000	
Argentina	19,087,000	
Nigeria	17,998,000	
Italy	17,643,000	50,885,000

Anno 2022


AB InBev (Belgium)
518
Heineken (Netherlands)
256.9
China Res. Snow Breweries (China)
122.2
Carlsberg (Denmark)
102.4
Molson-Coors (United States/Canada)
82.3
Tsingtao Brewery Group (China)
79.6
Asahi (Japan)
59.3
BGI/Groupe Castel (France)
43.7
Yanjing (China)
37.7
Efes Group (Turkey)
34
Company (country)
0
100
200
300
400
500
600
Production volume in million hectoliters

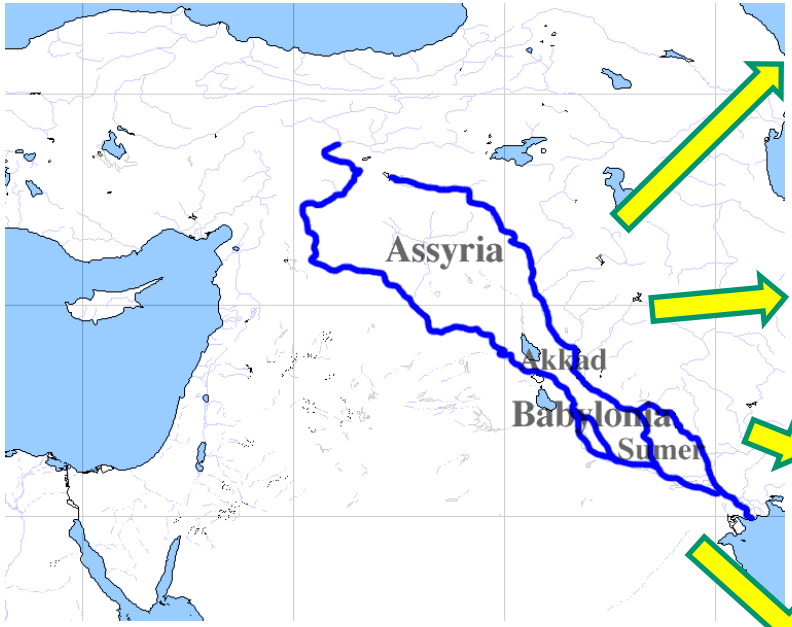
	Consumo (1000 HL; 2021)	Consumo pro-capite (L; 2021)
Czech Republic	14,730	140.12
Ireland	5,800	116.33
Austria	9,860	110.52
Croatia	3,890	95.77
Poland	35,030	91.45
Spain	38,560	81.21
Bulgaria	5,590	81.15
Iceland	300	80.06
Panama	3,480	80.04
Belgium	9,290	80.01
Gabon	1,850	78.98
Australia	20,380	78.62
Seychelles	80	78.46
Luxembourg	500	78.37
Mexico	98,660	77.86
Slovakia	4,240	77.75
Paraguay	5,060	75.54
Lithuania	2,100	75.42
Bosnia and Herzegovina	2,410	73.65
Latvia	1,370	72.95
United States	245,630	72.89
Estonia	950	71.61

In Italia consumo pro-capite 33 L/anno


Beer consumption (l)
150 -
125 - 149.9
100 - 124.9
75 - 99.9
50 - 74.9
- 49.9
No data

Storia della birra

- Il più antico nome è *ale* e si pensa che derivi dalla radice indoeuropea *alu-* e l'attuale forma dal termine germanico *aluþ-*
- Il termine birra o beer dal latino *bibere*
- Nei paesi di origine portoghese e spagnola si è diffuso il termine *cerveja* o *cerveza* dal latino *cerevisia*



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

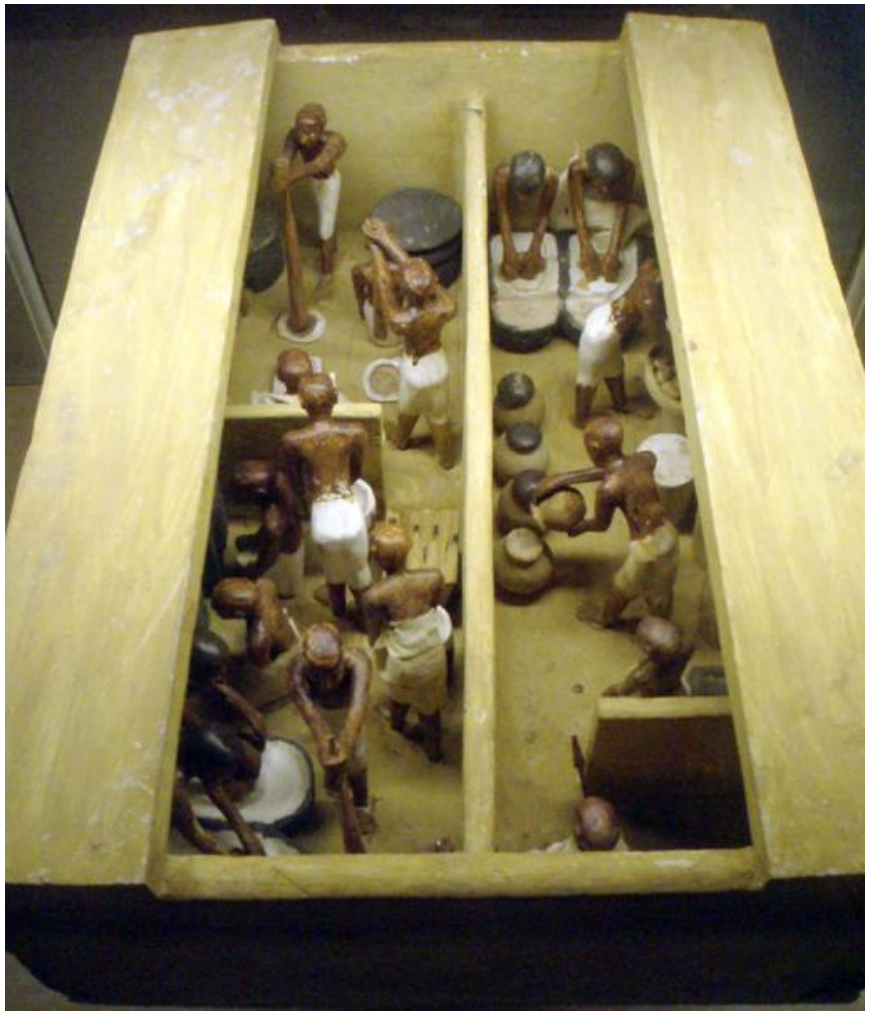
Tre tipi certi di birra: **zythum** (chiara), **curmy** (scura) e **sà** (alta concentrazione per il solo faraone)

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 (23 aprile) 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 → legge valida in Germania sino al 1906

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

La produzione della birra si avvantaggia delle scoperte scientifiche dell'800
- 1765 – macchina a vapore (James Watt)
- 1871 – impianto frigorifero (Carl von Linde)
- 1876 – studio della birra (Louis Pasteur)
- 1846 – fermentazione con estratto di lievito (Hans e Eduard Buchner)
- 1883 – coltura cellulare di lieviti (Emil Christian Hansen)

- e nascono i birrifici
• 1847 → Carlsberg Breweries in Copenhagen
• 1863 → Heineken in Amsterdam
• 1872 → Lowenbrau in Monaco

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

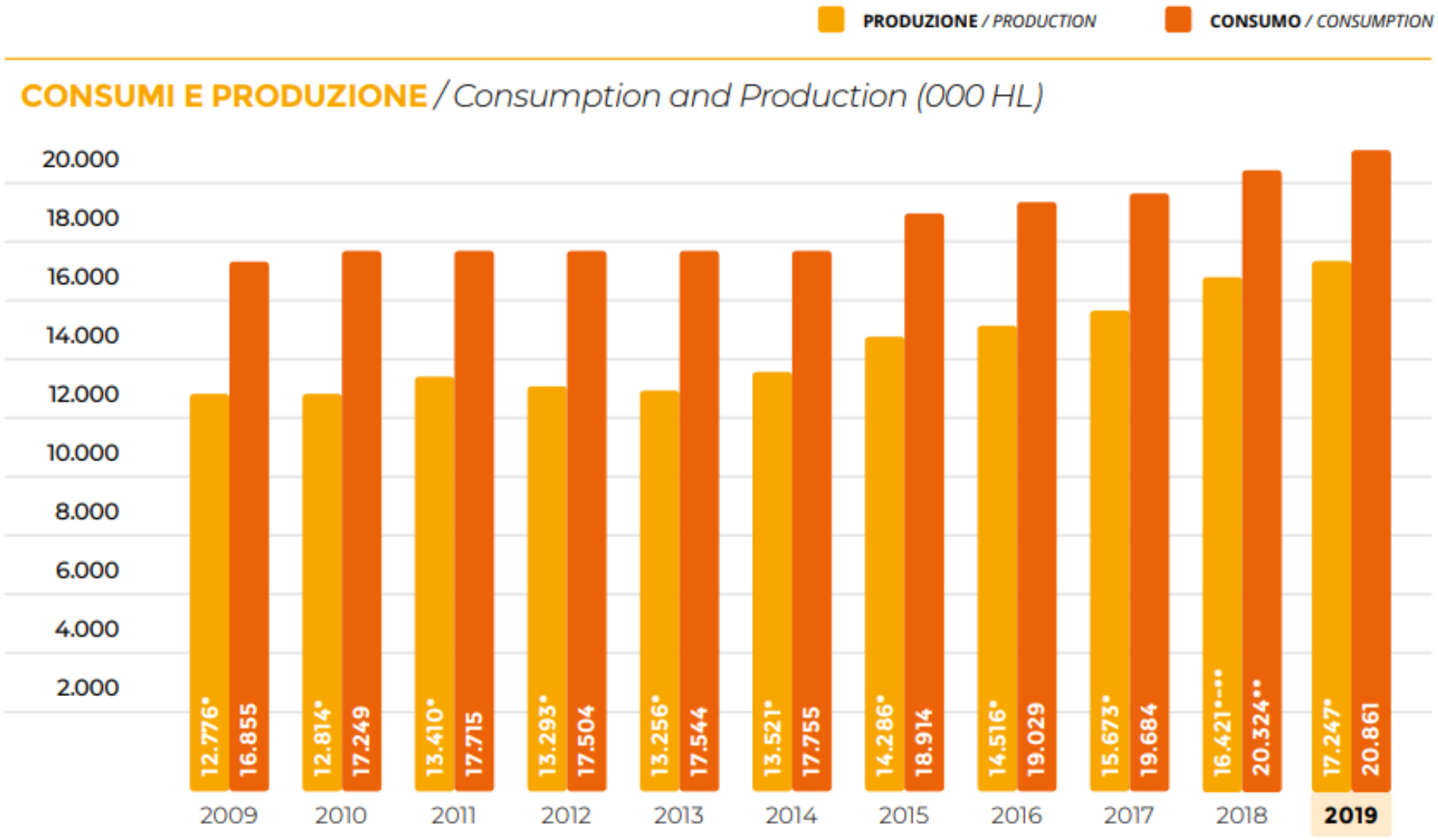
Nel 1925 si arriva a 1.6 milioni di ettolitri con un consumo medio/pro capite di 3 litri (il vino però è a 150 l)

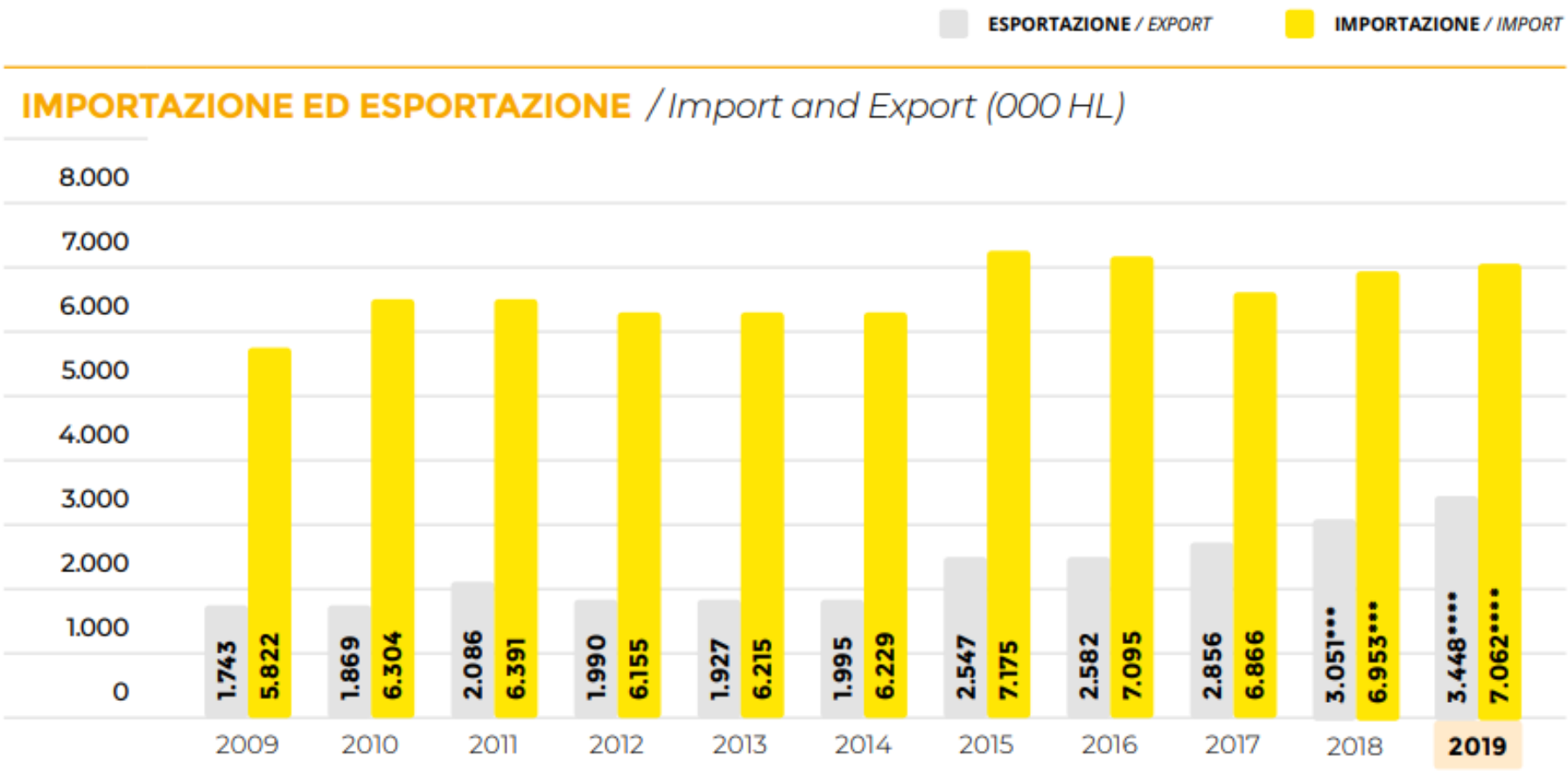
Nel 1927 le leggi impongono l'aggiunta del 15% di riso, aumentano le tasse, limitano la vendita al minuto a bar, trattorie e birrerie → crollo della produzione

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

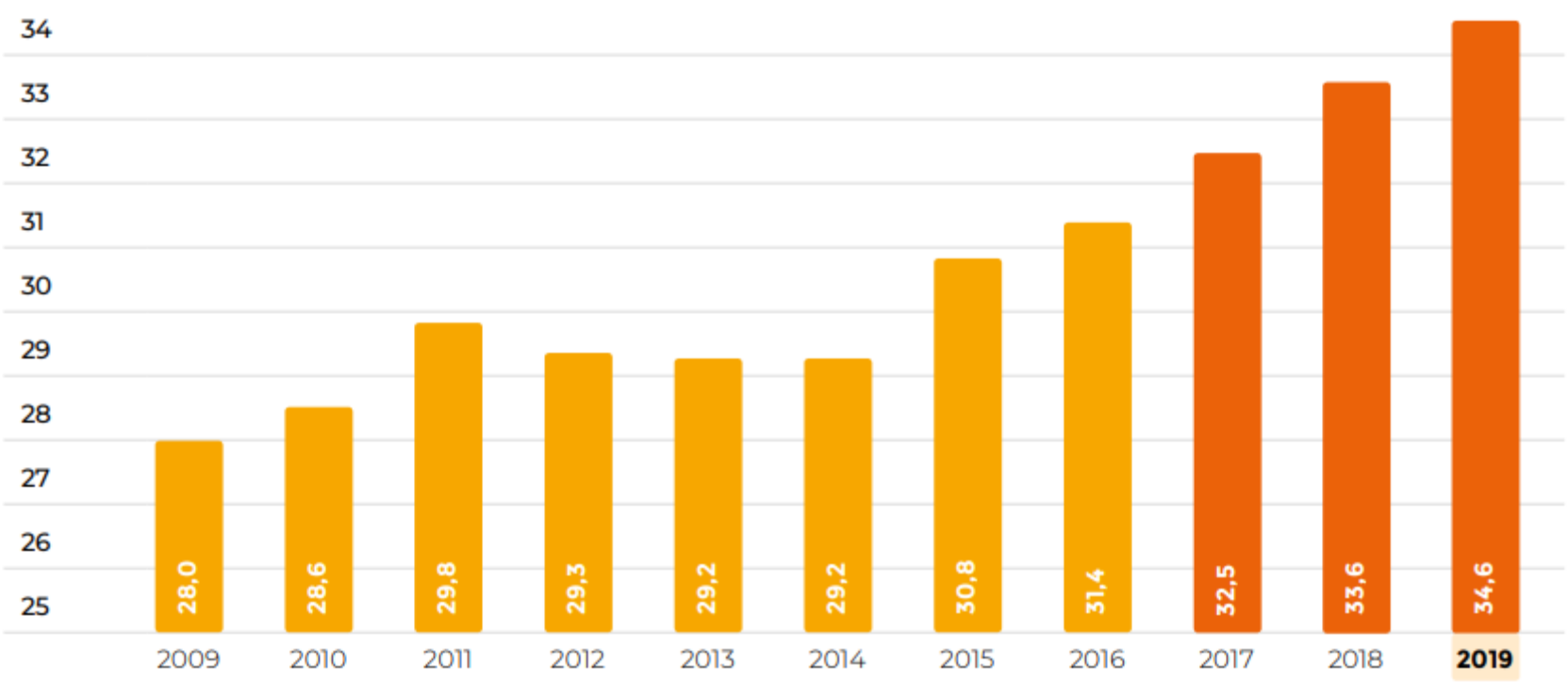
	Produzione italiana
1890	161.000
1910	598.315
1920	1.157.024
1925	1.569.000
1930	672.325
1940	814.638
1950	1.548.800
1959	1-2.000.000
1975	6.465.000

Beer in Italy




ESPORTAZIONE / EXPORT
IMPORTAZIONE / IMPORT
IMPORTAZIONE ED ESPORTAZIONE / Import and Export (000 HL)
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0
1.743
5.822
1.869
6.304
2.086
6.391
1.990
6.155
1.927
6.215
1.995
6.229
2.547
7.175
2.582
7.095
2.856
6.866
3.051***
6.953***
3.448****
7.062****
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019

CONSUMI PRO CAPITE 2009-2019 (LITRI) / *Per Capita Consumption 2009-2019 (litre)*



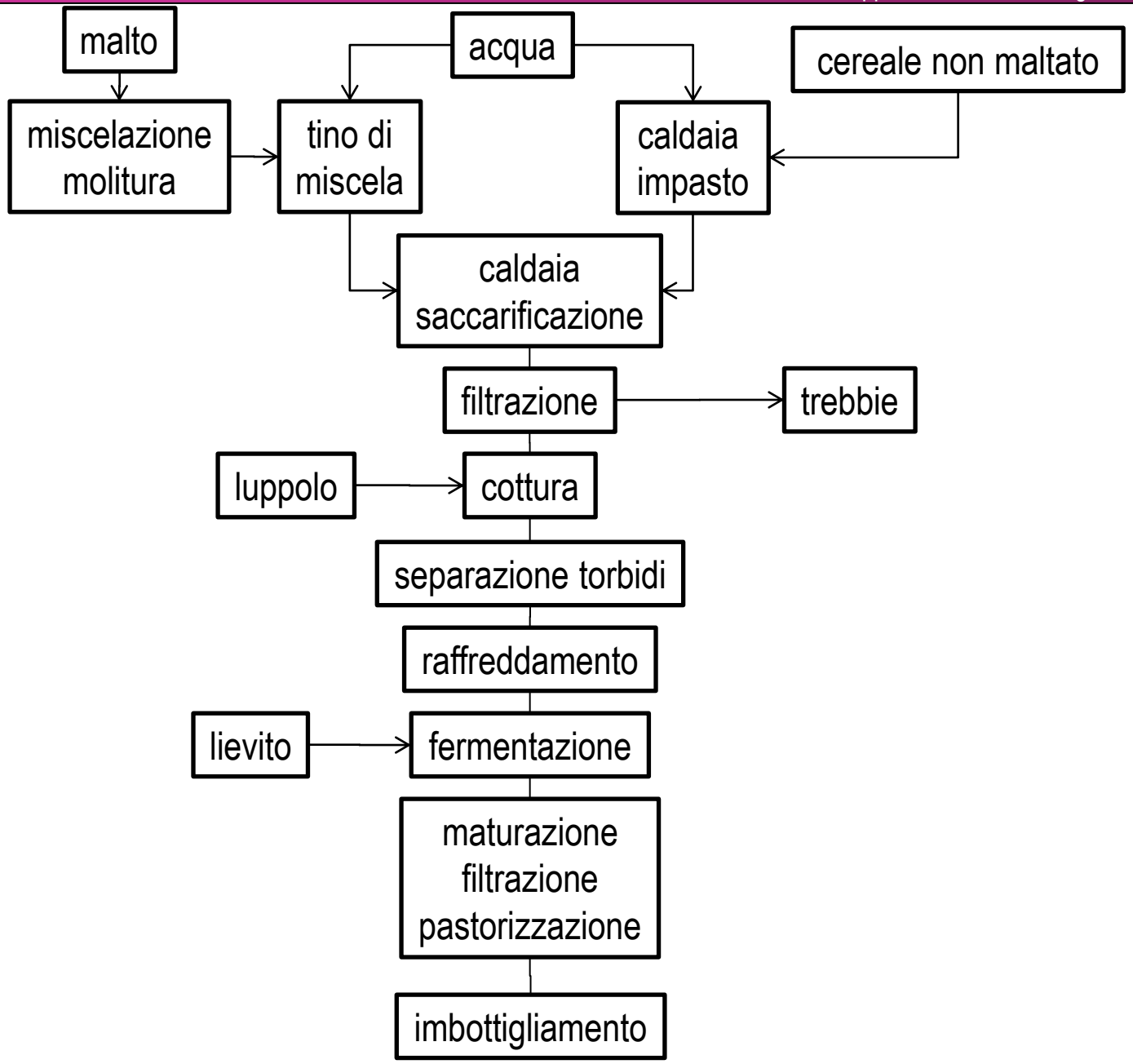
Birra

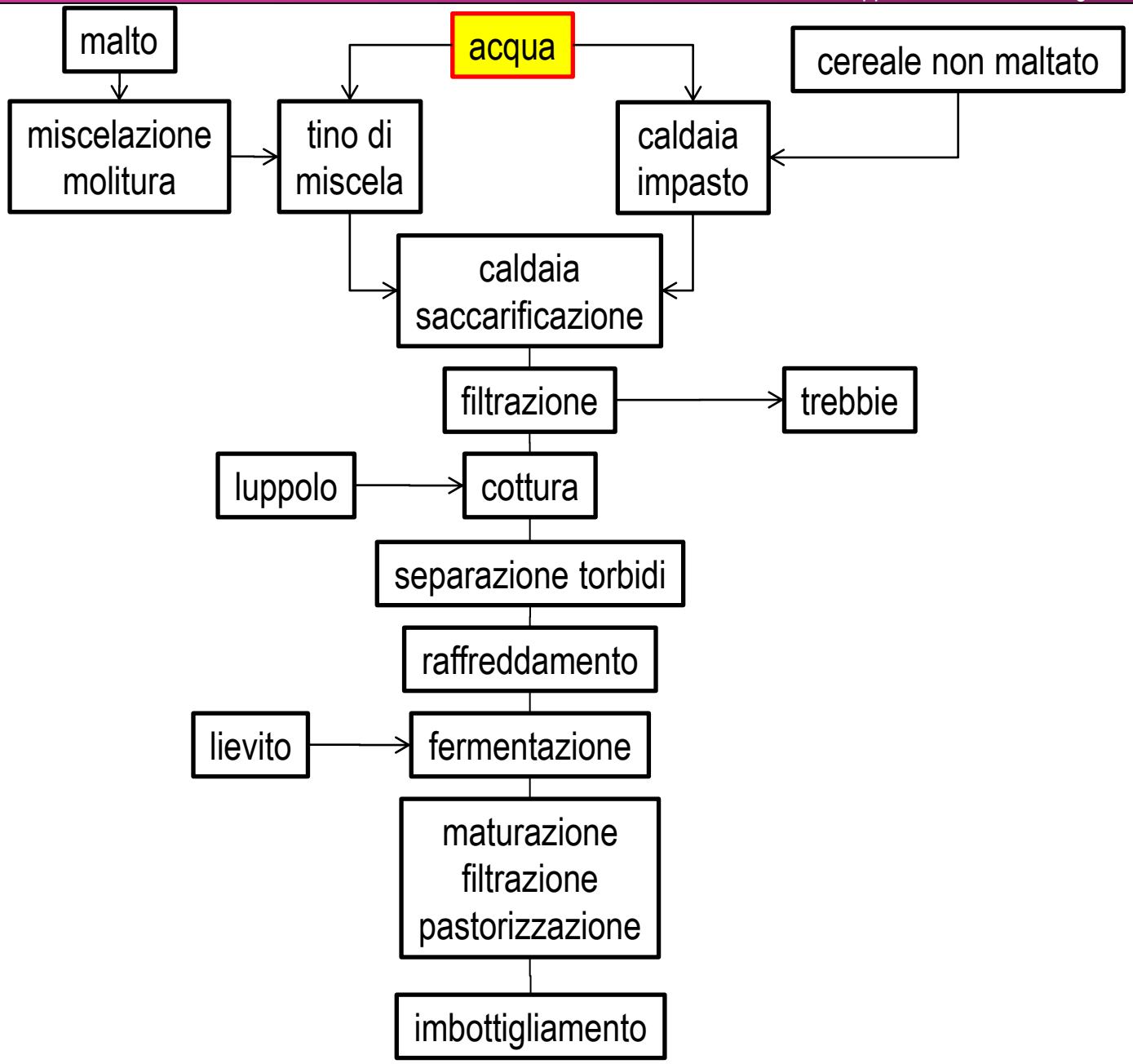
1. La denominazione ”birra” è riservata al prodotto ottenuto dalla fermentazione alcolica con ceppi di Saccharomyces pastorianus (ex carlsbergensis) o di Saccharomyces cerevisiae di un mosto preparato con malto, anche torrefatto, di orzo o di frumento o di loro miscele ed acqua, amaricato con luppolo o suoi derivati o con entrambi.
2. La fermentazione alcolica del mosto può essere integrata con una fermentazione lattica.
3. Nella produzione della birra è consentito l’impiego di estratti di malto torrefatto e degli additivi alimentari consentiti dal decreto del Ministro della sanità 27 febbraio 1996, n. 209.
4. Il malto di orzo o di frumento può essere sostituito con altri cereali, anche rotti o macinati o sotto forma di fiocchi, nonchè con materie prime amidacee e zuccherine nella misura massima del 40% calcolato sull’estratto secco del mosto. (DPR 30 giugno 1998, n. 272

Birra analcolica	*3÷8 gradi saccarometrici – etanolo < 1.2%*
Birra leggera o Light	*5÷9 gradi saccarometrici - etanolo 1.2÷3.5%*
Birra	*> 10.5 gradi saccarometrici - etanolo > 3.5%*
Birra speciale	*> 12.5 gradi saccarometrici*
Birra doppia malto*	*> 14.5 gradi saccarometrici*

* Definizione italiana

Grado saccarometrico o Grado Plato → grammi di estratto secco in 100 g di mosto → equivale alla densità, misurata in percentuale peso/peso, di una soluzione di saccarosio → 3 gradi ≅ 1% etanolo


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

Le materie prime

Acqua

Un birrificio grande consuma circa 3.5 hl di acqua/hl di birra; uno piccolo 5-8 hl/hl di birra

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

La durezza indica la quantità di calcio e di magnesio presenti in un'acqua

1 grado Francese → 10 mg/L di $CaCO_3$
1 grado Tedesco → 10 mg/L di CaO → corrisponde a 1.79 °f

Durezza totale (tutti i sali di Ca e Mg) → si divide in temporanea (Ca e Mg legati a bicarbonati) e permanente (durezza dell'acqua dopo ebollizione)

< 4 °f: molto dolci
Da 4 °f a 8 °f: dolci
Da 8 °f a 12 °f: medio-dure
Da 12 °f a 18 °f: discretamente dure
Da 18 °f a 30 °f: dure
> 30 °f: molto dure

• 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 → il carbonato da al mosto colore rossastro e amaro

• Bicarbonato di magnesio – simile al bicarbonato di calcio ma è meno abbondante e non precipita

• Solfato di calcio (gesso) – più stabile dei bicarbonati, non si elimina per ebollizione né aggiunta di calce; favorisce la coagulazione e quindi la chiarifica dando birre più "secche"

• Solfato di magnesio – può dare sapore metallico

• Cloruro di calcio – raro nell'acqua, da birre più morbide

• Cloruro di sodio – se non eccessivo influenza positivamente il sapore e la schiuma

• Carbonati di sodio e potassio – rari nell'acqua, essendo alcalini portano a dissoluzione i tannini dando birre amare e meno stabili → preferibile che non siano presenti

Ioni

• Ferro – presente in genere come carbonato; in dosi elevate inibiscono le reazioni diastasiche ed i lieviti

• Nitrati – dosi elevate possono ridurre l'attività del lievito, max 30 mg/L

• Nitriti – devono essere assenti in quanto indicano inquinamento fecale

• Fosfati – devono essere assenti in quanto indici di inquinamento organico

• Ammonio – deve essere assente in quanto indica inquinamento organico

• Idrogeno – il pH influenza la disgregazione enzimatica, determina la solubilità delle proteine e delle sostanze amare ed il colore della birra

		Monaco	Pilsen	Dortmund	Vienna
Durezza totale	°T	14.8	1.6	41.3	38.6
Solfati	mg/L	9.0	5.2	290.0	216.0
Cloruri	mg/L	1.6	5.0	107.0	39.0
Nitrati	mg/L	tr	tr	tr	tr
Residuo fisso	mg/L	284	51	1110	948

Trattamenti delle acque

- ✓ Rimozione materiali in sospensione
- ✓ Rimozione materiali disciolti
- ✓ Riduzione durezza
- ✓ Rimozione batteri
- ✓ Rimozione gas

Rimozione materiali in sospensione

• Vasche sedimentazione → rimozione 60-70% materiale sospeso → aggiunta flocculanti (sali ferro ed alluminio)
• Filtrazione su letto di sabbia di quarzo con successiva eventuale filtrazione su carbone attivo

Rimozione materiali disciolti

• Materiale umico disciolto → reazione con Fe ed Al poi filtrazione
• Fe / Mg → ossidazione e poi basificazione per formare idrossidi insolubili separati per filtrazione

Riduzione durezza

- Decarbonatazione (rimuovere la durezza carbonatica)
  - ✓ Riscaldamento → riscaldando l'acqua a 70-80 °C il bicarbonato di calcio è convertito in carbonato di calcio che precipita

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

  - ✓ Aggiunta di idrossido di calcio → molto semplice, poco costosa, separa anche ferro, manganese e metalli pesanti → problemi di gestione con dosaggio variabile in funzione del tipo di acqua

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

  - ✓ Utilizzo di resine scambiatrici

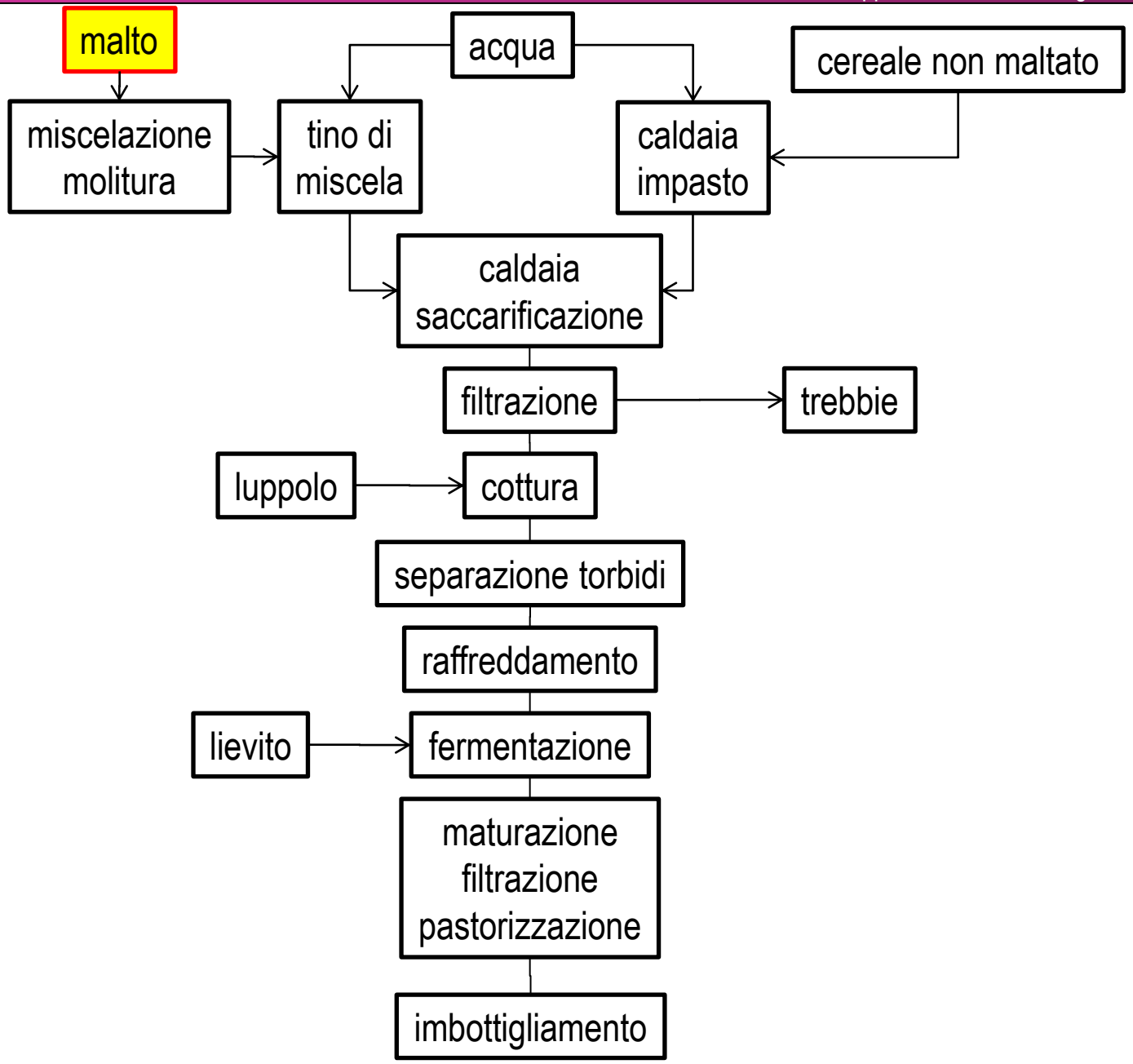
- Aumento della durezza non-carbonatica o neutralizzazione
  - ✓ Aggiunta acidi minerali → necessario un dosaggio accurato → si forma CO_2 corrosiva che deve essere neutralizzata
  - ✓ Aggiunta di $CaCl_2$ o $CaSO_4$

Rimozione batteri (sterilizzazione)

- Clorazione → aggiunta di cloro → si forma acido ipocloroso (HOCl) che forma HCl ed ossigeno che ha attività → basso costo ma problemi con fenoli o sostanza organica in soluzione
- Diossido di cloro (ClO_2) (< 0.4mg/L) → si forma da acido cloridrico e ipoclorito di sodio ($NaClO_2$) → costi bassi, nessun prodotto secondario, sicuro → tempo di reazione lungo e dosaggio perfetto
- Ozono (costi elevati)
- Filtrazione sterilizzante (problemi di colmataggio)
- Radiazione UV (costo elevato, produzione bassa)
- Trattamento con ioni argento

Rimozione gas

- Lavaggio con CO_2 → l'acqua viene scaldata a 70 °C per eliminare l'ossigeno e lavata in contro-corrente con CO_2
- Degasaggio sotto vuoto
- Riduzione con idrogeno → l'ossigeno reagisce formando acqua ma serve un catalizzatore (Pd) → costi elevati, monitoraggio
- Degasaggio termico → scaldare l'acqua a oltre 85 °C e poi renderla spray e stripparla con vapore → si ha anche la sterilizzazione
- Fibre tubolari → diametro 500 μm e porosità 0.05 μm


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

Le materie prime

Orzo

• E’ il cereale più adatto alla produzione di birra benchè si possano utilizzare anche frumento ed altri cereali
→ Elevata attività enzimatica
→ Elevato contenuto in amido
→ Cariosside vestita
- protezione dell’embrione durante la germinazione
- le glumelle forniscono un substrato filtrante del mosto
→ Pianta molto rustica, areale di diffusione più elevato rispetto ad 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 con 150 milioni di tonnellate, di cui il 10 % sono di orzo da birra
- La superficie italiana coltivata a orzo da granella si aggira sui 300.000 ha (altri 50.000 ha sono destinati ad uso foraggero)
- Di questi, circa 50.000 ha sono seminati con orzo da birra su contratto di coltivazione

• 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 spighette uniflore, una mediana e due laterali.

• Se solo la spighetta 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 spighette 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 e 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 diastasico 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 diastasico. 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 esastiche 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

• Attualmente, la coltivazione di orzo da birra in Italia è effettuata nel Centro e nel Sud Italia

• Le varietà coltivate sono di costituzione straniera

• L'impiego di tali varietà, essenzialmente primaverili ma adatte alla semina autunnale nelle zone temperate del Sud, consente l'ottenimento di raccolti di qualità

• Una vera competitività degli orzi da birra italiani può essere raggiunta solo con l'introduzione di varietà invernali maggiormente produttive

• Per garantire migliore produttività e competitività all'orzo da birra italiano occorre disporre di varietà autunnali

L’orzo può essere utilizzato direttamente nella birrificazione ? Si ma con il malto si ha….

→ Sintesi di enzimi (principalmente idrolasi)

→ Solubilizzazione delle sostanze di riserva (amido) e delle pareti cellulari dell’endosperma

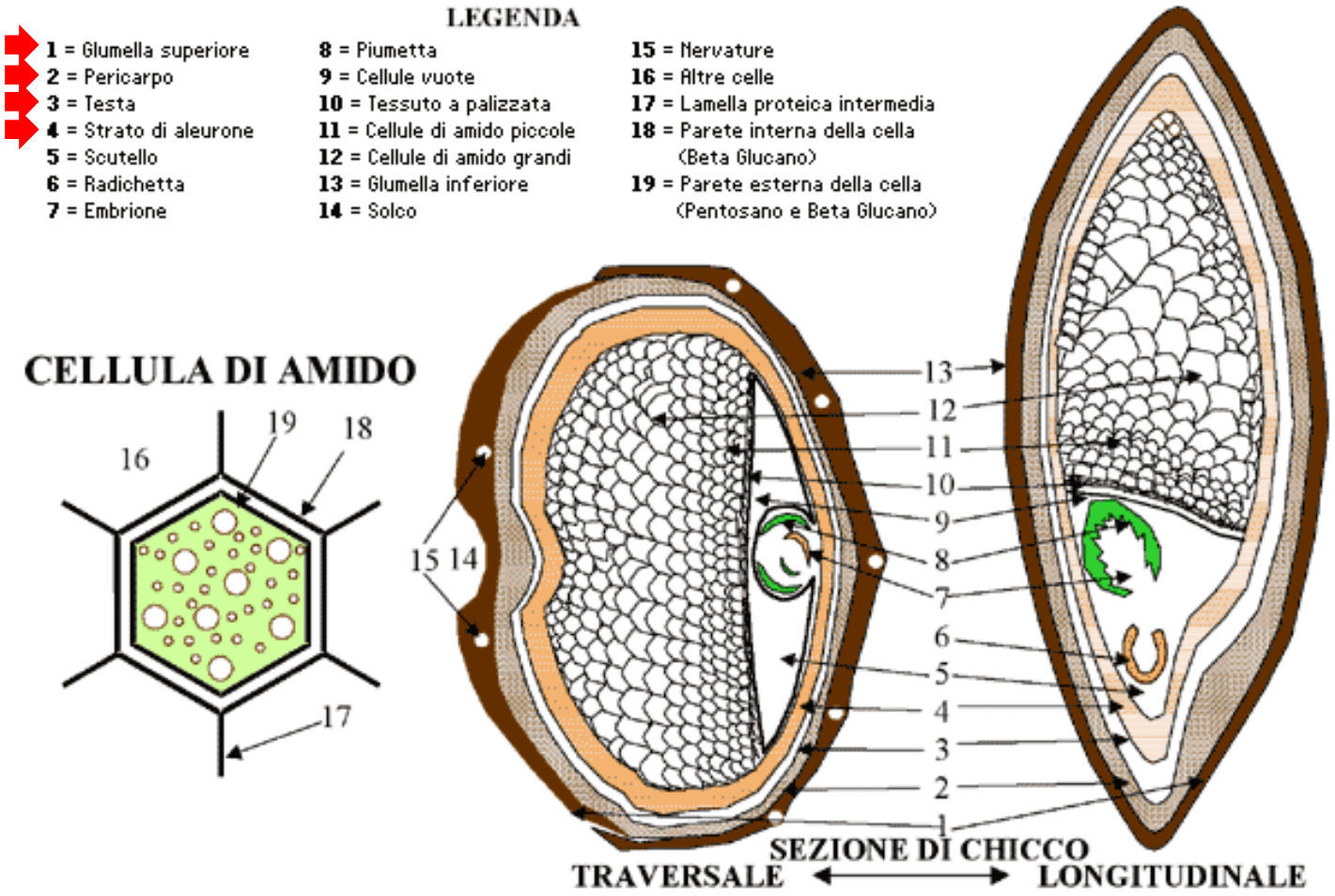
→ Degradazione delle proteine di riserva al fine di ottenere un profilo proteico - polipeptidico - aminoacidico ottimale

→ Produzione di un substrato solubilizzabile ed estraibile in acqua calda durante il processo di ammostamento per la successiva fermentazione

→ Soddisfare le caratteristiche richieste per la produzione della birra

→ Produzione di sostanze aromatiche

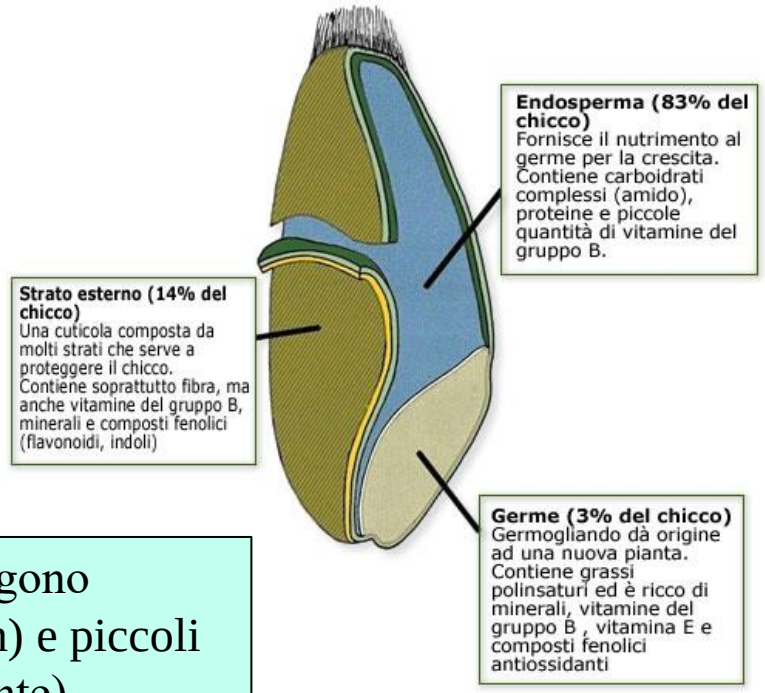
→ Sintesi di composti responsabili del colore



✓ Tre parti principali : embrione, endosperma, involucro

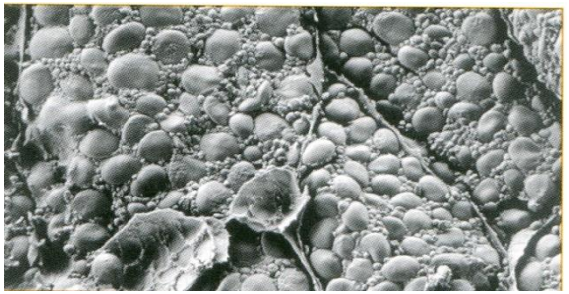
✓ L'involucro è formato dalle glume (con cellulosa, polifenoli, sostanze amare), dal pericarpo, dalla testa (è semipermeabile quindi lascia passare solo l'acqua), e dall'aleurone (struttura proteica importante per la produzione di enzimi; contiene grassi, polifenoli e sostanze coloranti)

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



✓ L'endosperma è formato da cellule che contengono granuli di amido definiti grandi (tipo A, 20-30 µm) e piccoli (tipo B, 3-5 µm, 3-10% in peso dell'amido presente). Nell'orzo non ci sono granuli medi

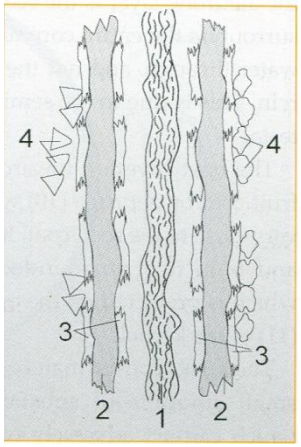
✓ I rapporti sono definiti a livello genetico



✓ La cellula di amido ha una parete di più strati: una lamella mediana di fosfolipidi e proteine (che regola gli scambi con l'esterno) circondata da entrambi i lati da uno strato di β-glucani rivestito a suo volta da uno strato di pentosani con acidi organici

✓ Lo spessore delle pareti è influenzato dalla varietà e dalle condizioni di crescita

✓ Gli orzi da birra hanno pareti sottili → pareti sottili ostacolano la rottura, ma proteggono meglio il contenuto cellulare

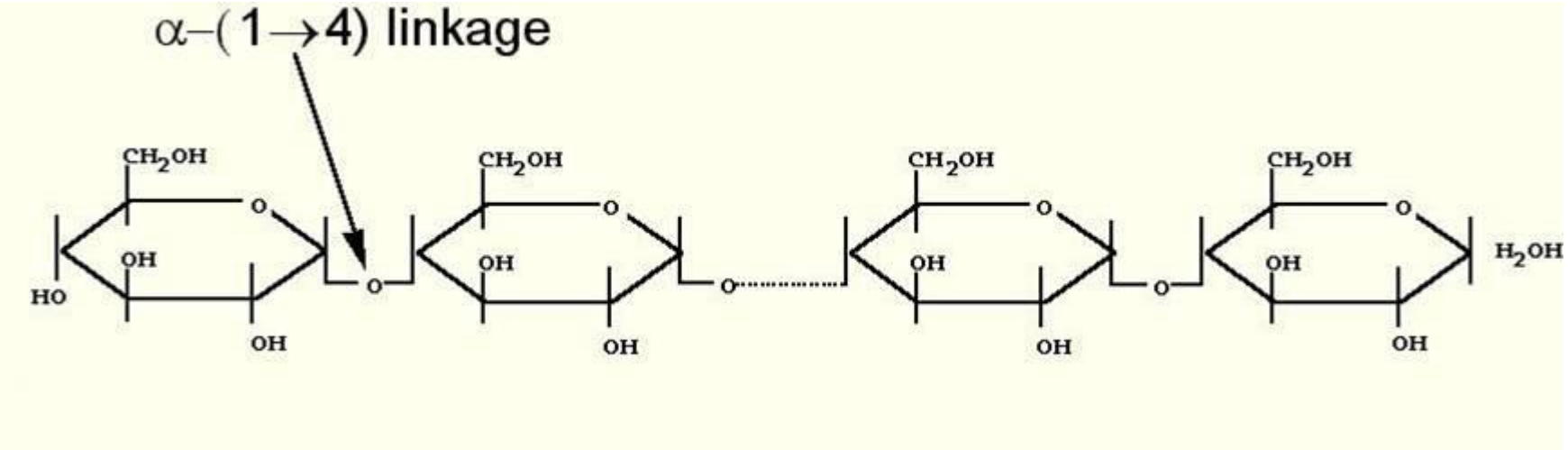


1 – lamella mediana
2 – strato di B-glucani
3 – strato pentosani
4 – acidi organici

Carboidrati

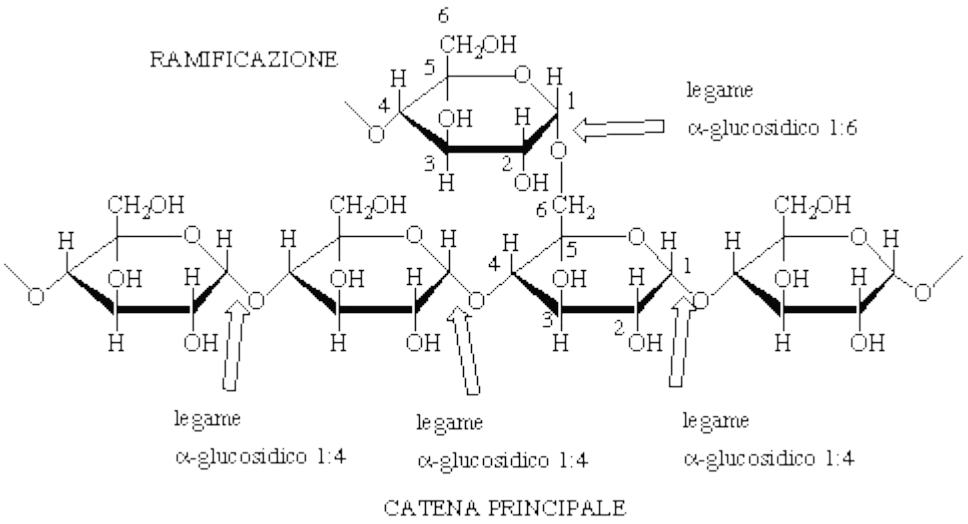
Amido

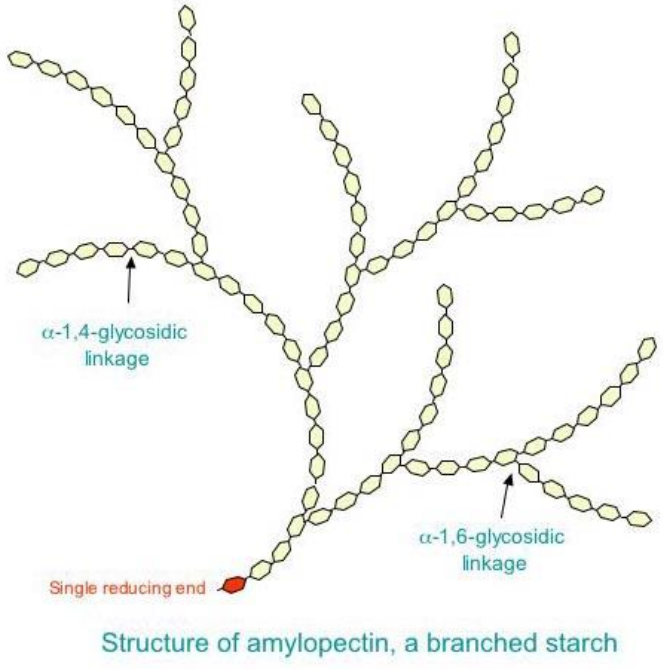
- ✓ E’ il costituente principale dell’orzo (circa 63% della sostanza secca)
- ✓ Formato da amilosio (16-24% dell’amido) ed amilopectina (76-84% dell’amido)
- ✓ L'amilosio è uno zucchero polisaccaride che deriva dall'unione di centinaia di molecole di α-D(+)-glucosio (solitamente da 300 a 3000). Il legame 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.

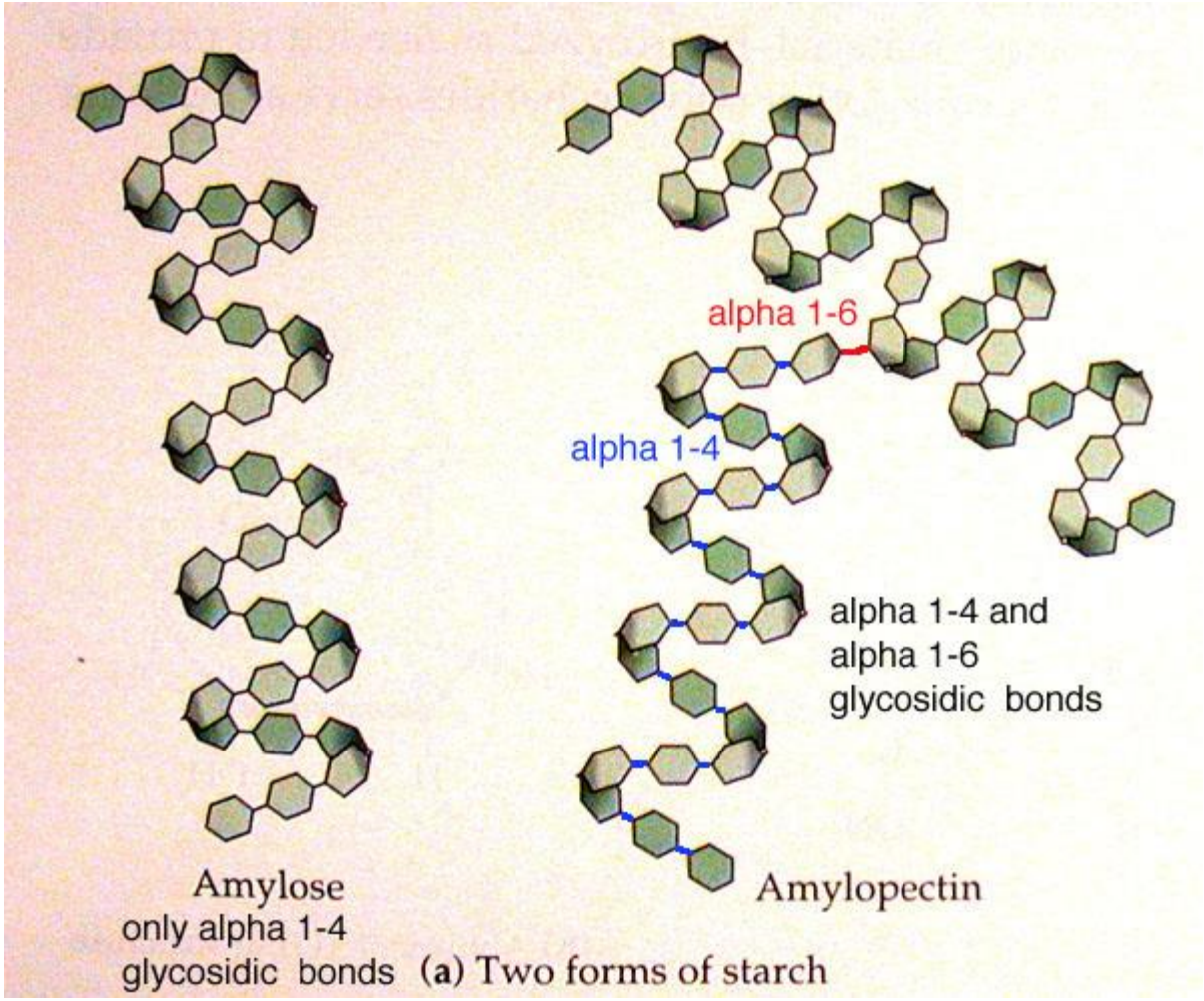


✓ L'amilopectina è uno zucchero polisaccaride, polimero del glucosio, altamente ramificato ed costituito dall'α-D-glucopiranosio.

✓ Le componenti monosaccaridiche (glucosidi) sono legate in modo lineare tra loro per mezzo di legami di tipo α(1→4); le ramificazioni avvengono con legami di tipo α(1→6), ogni 24-30 unità di glucosio. Nell'amilopectina, il numero di molecole di glucosio presenti può variare da 2.000 a 200.000



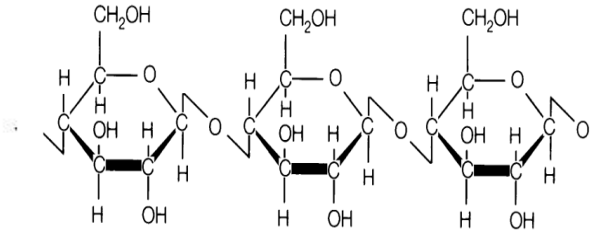


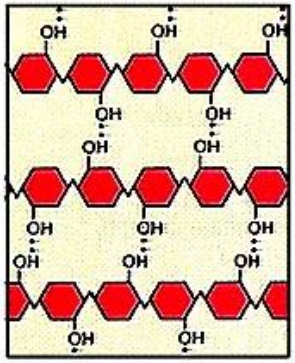


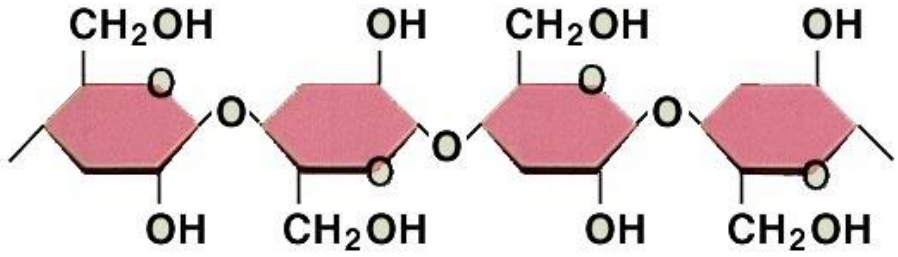
(a) Two forms of starch

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 β-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





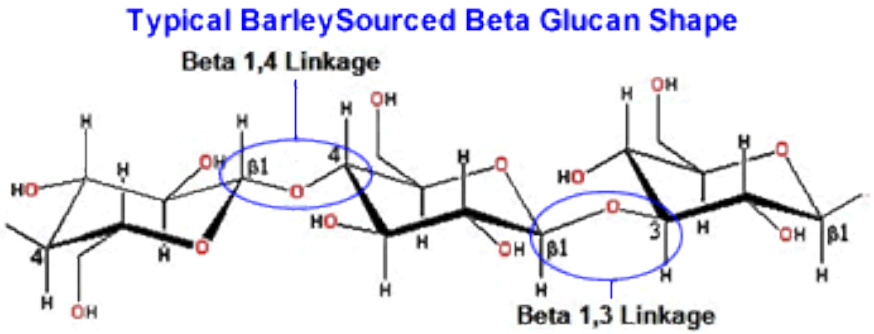


✓ Emicellulose : sono i costituenti principali della parete delle cellule dell'endosperma

✓ 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

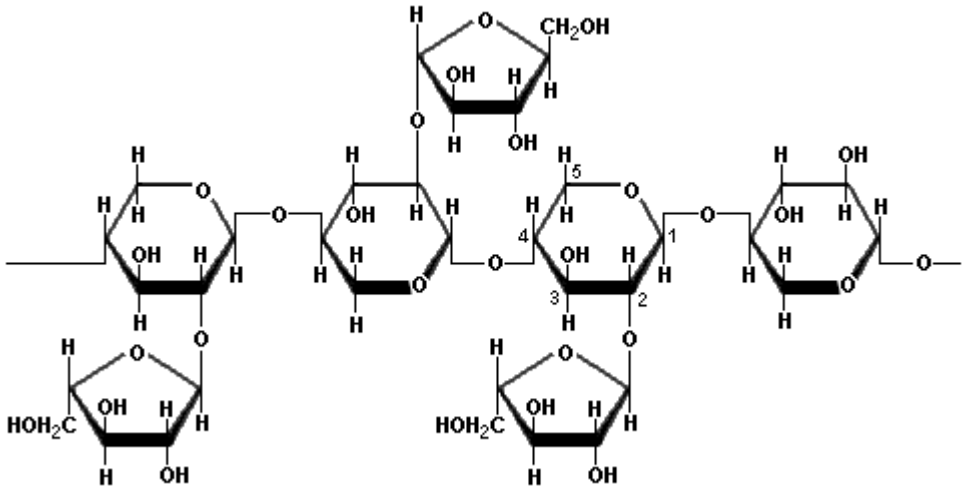
- ✓ Delle emicellulose fanno parte i β-glucani (80-90 %) ed i pentosani (10-12%)
- ✓ I β-glucani consistono di lunghe catene di glucosio unite con legami 1,3- ed 1,4-
- ✓ In soluzione si uniscono in strutture ramificate
- ✓ Se non vengono idrolizzati possono determinare problemi al prodotto finito



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 (o edestina, circa 15% delle proteine, si scioglie e può dare intorbidamenti)
- albumina (o leucosina, ha un PM di circa 70.000 circa , è l'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 → > 2.5 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
❖ contenuto proteico
❖ capacità germinativa (> 96% dei grani deve germinare)
❖ energia germinativa (grani che germinano dopo 3 e 5 gg; a 5 gg deve essere 96-98%)
❖ sensibilità all'idratazione (capacità di assorbire acqua)
❖ capacità di idratazione

L'orzo richiesto dalla malteria deve avere specifiche caratteristiche:

- ► appartenere ad una singola varietà da malto
- ► essere esente da semi diversi (< 2 %), corpi estranei (< 1 %) e grani rotti (< 0,5 %)
- ► peso ettolitrico : circa 64 Kg/hl
- ► granella uniforme: orzo distico con l'85 % delle cariossidi > 2,5 mm di calibro
- ► bassi livelli di azoto (10-11% di proteine)

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

- In Italia la produzione di orzo da birra oscilla tra 80.000 e 90.000 t, cioè circa il 6-7% della produzione nazionale complessiva di orzo

- Due malterie industriali attive in Italia: la SAPLO (Società per Azioni Per la Lavorazione dell'Orzo) situata a Pomezia (ROMA) e l'Agroalimentare Sud a Melfi (PZ)

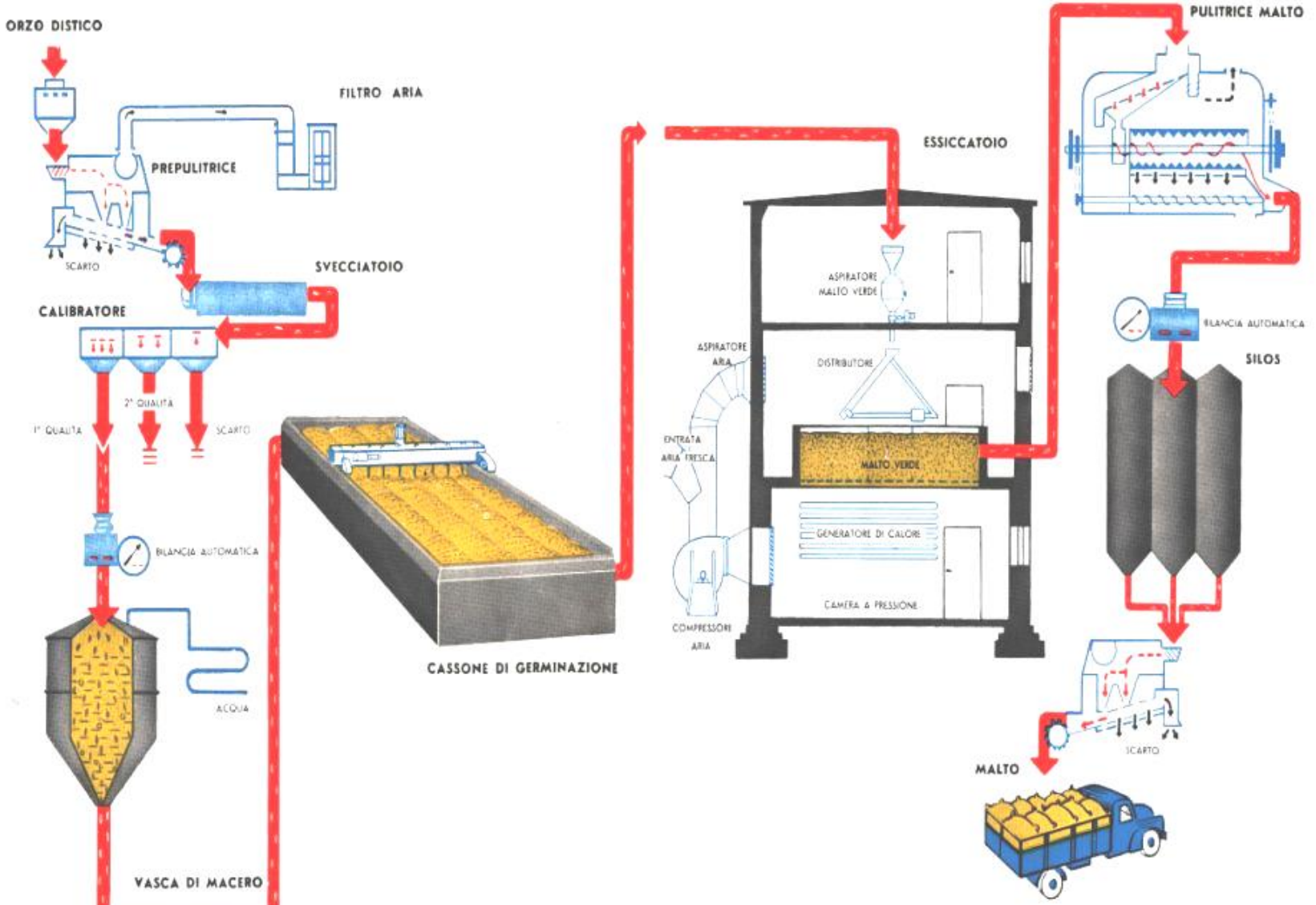
- Dalla trasformazione dell'orzo da birra prodotto in Italia si ottiene una produzione di malto di 50.000-60.000 t

- La produzione italiana di birra nell'anno 2009 è stata di 12.575.000 ettolitri, ad opera di 16 birrifici dispersi in tutta Italia. Per produrre questa quantità di bevanda sono state consumate 151.600 t di malto e 50.480 tonnellate di cereali non maltati (dati EBC)

- Di conseguenza, circa 100.000 t di malto (quasi 2/3 del fabbisogno nazionale) sono importati annualmente: la coltivazione di orzo da birra in Italia è molto inferiore rispetto alle esigenze.
- Il maltaggio ha lo scopo di attivare i complessi enzimatici già presenti e che avranno il compito di disgregare l'amido (α-amilasi, β-amilasi, β-glucanasi, proteasi, fosfatasi)

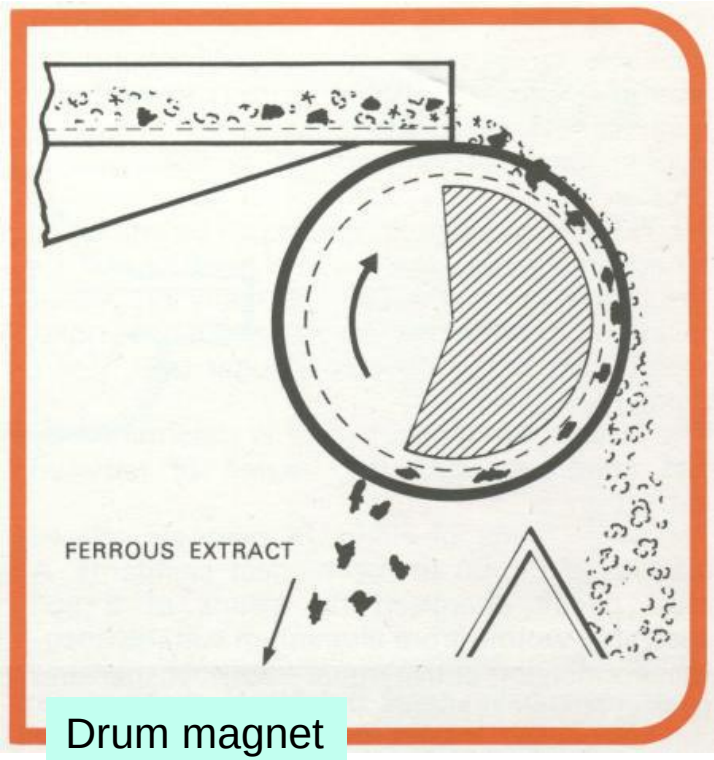
CEREALE	AMIDO E ZUCCHERI LIBERI	PROTEINE	LIPIDI	CELLULOSA EMICELLULOSA PENTOSANI	SALI MINERALI
AVENA	61,8 (± 8)	13,5 (± 3)	6 (± 2)	16 (± 2)	3,5 (± 0,5)
FRUMENTO	75,6 (± 5)	14,5 (± 4)	2,0 (± 1)	5,7 (± 1)	2,2 (± 0,3)
MAIS	69,8 (± 6)	11,6 (± 3)	5,8 (± 2)	11,6 (± 1)	1,2 (± 0,1)
ORZO	70,6 (± 5)	11,8 (± 3)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

FABBRICAZIONE DEL MALTO



Processo di maltazione

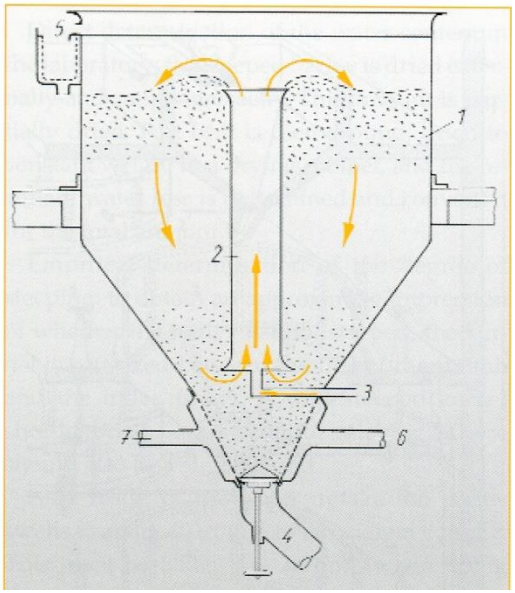
- Pulitura orzo (magneti, ventole, aspiratori)
- Calibratura con Plansifter o Plansichter
- Lavaggio



Drum magnet

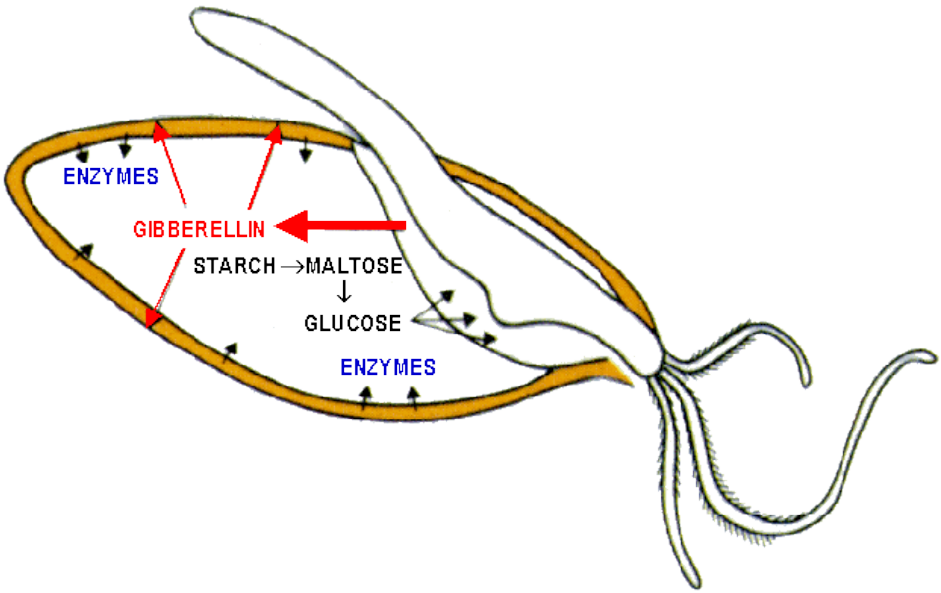
Processo di maltazione

- 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 °C per evitare lo sviluppo di microrganismi. Si può attuare con immersione, macerazione alternata a soste fredde, aspersione continua.



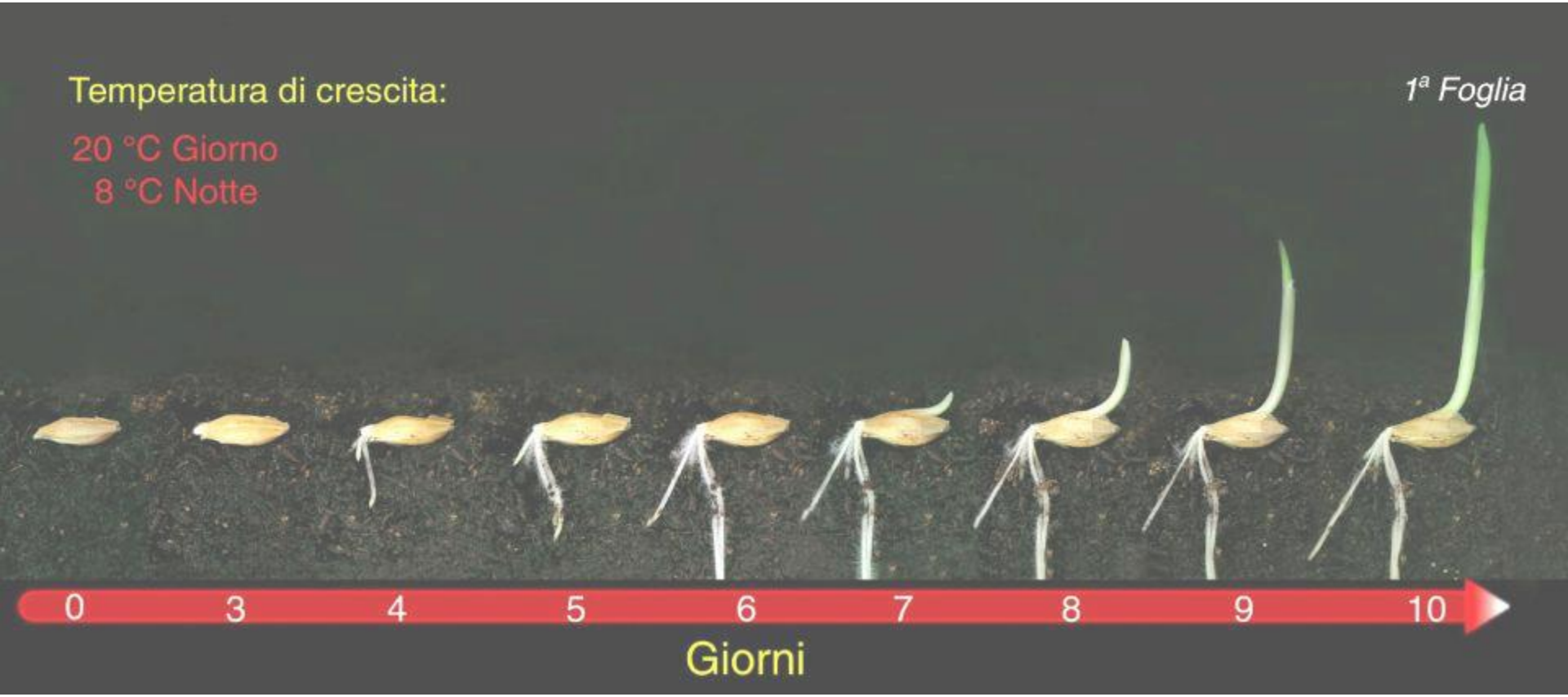
1 – aria
5 – sfioratore semi leggeri
6/7 – entrata/uscita acqua

Processo di maltazione

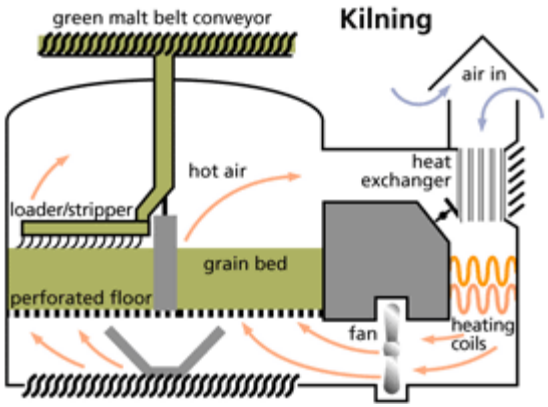


- Germinazione : il chicco viene trasferito in camere dove si sviluppa la radichetta e la piumetta (circa 5-7 gg; 12-16 °C)
- La lunghezza si divide in Classe I (da 0 a ¼), Classe II (da ¼ a ½), Classe III (da ½ a ¾), Classe IV (da ¾ a 1)
- Se supera il seme si parla di “ussaro”
- La piumetta deve essere circa 2/3-3/4 del seme per malto Pilsner e 3/4 - 1/1 per malto scuro
- Durante la germinazione si formano amilasi, enzimi citolitici (endo-/eso-glucanasi, xilanasi etc.), proteolitici, lipolitici, fosfatasi
- Importante la degradazione dei β-glucani della parete del granulo di amido
- Si può formare anche DMS con futuro aroma di “verdura cotta”

Sviluppo del germinello d'orzo



Processo di maltazione


Kilning
green malt belt conveyor
air in
hot air
heat exchanger
loader/stripper
grain bed
perforated floor
fan
heating coils

- Essicamento : il seme viene essiccato al fine di interrompere la germinazione e formare le sostanze coloranti ed aromatiche necessarie per la produzione. E' importante evitare la degradazione degli enzimi → temperature blande (50-60 °C) durante le prime fasi dell'essiccamento

- 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

Enzima	Temperatura di denaturazione (°C)	Commento
Dipeptidasi	55°C	molto sensibile
β-glucanasi	55°-60°C	50% è distrutta
Endopeptidasi	60°-65°C	sensibile
β-amilasi	65°-70°C	40% è distrutta
β-glucan solubilasi	70°C	relativamente stabile
Carbossipeptidasi	75°C	relativamente stabile
α-amilasi	>80°C	stabile

- 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

Malto per Pilsner

- Orzo con scarso tenore in proteine (<11%)
- Idratazione bassa (42-44%)
- Germinazione bassa (T<18 °C; acrospira <2/3 del seme, radici 1.5 volte seme)
- Essicazione (8-10% umidità) a bassa temperatura (55 °C) rapida così da bloccare gli enzimi
- Tostatura a 80-85 °C per 2-3 ore

Malto per Monaco

- Orzo con alto contenuto proteico
- Idratazione alta (44-47%)
- Germinazione spinta (T 20-25 °C); acrospira ¾ del seme; radici 2 volte il seme)
- Essicazione lenta
- Tostatura 105 °C

☒ 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

☒ Da 100 kg di orzo da birra (15% UR) si ottengono circa 78 kg di malto (4% UR), con una resa circa dell'88% sulla S.S.

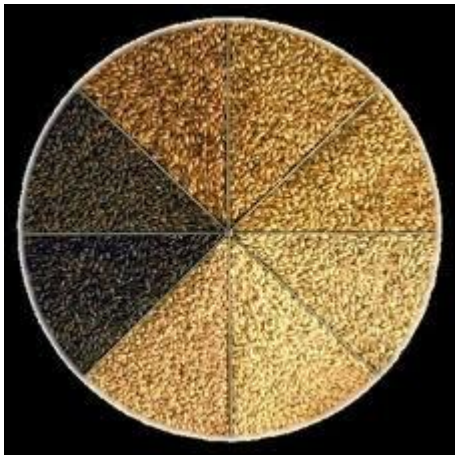
☒ Da 100kg di malto si ottengono circa 600 litri di birra.

☒ Si ha quindi un rapporto di produzione indicativo:

malto:birra 1:6

orzo:birra 1:5

☒ In realtà si usa la frazione di granella superiore a 2,5 mm, per cui il rapporto rispetto all'orzo può calare vistosamente.



Parametri valutazione malto

- Manuale

- Meccanica
  - ✓ Scarto < 1%
  - ✓ Peso 1000 semi (28-38 g)
  - ✓ Peso ettolitrico
  - ✓ Test affondamento (l'orzo tende ad affondare mente il malto a galleggiare per la presenza di aria: con malto chiaro 30-35%, con malto scuro 25-30%)
  - ✓ Vetrosità (<2%; farinosità >95%)
  - ✓ Friabilità (malto chiaro >81%)
  - ✓ Germinabilità (< 10%)
  - ✓ Densità (ottima se <1.1 kg/dm^3; scarsa se > 1.18 kg/dm^3)

Parametri valutazione malto

- Chimico-tecnologica
  - ✓ Umidità (malto chiaro 3-3.5%; malto scuro 1-4.5%)
  - ✓ Ammostabilità
  - ✓ Resa in estratto (malto chiaro 79-82% peso secco; malto scuro 75-78% peso secco)
  - ✓ Colore mosto
  - ✓ Viscosità mosto
  - ✓ Contenuto in azoto
  - ✓ Azoto solubile
  - ✓ Contenuto in aminoacidi liberi
  - ✓ Potere diastasico (unità Windisch-Kolbach ; chiaro 240-260 WK; scuro 150-170 WK)

☒ 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; essicazione e torrefazione blanda, max 85 °C, alto potere diastasico 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 diastasico → per birre tipo Monaco → 13-15 EBC per Monaco chiare; 20-25 EBC per Monaco scure
  - malto tipo Vienna → per arrotondare il sapore e dare un colore dorato → 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 → 20-160 EBC

Processo di maltazione

- Tipi di malto:
  - malto acido → il malto è trattato con acido lattico → 3-4 EBC → per birra chiara, da morbidezza
  - 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 diastasico → potere diastasico >250 WK
  - malto tostato → usato al 0.5-2% per avere colore scuro → si ottiene mantenendo il malto 1.5-2 ore a 70-80 °C poi 1-1.5 ore a 180-220 °C → cioccolato 800-1600 EBC; caffè 400-600 EBC
  - malto di birre tostate → 1000-17000 EBC con colori dall'ambra al nero

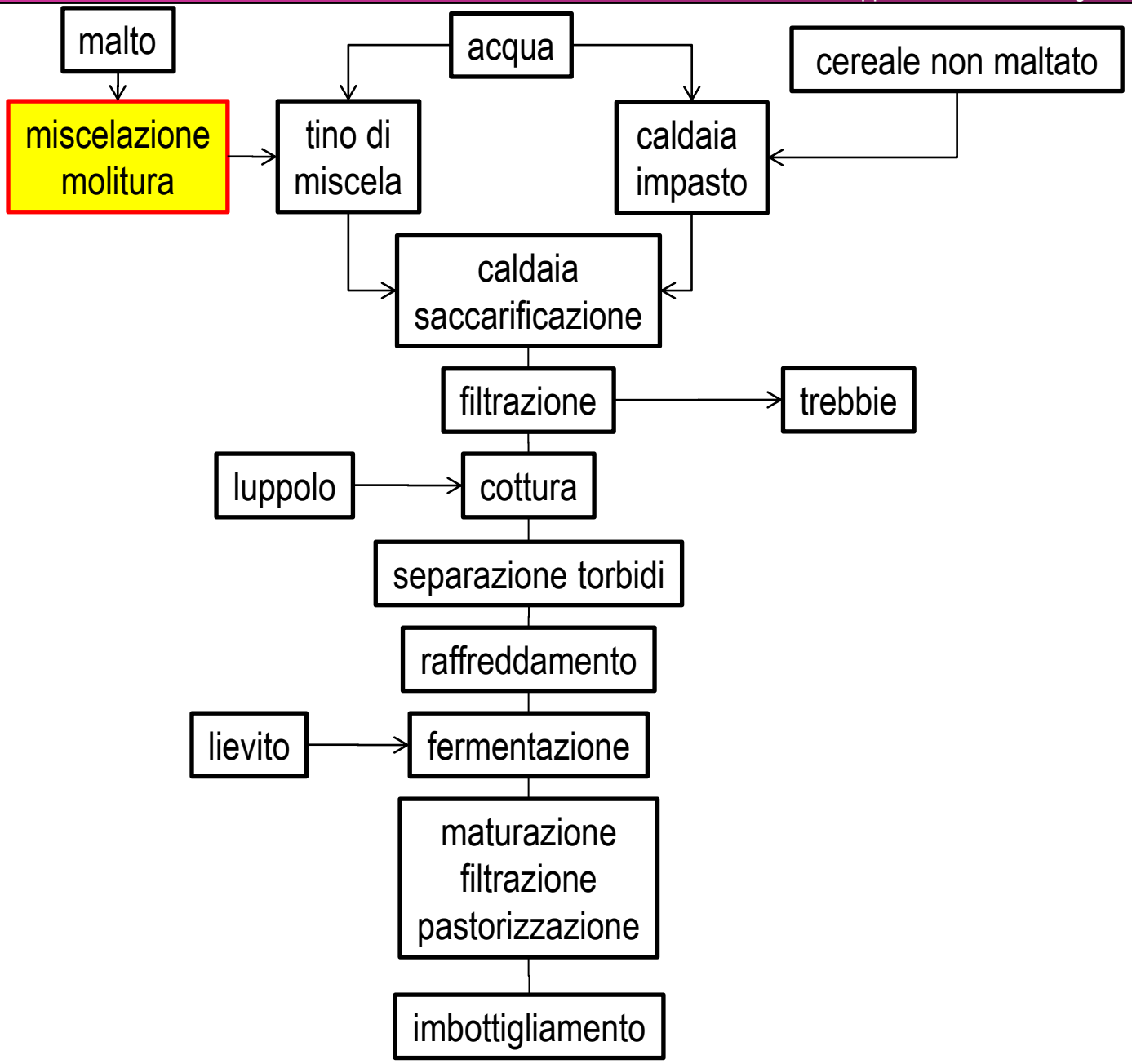
Altri tipi di malto

- 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 → difficile da maltare perché ricco di pentosani
  - Triticale (ibrido fra frumento e segala)
  - Avena → usata per birre per celiaci in quanto la prolamina non avrebbe effetti
  - Sorgo → umidificato a 52-58%, germinazione a 27-30 °C per 17-21 ore → crescita notevole della plantula


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

Macinazione malto

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

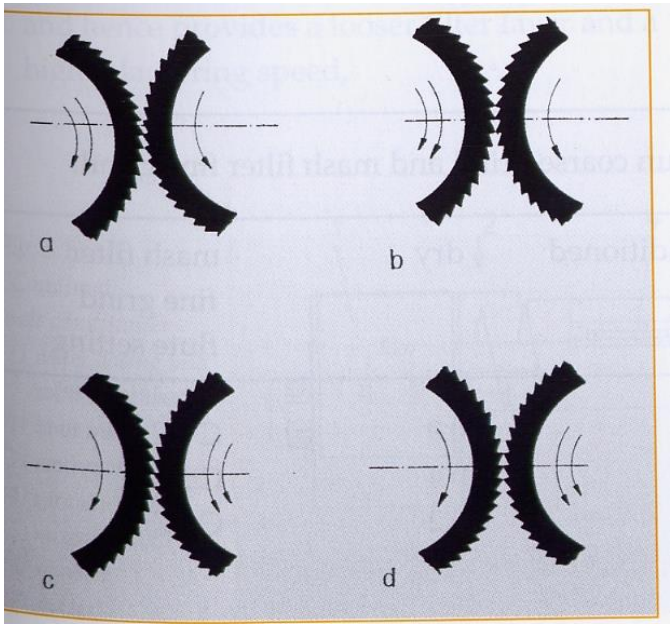
Importante non produrre una eccesiva quantità di polveri che ostacolerebbero la filtrazione ne danneggiare le glume che costituiscono materiale drenante durante le filtrazioni

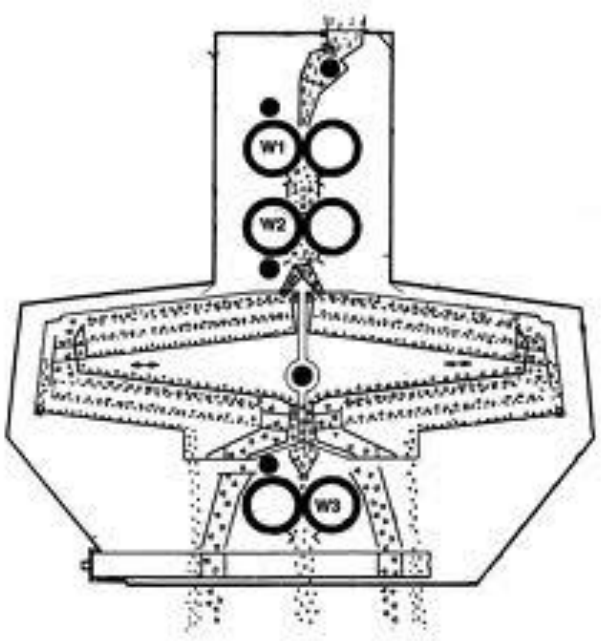
Usati molini a cilindri a secco od umido (il malto viene umidificato con acqua o vapore così da rendere le glume più elastiche e quindi più resistenti)

Pretrattamento

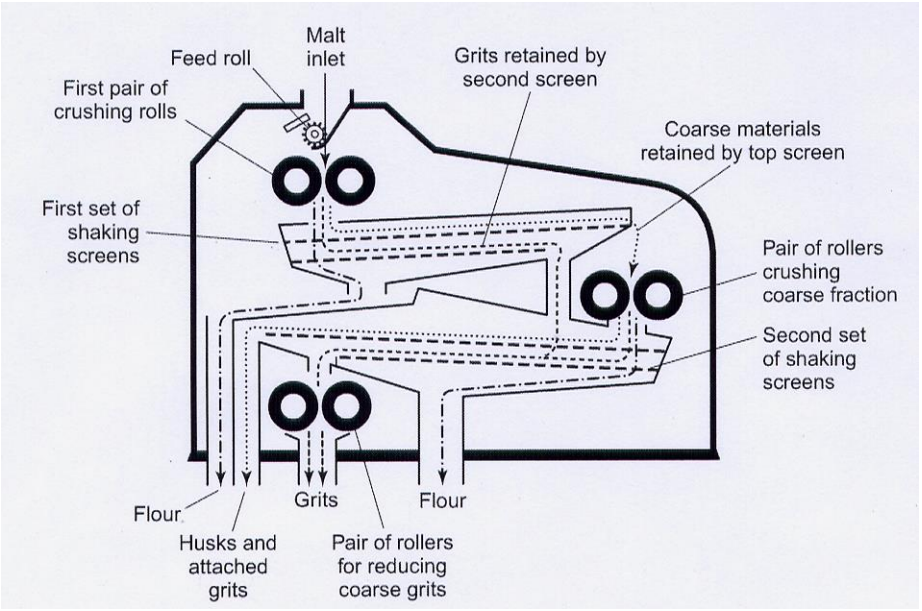
Pulitura da pietre e metalli → danneggiamento mulini - esplosioni

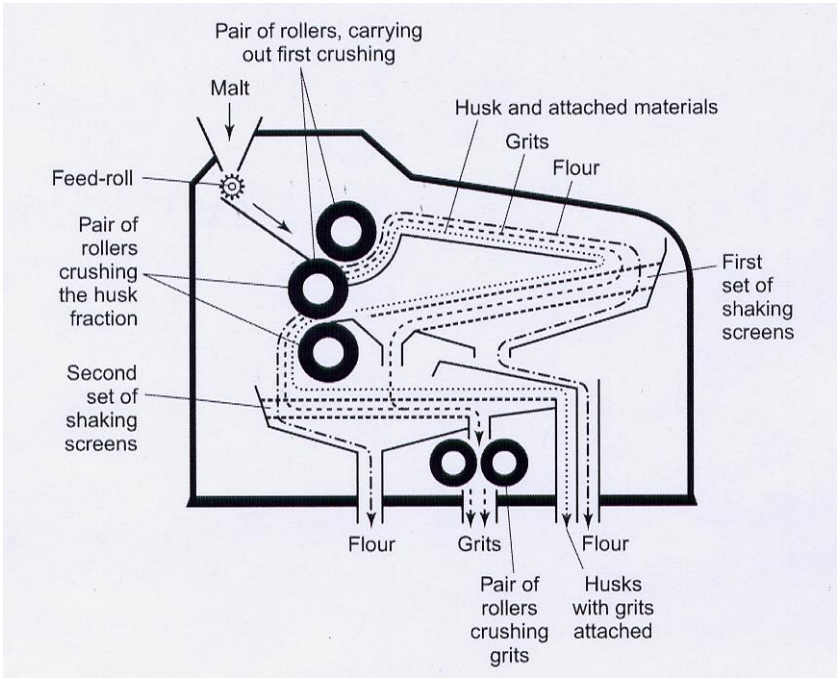
- Molitura a secco
  - 2 rulli
  - 4 rulli
  - 5 rulli
  - 6 rulli (il più usato)

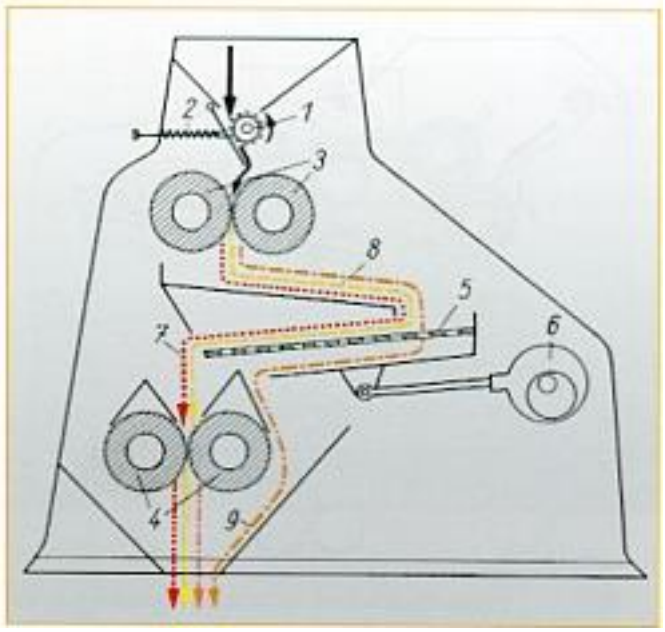




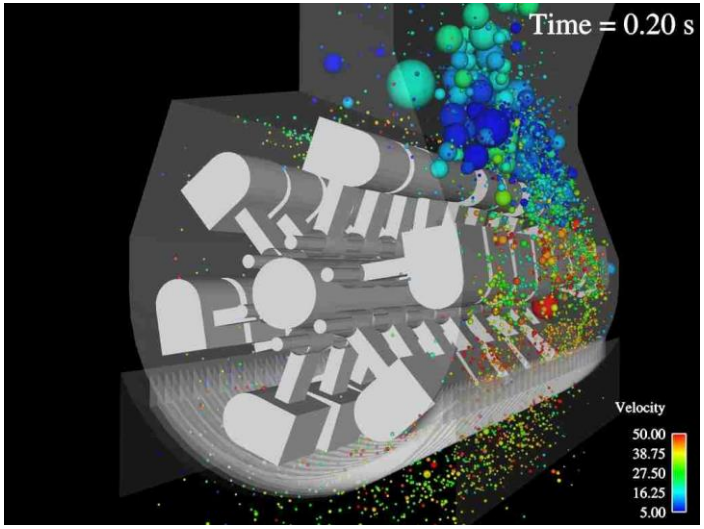
Maltomat
Buhler

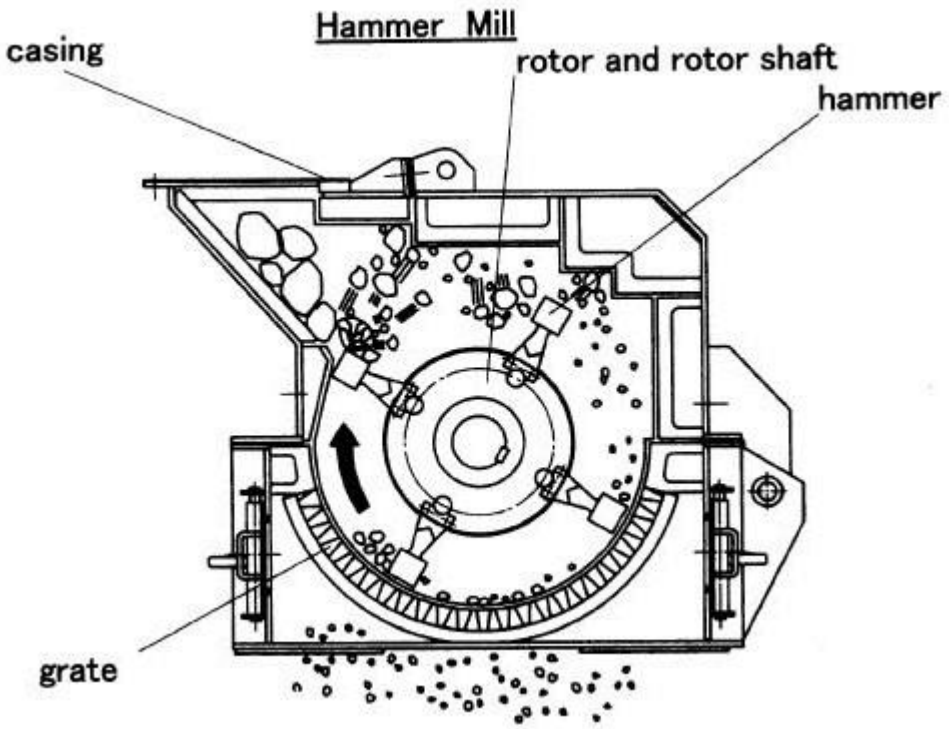



Pair of rollers, carrying out first crushing
Malt
Husk and attached materials
Grits
Flour
Feed-roll
Pair of rollers crushing the husk fraction
First set of shaking screens
Second set of shaking screens
Flour
Grits
Flour
Pair of rollers crushing grits
Husks with grits attached


1
2
3
4
5
6
7
8
9

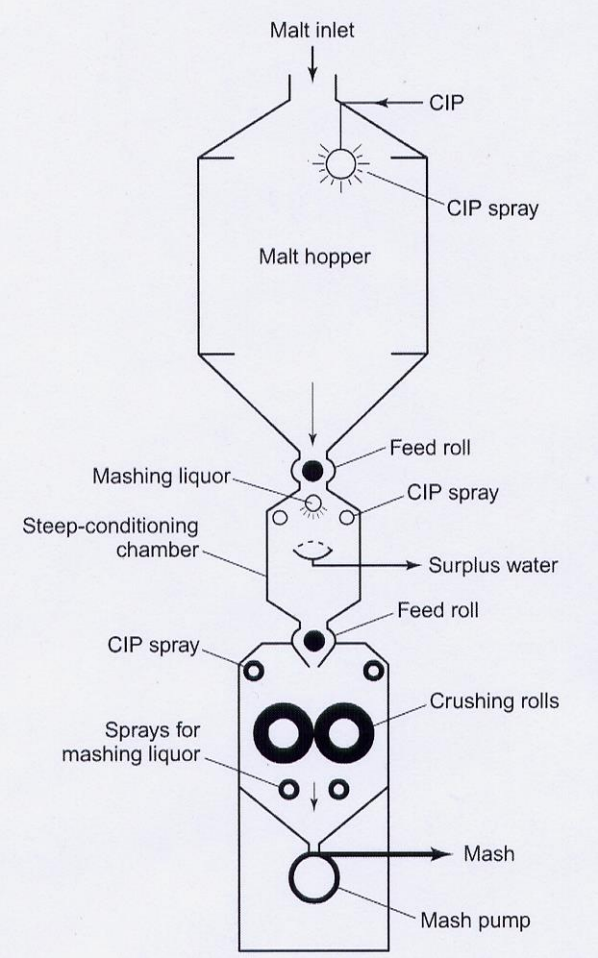
Molino a martelli

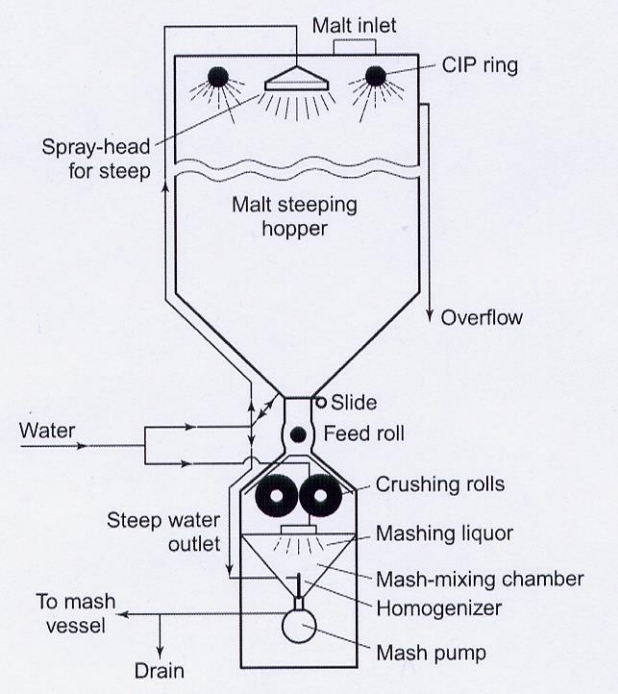




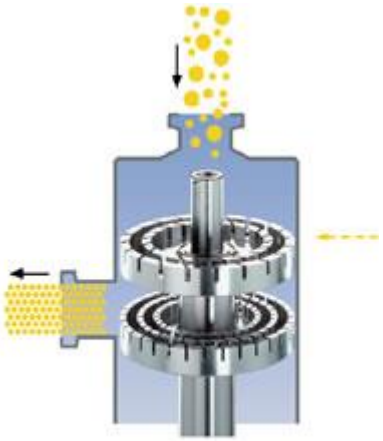
- Molitura ad umido
  - Se la molitura è a secco, si ha un danneggiamento delle glume mentre se si inumidiscono divengono elastiche e resistenti

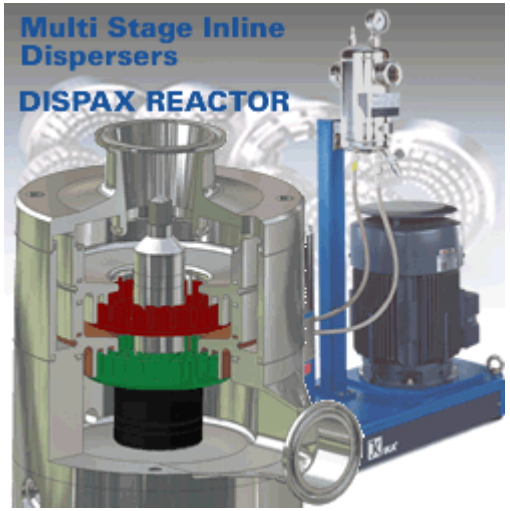
Temperatura acqua 30-50 °C, 15-30 minuti, UR finale 30%

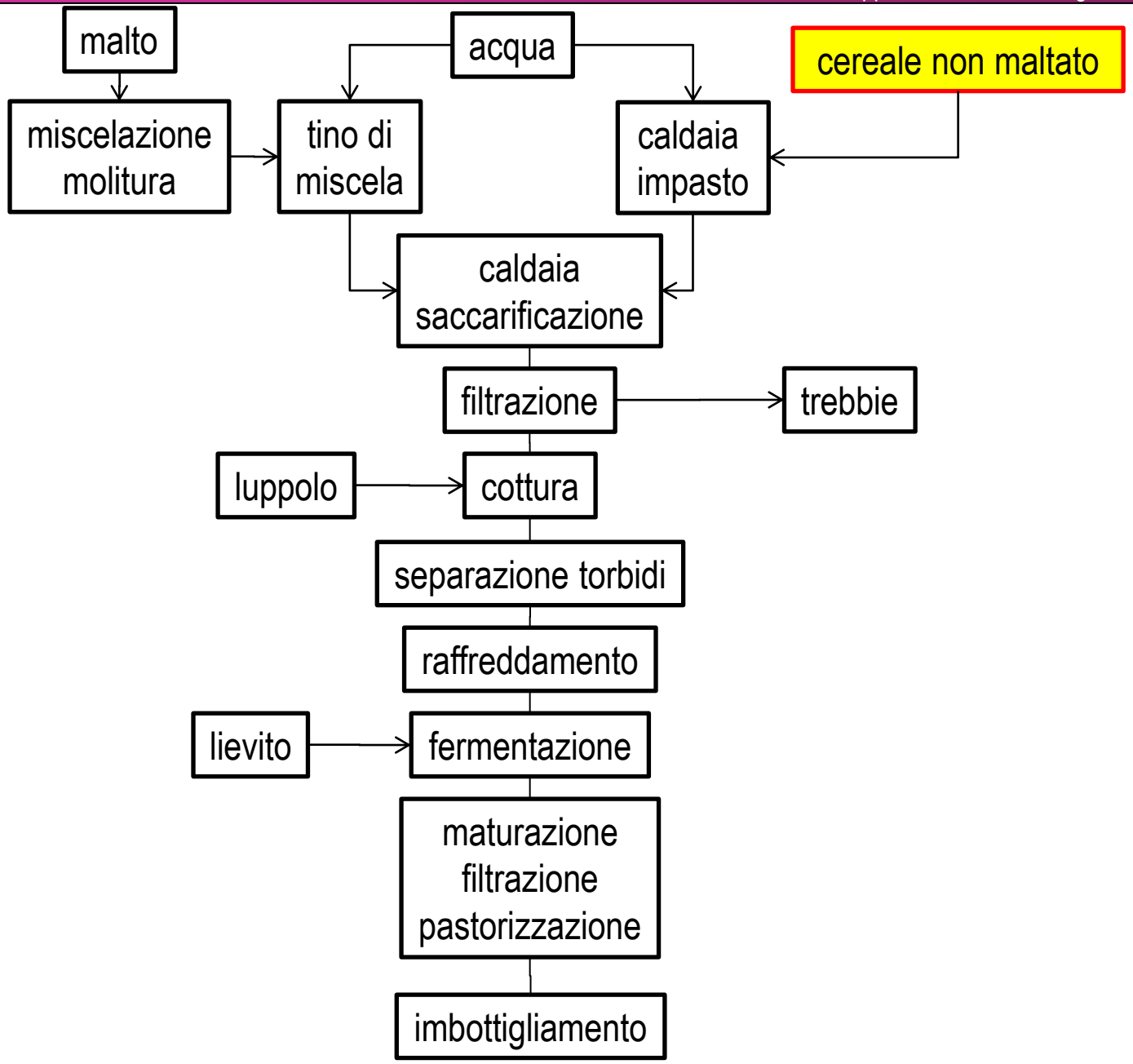




- Macinatura fine con acqua
  - Il malto è mescolato con acqua e macinato da un omogeneizzatore con un rotore fisso ed un o mobile ad alta velocità (sistemi Dispax, Hydromill)






malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

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 diastasico → 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%

- 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

RISO

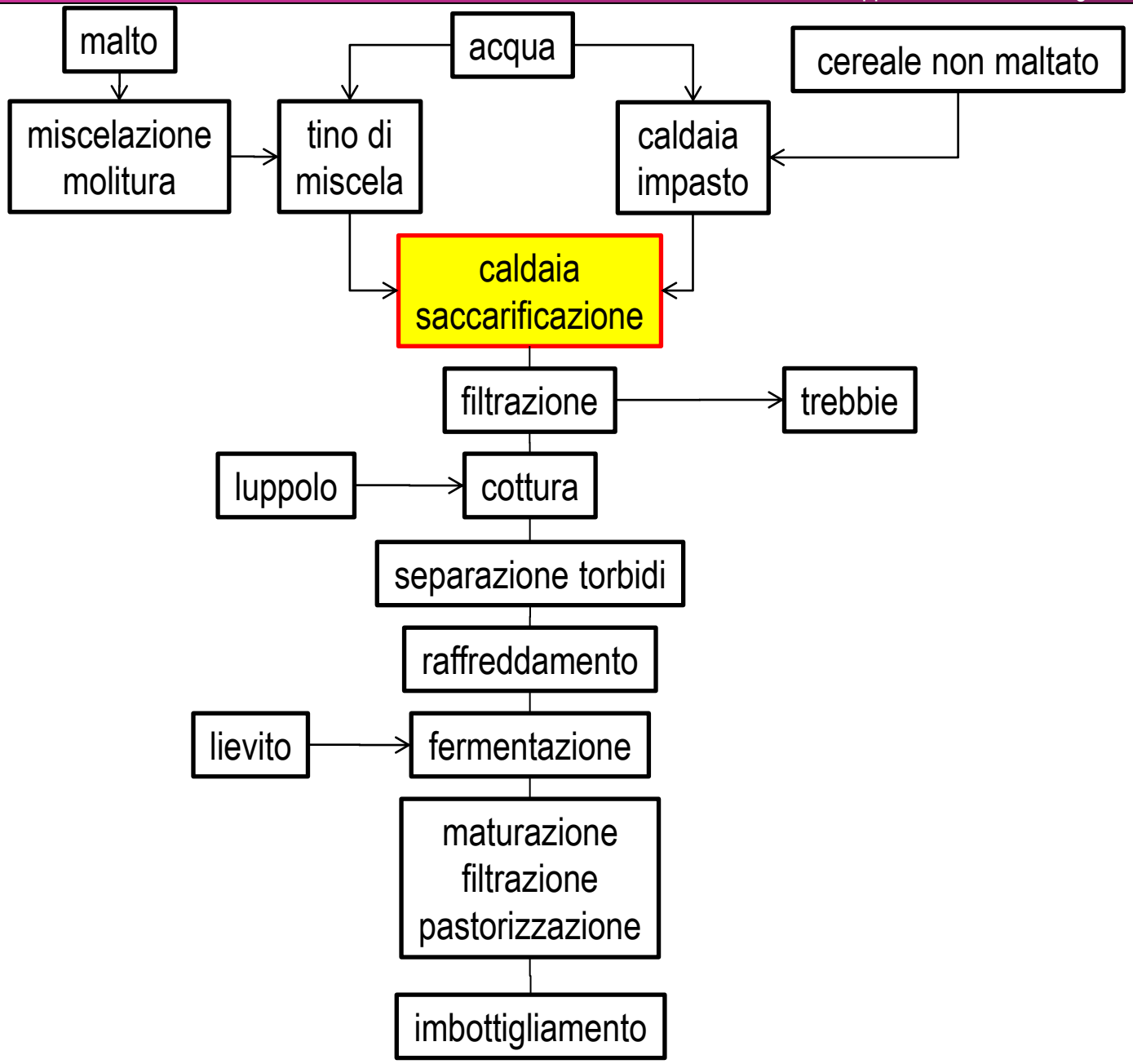
- Si utilizzano frattumi. Sul secco 85-90% amido, 5-8% proteine, 0.2-0.4% olio
- Il riso è il più difficile da usare per granuli di amido piccoli e poco solubili → T di gelatinizzazione 67-91 °C → le amilasi si degradano
- L'amido del riso di rigonfia moltissimo → tende a bruciare a contatto con le superfici calde ed è difficilmente agitabile → servono β-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

- La sostanza secca del mais ha 76-80% carboidrati, 9-12% proteine, 4-5% olio
- Il mais contiene olio quindi serve mais degrassato (<1% di grassi) con >80% estratto
- L'amido del mais gelatinizza a 73-79 °C
- Si macina finemente e si cuoce con o senza malto
- Viene usato come farina (0.3-1.5 mm), fiocchi, farina raffinata (amido puro)
- Se si usa farina non sono necessari pre-trattamenti mentre lo sciroppo è aggiunto dopo la saccarificazione

- 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 può usare anche sorgo, miglio, frumento, tapioca, patate ….

- Si possono aggiungere anche zucchero (5-15%) dopo la saccarificazione, sciroppo di zucchero, sciroppo di mais
- L'aggiunta va fatta dopo la saccarificazione


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

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 β-glucani
  - idrolisi proteine
  - degradazione lipidi
  - altre attività enzimatiche

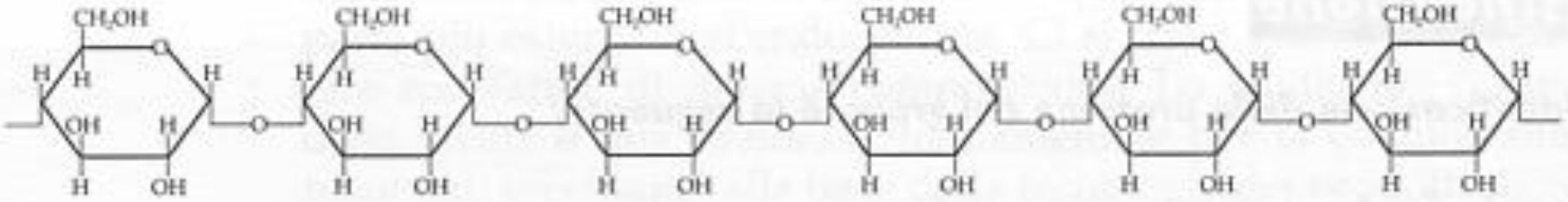
Idrolisi AMIDO

- ✓ Gelatinizzazione
- ✓ Liquefazione
- ✓ Saccarificazione

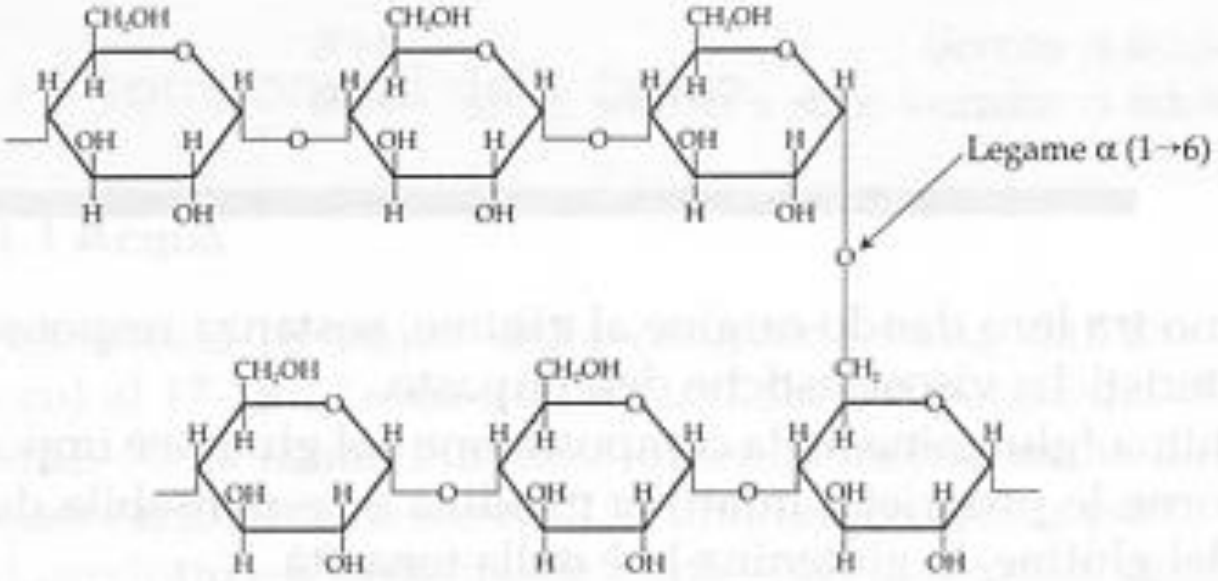
Gelificazione

- Incorporamento di acqua calda → le molecole di amido perdono la struttura cristallina e divengono amorfe formando una soluzione altamente viscosa
- L'amido del malto gelatinizza a 59-65 °C; quello di riso a75-85 °C

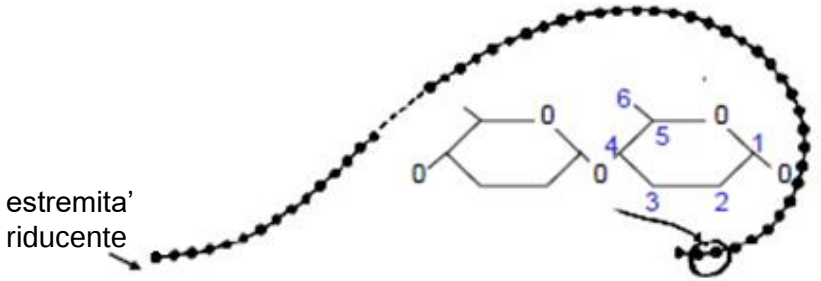
AMIDO



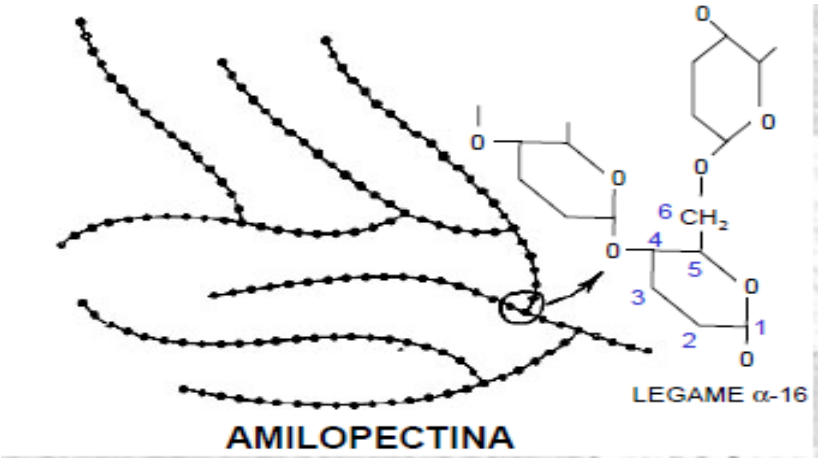
a: Struttura parziale dell'amilosio



b: Struttura parziale dell'amilopectina



- ✓ **MOLECOLA LINEARE**
- ✓ **POLIMERI DI D-GLUCOSIO**
- ✓ **LEGAMI α-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 α-1,4; α-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 α-amilasi attacca i legami α-1,4-glucosidici e stacca molecole di oligosaccaridi e polisaccaridi con tre o più residui e si ferma in corrispondenza delle ramificazioni

AMIDO

α-AMILASI

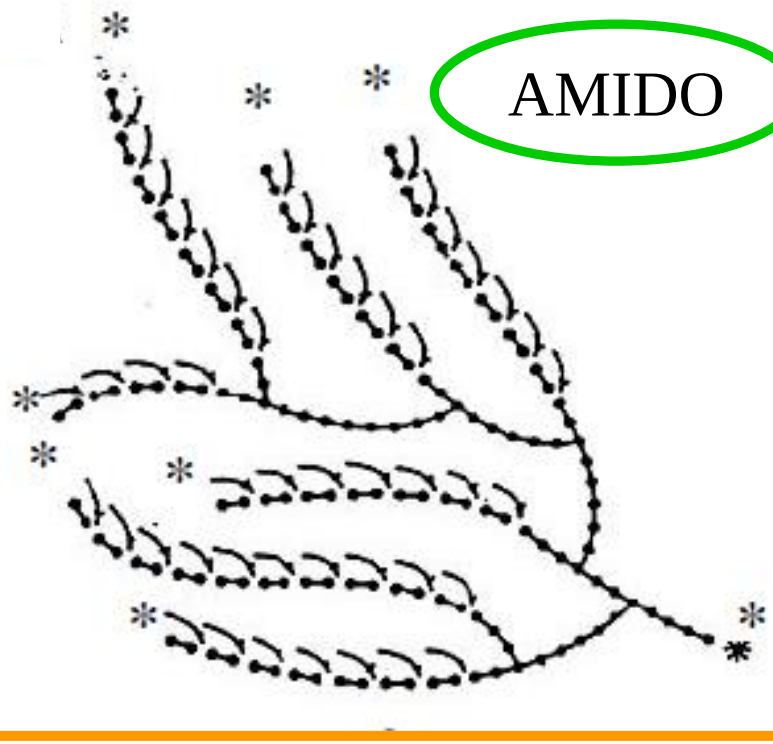
ENDOENZIMA

ENZIMA DESTRINIZZANTE

PRODOTTI DELL'IDROLISI

AMILOSIO	**AMILOPECTINA**
GLUCOSIO	OLIGOSACCARIDI
MALTOSIO	RAMIFICATI
MALTOTRIOSO	
OLIGOSACCARIDI	

La β-amilasi attacca i legami α-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



β-AMILASI

ESOENZIMA

ENZIMA SACCARIFICANTE

PRODOTTI DELL'IDROLISI

AMILOSIO

MALTOSIO (100%)

AMILOPECTINA

MALTOSIO (55%)

β-DESTRINA limite (45%)

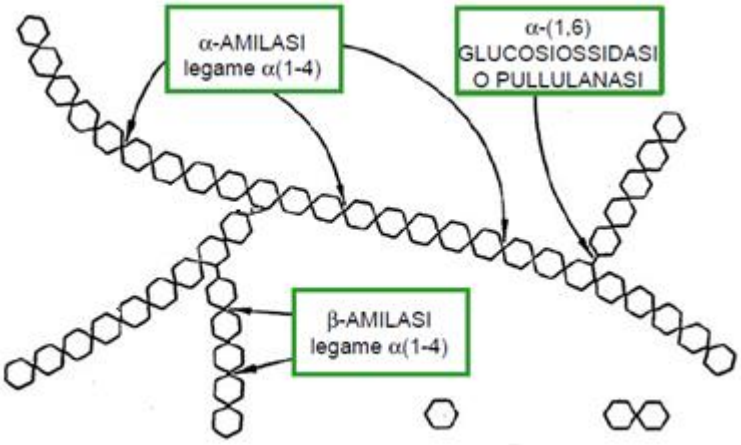
✓ α-amilasi → produce vari componenti; ha un T ottimale di 70-74 °C, si degrada ad 80 °C ed il pH ottimale è di 5.6-5.8

✓ β-amilasi → produce maltosio ma anche glucosio e maltotrioso; 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 saccarificazione hanno effetto la temperatura, il pH, il tempo di trattamento e la concentrazione del malto

Composizione tipo (% estratto)
- Esosi 7-9
- Saccarosio 3-4
- Maltosio 43-45
- Maltotrioso 11-13



Effetto temperatura

• operando a 62-65 °C si ha la massima produzione di maltosio → T ottimale per la β-amilasi
• operando a 70-73 °C si ha la massima saccarificazione → T ottimale per la α-amilasi
• blocco a 76-78 °C

Effetto tempo

• la massima attività si ha dopo 10-20 min
• dopo 40-60 min l'attività decresce
• aumentando il tempo aumenta la quantità di maltosio soprattutto se a 62-63 °C

Effetto pH

• operando a pH 5.5-5.6 si ha l'ottimale per entrambe le amilasi → molti zuccheri fermentescibili
• se il pH è più alto conviene abbassarlo

Idrolisi β-glucani

✓ I β-glucani si uniscono a formare strutture tridimensionali

✓ Durante la saccarificazione la endo-1,4-β-glucanasi scinde i glucani

✓ Avendo una T ottimale di 40-48 °C si disattiva rapidamente ed alle temperature più elevate rimane solo la β-glucansolubilase (T ottimale 62 °C) che libera β-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 saccarificazione le lipossigenasi degradano gli acid grassi insaturi producendo composti carbonilici con impatto olfattivo (negativo) → trans-2-nonenale (odore di cartone)

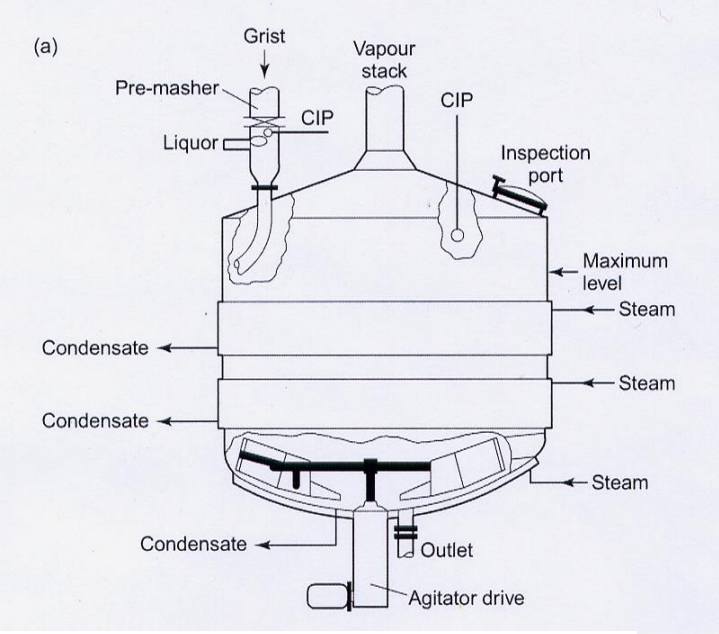
Acidificazione

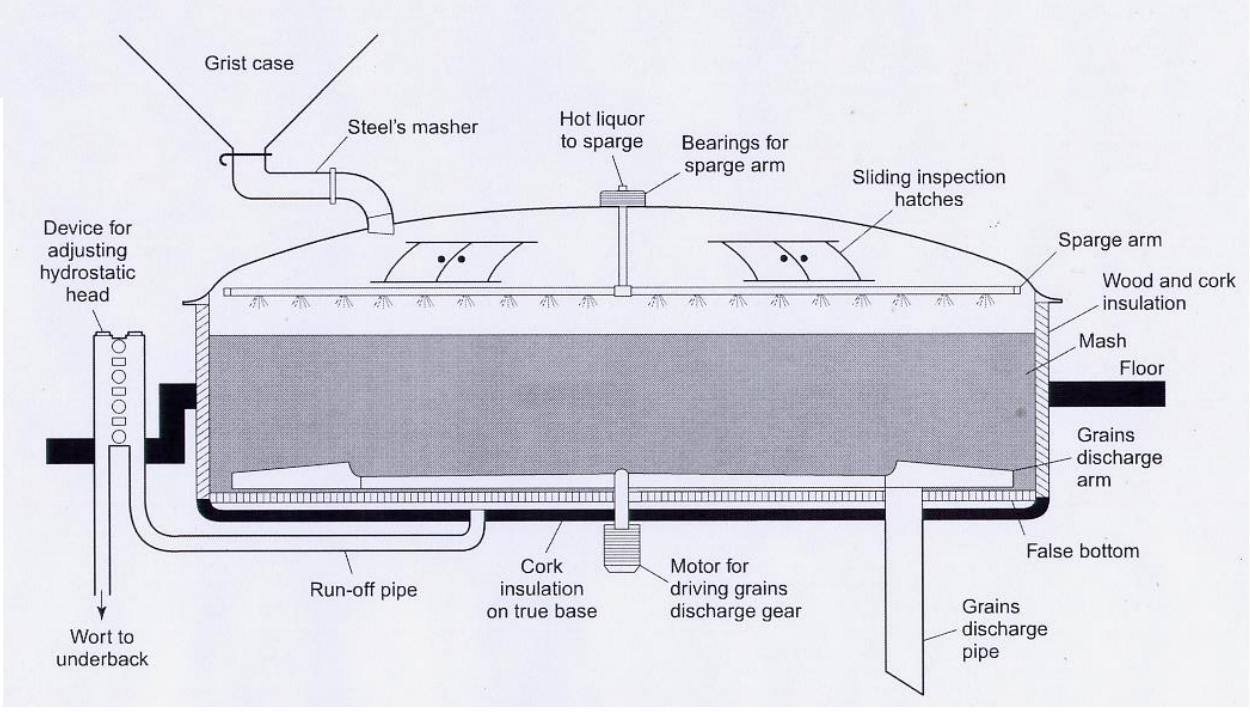
- E' importante portare il pH a 5.2 per
  - ✓ attivare molti enzimi tranne la b-amilasi
  - ✓ aumentare la cessione di proteine
  - ✓ birra più fresca
- Si ha per
  - ✓ addizione di acidi minerali
  - ✓ acidificazione biologica

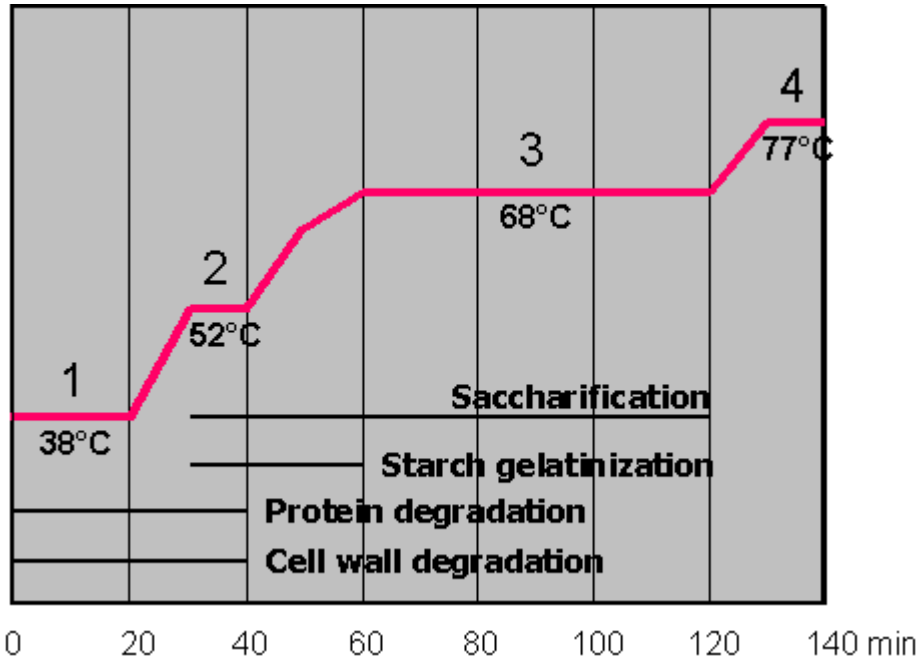
- Importante l'aggiunta di acqua che determina la composizione del mosto ed il tipo di birra:
  - ✓ birre chiare → 300-400 L/100 kg farina
  - ✓ birre scure → 300-350 L/100 kg farina

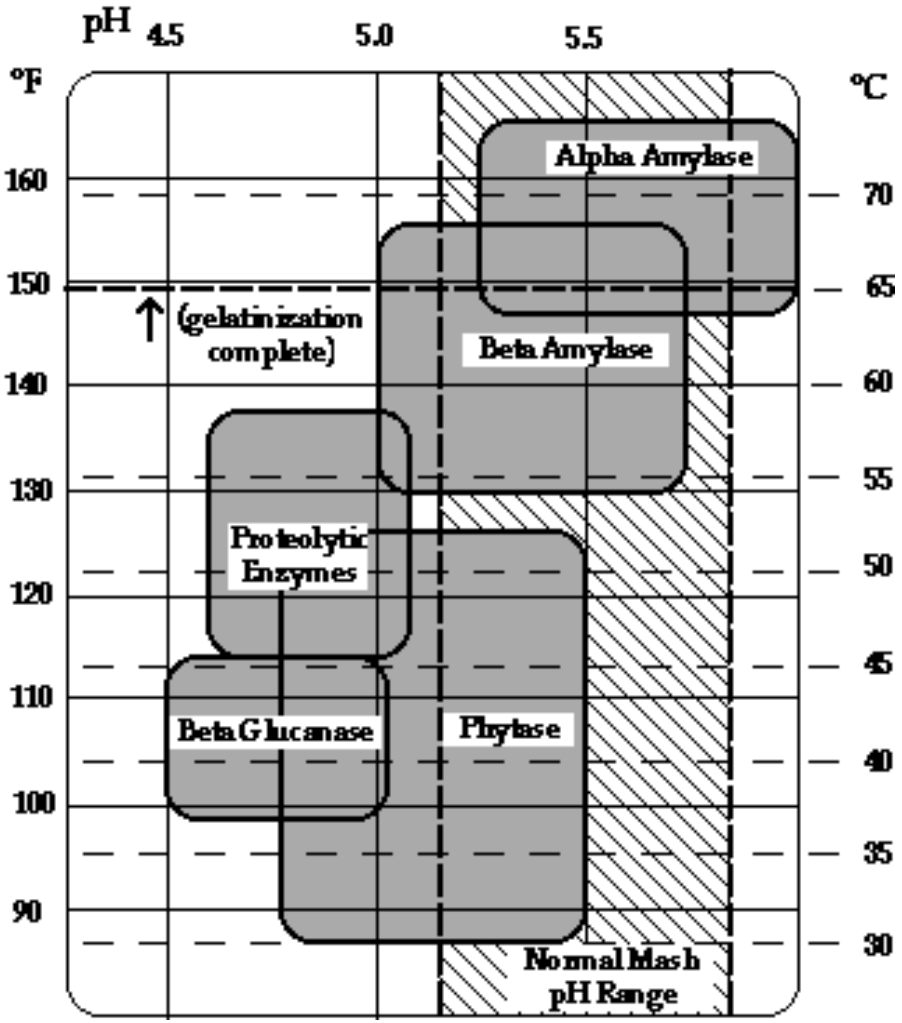
- Importante altresì la rapidità e l'omogeneità della miscelazione
- Importante il MechaMaster che facilita la miscelazione riducendo l'ossidazione

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

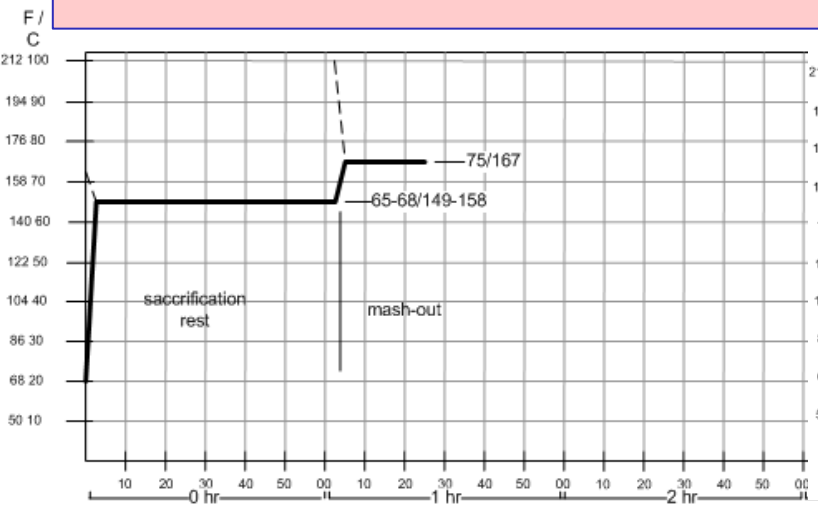
Saccarificazione

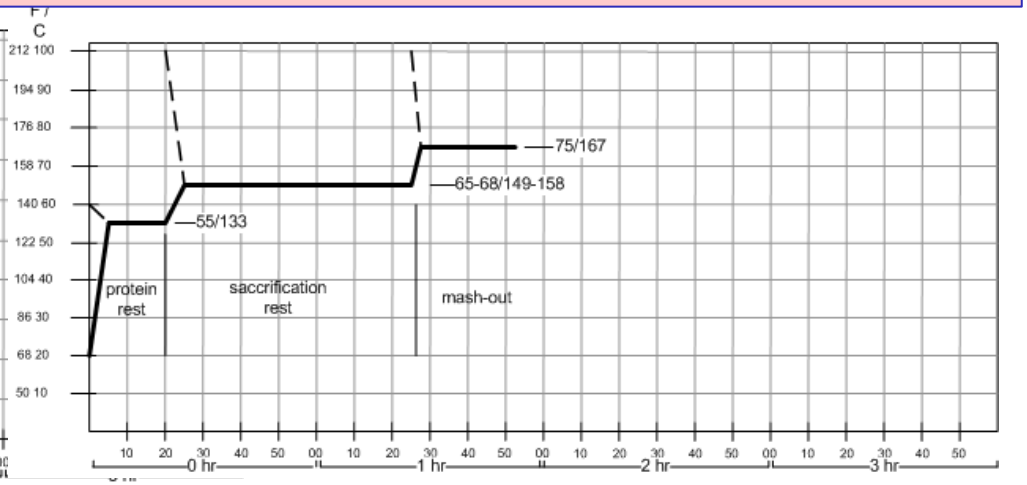
La temperatura della miscela viene portata da 40 a circa 75 °C

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 ¼ del totale

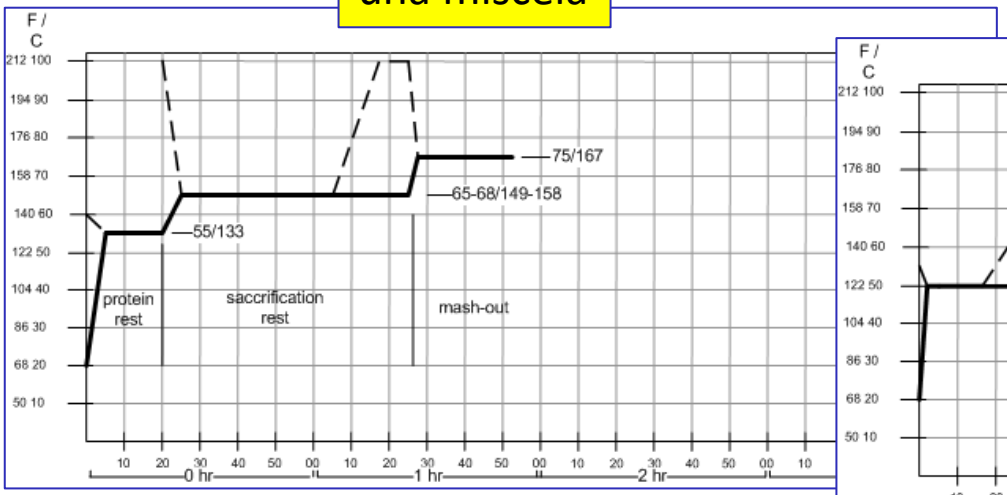
✓ Non è possibile bollire l'intera massa per non distruggere tutte le amilasi

✓ 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

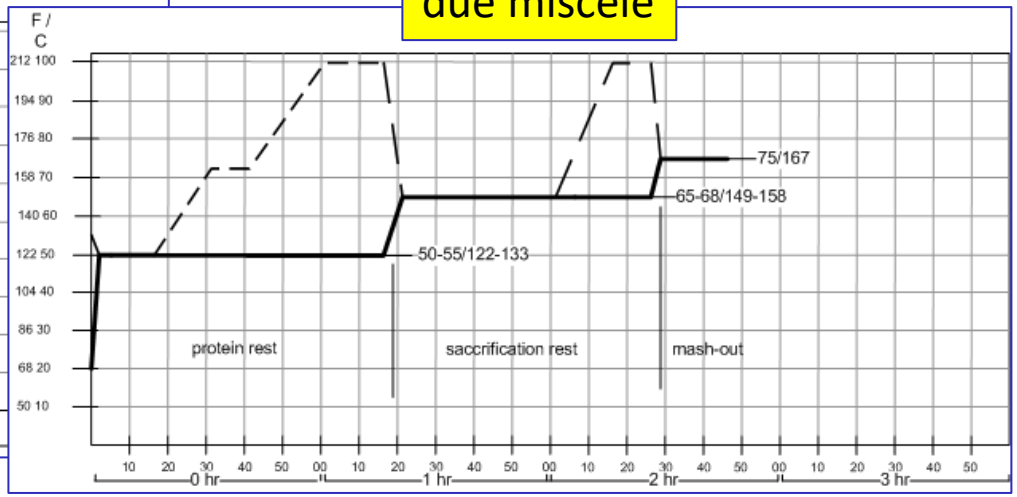
✓ Per i costi elevati è poco utilizzato e si hanno

- una miscela
- due miscele
- tre miscele

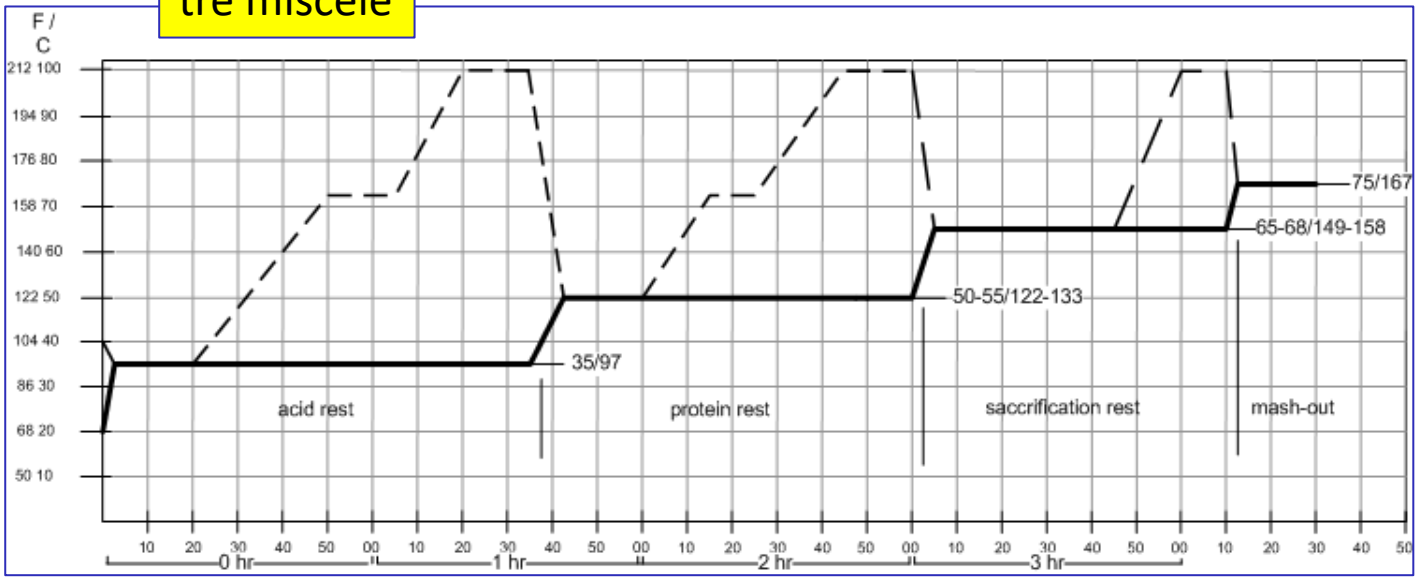
una miscela

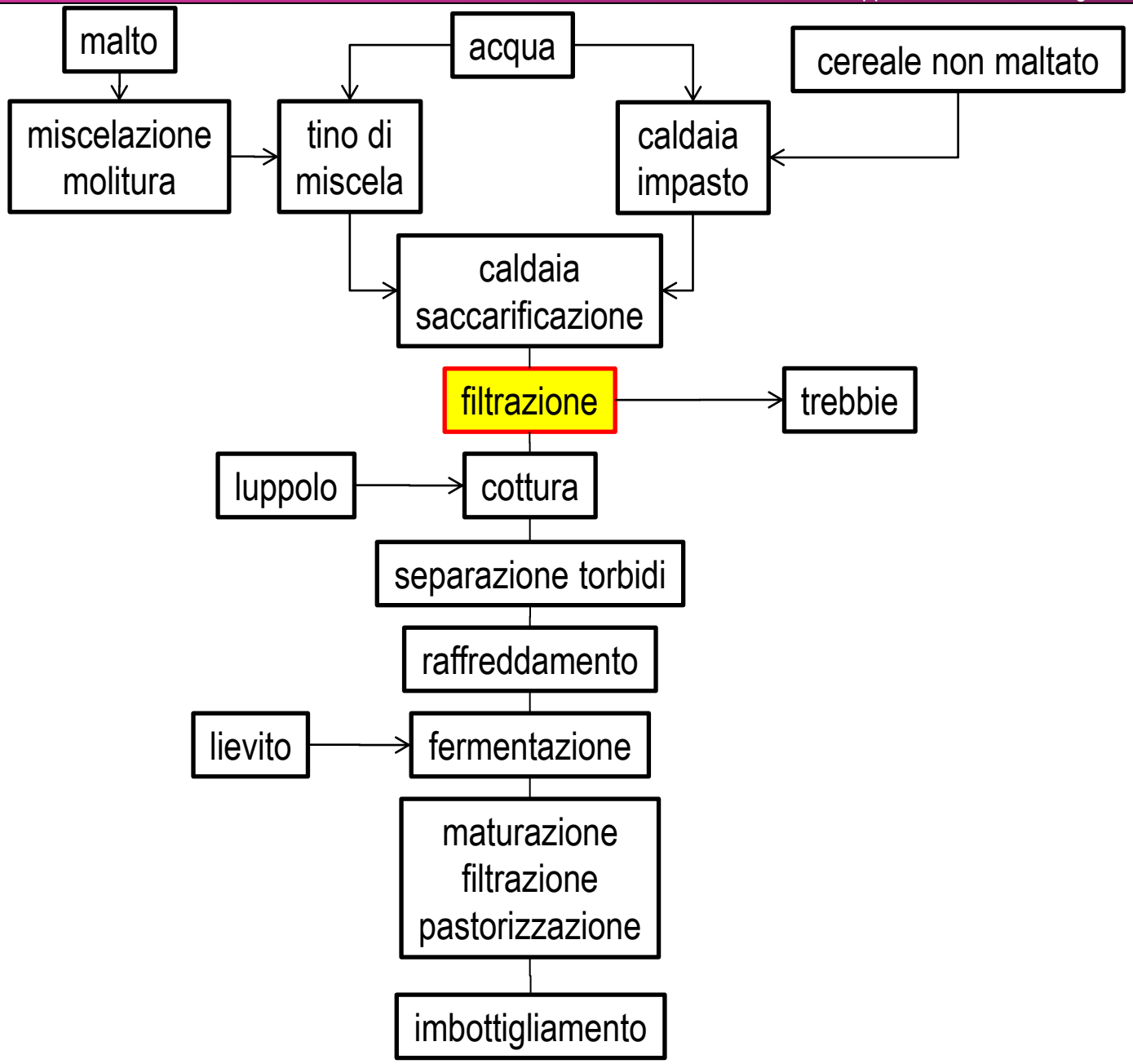


due miscele



tre miscele




malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

- 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

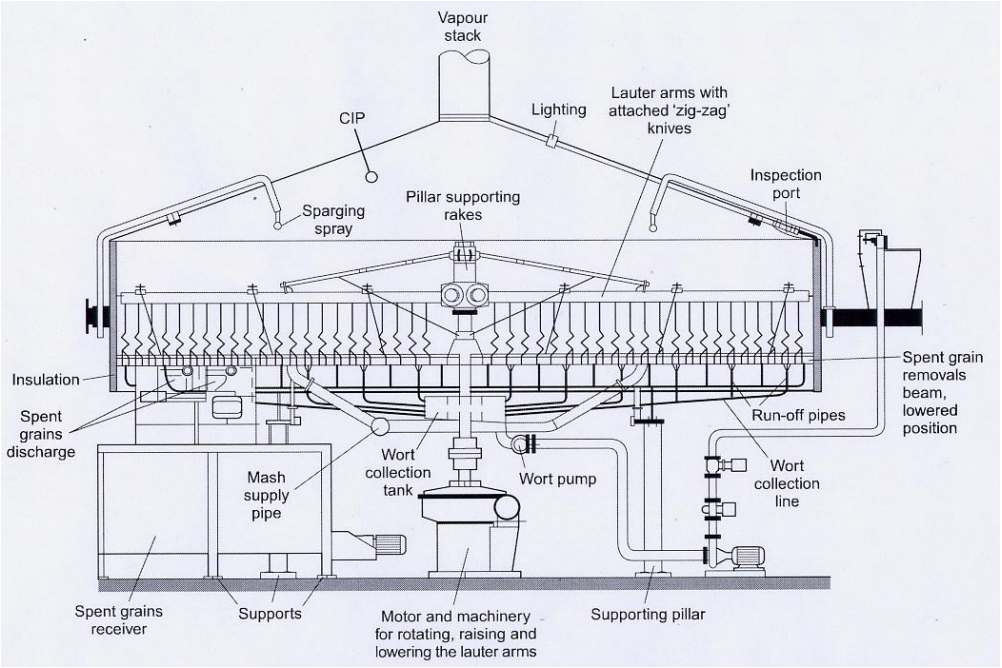
- La prima separazione è per semplice drenaggio

- 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

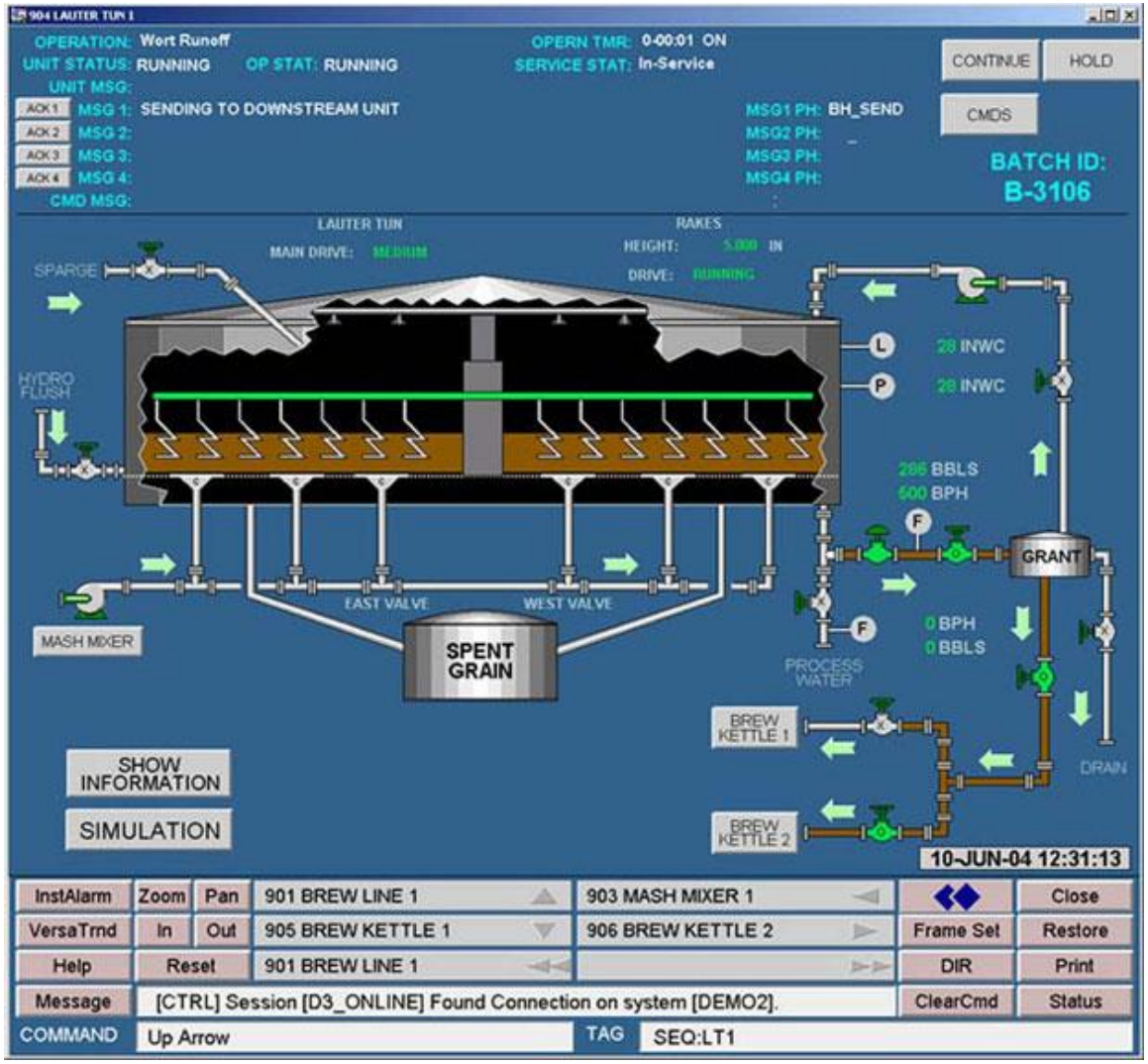
- Usando acqua a 100 °C si ha minore viscosità ma si degradano le amilasi → l'amido residuo non viene più idrolizzato

- La separazione si può avere con un **tino di filtrazione** od un **filtro**

Tino di filtrazione



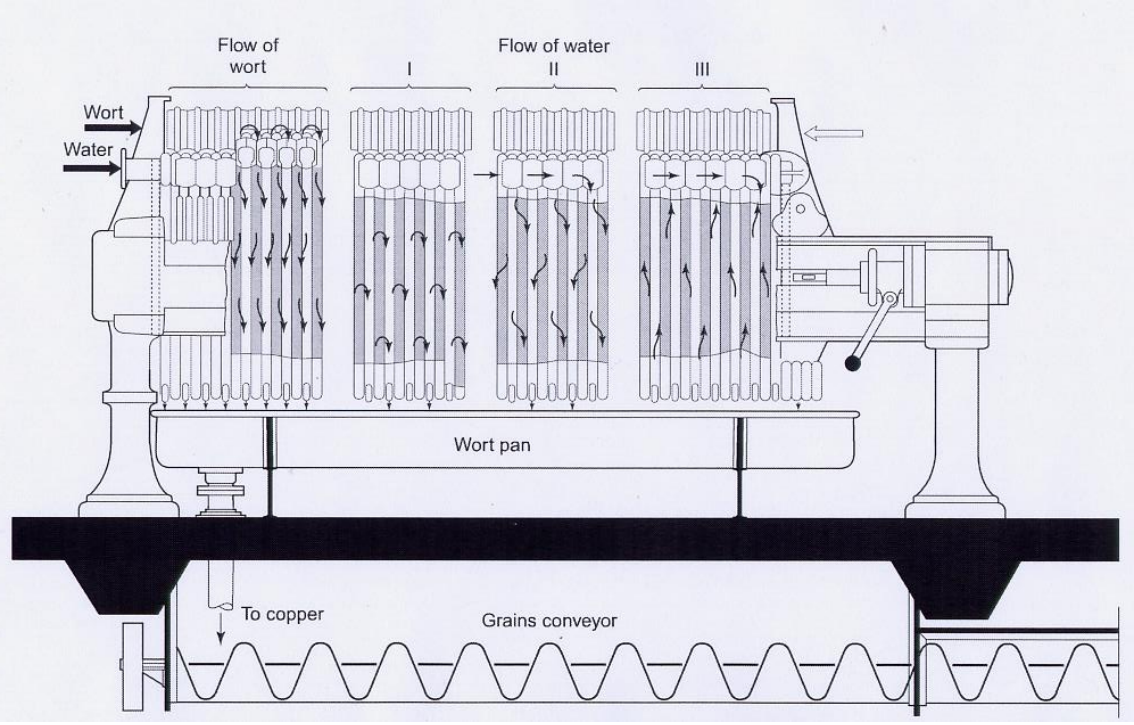
- Importante evitare le ossidazioni
- Spessore delle trebbie circa 20 cm
- Evitare il raffreddamento


904 LAUTER TUN 1
OPERATION: Wort Runoff
UNIT STATUS: RUNNING
OP STAT: RUNNING
UNIT MSG:
OPERN TMR: 0-00:01 ON
SERVICE STAT: In-Service
CONTINUE
HOLD
ACK 1 MSG 1: SENDING TO DOWNSTREAM UNIT
ACK 2 MSG 2:
ACK 3 MSG 3:
ACK 4 MSG 4:
CMD MSG:
MSG1 PH: BH_SEND
MSG2 PH:
MSG3 PH:
MSG4 PH:
CMDS
BATCH ID:
B-3106
LAUTER TUN
MAIN DRIVE: MEDIUM
RAKES
HEIGHT: 5.000 IN
DRIVE: RUNNING
SPARGE
HYDRO FLUSH
28 INWC
28 INWC
286 BBLS
500 BPH
GRANT
EAST VALVE
WEST VALVE
MASH MIXER
SPENT GRAIN
0 BPH
0 BBLS
PROCESS WATER
BREW KETTLE 1
BREW KETTLE 2
DRAIN
SHOW INFORMATION
SIMULATION
10-JUN-04 12:31:13
InstAlarm
Zoom
Pan
901 BREW LINE 1
903 MASH MIXER 1
Close
VersaTrnd
In
Out
905 BREW KETTLE 1
906 BREW KETTLE 2
Frame Set
Restore
Help
Reset
901 BREW LINE 1
DIR
Print
Message
[CTRL] Session [D3_ONLINE] Found Connection on system [DEMO2].
ClearCmd
Status
COMMAND
Up Arrow
TAG
SEQ:LT1

- 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



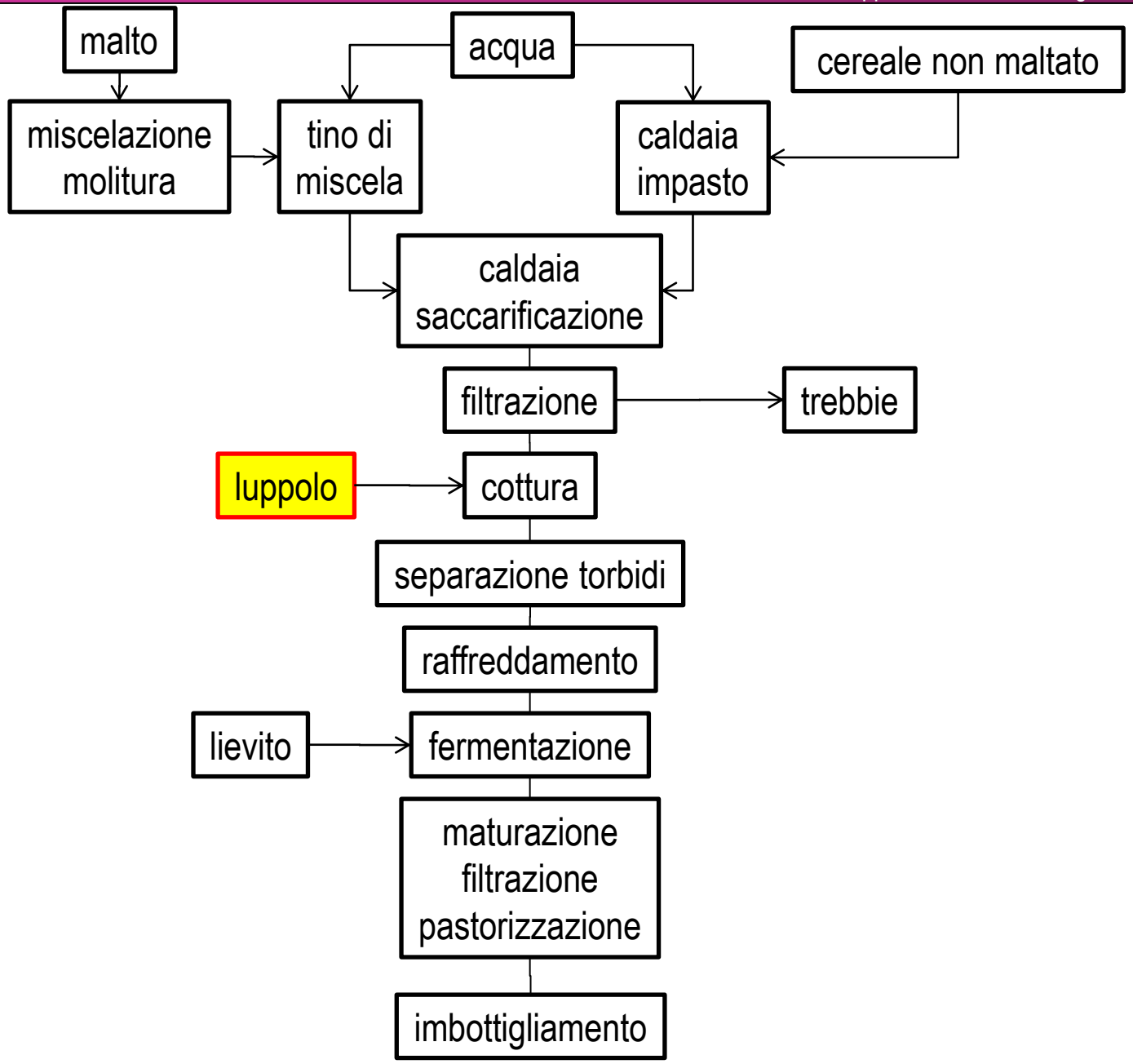
- Esistono alcune varianti:
  - Filtro a camera “Meura” → vi sono delle membrane che delimitano delle camere di circa 4 cm
    - si immettono le trebbie nella camera
    - si immette aria compressa che pressa le trebbie
    - si immette acqua calda (circa 78 °C) e la si lascia per 50-55 min per l’estrazione
    - 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 al giorno
  - 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

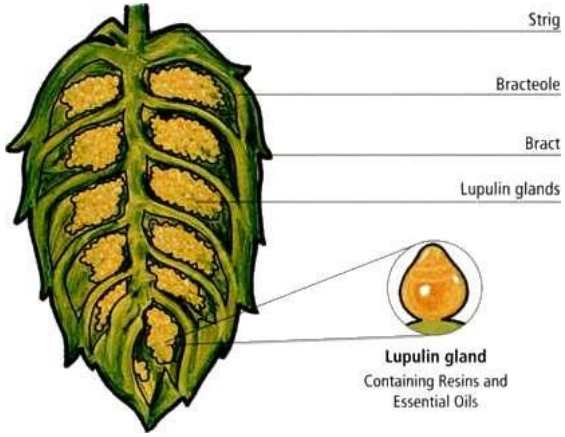
- Composizione media

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


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

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 (2010) è di circa 123.000 t/anno ottenuti da circa 80.000 ha; maggiori aree di produzione Europa (53.000 t), Africa (31.000 t) e America (24.000 t). Fra i Paesi produttori Germania (34.000 t), USA (24.000 t), Etiopia (31.000 t), Cina (10.000 t)
- Si è avuta una diminuzione di produzione per aumento di varietà ad alto α; di un decremento nel consumo di birra; nella richiesta di birre meno amare



✓ Le varietà di luppolo si distinguono in: aromatiche, amaricanti, con alto contenuto in α-acidi

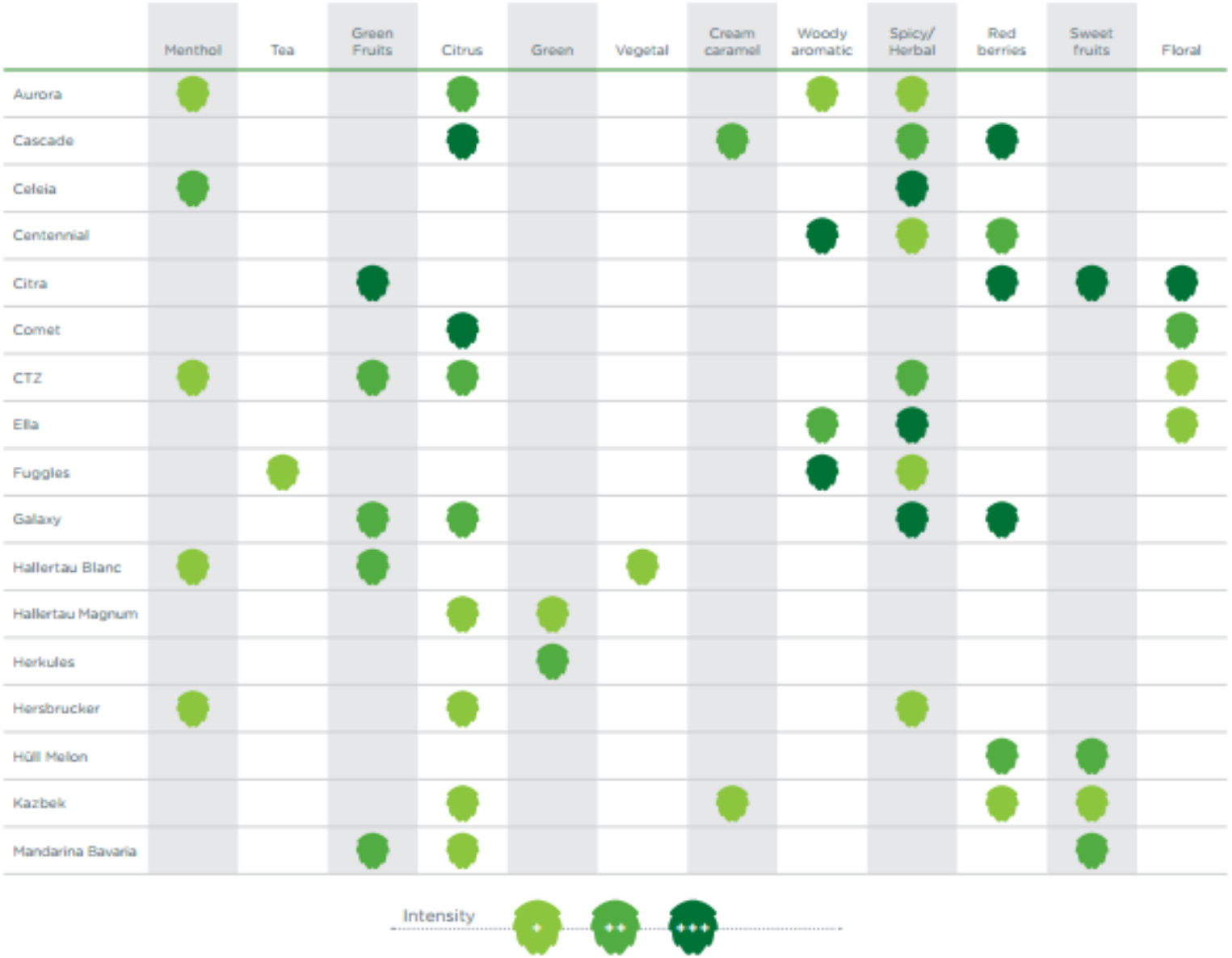
✓ Varietà aromatiche: co-humulone <20%, alta % composti aromatici, basso contenuto a-acidi (2.5-5%) → Perle, Spalter Select, Hallertauer Tradition, Hallertauer Opal, Hallertauer Saphir

✓ Varietà amaricanti: α-acidi >10-15%, co-humulone <25% → Northern Brewer, Brewers Gold

✓ Varietà ad alto α-acidi → Hallertauer Merkur (10-14%), Hallertauer Herkules (12-17%)

VARIETY PORTFOLIO

BARTH-HAAS GROUP
FOR YOUR SUCCESS



BARTH-HAAS GROUP
FOR YOUR SUCCESS

Ella

Australia

Citrus
Lavender
Bergamot oil
Melissa
Sage

Ella is a new aroma variety with strong growth characteristics. It produces medium-large cones that ripen medium to late and maturing and provide high crop yield. Ella is a new hop cultivar with the ability to contribute a range of pleasant hop derived flavours to beer, which are unique combination of floral notes and subtle hints of star anise (a gentle spiciness).

Analytical values	
Type	Aroma
Growing Area	Australia
Lineage	Australian breeding material
α-acids*	14.0 – 16.0 %
β-acids	4.0 – 4.5 %
Total Polyphenols	No data
Total oils	app. 2.9 mL/100g
Myrcene	app. 33.0 % of total
Linalool	0.2 – 0.7 % of total

The analytical values are typical for the variety at the time of harvest, but may vary according to crop year, growing region, grower and degree of ageing.

*The alpha content is determined by means of spectrophotometric analyses.

BARTH-HAAS GROUP
FOR YOUR SUCCESS

Aramis

France

Caramel
Mint
Lemon grass
Rose
Raspberry

The most important aroma hop variety in the Alsace region is the traditional Strisselspalt. Aramis was developed as part of a breeding programme in order to launch a new variety with a similar aroma profile and polyphenol properties to Strisselspalt, but with enhanced aroma and bitterness attributes.

Analytical values	
Type	Aroma
Growing Area	France
Lineage	Daugther of Strisselspalt
α-acids*	7.9 - 8.3 %
β-acids	3.8 - 4.5 %
Total Polyphenols	No data
Total oils	1.2 - 1.6 mL/100g
Myrcene	app. 0.4 % of total
Linalool	app. 0.8 % of total

The analytical values are typical for the variety at the time of harvest, but may vary according to crop year, growing region, grower and degree of ageing.

*The alpha content is determined by means of spectrophotometric analyses.

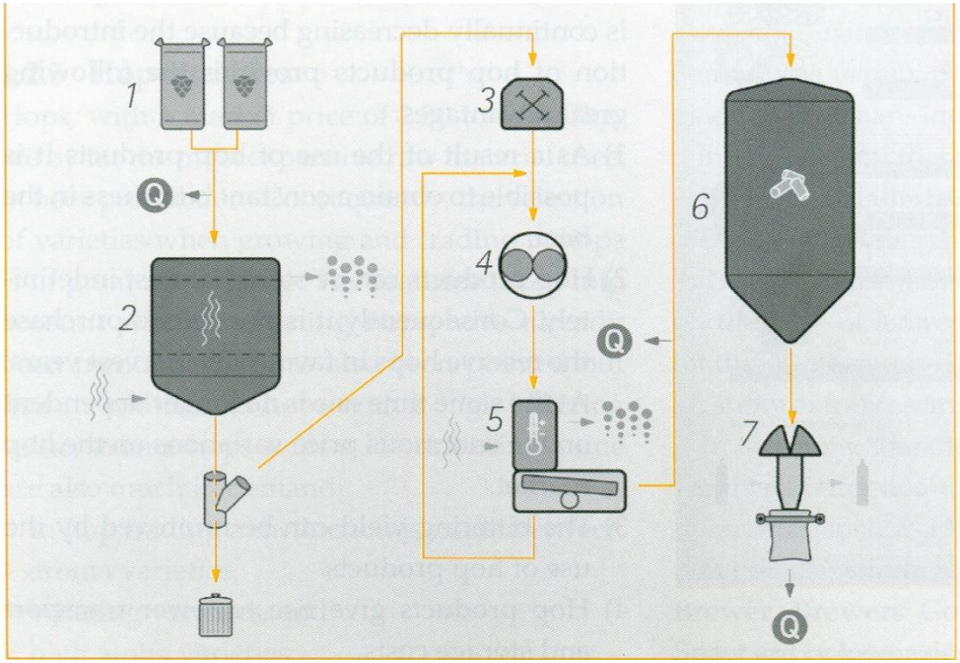
- La raccolta è fatta a mano o macchina dei coni femminili (H_20 75-80%) che vengono rapidamente essiccati a circa 50 °C sino a 8-12% di acqua

- 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) → tipo 90 - tipo 45 - isomerizzati
  - estratto (solventi o CO_2 supercritica)
  - estratto isomerizzato (si aggiunge a fine cottura)

Pellet tipo 90

- Particelle di 1-5 mm
- 90 kg sono ottenuti da 100 kg di luppolo fresco



1 – ingresso
2 – essiccamento a 40-50 °C sino 7-9% acqua
3 – macinatura
4 – pellettizzazione (T<50 °C)
5 – raffreddamento
6 – stoccaggio
7 – confezionamento in ATM controllata

Pellet tipo 45

- Particelle da 0.15 mm
- Problemi di macinazione che è fatta a -35 °C per separare le parti aromatiche
- Si può arrivare al tipo 25

Pellet isomerizzati

- L'isomerizzazione è provocata con l'aggiunta di MgO prima della pellettizzazione e la conservazione a 50 °C sino al punto voluto
- L'uso di isomerizzati consente di ridurre i tempi di bollitura → costi minori
- Non consentiti in Germania

Estratto etanolico

- Si tratta il luppolo con etanolo 90%
- L'estratto o miscella viene concentrato poi il solvente estratto a bassa pressione e temperatura (120 mbar, 60 °C)

Estratti con CO_2

-Il punto triplo è 5.1 bar, 217 °K
- Si può usare CO2 liquida (70 bar, 20 °C) → molto costoso, ma estratti puri
- Si può usare CO2 supercritica (150-300 bar; 32-100 °C)

Polvere di estratti

-Gli estratti sono polverizzati su gel di silice

Estratti isomerizzati

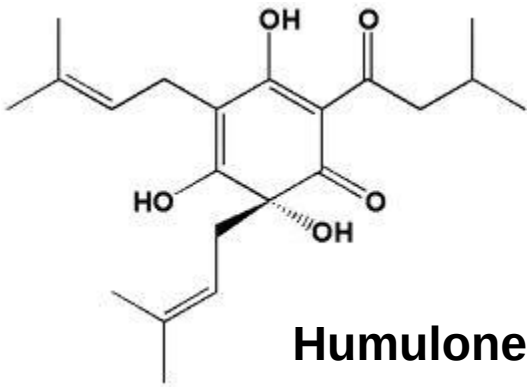
- Gli estratti da CO_2 sono emulsionati in acqua e trattati con basi (carbonato di potassio) a caldo
- Dopo l'isomerizzazione si separano le cere
- Dopo raffreddamento si porta il pH a 7-8 e si separano i β-acidi

• Si possono avere anche agenti amaricanti → aggiunti alla fine del processo e comprendono tetra-iso-α-acido, esa-idro-iso-α-acido e rho-iso-α-acido

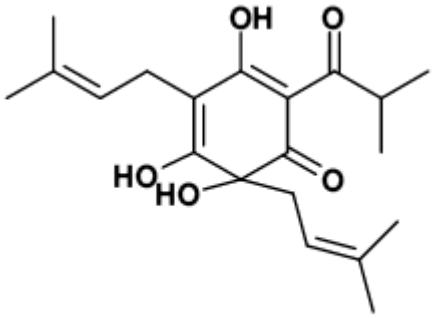
- I componenti del luppolo sono:
  - sostanze amare 19%
  - oli 0.5%
  - polifenoli 4%
  - proteine 20%

Sostanze amare

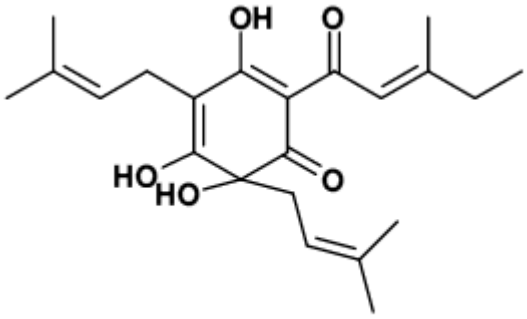
- Durante lo sviluppo si formano β-acidi meno amari che con la maturazione si convertono in α-acidi più amari
- Per questa conversione servono periodi freddi ed umidi
- Gli α-acidi o umuloni sono molto importanti per l'amaro mentre il co-umulune ha un ruolo negativo → selezionate cultivar a bassa tenore in co-umulune



Humulone

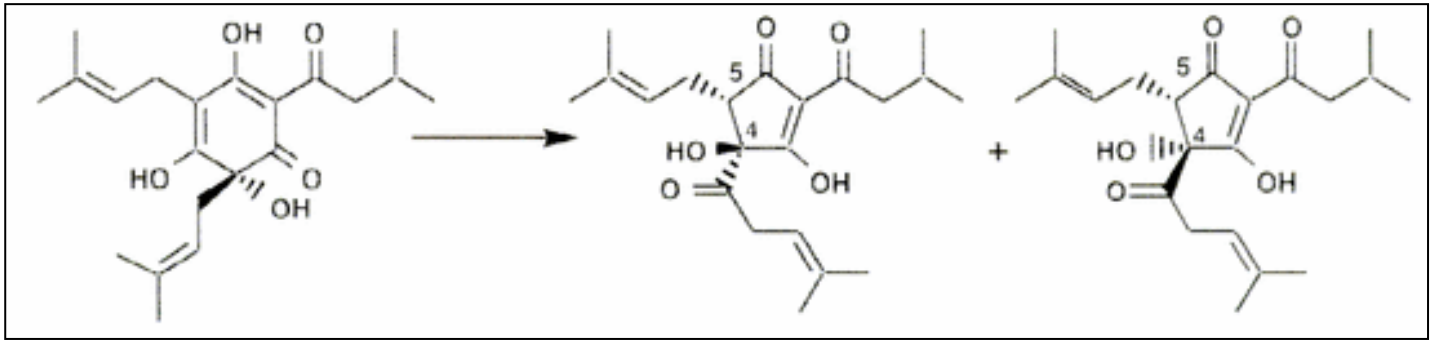


Cohumulone



Adhumulone

- 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

- La valutazione del luppolo si può fare per conduttimetria (polvere di luppolo 4-10% aria secca; polvere arricchita 7-20% aria secca; estratto luppolo 9-30% aria secca)

- 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
Pills	28-40
Guinness	50-60

Oli

- Si tratta di una miscela complessa di sostanze aromatiche (oltre 250) prodotte dalle ghiandole del luppolo → 0.5-1.2 % 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 α-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 α-acidi

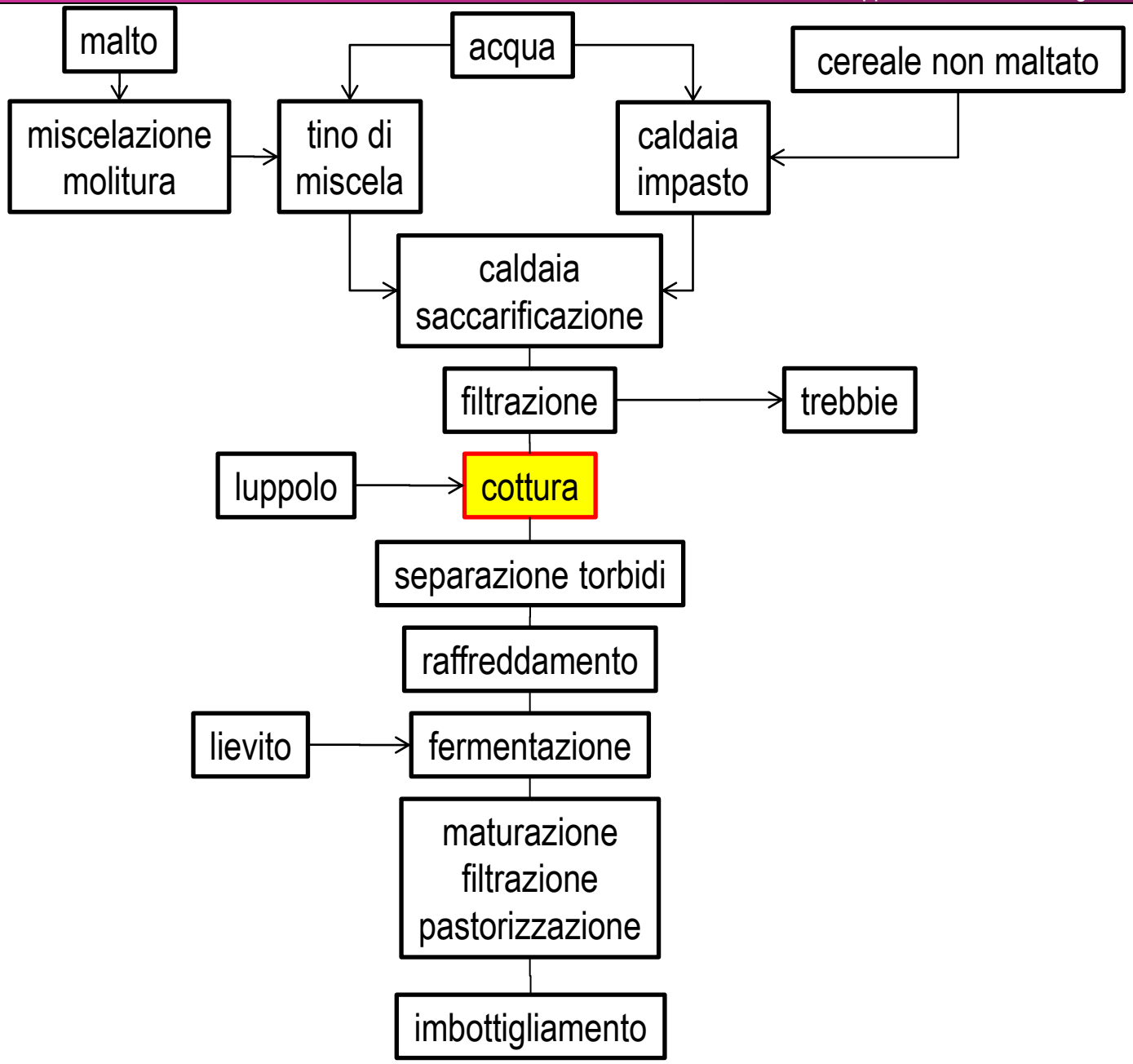
Polifenoli

- Sono molto importanti in quanto antiossidanti, astringenti, precipitano le proteine (flavan-3-oli), danno composti rosso/bruni (flobafeni), si combinano con il ferro dando composti neri → 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)

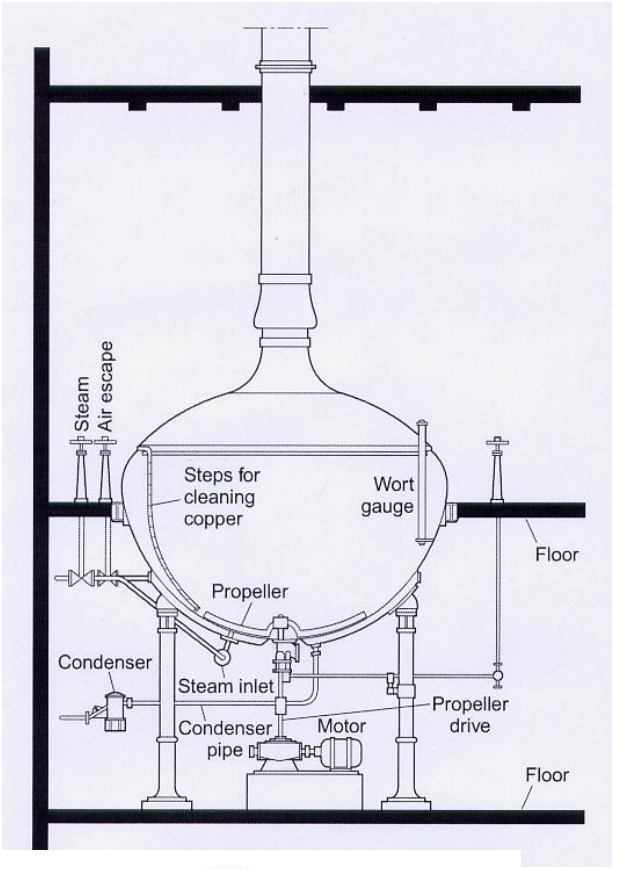
Proteine

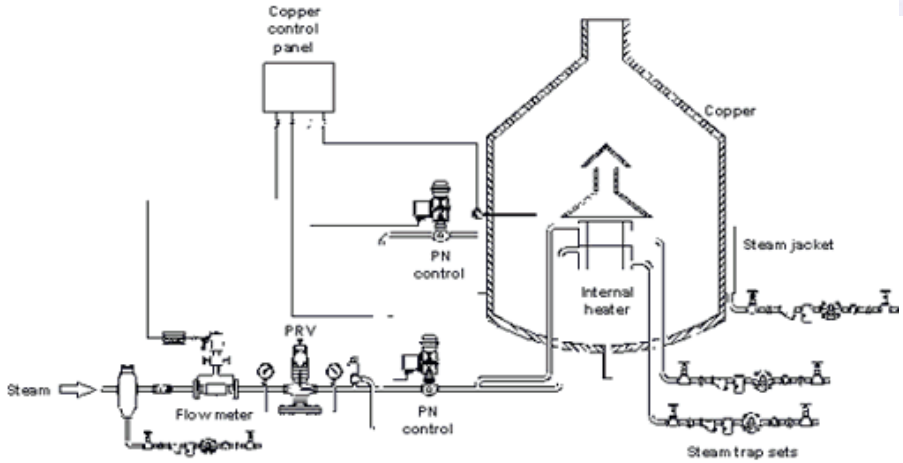
- Sono scarse (12-20% della sostanza secca del luppolo e solo il 30-50% passa in soluzione) e quindi poco importanti per le caratteristiche della birra


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

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
- strippare composti volatili indesiderati





Estrarre ed isomerizzare i costituenti del luppolo

- Gli a-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 da 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 aumenta → gli a-acidi isomerizzano all'inizio della bollitura e la resa decresce con il procedere 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 (4-15% di evaporazione)

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 a-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

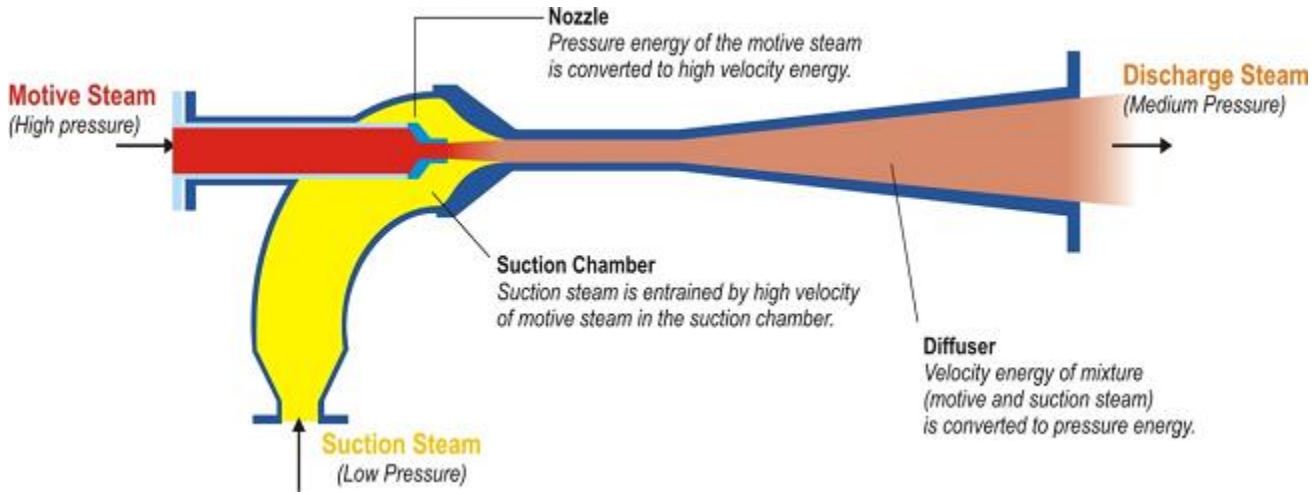
Strippare composti volatili

✓ La temperatura elevata provoca l'evaporazione di composti indesiderati (DMS, esanale, esanolo, aldeidi di Strecker, furfurale ecc.
✓ Maggiore è la bollitura, maggiore è la 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 immesso nell'intercapedine della caldaia → problemi di bruciatura per le elevate temperature)
  - caldaie ad acqua (usano acqua a 160-170 °C → minore scambio termico, tubazioni maggiori → poco usate)
  - 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")

- Vantaggi scambiatore interno
  - Costruzione semplice e robusta
  - Nessun costo per circolazione esterna
  - Facile pulizia in CIP
  - Non servono isolamenti ulteriori
  - Non serve altro spazio
- Svantaggi scambiatore interno
  - Fase di riscaldamento lunga che porta a difettosità
  - Alte temperature e bassi flussi → coagulazioni nelle tubazioni → usare una turbina interna
  - La superficie di scambio è limitata

- Importante recuperare il calore dal vapore
  - Per convertire 1 kg di acqua a 100 °C in 1 kg di vapore a 100 °C servono 540 kcal che possono esser recuperate
  - Inoltre vi è un problema ambientale
- Tecniche di recupero
  - Condensazione del vapore → si usano scambiatori 1 hL di mosto evaporato produce 0.8 hL di acqua a 80 °C
  - Compressione del vapore → il vapore in uscita non può essere usato per il riscaldamento ma se lo si comprime le temperature aumentano ed il vapore può essere usato per riscaldamento
    - ✓ Compressione meccanica → 0.2 – 0.5 bar
    - ✓ Termocompressione → si produce vapore a 8-10 bar che viene unito al vapore fresco in un tubo Venturi



- 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
- Effetti voluti:
  - Minimizzare il consumo di energia ed i costi conseguenti
  - Ridurre i tempi di bollitura e l'intensità
  - Ridurre il riscaldamento del mosto
  - Aumentare il contenuto di sostanze azotate coagulabili agenti di schiuma
  - Ridurre il contenuto di DMS

- Bollitura a bassa temperatura
  - ✓ riscaldamento a 100 °C in 15 min
  - ✓ bollitura a 100 °C per 10 min
  - ✓ riscaldamento a 102-104 °C in 10-15 min
  - ✓ bollitura per 15-30 min
  - ✓ riduzione a 100 °C in 15 min
  - ✓ bollitura finale a 100 °C per 10 min

- Bollitura ad alta temperatura
  - ✓ 100 °C per 90 min
  - ✓ 120 °C per 5-8 min
  - ✓ 130 °C per 3-5 min
  - ✓ 140 °C per 2-3 min
  - ✓ 150 °C per 1-1.5 min

Aggiunta luppolo

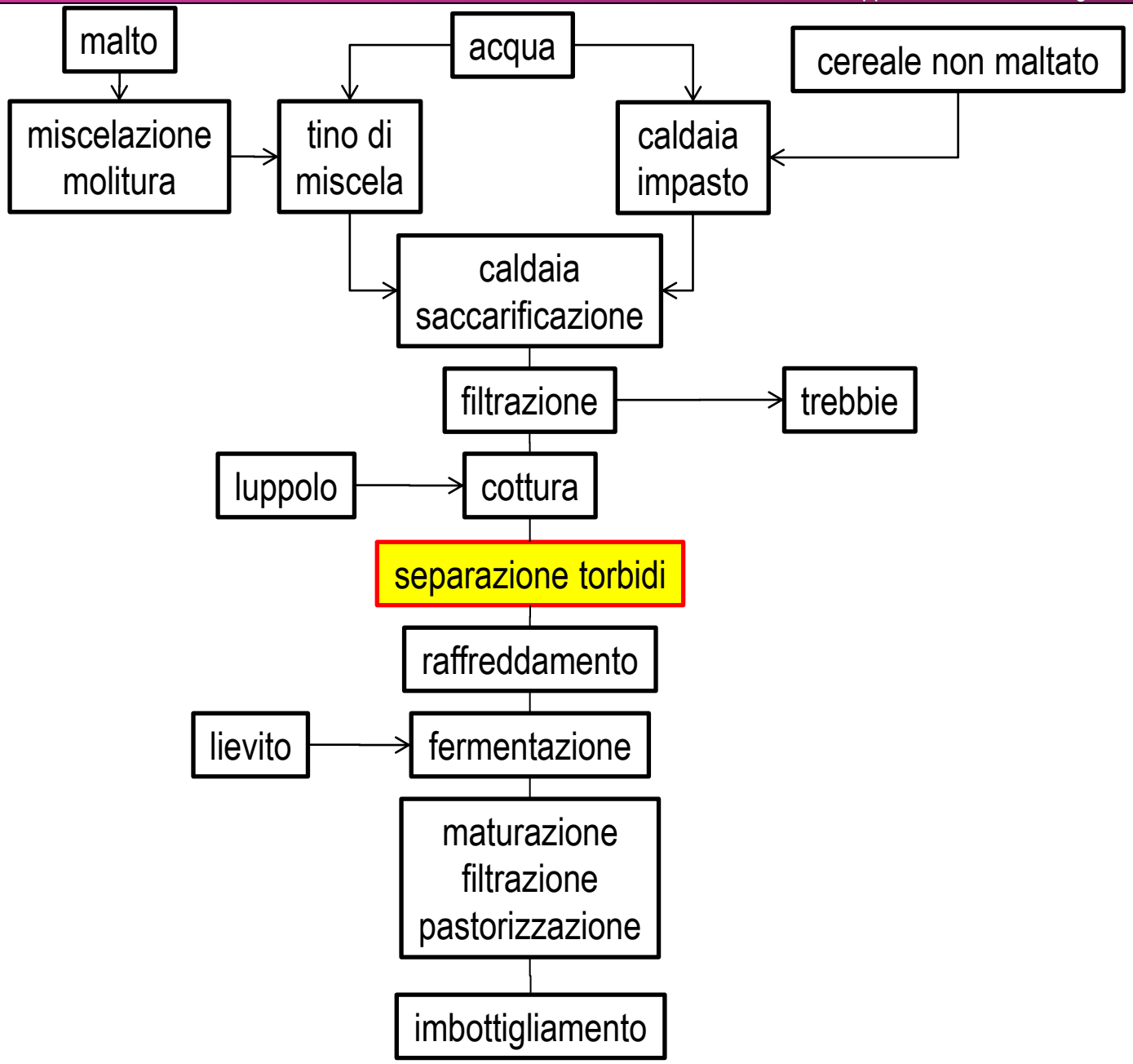
• Durante la cottura viene aggiunto il luppolo → bisogna definire quanto, quando e come

• La quantità è definita in funzione dell'intensità di amaro (Bitterness Units – BU – mg di sostanze amare/litro) → si può usare la formula : Peso del luppolo (g) = (IBU * 10 * Litri Mosto)/Alfa acido % * UTIL% dove UTIL% indica la resa di conversione che dipende da vari fattori (T, tempo, densità mosto etc.)

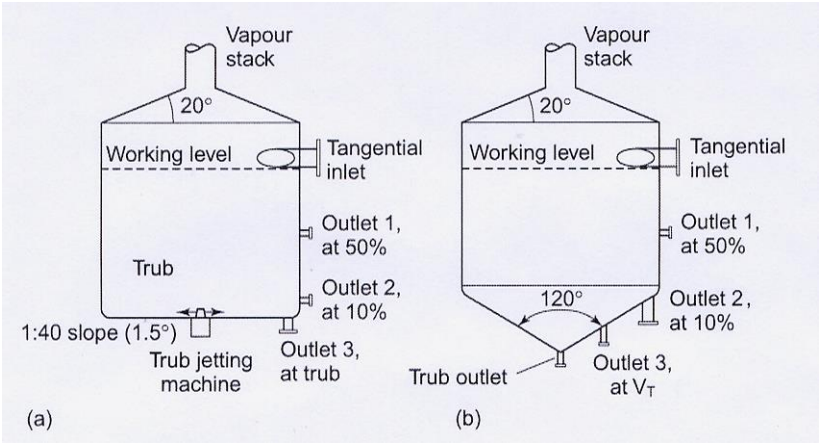
Tempo Bollitura (minuti)	%Util
0 - 5	5.0
6 - 10	6.0
11 - 15	8.0
16 - 20	10.1
21 - 25	12.1
26 - 30	15.3
31 - 35	18.8
36 - 40	22.8
41 - 45	26.9

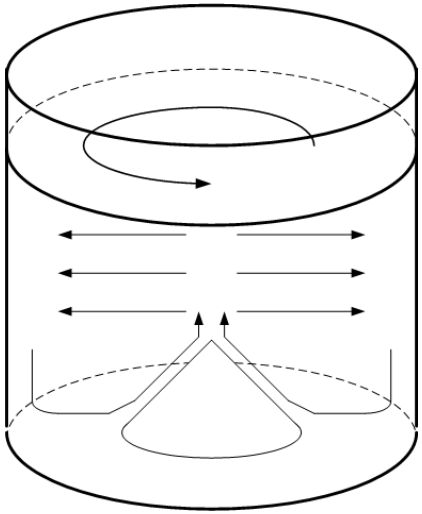
• Il momento della aggiunta dipende dal tipo di luppolo e dagli effetti voluti:
  - ✓ 80% subito (40% aromatico + 40% amaro) e 20% alla fine (aromatico)
  - ✓ 50% subito (25% aromatico, 25% amaro), 30-40% a metà, 10-20% alla fine
• Modalità
  - ✓ Infiorescenza → bisogna poi setacciare → maggiore lavoro e si perde mosto
  - ✓ Infiorescenza macinata → si toglie con il whirlpool
  - ✓ Estratti → bisogna scaldare per ridurre la viscosità

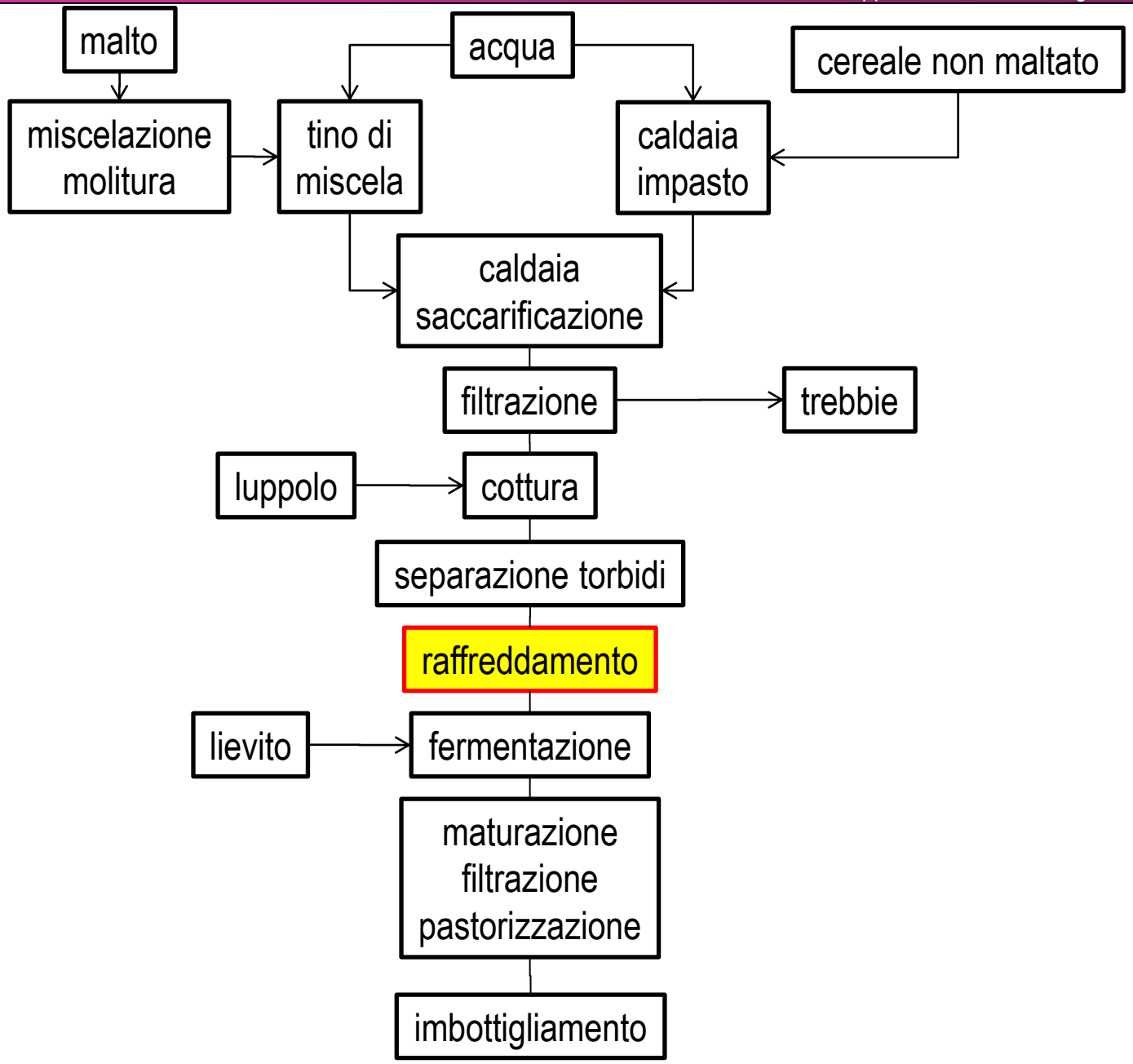
	g α-acidi/hl birra	BU
Wheat beer	5-7	14-20
Bock beer	6-8	19-23
Marzen beer	7-8.5	20-25
Alcohol free	7-9	20-28
Export beer	7.5-11	22-30
Pilsner beer	10-16	28-40


malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

- Dopo la cottura è necessario separare il mosto dai materiali solidi → se si ottengono mosti tropo 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 Whirpool (camere in cui il mosto torbido viene inserito tangenzialmente alla superficie interna così da farlo ruotare nel recipiente e far sedimentare i solidi) → bene 3.5 m/s in ingresso; rapporto diametro:altezza 3:1; pendenza 1%
  - centrifughe



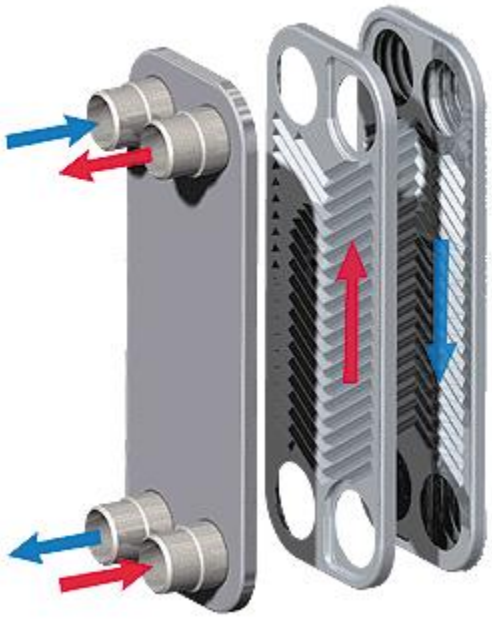


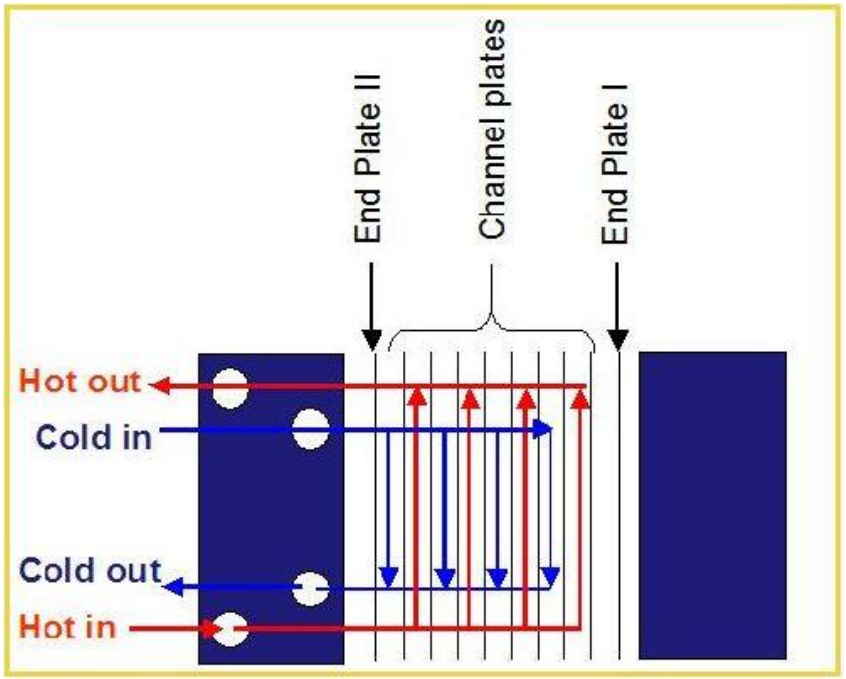

malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

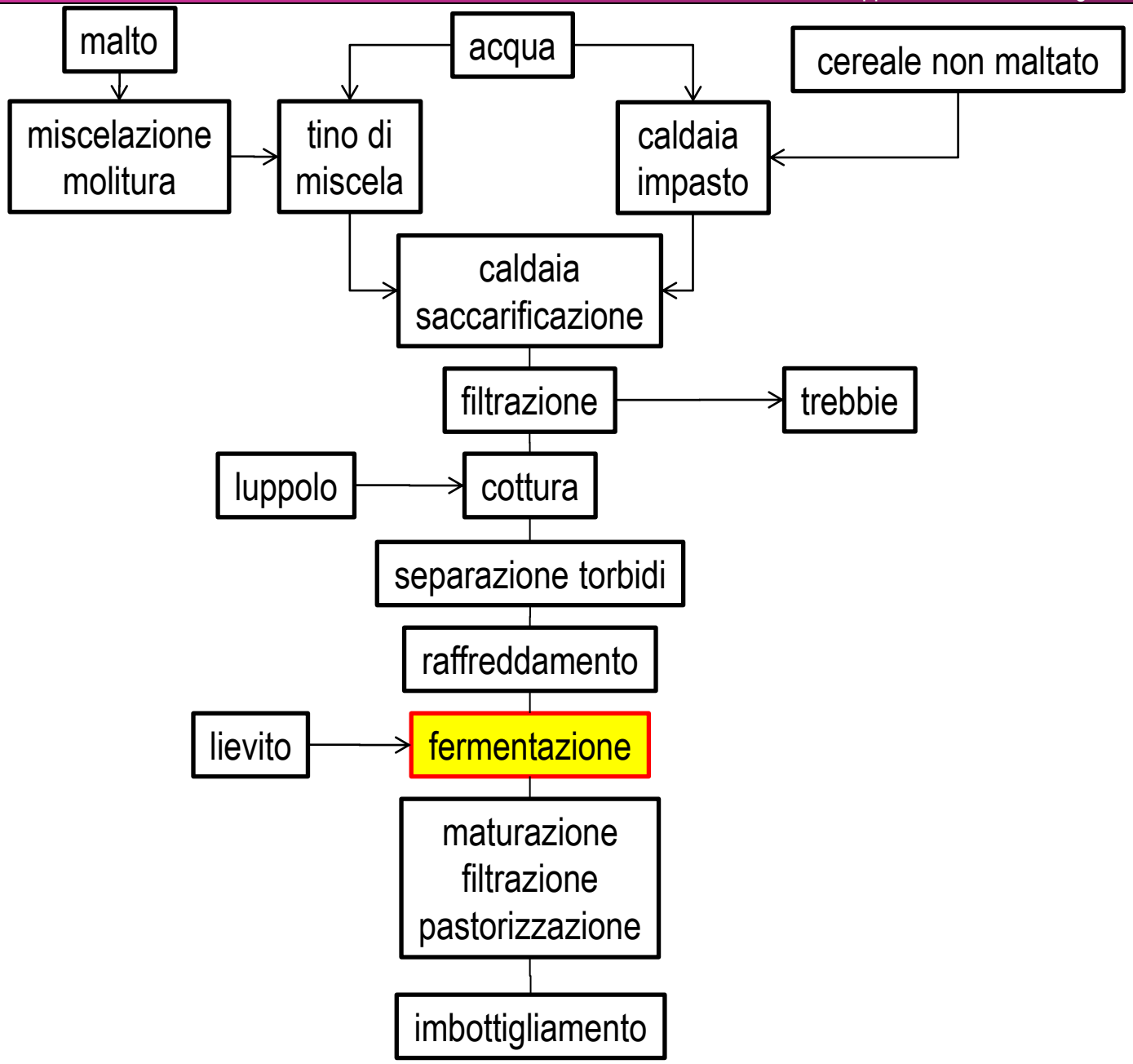
- Il raffreddamento del mosto serve per prepararlo alla fermentazione e viene attuato in scambiatori a piastre sino a 15±22 °C per la fermentazione alta e 6±12 °C per la fermentazione bassa

- 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

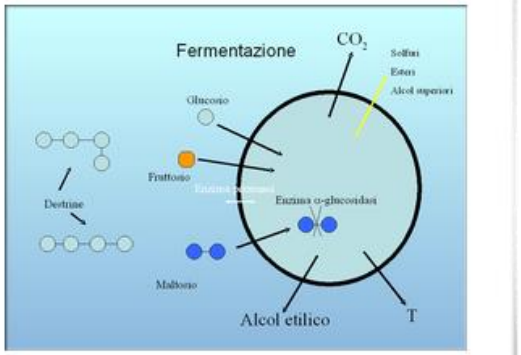
- Durante il raffreddamento possono formarsi torbidi che dovranno essere nuovamente separati (filtrazione, flottazione) → se non si separano, possono aderire ai lieviti riducendo la resa

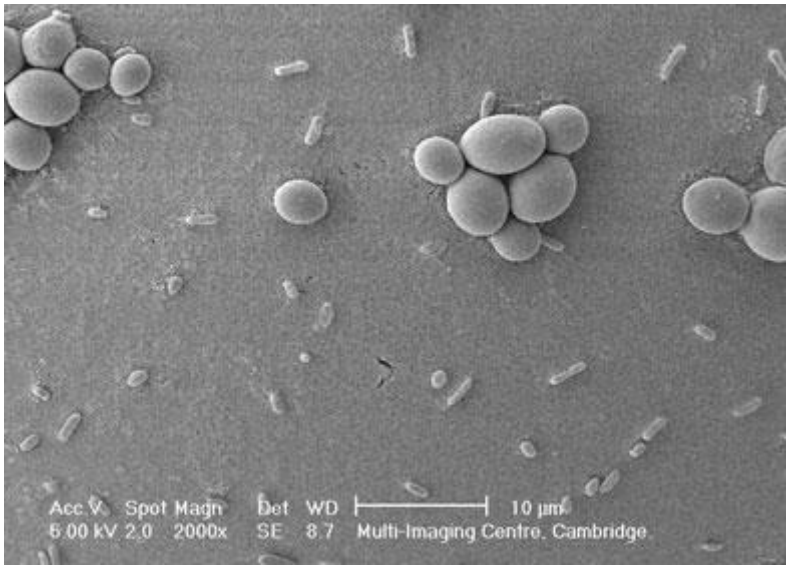





malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

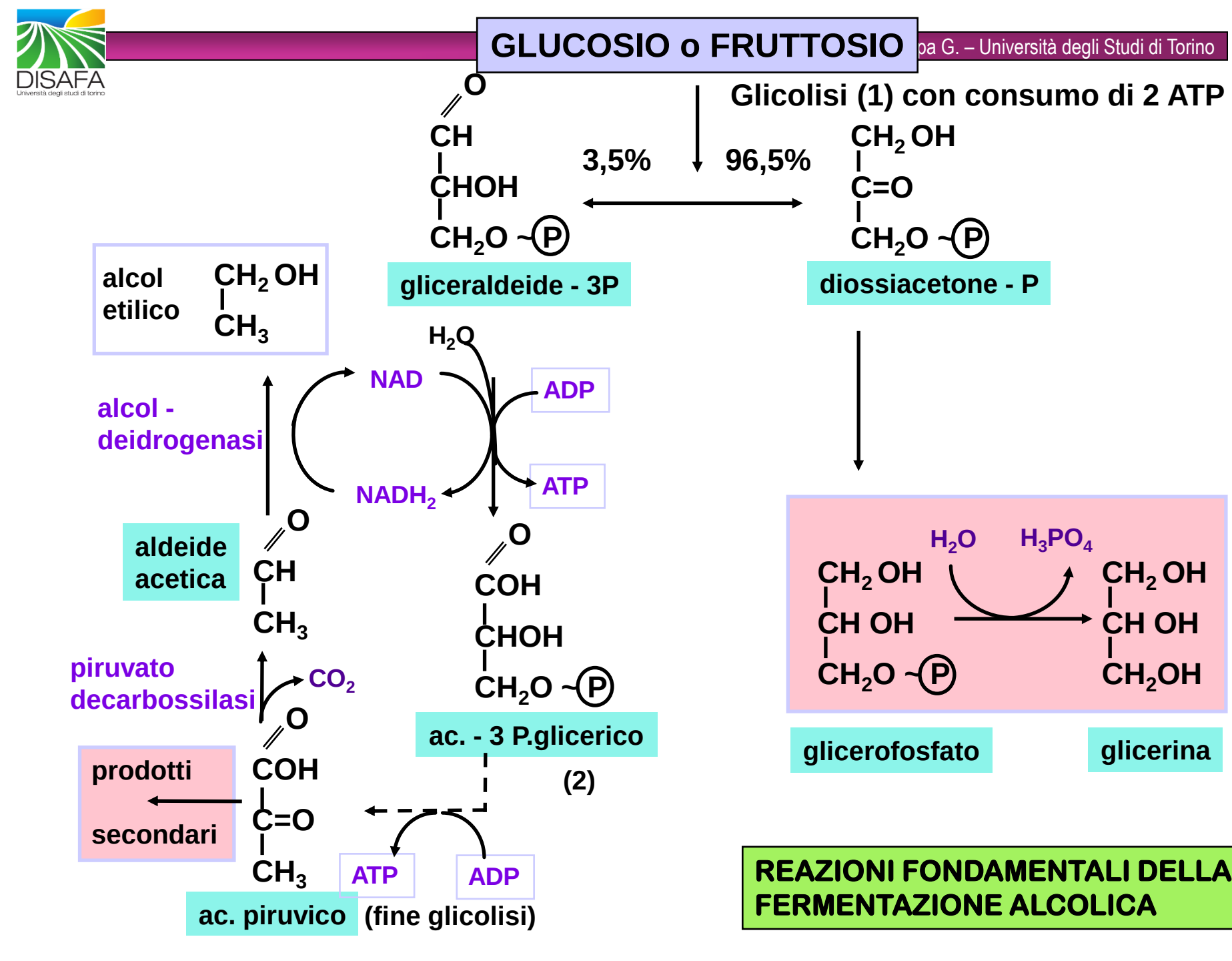
- Il lievito trasforma lo zucchero del mosto in etanolo ed anidride carbonica che determina la formazione della schiuma
- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 24$ Kcal
- Resa teorica 65.5% in volume 180 g → 92 g etanolo + 88 g anidride carbonica
- Oltre all'etanolo si formano altri composti, in particolare esteri ed alcoli superiori → 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



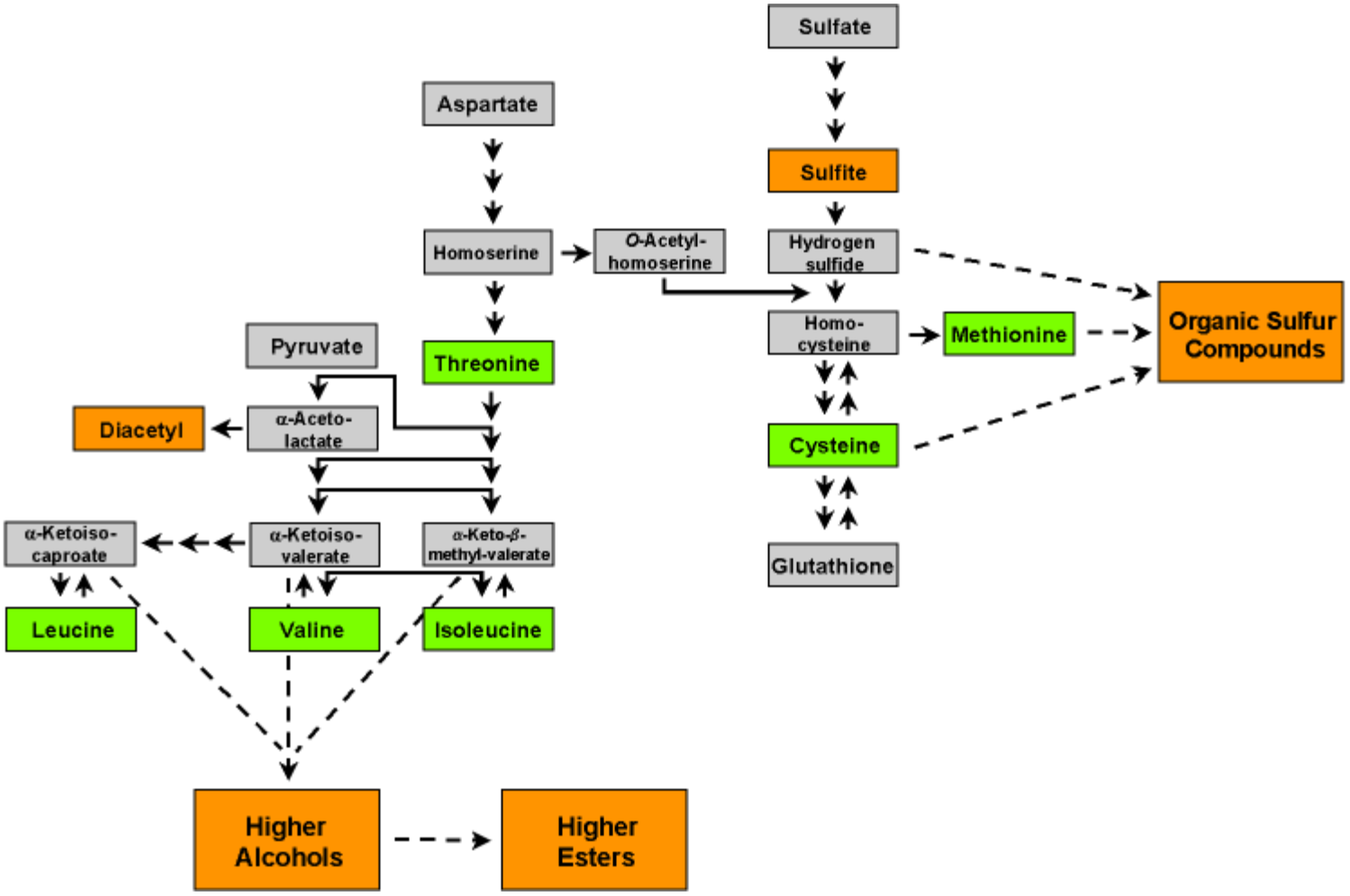


GLUCOSIO o FRUTTOSIO

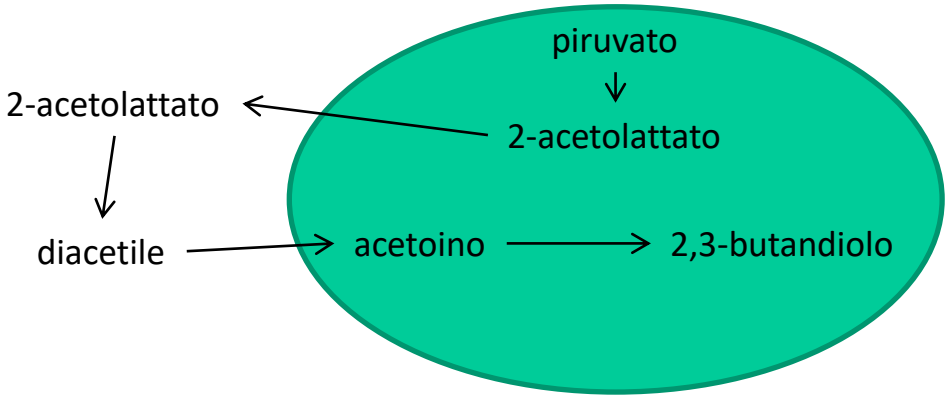
Glicolisi (1) con consumo di 2 ATP



REAZIONI FONDAMENTALI DELLA FERMENTAZIONE ALCOLICA


Sulfate
Aspartate
Sulfite
Homoserine
O-Acetyl-homoserine
Hydrogen sulfide
Pyruvate
Threonine
Homo-cysteine
Methionine
Organic Sulfur Compounds
Diacetyl
α-Aceto-lactate
Cysteine
α-Ketoiso-caproate
α-Ketoiso-valerate
α-Keto-β-methyl-valerate
Glutathione
Leucine
Valine
Isoleucine
Higher Alcohols
Higher Esters

- I sottoprodotti
  - ✓ Diacetile → aroma di burro. Si forma dal piruvato che origina 2-acetolattato che viene secreto → la formazione di acetolattato dipende dal ceppo, dalla velocità alta di crescita , dalla ossigenazione eccessiva → dal 2-acetolattato si forma diacetile e pentanedione → cause: pH bassi (4.2-4.4), riscaldamento mosto, ossigenazione → il diacetile viene assorbito dal lievito che lo trasforma in acetoino e 2,3-butanediolo (nessun effetto aromatico) → la trasformazione è alta nella I° fermentazione tumultuosa e bassa nella fermentazione lenta, aumenta con la temperatura, aumenta con la carica di lievito, aumenta con il contatto con il lievito, aumenta con pH bassi



- Composti carbonilici
  - ✓ Importante l'acetaldeide (intermedio della ferm. alcolica) che è liberata nei primi 3 gg di fermentazione, dopo viene metabolizzata
  - ✓ Da il «verde» alla birra
  - ✓ Nei prodotti giovani 20-40 mg/L, 8-10 mg/L nei vecchi
  - ✓ Aumenta per:
    - Fermentazione rapida
    - Aumento T nella fermentazione
    - Alta carica di lieviti
    - Scarsa aerazione
    - Infezione batterica

- Composti solforati
  - ✓ In genere negativi, hanno soglie molto basse
    - ✓ H_2S : si elimina con alte temperature o aumentando l'altezza del liquido. Da origine a mercaptani e tioalcoli che si possono ossidare a disolfuri meno attivi
    - ✓ SO_2 : si forma dai solfati, assorbe l'ossigeno e riduce l'ossidazione → dipende dal ceppo

- Alcoli superiori
  - ✓ Sono aromi di birra finita e derivano da:
    - Aminoacidi per de-aminazione, decarbossilazione e riduzione
    - Idrossiacidi o chetoacidi
    - Sintesi diretta da zuccheri
  - ✓ L'80% si forma nella I° fermentazione
  - ✓ Fattori che ne determinano la produzione:
    - Aumento temperatura fermentazione
    - Agitazione violenta della birra fresca
    - Riduzione amminoacidi nel mosto
    - Aerazione eccessiva
    - Concentrazione >13% del mosto

- Esteri
  - ✓ Si formano durante la fermentazione per esterificazione di acidi grassi con alcoli
    - Importanti
      - Acetato di etile (solvente; 10-15 mg/L birre basse 20-50 mg/L birre alte)
      - Acetato di isoamile (banana; 1.0-1.9 mg/L birre basse, 1.8-5.0 birre alte)
      - Isobutil acetato (ananas)
      - B-fenil acetato (rosa)
      - Etil caproato (mela)
      - Etil caprilato (mela)
  - ✓ La formazione è dovuta a molti fattori → processo molto complesso
    - Temperatura: ⇑ se T aumenta
    - Aerazione : ⇑ se aerazione aumenta; se aumenta l'ossigeno aumenta la formazione di acidi grassi
    - Acidificazione : ⇑ se si acidifica
    - Zuccheri : ⇑ se vi è più glucosio
    - Lieviti : dipende dal ceppo
    - Altezza fermentatore : ⇑ con fermentatori alti per la maggiore pressione idrostatica ed il maggiore contenuto in CO2
    - Proteolisi : ⇑ con la diminuzione della proteolisi
  - ✓ In generale per aumentare: aumentare la concentrazione del mosto, aumentare l'aerazione, aumentare le temperature

Durante la fermentazione si hanno altre reazioni:

- ✓ Cambiamento contenuto azotati : ci sono due cause
  - Liberazione dalle cellule di lievito
  - Lisi delle cellule di lievito (autolisi)
- ✓ Abbassamento pH : per formazione di acidi organici, il consumo di ioni fosfato ed ammonio, il blocco del potassio nel lievito → pH ottimale 4.2-4.4 → se inferiore acidità eccessiva
- ✓ Variazione potenziale redox : aumenta il potere riducente per il consumo di O2 dai lieviti
- ✓ Riduzione colore : si perdono circa 3 EBC per la riduzione di pH e la perdita di sostanze coloranti (si legano ai lieviti, precipitano, si separano nella schiuma)
- ✓ Precipitazione sostanze amare e polifenoli : la riduzione di pH fa coagulare sostanze che precipitano o vanno nella schiuma
- ✓ Solubilizzazione CO2 : dipende dalla temperatura (aumenta se T↓ e se P↑)
- ✓ Chiarificazione : dipende da molti fattori
  - Contenuto in β-glucani
  - Velocità di raffreddamento
  - Agitazione birra
  - pH (se basso chiarifica meglio)
  - Altezza liquido (migliore con basse altezze)
  - Tempo chiarifica
  - Viscosità birra

- 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

Metabolismo proteico

- In caso di stress dei lieviti si producono enzimi proteolitici
- Molto importante è la proteinasi A che altera la stabilità della schiuma
- Particolarmente importante se:
  - ✓ non c'è pastorizzazione
  - ✓ la conservazione è ad alte temperature
  - ✓ il contatto con i lieviti è lungo
  - ✓ i lieviti sono in stress

- Si può effettuare una parte della fermentazione in serbatoio aperto poi spostare la birra in altro serbatoio per terminare le fermentazione
- Si deve misurare il grado di attenuazione (V) che indica la % di estratto trasformata
  V= (valore estratto fermentato* 100)/ valore estratto iniziale

  Esempio
  Estratto iniziale 12%
  Estratto in fermentazione 4%
  Estratto fermentato 8% (12%-4%)
  V= 8*100/12 = 66.66%

- V dovrebbe essere 78-85% per le birre chiare e 68-75% per le birre scure
- La birra trasferita deve essere chiarificata e la temperatura di fermentazione bassa
- Con la fermentazione secondaria si ha la saturazione in CO2 e la chiarifica. Si attua a 0/2 °C per tempi molto variabili per ottenere la maturazione
- Le due fermentazioni possono avvenire in serbatoi unici termocondizionati
- Prima della fermentazione secondaria a bassa temperatura vi può essere una fase a 14-15 °C (dyacetil rest)
- La birra dopo la fermentazione lenta può essere aggiunta di zucchero e fatta rifermentare in bottiglia tenendo conto che 4 g/L di saccarosio danno 1 L di CO2
- Si può ottenere la rifermentazione in bottiglia unendo una birra finita con una in fermentazione (KRAUSENING; circa 10%) o imbottigliando un mosto non completamente fermentato (SPUNDING)

Contenuto CO2 in funzione del tipo di birra

Stile di birra	Volumi di CO2
British Ales	1.5 - 2.0
Porter, Stout	1.7 - 2.3
Belgian Ales	1.9 - 2.4
Lagers	2.2 - 2.7
Wheat Beer	3.3 - 4.5

Contenuto CO2 in funzione della temperatura di fermentazione

Gradi °C	Volumi di CO2
0	1.7
2	1.6
4	1.5
6	1.4
8	1.3
10	1.2
12	1.12
14	1.05
16	0.99
18	0.93
20	0.88
22	0.83

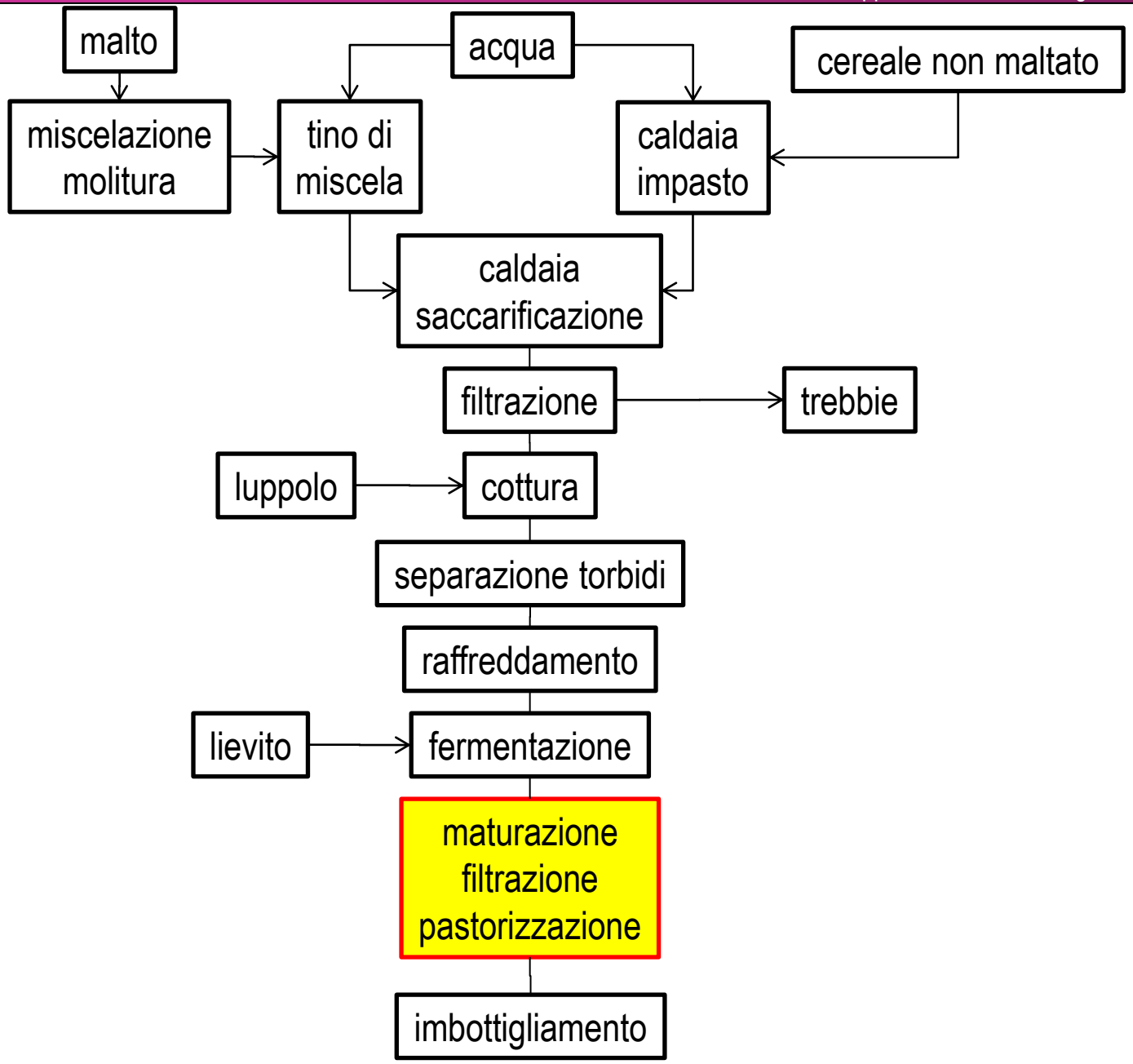
Esempio di calcolo
Ottenere 50 litri di birra a 2.5 volumi di CO2.
La birra è stata fermentata a 20 °C
4g/L di zucchero danno 1 L di CO2

g/L zucchero = (Volume CO2 finale – CO2 presente) *4 *litri birra

g/L = (2.5-0.88)*4*50 = 324 g di zucchero

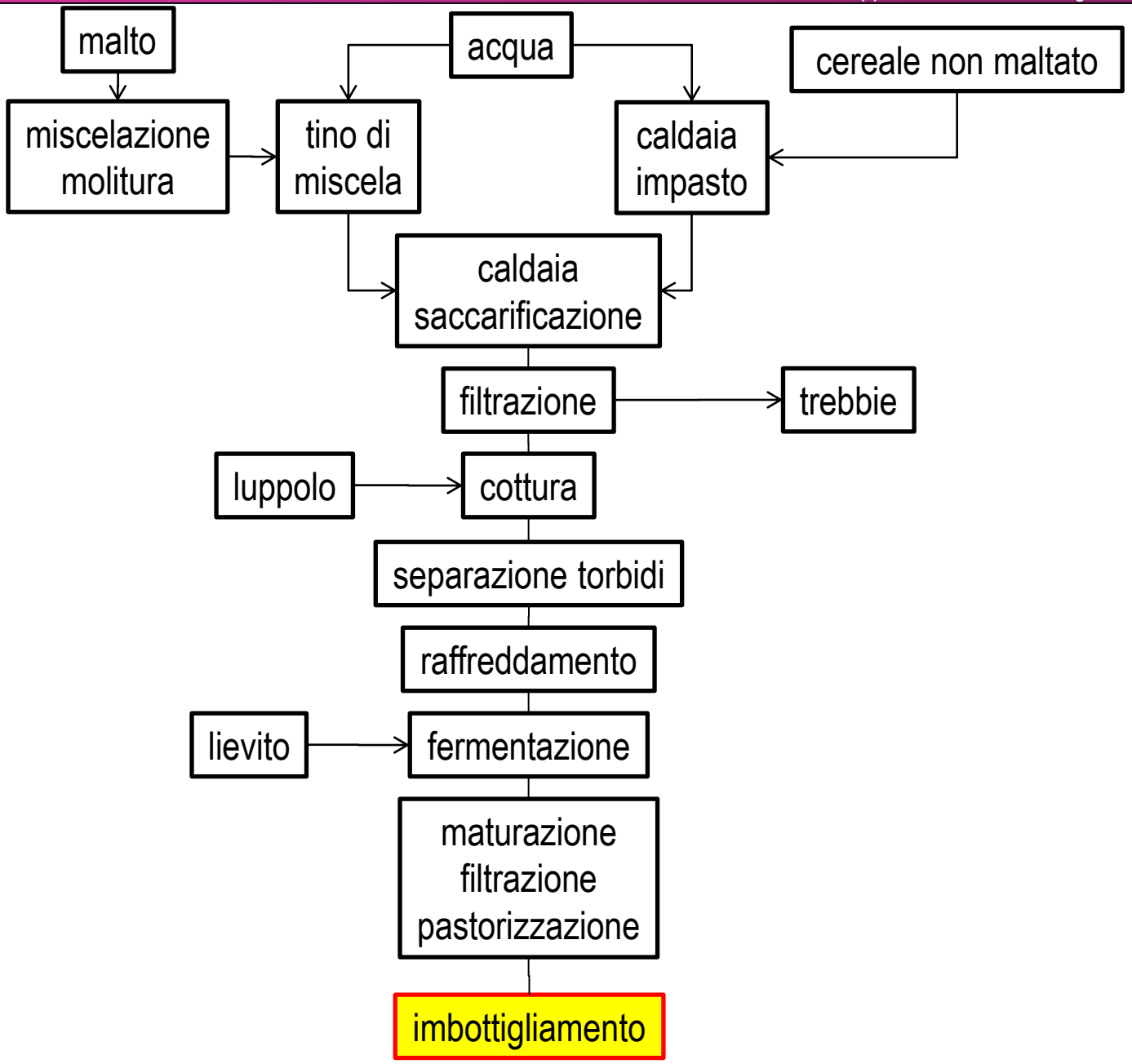
Birra 1

Birra 2

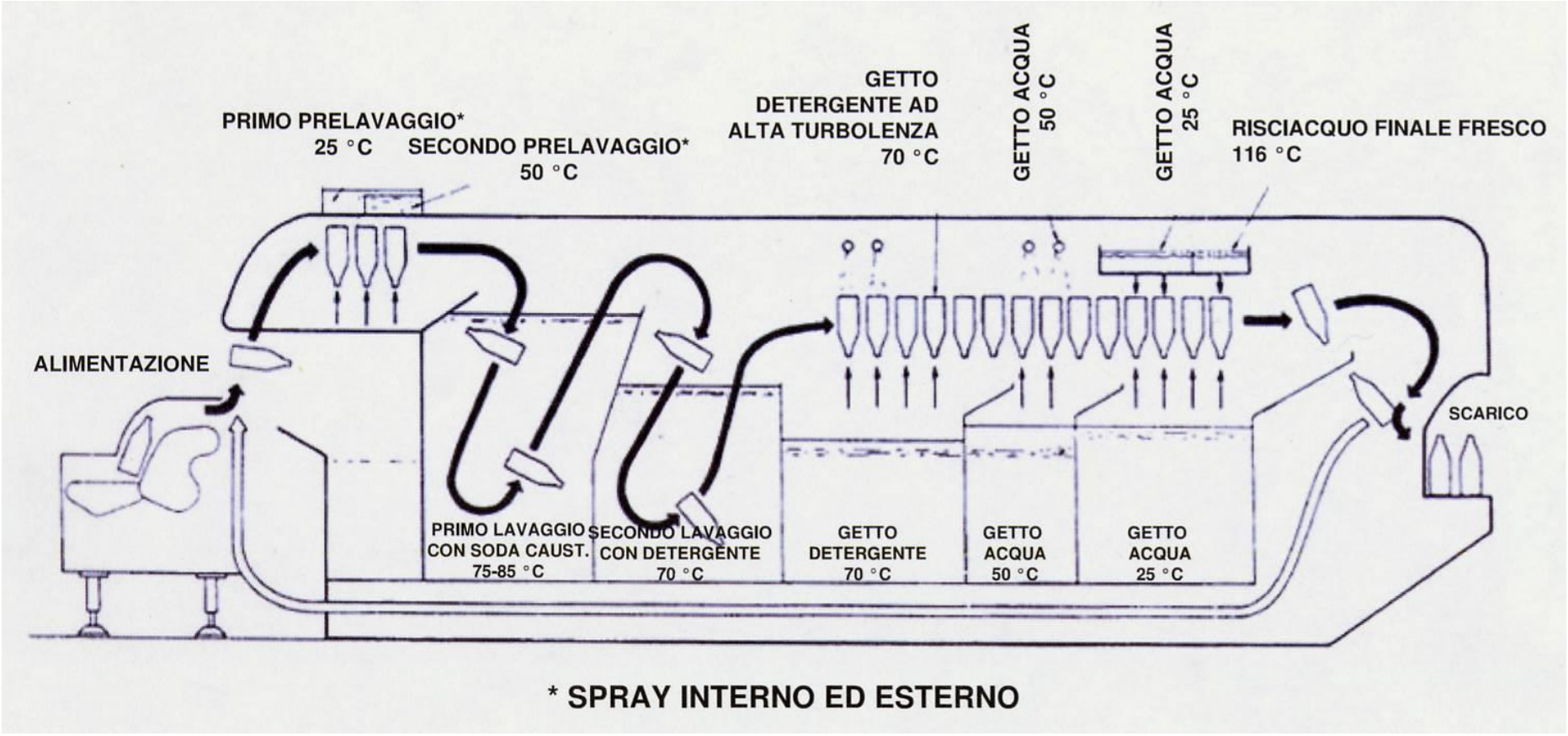

malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

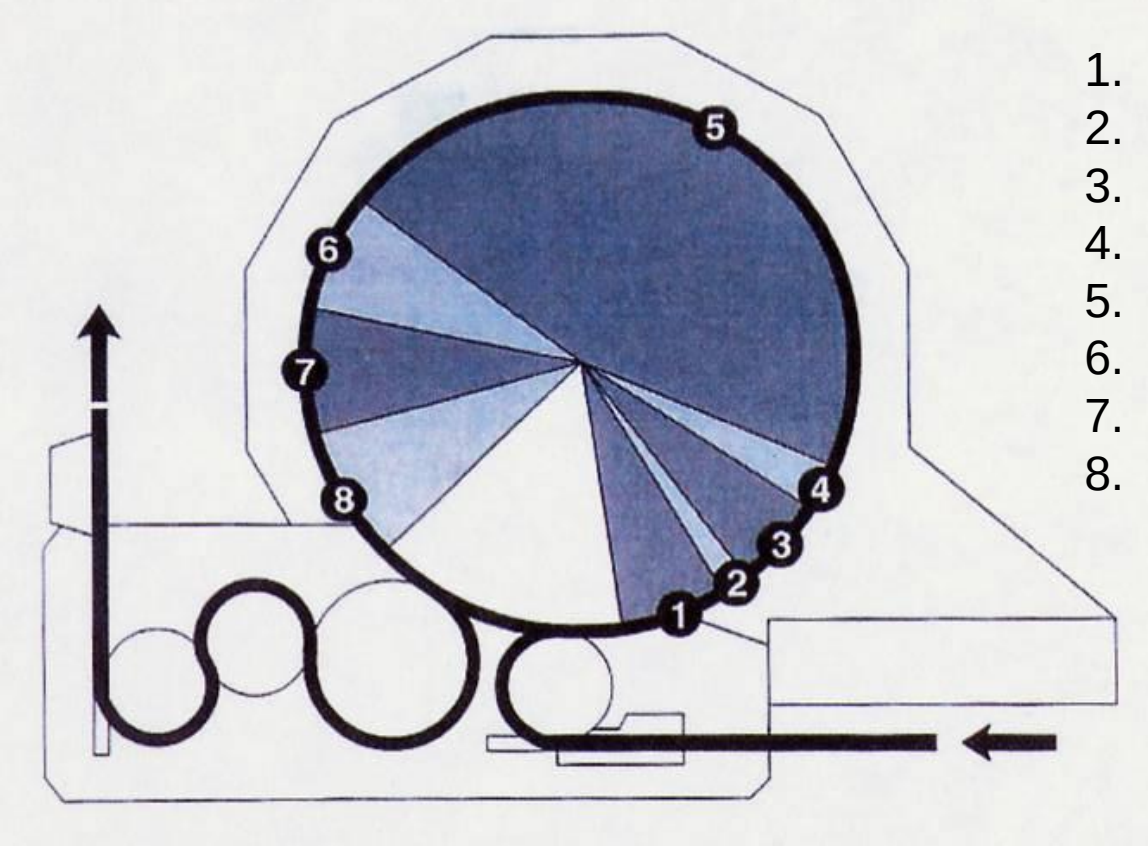
- Dopo la fermentazione si ottiene la ***birra verde***

- 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)

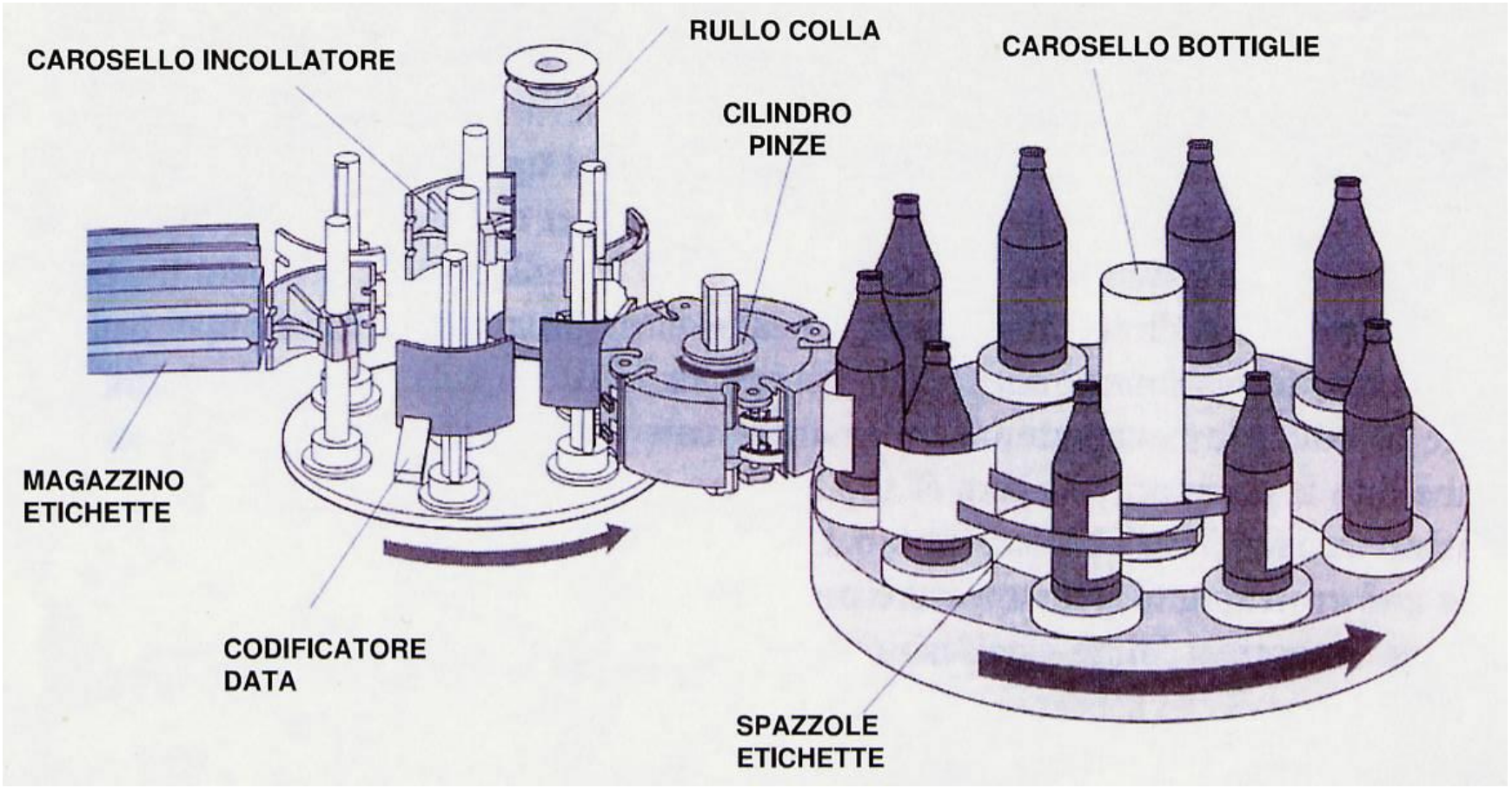

malto
acqua
cereale non maltato
miscelazione
molitura
tino di
miscela
caldaia
impasto
caldaia
saccarificazione
filtrazione
trebbie
luppolo
cottura
separazione torbidi
raffreddamento
lievito
fermentazione
maturazione
filtrazione
pastorizzazione
imbottigliamento

- Usati fusti metallici, lattine e bottiglie
- I fusti sono in anticorodal, lega di alluminio (Si 1%; Mg 1%; Mn 0.6-08%) 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_2
3. 2° vuoto
4. Riempimento CO_2
5. Riempimento birra
6. Completamento riempimento
7. Eliminazione eccesso
8. Controllo pressione


CAROSELLO INCOLLATORE
RULLO COLLA
CAROSELLO BOTTIGLIE
CILINDRO
PINZE
MAGAZZINO
ETICHETTE
CODIFICATORE
DATA
SPAZZOLE
ETICHETTE

Birra 3

Birra 4

Birra 5

Birra 6

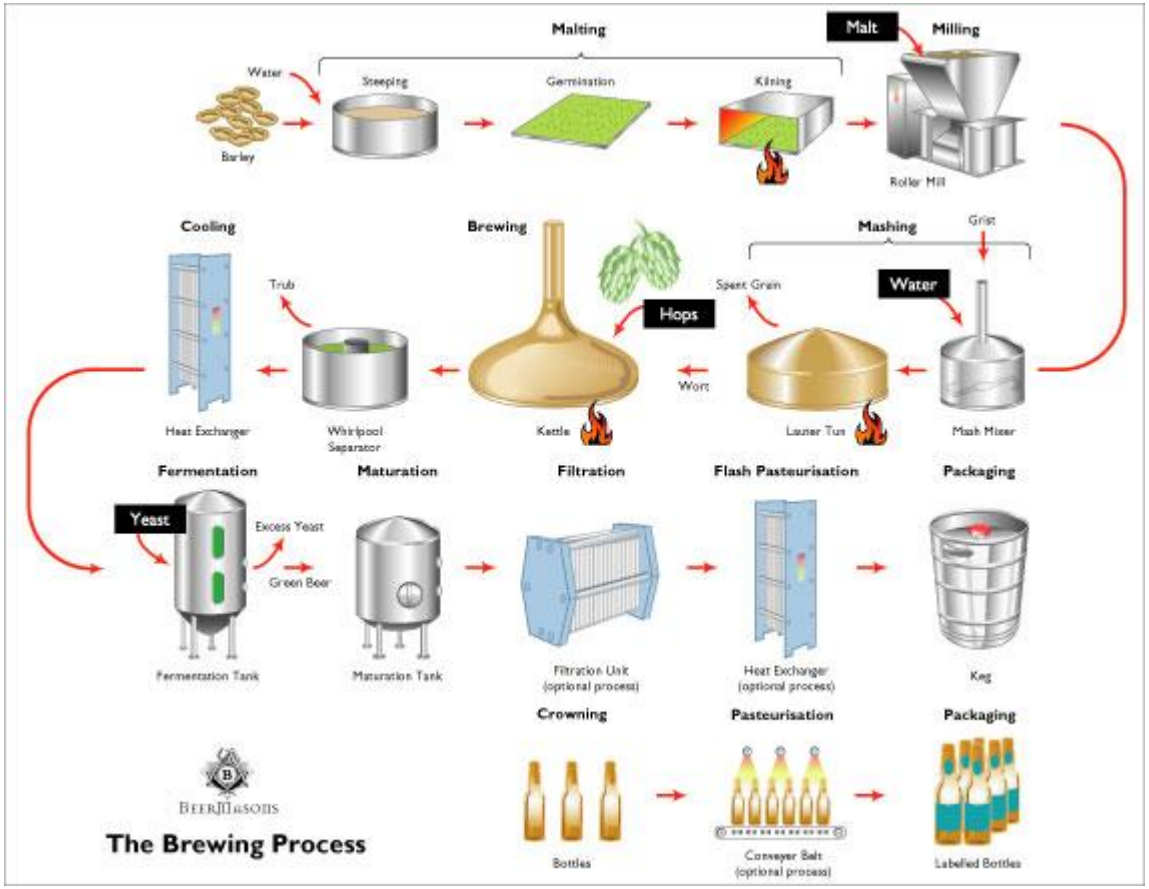
Birra 7

PLUS KEG
SOFT DRINK KEG
junior PLUS KEG

REFRIGERATOR CONVERSION KIT
CO_2 Cylinder Optional

23"
23-3/8"
13-7/8"
9"
9-1/4"
16-1/8"
11-1/8"
16-1/8"
Home Brew
Sixth Barrel
Quarter Barrel
Slim Quarter
Half Barrel

… e per concludere …


Malting
Malt
Milling
Water
Steeping
Germination
Kilning
Barley
Roller Mill
Cooling
Brewing
Mashing
Grist
Trub
Spent Grain
Water
Hops
Wort
Heat Exchanger
Whirlpool Separator
Kettle
Lauter Tun
Mash Mixer
Fermentation
Maturation
Filtration
Flash Pasteurisation
Packaging
Yeast
Excess Yeast
Green Beer
Fermentation Tank
Maturation Tank
Filtration Unit (optional process)
Heat Exchanger (optional process)
Keg
Crowning
Pasteurisation
Packaging
Bottles
Conveyer Belt (optional process)
Labelled Bottles
BEER 101 & SONS
The Brewing Process