



CENTRO DI ECCELLENZA PER LA RICERCA SULLA BIRRA



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA



Prof. Giuseppe Perretti

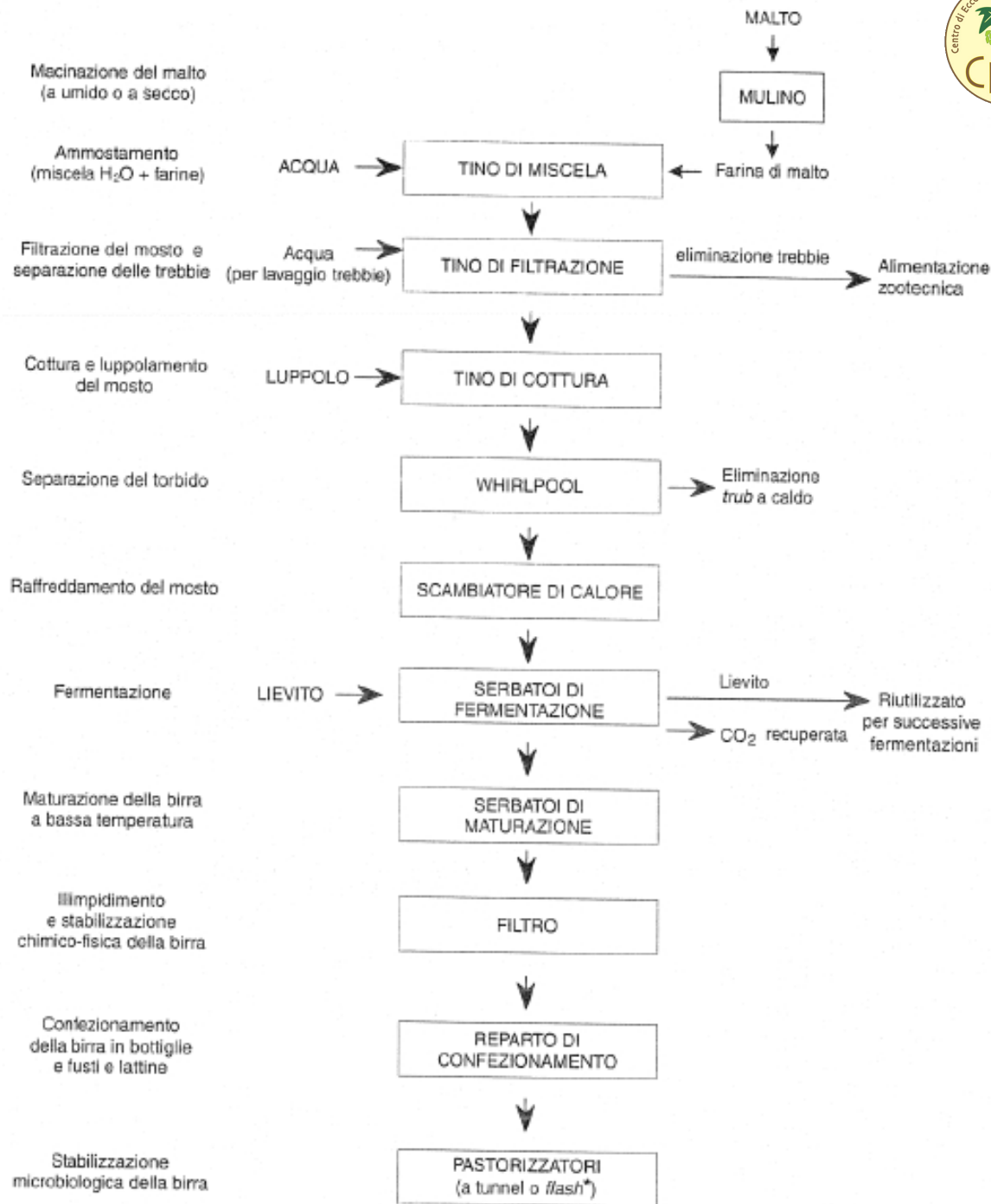
La tecnologia di produzione della birra, parte 2: dal mosto alla fermentazione alla bottiglia

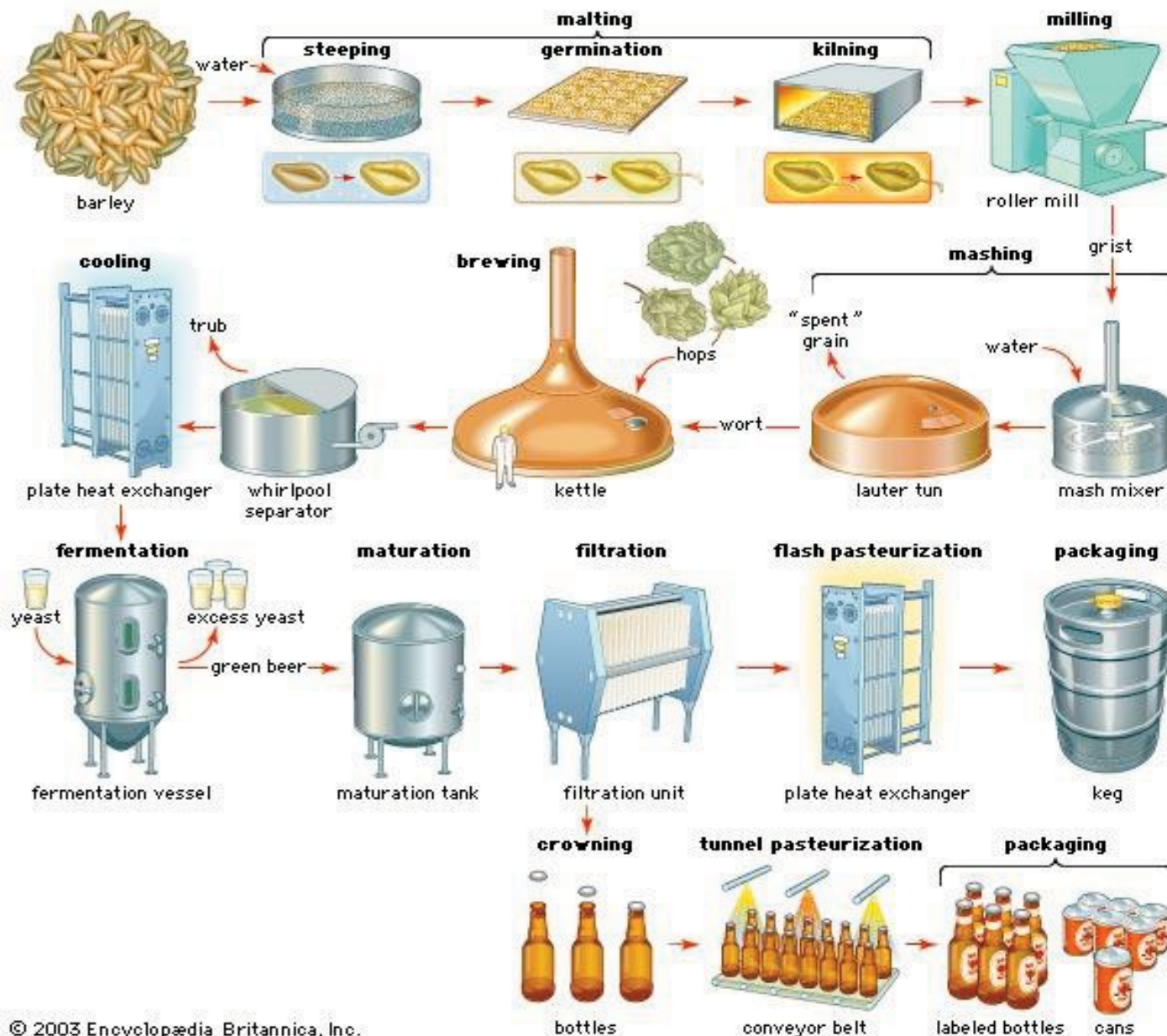
Ammostamento (filtrazione del mosto, bollitura, luppolamento,
whirlpool, raffreddamento, ossigenazione)

Fermentazione

Condizionamento

Rifermentazione





La birra è un prodotto ottenuto dalla fermentazione alcolica con ceppi di *Saccharomyces carlsbergensis* o *Saccharomyces cerevisiae* di un mosto preparato con malto, anche torrefatto, di orzo o di frumento o di loro miscele e d'acqua amaricato con luppolo.

Il malto d'orzo o di frumento può essere sostituito con altri cereali, nonché con materie prime amidacee e zuccherine (sucedanei) nella misura massima del 40% calcolato sull'estratto secco del mosto.

L. 16 agosto 1962, n. 1354 e D.P.R. del 30 giugno 1998, n. 272.

La miscela al termine dell'ammontamento viene filtrata: si effettua la separazione del liquido (mosto) dalla parte solida (trebbie).

Il sistema più diffuso è il tino di filtrazione che presenta un falso fondo con fenditure larghe 0,6 – 1,2 mm.

Il filtro pressa invece prevede l'impiego di una serie di tele filtranti che trattiene la fase solida e lascia passare la fase liquida (elevata limpidezza del mosto, maggiore estratto).

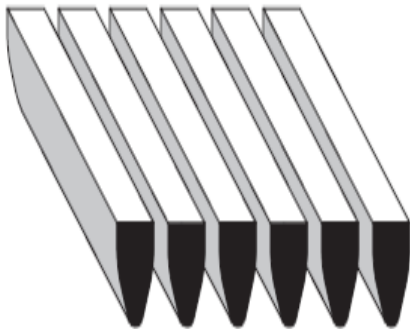


Fig. 6.9 A piece of wedge wire (after various sources).

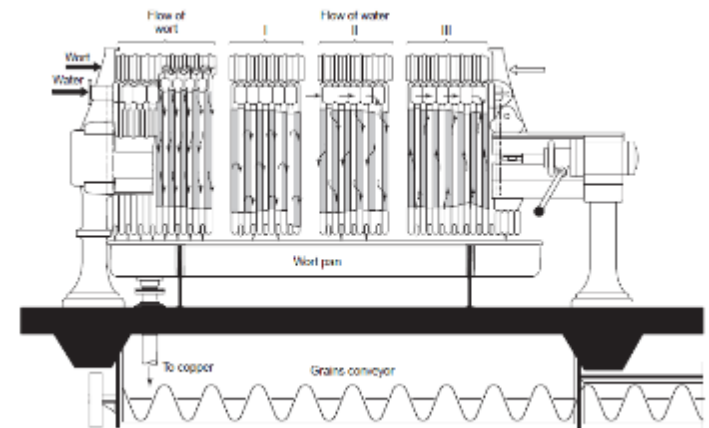


Fig. 6.19 A schematic longitudinal section through an older patent of mash filter (Had, 1940).

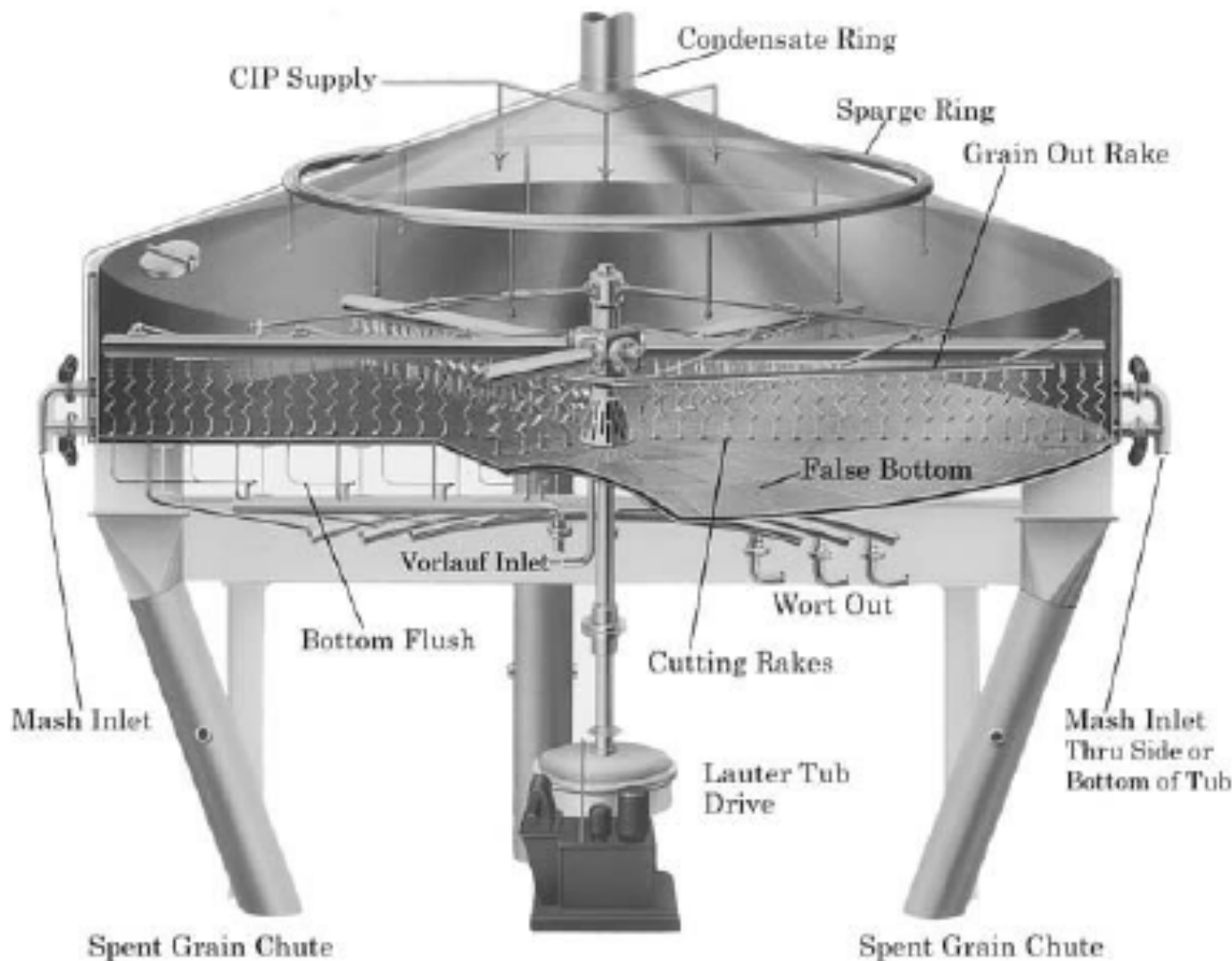
Lo scopo della filtrazione è la separazione della parte liquida dalle trebbie (residui solidi della cariosside). Minore sarà la torbidità del mosto dopo la filtrazione, più pulita risulterà la birra a fine fermentazione.

Una filtrazione eseguita correttamente permette di estrarre tutti gli zuccheri presenti nella miscela.

Il tino di filtrazione estrae meno zuccheri ma anche meno polifenoli. Quindi mosti qualitativamente superiori rispetto a quelli ottenuti con il filtro-miscela.

Il processo di produzione – Tino di filtrazione

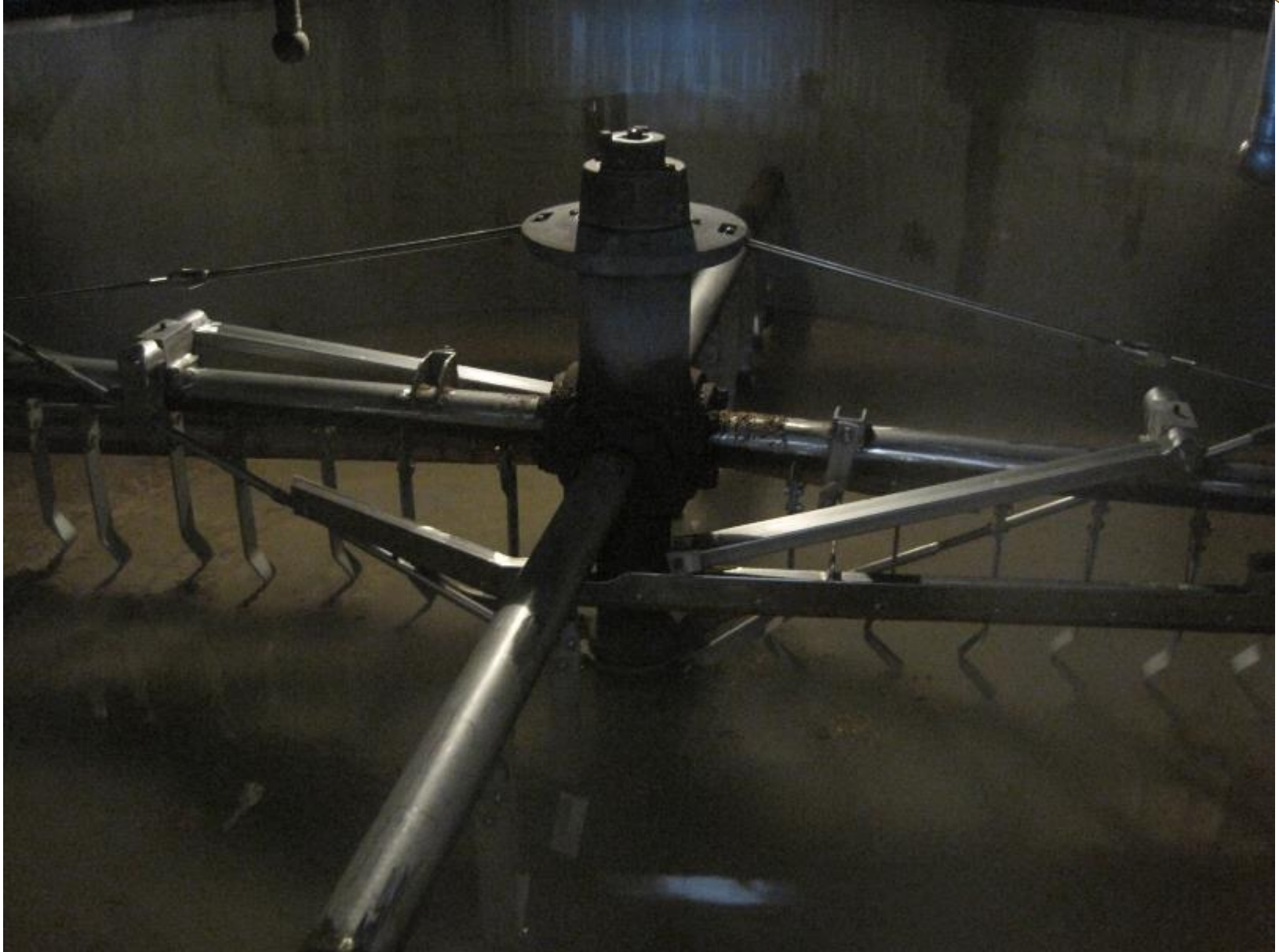
Figure 6.4 A lauter tun. Courtesy of Anheuser-Busch, Inc.



Il processo di produzione – Tino di filtrazione (lauter tun)



Aratro di un tino di filtrazione



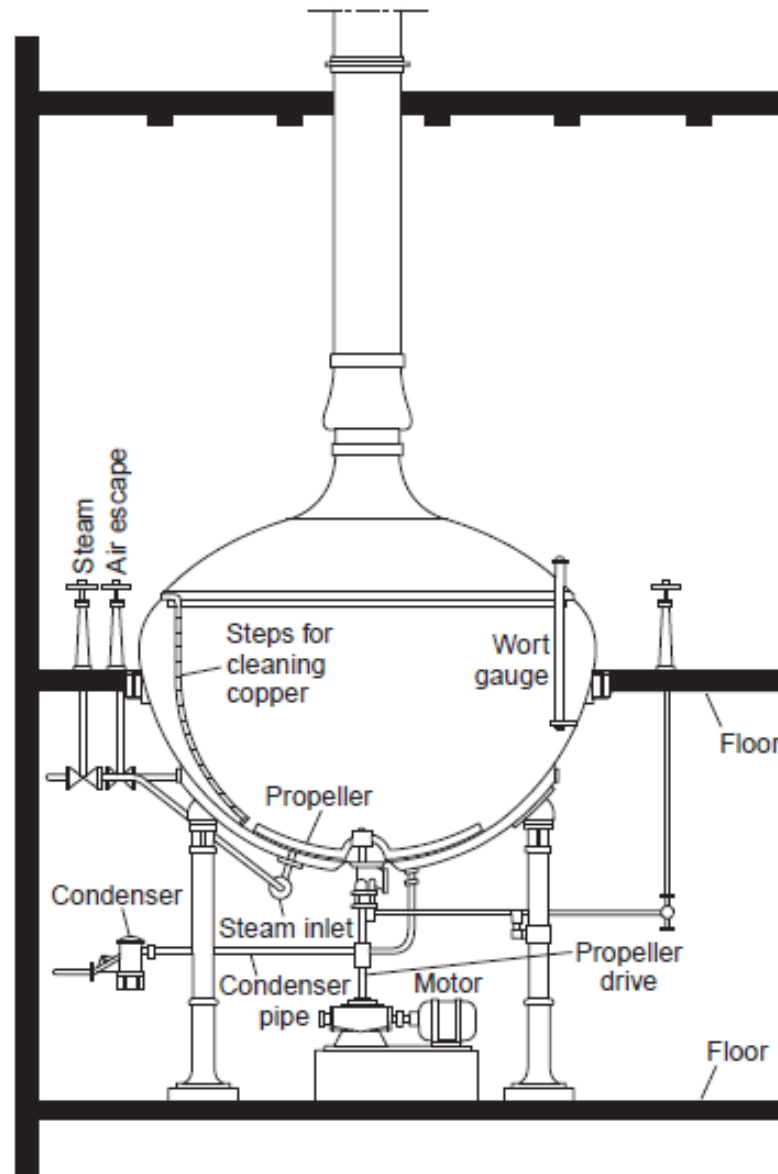
Filtrazione – filtro-miscela (mash filter)



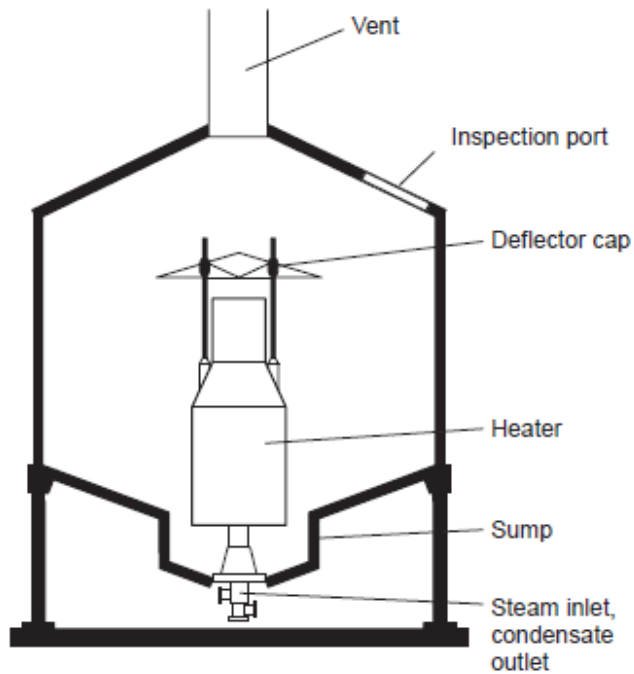
**La bollitura si effettua a 100°C per minimo 60 minuti.
Gli obiettivi della cottura sono molteplici:**

- Concentrazione del mosto;**
- Sterilizzazione del mosto ed inattivazione di tutti gli enzimi;**
- Solubilizzazione degli alfa acidi del luppolo;**
- Formazione di precipitazioni dei complessi tanno-proteici e quindi chiarificazione del mosto;**
- Incremento del colore del mosto.**
- Allontanamento del DMS (aroma di verdura cotta, di mais in scatola).**

Il processo di produzione - Bollitura



Il processo di produzione - Bollitura



Il mosto viene introdotto in whirlpool.

E' considerato il sistema più elegante e più semplice per la chiarificazione del mosto dopo la bollitura (*hot trub*).

I primi modelli sono stati installati negli anni 60.



Il mosto viene introdotto in whirlpool ad elevata velocità in maniera tangenziale un moto circolare (moto centrifugo) che permette la separazione del trub grazie alla combinazione di tre forze: centrifuga, attrito e pressione idrostatica.

In questo modo avviene la separazione dei flocculi tanno-proteici che tendono a raccogliersi al centro del tino.

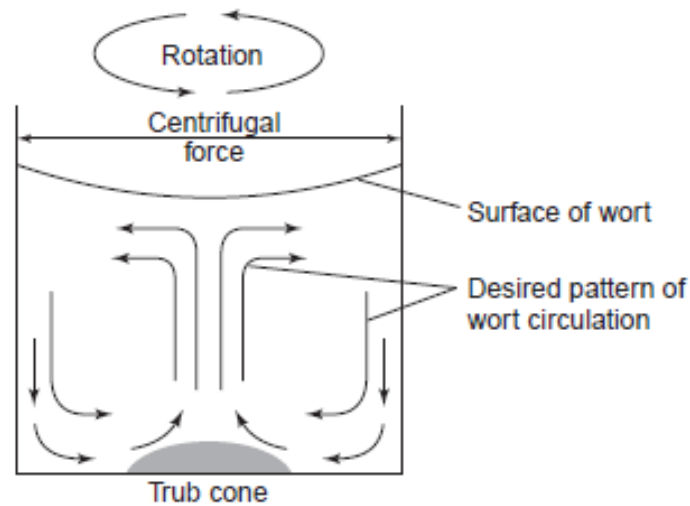


Il processo di produzione - Whirlpool

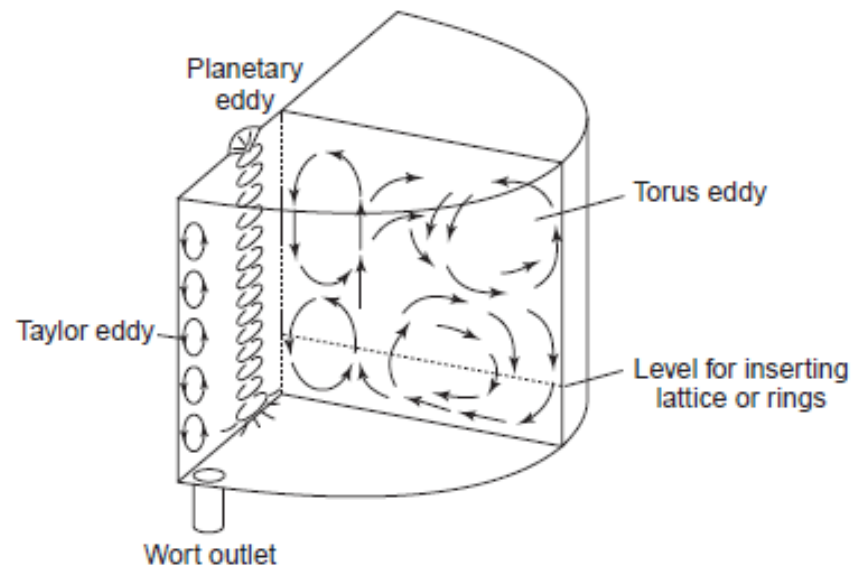
Figure 6.8 Diagram of a hot wort receiver ("whirlpool"). Courtesy of Anheuser-Busch, Inc.



Il processo di produzione - Whirlpool



(a)



(b)

Il raffreddamento del mosto serve a portare lo stesso alla temperatura di fermentazione desiderata.

In genere viene eseguito mediante scambiatori di calore a piastre o a tubi. In passato era svolto all'aria.

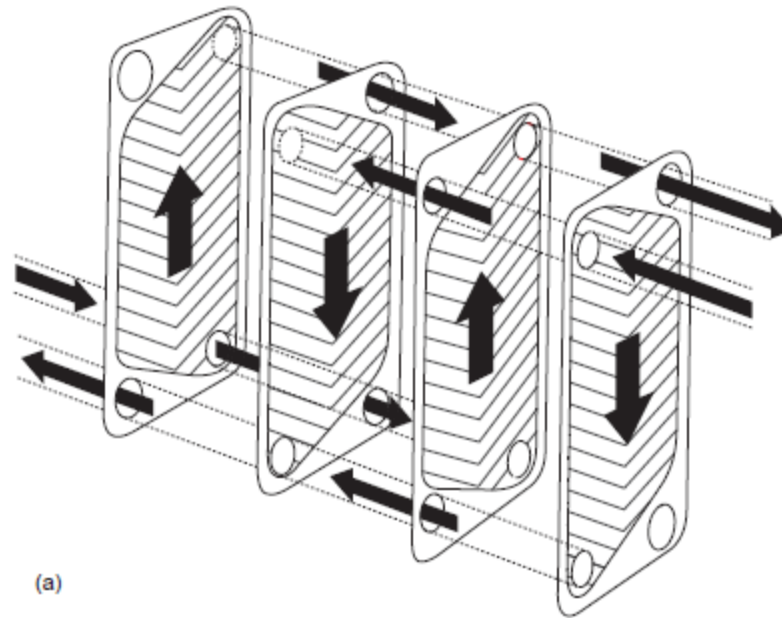
Il processo di produzione – Raffreddamento del mosto



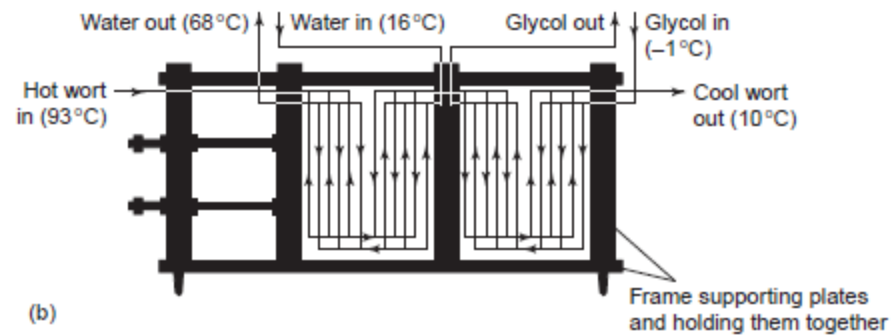
Il processo di produzione – Raffreddamento del mosto



Il processo di produzione – Raffreddamento del mosto

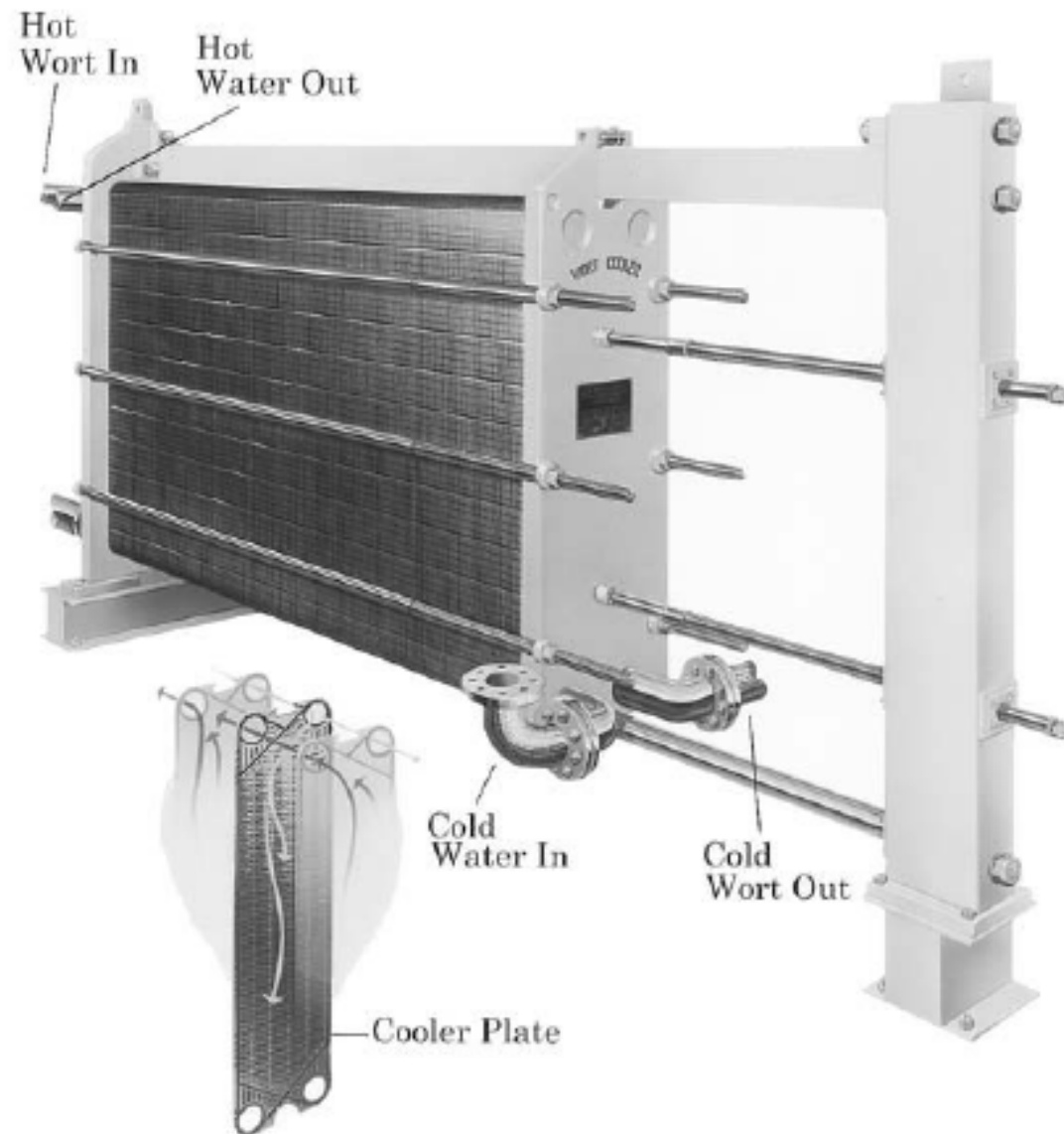


(a)



(b)

Figure 6.9 A wort cooler ("paraflow"). Courtesy of Anheuser-Busch, Inc.



L'ossigenazione del mosto è una pratica essenziale. L'ossigeno è un elemento essenziale per la crescita del lievito, in particolare per la sintesi degli acidi grassi per la formazione delle membrane cellulari (processo aerobico).

Finito l'ossigeno inizia la fase di fermentazione (processo anaerobico).

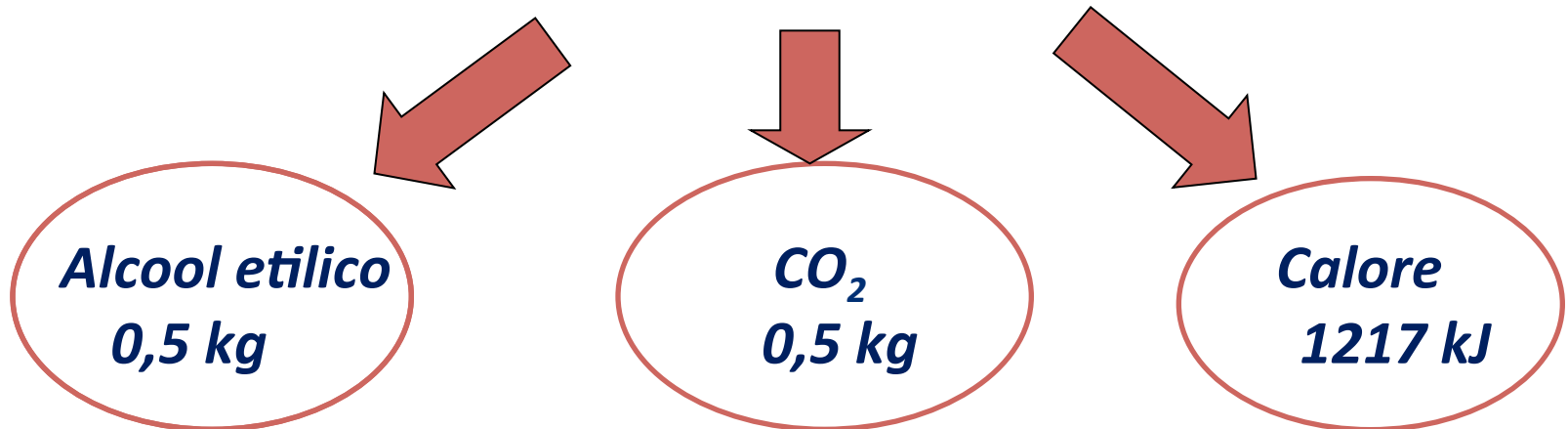
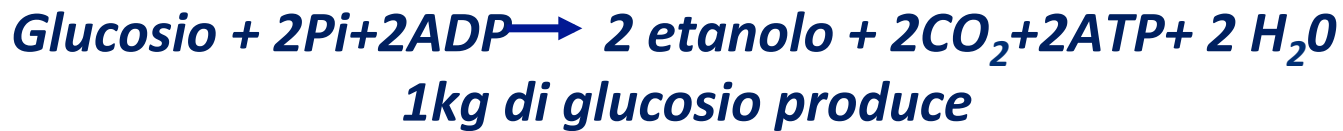
Obiettivi fermentazione:

- Produzione di etanolo e anidride carbonica partendo dagli zuccheri semplici prodotti durante l'ammolamento
- Produzione di composti secondari che danno aromi positivi alla birra:
fruttato, speziato, floreale
- Produzione di composti secondari che danno aromi negativi alla birra: acetaldeide, diacetile, solforati, mercaptani.

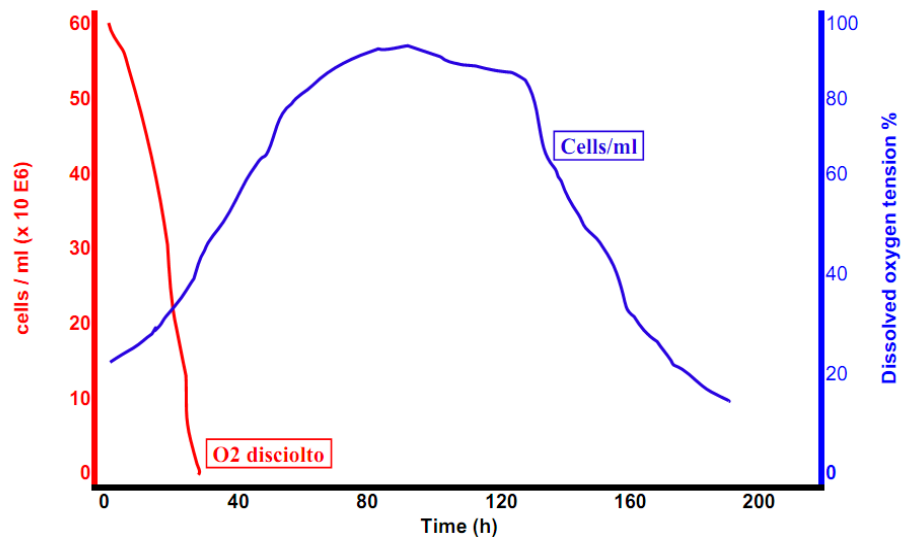
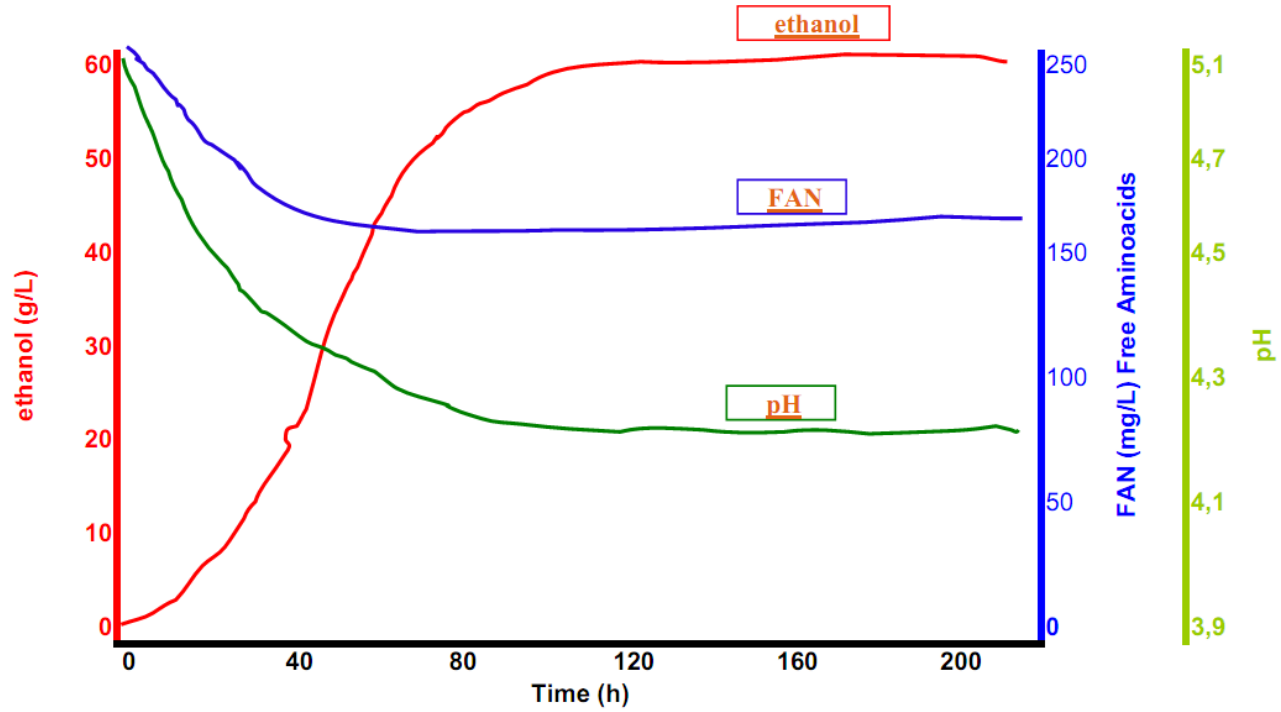
Fermentazione

Parametro	metabolismo	u.m.	Descrizione	Valore
				in prodotto finito
Acetaldeide	carboidrati	mg/L	mela acerba	2,0 – 4,0
Etile acetato	FAN + carboidrati	mg/L	solvente	16,0 – 18,0
Isoamile acetato	FAN + carboidrati	mg/L	mela, kiwi	1,5 – 2,5
Alcooli superiori	FAN + carboidrati	mg/L	anice	80 - 110
Diacetile	FAN + carboidrati	ug/L	burro, rancido	10 - 30
H ₂ S	Metionina, SO ₄	ug/L	uova marce	5 - 10
Dimetil solfuro	DMSO	ug/L	cipolla	30 - 50

I lieviti per la produzione di birra sono anaerobi facoltativi: possono metabolizzare glucosio ed altri zuccheri sia in condizioni aerobiche che anaerobiche. Durante la crescita aerobica si ha la demolizione del glucosio con la respirazione mentre con l'assenza di ossigeno si ha la sola fermentazione.



LA FERMENTAZIONE





Lievito ale: Saccharomyces cerevisiae – lievito ad alta fermentazione.

Normalmente la fermentazione avviene a temperature di 18-25 °C. A differenza dei lieviti da bassa fermentazione non fermenta completamente il raffinosio (trisaccaride composto da galattosio, fruttosio, e glucosio).

Le alte temperature di fermentazione contribuiscono alla formazione di esteri e alcol superiori. Infatti birre ad alta fermentazione generalmente hanno una maggiore intensità e complessità aromatica.



Lievito lager: *Saccharomyces pastorianus* (*Saccharomyces carlsbergensis*) – lievito a bassa fermentazione.

Normalmente la fermentazione avviene a temperatura compresa tra 8-12 °C. Fermenta completamente il raffinosio. La fermentazione a basse temperature causa la produzione di birre con ridotto contenuto di esteri ed alcoli superiori.



Birre a fermentazione spontanea: Brettanomyces spp.

Conferisce alla birra il gusto caratteristico e viene usato per la produzione di birre Lambic e di una vasta gamma di birre come Rodenbach, Gran Cru, Orval, Berliner Weisse. Il primo ceppo fu isolato nel 1904 da N. Hjelte Claussen alla Carlsberg Brewery di Copenhagen.

5 sono le specie identificate:

- *B. bruxellensis*, che include *B. intermedia*, *B. Lambicus* e *B. custersii*
- *B. anomalus*, che include *B. claussenii*
- *B. custersianus*
- *B. naardenesis*
- *B. nanus*

Il lievito di coltura (*pitching yeast*) è l'agente della fermentazione.

**Deve essere inoculato in quantità sufficiente.
Deve essere esente da altri contaminanti microbici, ed avere un'elevata concentrazione di cellule vive.**

Il laboratorio microbiologico verifica: La percentuale di mortalità e l'assenza di contaminanti prima della semina, la concentrazione (n° di cellule per ml).

Boulton/Gorza: 10×10^6 UFC/ml. Lager/Ale.

Westner: 8×10^7 UFC/ml. Lager.

	numero cellule ideale nel mosto	Dosaggio lievito fermentis
LIEVITI ALE	4-6E06 cells/ml	50-80g/hl
LIEVITI LAGER*	8-12E06 cells/ml	80-120 g/hl

*I valori indicati sono per una fermentazione a temperature comprese fra 12-15°C.

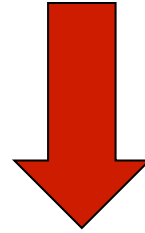
Il dosaggio del lievito deve essere incrementato per temperature inferiori a 12°C, fino a 200 - 300g/hl per 9°C.

**Fino al 10 % di cellule morte è accettabile.
E' comunque preferibile avere una **vitalità
del 95% o superiore.****

**Molto spesso i lieviti commerciali hanno
una percentuale elevata di cellule morte.**

**Nel caso la percentuale sia più elevata si
procede a calcolare una aggiunta maggiore
di lievito.**

**La salute del lievito è correlata alla qualità della birra.
Un lievito “unhealthy” (malato) infatti avrà:**



- **crescita lenta;**
- **abbassamento repentino del pH;**
- **alte concentrazioni di diacetile (burro),
acetaldeide (mela verde), composti solforati.**
- **sovraproduzione di esteri ed alcool
superiori.**

Richieste nutrizionali del lievito

- **Zuccheri fermentescibili;**
- **Fonti di azoto (FAN);**
- **Minerali (P, S, Zn, altri minerali);**
- **Ossigeno (8 mg/L di O₂, nel mosto);**
- **Fattori di crescita (vitamine, acidi grassi, steroli);**

**Una mancanza di queste sostanze nutritive
provoca delle fermentazioni non ottimali**

La **bassa fermentazione** si svolge ad una temperatura compresa tra i **6 ed i 14°C** (*Saccharomyces pastorianus ex carlsbergensis*).

L' **alta fermentazione** si svolge a temperature più elevate, tra i **15 ed i 25°C** (*Saccharomyces cerevisiae*).

Il termine anglosassone “ale” e tedesco alt indica birre ad alta fermentazione, mentre quello tedesco “lager” comprende tutte le birre a bassa fermentazione.

Oltre il 90% delle birre oggi prodotte nel mondo sono a bassa fermentazione. Sembra strano ma anche in Belgio vale questa proporzione.

Ogni ceppo di lievito riesce ad apportare caratteristiche distintive al prodotto finito molto spesso caratterizzanti anche uno stile specifico di birra:

Es.

Lievito specifico per le Weizen

Lievito specifico per le Belgian Ales

Lievito specifico per le English Ales

**Altre caratteristiche di ogni ceppo sono:
capacità di sedimentare, tolleranza all'alcol,
capacità di attenuare**

Monitoraggio

Durante la fermentazione vengono monitorati molti parametri.
In particolare è importante tenere sotto controllo la densità, il pH, la temperatura.



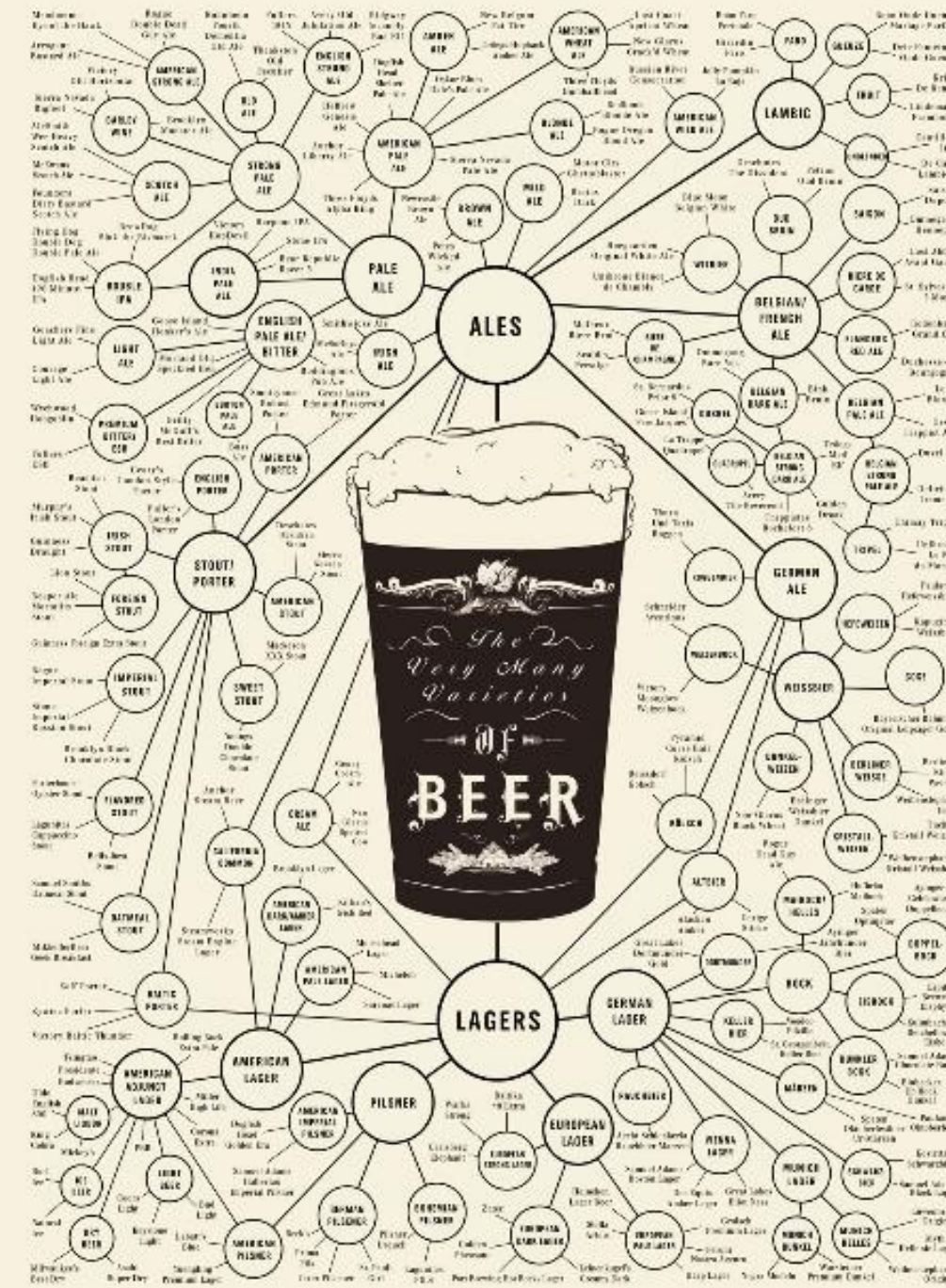
Lieviti - Tipologie

Attenuazione apparente	Tolleranza all'alcool	Sedimentazione	Speziato	Fruttato	
K-97	W-34/70 S-189 S-23	T-58 S-33 US-05	S-04 W-34/70 S-189 S-23	WB-06	T-58 S-33 WB-06 S-04
WB-06 S-33 T-58 US-05 S-04	S-04 K-97 WB-06	W-34/70 S-189 S-23	US-05 S-33 T-58	S-04 US-05 T-58 S-33 K-97	
		WB-06 K-97		US-05 K-97	S-23 S-189 W-34/70

ALTO

MEDIO

BASSO



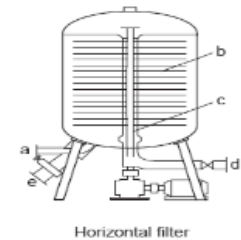
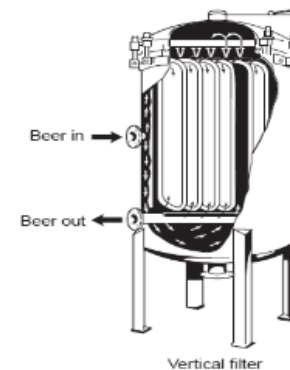
Nel vasto mondo degli stili birrari dalle ales e dalle lagers si originano decine di stili differenti.

Obiettivo:

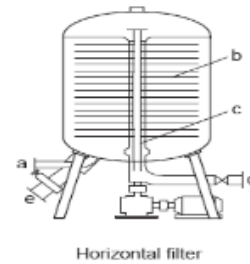
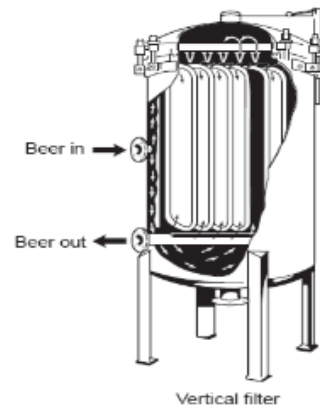
Rimozione particelle grossolane (10-30 micron)

Rimozione lieviti (4-8 micron)

Rimozione batteri (0,6-2 micron)



Filtrazione: filtri a farina fossile



Filtrazione: filtri a cartoni



Filtrazione: filtri a cartucce



Obiettivo: mantenimento delle caratteristiche di un prodotto alimentare (SHELF-LIFE)



Il ruolo del contenitore

Per il consumatore la qualità è un insieme di caratteristiche organolettiche, igienico-sanitarie, nutrizionali, etiche e di servizio. Le caratteristiche igienico-sanitarie, nutrizionali e organolettiche possono essere modificate a causa di alterazioni fisiche e chimiche che avvengono durante la conservazione del prodotto

Alterazioni dovute a crescita/attività microbica:

- aumento della torbidità**
- abbassamento pH**
- variazione profilo organolettico (es. composti solforati, diacetile, torbidità)**
- super attenuazione, conseguente perdita del corpo della birra.**

Alterazioni chimiche che portano a perdita di qualità sono:

- **idrolisi e ossidazione dei lipidi e delle proteine**
- **denaturazione delle proteine**
- **idrolisi dei mono e polisaccaridi**
- **degradazione dei pigmenti**
- **diminuzione della tenuta della schiuma**
- **perdita del corpo e della gasatura della birra**

Per limitare queste reazioni chimiche il contenitore deve essere in grado di controllare uno o più dei seguenti fattori:

- **luce**
- **temperatura**
- **composizione gassosa attorno all'alimento (ossigeno, anidride carbonica, azoto)**

Le funzioni fondamentali che, da un punto di vista strettamente tecnico, l'imballaggio deve assolvere rispetto al prodotto sono:

a. Funzioni tecniche

1. Contenimento (alimenti liquidi o in polvere necessitano più di altri di questa funzione);

2. Protezione e conservazione (queste funzioni sono direttamente correlate alla composizione dell'alimento e al tipo di trattamento a cui viene sottoposto);

3. Distribuzione (deve consentire il trasporto, essere meccanizzabile e pratico da impiegare);

b. Funzione di marketing.

Il confezionamento della birra: i materiali

I principali materiali utilizzati per confezionare la birra?

- Vetro
- Lattine in alluminio o in banda stagnata
- Plastica soprattutto PET e PEN
- Acciaio
- Ceramica
- Legno



a. Imballaggio primario:

(contenitore) posto a diretto contatto con il prodotto e avente funzione di protezione chimico-fisica nei riguardi dei fattori ambientali che possono causare la degradazione del prodotto, e funzione conservativa nei riguardi delle caratteristiche stesse del prodotto (es. umidità, aromi).



b. Imballaggio secondario:

(preimballaggio, imballaggio) ovvero l'involucro esterno del contenitore che serve a completare l'unità di vendita. Deve garantire al prodotto confezionato protezione meccanica da tutte le sollecitazioni alle quali è sottoposto durante le operazioni di immagazzinamento e trasporto.



c. Imballaggio terziario:

(imballaggio esterno, carico pallettizzato) ovvero unità che agevolano la spedizione, il trasporto e la pallettizzazione.

L'imballaggio terziario ha solo la funzione di movimentare e trasportare l'alimento.



Il confezionamento della birra: il vetro

È il materiale più utilizzato per il confezionamento:

Il peso è di circa 350g per le bottiglie a rendere e 140g circa per le bottiglie a perdere

Vantaggi:

- **Inerte, igienico, versatile, totalmente riciclabile, esteticamente superiori ad altri materiali**

- **Elevata resistenza alle pressioni:**

10 bar per le bottiglie a perdere, 12 bar per le bottiglie a rendere

- **Il vetro è una barriera contro la diffusione dei gas, in particolare O_2 e CO_2**

Svantaggi:

fragilità, costi produzione, trasporto, peso

Il confezionamento della birra: il vetro

Aida	Armonia	Butterfly	Carmen
Cru	Eden	Era	Exclusive
Grand Cru	Horta	Malto	Manico
Medea	Mirage	Premiere	Prestige
Renana Punto	Soirale	Tosca	



0,20:0,40 euro



0,15:0,30 euro



2,50 euro



Bottiglie da 0,75 tappo 29mm vanno dai 0,40 ai 0,60 euro.

Il riempimento in bottiglia

I punti critici del riempimento di una bottiglia di birra.

- **Contenuto di CO₂**
- **Pick-up ossigeno:**

Tre momenti rischiosi:

Prima dell'imbottigliamento: ad esempio tubi pieni, difetti di tenuta delle guarnizioni

Durante l'imbottigliamento: purezza della CO₂, ossigeno residuo nella bottiglia

Alla fine del riempimento, ossigeno presente nello spazio di testa

- **Pericolo schiuma se non si rispettano le condizioni isobariche**
- **Pericolo di contaminazione batterica**
- **Perdite**

Tutto questo si può evitare con la rifermentazione in bottiglia!

Il confezionamento della birra: le lattine

L' interno delle lattine è protetto da un film di vernice (polimeri vinilici e resine epossidiche) applicato per polverizzazione.

I tempi di pastorizzazione sono inferiori rispetto alle bottiglie grazie alla maggiore efficienza di scambio termico delle lattine.

Il riscaldamento della birra, inoltre, grazie alla conformazione della lattina, è molto più regolare e omogeneo; le bottiglie infatti, a causa della loro forma, presentano un gradiente di riscaldamento per cui il liquido presente nel collo tende a riscaldarsi prima e di più di quello presente in altri punti, in particolare nel cosiddetto “punto freddo” che si trova a circa 0,5 cm dal fondo nel centro della bottiglia.

Il confezionamento della birra: le lattine

Perché Lattine?

- Facilmente trasportabili
- Riciclabili
- Ottima conducibilità termica
- Impermeabili alla luce e ai gas
- Impermeabili all'umidità
- Non alterano il gusto della bevanda se di qualità (a volte gusto metallico)

Negli Stati Uniti il 50% della birra viene confezionata in lattina, in Europa invece domina la bottiglia a perdere.

Problema riempimento!
Rischio sapore metallico!



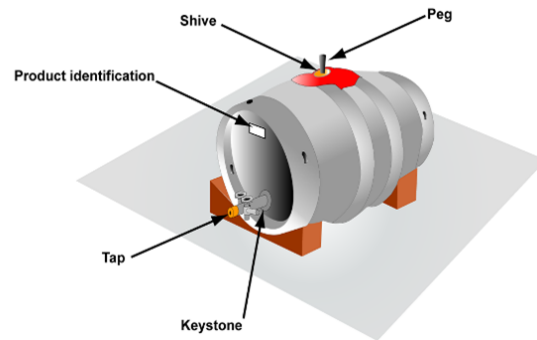
Il confezionamento della birra: i cask

CASK

Spillatura a caduta

Fermentazione secondaria nel cask

Shelf-life ridotta causa ingresso aria



KEGS

Sono un'evoluzione dei Cask in legno, oggi sono prodotti in alluminio, in acciaio

Vantaggi:

- Possono essere pressurizzati e mantengono la pressione
- Possono essere lavati, sanitizzati e riutilizzati senza essere aperti
- Sono resistenti agli acidi e alle basi
- Preferiti quelli in acciaio perché più difficili da rubare e rifondere perché fondono a 1500°C mentre l'alluminio a 700°C
- Sono più leggeri di una volta, oggi un fusto da 50L pesa circa 11 Kg

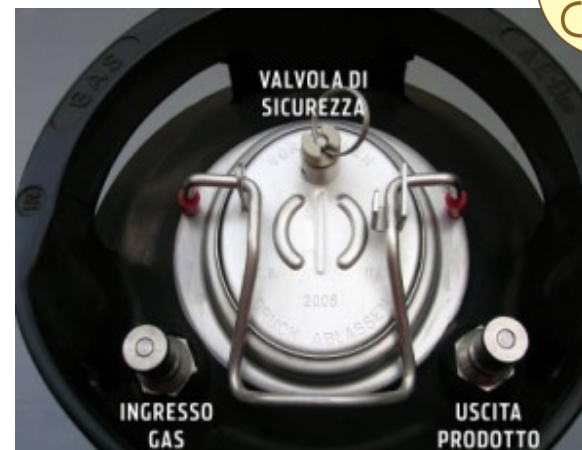
Svantaggi:

- Difficili da sanitizzare
- Costosi
- Pesanti
- Difficoltà nella gestione dei ritorni
- Attenzione al Cloro!!

I “cornelius keg”, conosciuti anche come “soda keg” o “pepsi keg” sono un particolare tipo di fusto usato per la distribuzione di soft drinks e bevande alla spina; in passato venivano prodotti dalla Cornelius, una grossa multinazionale di impianti spina che oramai ha chiuso la produzione dei fusti, da qui la denominazione “cornelius keg”

Le caratteristiche principali di questo fusto sono:

- forma slanciata, che permette di poter inserire più fusti all’ interno di un frigorifero;
- apertura a bocca larga, che consente di poter effettuare manualmente la pulizia interna del fusto;
- capacità ridotta, esistono formati da 9 e 18 litri
- molto utilizzato dagli homebrewers



PETainer: vantaggi e svantaggi

Vantaggi:

- Estremamente leggero
- Resistente
- Diversi formati
- Costi ridotti di produzione
- Resistente alla pressione interna (8 bar)
- Possibilità di rifermentazione in fusto!!
- Ridotti i rischi di inquinamento dei fusti riutilizzati!!!

Svantaggi:

- Resistenza termica bassa (72°C): no sterilizzazione
- Problema attacchi: il fusto quando viene aperto non può più essere staccato perché non tiene
- Se sovrargasati c'è il rischio fuoriuscita birra.
- La CO₂ entra come nei classici fusti in acciaio
- Non sono pallettizzabili
- Sono troppo fragili
- Costo: circa 13 euro a fusto di 20 Litri attacchi a scivolo
- Costo: circa 14 euro a fusto di 20 Litri attacchi baionetta



PET: il KeyKeg

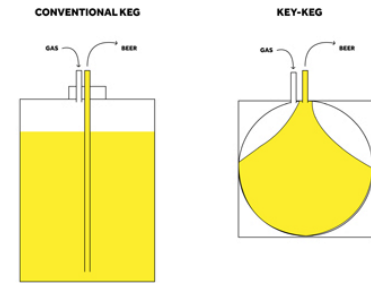
il barile a perdere

«La sacca nella sfera», la birra viene immessa in una sacca flessibile all'interno di una sfera pressurizzata. (circa 3-4 g/l di CO₂).

In questo modo non serve la CO₂ per spillare, la birra non viene a contatto con gas esterni, il poliaccoppiato protegge la birra dall'ingresso dell'ossigeno permettendo una maggiore conservabilità del prodotto. Esistono formati da 20 e 30 Litri.

Svantaggi:

- Publican in difficoltà per lo smaltimento
- Sono rivestiti in cartone, rischio pioggia
- Impossibile aggiungere CO₂ nel caso in cui fosse sgasata
- Attacchi non standard (bisogna acquistare per forza gli attacchi keykeg)
- Si perde circa 1 litro ogni fusto perché difficile colmarlo se si riempie a caduta. (chi lo paga?)
- Se il produttore rifermenta la sacca sembra piena ma in realtà potrebbe essere CO₂. Per cui meglio pesare il fusto per verificare l'effettivo contenuto di birra.
- Costo: circa 10 euro/fusto da 20 Litri
- Costo: circa 12 euro/fusto da 30 Litri



Rifermentazione in bottiglia

La rifermentazione: è una «fermentazione secondaria in bottiglia o in fusto in cui viene aggiunta una quantità determinata di zuccheri fermentescibili» (a volte anche lieviti). Si parla di rifermentazione prima nel vino quando Dom Perignon iniziò a produrre lo Champagne (fine 1600).

In inglese detta «conditioning»

In Belgio è una pratica diffusa: circa il 10% delle birre prodotte sono rifermentate.

La rifermentazione è divisa in due fasi:

- 1) Saturazione (es. 15 giorni a 20°C), aumenta il contenuto di esteri e alcoli superiori e quindi dell'aroma**
- 2) Maturazione (anche mesi), importante per l'equilibrio dell'aroma e la riduzione delle aldeidi ad etanolo.**

Tipi di fermentazioni secondarie

- **Lagerizzazione:** lunga sosta a basse temperature ($-1 : 4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Per avere una buona pulizia della birra occorrono almeno 7 giorni $- 1^{\circ}\text{C}$ (Kunze). I vecchi birrai dicevano: ogni grado Plato una settimana di lagerizzazione. Attenzione alle temperature!! Al di sotto di 0° il lievito non riassorbe il diacetile.
- **Krausening:** aggiunta di mosto fermentante fresco, processo complesso e dal risultato variabile
- **Rifermentazione:** aggiunta di priming, processo che avviene nel contenitore finale.



A cosa serve la rifermentazione?

- **Aumento contenuto CO_2**
- **Riduzione O_2 (fondamentale, ossigeno causa formazione composti indesiderati, aumento astringenza, aumento torbidità)**
- **Aumento concentrazione esteri ed alcoli superiori**
- **Riduzione di determinati difetti sensoriali**
- **Aumento shelf-life prodotto**

Rifermentazione in bottiglia

Rifermentazione con aggiunta di un nuovo lievito. Che tipo di lievito?

Resistenza all' etanolo

Sedimentazione

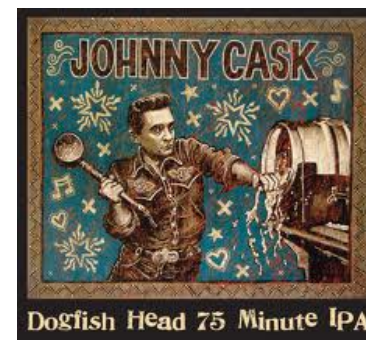
Stickiness

Produzione ridotta di composti aromatici (lievito neutro)

Nessun grumo se risospeso

- **Riduzione di determinati difetti sensoriali**

Rifermentazione in fusto



Rifermentazione in cask (REAL ALE)





giuseppe.perretti@unipg.it