ORDINE INTERP.LE
DEI CHIMICI E FISICI
DELLA SICILIA

FEDERAZIONE NAZIONALE
DEGLI ORDINI
DEI CHIMICI E DEI FISICI

Progetto green lab

LA CHIMICA DELLE FERMENTAZIONI DELLE BEVANDE ALCOLICHE

DOTT. CHIMICO VINCENZO NICOLI'

Pag. 68

Aspetti generali

- I glucidi sono composti ternari → C, H, O
- Sono anche detti carboidrati o zuccheri
- Sono i costituenti più abbondanti nelle cellule vegetali
- Vengono sintetizzati grazie alla fotosintesi clorofilliana
- Nel corpo umano costituiscono soltanto l'1% del peso corporeo

Pag. 69

Classificazione dei glucidi

Classificazione dei glucidi			
Classe	n. di unità di base (monosio)	Principali rappresentanti	Principali proprietà fisiche e chimiche
Monosaccaridi	1	Glucosio Fruttosio Galattosio	Dolci Solubili in acqua Cristallini Fermentescibili
Disaccaridi	2	Saccarosio Lattosio Maltosio	Dolci Solubili in acqua Cristallini Idrolizzabili
Trisaccaridi	3	Raffinosio Maltotriosio	Solubili in acqua Idrolizzabili
Polisaccaridi	≈ 1000	Amido Cellulosa Glicogeno	Insapori Insolubili in acqua Amorfi Idrolizzabili

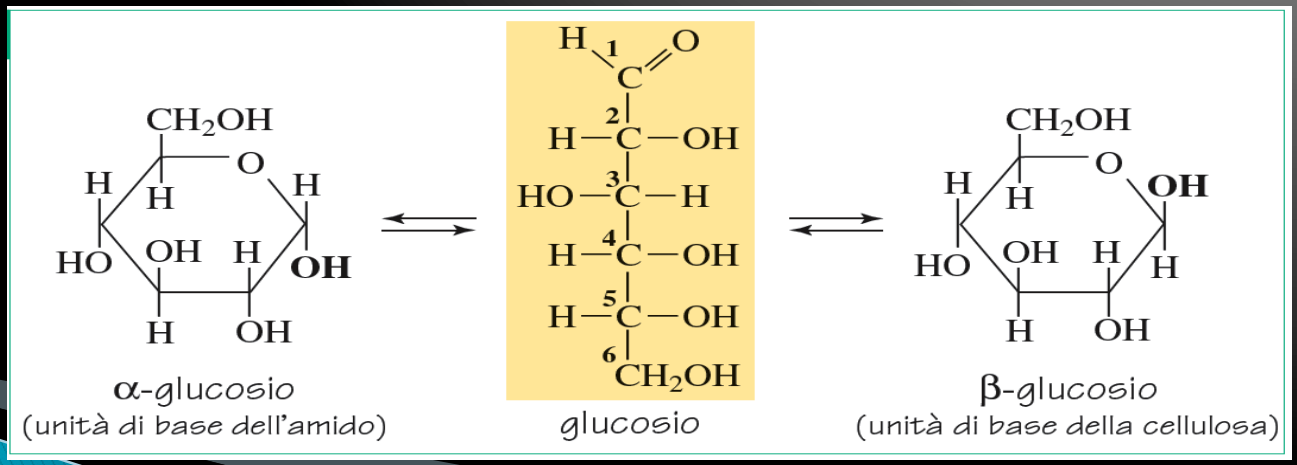
Pag. 70/1

I monosaccaridi

Classificazione dei monosaccaridi			
Nome	Numero atomi di carbonio	Aldosi	Chetosi
triosi	3	gliceraldeide	diidrossiacetone
tetrosi	4	eritrosio, triosio	eritrulosio
pentosi	5	ribosio, arabinosio, xilosio	ribulosio, xilulosio
esosi	6	glucosio, galattosio, mannosio	fruttosio, sorbosio

I monosaccaridi

- Sono solubili in acqua
- Hanno aspetto cristallino e colore bianco
- Sono dolci
- Formula generale: $C_6H_{12}O_6$

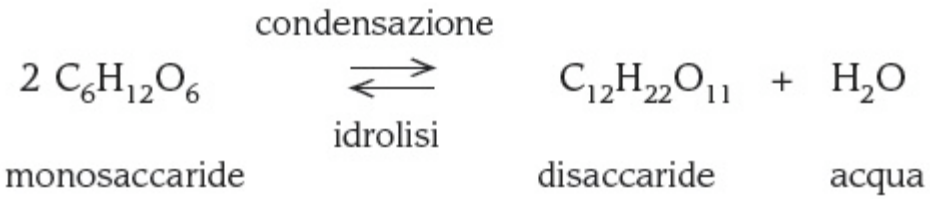


Glucosio, fruttosio, galattosio

- Sono isomeri strutturali
- Glucosio:
  - è il glucide più importante in natura
  - si trova nella frutta e nei vegetali
  - nel sangue umano → 60-100 mg/100
- Fruttosio:
  - è lo zucchero della frutta
  - presente anche nel miele
- Galattosio:
  - non si trova allo stato libero ma combinato (è un costituente del lattosio e di alcuni glucidi complessi)

Pag. 72/1

I disaccaridi



- Il legame tra due monomeri glucidici è detto legame glucidico, può essere:
  - di tipo α (i due –OH sono sotto il piano della molecola)
  - di tipo β (uno dei due –OH è sotto il piano della molecola, l'altro sopra)

- Sono bianchi, cristallini, dolci e idrolizzabili

I disaccaridi

Principali disaccaridi		
Disaccaride	Monomeri costituenti	Tipo di legame
Maltosio	Glucosio	(1 → 4) α-glicosidico
Isomaltosio	Glucosio	(1 → 6) α-glicosidico
Cellobiosio	Glucosio	(1 → 4) β-glicosidico
Lattosio	Glucosio e galattosio	(1 → 4) β-glicosidico
Saccarosio	Glucosio e fruttosio	(1 → 2) α-glicosidico

Saccarosio, maltosio, lattosio

- **Saccarosio (glucosio + fruttosio):**
  - è lo zucchero da tavola
  - si ottiene dalla barbabietola e dalla canna da zucchero
- **Maltosio (glucosio + glucosio):**
  - è lo zucchero del malto
  - si ottiene per idrolisi dell'amido
- **Lattosio (glucosio + galattosio):**
  - è lo zucchero del latte
  - per fermentazione lattica dà acido lattico

I polisaccaridi: classificazione

- In base alla composizione chimica:
  - omopolisaccaridi, ad es. amido, glicogeno, cellulosa
  - eteropolisaccaridi, ad es. emicellulosa, pectina
- In base alla funzione:
  - di riserva, ad es. amido, glicogeno
  - strutturale, ad es. cellulosa, chitina
- In base agli aspetti nutrizionali:
  - disponibili, ad es. amido
  - non disponibili, ad es. cellulosa, emicellulosa → fibra

Pag. 75

Amido

- È la riserva energetica più importante dei vegetali
- Si accumula nei semi e nei tuberi
- È formato da due polisaccaridi:
  - amilosio → lineare
  - amilopectina → ramificato



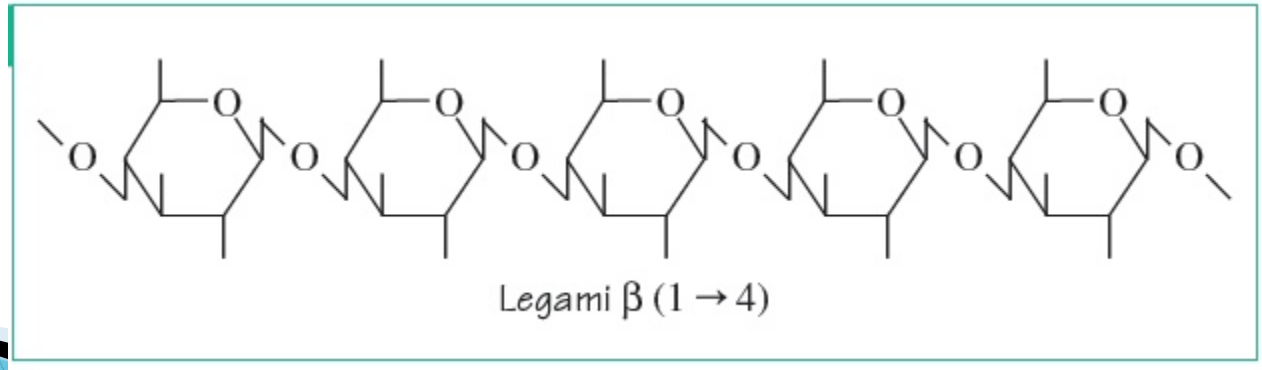
Glicogeno

- Polimero del glucosio → forma ramificata
- Si accumula nel fegato e nei muscoli

Pag. 76/2

Cellulosa

- Polimero del glucosio con legami β-glucosidici → non è digeribile dall'organismo umano
- Ha forma lineare
- Conferisce rigidità ai tessuti vegetali



Legami β (1 → 4)

Eteropolisaccaridi

- Emicellulose:
  - Struttura per lo più ramificata
  - Ad es. xilani, mannani, galattani, ecc.
- Pectine:
  - Sono molto abbondanti nella frutta
  - In soluzione acida e con zuccheri gelificano → marmellata
- Glicoproteine:
  - Svolgono ruoli biologici complessi
  - Ad es. fibrinogeno, collagene, immunoglobuline, ecc.

La fibra alimentare

Principali costituenti della fibra alimentare				
Frazione insolubile				
Nome	**Principali fonti alimentari**	**Caratteristiche chimiche e fisiche**	**Funzioni nell'organismo**	**Suscettibilità enzimatica**
Cellulosa	Cereali, legumi, frutta	Polimero lineare del glucosio Insolubile in acqua	Trattiene l'acqua Lega i sali minerali	Attaccata marginalmente dagli enzimi della flora batterica
Emicellulose	Cereali, verdure, legumi, frutta	Eteropolimeri (costituiti da xilosio, mannosio, galattosio, glucosio) Insolubili in acqua	Trattengono l'acqua Legano i sali minerali	Parzialmente digerite dagli enzimi della flora batterica
Lignina	Cereali, verdure, frutta (fragole, pere, pesche, prugne)	Polimero del fenilpropano Insolubile in acqua	È antiossidante Lega i sali biliari	Non viene attaccata dagli enzimi della flora batterica
Frazione solubile				
Pectine	Frutta, carote, fagioli	Polimeri dell'acido galatturonico esterificato con acetili e metili Solubili in acqua calda Raffreddandosi formano un gel	Sono antiossidanti Legano i sali biliari	Attaccate dagli enzimi della flora batterica
Gomme	Avena, legumi	Eteropolisaccaridi (costituiti da acido glucuronico e galatturonico ramificato, con residui di xilosio, arabinosio e mannosio) Solubili in acqua	Legano ioni e altre sostanze	Attaccate dagli enzimi della flora batterica
Mucillagini	Legumi	Eteropolisaccaridi (arabinoxilani altamente ramificati) Solubili in acqua	Legano ioni e altre sostanze	Attaccate dagli enzimi della flora batterica

Il destino metabolico dei glucidi

- Il destino metabolico dei glucidi coincide in gran parte con quello del glucosio
- Nel processo ossidativo del glucosio si distinguono tre tappe:
  - la glicolisi
  - il ciclo di Krebs
  - la fosforilazione ossidativa
- Complessivamente:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 38\ ATP$$

La glicolisi

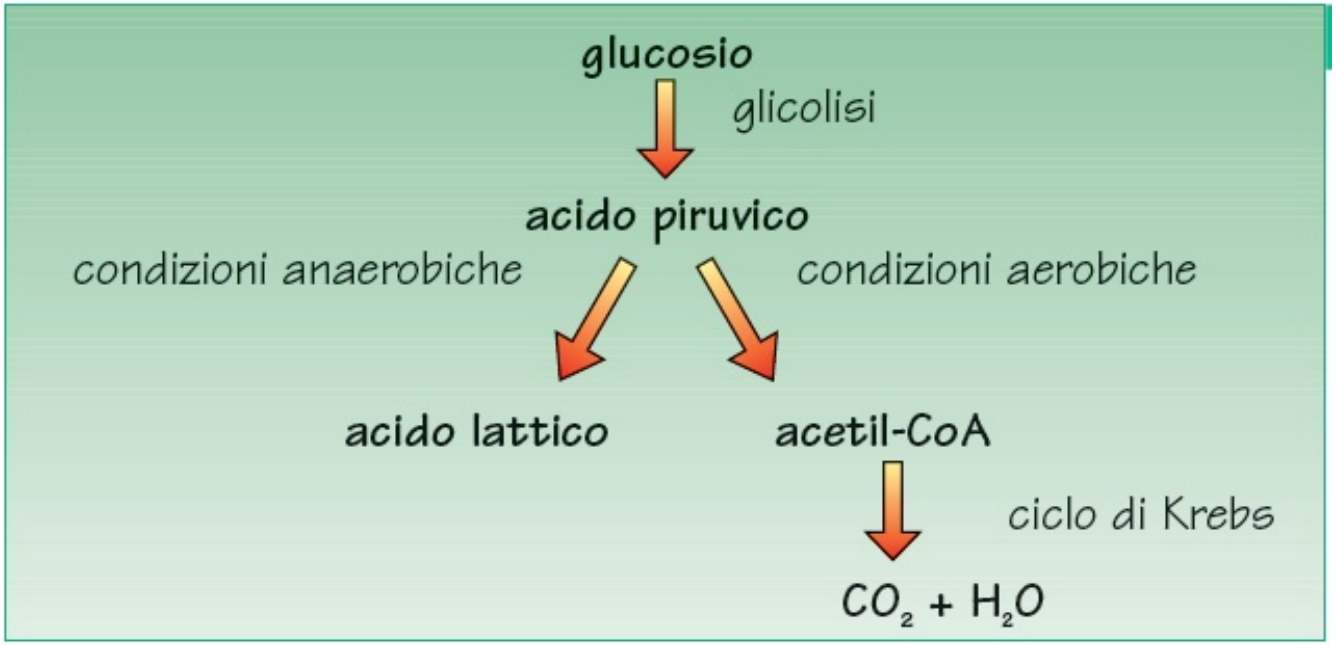
- È una via metabolica molto antica, presente in tutte le forme viventi

  glucosio → 2 acido piruvico + 2 ATP

- Si compie nel citoplasma cellulare

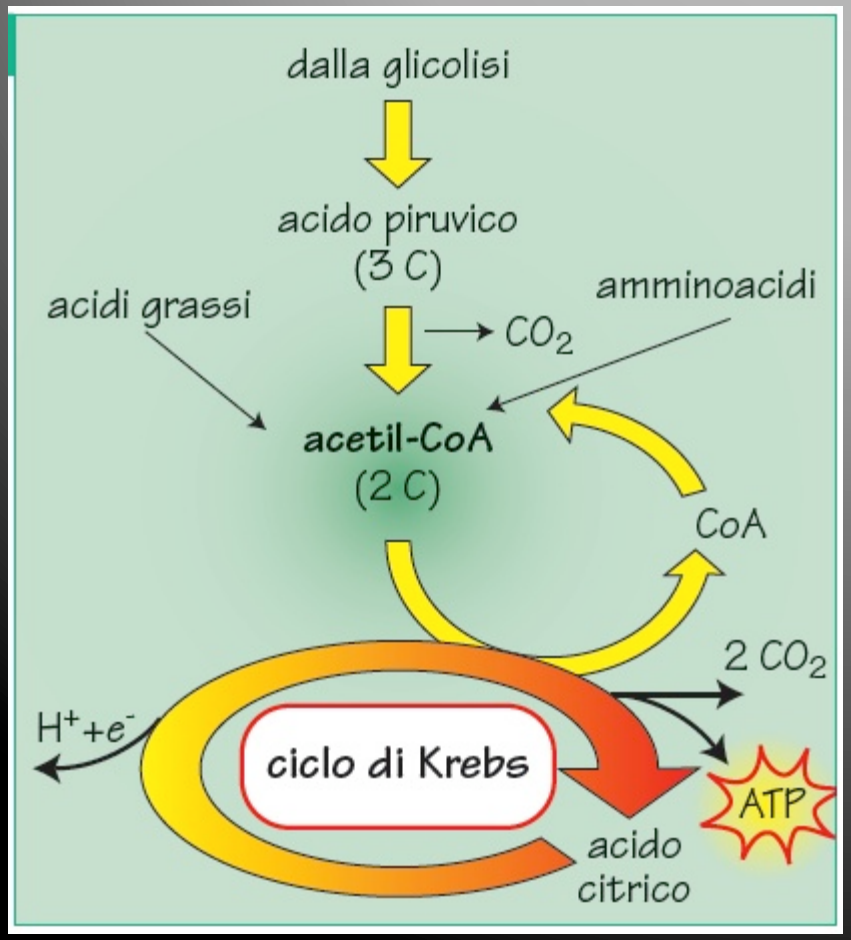
Funzioni della glicolisi	
Funzione plastica	La glicolisi porta alla formazione di molecole che hanno funzione strutturale: ad esempio, si formano metaboliti intermedi che rappresentano il punto di partenza per diverse vie metaboliche, come la sintesi di lipidi
Funzione preparatoria	L'acido piruvico porta alla formazione dell'acetil-CoA, molecola chiave del metabolismo ossidativo finale
Funzione energetica	La glicolisi contribuisce alla formazione di ATP

Destini metabolici dell'acido piruvico



Il ciclo di Krebs

- È un insieme di sequenze cicliche
- Avviene nella matrice mitocondriale
- Molti prodotti intermedi vengono impiegati in altre vie metaboliche



15 - Produzione di etanolo

15.1 - Fermentazione alcolica

Nella sua espressione più semplice, la fermentazione è la seguente:

glucosio → 2 etanolo + 2 CO_2 + energia

- Produzione di etanolo come solvente o combustibile (competizione con la sintesi chimica)
- Produzione di bevande (vino, birra etc)
- Produzione di bevande distillate (liquori)
- (produzione di biomassa di lievito)

La cellula del lievito presenta:

- Una parete costituita da glucani, da mannoproteine, da chitina e da diversi enzimi
- Una membrana costituita per circa il 40% da lipidi (fosfolipidi e steroli), per il 50% da proteine e per il resto da altre sostanze
- La rimanente parte della cellula è costituita dal citoplasma e dai suoi organuli (citosol, reticolo endoplasmatico, apparato di Golgi, vacuoli, mitocondri, nucleo).



15.2 - Lieviti per la produzione di alcol

Il lievito:

- caratteristiche dell'organismo
- caratteristiche metaboliche e fisiologiche relativamente al prodotto
- caratteristiche organolettiche del prodotto
- specie e/o varietà utilizzate:
    1. Saccharomyces cerevisiae (vino/birra)
    2. S. carlsbergensis (birra)
    3. S. ellipsoideus, S. apiculatus, S. bayanus, S. uvarum e altri tipizzanti (vini)

Tipi di lieviti

1. Lieviti ‘alti’: fermentano ad alta temperatura, crescono in superficie e formano pseudo-miceli
2. Lieviti ‘bassi’: fermentano a bassa temperatura, crescono a cellule singole

Tabella 33.1. **Elenco parziale di microrganismi coinvolti nella produzione e nel deterioramento dei vini**

Organismo	*Ruolo/i nella produzione o nel deterioramento del vino*	*Modificazioni chimiche o fisiche effettuate*
Saccharomyces cerevisiae var. *ellipsoides*	1. Fermentazione alcolica primaria 2. Carbonatazione dei vini spumanti mediante una fermentazione secondaria 3. Intorbidamento dei vini dolci	Glucosio e/o fruttosio → etanolo + CO_2
Pediococcus, Leuconostoc, e *Lactobacillus*	Fermentazione malo-lattica	1. Acido malico → acido lattico + CO_2 2. Miglioramento dell'aroma
Lieviti degli sherry (*Saccharomyces beticus, S. cheresiensis,* e *S. fermenti*)	La crescita sotto forma di densa patina superficiale (flor), conferisce il sapore di sherry	1. Ossidazione di etanolo ad acetaldeide 2. Produzione di componenti dell'aroma
Botrytis cinerea	In certe regioni (es. Sauternes) cresce sulla buccia delle uve utilizzate per produrre vini dolci	1. Disidrata l'uva 2. Ossida l'acido malico a CO_2 e H_2O 3. Aggiunge aroma e colore
Batteri acetici e lieviti che formano pellicole	Deteriora il vino esposto all'aria	Ossidazione dell'etanolo ad acido acetico
Batteri lattici, in particolare *Lactobacillus trichodes*	Deteriora anaerobicamente il vino	Produzione di sapore sgradevole

Fermentazione alcolica: trasformazione degli zuccheri dell'uva (glucosio e fruttosio) in alcol etilico e anidride carbonica con sviluppo di energia.

Durante la fermentazione alcolica si formano anche sottoprodotti, fra i quali il glicerolo rappresenta il principale (g/L), il 2,3-butan diolo, gli alcoli superiori, alcuni alcoli, l'acetoino e l'acido acetico (decine di mg/L), gli esteri, gli acidi grassi e altri aromi (mg/L, μg/L e ng/L) composti minori ma di rilevante importanza sensoriale.

RESPIRAZIONE E FERMENTAZIONE

Mentre alcuni lieviti utilizzano esclusivamente la *respirazione aerobica*, altri, in assenza di ossigeno, possono utilizzare un processo diverso chiamato *fermentazione*.

I lieviti fermentanti producono energia convertendo gli *zuccheri* in *anidride carbonica* ed *etanolo*. Nella fermentazione delle bevande alcoliche è utile la produzione dell'etanolo, mentre nella lievitazione del pane è importante il ruolo dell'anidride carbonica, che gonfia la pasta, e dell'alcool (etanolo) che invece evapora durante la cottura.

LA FERMENTAZIONE

La *fermentazione* è un processo che avviene nella maggior parte dei casi in condizioni di anaerobiosi, ovvero in assenza di ossigeno.

La cellula non può quindi ottenere le molecole di ATP che sarebbe stata in grado di produrre attraverso il *ciclo di Krebs* e l'*ATP sintasi*. Di conseguenza le uniche molecole di ATP che la cellula è in grado di utilizzare sono le 2 ottenute tramite la glicolisi.

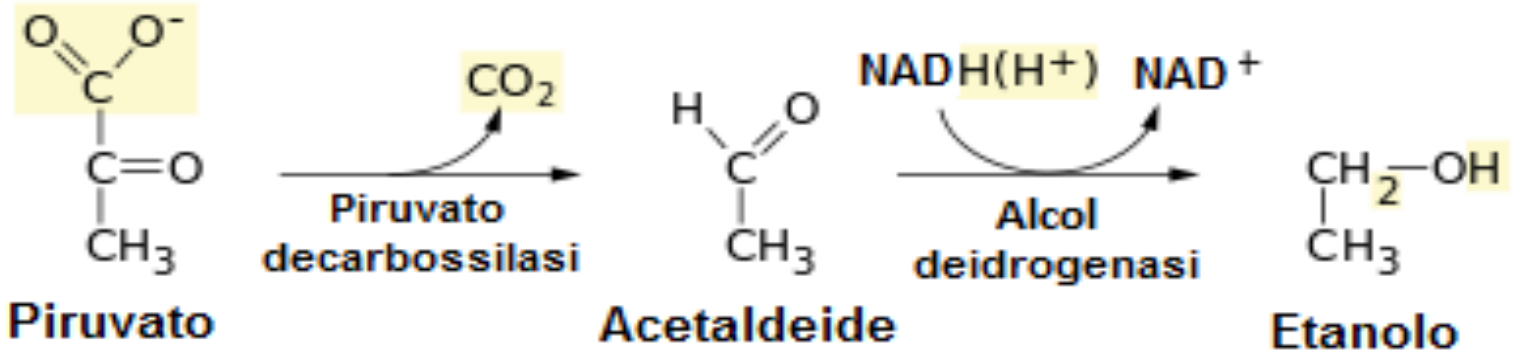
I destini delle due molecole di piruvato ottenute dalla glicolisi sono principalmente due: la *fermentazione lattica* e la *fermentazione alcolica*.

LA FERMENTAZIONE ALCOLICA

La *fermentazione alcolica* è tipica di organismi come il lievito.

E' la via metabolica che porta alla formazione dell'alcol etilico (etanolo) presente negli alcolici come il vino e la birra.

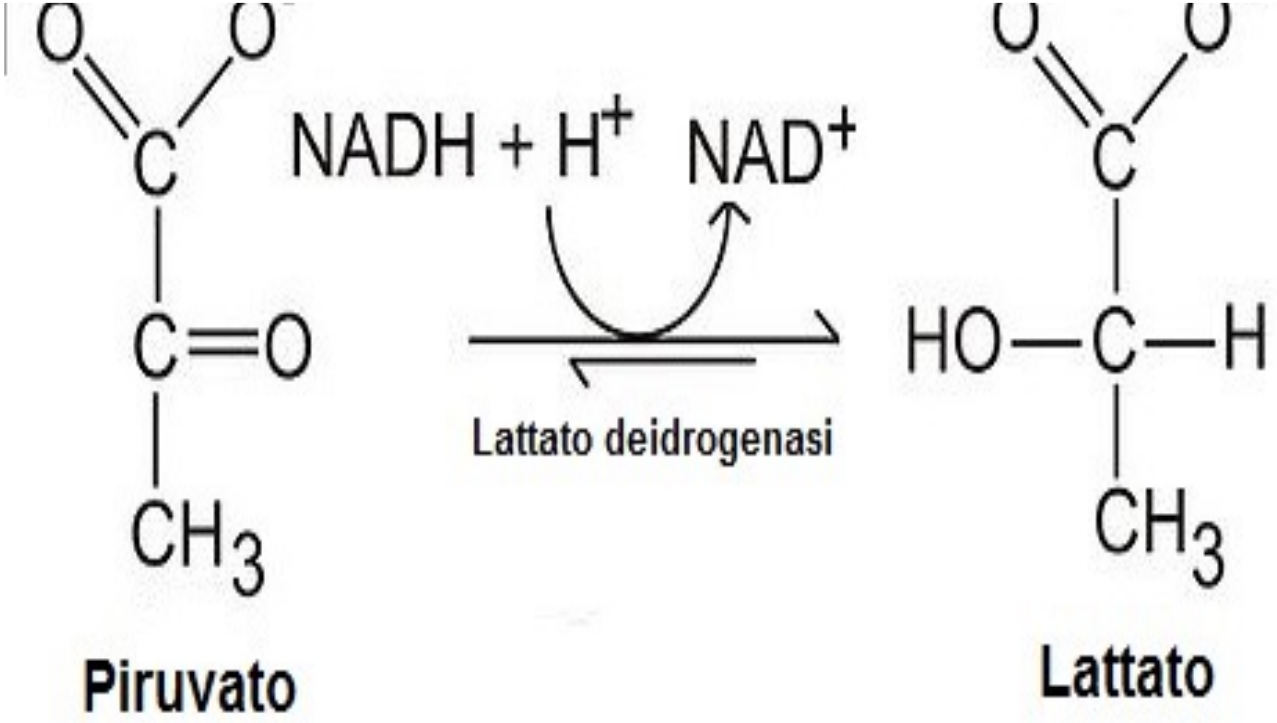
Glucosio → 2 Etanolo + 2 CO_2 + CALORE



LA FERMENTAZIONE LATTICA

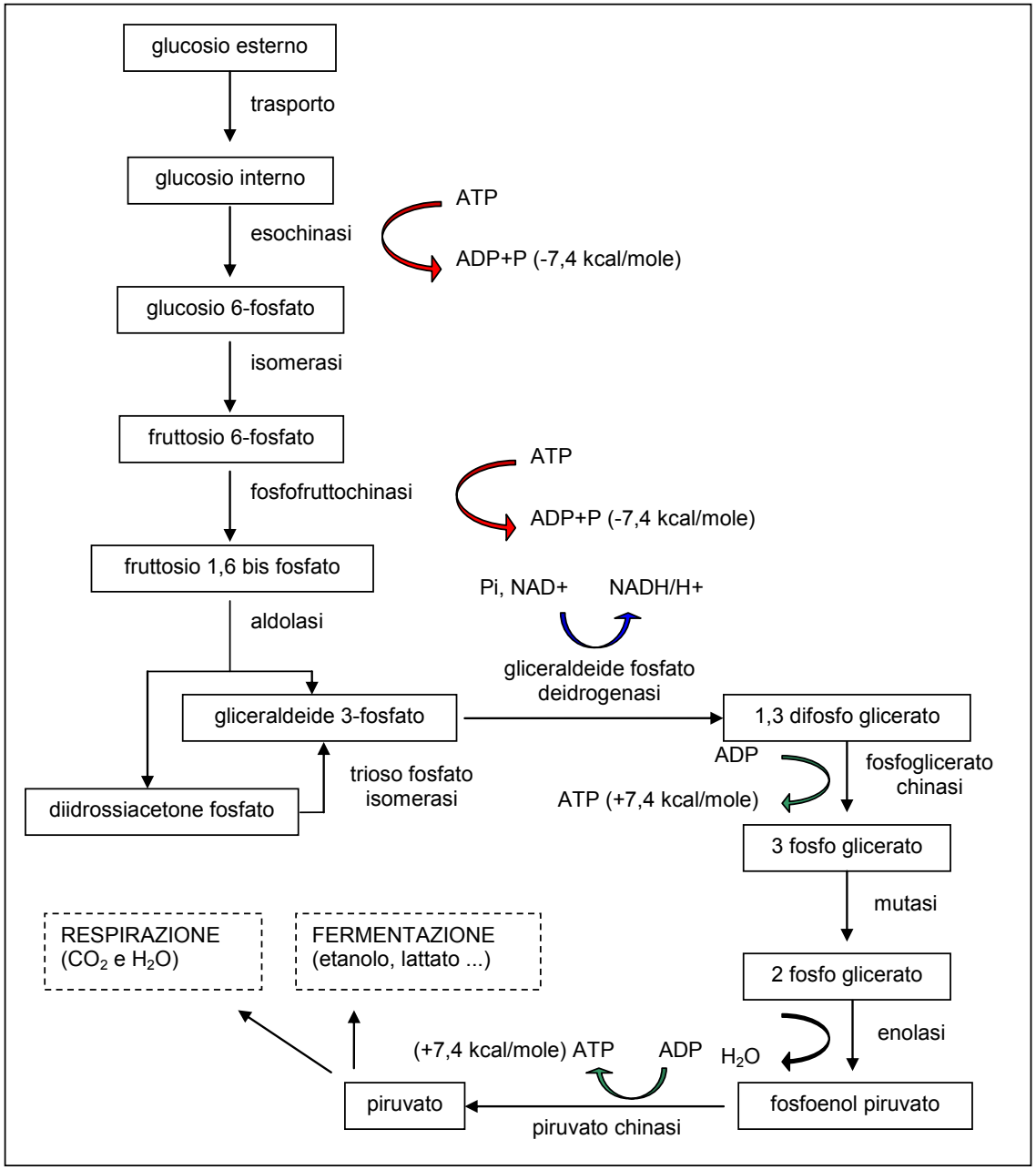
La *fermentazione lattica* è una via metabolica simile alla fermentazione alcolica che tuttavia avviene in un unico passaggio e **non** comporta la perdita di un atomo di carbonio sotto forma di CO_2. La fermentazione lattica avviene nei muscoli del corpo umano a seguito di un grande sforzo che comporta una non più corretta ossigenazione dei tessuti: l'organismo tuttavia produce *acido lattico* per ottenere comunque l'energia necessaria. Il dolore dei crampi è legato alla tossicità dell'acido lattico ai danni delle cellule muscolari. Anche microrganismi come i lattobacilli, tra cui i cosiddetti fermenti lattici utilizzati nella produzione per esempio dello yogurt, compiono la fermentazione lattica.

GLUCOSIO → 2 LATTATO



15.3 - Metabolismo del glucosio

Figura 1.3.15 – Schema della glicolisi. Sono indicati i metaboliti e gli enzimi glicolitici. Il primo passaggio è il trasporto del glucosio dall'ambienta all'interno della cellula, operato da specifici trasportatori del glucosio o degli esosi, in generale. Sono segnati i passaggi che consumano o sintetizzano ATP e NADH/H^+. La reazione è bilanciata come massa solo quando il NADH/H^+ prodotto viene riossidato nella fermentazione o nella respirazione.



La prima fase comune ad altri processi metabolici è rappresentata dalla glicolisi attraverso la quale si origina il piruvato. A questo punto si differenziano le vie della fermentazione alcolica, della fermentazione gliceropiruvica e della respirazione.

Uno dei processi chiave della glicolisi è rappresentato dalla riduzione del NAD^+ a NADH. Nella fermentazione alcolica il NADH viene riossidato a NAD^+ per riduzione dell'acetaldeide ad alcol. Alternativamente il NADH può venire ossidato nel processo di riduzione del diidrossi aceton fosfato a glicerolo.

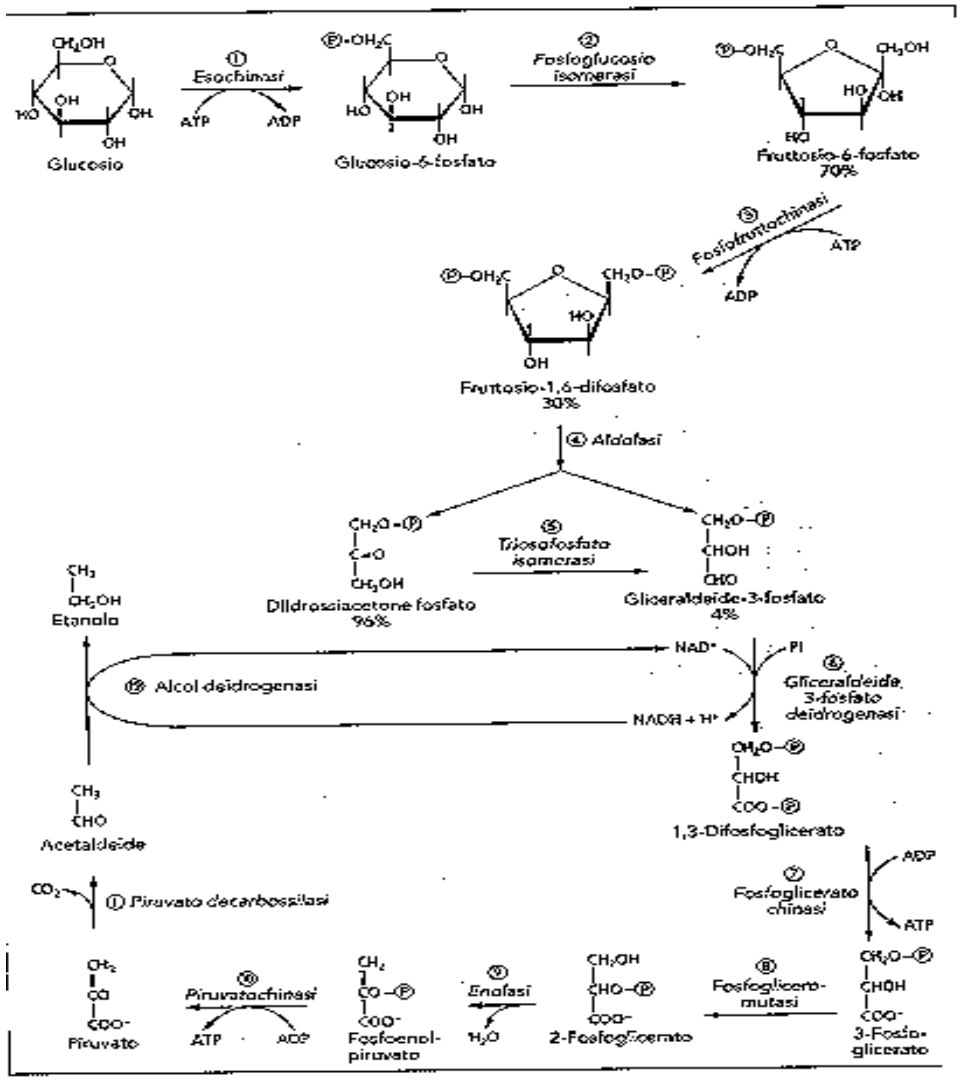


Fig. 2.2 - Via della glicolisi e della fermentazione alcolica.

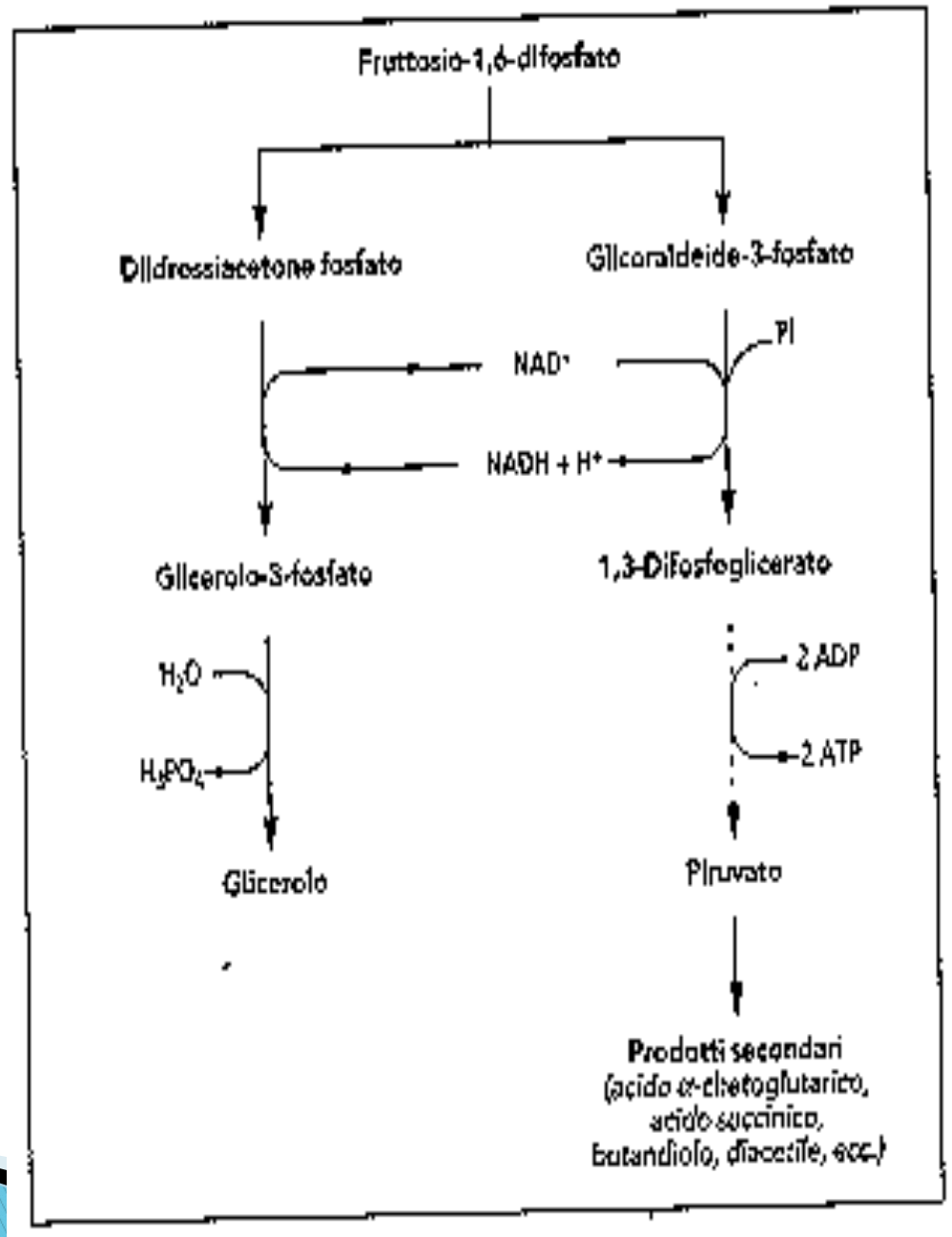


Fig. 2.5 - Via della fermentazione glicerolopiruvica.

Come conseguenza si accumula acido piruvico che viene convertito in prodotti secondari.

L'acido piruvico convertito in gruppi acetilici (Acetil-CoA) può entrare nel ciclo degli acidi tricarbossilici (Krebs) e dare origine all'acido succinico, il terzo prodotto in ordine quantitativo che si origina dalla demolizione degli zuccheri.

Nei mitocondri, anche in anaerobiosi sono presenti gli enzimi del ciclo di Krebs che tuttavia si arresta al succinato in quanto per la deidrogenazione di questo a fumarato devono intervenire enzimi respiratori (FAD) che funzionano in aerobiosi.

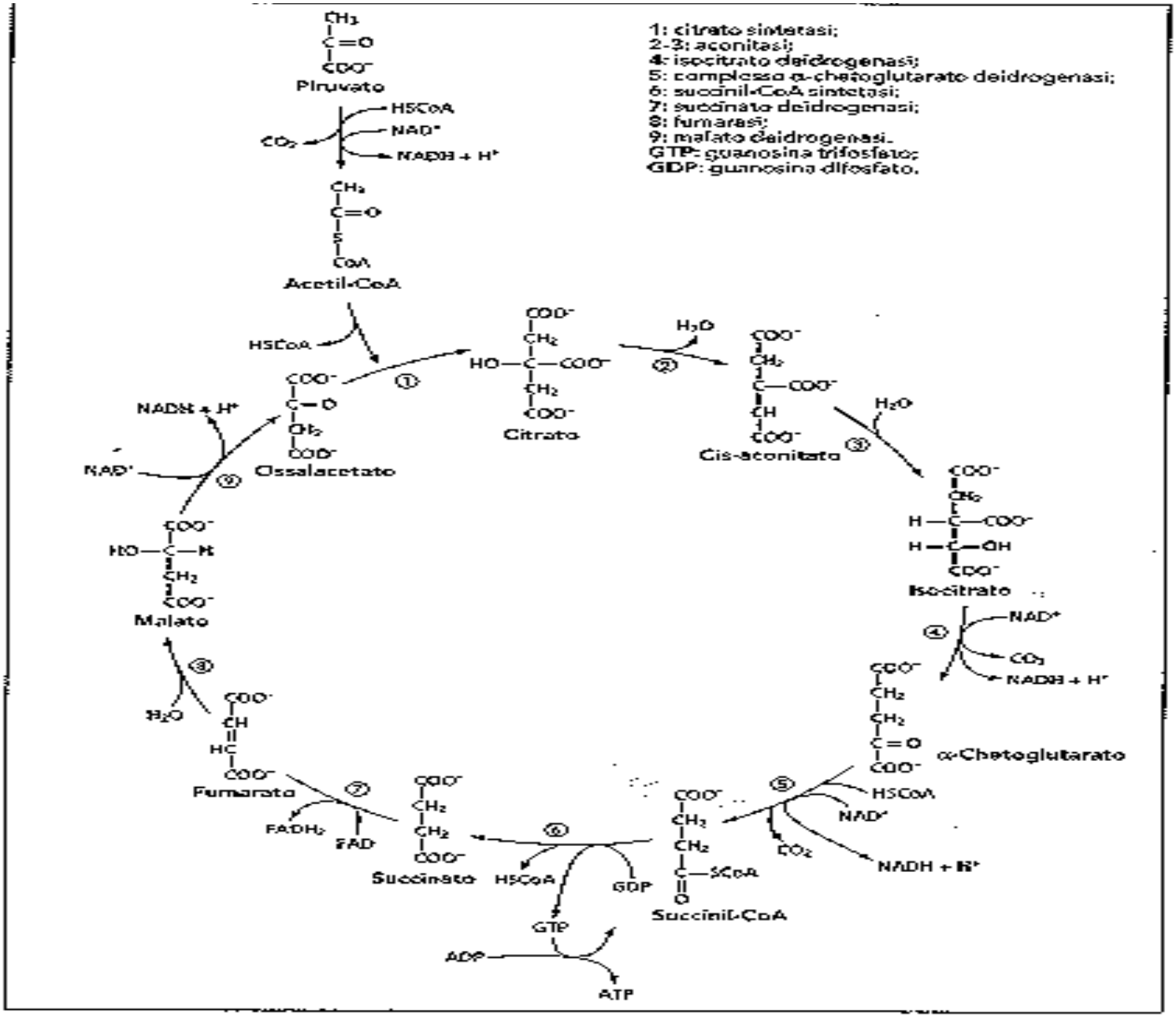
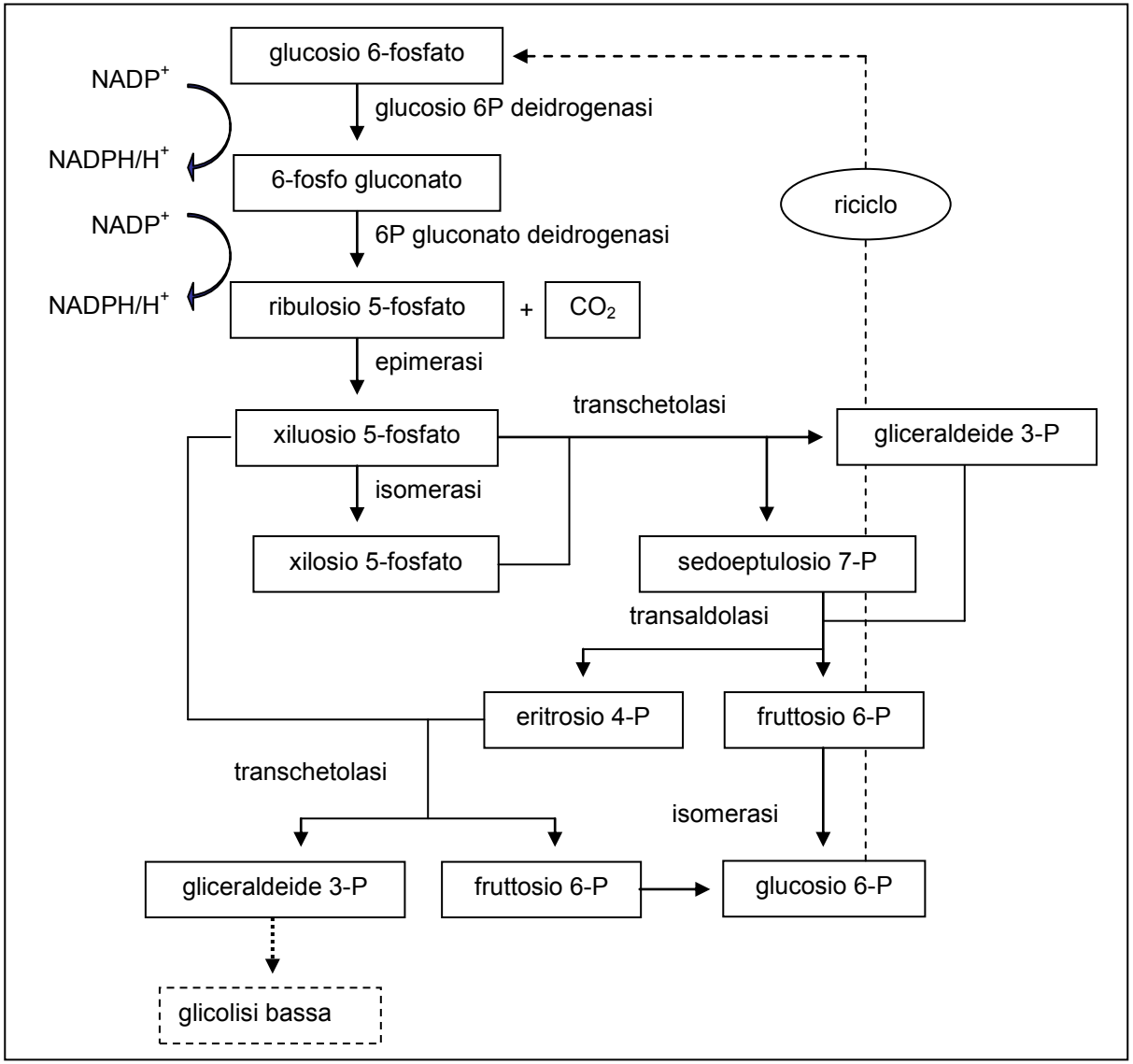


Fig. 2.7 - Ciclo degli acidi tricarbossilici o ciclo di Krebs.

Figura 15.3.1 – La via ciclica dei pentosi. La CO2 ed il potere riducente (NADPH/H+) prodotti ad ogni ciclo rendono conto di una mole di glucosio ogni sei cicli interi, escludendo dunque l'eventuale sottrazione di intermedi per le vie biosintetiche primarie.



Enzima	Meccanismo	Attività specifica (mU/mg proteina)		Fattore di induzione
		- glucosio	+ glucosio	
Invertasi	Fonte C	130	<0.2	750
Alcol deidrogenasi*	Respirazione	1850	15	120
Maltasi	Fonte C	180	2	90
Malato sintasi	TCA	82	<1	80
Isocitrato deidrogenasi (NADP)	TCA	214	26	80
Fosfoenolpiruvato carbossichinasi	Gluconeogenesi	300	<5	60
Fruttosio 1,6 bisfosfatasi	Gluconeogenesi	50	<1	50
Isocitrato liasi	TCA	10	<0.2	50
Galattochinasi	Fonte C	40	1	40
Glutammato deidrogenasi	TCA	190	7	25
Aconitasi	TCA	935	170	5
Citocromo c ossidasi	Respirazione	11	2	5
Isocitrato deidrogenasi (NAD)	TCA	75	18	4

Tabella 15.3.2 - Effetti della repressione da glucosio sulle attività enzimatiche. * Il riferimento è all'isoenzima respiratorio che ossida l'etanolo ad acetaldeide. Per le isocitrato deidrogenasi è specificato il cofattore redox dell'isoenzima.

15.4 - Produzione di etanolo da lievito

Caratteristiche ottimali del processo:

- Rese elevate del prodotto (→ riduzione dei costi in materia prima)
- Velocita' elevata di fermentazione (→ riduzione dei tempi di lavoro dell'impianto)
- Elevata tolleranza all'etanolo
- Elevata tolleranza al calore (28-35°C)
- Elevata tolleranza all'acidita' (pH 3.5-6)

Nella fermentazione alcolica abbiamo la trasformazione di una mole di glucosio in due di etanolo e due di anidride carbonica. Dato che una mole di glucosio pesa 180 g ed una di etanolo 46 g:

180 g glucosio → 92 g etanolo + 88 g CO_2

Ovvero da 100 g di glucosio otterremo 51 g di etanolo, con una resa (Y) di 0,51.

Questo valore è teorico in quanto una parte, anche se piccola, del glucosio viene utilizzato per produrre biomassa (circa 2 grammi per grammo di biomassa prodotta) e sintesi dei prodotti secondari della fermentazione.

Quindi in pratica le rese dei processi fermentativi col lievito si aggirano intorno al 90-95% della resa teorica:

Ceppo	Efficienza di fermentazione (% a 48 ore di processo)	Produzione di etanolo (galloni per tonnellata di melassa)
ATCC 4132	83	73
CBS 1237	90	70
Y 7494	86	67
UCD 505	83	65
UCD 595	81	63
ATCC 26603	81	63
DADY	77	60
BAKER	77	60
ATCC 26602	62	48
NCYC 90	57	44
Y 2034	55	43
CBS 1235	35	27

Tabella 15.3.3 - Differenti capacità di produrre etanolo in vari ceppi di lievito *Saccharomyces cerevisiae*. I ceppi numerati si riferiscono a quelli presenti nelle collezioni delle agenzie pubbliche o provate. Ad esempio: ATCC = *American Type Culture Collection*, CBS = *Centraalbureau voor Schimmelcultures*, NCYC = *National Collection of Yeast Cultures*. L'efficienza di fermentazione indica la percentuale rispetto alla resa teorica della produzione di etanolo. Gallone = 3.78 litri.

Bilancio energetico della fermentazione alcolica

Si ha accumulo di energia sotto forma di due molecole di ATP (7,3×2 ⇒ 14,6 Kcal).

Trasformazione di una molecola di zucchero in alcol: 40 Kcal.

Energia dispersa come calore: 40 – 14,6 = 25,6 Kcal/mole.

Conseguenze: in assenza di dispersioni, un mosto con 180 g/L di zuccheri vedrebbe aumentata di 25,6 °C la sua temperatura alla fine della fermentazione.

L’ossigeno nella fermentazione alcolica:

- Ossigeno come fattore nutrizionale (reazioni redox citoplasmatiche/biosintetiche)
- Regolatore del metabolismo (es.: piruvato decarbossilasi)
- Tensione tipica: 0,05-0,1 mmHg (se maggiore si ha effetto Pasteur)

L’inibizione della crescita da parte dell’etanolo:

- 1-2% (10-20 g/L) → rallentamento crescita (sintesi proteica?)
- 10% → inibizione (denaturazione enzimi ?)
- resistenza ad etanolo → composizione membrana ? (trasporto)

LIEVITI

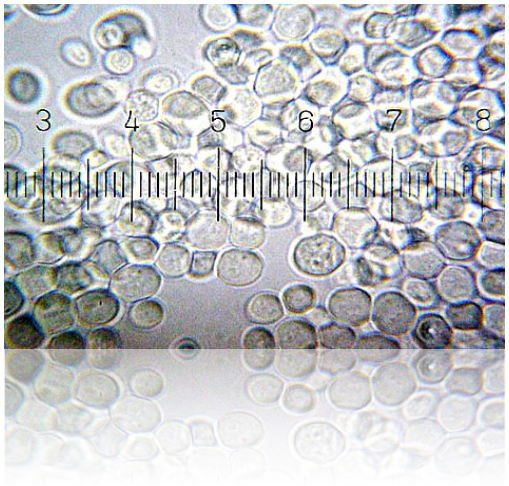
Il comune denominatore nella produzione di tutte le bevande alcoliche è la fermentazione. L'industria della birra è l'unica industria alimentare che prevede la riutilizzazione del lievito per una successiva fermentazione.

Nel settore birrario si parla ancora di *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces carlsbergensis* a indicare rispettivamente i lieviti di alta e bassa fermentazione in realtà, secondo l'ultima accettata classificazione dei lieviti del 1997, vengono riconosciute solo 4 specie di Saccharomyces "sensu stricto": S. cerevisiae, S. bayanus, S. pastorianus e S. paradoxus.

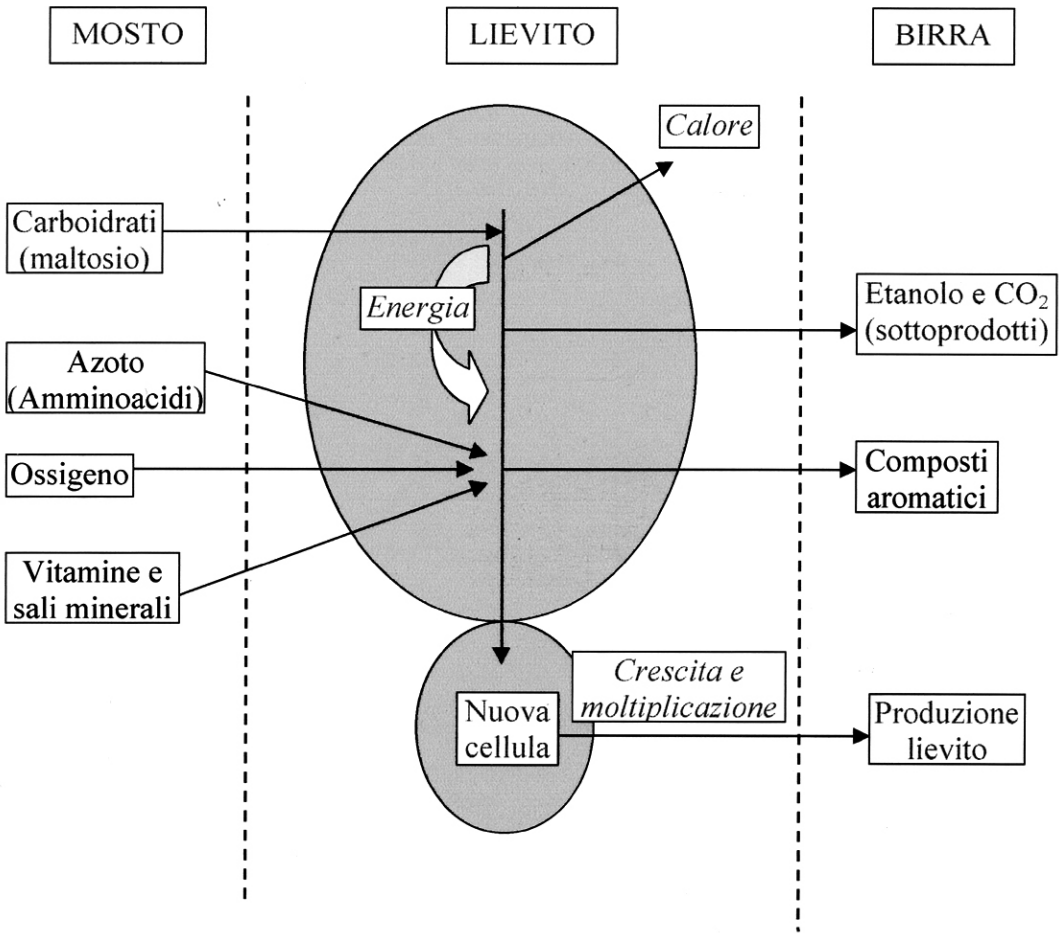
COSA SONO I LIEVITI?

- Il lieviti sono dei funghi unicellulari eucarioti che possono avere forma ellittica o sferica. La dimensione di una cellula di lievito è compresa tra i 5 e i 10 micron (un millesimo di millimetro).

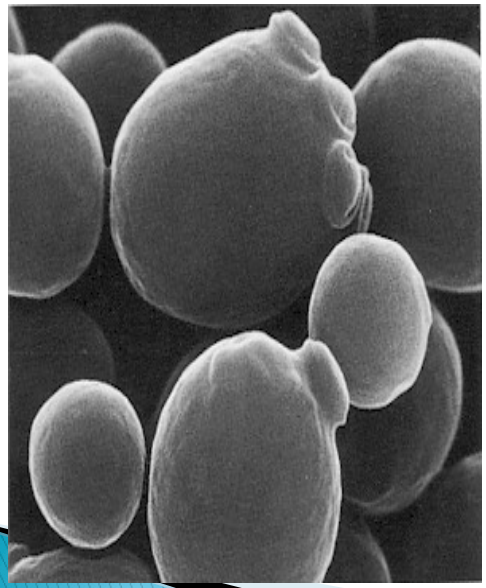
Cellule di lievito al microscopio

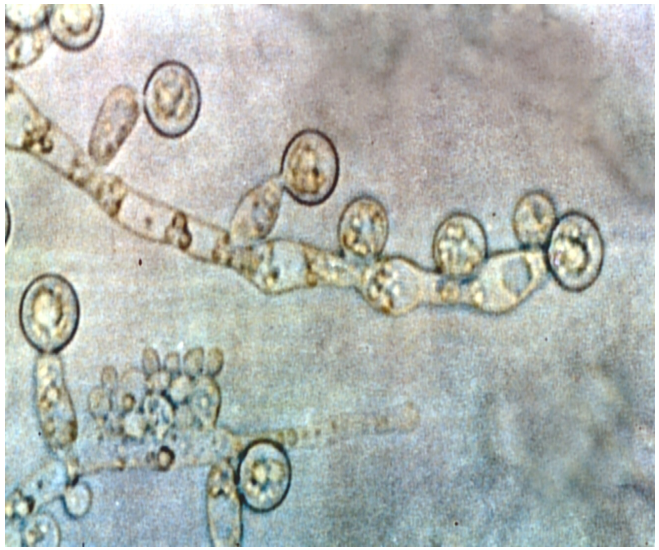


Principali reazioni biochimiche mediate dal lievito



- La maggior parte dei lieviti appartiene al gruppo degli *Ascomiceti*.
  Solo un piccolo numero di lieviti come la *Candida albicans* può causare infezioni nell'uomo. Altre specie, come il *Saccharomyces cerevisiae*, sono invece comunemente usate dall'uomo ad esempio per far lievitare il pane e far fermentare bevande alcoliche come il vino e la birra.





· Saccharomyces cerevisiae · Candida albicans

TIPI DI LIEVITI

- *Lieviti naturali:* composti da microrganismi sviluppatisi naturalmente
  es. Lievito madre o crescente
- *Lieviti artificiali:* composti da microrganismi coltivati
  es. Lievito di birra
- *Lieviti minerali:* composti da sostanze chimiche
  es: Lieviti da pasticceria



- Lievito madre



- Lievito di birra



- Lievito chimico

Il metabolismo azotato dei lieviti

Il lievito produce gli amminoacidi necessari alla sintesi proteica a partire dallo ione ammonio e dal gruppo amminico degli amminoacidi del mosto che vengono utilizzati per amminare i chetoacidi provenienti dalla glicolisi, dal ciclo di Krebs e dalla via dei pentosi.

Amm.ac.Mosto + chetoglutarato ⇒ chetoac. + glutammato

Glutammato + chetoac.Lievito ⇒ chetoglutarato + Amm.ac.Lievito

Altre azioni dei lieviti:

✓Possibile idrolisi di aromi sotto forma glicosilata con produzione di composti odorosi liberi

✓Produzione di composti tiolici da precursori cisteinilderivati

✓Riduzione di composti con legami insaturi (doppi legami di tipo trans in posizione 2)

✓Riduzione di aldeidi odorose provenienti dalla tostatura del legno

✓Consumo di ossigeno, regolazione delle reazioni di ossido-riduzione, cessione di glicoproteine.

In particolari condizioni, certi ceppi di lieviti producono acido solfidrico che, se non viene tempestivamente rimosso, causa odori sgradevoli non più eliminabili dai vini.

15.5 - Alcol da batteri

Molti batteri producono etanolo (tabella), ma insieme a vari prodotti secondari, a seconda delle vie metaboliche presenti:

- altri alcol (butanolo, isopropanolo, dioli etc)
- acidi organici (acidi acetico, butirrico, formico, lattico etc)
- chetoni o polioli
- gas (metano, idrogeno)

Specie batterica (mesofila)	Produzione di etanolo (resa: mmol/mmol di glucosio)
Clostridium indolis (patogena)	1.9
Clostridium sphenoides	1.8
Clostridium sordelli (patogena)	1.7
Zymomonas mobilis	1.9
Zymomonas mobilis ssp *pomaceae*	1.7
Spirochaeta aurantia	1.5
Spirochaeta stenostrepta	0.8
Spirocheata litoralis	1.1
Erwinia amylovora	1.2
Leuconostoc mesenteroides	1.1
Streptococcus lactis	1.0
Sarcina ventriculi	1.0

Tabella 15.5.1 - Produzione di etanolo da glucosio di alcune specie batteriche mesofile. La resa molare massima teorica di etanolo da glucosio è pari a 2.

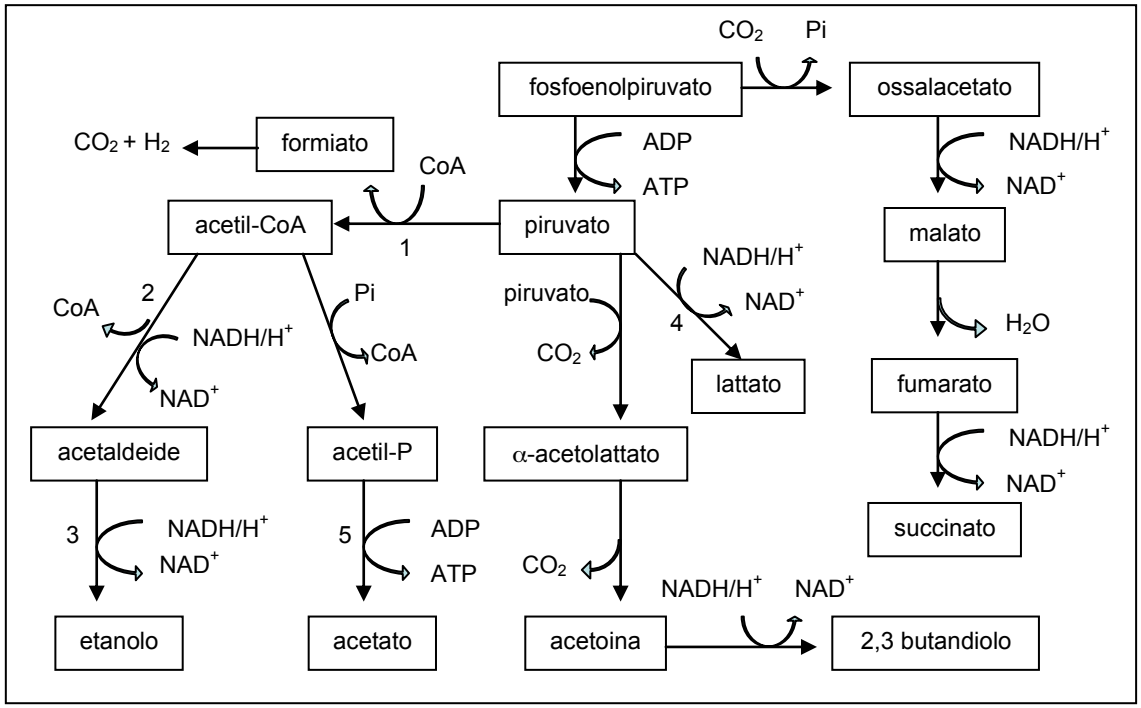


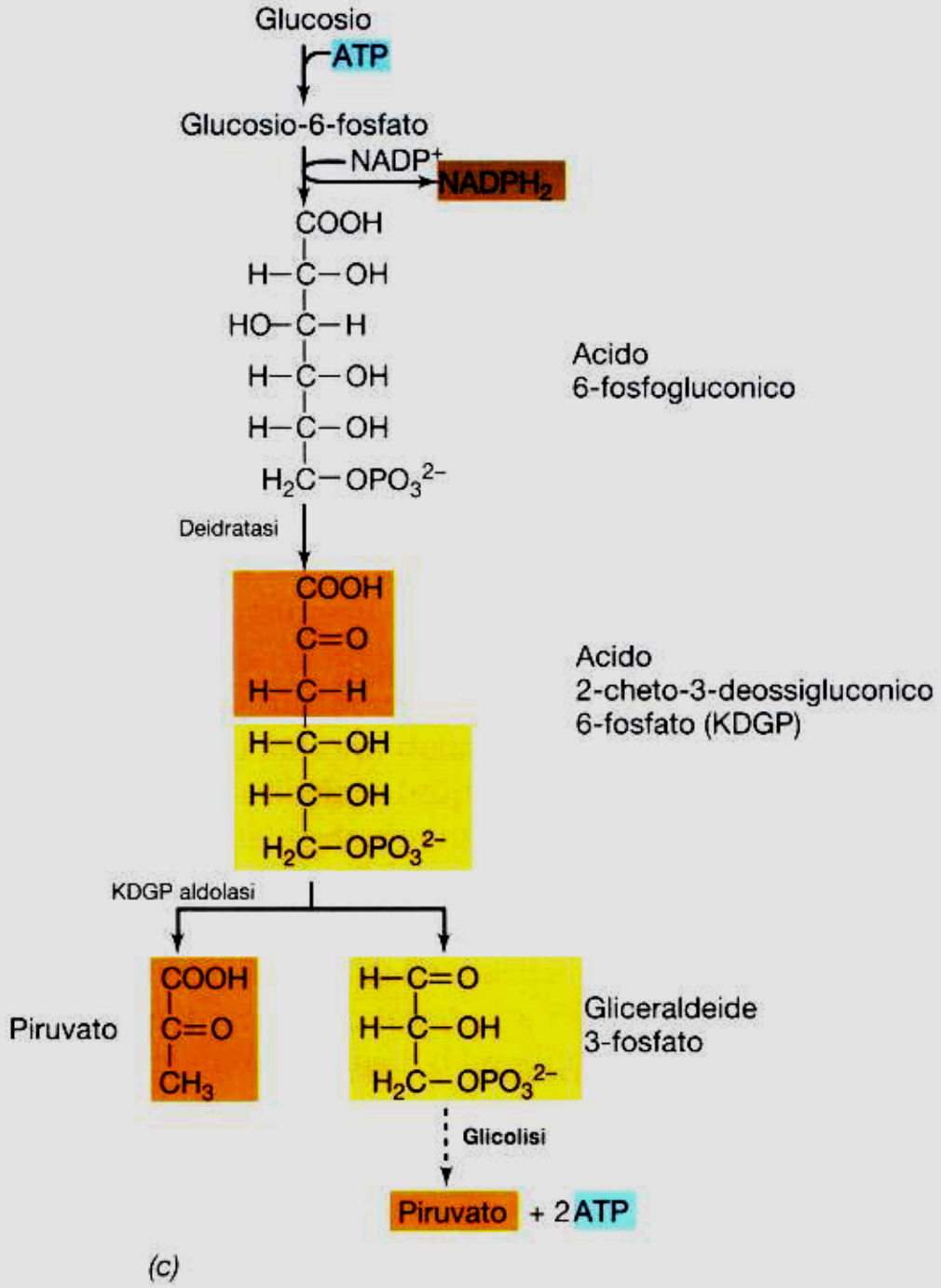
Figura 15.5.2 - Metabolismo del piruvato nei batteri. Le vie anaerobiche sono quelle che consumano il potere riducente ($NADH/H^+$) prodotto dalla glicolisi. 1 = piruvato deidrogenasi, 2 = acetil-CoA sintetasi, 3 = alcohol deidrogenasi, 4 = lattico deidrogenasi, 5 = acetato chinasi.

Il batterio piu' utilizzato e' *Zymomonas mobilis*, che produce essenzialmente etanolo senza prodotti secondari:

- Gram-negativo, bastoncellare, flagellato, anaerobio facoltativo
- Bevande fermentate in pesi tropicali
- cresce anaerobicamente su zuccheri anche a concentrazione elevate (40%)
- elevata velocità di uptake e consumo di glucosio, fruttosio, saccarosio
- elevata tolleranza a etanolo (16%)
- resa in etanolo elevata (quasi teorica 2mol/mol), poca biomassa (1 ATP/mol)
- e' uno dei pochi batteri con la PDC, due geni per ADH
- PDC e ADH molto espressi
- metabolizza il glucosio tramite la via di ENTNER-DOUDOROF (ED)
- puo' essere utilizzato in coltura continua (figura)
- manipolabile geneticamente (uso dei pentosi?)
- completamente sequenziato
- il suo operone ADH+PDC usato per ingegnerizzare batteri che usano fonti C a basso costo (es composti ligno-cellulosici)

Enzimi caratteristici della via ED:

- Deidratasi
- KDGP aldolasi



Parametro	unità	*Z. mobilis*	*S. cerevisiae*
Velocità di crescita media	h^{-1}	0.13	0.055
Consumo orario specifico del glucosio	g/g/h	5.5	2.1
Produttività specifica di etanolo	g/g/h	2.5	0.87
Resa di cellule (Y)	g/g	0.019	0.033
Resa di etanolo	g/g	0.47	0.44
Percentuale di conversione del glucosio	%	92.5	86
Massima concentrazione finale di etanolo	g/l	102	108

Tabella 15.5.4 - Comparazione della produzione di etanolo tra *Z. mobilis* e *S. cerevisiae* in coltura batch non aerata, a 30°C pH 5 e glucosio 250 g/l,.

Qualsiasi prodotto che contiene zuccheri può fermentare!

Zucchero da tavola

È lo zucchero semolato, quello bianco, costituito da puro saccarosio Il saccarosio è un disaccaride, composto da due zuccheri semplici, per cui meno velocemente metabolizzabile dal lievito, che deve rompere questo legame prima di fermentarli separatamente. Non ha particolari caratteristiche aromatiche, se non un potenziale sapore sidroso poco elegante in caso di gestione non ottimale di tempi e temperature di fermentazione.

Zucchero invertito

Ottenuto attraverso il fenomeno di idrolisi che scindono il saccarosio in glucosio e fruttosio, monosaccaridi più facilmente metabolizzati dal lievito, si può trovare in forma liquida. A livello organolettico, spesso restituisce un corpo più asciutto.

Destrosio

È un altro monosaccaride, facilmente lavorabile dal lievito, estratto e poi raffinato dal mais. Solitamente è presente nella forma di destrosio monoidrato e quindi contiene acqua: motivo per il quale, rispetto allo zucchero da tavola, va usato in quantità del 10% maggiori ad esso. A livello organolettico è alquanto neutro ed ha il suo maggior utilizzo nella rifermentazione.

Zucchero di canna
Estratto dalle canne (noto anche col nome di Demerara), è molto aromatico ed è alquanto grezzo. Difficilmente, però, questi aromi riescono a farsi sentire nel profilo organolettico, essendo il suo effetto abbastanza neutro.

Melassa
È il residuo del processo di trasformazione di zucchero di canna grezzo in zucchero raffinato. Contenendo molte impurità, è molto aromatico ed intenso. Presente in forma liquida, ha diverse colorazioni che indicano il suo grado di raffinazione.

Miele
Le varietà di miele sono talmente tante da non permettere una descrizione concisa e completa in questo spazio. Essendo formato principalmente da fruttosio e glucosio, è in gran parte fermentabile dal lievito. Dona secchezza alla birra e una dolcezza residua molto bassa, generalmente.

Lattosio
È uno zucchero disaccaride composto da lattosio e galattosio, non fermentabile da alcun lievito. Non serve affatto a contribuire a un abbassamento del corpo, ma esattamente al contrario, donando morbidezza e una grande dolcezza residua

Cereali maltati

Cereali non maltati

Orzo, Segale, Mais, Riso, Frumento , Avena

BEVANDE ALCOOLICHE E prodotti di fermentazione e soluzioni idro-alcooliche

vino dalla fermentazione del mosto di uva
Birra dalla fermentazione del mosto di orzo (la birra è antica almeno quanto il vino !)
Sidro dalla fermentazione del succo di mela
Idromele dalla fermentazione del miele diluito in acqua
Sangria dalla mescolanza di vino con succhi di frutta ed aromi,

prodotti di distillazione
Allo scopo di accrescere il tenore alcoolico naturale dei prodotti di fermentazione alcoolica diretta, si è fatto ricorso alla distillazione che permette di separare e recuperare la fase alcolica da una soluzione idro-alcoolica:
Prodotti ottenuti per distillazione di vini d'uva brandy, cognac, armagnac denominazioni diverse a seconda del luogo di origine

Prodotti ottenuti per distillazione di vinacce. Grappa. si tratta di un prodotto esclusivamente italiano

distillazione di vini d'orzo: whiskey canadese dalla distillazione di mais
sake dalla distillazione di riso
rhumdalla distillazione di canna da zucchero
Tequila dalla distillazione di vini di agave

Cos’è la birra ?

LA BIRRA E’ UNA BEVANDA ALCOLICA FERMENTATA



- La definizione legale di “BIRRA” è stata stabilita in Italia dalla L. n° 1354 del 16-08-1962 e s.m.i. fino al DPR n° 272 del 30-06-1998 che all’ art. 1 stabilisce che:

  c.1) La denominazione di birra è riservata al prodotto ottenuto dalla fermentazione alcolica con ceppi di saccharomyces carlsbergensis od i saccaromyces 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

- c.3)Nella produzione della birra è consentito l'impiego di estratti di malto torrefatto e degli additivi alimentari consentiti dal…….DM n.229 del 08-05-2006.
- c.4) Il malto di orzo o di frumento può essere sostituito con altri cereali, anche rotti o macinati o sotto forma di fiocchi, nonché con materie prime amidacee e zuccherine nella misura massima del 40% calcolato sull'estratto secco del mosto.

- L'art 2 – denominazione di vendita- del DPR n.272 del 30-06-1998

Tipo di birra	Gradi Plato	Grado alcol. volumico
Birra analcolica	> 3 Plato< 8	< 1,2 %
Birra light	> 5 Plato <10,5	1,2%< 3,5 %
Birra	Plato > 10,5	g.a.v.> 3,5 %
Birra speciale	Plato > 12,5	g.a.v >3,5-4,0 %
Birra doppio malto	Plato > 14,5	> 4,8 %

- La classificazione delle birre viene fatta in base ai gradi saccarometrici contenuti nel mosto espressi in Gradi Plato (1 Plato= 1 g zucchero/ 100g di mosto). Sull'etichetta viene, però, indicato il contenuto alcolico in volume.
- 1 grado alcol = 3 gradi saccarometrici o Gradi Plato.

Gradazione saccarometrica e contenuto alcolico sono due grandezze distinte e non sono correlate in modo proporzionale. La gradazione saccarometrica, in particolare, misura la quantità di zuccheri presenti nel mosto prima della fermentazione: 1 grado saccarometrico o Plato è pari a 10 grammi di zuccheri in 1 Kg di mosto.

Sebbene non vi sia un rapporto matematico esatto fra i gradi saccarometrici e quelli alcolici – in quanto durante la fermentazione solo una percentuale degli zuccheri viene trasformata in alcool e questa percentuale non è fissa – generalmente si considera che, approssimativamente, 3 gradi saccarometrici corrispondano a 1 grado alcolico.

- L'art. 2 c 4 stabilisce che:" Quando alla birra sono aggiunti frutta, succhi di frutta, aromi, o altri ingredienti alimentari caratterizzanti, la denominazione di vendita è completata con il nome della sostanza caratterizzante."

Ingredienti e materie prime

- Acqua
- Cereali
- Lievito
- Luppolo
- I cereali possono essere:

  - maltati quali orzo, frumento, segale,sorgo, triticale, grano saraceno ecc

  -non maltati quali mais, riso, sorgo, orzo, frumento, triticale, miglio, grano saraceno

  Altri prodotti: patate, castagne, frutta ecc

  Aggiunte: saccarosio, sciroppi, estratti di malti coloranti, aromi ecc

LE MATERIE PRIME

ORZO



ACQUA



LUPPOLO



LIEVITO



- I cereali non maltati e sciroppi sono usati come fonte alternativa di estratto fermentescibile in tutto il mondo ad eccezione della Germania dove vige ancora oggi l'editto del 1516 di Guglielmo IV di Wittelsbah duca di Baviera "Rheinheitsgebot" per il quale gli unici ingredienti permessi per la produzione della birra sono l'orzo, luppolo ed acqua con eccezione del maltodi grano per le Weizen.

- Perche si usano i cereali non maltati, sciroppi ecc.
  - più economici
  - caratterizzano il gusto e l'aroma della birra
  - alcuni cereali crudi orzo, frumento migliorano la schiuma della birra
  - l'aggiunta di estratti di malto può correggere il colore
  - aumenta la capacità produttiva della sala cottura riducendo le filtrazioni

USI

LIEVITI E VINO

I produttori di vino fin dall'antichità usavano differenti ceppi di lieviti in funzione del tipo di vino da produrre. La qualità del vino dipende, prima di tutto, dal genere di uva e dalle varietà del vitigno. Lieviti naturali sono già presenti sulla superficie degli acini d'uva (la *pruina*) perciò il succo d'uva tenderà spontaneamente a fermentare.
Quando piove, diminuisce la quantità di lieviti sulla superficie degli acini pertanto lieviti "selezionati" vengono aggiunti per la fermentazione.
Il troppo zucchero presente nell'uva o un'eccessiva concentrazione di alcool rallenterà la crescita del lievito, perciò per alcuni tipi di uva che posseggono una quantità eccessiva di zucchero è necessario utilizzare lieviti che ben sopportano elevate concentrazioni zuccherine.

LIEVITI E PANE

La lievitazione della pasta del pane è causata dall'anidride carbonica che si sviluppa all'interno degli impasti tenuti a temperatura ambiente. Inizialmente le bollicine di gas prodotte dai lieviti fanno aumentare il volume della pasta e il processo viene portato a termine durante la cottura. L'anidride carbonica e l'alcool evaporano durante la cottura liberando aria. Inoltre il calore modifica le proteine conferendo alla preparazione una certa rigidità che permette al prodotto di non "sgonfiarsi" a cottura ultimata.



LIEVITI E BIRRA



I primi a scoprire il lievito di birra furono gli antichi egizi.

I lieviti *Top-fermenting* (così chiamati perché galleggiano sulla superficie della birra) preferiscono temperature più alte e conferiscono alla birra un profilo aromatico complesso, con toni fruttati e speziato.
Il classico lievito ad alta fermentazione è il *Saccharomyces cerevisiae*, usato per produrre birre del tipo *-ale*.

I lieviti *Bottom-fermenting* lavorano a basse temperature e alla fine della loro attività si depositano sul fondo. Fra questi *Saccharomyces uvarum* e *Saccharomyces carlsbergensis* usati per produrre birre di tipo *-lager*.

Il **mashing**, spesso abbraviato in "**mash**", in italiano **ammostamento**, è quel processo che permette di estrarre gli amidi dal malto macinato e di convertirli in **zuccheri fermentabili**. In questo post riassumiamo brevemente le fasi e le caratteristiche del mash.

MACINAZIONE: Affinchè le reazioni di lisi degli **amidi** avvengano con successo è necessario che siano rispettate una serie di condizioni.
Innanzitutto, il cereale deve essere macinato per permettere al suo contenuto di entrare in contatto con l'acqua. Più fine sarà la macinazione, maggiore sarà la superficie di contatto farine/ mosto. Attenzione però a non macinare troppo i grani, potrebbe avere come controindicazione un'eccessiva torbidità del **mosto** e potrebbe provocare problemi in fase di **filtrazione**.

Gli Enzimi e la loro importanza nell'ammostamento

Gli enzimi

Gli enzimi non sono altro che proteine che fungono da catalizzatori nelle reazioni chimico/ biologiche. Il fatto che siano catalizzatori significa che danno luogo a queste reazioni senza consumarsi, infatti il compito dell'enzima è solo quello di velocizzare una reazione chimico/biologica e non quello di farla avvenire.

Nei malti sono presenti diverse tipologie di enzimi ognuno con proprie caratteristiche che li porta ad entrare in azione a temperature e pH diversi fra loro. Si può quindi affermare che ogni enzima presente nel malto ha una "finestra di operatività" che è delimitata da due parametri: la temperatura e il pH.

Se la temperatura sarà troppo bassa o il pH non corretto, l'enzima non entrerà in azione (o se lo farà la sua azione sarà molto rallentata).

Per questo motivo le soste che vengono richieste nella fase di ammostamento vanno sempre eseguite in ordine ascendente di temperatura (da quella a temperatura più bassa a quella a temperatura più alta).

POTERE DIASTASICO: Dato che sono gli enzimi a catalizzare le reazioni chimiche, occorre che nel mosto sia presente un quantitativo sufficiente di questi simpatici amichetti. Gli enzimi sono già presenti normalmente nel **malto**, ma in misura differente a seconda della varietà. Si parla a questo proposito di "**potere diastasico**" del malto. Più elevato è questo valore, più vuol dire che sono presenti enzimi nel malto.

Alcuni tipi di malto hanno un **elevato potere diastasico**, ovvero contengono **un'elevata quantità di enzimi** tale da permettere la scissione ottimale degli amidi presenti al loro interno ma anche di quelli presenti all'interno degli altri grani.

Altre varietà hanno un ridotto potere diastasico, ovvero un **quantitativo insufficiente o nullo di enzimi**, e devono necessariamente essere impiegati assieme ad altre tipologie per un buon ammostamento.

Altri tipi di malto hanno un quantitativo sufficiente solamente a scindere gli amici contenuti al proprio interno, ma non quelli all'interno degli altri malti. Vi sono infine alcune tipologie che durante il processo di maltazione hanno già subito una trasformazione/scissione degli amidi in zuccheri semplici e non hanno quindi necessità di essere sottoposti a mashing.

I malti con alto potere diastasico sono: **Pils**, **Pale/Maris Otter**, **Vienna**, **Monaco**, **Mild** e **Weizen**. Brown, Amber, frumento non maltato e fiocchi di cereali, non hanno invece enzimi sufficienti. Malti Caramel, tostati e arrostiti, hanno subito la trasformazione degli zuccheri durante il processo di maltazione e quindi non avrebbero neanche bisogno di ammostamento

Fattori che influenzano il mashing: ph, temperatura

PH: Altra condizione per un corretto mashing è che il **pH** del mosto sia compreso fra 5,2 e 5,6 (l'ideale è 5,5). Le principali reazioni enzimatiche necessarie al processo di ammostamento infatti avvengono in quel range. Scostamenti significativi da quei valori potrebbero inibire o bloccare le reazioni rendendo sostanzialmente inefficace l'intero mash.

TEMPERATURA: Veniamo al capitolo più interessante per l'**homebrewer**. La temperatura è importantissima nel processo di ammostamento in quanto influenza il lavoro dei singoli enzimi, attivandone alcuni ed inibendone altri, determinando dunque quale tipo di reazione avviene nel mosto.

Esistono infatti diversi enzimi la cui attività avviene però a temperature diverse. Il birrario o l'homebrewer dovrà sfruttare la temperatura per determinare che tipo di reazioni privilegiare e ottenere un mosto con caratteristiche differenti. Effettuerà quindi delle "**soste**" o "**step**" a diverse temperature per un certo quantitativo di minuti a seconda del risultato che vorrà ottenere. Vediamo quali sono gli enzimi in questione e le relative soste.

Gli ENZIMI CHE INTERVENGONO NEL MASHING

Questo processo ha il **fine di portare in soluzione le sostanze solubili del malto per ottenere un mosto con il giusto contenuto di zuccheri fermentescibili**, destrine, sali minerali e composti azotati.
Durante questa fase è importante miscelare il malto e l'acqua a temperature favorevoli alla degradazione operata da determinati enzimi, in pratica **sostando a temperature specifiche per un certo tempo.**

Fitasi

L'enzima fitasi lavora fra i 30° e i 52°C. La fitasi rompe la struttura della fitina [Ca5Mg(C6H12O24P63H2O)], un sale, in fosfato di calcio o fosfato di magnesio e acido fitico. Questa sosta è chiamata **Acid rest** in quanto serve ad abbassare il pH del mosto. L'acid rest si protrae solitamente per 20 – 40 minuti. Questa sosta non è molto usata dagli homebrewer che preferiscono correggere il pH con additivi (**acido lattico**, succo di limone, **solfato di calcio**, etc.) o utilizzando del **malto acido**.

Proteasi e Peptidasi

L'enzima proteasi lavora soprattutto tra i 45 e i 55°, e scinde le lunghe catene di proteine in composti più semplici come i polipetidi. Questi sono ulteriormente ridotti dalle peptidasi, attivi alle stesse temperature. Questa pausa è chiamata **Protein Rest** e si protrae in genere tra i 10 e i 20 minuti. E' uno step che si effettua solo in presenza di cereali non maltati o poco maltati, che contengono quindi un eccessivo quantitativo di proteine complesse. Le lunghe catene proteiche sono responsabili della torbidezza finale della birra (vedi alcune Weizen). L'azione delle proteasi riduce la torbidità finale, quella delle peptidasi fornisce invece le sostanze per una buona formazione della schiuma e per il nutrimento del lievito.

Attenzione! Un'eccessiva durata di questo step potrebbe portare a scindere completamente le proteine contenute nel mosto, generando una birra con schiuma scadente o peggio assente.

Amilasi

Le amilasi sono enzimi che degradono gli amidi in zuccheri più semplici (disaccardi o monosaccaridi). La sosta di **saccarificazione**, di durata attorno ai 60 minuti, è quella che più ci interessa in quanto è in questo momento che si producono gli zuccheri da fermentare. Due sono le amilasi che interessano a noi : **alfa-amilasi** (α-amilasi) e **beta-amilasi** (β-amilasi).

Le beta-amilasi lavorano principalmente tra i **54° e i 68°C** e scindono le catene di amido nel disaccaride **maltosio**, altamente fermentabili.

Le alfa-amilasi lavorano a temperature leggermente più alte, **tra i 63° e i 76°C** in maniera più "grossolana", scindendo le catene di amido in composti più complessi del maltosio e non fermentabili, le **destrine**.

Le amilasi svolgono lo stesso lavoro ma in maniera diversa. Le **beta-amilasi rompono le catene di amido a partire dalle loro estremità rimuovendo le singole unità di maltosio**. Le alfa-amilasi rompono le catene in maniera casuale dando vita a molecole più complesse e difficilmente fermentabili. Per ottenere una **birra più alcolica, secca e poco dolce**, privilegiate il range tra 58° e 63°C, per una birra meno alcolica e molto dolce, privilegiate il range tra 70° e 73°.

Nel range intermedio le amilasi lavorano insieme in contemporanea: le alfa rompono le grandi catene in strutture più piccole permettendo alle beta di attaccarne le estremità in maniera più efficiente. Una temperatura di 68° quindi produrrà una saccarificazione molto spinta, assai più di un prolungato step sotto i 65°, producendo un mosto altamente fermentabile.

La fase di MASH-OUT

Il mashing si conclude con la fase di mash-out. Altro non è che una sosta di circa 15 minuti alla temperatura di 78°C. L'elevata temperatura degrada o deproitenizza gli enzimi contenuti nel mosto bloccando ed inibendo definitivamente le reazioni enzimatiche. E' dunque un processo irreversibile. Proprio per questa ragione dev'essere effettuato solo quando tutti gli amidi siano stati effettivamente convertiti in saccaridi. Come verficarlo?

TEST DELLA TINTURA DI IODIO

: Per essere sicuri che non vi siano tracce di amido nel mosto effettuate il test della tintura di iodo in questo modo. Prelevate del campione di mosto e versatelo in un piattino. Aggiungete una goccia di tintura di iodio e ruotate il piattino per mescolare bene il tutto. Osservate. Se il colore del mosto diverrà rosso, vuol dire che non sono presenti amidi. Se il colore sarà blu o violaceo, vorrà dire che vi sono ancora tracce di amido e bisognerà prolungare il mashing di altri 5-10 minuti prima di ripetere il test.

Le temperature ideali per le reazioni degli enzimi

- 45°C: Attività delle proteasi su proteine a più basso peso molecolare (nutrienti per il lievito)
- 50°C: Attività amilolitica
- 55°C: Attività delle proteasi sulle proteine a più alto peso molecolare. Si formano prodotti di degradazione ad alto peso molecolare (schiuma, torbidità, gusto e pienezza)

Le temperature di saccarificazione

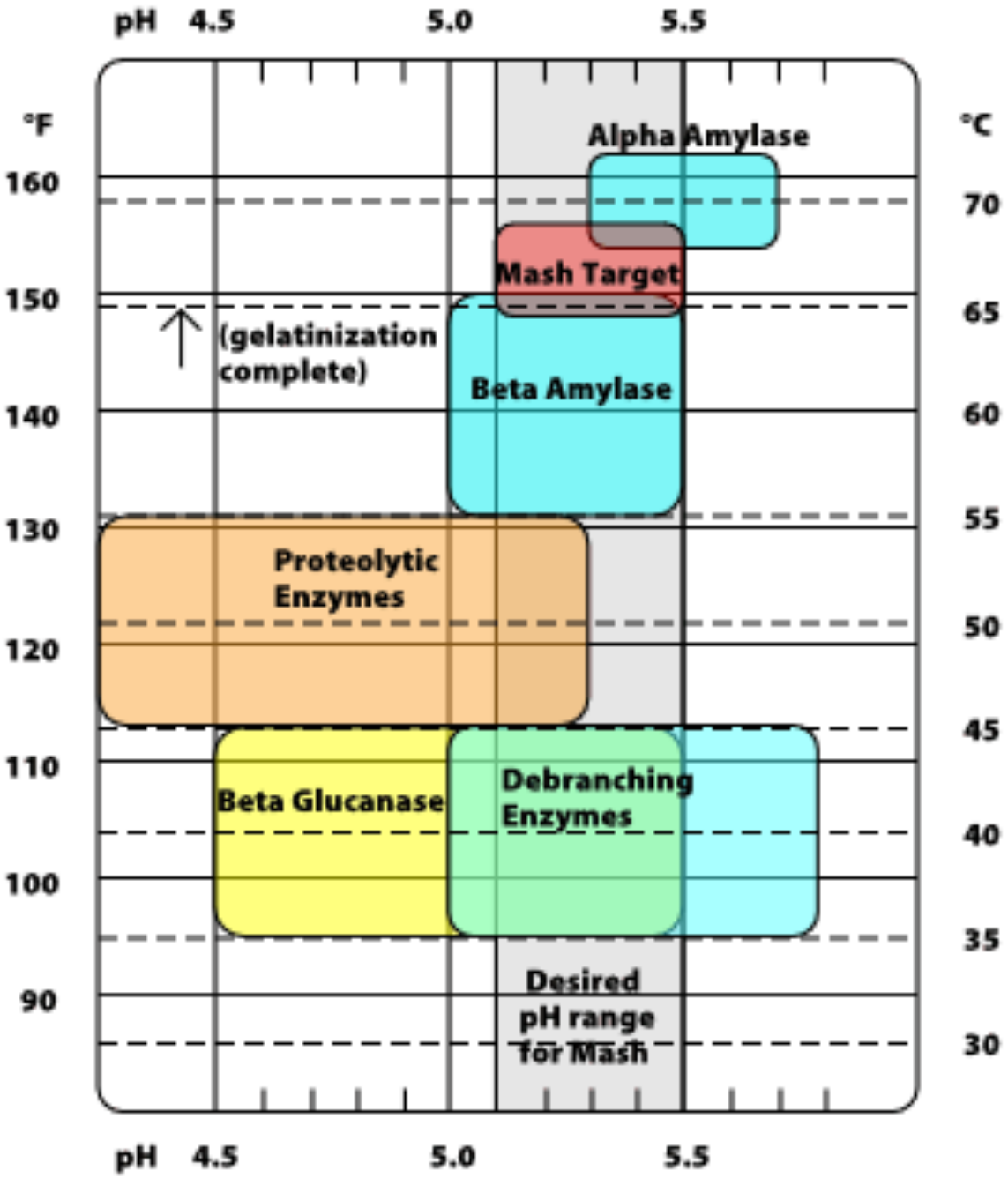
60°C: Qui le beta-amilasi raggiungono il massimo della loro attività trasformando gli amidi in zuccheri fermentescibili

67°C: Sembrerebbe la temperatura ideale per far lavorare in sintonia le beta e le alfa amilasi. Si ottiene solitamente un mosto ben bilanciato tra zuccheri fermentescibili e non

70°C: Qui le Alfa-amilasi convertono gli amidi in zuccheri non fermentescibili (destrine). Brassando solo a questa temperatura si otterrà un mosto pastoso con un grado alcolico basso

75°C: Si riduce la viscosità del mosto per facilitare la filtrazione

78°C: Si inattivano la maggior parte degli enzimi


pH 4.5
5.0
5.5
°F
°C
160
150
140
130
120
110
100
90
70
65
60
55
50
45
40
35
30
Alpha Amylase
Mash Target
(gelatinization complete)
Beta Amylase
Proteolytic Enzymes
Beta Glucanase
Debranching Enzymes
Desired pH range for Mash
pH 4.5
5.0
5.5

TEMPO PER AMMOSTAMENTO

Il tempo totale dell'ammostamento **indicativamente varia da 30 a 90 minuti**, a seconda del PH e della percentuale di diluizione del mosto (rapporto acqua/grani).

In linea di massima con **temperature, concentrazioni e PH più alti** viene favorita l'alfa-amilasi e dunque in **circa 30 minuti** sarebbe possibile ottenere la saccarificazione, ovvero la conversione dell'amido.

Al contrario con **temperature, PH più bassi** e mosti più diluiti si avranno tempi di saccarificazioni più lunghi ma otterremmo **un'attenuazione limite maggiore** per l'attività della beta-amilasi.

Processo produttivo

Lezione 2

LE MATERIE PRIME

ORZO



ACQUA



LUPPOLO



LIEVITO



- Il malto è il prodotto della germinazione controllata di un cereale.

  La specie storicamente più utilizzata e che per le sue caratteristiche meglio si adatta a tale processo è l'orzo per l'alto contenuto in amido, basso contenuto in lipidi e proteine, elevata capacità di produrre enzimi e la presenza di glumette che favoriscono la filtrazione del mosto di birra.

Composizione chimica dell'orzo da birra (% SS)

- Carboidrati totali 70-85 di cui
  - -amido 55-65%
  - -zuccheri semplici 1,8-2%
  - -cellulosa 5-6%
  - -emicellulosa 6-12%
    (gomme)

- Proteine 10,5-11,5 %
- Lipidi 1,5-2,0 %
- Sostanze inorganiche 2,0-4,0 %
- Altre sostanze 1,0-2,0 %

- Amido – è depositato in granuli nelle cellule dell'endosperma (amiloplasti) ed è formato da due polimeri del glucosio
  - -amilopectina 75-80% con catena ramificata
  - -amilosio 20 -25% con catena lineare

- Zuccheri semplici costituiti prevalentemente da saccarosio e in misura minore da glucosio e fruttosio
- Cellulosa si trova nella glumelle, conferisce resistenza meccanica al seme, favorisce la filtrazione del mosto, è un polimero del glucosio non idrolizzabile dagli enzimi
- Emicellulose sono costituite da beta- glucani 80-90% e per il10-20% da pentosani e si trovano nelle pareti delle cellule dell'endosperma a cui conferiscono rigidità (durezza del seme non maltato).
- Con la maltazione si ottiene la friabilità delle cariossidi. I beta-glucani condizionano negativamente la filtrazione del mosto per la loro viscosità
- Proteine sono presenti nello strato aleuronico, nell'embrione e nell'endosperma. Solo un terzo passa nella birra finita e sono importanti per la schiuma e la nutrizione dei lieviti, possono causare intorbidamenti

- Lipidi si trovano nell'embrione e nello strato aleuronico come trigliceridi. Effetto negativo sulla schiuma
- Sostanze minerali sono rappresentate dai fosfati importanti nel biochimismo della birra, silicati nelle glumelle intorbidanti, Sali di K e Zn importante per il metabolismo dei lieviti
- Altre sostanze presenti in piccole quantità quali Vitamine (B1,B2,C,E) per il metabolismo dei lieviti e sostanze polifenoliche (nelle glumelle) responsabili di un gusto aspro e di intorbidamento con le proteine.

Caratteristiche orzo da birra richieste dalle malterie

- Appartenere a una singola varietà da malto;
- Essere esente da semi diversi (<2%), corpi estranei(<1%) e grani rotti(0,5%);
- Peso ettolitrico >64 Kg/hl;
- Granella uniforme : orzo distico con l'85% delle cariossidi con diametro > 2,5mm ;
- Bassi livelli di azoto 10-11% di proteine;
- Peso di mille semi 41-45 g,
- Umidità < 13%;
- Capacità germinativa >96%
- Energia germinativa > 96% entro tre giorni,
- Beta-glucani;
- Condizioni igienico sanitarie (fusarium produce la micotossina DON deossinevalenolo, "glushing" nella birra)

Fasi del processo di maltazione

- Conservazione dell'orzo
  - superare lo stato di dormienza
  - conservare la germinabilità dell'orzo (capacità ed energia germinativa)
  - evitare lo sviluppo di parassiti (insetti e funghi)

umidità: <14 %

temperatura. 15 °C

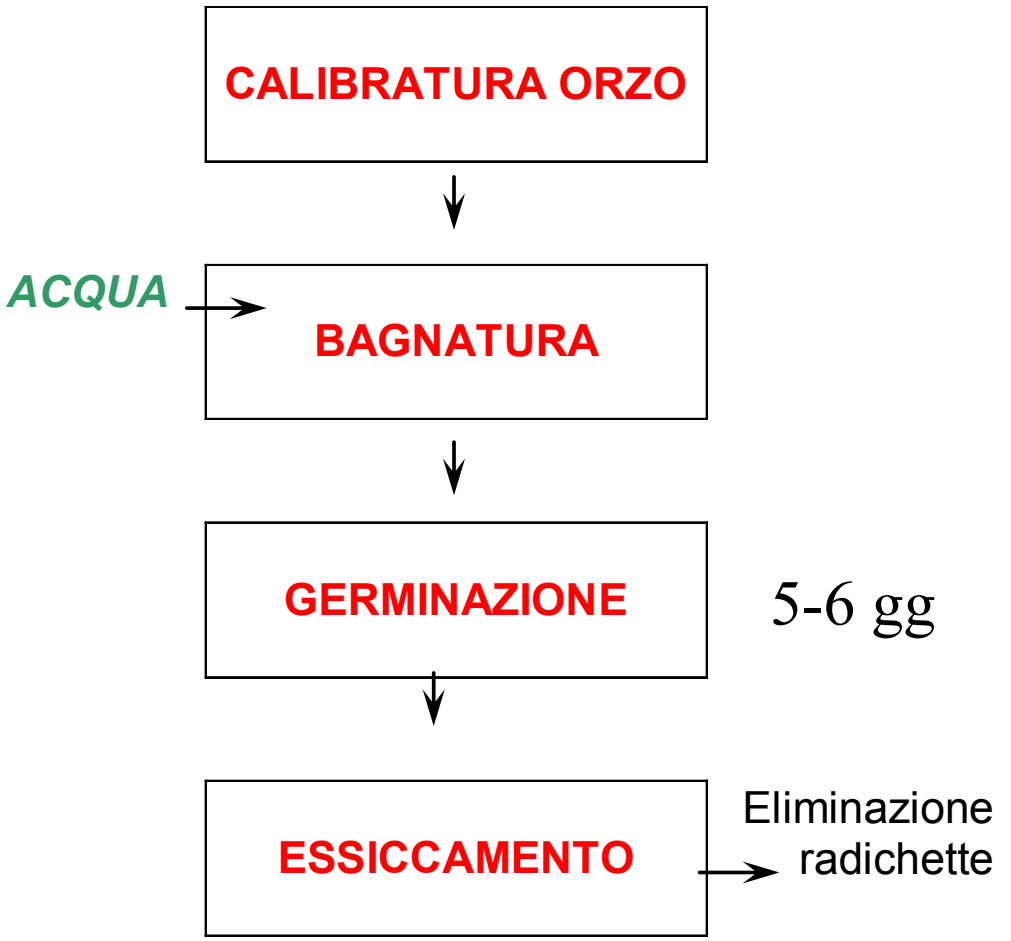
LA MALTAZIONE DELL'ORZO

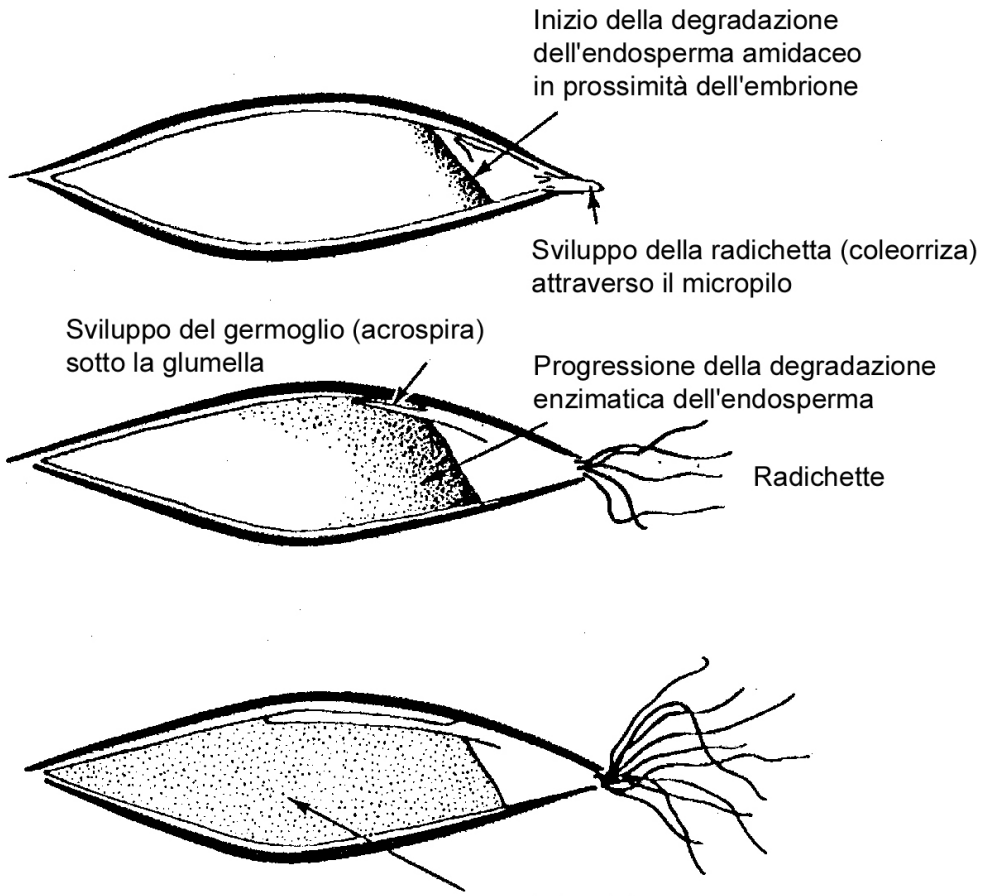
Calibrazione ed eliminazione semi estranei e/o rotti

Idratazione dei semi, incremento umidità al 42-46% U.R.

Sviluppo della radichetta e del germoglio

Il malto verde viene essiccato al 4% U.R.




Inizio della degradazione
dell'endosperma amidaceo
in prossimità dell'embrione
Sviluppo della radichetta (coleorriza)
attraverso il micropilo
Sviluppo del germoglio (acrospira)
sotto la glumella
Progressione della degradazione
enzimatica dell'endosperma
Radichette
La degradazione dell'endosperma amidaceo
procede verso la prossimità distale del seme

- Pulitura e calibratura dell'orzo

  – pulitura_ separare l'orzo da paglia e pula, semi estranei, eventuali sassi e corpi estranei,

  – calibratura

  per omogeneità dell'assorbimento dell'acqua e di germinazione

  calibri

  I > 2,5 mm

  II 2,2 – 2,5 mm

  III < 2,2 mm scarto zootecnia

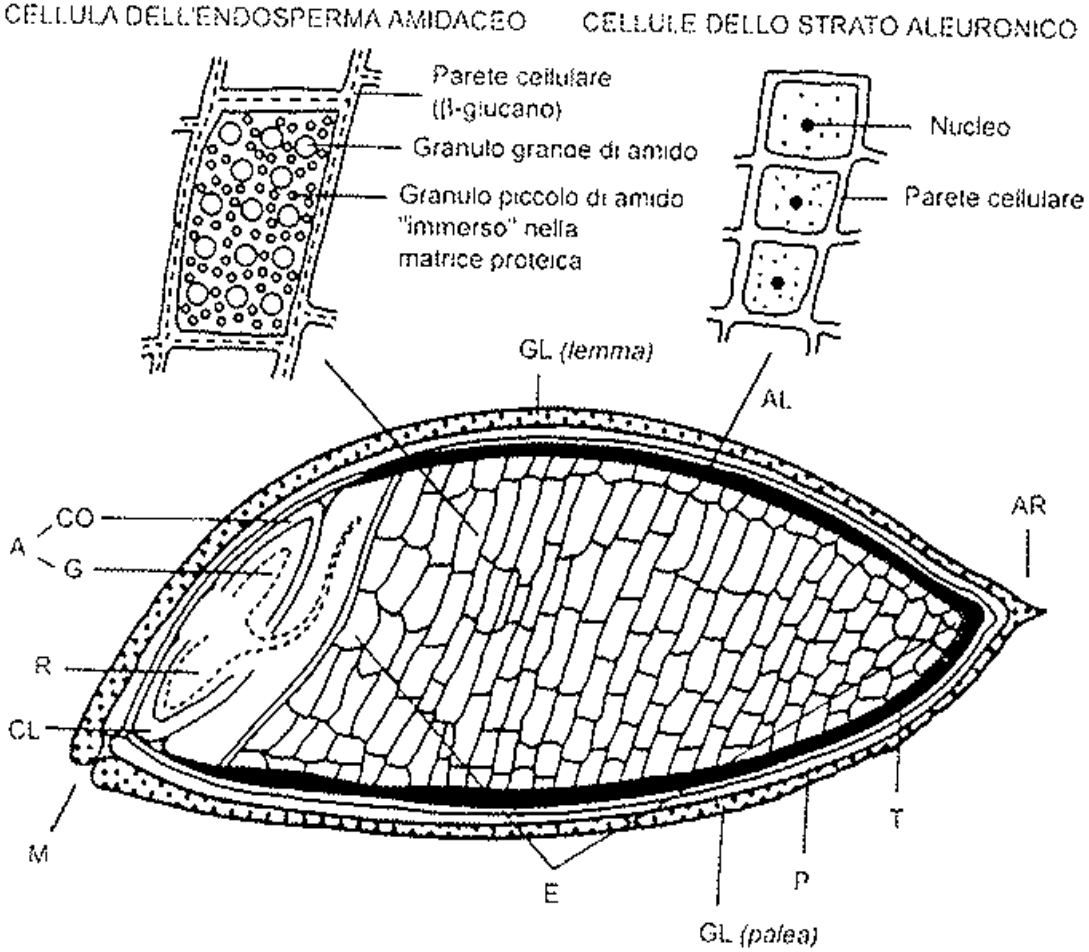


Fig. 2. Sezione longitudinale di un seme d'orzo: A = acrospira; AL = aleurone; AR = arista; E = endosperma; CL = coleorriza; CO = coleottile; G = germoglio; GL = glumella; M = micropilo; R = radichetta; P = pericarpo; T = testa. (Da: Institute of Brewing, 1997)

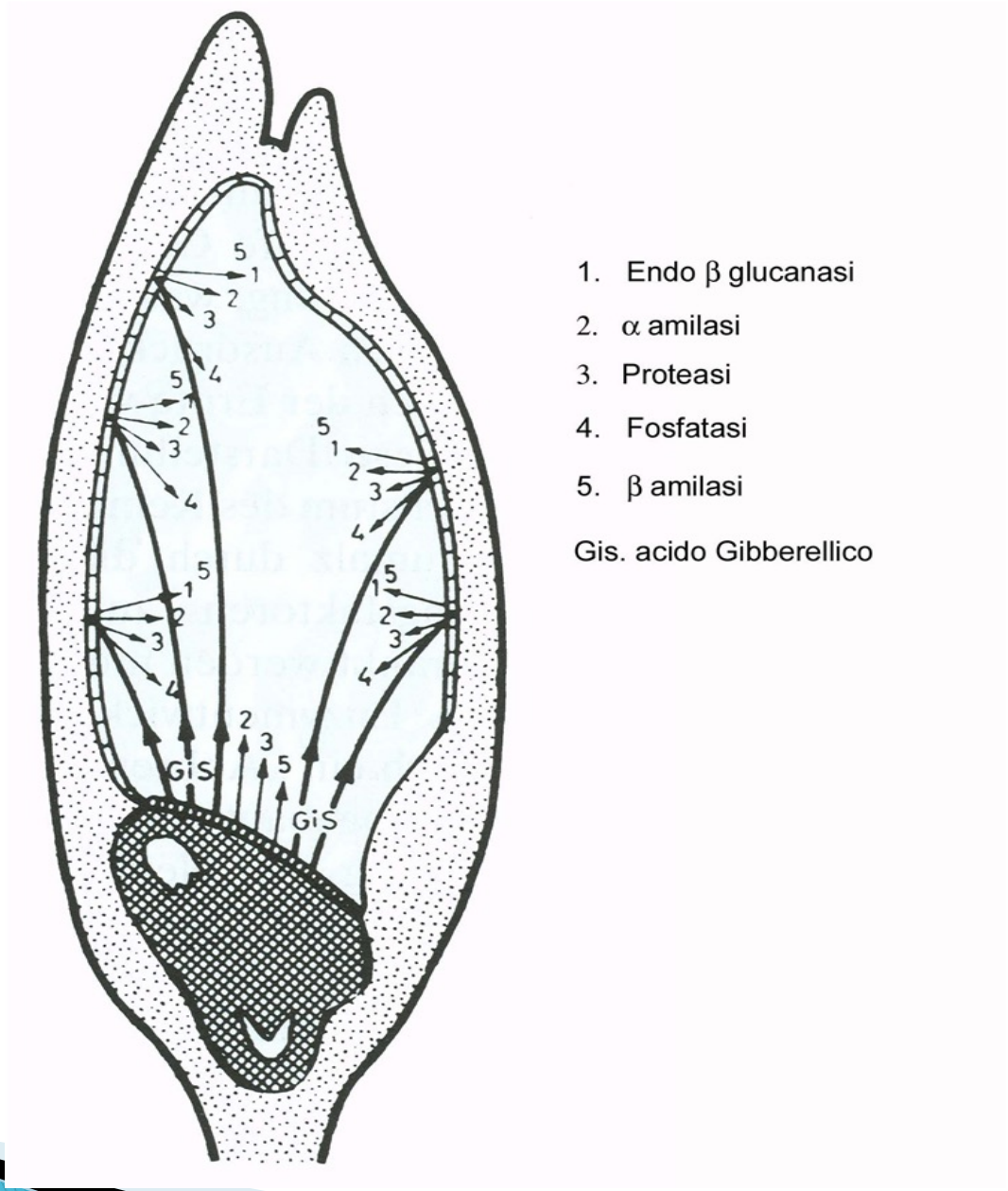
- Macero dell'orzo
  - idratazione uniforme e completa dell'endosperma
  - inizio del processo germinativo

Umidità di conservazione	Umidità di germinazione
< 14 %	> 32 %

Si alternano fasi di immersione dell'orzo in acqua con insufflazione dell'aria con fasi di asciutta dell'orzo con aspirazione di aria (eliminazione CO_2)

- Germinazione dell'orzo
  - sviluppo dell'embrione in plantula
  - sintesi di fitoregolatori (ac. giberellico) nell'embrione e trasferimento nell'aleurone
  - Sintesi di enzimi idrolitici nell'aleurone ed in parte nello scutello
  - sviluppo di un adeguato livello di enzimi
  - idrolisi delle pareti cellulari e della matrice proteica

- Fattori che influiscono sul processo
  -durata della germinazione da 120 a 168 ore
  -umidità di germinazione (da 45-47% a 42-44% 9
  -temperatura di germinazione (20-14 °C)
  -ricircolo e quantità dell'aria



1. Endo β glucanasi
2. α amilasi
3. Proteasi
4. Fosfatasi
5. β amilasi

Gis. acido Gibberellico

- Essicazione del malto

Umidità di germinazione	Umidità di conservazione
44 – 45 %	4,5 – 5,0 %

– interruzione della germinazione riducendo al minimo la denaturazione degli enzimi

– ottenere un prodotto stabile e conservabile

– allontanare le radichette

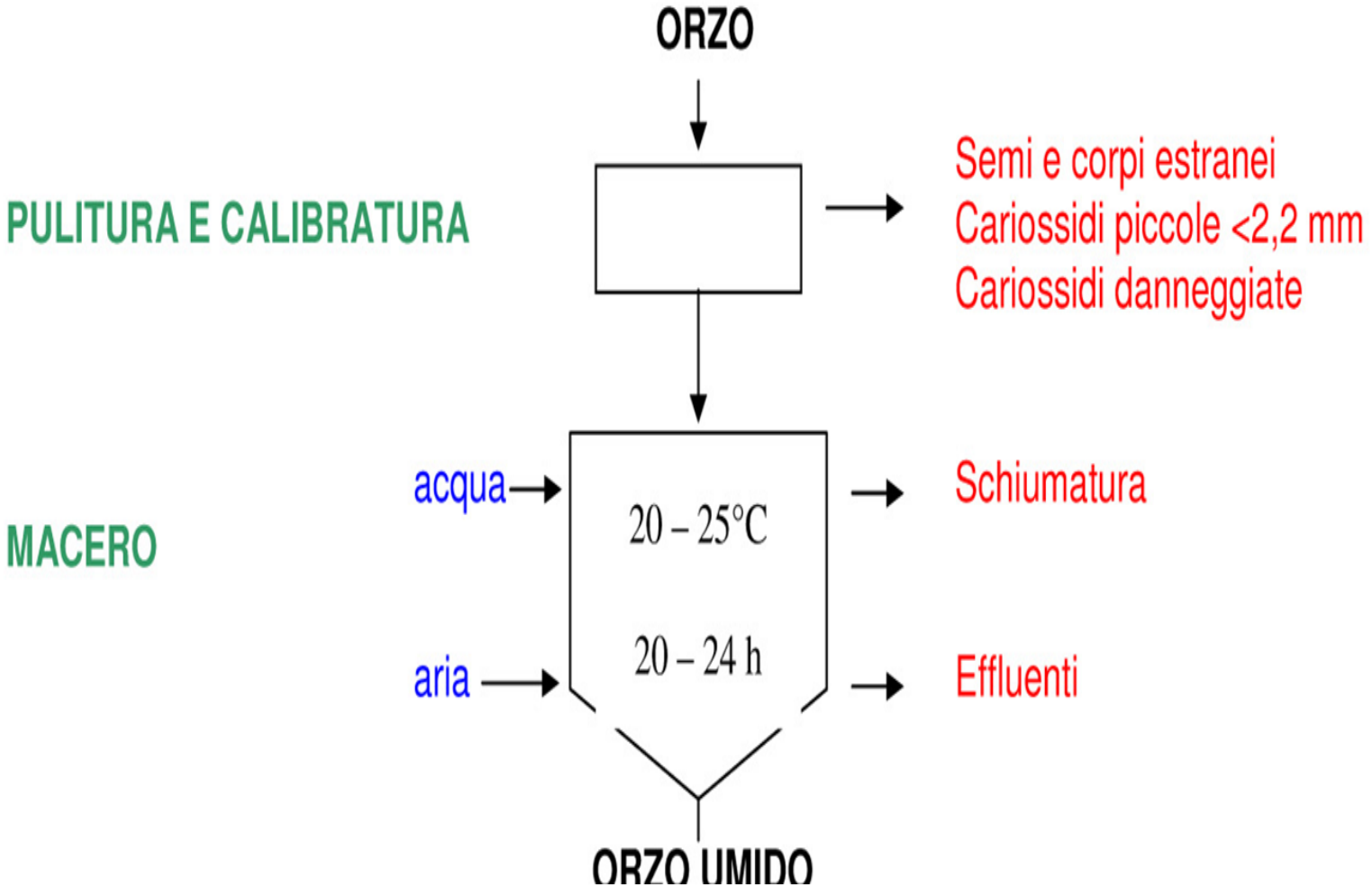
– degradare gli aromi sgradevoli (DMS)

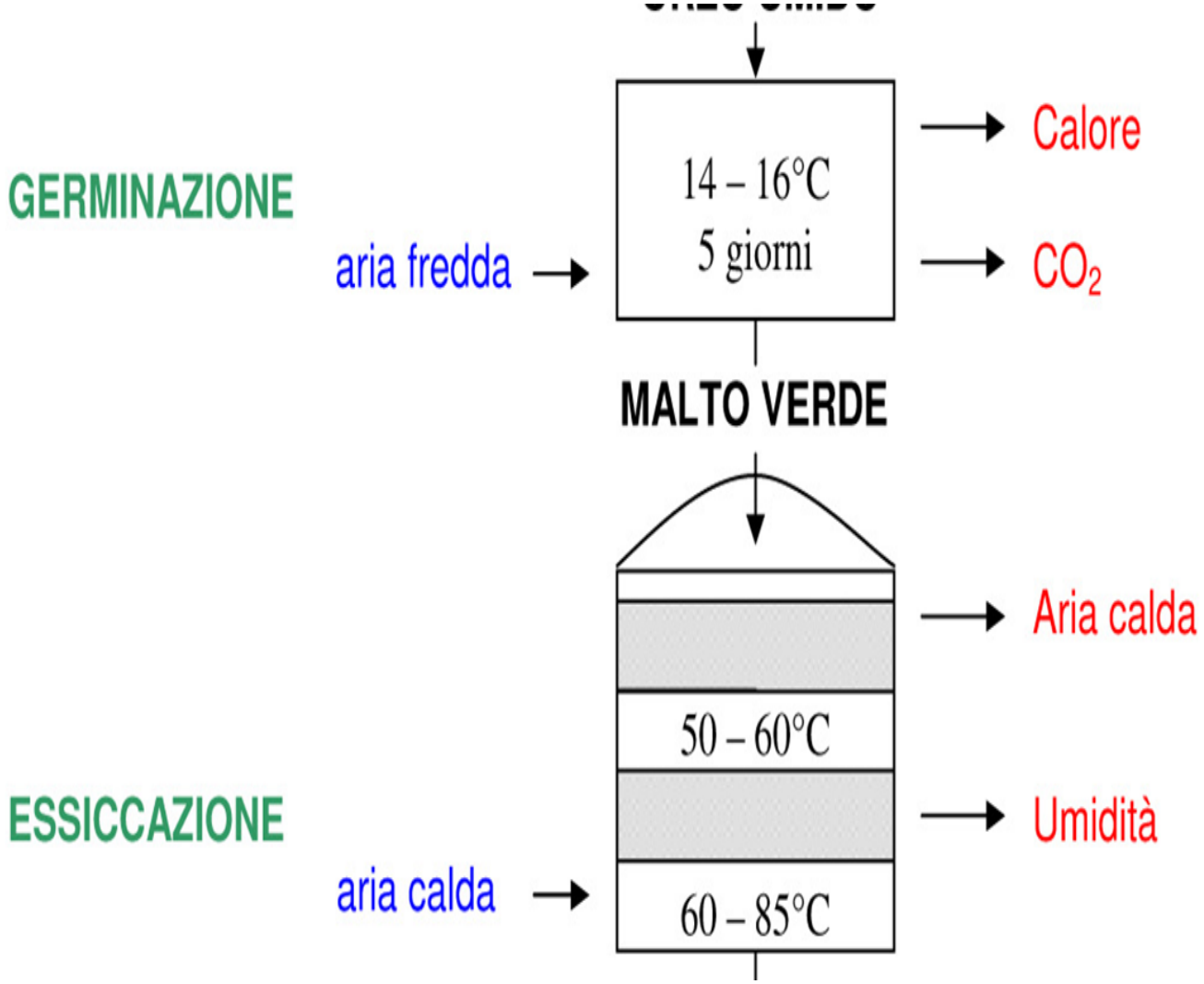
– ottenere un prodotto macinabile

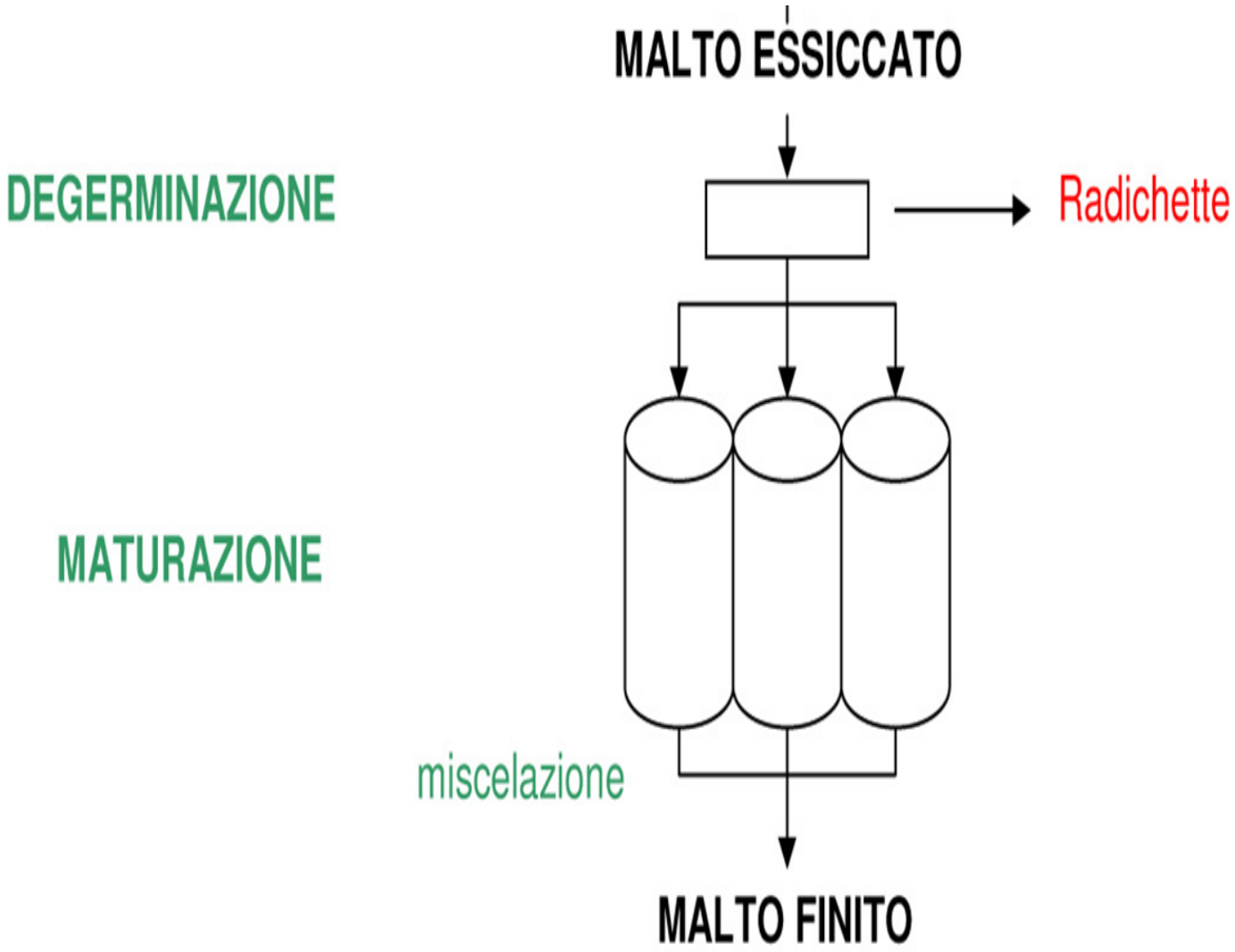
– sviluppare l'aroma ed il colore utile per le diverse tipologie di birre (reazioni di Maillard melanoidine-composto coloranti e reazione di Strecker pirroli, imidazoli, tiazoli, piridine, furani, ecc aromi)



- Malto ripulito dalle radichette (sotto)
  radichette (sopra)


ORZO
PULITURA E CALIBRATURA
Semi e corpi estranei
Cariossidi piccole <2,2 mm
Cariossidi danneggiate
MACERO
acqua
20 – 25°C
Schiumatura
20 – 24 h
aria
Effluenti
ORZO UMIDO


GERMINAZIONE
aria fredda
14 – 16°C
5 giorni
Calore
CO_2
MALTO VERDE
ESSICCAZIONE
aria calda
50 – 60°C
60 – 85°C
Aria calda
Umidità


MALTO ESSICCATO
DEGERMINAZIONE
Radichette
MATURAZIONE
miscelazione
MALTO FINITO

TIPI DI MALTO

MALTO VERDE CON ESSICCAZIONE

- Malti tipo pilsen e pale-ale(<8 EBC)
- Malti vienna (8-10 EBC)
- Malti monaco (17-20 EBC)

MALTO VERDE-ESSICAZIONE-TAMBURO DI TORREFAZIONE

- Malti amber (40-85 EBC)
- Malti scuri (90-180 EBC)
- Malti chocolate (1100-1300 EBC)
- Malti coloranti (1300-1500 EBC)

MALTO VERDE-TAMBURO DI TORREFAZIONE

- (con saccarificazione)
- Malti caramello chiaro (25-35 EBC)
- Malti crystal (60-250 EBC)
- Malti cara-pils (26-35 EBC)
- Malti caramello (120-500 EBC)

- Principali tipi di malto

-malto chiaro tipo pils. Usato per tutte le birre chiare, essicazione di 80-85°C.

Aroma morbido e bilanciato. Colore EBC 3-5

-malto tipo Vienna. Usato per birre ambrate, essicazione di 90-95°C.

Aroma morbido di biscotto. Colore 8-10 EBC

-malto tipo Monaco. Usato per birre scure, essicazione di 105-110°C.

Aroma di biscotto, dolciastro di caramello. Colore 18-21 EBC

-malto speciale Caramello. Da malto verde fatto saccarificare a 60-75°C in tamburi di torrefazione e poi tostato a 150-180°C. Aromi di caramello, mou, dolciastro.

Sul mercato svariati tipi di malto caramello con aromi più o meno intensi. Colore 120-130 EBU

-malto speciale Colorante. Da malto e tostato in appositi tamburi fino a 200-220°C. Ha colore ed aromi tipici di liquirizia, caffè, cereali tostati. Utilizzato per birre scure.

Colore 900-1200 EBC.

EBC – Stima del colore

SRM / Lovibond	Stile di birra	Colore	EBC
2	Pale lager, Witbier, Berlin Weisse		4
3	Maibock, Blonde Ale, Pilsner tedesca		6
4	Weissbier, Pilsner Urquell		8
6	American Pale Ale, Indian Pale Ale		12
8	Weissbier , Saison		16
10	English Bitter		20
13	Biere de Garde , Double IPA		26
17	Lager scura, Marzen, Amber Ale		33
20	Brown Ale , Bock , Dunkel , Dunkel Weizen		39
24	Irish Dry Stout , Doppelbock , Porter		47
29	Stout		57
35	Foreign Stout , Baltic Porter		69
40+	Imperial Stout		79

Per decenni la tecnica istituita da Lovibond fu utilizzata, tanto che ancora oggi parliamo di gradi Lovibond [°L] per descrivere il colore della birra (addirittura il nome di alcuni malti come ad esempio Cara 60 o il Crystal 120 devono parte del loro nome al grado di colorazione nella scala Lovibond di quel particolare malto tostato).
La principale pecca del metodo Lovibond però è il fatto che la stima del colore sia lasciata all'interpretazione umana (ovvero della persona che compara il colore della birra con il campione di vetro).

SRM = LxP /Q

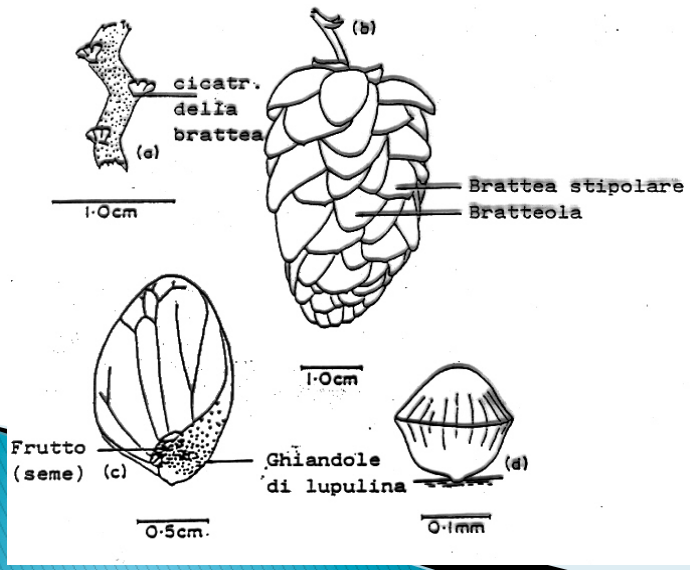
dove:
L = grado Lovibond del malto
P = peso del malto espresso in libbre
Q = quantità finale di birra espressa in galloni
e avendo ben chiaro che:
1 libbra = 453,60 grammi
1 gallone = 4,54 litri
In questo caso però occorre sapere in anticipo il grado di colorazione delle singole tipologie di chicchi che andremo ad impiegare, valore che è sempre fornito dai produttori di malto. Ma facciamo un esempio per comprendere meglio la formula in questione.
Immaginiamo di voler calcolare il grado SRM di 5.30 galloni (20 litri) di birra che ha come ingredienti i seguenti malti:
American Pale 7.75 lb con grado Lovibond 1.8 [1]
Crystal 10L 1.75 lb con grado Lovibond 10 [2]
Flaked Wheat 0.50 lb con grado Lovibond 2 [3]
Andiamo ora a calcolarci con la sopra citata formula i singoli SRM per ogni tipologia di malto:
SRM1 = (1.8*7.75)/5.30 = 2.6
SRM2 = (10*1.75)/5.30 = 3.3
SRM3 = (2*0.5)/5.30 = 0.19
A questo punto non rimane altro che sommare i vari SRM calcolati per ottenere quello complessivo relativo alla birra:
SRMtot = SRM1 + SRM2 + SRM3 = 2.6 + 3.3 + 0.19 = 6.09 ~ 6

I SUCCEDANEI DELL'ORZO

In molti paesi è consentito l'uso di fonti amidacee e/o zuccherine diverse dal malto d'orzo (in Italia fino al 40%), cioè l'impiego dei cosiddetti succedanei. Le ragioni che portano all'impiego di queste materie prime sono essenzialmente di natura economica e qualitative poiché, per le loro caratteristiche compositive, contribuiscono alla qualità organolettica finale della birra e costano di meno rispetto al malto d'orzo. I principali succedanei utilizzati nel mondo sono: **sorgo** (in Africa), **riso** (in Asia), **mais** (negli Stati Uniti e in Europa) e **frumento**.

Luppolo

Il primo documentato uso del luppolo per produrre la birra è del 1079, tempo in cui le birre venivano aromatizzate con erbe diverse (coriandolo, rosmarino, mirto, achillea, etc.) e loro miscele addizionate con il nome di *gruit*. Il luppolo (*Humulus lupulus* L., famiglia delle Cannabinaceae) è una pianta dioica erbacea perenne rampicante di cui si utilizzano, per la produzione della birra, le infiorescenze femminili (strobili, più noti come coni del luppolo).





Nel corso della maturazione, nella parte inferiore delle bratteole si formano, secrete da speciali ghiandole, particelle resinose di colore giallo costituenti la cosiddetta *luppolina* contenente i principi attivi utilizzati per la produzione della birra



Il luppolo viene prevalentemente utilizzato sotto forma di *pellets* e di *estratti* (così detti *derivati*). L'uso del luppolo tal quale (cioè il fiore pressato ed essiccato) ha ancora una certa diffusione nelle birrerie tradizionali e nelle microbirrerie e brewpubs.

Composizione del luppolo:

Sostanze amare: 15-20% di resine, α-acidi (umuloni) e β- acidi (lupuloni)

La concentrazione di *iso-α-acidi* è misurata in *IBU* (*International Bitterness Units*)

$$g = [IBU/(a \times 3)] \times \text{Litri di birra}$$

Sostanze aromatiche: lo 0,5-3% del luppolo e sono rappresentati da oltre 200 composti.

Tra i terpeni molto importanti sono il *mircene*, il *β–cariofillene*, il *β–farnesene*, l'*umulene*, il *linalolo*, il *geraniolo* e il *limonene*

ACQUA

L'acqua, rappresentando oltre il 90% del prodotto, è sicuramente l'ingrediente quantitativamente più importante presente nella birra. Si ricorda poi che oltre all'acqua utilizzata direttamente in produzione, in malteria e birreria (bagnatura orzo, ammostamento, lavaggio trebbie, standardizzazione per le birre high gravity) essa viene anche utilizzata come acqua di servizio (funzionamento caldaie, impianti frigoriferi, pastorizzatori) e acqua di lavaggio e sterilizzazione (risciacquo, diluizione detergenti e sanitizzanti). Il consumo medio di acqua per produrre 1 litro di birra è oggi quindi di circa 6 litri.

EFFETTO DEI SALI MINERALI SUL GUSTO

Oltre ad essere responsabili della durezza, molti ioni presenti nell'acqua possono esercitare un''influenza diretta sul gusto. In particolare è noto che:

Sodio (Na^+) : concentrazioni non troppo elevate di NaCl (70-150 mg/l) danno rotondità e morbidezza alle birre. Se presente a livelli maggiori il gusto diventa salato;

Magnesio (Mg^{++}): conferisce un gusto amaro e leggermente acido alla birra;

Cloruri (Cl^-): contribuiscono alla pienezza del gusto, presente nel NaCl;

Solfati (SO_4): danno un gusto amaro e secco, conferendo anche astringenza;

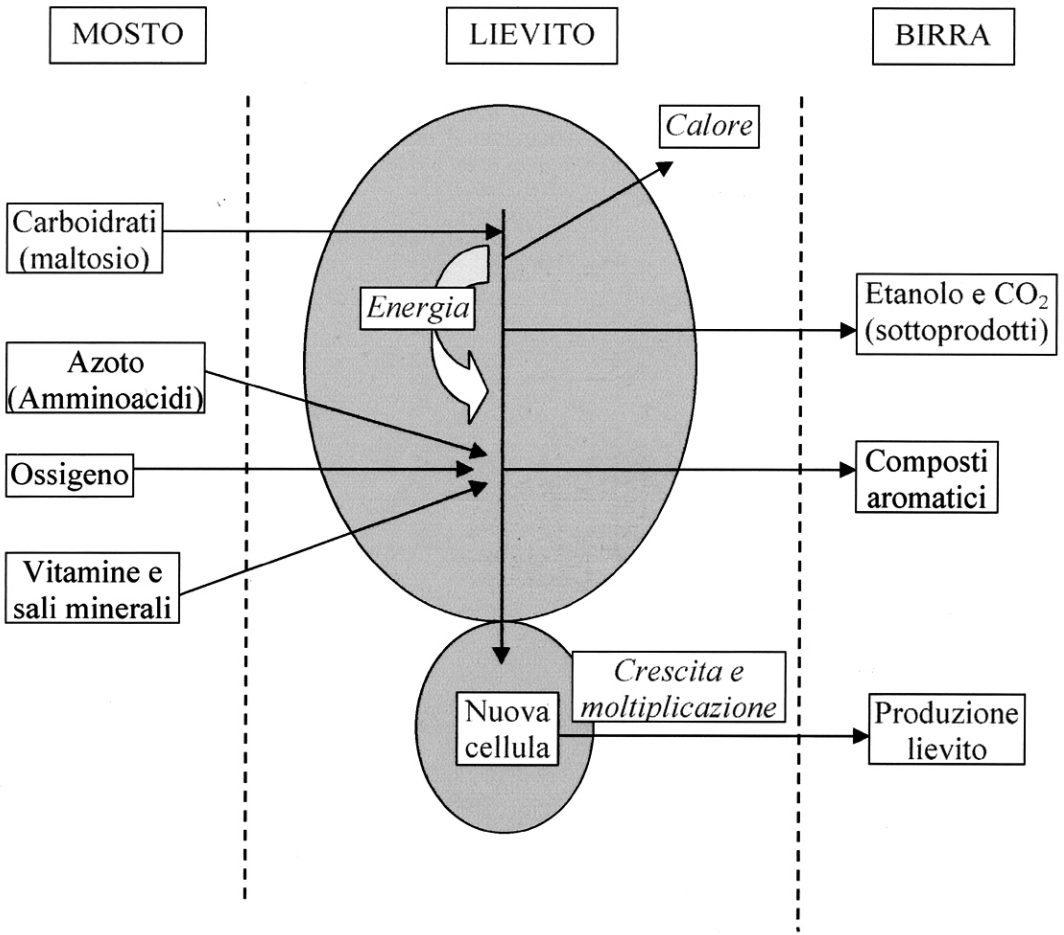
Calcio (Ca^{++}): pur non avendo influenza diretta sul gusto viene considerato fondamentale poiché ha numerosi effetti che condizionano le caratteristiche organolettiche finali della birra. Stimola l'attività proteasica e α-amilasica, contribuisce alla flocculazione del lievito, contribuisce alla diminuzione del pH, limita

LIEVITI

Il comune denominatore nella produzione di tutte le bevande alcoliche è la fermentazione. L'industria della birra è l'unica industria alimentare che prevede la riutilizzazione del lievito per una successiva fermentazione.

Nel settore birrario si parla ancora di *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces carlsbergensis* a indicare rispettivamente i lieviti di alta e bassa fermentazione in realtà, secondo l'ultima accettata classificazione dei lieviti del 1997, vengono riconosciute solo 4 specie di Saccharomyces "sensu stricto": S. cerevisiae, S. bayanus, S. pastorianus e S. paradoxus.

Principali reazioni biochimiche mediate dal lievito



Filiera della birra

Macinazione del malto

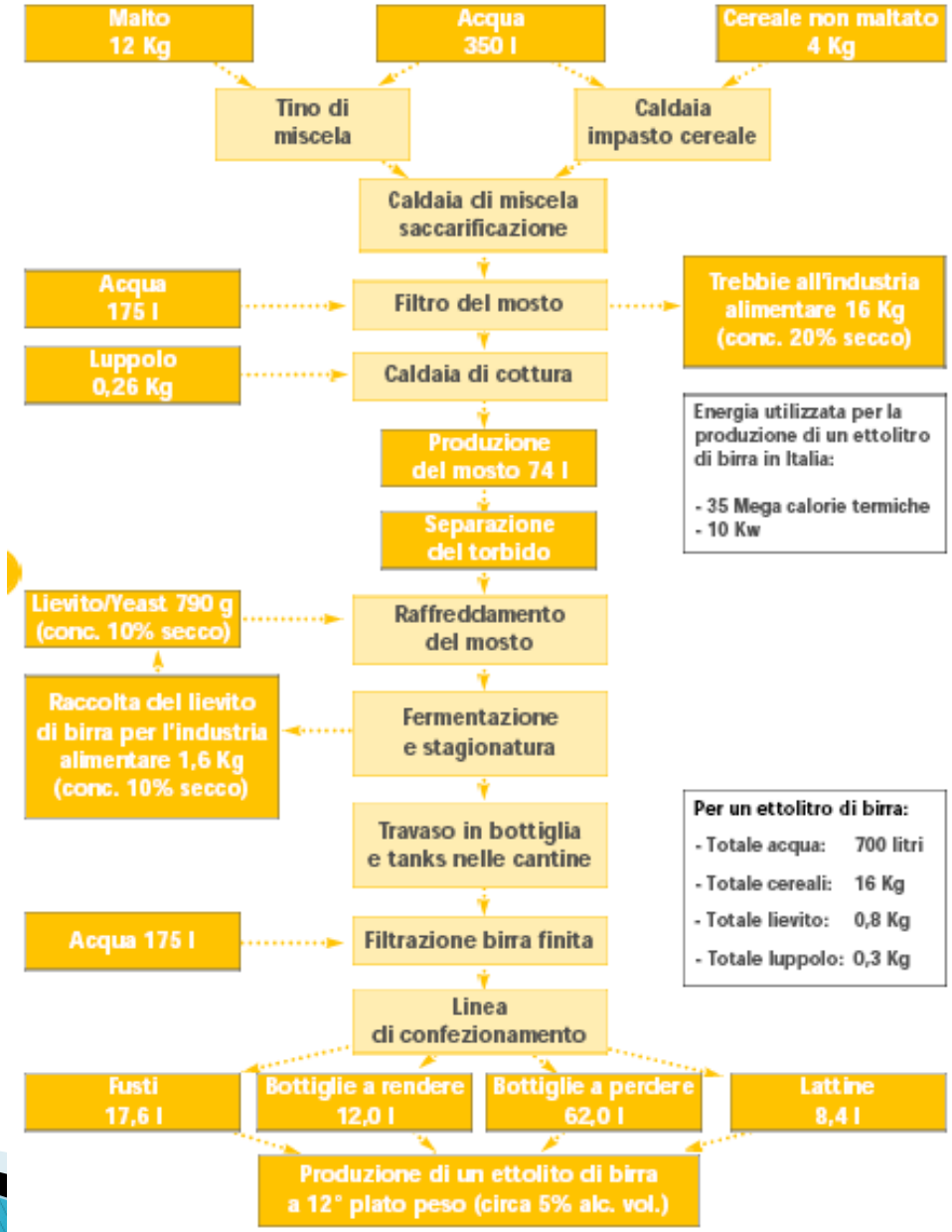
Preparazione del mosto

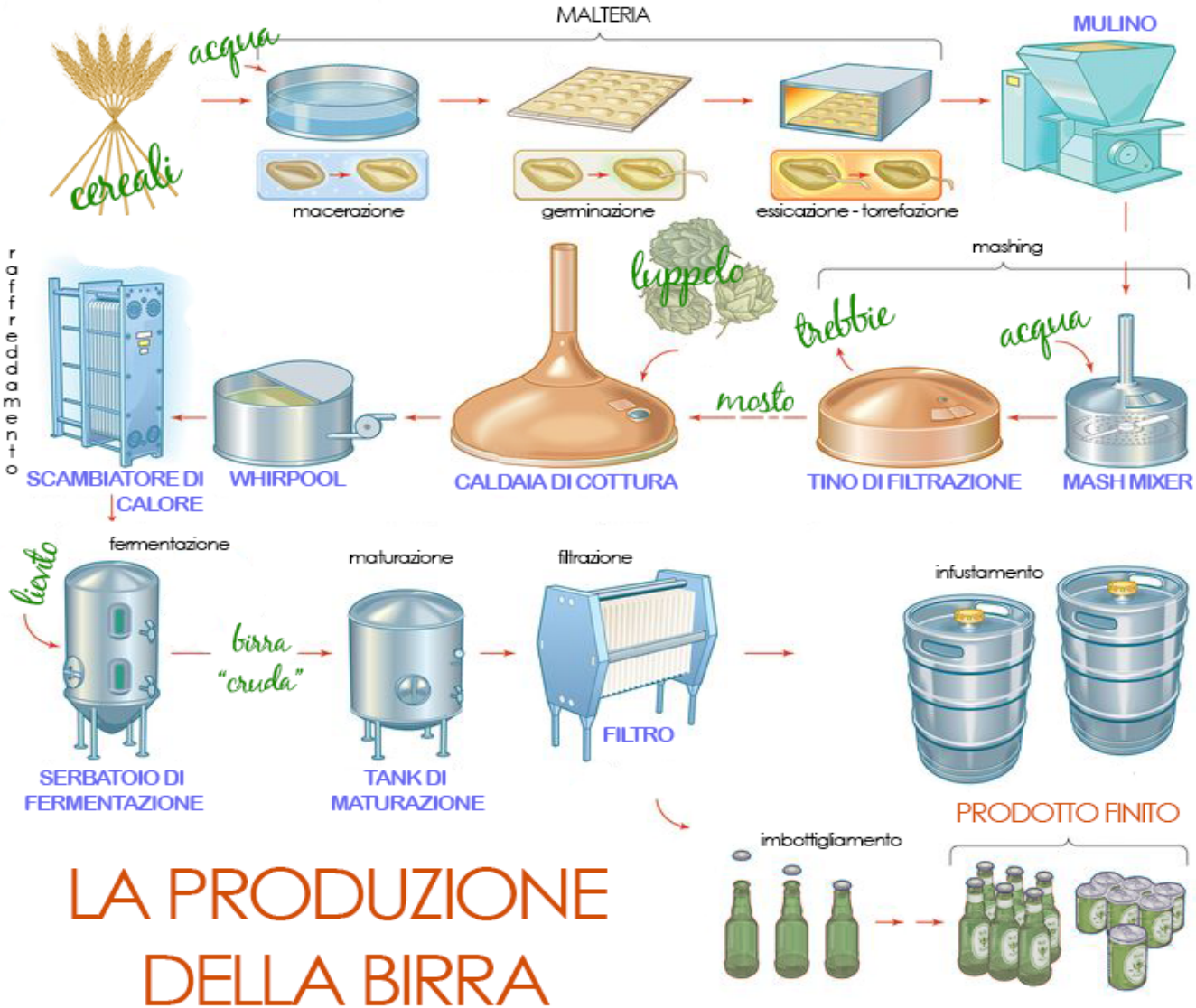
Cottura del mosto

Fermentazione del mosto cotto

Schema di fabbricazione di 1 hl. di birra in Italia nel 2000

Scheme of Brewing in Italy





LA PRODUZIONE DELLA BIRRA


MALTO
MULINO
Macinazione del malto (a umido o a secco)
farina di malto
Ammostamento (miscela H_20+ farine)
ACQUA
50-70°C
TINO DI MISCELA

Reazioni enzimatiche durante la miscelazione e loro effetti.

Enzimi	Proteasi	ß-amilasi	α-amilasi
Effetto degli enzimi	produzione di aminoacidi e di peptidi	produzione di zuccheri fermentabili	produzione di zuccheri non fermentabili
Temperatura di azione ottimale	53°C	65°C	72°C
Durata ottimale della reazione	45 minuti	45 minuti	30 minuti
Effetto sulla birra di una reazione più lunga	migliore schiuma più aroma	più alcol meno zuccheri	meno alcol più zuccheri
Effetto sulla birra di una reazione più breve	meno schiuma meno aroma	più alcol più zuccheri	meno alcol meno zuccheri

Principali enzimi presenti nel malto d'orzo e loro funzioni durante l'ammostamento

Proteasi	**Degradazione proteine**
β-amilasi	**Degrad. amido (zuccheri)**
α-amilasi	**Degrad. amido (destrine)**

Cottura e luppolamento del mosto

LUPPOLO → TINO DI COTTURA

1 ora a 100°C

↓

Separazione del torbido

WHIRLPOOL

Raffreddamento del mosto

SCAMBIATORE DI CALORE

Fermentazione

LIEVITO →

SERBATOI DI FERMENTAZIONE

Lievito → riutilizzato per successive fermentazioni

→ CO_2 recuperata

Maturazione della birra a bassa temperatura

SERBATOI DI MATURAZIONE

Illimpidimento e stabilizzazione chimico-fisica della birra

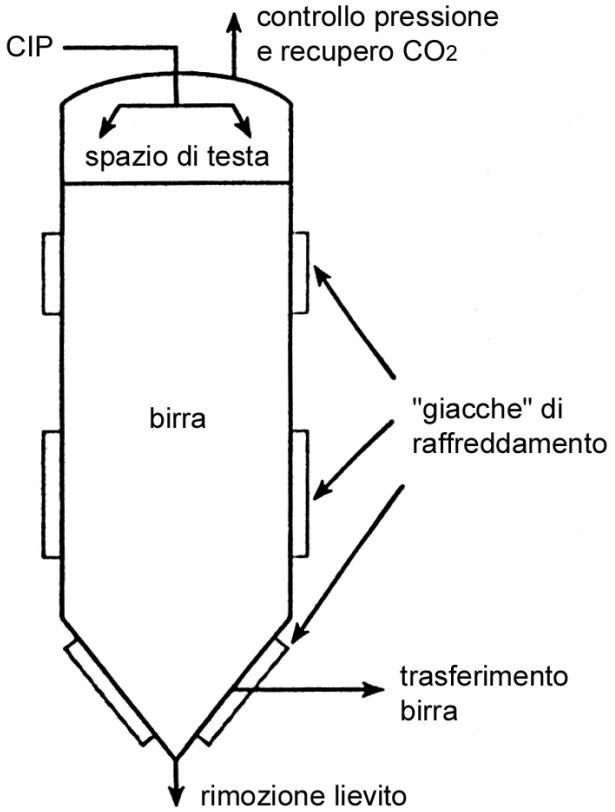
FILTRO

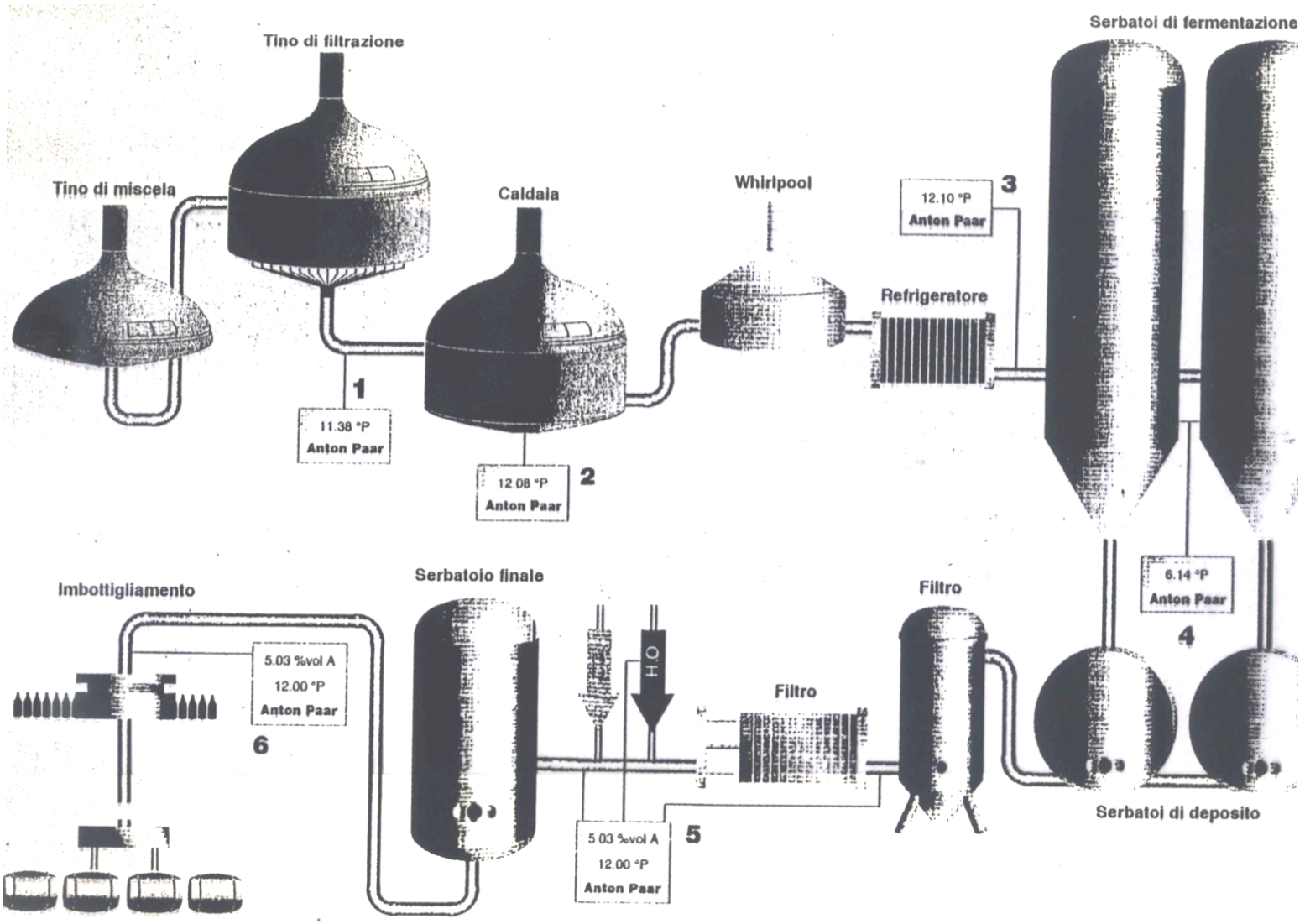
Confezionamento della birra in bottiglie, fusti e lattine

REPARTO DI CONFEZIONAMENTO

Sistemi di fermentazione

Attualmente i serbatoi verticali cilindro conici rappresentano il sistema di fermentazione più diffuso. Ciò nonostante in molte birrerie sono ancora presenti fermentatori aperti o serbatoi orizzontali. La diffusione dei serbatoi cilindro conici (indicati con l'acronimo inglese CCV, CylindroConical Vessel) è giustificata da ragioni logistiche e qualitative





Schema dei punti controllabili con il sistema di analisi in linea durante la produzione della birra (Anton Parr).

COMPOSIZIONE DELLA BIRRA

Acqua	**85% - 93%**
Alcol etilico	**4-6% vol.**
Anidride carbonica	**4-5 g/l**
Glicerolo	**1,5-2 g/l.**

Estratto reale (residuo della birra privata di acqua e l'alcol) 4-5% di cui:

- **destrine 14-18 g/l;**
- **zuccheri semplici (glucosio, maltosio, maltotriosio, maltotetraoso, saccarosio, etc.) 10-14 g/l).**
- **sostanze azotate (proteine, peptidi, amminoacidi, acidi nucleici, ammidi, composti eterociclici) 3-5 g/l**

REALIZZAZIONE DELLA RICETTA

Compreso come si fa la birra in generale, é importante imparare come si fa UN particolare stile di birra, ossia
quale ricetta bisogna seguire; sostanzialmente:

- quali ingredienti utilizzare
- come utilizzarli
- come fare la fermentazione
- come fare la maturazione

Solitamente uno stile di birra si identifica anche con dei dati oggettivi cui si può fare riferimento per la realizzazione della ricetta:

- Gravita Iniziale (**OG** = Original Gravity): la quantità di zuccheri presenti all'inizio della fermentazione misurata con il densimetro. Per questa misurazione si utilizza anche un'altra scala, detta gradi Plato

- Gravità Finale (**FG** = Final Gravity): misura della quantità di zuccheri/ alcool presenti alla fine della fermentazione

- **IBU** (International Bittering Units): unità di amaro cedute dal luppolo alla birra (1 mg di AA per litro)
- Colore, solitamente espressi secondo la scala **SRM**

- Percentuale di **Alcool** (in volume)

Naturalmente, oltre a questi scarni dati, lo stile é identificato soprattutto dai profumi, aromi, corpo della birra finita.

Per chi inizia a fare la birra in casa é opportuno quindi – almeno per le prime realizzazioni – fare riferimento a dei canoni e ricette già sperimentate.

In un secondo tempo, con maggiore esperienza, si potrà dare sfogo alla fantasia, inventando nuovi stili e nuove ricette.

Ad esempio, lo stile BITTER é codificato secondo questi indici:
OG: 1.030-1.038
FG: 1.008-1.013
IBU: 20-40
SRM: 6-14
Alcool/Vol: 3-3.8%

Nell'ipotesi di voler realizzare una birra con estratto, quanto malto utilizzare? quanto luppolo?

Gradazione: esistono delle formule (e dei programmi per computer) che ci consentono di stabilire le quantità necessarie, ma possiamo anche utilizzare delle pratiche approssimazioni: 100 grammi di zucchero purissimo disciolto in un litro di acqua (o meglio, 1KG in 10 LITRI) daranno una misura al densimetro di 1.038.

Altri ingredienti contribuiranno in relazione alla loro quantità ed alla percentuale di zuccheri che si possono estrarre.

Più precisamente, bisogna tenere d'occhio le ultime due cifre (es. di cui sopra 38) che vengono chiamate punti, "points".

1 Kg di zucchero da tavola in 10 litri di acqua dà un valore di 1.036 - 36 punti (questo perché quello industriale non é purissimo.

L'estratto di malto secco é quasi tutto zucchero, circa 35. Quello liquido contiene il 20% di acqua, quindi circa 28.
Nel dettaglio, i valori approssimati:

Zucchero bianco	36
Zucch. scuro	35
Estratto Malto Secco	35
Estratto Malto Liquido	28
Miele	27
Fiocchi	20
Crystal Malt	16
Chocolate	15
Black Malt, Roasted	14

Altri grani: per grani tipo Cara – valori leggermente superiori o eguali al Crystal. Il concetto é che maggiore la tostatura, minore la resa zuccherina. Per tale motivo i valori sopra citati sono solo indicativi, dato che dipendono dal tipo di tostatura.

Facciamo l'esempio di una ricetta per Bitter x 10 litri (Kg x punti = OG):
Estratto 1300g 1,3 x 28 = 36
Crystal 150g 0,125 x 16= 02 Totale 38 = 1.038 OG
A ritroso, se vogliamo realizzare una Bitter sapendo l'OG finale: Kg = OG / punti = 36/28 = 1,3

Per le birre prodotte direttamente dai grani il discorso é più complesso. Un determinato malto ha un certo contenuto zuccherino "potenziale", ma la quantità esatta che si riesce a portare in soluzione nel mosto dipende dalla tecnica usata e dalla attrezzatura a disposizione;
la percentuale di zuccheri ottenuti rispetto a quelli teoricamente possibili é detta "efficienza". Nella produzione artigianale casalinga, la percentuale di efficienza del sistema di solito varia da 60 a 80% di quella teorica (che corrisponde circa a 1.030 per i malti “base” Pils, Pale, Monaco e Vienna).

Per cui ad esempio, sempre per Bitter x 10 litri, con efficienza 70%: (Kg x punti x efficienza = OG)

Pale malt 1700g (1,7 x 30 x 0.70) = 1.036

Crystal 150g (0.125 x 16 x 0.70) = 1.001 → Totale 37 = 1.037 OG

Secondo questa logica si calcolerà anche a ritroso: Kg = OG /(punti x efficienza) = 36/(30x0.70) = 1,7

Ovviamente per il calcolo con altre quantità di birra (ad es. 23 litri):
Pale malt 1700g x 23/10 = 3910g
Crystal 150g x 23/10 = 345g

Altro esempio: se vogliamo realizzare 23 litri di Pilsner (OG 1.050) quanto malto utilizzare?

Kg = OG x (litri totali/10)/(punti x efficienza) = 50x(23/10)/(30x0.70) = 5,47
Come stabilire l'efficienza esatta del sistema? L'unico metodo é un calcolo a posteriori: terminata la realizzazione della birra, misurando con il densimetro la OG:
Efficienza = OG x (litri totali/10)/(punti x Kg) = 50x(23/10)/(30 x 5,47) = 0,70 ossia efficienza 70%

Stabilita con qualche prova l'efficienza del proprio sistema sarà possibile realizzare le proprie ricette con maggior accuratezza.

Amaro: per calcolare la cessione dell'amaro dal luppolo al mosto le cose sono un po' più complicate; inoltre, a differenza della gradazione, non vi é un riscontro finale delle proprie stime, perché la misura vera e propria del grado di amaro di una birra prodotta non é nelle possibilità di un normale homebrewer.
La quantità di amaro della birra (IBU) é proporzionale alla quantità di luppolo, alla sua AA% e alla percentuale di estrazione delle sostanze amare che si riesce ad ottenere.
Una formula approssimata é:

$$IBU = \frac{(\text{grammi luppolo}) \times AA\% \times UTIL\%}{10 \times (\text{litri mosto})}$$

Oppure, per avere direttamente la quantità di luppolo da usare a seconda delle IBU desiderate:

$$\text{Peso del luppolo} = \frac{IBU \times 10 \times \text{Litri Mosto}}{\text{Alfa acido \%} \times UTIL\%}$$

Tornando alla formula... da cosa dipende la UTIL%?

Principalmente da:

- durata della bollitura (abbastanza intuitivo, più si bolle ed entro un certo limite più amaro si estrae)

- gradazione saccarometrica ovvero densità del mosto – meno intuitivo, ma con mosti molto concentrati, di alta densità, l'estrazione di amaro viene diminuita
- altri fattori, tipo l'uso o meno di pellets o del sacchetto per il luppolo etc.

In pratica può essere utilizzata questa tabella

Tempo Bollitura (minuti)	% Util
0 - 5	5,00
6 - 10	6,00
11 - 15	8,00
16 - 20	10,10
21 - 25	12,10
26 - 30	15,30
31 - 35	18,80
36 - 40	22,80
41 - 45	26,90
60	30,00

che deve essere però tarata a seconda della densità DEL MOSTO in bollitura dividendo secondo il seguente parametro (qui non bisogna utilizzare i punti, ma i decimali):

1 + (OG - 1,050)/0,2

Quindi, ad esempio, se vogliamo calcolare l'IBU di 20g AA 5% per 60 minuti + 10g AA 5% per 30 minuti in 15 litri di mosto di OG 1,065:

IBU = (20x5x(30/(1+(1,065-1,050)/0,2)/10x15)) +10x5x(15,30/(1+(1,065-1,050)/0,2)/10x15)) = 23,34.

Ma si devono proprio fare questi calcoli per elaborare una ricetta?
In teoria si, ma in pratica esistono worksheet o programmi appositi.
Però é sempre interessante capire cosa c'é sotto.

Altro discorso é stimare il corretto bilanciamento dell'amaro in una birra: secondo chi scrive una birra è bilanciata se le IBU sono circa il 50-60% dei "punti" di OG (cioé OG -1000) della birra finita.

Questa é una approssimazione corretta per birre normalmente "attenuate" (75%, ovvero densità finale circa 1/4 dell'OG) perché in realtà quelli che si devono bilanciare sono gli zuccheri residui alla fine della fermentazione.

Ad es., una birra di 1078 OG sarebbe bilanciata con circa 40 IBU (ma se é molto "secca" ne bastano di meno)

Naturalmente ogni stile ha il suo bilanciamento verso il dolce o l'amaro. Una lager a 1050 e 25 IBU, è piacevole, ma una pils coi fiocchi tende decisamente all'amaro e infatti la Urquell arriva a 44.

Un Barley Wine a 1100 e 60 IBU é abbastanza bilanciato, un po' tendente all'amaro, come deve essere (in
realtà é MOLTO amaro, ma é anche MOLTO dolce)

Se stiamo semplicemente seguendo una ricetta già dettagliata (con tanto di tempi di bollitura) non è necessario addentrarsi nei calcoli degli IBU - anche se non si ha a disposizione un luppolo dello stesso identico AA% di quello specificato nella ricetta; basterà fare una semplice proporzione.

Ad es., posso sostituire 40 gr. di luppolo al 6% AA con 60 gr. di luppolo al 4% AA e così via.

Alcool: per ricavare la gradazione alcoolica di una birra si può partire da OG e FG attraverso questa relazione:
Alc Vol = (OG – FG) / 7,5
Alcool e gradazione saccarometrica non sono in relazione univoca, perché entra in gioco il fattore FG.
Infatti, la fermentazione della birra é caratterizzata dal fatto che solo una percentuale degli zuccheri viene trasformata in alcool e questa percentuale non é fissa. La "percentuale di discesa" dalla OG alla FG dà un'idea di quanto una birra é "attenuata" ovvero quanta percentuale di zuccheri é stata fermentata

AA=Attenuazione Apparente = 1 – (FG/OG) (in punti)
Ad esempio, se OG=1080 FG=1020 AA= 1- (20/80) =0.75 =75%
La attenuazione reale é diversa, (infatti bisogna tenere conto del fatto che l'alcool ha densità minore di uno, circa 0,8).
Si ha:
RA=(Attenuazione Reale) = AA/1.23 nell'esempio di cui sopra,
RA=75%/1.23=61%
N.B l'attenuazione apparente può anche superare il 100%, in quanto in birre molto attenuate (o nel sidro) la
FG puo scendere sotto 1000. La RA ovviamente é al massimo il 100%!

PRIMING: CARBONAZIONE NATURALE

La carbonazione (naturale) viene ottenuta aggiungendo degli zuccheri fermentabili al momento di imbottigliare. In alternativa (carbonazione forzata) si può aggiungere CO2 ad una birra contenuta in un contenitore stagno (Keg).

L'ammontare di CO2 (il gas che viene generato dal lievito nella "digestione" degli zuccheri fermentabili) si misura in volumi.
La quantità di gas capace di "sciogliersi" nel liquido dipende dalla pressione del contenitore (più alta é la pressione, più gas, col tempo, riuscirà ad essere "assorbito" dal liquido) e dalla temperatura (più bassa é la temperatura più gas sarà solubile).

La "regola generale" suggerisce una quantità di zuccheri da aggiungere nell'imbottigliamento di circa 6/7 grammi litro, ma come ogni tipo di birra richiede il proprio luppolo e la propria miscela di malti, così i diversi tipi di birra nascono in origine con livelli diversi di carbonazione.

La seguente tabella indica i livelli di carbonazione tipici di alcuni stili di birra:

Stile di birra	Volumi di CO_2
British Ales	1.5 - 2.0
Porter, Stout	1.7 - 2.3
Belgian Ales	1.9 - 2.4
Lager	2.2 - 2.7
Wheat Beer (birre di grano)	3.3 - 4.5

Per raggiungere il giusto livello di carbonazione dovremo conoscere quanta CO_2 é già disciolta nella nostra birra prima dell'imbottigliamento.

Poiché nel nostro caso la fermentazione viene realizzata a pressione atmosferica, l'unica variabile é quella della temperatura in cui é avvenuta la fermentazione.

Gradi °C	Volumi di CO2
0	1,70
2	1,60
4	1,50
6	1,40
8	1,30
10	1,20
12	1,12
14	1,05
16	0,99
18	0,93
20	0,88
22	0,83

L'aggiunta del giusto quantitativo di zucchero dipende dal fatto che 4 gr litro di zuccheri fermentabili (canna o barbabietola) producono esattamente 1 volume di CO2.
Grammi zucchero = (carbonazione finale – carbonazione già presente) x 4 x litri birra

ESEMPIO: 23 litri di birra fermentati a 20 C. Voglio ottenere una carbonazione di 2,5 volumi.
Formula: (2,5-0,88) x 4 x 23 = 149 gr

Per complicare le cose, nelle birre ad alta densità e da nvecchiamento (Barley Wines, birre belghe etc.) il lievito – in un arco di alcuni mesi – può demolire le molecole zuccherine complesse (destrine) e fermentarle: questo processo può aumentare la carbonazione finale anche di un volume.

Tipi di zuccheri: i calcoli precedenti sono corretti per l'utilizzo di zuccheri TOTALMENTE fermentabili (che ripeto sono i nostri zuccheri granulati da cucina: di canna o di barbabietola)

Per altre tipologie di zucchero, vale il discorso già affrontato precedentemente: il miele pur essendo ottimamente fermentabile contiene una buona percentuale d'acqua (come del resto lo zucchero liquido EDME): in questo caso la quantità da utilizzare va incrementata di un 40%.

Nell'uso di estratto di malto la quantità va incrementata mediamente del 30% (estratto in polvere) o del 60% (estratto liquido) dipendendo dalla percentuale di liquido presente.

SI ribadisce comunque il pericolo nel sovradosare gli zuccheri aggiunti in imbottigliamento, con il rischio di esplosioni. Tale pericolo è ovviamente maggiore in caso di imbottigliamento a fermentazione non ancora conclusa.