

Produção de Cerveja

Processos
Químicos
Industriais II



CERVEJA



É uma bebida carbonatada de baixo teor alcoólico, preparada a partir da fermentação de malte de cevada contendo lúpulo e água de boa qualidade e pode utilizar-se outras matérias-primas como arroz, trigo ou milho, denominados adjuntos.

INTRODUÇÃO

A palavra *beer* (cerveja) proveem do infinitivo latino “bibere” que quer dizer beber. Nos monastérios medievais fabricava-se cerveja e com certeza os monges tiveram a responsabilidade de difundir o nome que lhe davam à bebida através de toda a Europa central.



A cerveja é uma das bebidas mais antigas que existe. Alguns pesquisadores acreditam que existia na Mesopotâmia e a Suméria, 10.000 anos antes de Cristo (A.C.).

Antes do processo cervejeiro ser industrializado os principais fabricantes da bebida eram mulheres.

O processo cervejeiro era exercido por padeiros, devido à natureza das matérias-primas, como grãos de cereais e levedura.



Curiosidades da cerveja

São Arnaldo de Soissons
o santo da cerveja



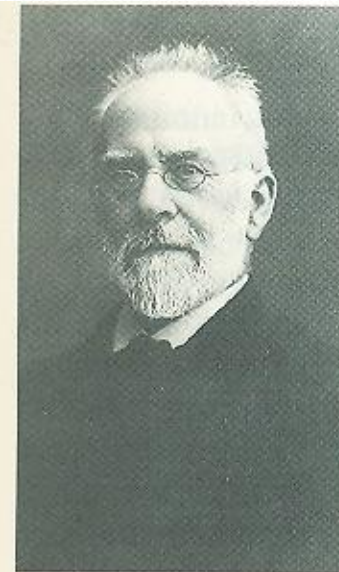
Gambrinus
o rei da cerveja



Pesquisas desenvolvidas em 1860 pelo francês Louis Pasteur ofereceram conhecimentos valiosos para a fermentação e estabilidade da cerveja.

O dinamarquês Emil Christian Hansen desenvolveu em 1883 o método de cultura pura no laboratório Carlsberg, Copenhagen.

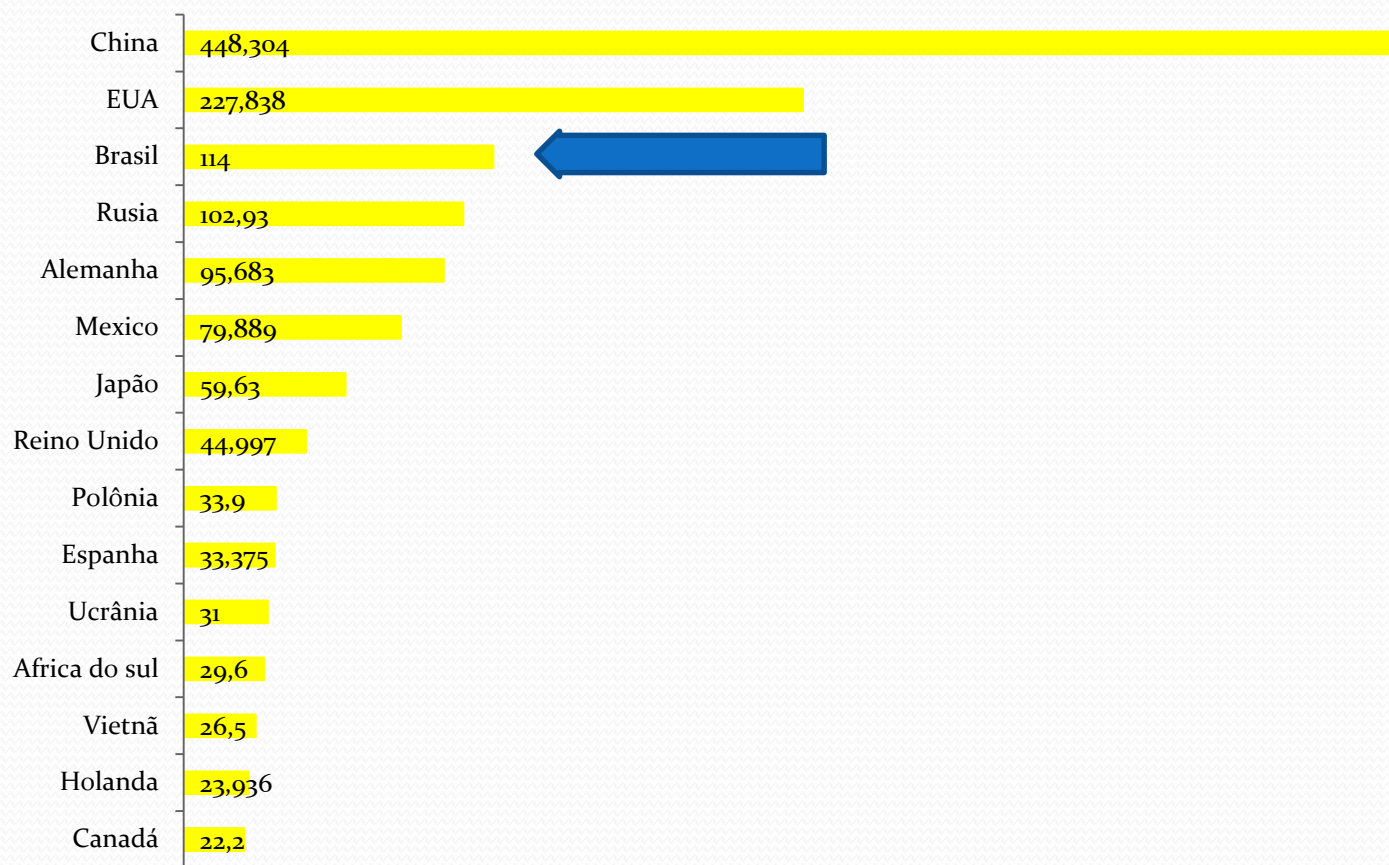
*Louis Pasteur
(1822–1895)*



*Fig. 0.4
Emil Christian
Hansen (1842–1909)*

Maiores produtores de cerveja em 2010

Volume (Milhões de hL)

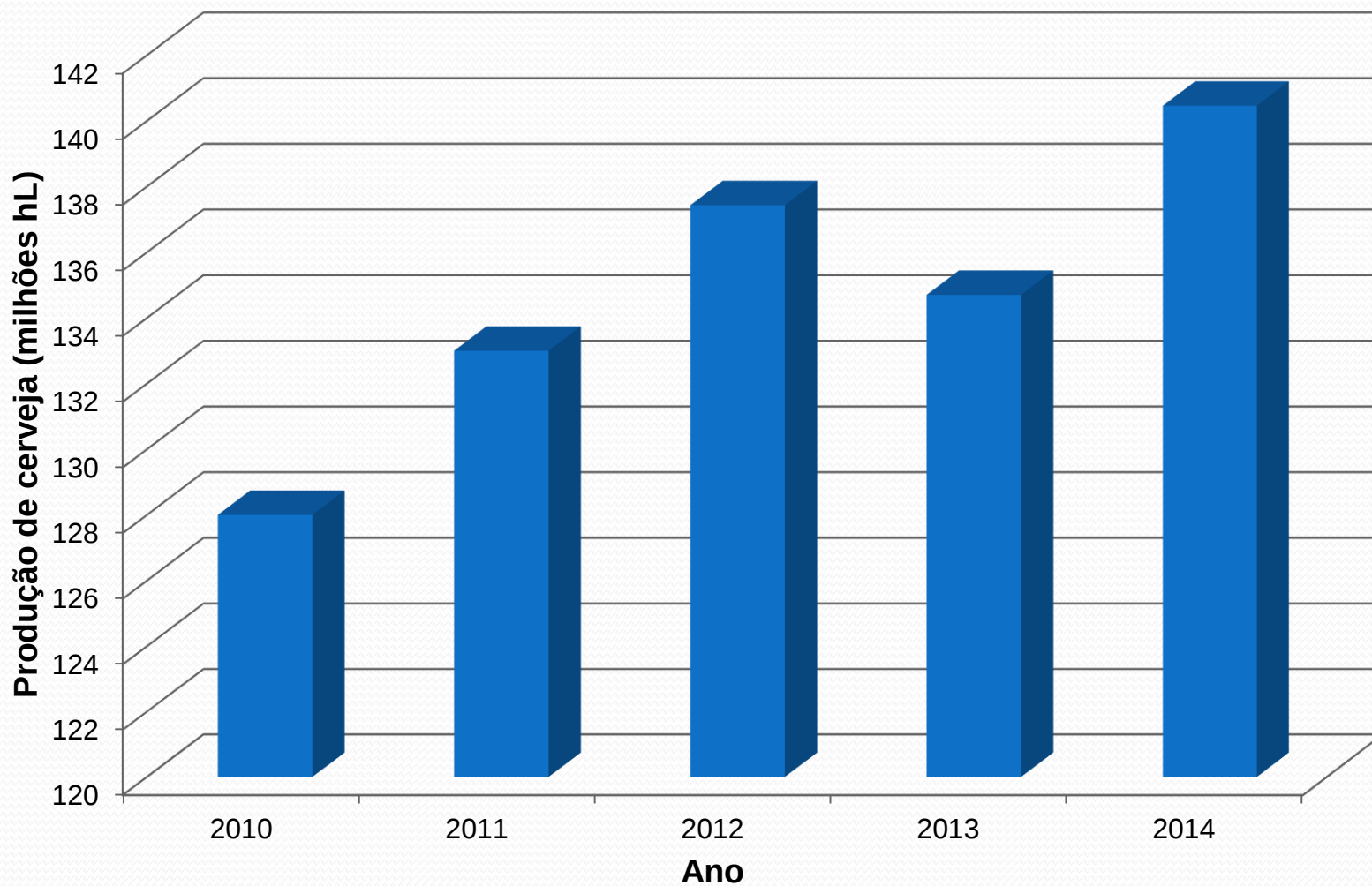




O crescimento da produção de cerveja no Brasil entre os anos 2004 e 2010 foi de 30,3%.



Produção de cerveja no Brasil



NO MUNDO EXISTEM DIFERENTES TIPOS DE CERVEJAS.



TIPOS DE CERVEJAS

Lagers

Pale Lagers

- Pilsner ←
- American Lager
- Premium

Dark Lager

- Dark American Lager
- Munchner Dunkel
- Malzbier

Vienna, Bock, Marzen,



Ales

Pale Ales

- American Pale Ales
- India Pale Ale
- Belgian Pale Ale

Amber / Brown and Red Ale

- American Amber Ale
- American Brown Ale
- Red Ale

Altbier, Strong Ale



Matérias-primas

Água



- É a matéria-prima mais abundante na cerveja($\approx 90\%$).
- A água é um aspecto fundamental na hora de escolher o lugar para a construção de uma cervejaria. A composição da água é importante de acordo com os tipos de cerveja a elaborar.

Malte



CEVADA

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma gramínea cerealífera e a quinta maior colheita no mundo chegando a uma área cultivável de 530 000 Km².

A cevada fornece uma farinha alimentícia muito nutritiva o que faz que seja uma das principais fontes de alimento para pessoas e animais.

O produto da germinação artificial do grão de cevada (malte) é utilizado na fabricação de cerveja.



MALTE

O malte é o material que fornece o extrato ao mosto cervejeiro. Seu conteúdo de amido, proteínas e enzimas o fazem ideal para a produção de cerveja.



O malte mais utilizado é o tipo Pilsen, existindo outros maltes especiais com diferentes características e cores: Munich, Caramelo, Torrado, etc.





L Ú P U L O



O lúpulo é uma liana européia da espécie *Humulus Lupulus*, da família Cannabaceae.

O lúpulo fornece substâncias amargas e aroma ao mosto cervejeiro, além do poder bactericida.

Composição em peso seco	%
Substâncias amargas	18.5
Óleos	0.5
Polifenóis	3.5
Proteínas	20.0
Inorgânicos	8.0



ADJUNTOS

Os adjuntos são materiais sacarídeos que substituem parte do malte e aportam açúcares ao mosto cervejeiro. Podem ser diferenciados como fonte de amido ou açucarados e apresentar-se em forma sólida ou líquida.

Os adjuntos são utilizados por serem matérias-primas mais baratas que o malte e porque alguns deles podem aportar características diferentes ao mosto cervejeiro.

Os adjuntos que possuem amido são adicionados na tina de mosturação, entretanto os adjuntos açucarados são adicionados na tina de fervura.

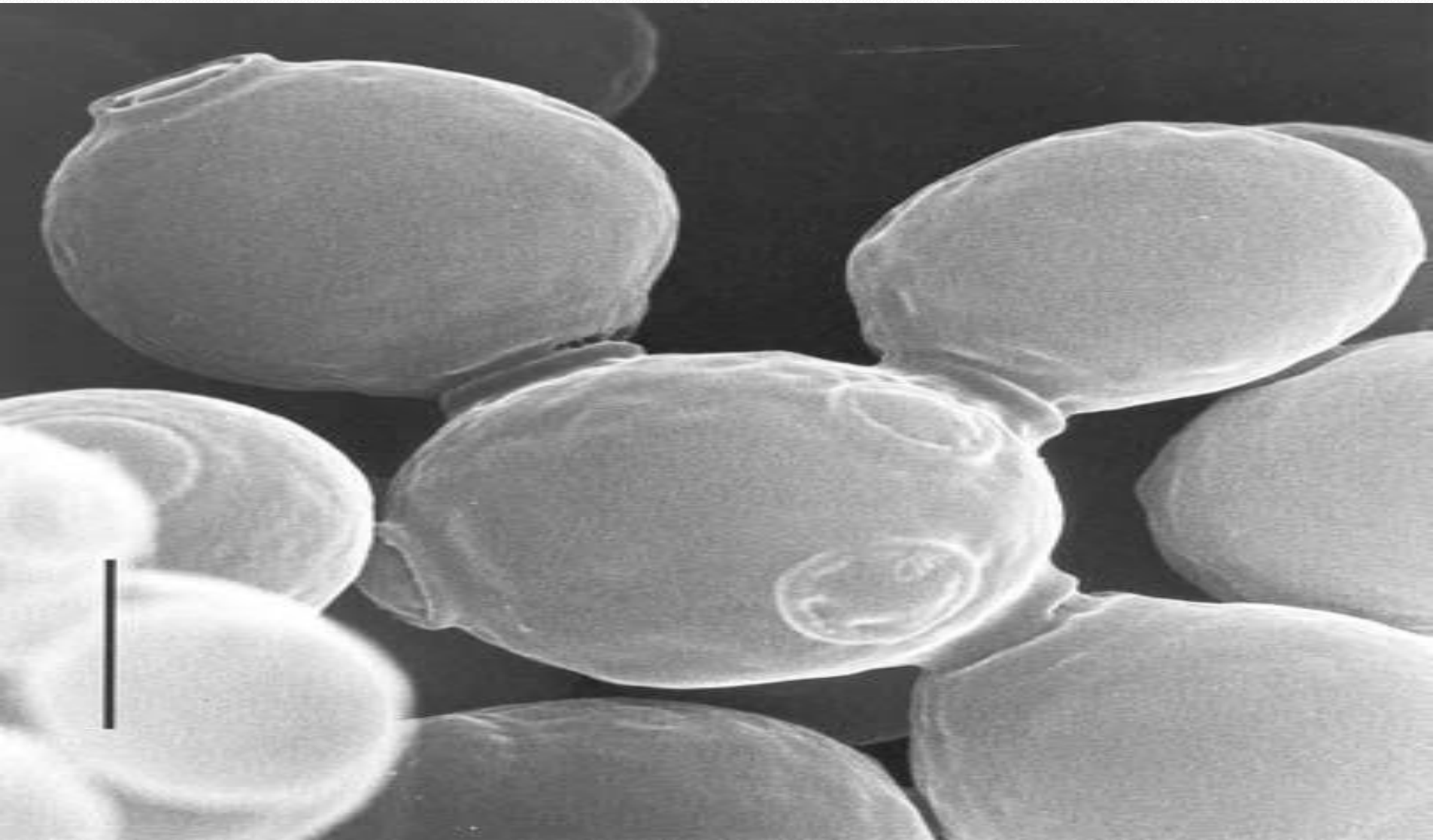
Adjuntos convencionais



Adjuntos não convencionais

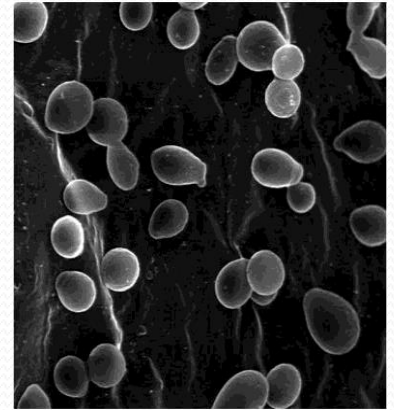


Levedura *Saccharomyces cerevisiae*



Levedura

A levedura é um micro-organismo unicelular. Suas células tem uma forma oval a redonda com um comprimento de 8 a 10 μ m e uma largura de 5 a 7 μ m.



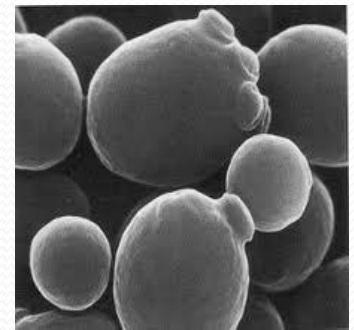
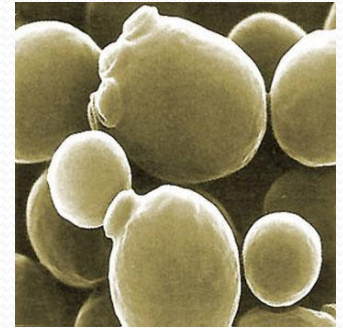
A célula de levedura tem um conteúdo de 75% de água. A seguinte tabela apresenta a composição da massa seca.

Proteínas	45 a 60%
Carboidratos	25 a 35%
Gordura	4 a 7%
Inorgânicos	6 a 9%



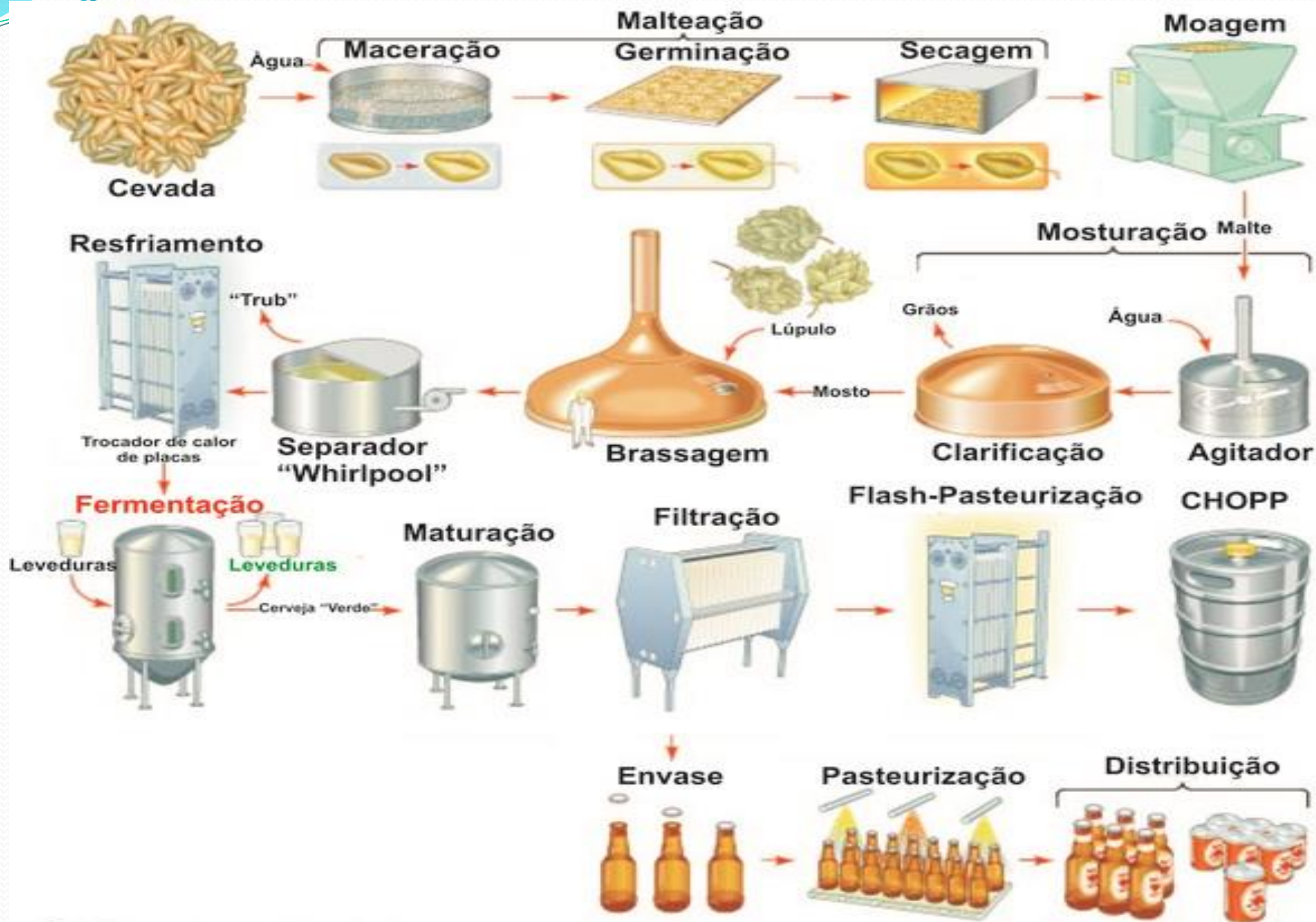
As leveduras cervejeiras podem ser classificadas em baixa fermentação (*Lager*) e alta fermentação (*Ale*) e para sua utilização devem apresentar as seguintes condições:

- serem geneticamente estáveis durante vários ciclos contínuos;
- serem capazes de fermentar mostos num período aceitável, e obter níveis de etanol entre 4 – 12% v/v;
- serem capazes de produzir um meio de fermentação livre de quantidades de metabólitos indesejáveis responsáveis por sabores de enxofre, fenólicos ou de alcoóis amílicos;
- serem facilmente removidas do meio de fermentação por floculação, centrifugação;
- serem suficientemente viáveis e que depois da separação da cerveja, possam ser reutilizadas em outras fermentações, apresentando um mínimo de autólise e alta viabilidade.



Processo de Produção de Cerveja







A malteação é feita nas cervejarias?
Porquê a cevada é maltada ?

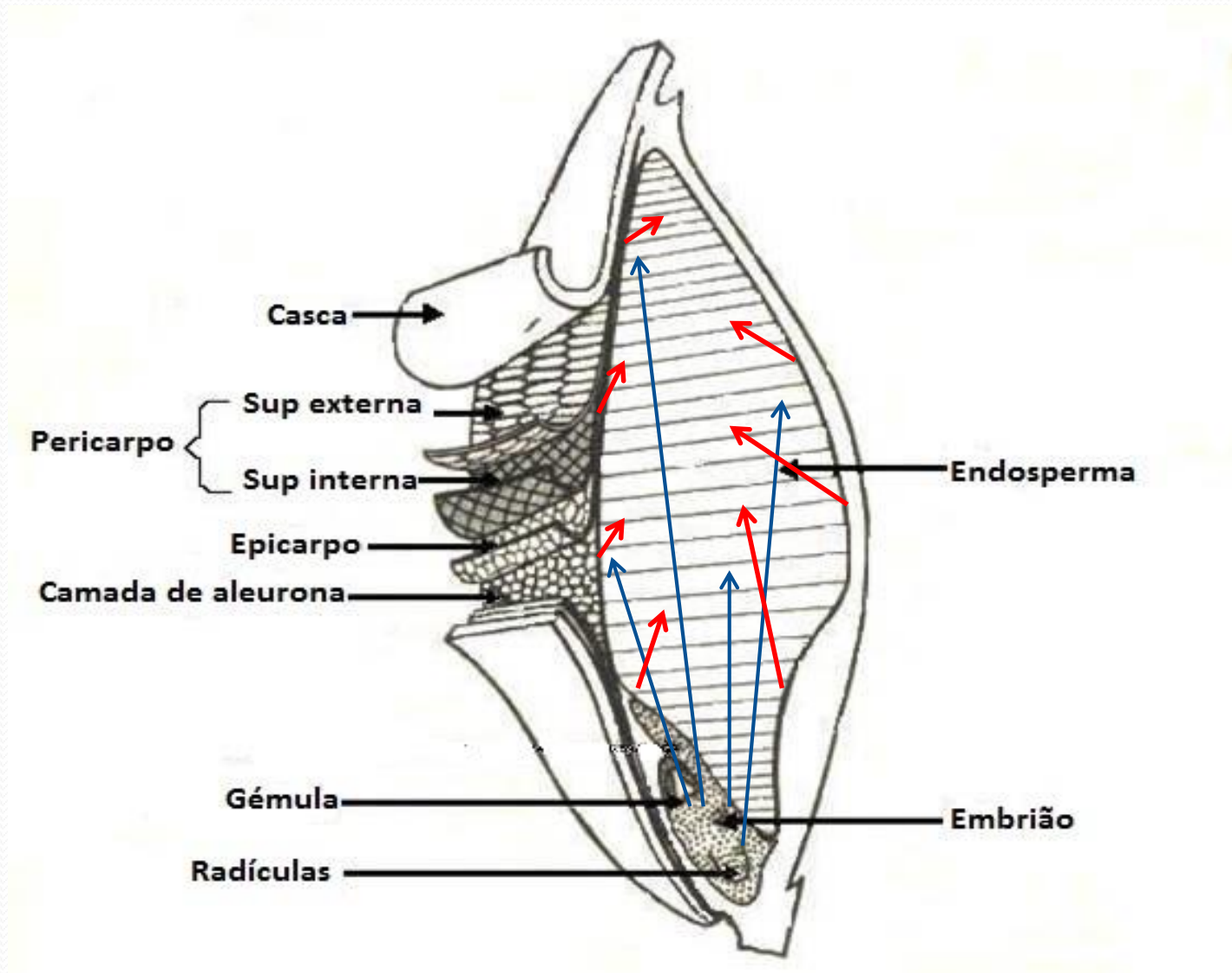
- Para promover a formação das Enzimas necessárias à preparação do mosto de fermentação (mosto doce).
- Substâncias insolúveis de alto peso molecular (amido) devem ser decompostas em produtos de alto-médio e baixo peso molecular.

MALTEAÇÃO DA CEVADA

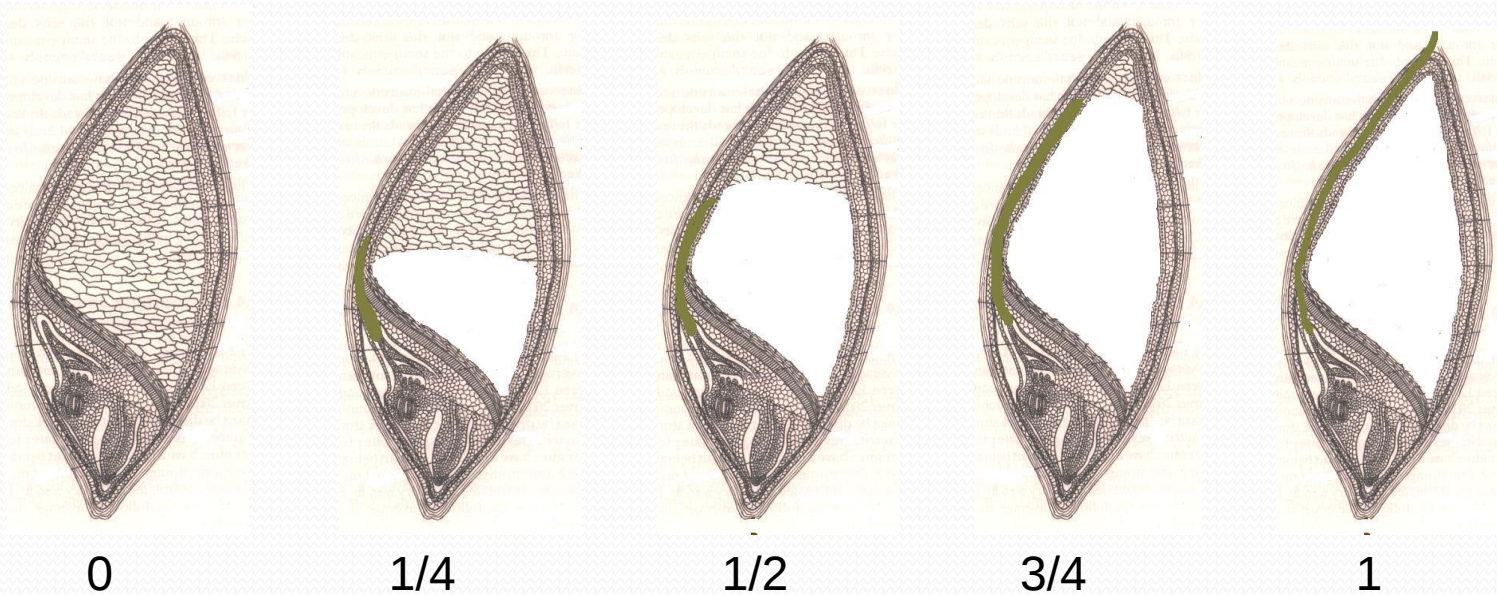


Etapas do processo	Tempo	Temperatura	Fluxo de ar
Maceração	2 – 3 dias	< a 20°C	Aeração a temperatura controlada
Germinação	5 – 7 dias	15°C	540m³/h/T. malte.
Secagem	1 – 2 dias	50 - 85°C	2700m³/h/T. malte.
Refrigeração	1 – 2 horas	< a 30°C	540m³/h/T. malte.

Grão de cevada



Germinação da cevada



Boa modificação do grão:

◁ 5% de 0 – 1/4

▷ 80% de 1/2 - 1

Câmara de Germinação



Malteação

No fim da germinação o grão é submetido a secagem até aproximadamente 5% de umidade. Este processo define as características do grão de malte.

O malte Pilsen é de cor mais clara e é o mais utilizado no mundo porque mantém o máximo rendimento de extrato e poder enzimático. Entretanto os maltes mais escuros tem menores rendimentos e baixos ou nenhum poder enzimático.



Temperaturas de secagem

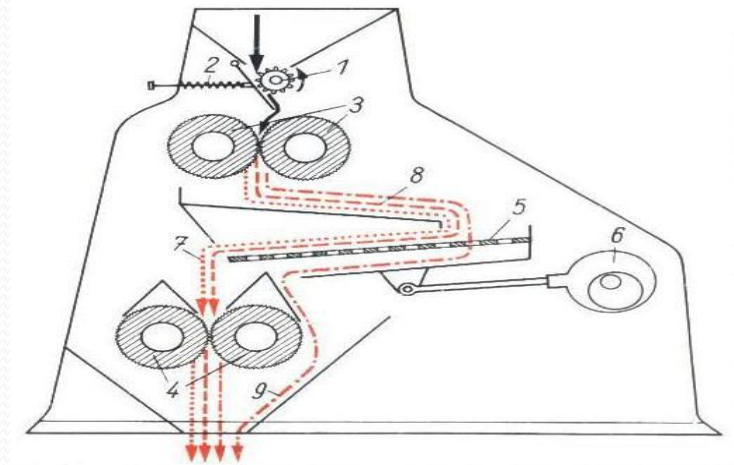
Maltes	Temperatura máxima na secagem (°C)	Cor (EBC)
Malte Pilsen	85	2,5 – 3,5
Malte Munich	100 - 105	15 – 25
Malte Vienna	90	5,5 – 6,0
Maltes Caramelados:		
Carapils®	60 – 80	3 - 5
Caramelo claro	100 - 105	25 – 30
Caramelo escuro	150 - 180	80 - 150
Malte tostado	175 - 200	1300 - 2500

Comparação da cevada e o malte

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32 - 36	29 – 33
Umidade (%)	10 – 14	4 – 6
Amido (%)	55 – 60	50 - 55
Açúcares (%)	0,5 – 1,0	8 – 10
Nitrogênio total (%)	1,8 – 2,3	1,8 – 2,3
Nitrogênio solúvel (% de N total)	10 – 12	35 – 50
Poder diastásico (°Lintner)	50 – 60	100 – 250
α -amilase (unidades de dextrina)	traços	30 – 60

Moagem do malte

Os três principais compostos do malte são o amido, as proteínas e as enzimas. O objetivo desta etapa é expor estes compostos para sua utilização na seguinte etapa do processo cervejeiro.



Tipos de moagem

- Seca ou úmida
- Fina ou grossa



Mosturação



Mosturação

Neste processo o malte moído é misturado com água para formar o mosto cervejeiro. Para a obtenção de mostos com concentrações convencionais (10 - 12°P) é utilizada geralmente uma relação de água inicial/malte de 4L / Kg de malte.



O que é grau Platô?

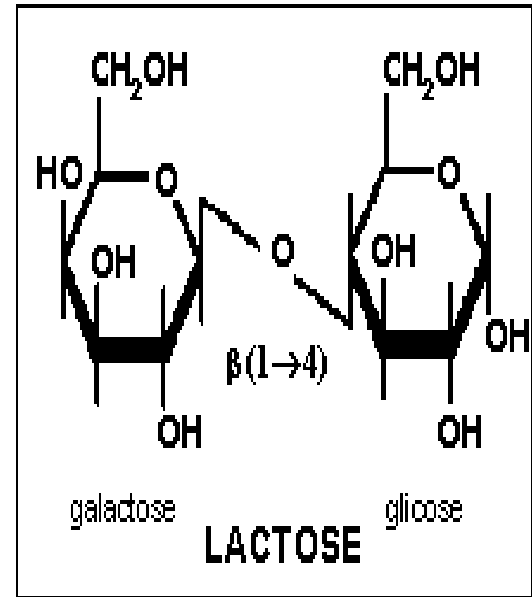
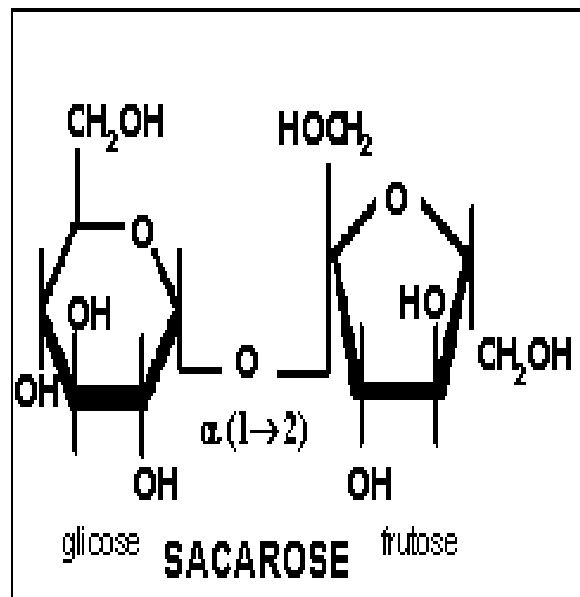
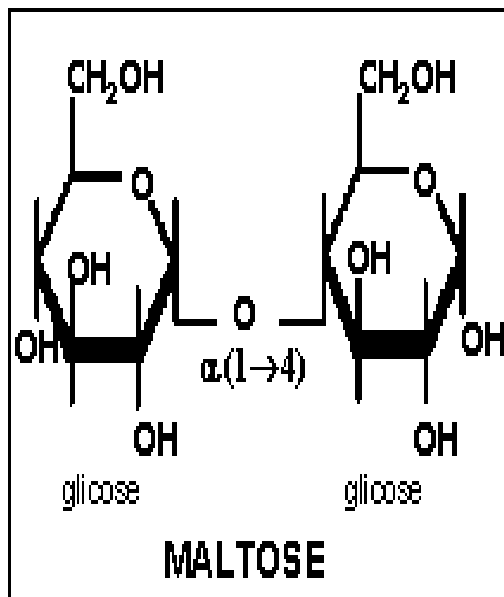
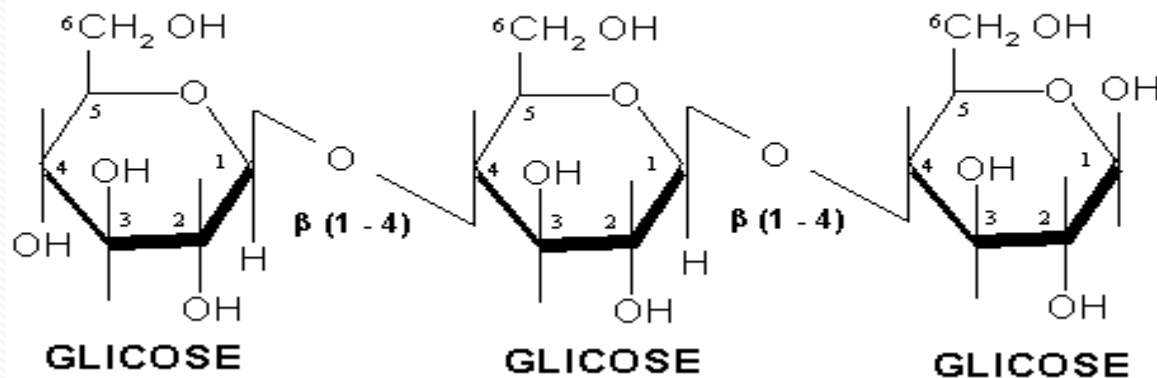
O objetivo da mosturação é obter a maior quantidade de mosto e da melhor qualidade possível. A maior parte do extrato é obtido pela ação das enzimas do malte que agem em suas temperaturas ótimas.



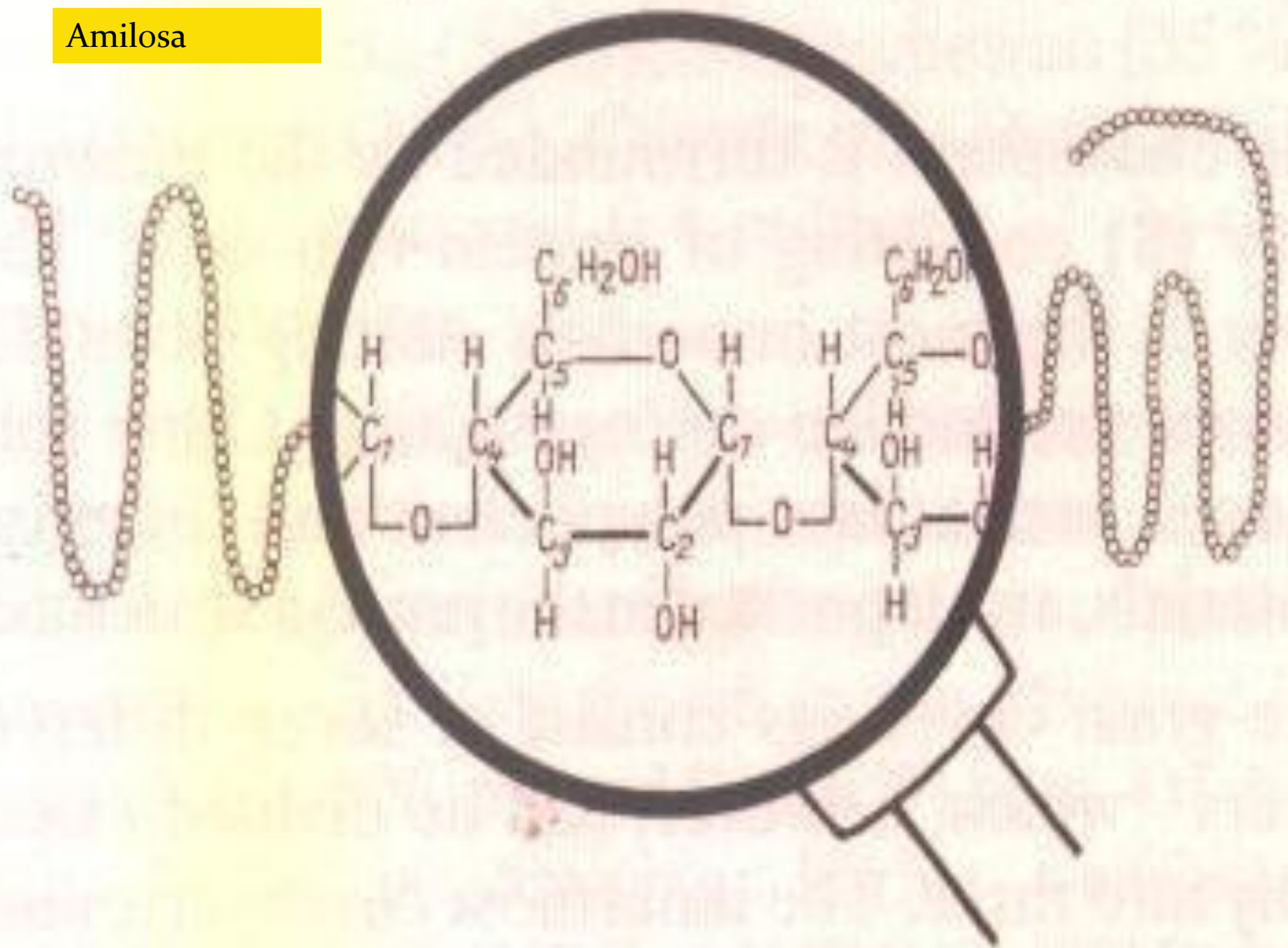
Principiais enzimas no malte

Enzimas	T ótima	pH ótimo	T inativação
α -amilase	72 - 75 °C	5.6 - 5.8	80 °C
β -amilase	60 - 65 °C	5.4 - 5.5	70 °C
β -glucanase	40 - 50 °C	4.5 – 5.0	60 °C
Proteases	45 - 55 °C	4.2 – 5.3	60 °C

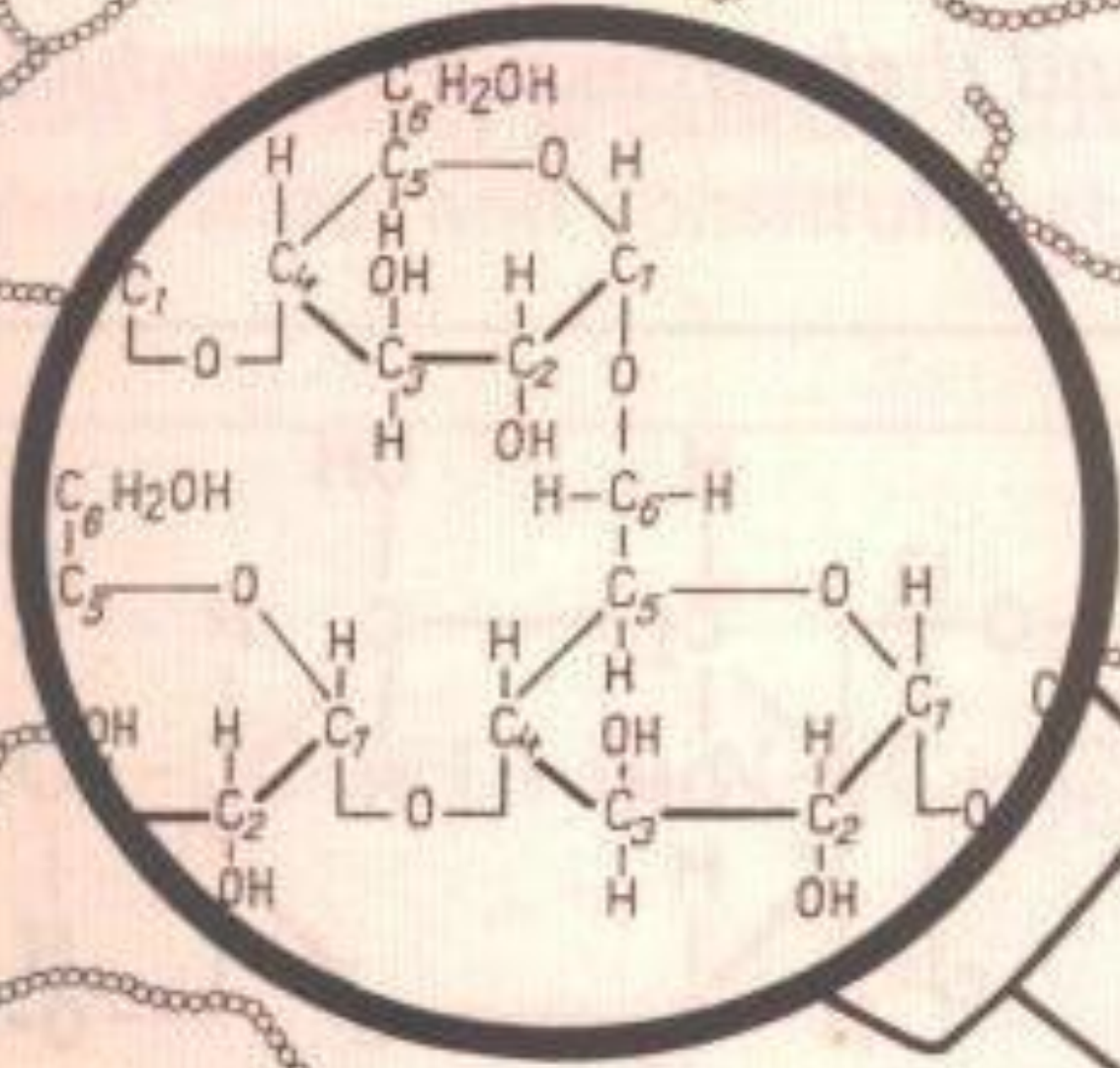
CELULOSE

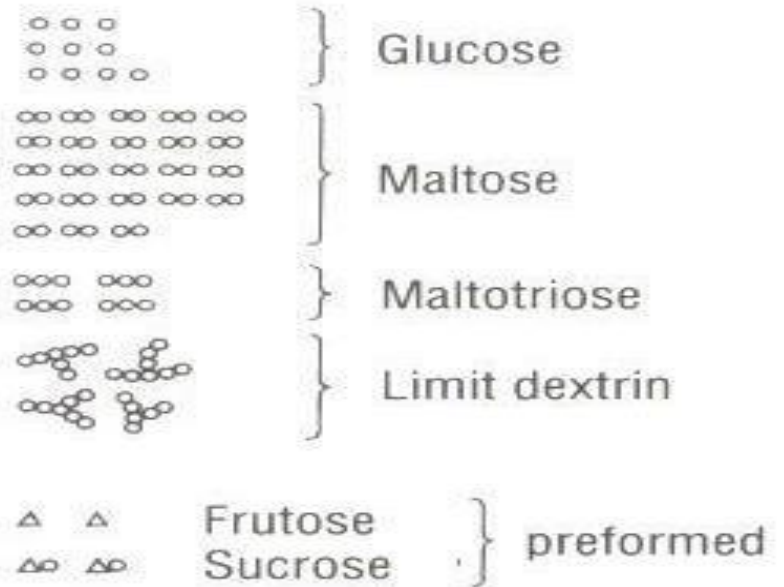
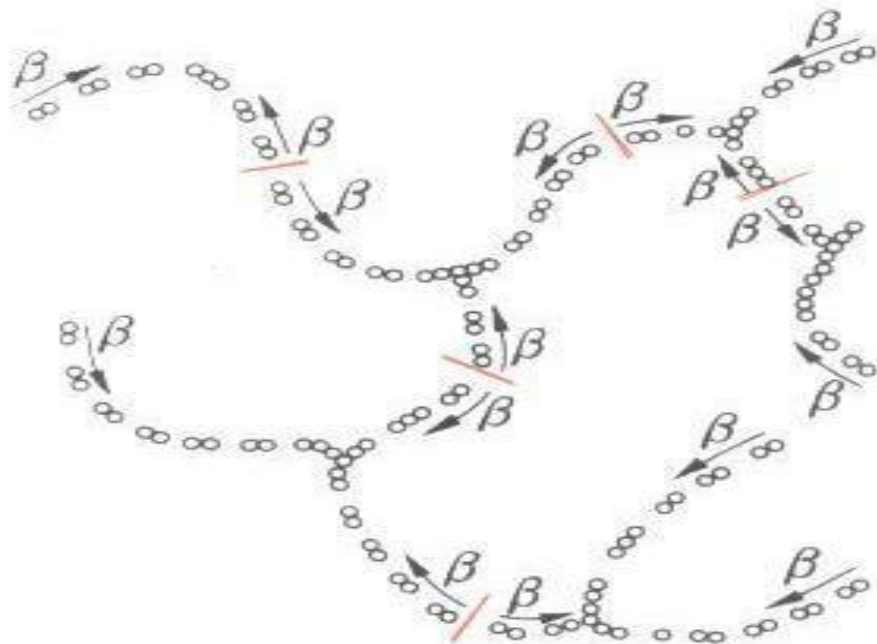
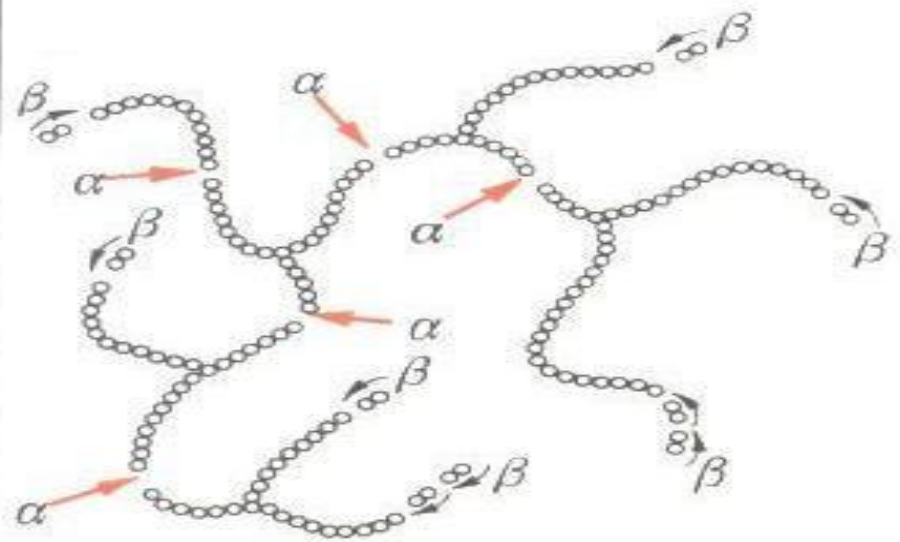
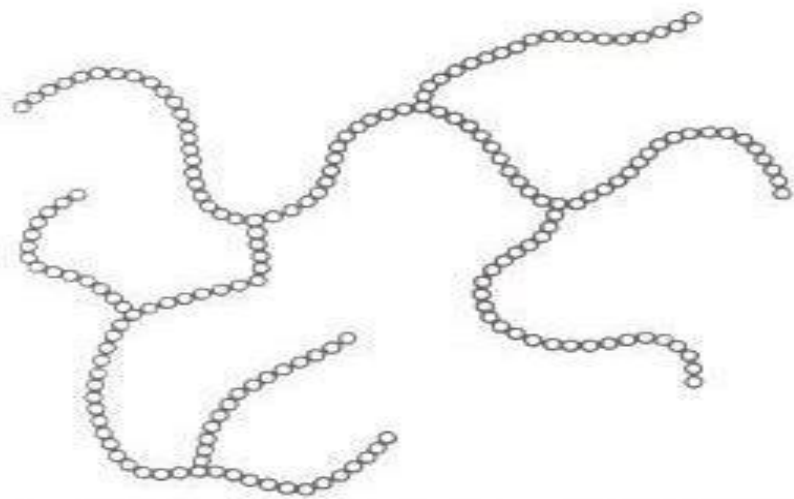


Amilosa



Amilopectina

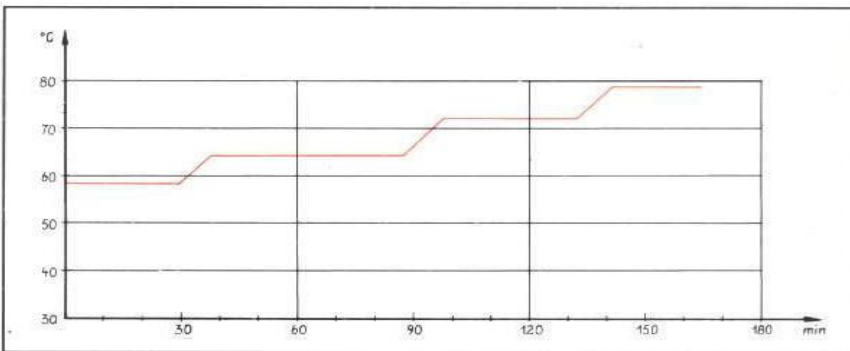
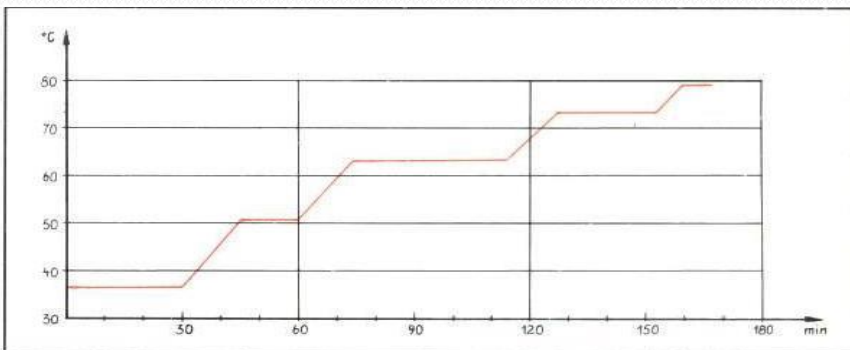




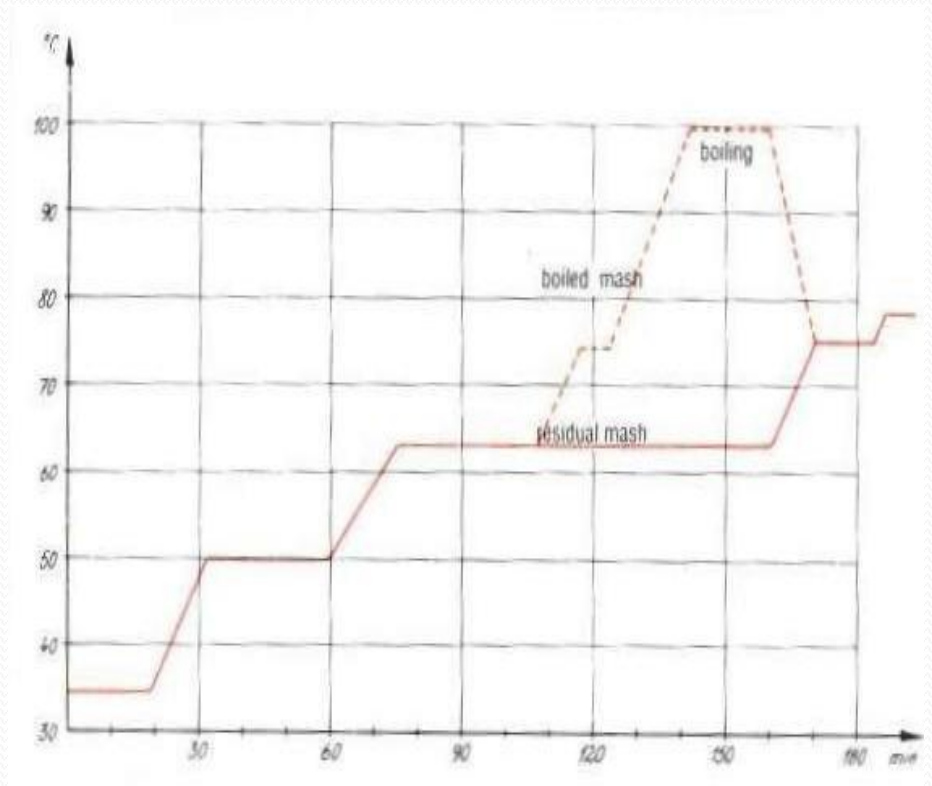
α : α - amylase
 β : β - amylase

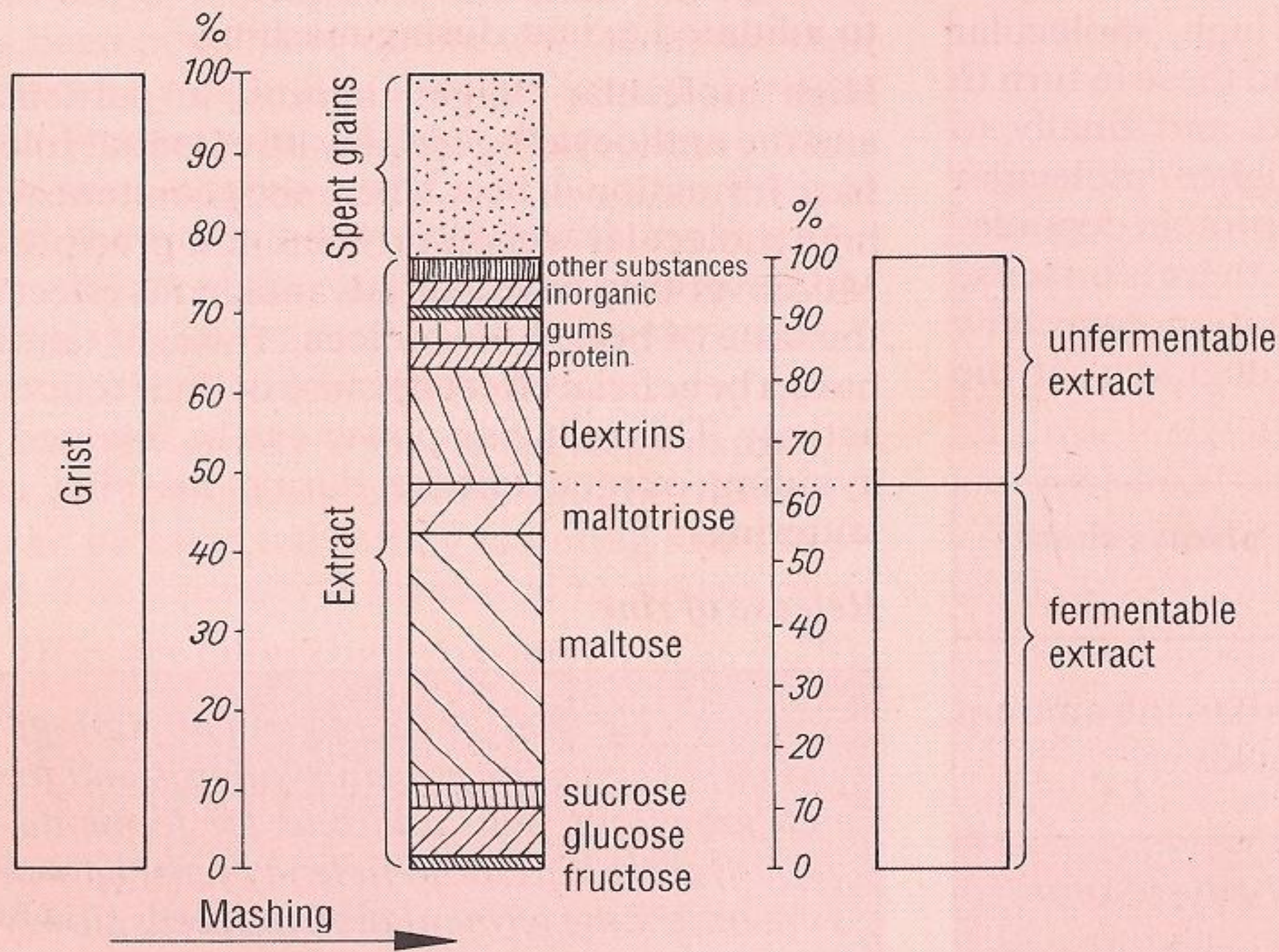
○ Glucose or glucose residue
 △ Fructose or fructose residue

Mosturação por infusão



Mosturação por decocção





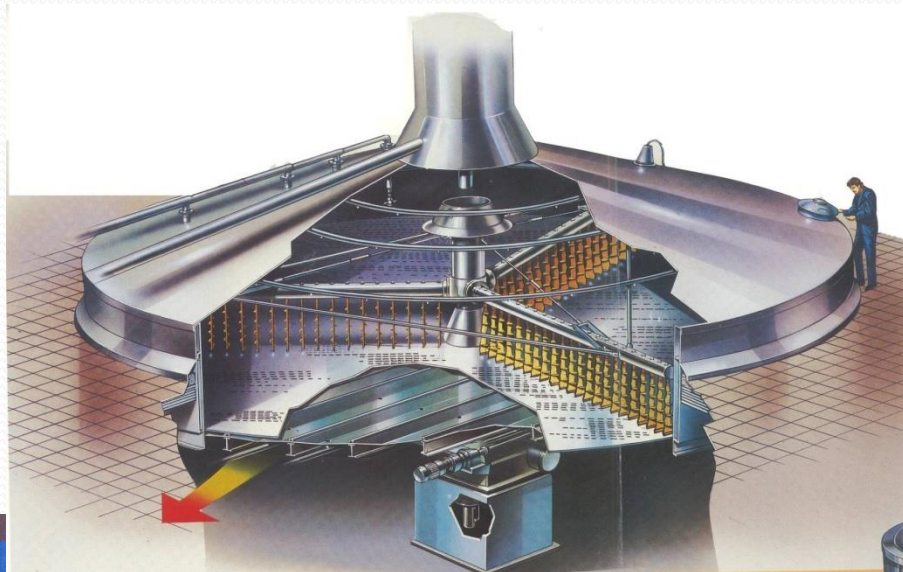
Separação do mosto

Tem limitações para trabalhar com mostos concentrados, a máxima concentração do mosto no fim do processo, com boa eficiência de extração, é de $\approx 16^{\circ}\text{P}$.



Filtro de macerado

Tina de filtração



É ótimo para trabalhar com mostos concentrados e pode obter concentrações do mosto no fim do processo maiores aos 20°P , com boa eficiência de extração.



Fervura do mosto



O mosto obtido é fervido por um tempo entre 1 e 2 horas. Nesta etapa é adicionado o lúpulo.

Objetivos:

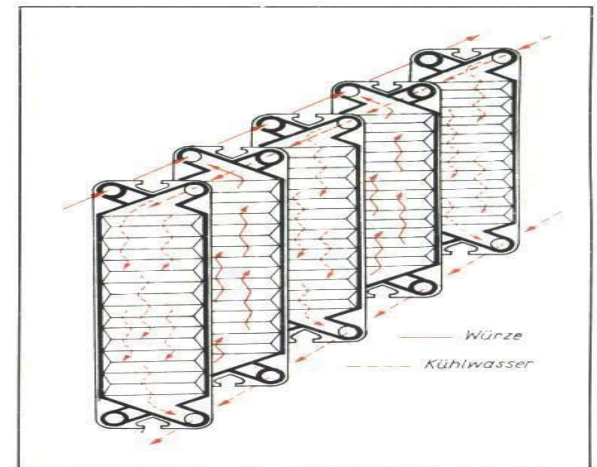
- ☐ extração e transformação dos compostos do lúpulo;
- ☐ formação e precipitação de complexos proteínas-polifenóis;
- ☐ evaporação de água;
- ☐ esterilização do mosto;
- ☐ desnaturação das enzimas;
- ☐ aumento da cor do mosto;
- ☐ diminuição do conteúdo de dimetil sulfúrico (DMS) no mosto.



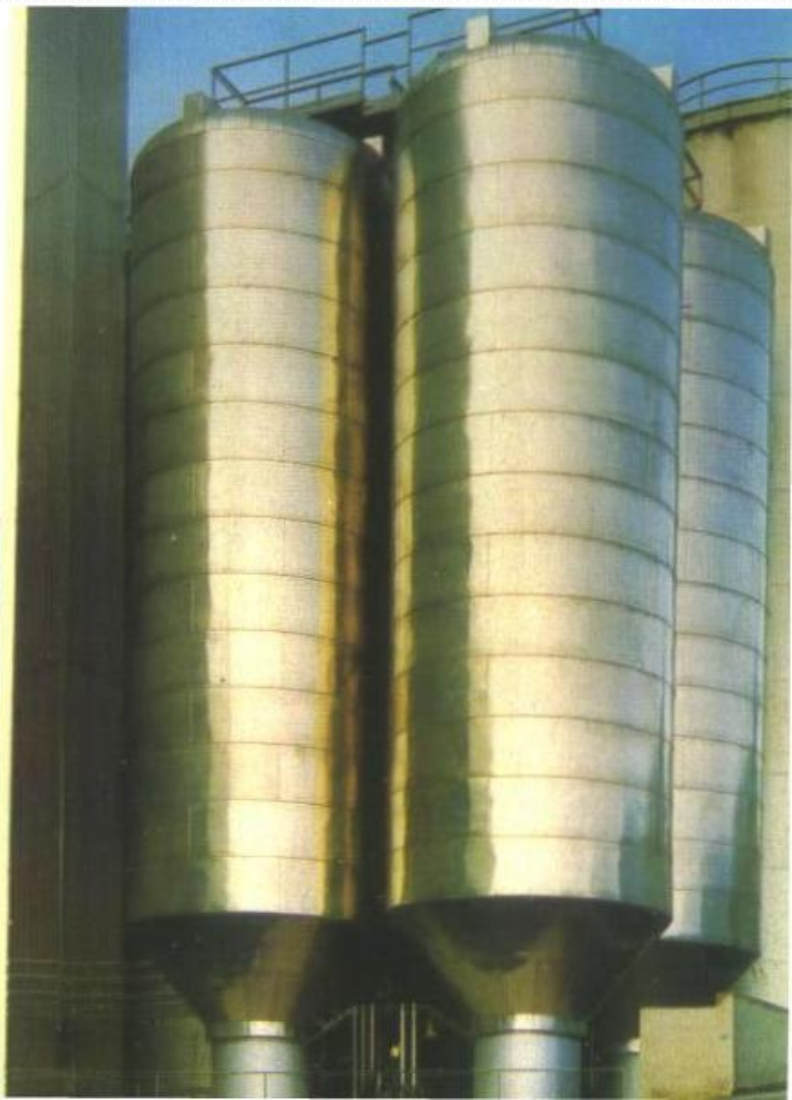
*Remoção do complexo
proteínas-polifenóis*

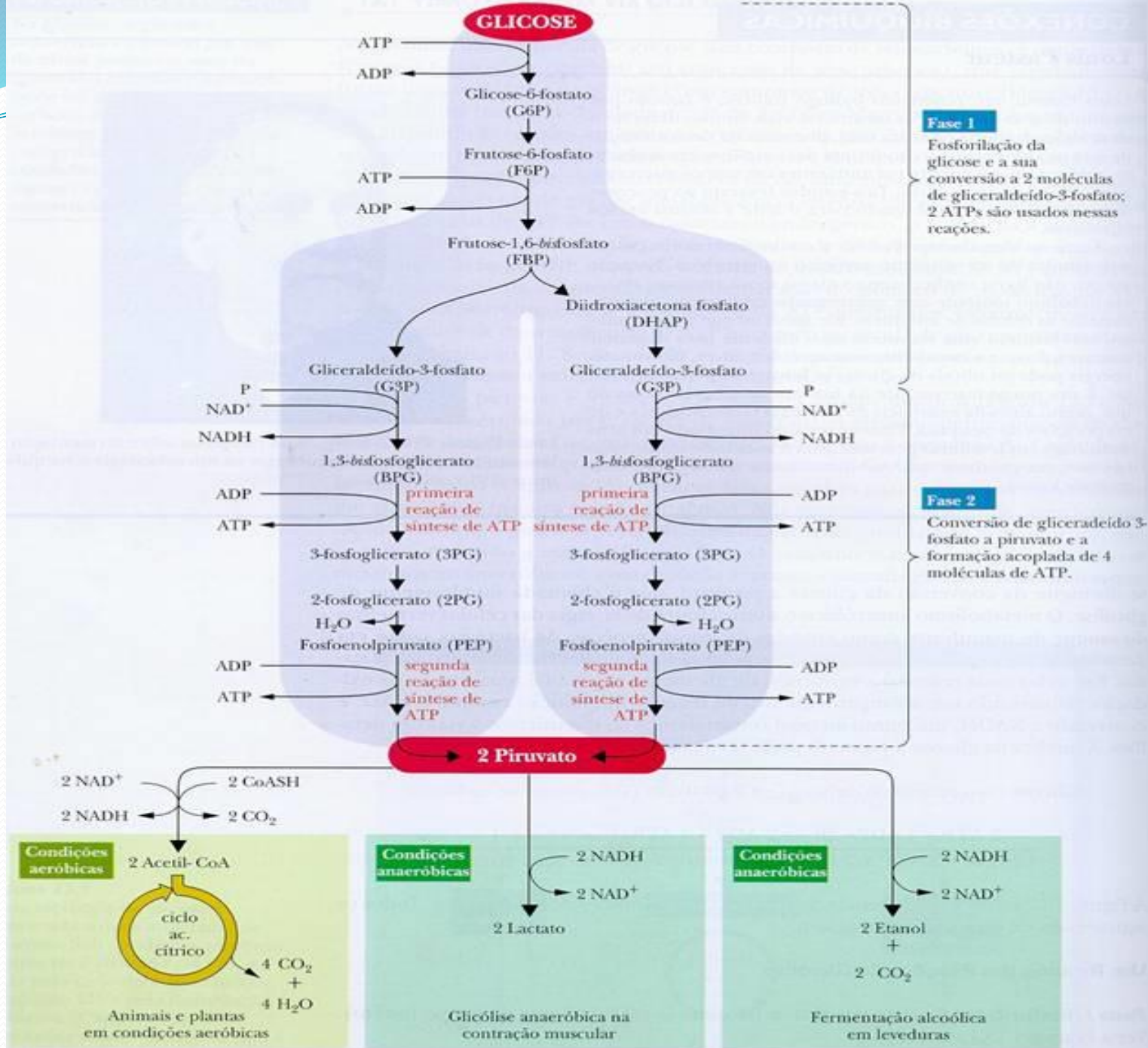
Resfriamento do mosto

Aeração do mosto



Fermentação e maturação





GLICOSE

ATP
ADP

Glicose-6-fosfato
(G6P)

Frutose-6-fosfato
(F6P)

ATP
ADP

Frutose-1,6-bisfosfato
(FBP)

Diidroxiacetona fosfato
(DHAP)

Gliceraldeído-3-fosfato
(G3P)

P
NAD⁺
NADH

1,3-bisfosfoglicerato
(BPG)

ADP
ATP
primeira
reação de
síntese de ATP

3-fosfoglicerato (3PG)

2-fosfoglicerato (2PG)

H₂O
Fosfoenolpiruvato (PEP)

ADP
ATP
segunda
reação de
síntese de
ATP

Gliceraldeído-3-fosfato
(G3P)

P
NAD⁺
NADH

1,3-bisfosfoglicerato
(BPG)

ADP
ATP
primeira
reação de
síntese de ATP

3-fosfoglicerato (3PG)

2-fosfoglicerato (2PG)

H₂O
Fosfoenolpiruvato (PEP)

ADP
ATP
segunda
reação de
síntese de
ATP

2 Piruvato

2 NAD⁺
2 CoASH
2 NADH
2 CO₂

Condições
aeróbicas

2 Acetil-CoA



4 CO₂
+
4 H₂O

Animais e plantas
em condições aeróbicas

Condições
anaeróbicas

2 NADH
2 NAD⁺

2 Lactato

Glicólise anaeróbica na
contração muscular

Condições
anaeróbicas

2 NADH
2 NAD⁺

2 Etanol
+
2 CO₂

Fermentação alcoólica
em leveduras

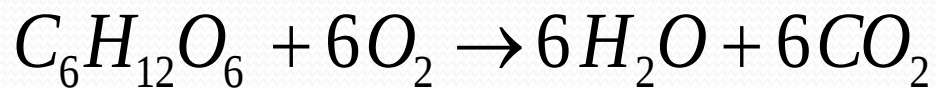
Fase 1

Fosforilação da
glicose e a sua
conversão a 2 moléculas
de gliceraldeído-3-fosfato;
2 ATPs são usados nessas
reações.

Fase 2

Conversão de gliceraldeído-3-
fosfato a piruvato e a
formação acoplada de 4
moléculas de ATP.

Respiração



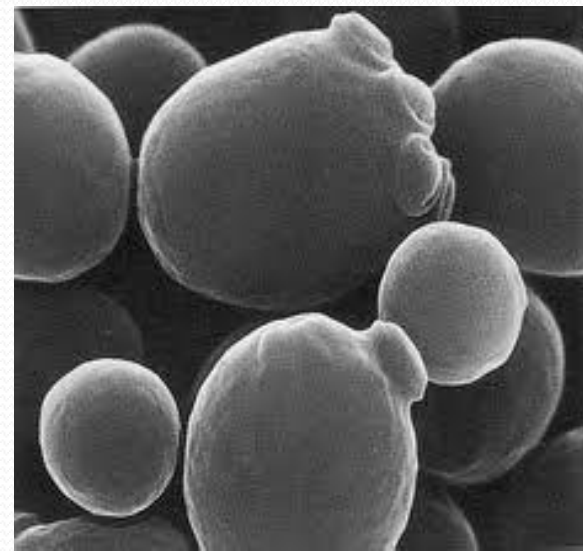
Fermentação

Gay Lussac



Balling

100g açúcares fermentescíveis = 48,319g etanol + 46,286g CO₂ + 5,323g levedura



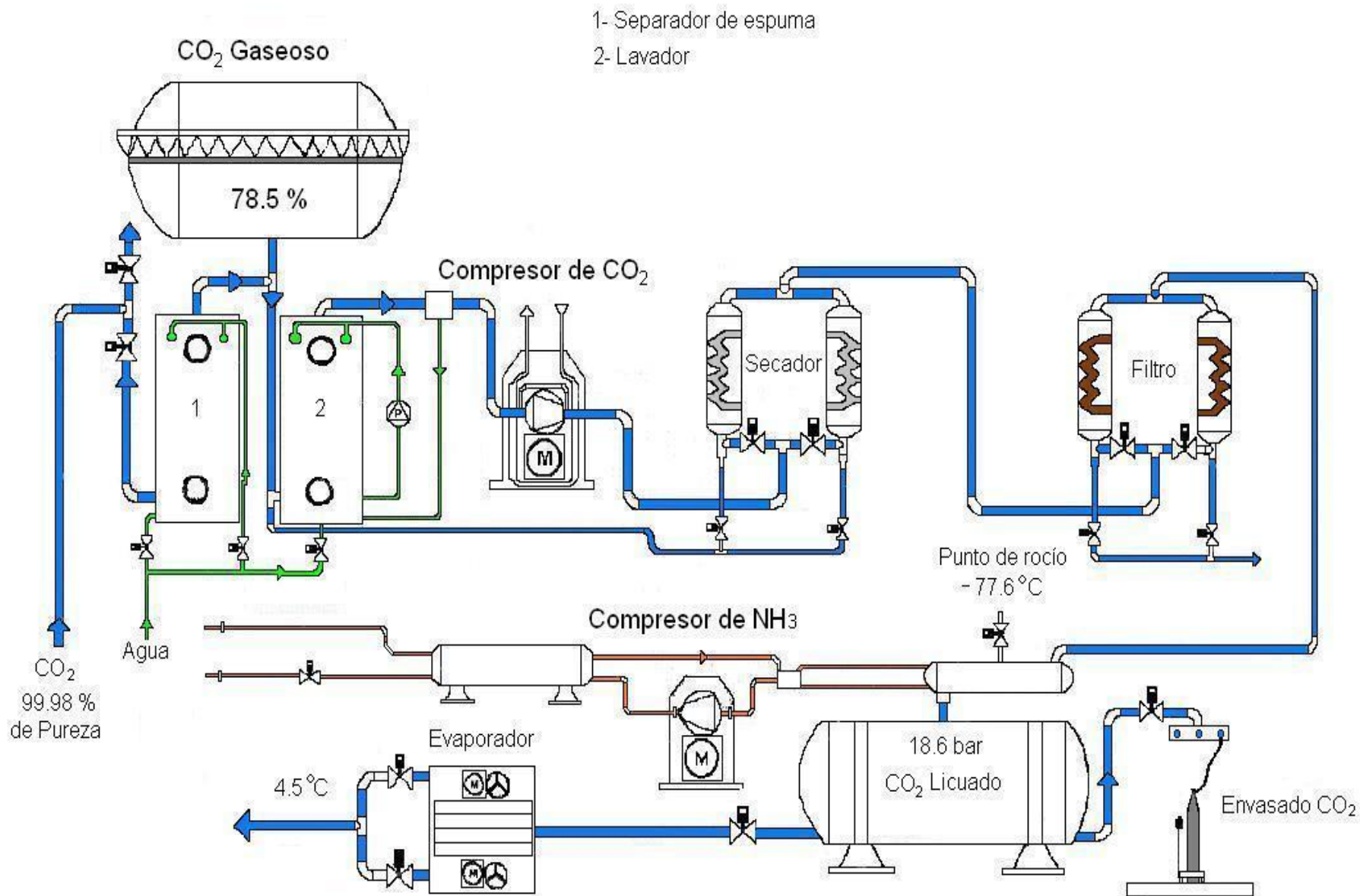
Transformações na Maturação

- Saturação de cerveja com CO₂
- Clarificação da cerveja
- Diminuição do conteúdo de Diacetil (abaixo de 0,1 mg/L)
- Diminuição do conteúdo de aldeídos
- Aumento da concentração de ésteres

Recuperação de CO₂

O CO₂ é um produto da fermentação alcoólica. A sua recuperação é muito importante, pelas seguintes razões:

- Em um ambiente onde tenha uma alta concentração deste gás (1-8% vol), as pessoas ao respirar ele podem ter problemas de saúde e até mesmo causar a morte (8-10% vol).
- É um gás de efeito estufa que danifica o meio ambiente.
- É possível a sua recuperação para uso na cervejaria e o montante em excesso é vendido o que ajuda na economia da empresa.



Uso do CO2 na Cervejaria

O CO2 é normalmente utilizado em um grupo de funções na indústria cervejeira.

- Contrapressão nos tanques de maturação e pressão na entrada da cerveja neles.
- Contrapressão na filtragem e pressão para a entrada da cerveja no filtro.
- Pressão no tanque de carbonatação.
- No envase de garrafas, latas e barris.
- No ajuste da carbonatação da cerveja.
- Em dispensador de chopp.

Filtração

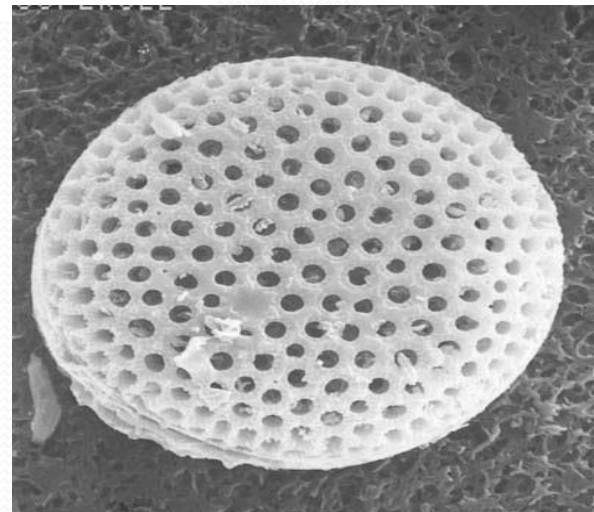
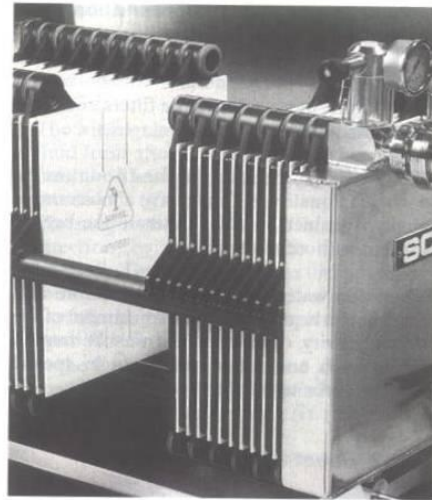
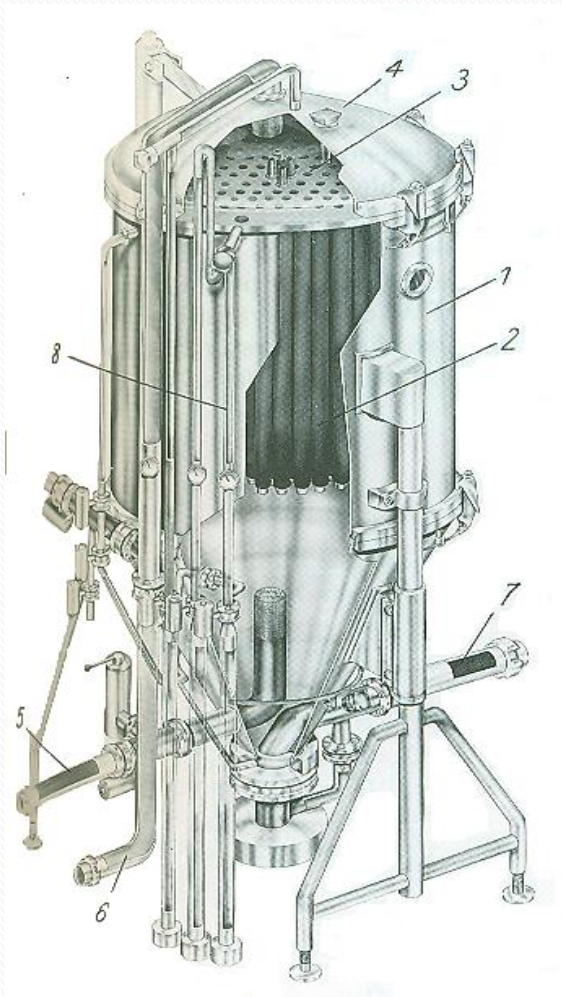
Objetivos

- Retirada de leveduras
- Retirada de proteínas/ polifenóis precipitados

Substâncias utilizadas como meio filtrante

- Terra diatomácea

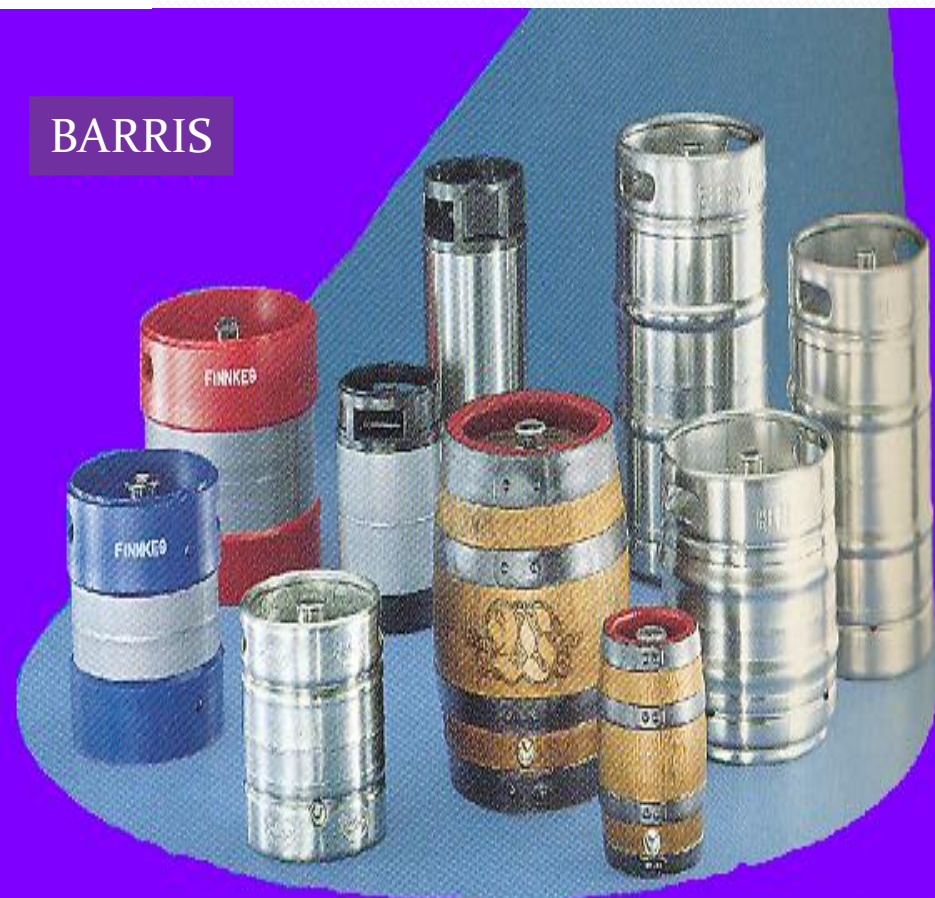
Filtração da cerveja



Envase



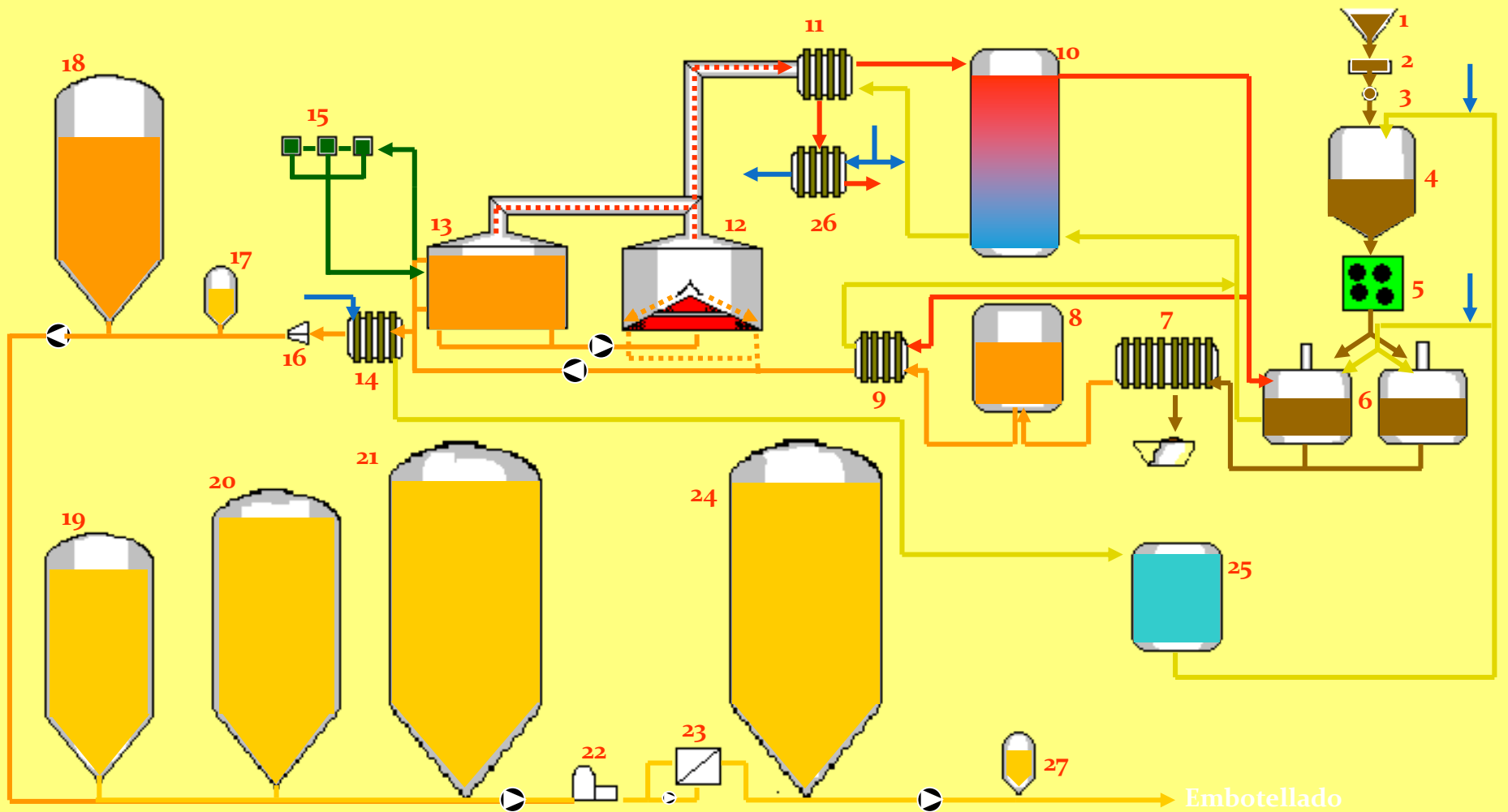
BARRIS



Pasteurização



FLUJO TECNOLÓGICO NOVEDOSO DE ELABORACION DE CERVEZAS



- | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 Tolva vaciado | 5 Hidro-molino | 9 Calentador mosto | 13 Whirlpool | 17 Adición levadura | 21 Ferment. 12 coc. | 25 Agua caliente |
| 2 Criba materia ext. | 6 Maceradores | 10 Acumul. energía | 14 Enfriador mosto | 18 Flotación | 22 Centrifuga | 26 Ref. condensado |
| 3 Separ. magnético | 7 Filtro macerado | 11 Condens. vahos | 15 Dosific. lúpulo | 19 Ferment. 2 cocim. | 23 Filtro membrana | 27 Filtración estéril |
| 4 Columna buffer | 8 Tanque tampón | 12 Tacho Merlin | 16 Aireador mosto | 20 Ferment. 6 cocim. | 24 Cerveza filtrada | |

A close-up photograph of a glass filled with beer. The beer is a golden-yellow color, and the head of foam is thick and white, with some small bubbles visible on the surface. The glass is partially filled, and the background is dark and out of focus.

<https://www.youtube.com/watch?v=3YTFUIsY5Aw>

MUITO OBRIGADO