

Biotecnología Alimentaria: INDUSTRIA DE LA CERVEZA

Máster Universitario en Ingeniería Química
Prof. María Martín Conde

Consumo Europeo de Cerveza por País

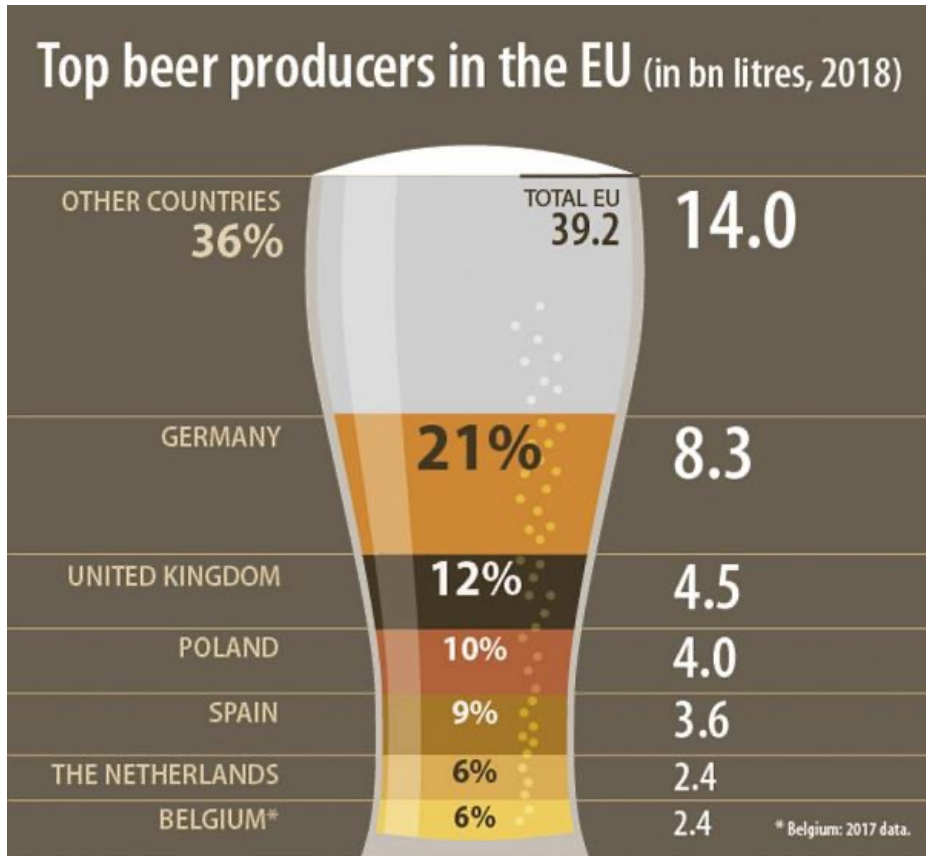
Posición	País	L per cápita
1	República Checa	138
2	Austria	105
3	Alemania	101
4	Polonia	97
5	Estonia	82
6	Rumanía	82
7	Letonia	79
8	Croacia	79
9	Irlanda	79
10	Eslovenia	78
11	Luxemburgo	76
12	Bulgaria	74
13	Eslovaquia	72
14	Países Bajos	70

Posición	País	L per cápita
15	Reino Unido	67
16	Hungría	63
17	Dinamarca	62
18	Chipre	58
19	Suiza	54
20	Malta	52
21	Portugal	51
22	Noruega	50
23	España	48
24	Suecia	48
25	Grecia	35
26	Francia	33
27	Italia	32
28	Turquía	11

Tabla 1: Consumo de cerveza per cápita en Europa (2018)

Fuente: Brewers of Europe

Producción Europea de Cerveza por País



ec.europa.eu/eurostat 

Posición	País	Producción (ML)
1	Alemania	8.300
2	Reino Unido	4.500
3	Polonia	4.000
4	España	3.600
5	Países Bajos	2.400
6	Francia	2.000
7	Rep. Checa	1.900
8	Rumanía	1.700
9	Italia	1.600
10	Austria	800

Tabla 2: Producción de cerveza en Europa (2018)

Fuente: Eurostat

Antecedentes Históricos

- En Mesopotamia en el año 10.000 a. de C.
- En China en el año 7.000 a. de C.
- Los egipcios elaboraban la cerveza a partir de panes de cebada poco cocidos que dejaban fermentar en agua.
- En la EDAD MEDIA (siglo VI y VII), monjes belgas único alimento que se podía tomar en Cuaresma.
- Los monasterios cultivaban el lúpulo en el siglo VIII, pero su uso en la elaboración de la cerveza no consta hasta el siglo XII.
- Revolución Industrial (siglo XVIII):
Artois (1717), Bass (1744), Guinness (1759)

Materias Primas de la Cerveza

La cerveza es el producto resultante de la fermentación de un mosto cervecero obtenido por la mezcla de **malta, lúpulo, agua, adjuntos y levaduras.**

Carácter de la cerveza: Malta y Levadura

Calidad de la cerveza: Agua y Lúpulo

Materias Primas: Malta

MALTA: grano de cereal germinado y posterior secado o tostación

Composición de los cereales (% peso)

Harina	Hidratos	Proteínas	Grasas	Fibra	Minerales	Humedad
Trigo	70,6	9,9	1,2	4,6	1,5	12,2
Espelta	60,5	12,7	2,4	9,0	1,8	13,6
Maíz	66,3	8,3	2,8	9,4	1,3	11,9
Centeno	64,8	8,9	2,2	8,5	1,9	13,7
Avena	57,7	15,0	6,4	5,6	2,8	12,5
Cebada	71,8	10,6	2,1	1,6	2,2	11,7
Arroz	72,4	11,2	2,4	0,7	1,2	12,1

* Hidratos = Hidratos de Carbono = Carbohidratos = Sacáridos = Glúcidos

* Grasas = Lípidos

Materias Primas: Cebada

CEREAL CEBADA

Quinto cereal más cultivado en el mundo.

Tipos de cebadas: cebada de dos y seis hileras.

Dos hileras: plana y tiene dos hileras de grano a cada lado del tallo.

Seis hileras: cilíndrica y el grano se organiza a lo largo del tallo en seis hileras.

La cebada de **seis hileras** suele cultivarse en **zonas más húmedas** y ofrece rendimientos por hectárea superiores lo que abarata su coste de forma notable.

En muchas partes del planeta más secas sólo es posible cultivar cebada de **dos hileras**, que es incluso resistente a las **sequías breves**.

Materias Primas: Cebada

GRANO CEBADA

- **Embrión:** responsable de generar una nueva planta al germinar la semilla.
- **Endospermo:** es el **depósito de alimento** para la nueva planta.
- **Capa de aleurona:** genera enzimas que degradan el endospermo.
- **Cáscara:** capa protectora del grano.

Materias Primas: Cebada

ENDOSPERMO

masa de células formada por **pared celular de 2 μm** ,
dentro se encuentra **gránulos de almidón** en una matriz de proteínas

**pared celular
del endospermo**



**75 % β -glucanos
(polisacárido)
20 % pentosanos
(polisacárido)
5 % proteínas**

**Ácidos:
acético, fenólico y ferúlico**

Materias Primas: Cebada

ALMIDÓN (50 - 63% de los glúcidos de la cebada)

AMILOPECTINA

- Representa 75 - 80 %
- Polímero de glucosa $\alpha(1-4)$ y $\alpha(1-6)$
- Molécula **ramificada**
- Insoluble en agua y forma una pasta a altas temperaturas

AMILOSA

- Representa 20 - 25 %
- Polímero de glucosa uniones $\alpha(1-4)$
- Cadenas **lineales**
- Soluble en agua caliente

Materias Primas: Adjuntos

ADJUNTOS

Se llaman adjuntos a todos los **componentes amiláceos (almidón)** que estando permitidos se añaden a la cerveza además de los principales, agua, lúpulo, levadura y malta de cebada.

Materias primas que sustituyen parcialmente a la malta, o al extracto de malta en la elaboración de cerveza.

En España, la legislación permite un máximo de 50% de adjuntos en la composición del mosto cervecero

LISTA DE ADJUNTOS TÍPICOS EN LA FABRICACIÓN DE CERVEZA

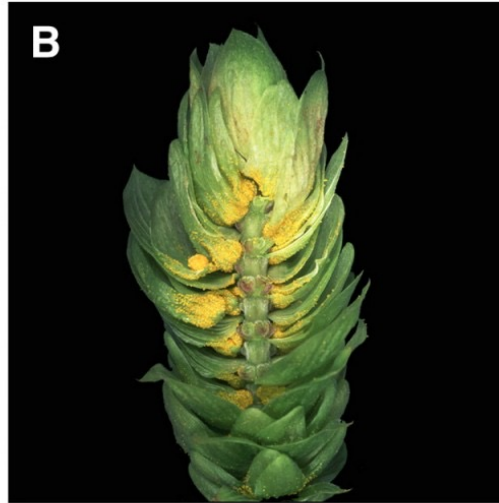
Arroz	Cáscara de cebada	Miel
Arroz en copos	Cebada sin maltear	Maíz en copos
Avena	Cebada tostada	Sémola de maíz
Avena en copos	Cebada en copos	Trigo sin maltear
Azúcar de caña	Centeno	Trigo en copos
Azúcar de maíz	Centeno en copos	Trigo malteado
Azúcar de remolacha	Espelta	Trigo tostado
Melaza	Jarabe de arce	Trigo torrefacto

Materias Primas: Lúpulo

LÚPULO

- **Planta herbácea trepadora** del género *Humulus*, perteneciente a la familia **Cannabaceae**.
- Planta dioica (hembras y machos).
- El lúpulo se utiliza para aromatizar y dar carácter amargo a la cerveza.
- Estabilizante de la espuma.
- Agente **antimicrobiano**.

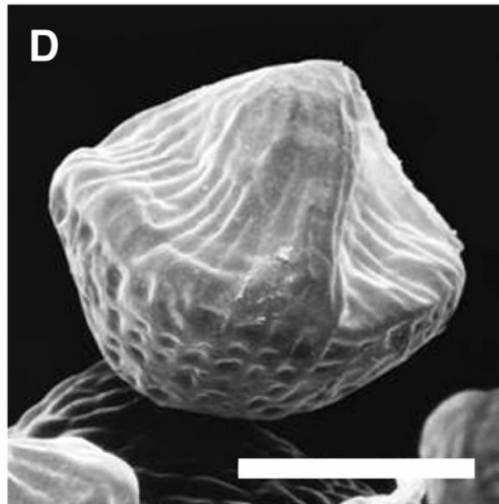
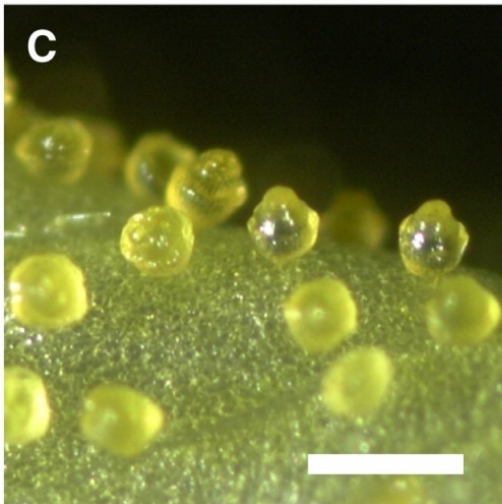
Materias Primas: Lúpulo



Morfología de los conos de lúpulo y las glándulas de lupulina:

(A) Los conos de lúpulo de ~ 5 cm de longitud.

(B) Sección longitudinal de un cono que muestra las glándulas de lupulina.



(C) Imagen de microscopio óptico de las glándulas de lupulina maduras ($500\ \mu\text{m}$).

(D) Imagen al microscopio electrónico de una glándula de lupulina madura ($100\ \mu\text{m}$).

Fuente: American Society of Plant Biologists (plantcell.org)
<https://elrincondelcervecero.com/lupulo/>

Materias Primas: Lúpulo

El lúpulo es la principal fuente de cualidades organolépticas de la cerveza, debido al gran número de compuestos que aporta

LUPULINA (glándula de lupulina)

Resinas (12%) → **Amargor**

Aceites (1%) → **Aroma**

TANINOS (materia cónica del lúpulo y también los aporta la malta):

Aportan **astringencia**, cierto **amargor** y **turbidez**

Propiedades **antibacterianas**

Secadas aire caliente

a 60-65°C 10 horas



Pulverizan



Se compactan



Pellets de lúpulo

Materias Primas: Agua y Levadura

AGUA

- **Blandas** (libre de aromas y sabores)
- Influye en la calidad
- Regulación de sales minerales

LEVADURA

- Se suelen preparar en el laboratorio de las fábricas a partir de cepas seleccionadas
- Familia de las levaduras ***Saccharomyces***

Proceso de Malteado

CEBADA → MALTA

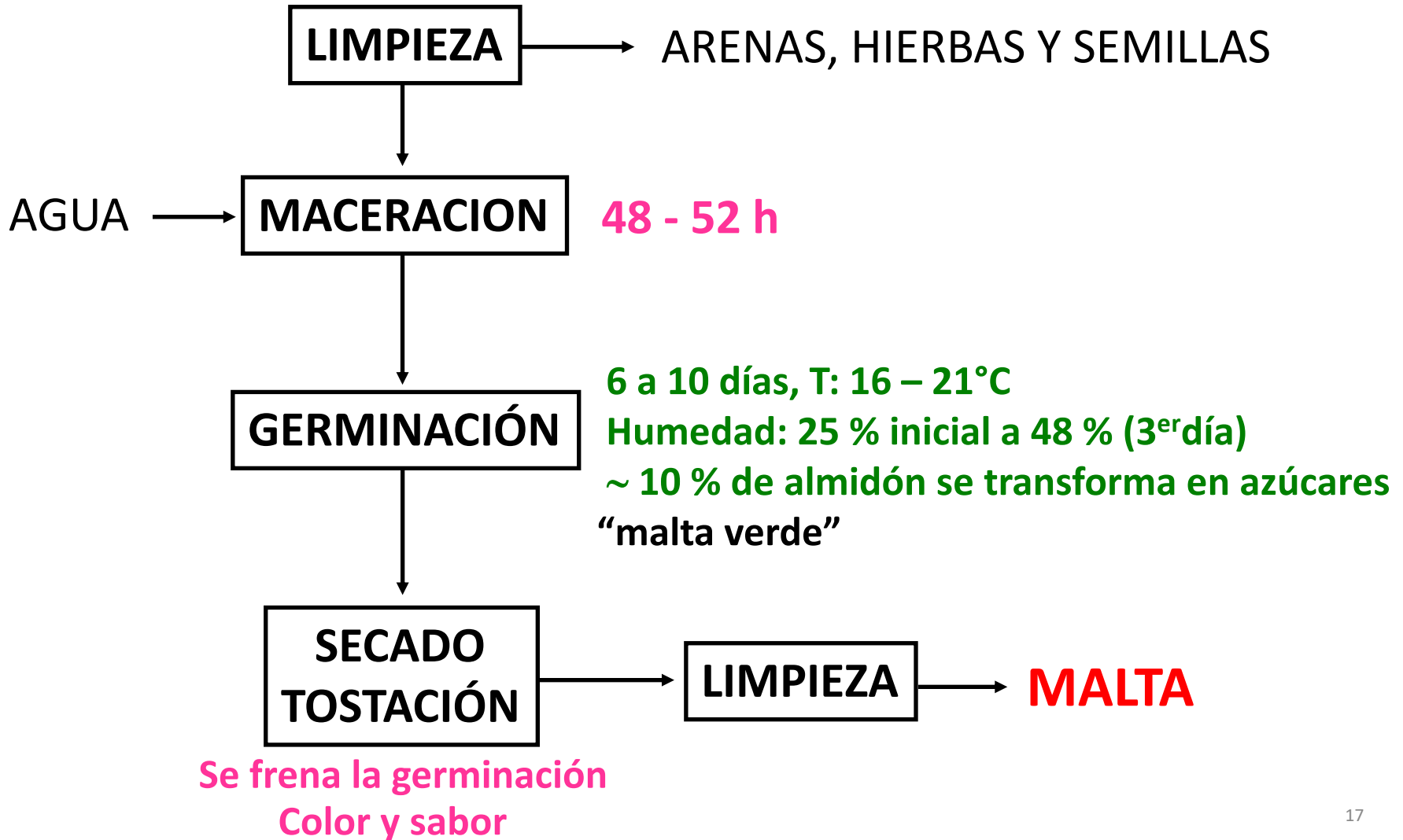
Germinación controlada del grano de cebada, para **ablandar el grano**, eliminar componentes nocivos y permitir la transformación del almidón.

Parámetros a controlar:

- Tiempos de remojo, germinación, secado y tostado
- Temperaturas
- Humedad

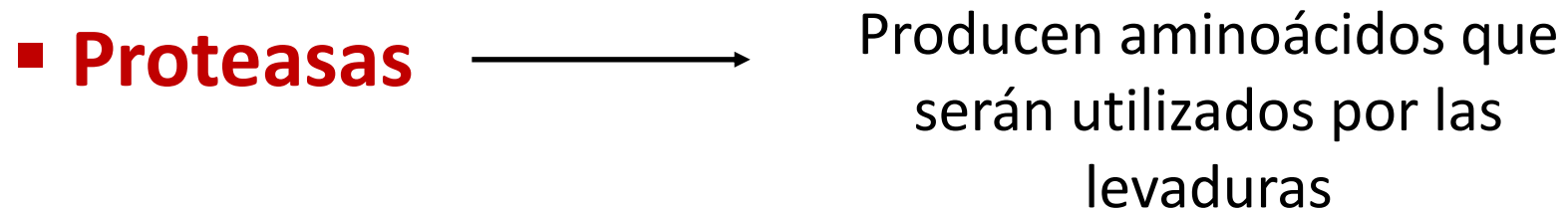
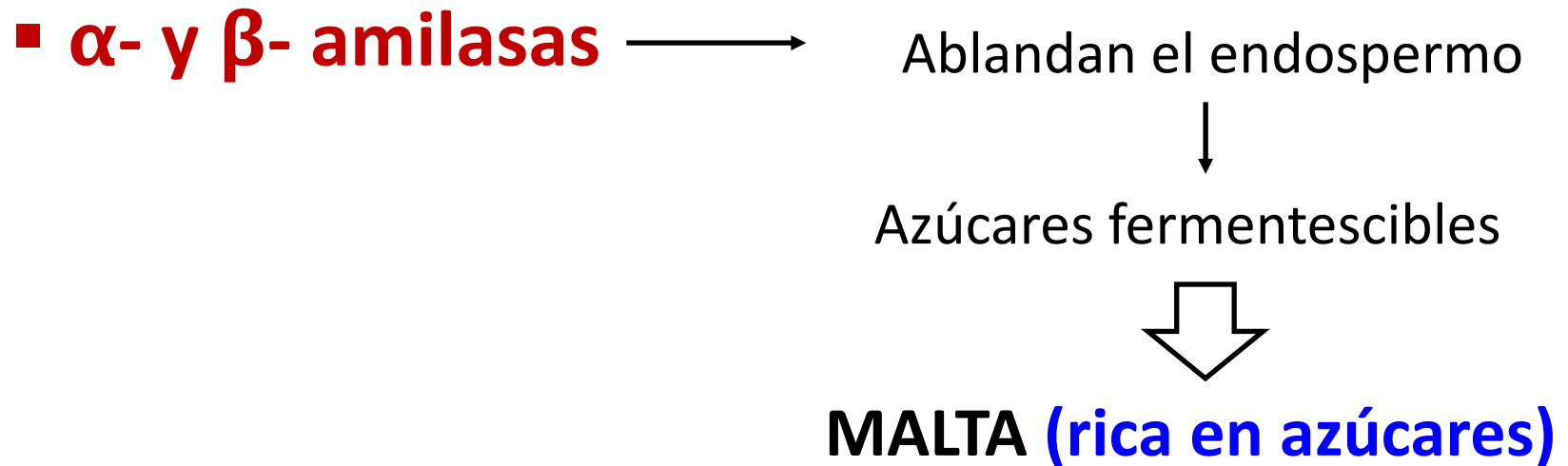
Proceso de Malteado

CEBADA



Proceso de Malteado

Activación de las propias enzimas del grano,
iniciando el proceso de hidrólisis del almidón



Tipos de Maltas

- **Maltas BÁSICAS:**

Son las que mejor fermentan al haber tenido un **proceso de tostado más suave**. De colores **claros**.

- **Maltas MIXTAS:**

Proceso de **horneado intenso**. Son conocidas como maltas **caramelo**, usadas abundantemente en Alemania.

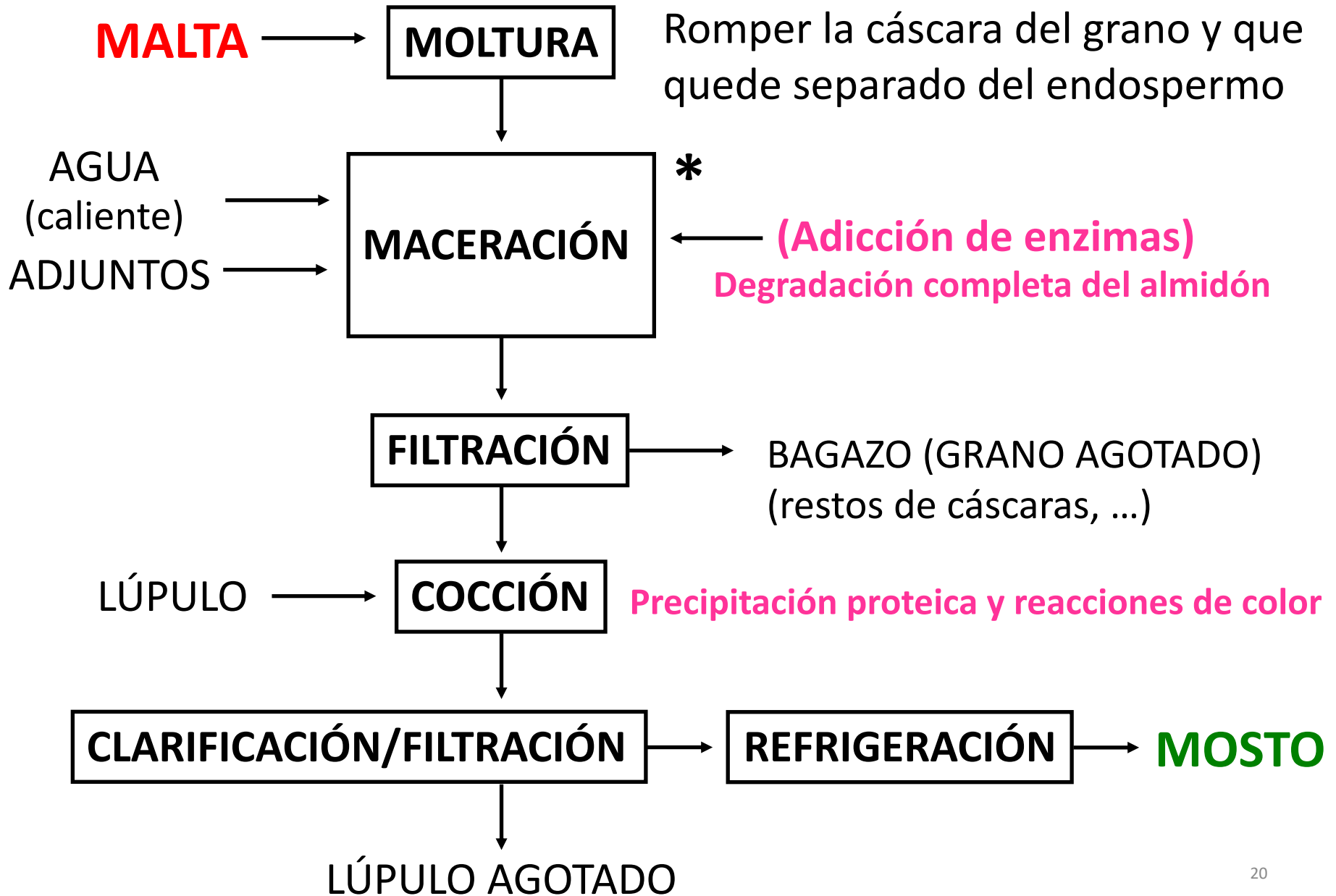
- **Maltas ESPECIALES:**

Casi no fermentan debido a que han sido **sobrehorneadas**. De colores oscuros, usadas para cerveza **negra o tostada**.

¿cervezas doble malta?

cerveza densa, alcohólica y con un sabor fuerte
(carece de regulación en España)

Proceso de Fabricación de Cerveza



Proceso de Maceración



Adicción de enzimas

Amilolíticas (α -amilasa). Proteolíticas. β -glucanasas (mejorar filtración)

Macerado a temperatura programada

Inicio 45 -50 °C → 63 – 68 °C → 76 -78 °C

Detener actividad enzimática

Facilitar solubilización de material

Reducir viscosidad

Degradación completa del ALMIDÓN

Degradación del Almidón

■ Gelatinización:

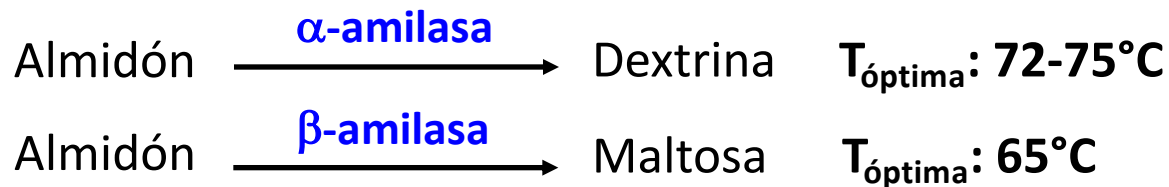
Almidón absorbe agua y rompe los gránulos de almidón. **Aumento de la viscosidad. No existe degradación**, pero facilita el posterior ataque de las enzimas amilolíticas.

■ Licuefacción:

El almidón ha gelatinizado y las enzimas α -amilasa y β -amilasa **rompen las cadenas de glucosa** de la amilopectina y la amilosa. **Descenso de la viscosidad.**

■ Sacarificación:

Degradación completa del almidón a maltosa y dextrinas por las enzimas α -amilasa y β -amilasa.

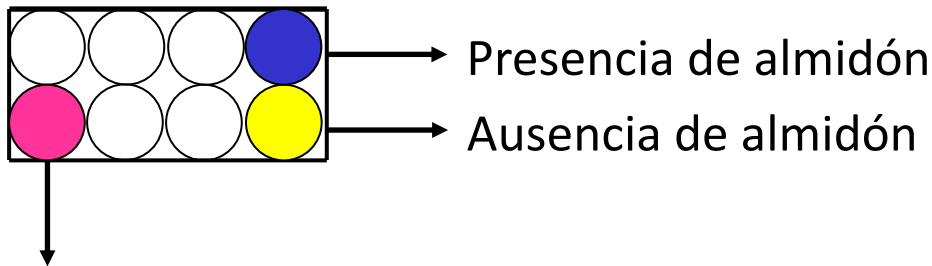


Control de la Sacarificación

Restos de almidón sin degradar dan lugar a turbidez y sabores no deseados

Test con “solución de yodo”

1 gota mosto + 1 gota de I_2 (0,02 M)



Presencia de dextrina
de gran tamaño y restos de almidón



Se realiza la mezcla a temperaturas de 60 °C y 70 °C para que se activen las enzimas

Degradación de β -Glucanos



DEGRADACIÓN EN EL MALTEADO



Por la enz. β -glucanasa-solubilasa
(Liberando: proteínas
y fibras de β -glucanos)
 T^a máxima 70 °C

DEGRADACIÓN DURANTE LA MACERACIÓN



Por la enz. β -glucanasa
(Liberando: β -glucanos)
 T^a óptima 45 °C

Degradación de Proteínas

En el mosto el 70 % de las sustancias nitrogenadas están predisueltas (debido al malteado) y el otro 30 % se producen en la maceración

Nitrógeno (“proteínas”) soluble en el mosto:

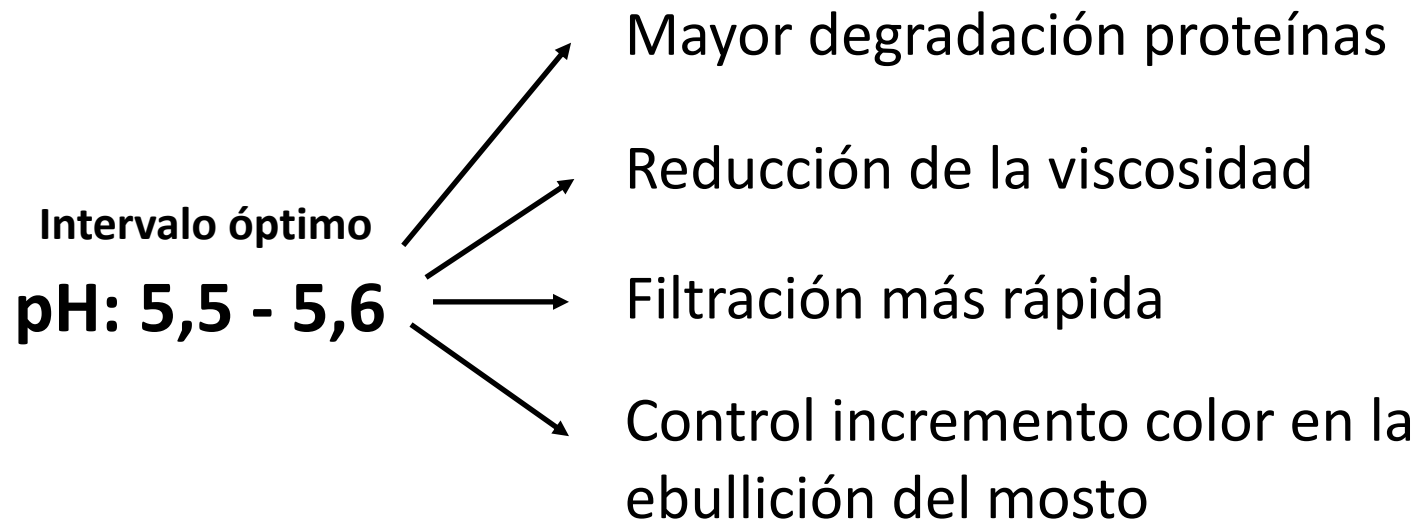
- **Fracciones Pm alto:** Problemas turbidez
- **Fracciones Pm medio:** Efecto positivo en estabilidad de la espuma y sabor cerveza
- **Fracciones Pm bajo:** Fuente nutricional de la levadura

Proteasas —————> **Degradan proteínas de Pm alto**
(Temperatura: 45 - 50 °C)

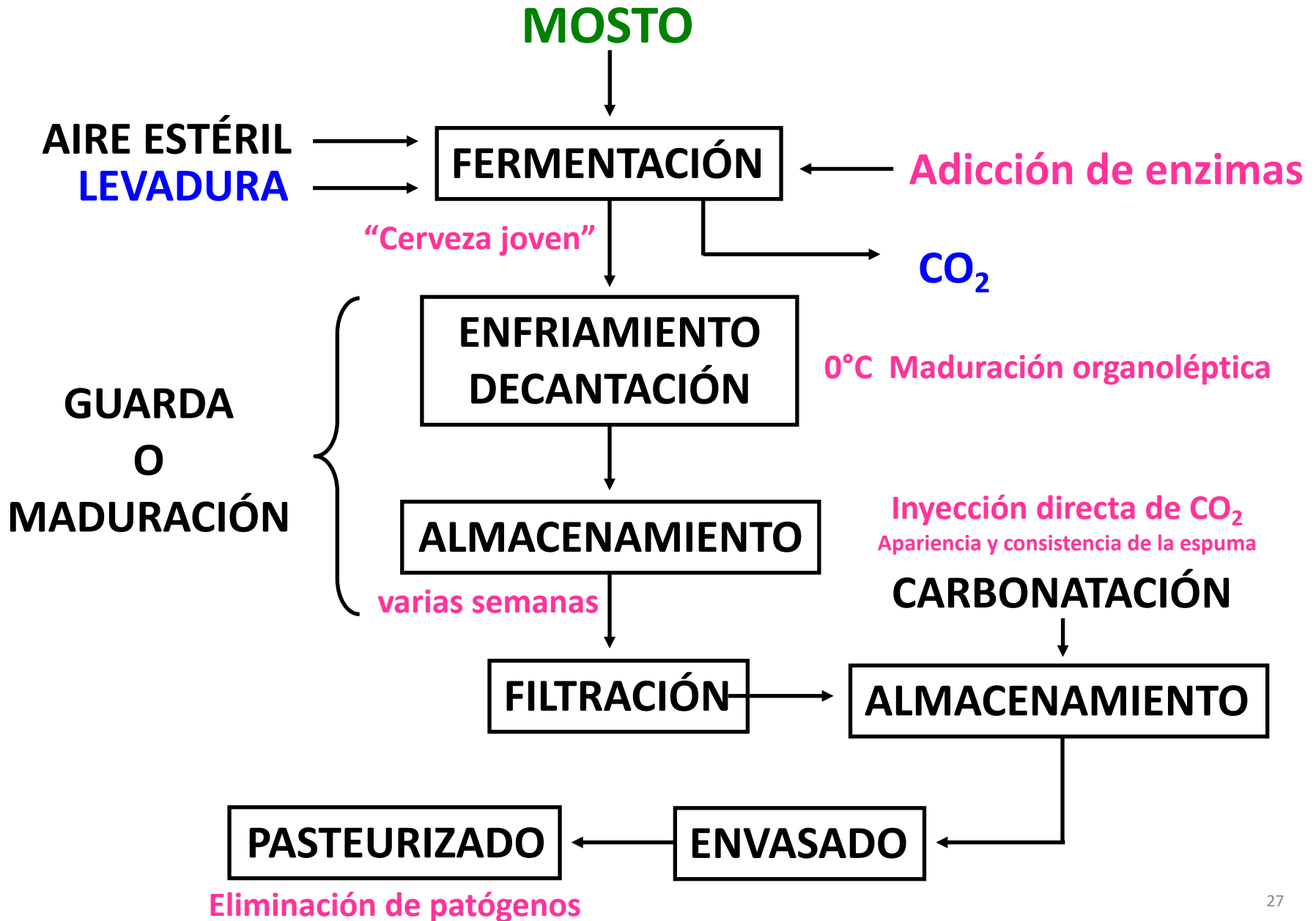
pH del Mosto

Dependen del pH:

- Las reacciones enzimáticas
- Sabor amargo de la cerveza



Proceso de Fabricación de Cerveza



Fermentación

Proceso anaerobio mediante el cual la levadura convierte los azúcares fermentescibles del mosto en alcohol y CO₂

Levaduras:

- *Saccharomyces cerevisiae*
(levadura ALE)

Fermentación alta. Activa a T 15-20 °C. **Cervezas fuertes**

- *Saccharomyces carlsbergensis* (*Saccharomyces pastorianus*)
(levadura LAGER)

Fermentación baja. Activa a T 5-15 °C. **Cervezas ligeras**

Fermentación

Parámetros que se controlan

- Estado inicial del mosto (% azúcar por peso)
- Cantidad de levadura viable
- Cantidad de oxígeno introducido
- La temperatura

La fermentación se monitoriza midiendo la disminución de **gravedad específica**

La gravedad específica es una medida de la densidad de un líquido

La gravedad específica disminuye cuando las levaduras habrán procesado la mayor cantidad del azúcar presente

Tipos de Fermentación

Fermentación principal:

- Desprendimiento intenso de **CO₂**
- Formación de una capa superficial de **espuma**
- Disminución en la **densidad del mosto** (alcohol producido)
- Crecimiento de la **levadura** respecto a cantidad inicial
- Importante desprendimiento de **calor**

Fermentación secundaria:

- Menos activa, tiene lugar en el proceso de **GUARDA**
transformaciones que ocurren entre el final de la fermentación y la filtración de la cerveza previamente a su envasado por efecto de la levadura remanente en suspensión
- Maduración del **aroma y sabor**

Fermentación principal

Objetivo: lograr mediante acción de levaduras la transformación de los azúcares fermentescibles del mosto

COMPOSICIÓN DEL MOSTO

Maltosa (45 %)

Maltotriosa (15 %)

Glucosa (10 %)

Sacarosa (5 %)

Fructosa (2 %)

Dextrinas (23 %)

Todos los azúcares del mosto se pueden fermentar
excepto las dextrinas que son infermentables

Otros Compuestos Fermentación

- **Alcoholes superiores:** aroma y sabor a “humedad”
- **Diacetilo:** aroma y sabor **dulce** en las cervezas
- **Ésteres:** aroma y sabor **frutal** en la cerveza
- **Compuestos Sulfurados:** aromas y gustos muy **fuertes**
- **Ácidos Orgánicos:** aroma y sabor **amargo**

Composición de la Cerveza

- **AGUA**

91 - 92 % Componente mayoritario

- **ALCOHOL**

Depende del tipo de cerveza (4 % vol. a 8,5 % vol)

- **EXTRACTO** Cantidad de sólidos disueltos

% Extr. (peso) = $\text{g.sol.disuelto} / 100 \text{ g disolución}$

% Extr.(volumen) = $\text{g.sol.disuelto} / 100 \text{ mL disolución}$

- **EXTRACTO REAL:**

75 -85 % carbohidratos (dextrina)

6 - 9 % compuestos nitrogenados

4 - 5 % glicerol, β -glucanos, compuestos fenólicos,
sustancias amargas, ácidos orgánicos y otros ...

Tipos de Cerveza

- Proporción y calidad de los **ingredientes básicos**: (malta, lúpulo, agua, levadura)
- Factores relacionados con el **proceso de elaboración**: fermentación, envasado, color, composición del mosto, tipos de fabricación, ...
- **Demandado por el consumidor** (cervezas dietéticas / sin alcohol)

Cerveza dietética o baja en calorías

Todas las dextrinas deben degradarse a azúcares y transformarse en alcohol

Las cervezas light se caracterizan por tener un **contenido calórico mucho menos (~ un tercio)** a la cerveza convencional

Para hacer una **cerveza light**, se necesitan agregar **más enzimas exógenas** de las que normalmente se agregan

Cerveza sin o baja en alcohol

El alcohol puede ser eliminado por:

- **Osmosis inversa:**

Membrana semipermeable que permite el paso del alcohol.

- **Diálisis:**

Membrana fibra hueca de pared fina, diámetro de 50 -200 μm .

- **Tratamiento térmico:**

78,3 °C punto ebul. EtOH a 1 bar.

Con ligero vacío de 0,2 bar, el EtOH se evapora entre 33 y 55 °C.

Legislación. BOE Calidad de las cervezas y bebidas de malta

menos 1% **sin alcohol (0,5 -0,7 %)** menos 0,1 % **(cerveza 0,0)**