



Universidad Nacional de Cuyo

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

**Tecnicatura Universitaria en
Enología y Viticultura**

Proyecto Final

Elaboración de Cerveza de Maíz

Autores: Drapala, Anahí Cecilia

Hernández, Débora Anahí

Bajo la supervisión de

Ing. Emanuel Sánchez Varretti

Meraki

*En griego moderno, hacer algo con amor
y creatividad, poniendo el alma en ello.*

*Es de las pocas palabras que no tiene
traducción ni sinónimo en ningún otro idioma.*

AGRADECIMIENTOS

A Emanuel Sánchez Varretti, por su acompañamiento constante y por las horas que le dedicó a este proyecto. Definitivamente este trabajo no hubiera sido posible sin su ayuda. Hay gente que es imprescindible y Emanuel es una de ellas. Gracias!

A Adriana Guarro, quien nos guió en el comienzo de este proyecto y a lo largo de toda la carrera.

A los docentes que durante estos años fueron parte de este camino que transitamos, quienes nos brindaron su conocimiento y transmitieron su experiencia, en especial a Raúl Carrión.

A la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, por brindarnos el espacio para realizar la práctica del proyecto final de la carrera.

A Luisa Tapia, por su ayuda durante la elaboración del mosto y en envasado.

A Bruno La Spina, por transmitirnos su experiencia, tomarse el tiempo para degustar y darnos su opinión sobre el producto terminado.

Al pequeño Alejandro Lasalvia, por soportar horas y horas de prácticas y redacción.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES ~ Anahi Hernandez

A mi mamá y a mi a mi yaya, por enseñarme que siempre hay que seguir adelante y por guiarme para ser quien soy hoy en día.

A mi pequeño hijo Alejandro y a mi compañero de vida Jorge, por darme fuerzas y acompañarme en este momento tan importante para mi.

A la familia Sánchez y a la familia Brunner, por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A mi tía Teresa y a mi tío Coco, por brindarme siempre su apoyo y cariño.

A los profesores que me incentivaron a seguir y me brindaron ayuda académica.

A mis amigas, por ser sostén y guía; acompañándome en la lucha para no bajar los brazos y dar término a esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES ~ Anahi Drapala

A Oscar Manuel, quien es mi mentor y amigo, la persona que me transmitió su amor por esta profesión y por el sistema cooperativo, y quien me impulsó y alentó a transitar esta carrera.

A mis padres, por su apoyo y ayuda, y por la incondicionalidad de siempre. Sobre todo a mi mamá, quien fue mi compañera de estudio durante estos años.

A Cooperativa Sierra Pintada y Cooperativa Goudge por ser flexibles con los horarios de trabajo, algo indispensable para poder avanzar en la carrera.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	9
DESARROLLO	10
CAPÍTULO 1 - LA CELIAQUÍA	11
1.1. Qué es la celiacía	12
1.2. Diagnóstico de la celiacía	13
1.3. Tratamiento para la enfermedad celíaca	14
CAPÍTULO 2 - LA CERVEZA	15
2.1. Definición de Cerveza	16
2.2. Historia de la cerveza	16
CAPÍTULO 3 - INGREDIENTES DE LA CERVEZA	19
3.1. Granos sin gluten - Maíz	20
3.1.1. <i>Origen del Maíz</i>	20
3.1.2. <i>Taxonomía del Maíz</i>	20
3.1.3. <i>La Planta</i>	21
3.1.4. <i>Valor Nutricional</i>	22
3.1.5. <i>Carbohidratos</i>	23
3.2. Lúpulo	27
3.2.1. <i>Descripción</i>	27
3.2.2. <i>Morfología</i>	27
3.2.3. <i>Composición</i>	28
3.2.4. <i>Comercialización del Lúpulo</i>	29
3.3. Levaduras Cerveceras	30
3.3.1. <i>Levaduras tipo Ale</i>	30

3.3.2. <i>Levaduras tipo Lager</i>	30
3.3.3. <i>Comparación entre levaduras</i>	31
3.4. Agua	31
3.4.1. <i>Parámetros de tener en cuenta (Dureza / pH)</i>	32
CAPÍTULO 4 - PROCESO DE PRODUCCIÓN	34
4.1. Malteado	35
4.1.1. <i>Qué es el malteado</i>	35
4.1.2. <i>Remojo y Aireación</i>	35
4.1.3. <i>Germinación</i>	37
4.1.4. <i>Secado</i>	42
4.1.5. <i>Desbrotado</i>	44
4.2. Tostado	44
4.2.1. <i>Formación de sustancias colorantes y aromáticas</i>	44
4.2.2. <i>Inactivación de las enzimas</i>	45
4.3. Molturado	46
4.4. Macerado	47
4.4.1. <i>Transformaciones durante la maceración</i>	47
4.4.2. <i>Degradación del Almidón</i>	48
4.4.3. <i>Proceso de Maceración</i>	54
4.5. Filtrado del mosto	54
4.6. Cocción del mosto	55
4.6.1. <i>Procesos en la cocción del mosto</i>	56
4.6.2. <i>Realización de la cocción del mosto</i>	59
4.7. Extracción del trub grueso	61
4.8. Enfriado	61
4.8.1. <i>Procesos durante el enfriamiento</i>	62
4.9. Aireación del mosto	62
4.10. Fermentación alcohólica y maduración	63

CAPÍTULO 5 - ELABORACIÓN A ESCALA EXPERIMENTAL	65
5.1 Diagrama de flujo	66
5.2 Instancias preliminares	67
5.3 Remojo y aireación	68
5.4 Germinación	69
5.5 Secado	72
5.6 Desbrotado	73
5.7 Tostado	74
5.8 Moltulado	75
5.9 Formulación de recetas	76
5.10 Maceración	77
5.11 Filtrado del mosto	79
5.12 Cocción	80
5.13 Enfriado	81
5.14 Aireación del mosto	82
5.15 Fermentación y maduración	83
5.16 Filtrado	84
5.17 Embotellado	85
5.18 Segunda fermentación	86
CAPÍTULO 6 - ANÁLISIS SENSORIAL	87
CAPÍTULO 7 - CONCLUSIONES	90
ANEXO 1	92
ANEXO 2	94

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional. Tradicionalmente la cerveza comercial utiliza cebada como fuente de almidón para su producción.

La enfermedad celíaca es una intolerancia al gluten que se encuentra en los principales tipos de grano utilizados en la producción de cerveza. La mayoría se elaboran con cebada malteada o con adición de trigo; ambos granos tienen un contenido alto de gluten y no son aptos para celíacos.

La cerveza es una de las cosas que más echan de menos muchos celíacos diagnosticados de adultos. Debido a la demanda no cubierta de este producto por parte de un porcentaje de la población celíaca, decidimos investigar alternativas para la elaboración de cerveza sin gluten de manera artesanal, qué grano conviene utilizar y cómo solucionar los problema que se presentan en su elaboración.

OBJETIVOS

- Elaborar cerveza artesanal libre de gluten, aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera Tecnicatura en Universitaria en Enología y Viticultura.
- Determinar el grano más factible para la elaboración de cerveza sin TACC, comparando sus pro y contras, y elegir el más adecuado para su ejecución.
- Desarrollar el procedimiento paso a paso, con observaciones e intervenciones correspondientes.
- Analizar la factibilidad de la producción de este tipo de bebida.

DESARROLLO

En las siguientes páginas el lector encontrará información sobre la enfermedad celíaca, los cuatro ingredientes principales de la cerveza libre de glúten, el proceso productivo tradicional de la cerveza, la experiencia de producción a escala piloto llevada a cabo con la cerveza a base de maíz, la evaluación sensorial de los productos obtenidos y finalmente las conclusiones de la experiencia.

CAPÍTULO 1

LA CELIAQUÍA



1.1 ¿Qué es la celiacía?

La celiacía es la intolerancia permanente al gluten, conjunto de proteínas presentes en el trigo, avena, cebada y centeno (TACC) y productos derivados de estos cuatro cereales. Pueden padecerla tanto niños como adultos. Actualmente, la incidencia es mayor en mujeres, que en varones.

Las proteínas se clasifican en dos grupos, prolaminas y gluteninas. Las prolaminas reciben distintos nombres según el cereal de origen:

- Trigo = gliadina
- Avena = avenina
- Cebada = hordeína
- Centeno = secalina

El gluten de los cereales mencionados es la forma más conocida de presentación de las prolaminas tóxicas para los celíacos. La gliadina constituye el mayor problema ya es la más utilizada en la industria alimenticia.

La Celiacía se presenta en personas que tienen predisposición genética a padecerla. Se sabe que aparece con más frecuencia entre miembros de la misma familia.

Se estima que en Argentina 1 de cada 100 habitantes puede ser celíaco.

Esta intolerancia produce una lesión característica de la mucosa intestinal provocando una atrofia de las vellosidades del intestino delgado, lo que altera o disminuye la absorción de los nutrientes de los alimentos (proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales y vitaminas). Es este fenómeno el que produce el clásico cuadro de mala absorción.

También se presenta asociada a enfermedades autoinmunes y genéticas, y se puede descubrir en pacientes asintomáticos

Se dice que la celiacía es una condición autoinmune, es decir que el sistema de defensa de los celíacos reconocería como "extraño" o no perteneciente al organismo, al gluten, y produciría anticuerpos o "defensas" contra el mismo. Estos anticuerpos provocarían la lesión del intestino con destrucción o atrofia de su mucosa (capa interior del intestino), produciéndose una alteración en la absorción de los alimentos.

Los síntomas digestivos son más comunes en los niños y pueden incluir:

- Hinchazón, o una sensación de plenitud o inflamación en el abdomen
- Diarrea crónica o Estreñimiento

- Náuseas y Vómitos
- Dolor de estómago
- Anemia
- Dolor de huesos o articulaciones
- Depresión o ansiedad
- Dermatitis herpetiforme
- Dolores de cabeza
- Infertilidad o abortos involuntarios repetidos
- Problemas bucales como aftas o sequedad en la boca
- Convulsiones
- Hormigueo o entumecimiento de manos y pies
- Cansancio
- Huesos débiles y quebradizos

1.2. Diagnóstico de celiaquía

Anticuerpos

Con la sospecha de celiaquía, el profesional sanitario comenzará por pedir una serología para analizar los anticuerpos relacionados con la celiaquía.

-Anticuerpos anti-transglutaminasa (ATG): el más empleado en clínica. Durante muchos años tuvieron un gran valor diagnóstico, al día de hoy son los más valorados, pero en ocasiones pueden ser negativos también.

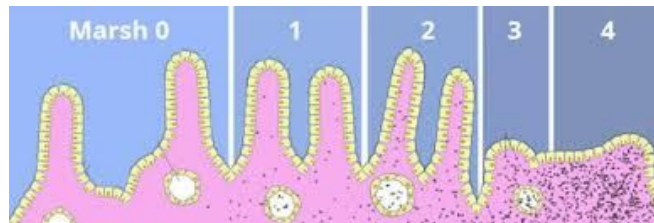
Biopsia

Si hay una sintomatología susceptible de celiaquía, una serología positiva y una genética compatible el siguiente paso es realizar la biopsia intestinal.

Para determinar el grado de lesión del intestino se sigue la clasificación Marsh, que toma el nombre del Dr. Michael Marsh médico inglés, que ya en el año 1992, publicó una clasificación anatómo-patológica de las biopsias duodenales en la celíaca que se sigue aplicando de forma rutinaria a nivel mundial. Su gran acierto, fue la inclusión por

primera vez de otras lesiones inflamatorias, que cursan sin atrofia vellositaria dentro de la enfermedad celíaca.

La escala Marsh va desde un Marsh 1, que es una lesión frecuente y que no siempre indica celiacía, hasta las lesiones más graves que indican atrofia vellositaria (Marsh 4).



1.3. Tratamiento para la enfermedad celíaca

Los médicos tratan la enfermedad celíaca con una dieta libre de gluten.

Para la mayoría de las personas, seguir una dieta libre de gluten puede recuperar los daños ocasionados en el intestino delgado y prevenir más daño. Es posible que vea que los síntomas mejoran en cuestión de días o semanas de comenzar la dieta.

Los problemas antes mencionados, fueron los factores fundamentales que dieron base para la realización de la presente investigación.

CAPÍTULO 2

LA CERVEZA



2.1 Definición de Cerveza (según el Código Alimentario Argentino)

CAPÍTULO XIII - Art. 1080: Se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros. La cerveza negra podrá ser azucarada. La cerveza podrá ser adicionada de colorantes, saborizantes y aromatizantes.

2.2. Historia

La cerveza es una de las bebidas más antiguas del mundo, junto con el vino. Desde hace miles de años el ser humano viene disfrutando de cervezas de todo tipo, sabores y colores.

No existen datos sobre quienes inventaron la cerveza, pero los registros más antiguos sobre este sabroso producto, nos remontan a 6.000 años atrás, en la zona de la Mesopotamia, específicamente en Sudán, los Sumerios ya hacían cerveza e incluso dejaron registros escritos sobre la elaboración de este producto.

Era conocida como “pan líquido”, su fabricación se consideraba exclusiva de las mujeres; mientras el hombre cazaba y hacía la guerra, las mujeres se dedicaban al delicado oficio de la cocina donde las primeras cervezas vieron la luz.

Según el historiador belga Marcel Gocar, “hubo una época en que la cerveza se consumía en los templos, preparada y servida por las sacerdotisas”. Testimonio de lo anterior se dio en el Imperio Inca en donde las vírgenes del sol (Inti) eran las encargadas de preparar la cerveza de maíz del Inca, generando la fermentación del grano con su propia saliva. Asimismo, los héroes escandinavos muertos acceden al “Walhalla” (cielo) tras beber cerveza del caldero de las “Valkirias”.

Su cuna más plausible se ubica en Sumer y Mesopotamia, tablillas de arcilla con la famosa escritura cuneiforme, que datan aproximadamente del 4.000 a. C., testifican, desde entonces, que se fabricaba el Sikaru a partir del pan de cebada fermentado. El rey Hammourabi en su célebre código estableció las primeras leyes sobre la cerveza: “Los taberneros que engañen con el precio o con la calidad de la cerveza, morirán ahogados”. Para esta época los babilonios elaboraban 20 estilos de cerveza diferentes. Robert Graves, en su obra sobre los mitos griegos, nos habla de un Dios conocido como “Dioniso Sabacio”, considerado como la deidad que introduce las bebidas de grano fermentado en el Peloponeso.

En el siglo II a. C., el emperador de China producía cerveza a partir del mijo y arroz; en Japón, por aquella época, sólo se fabricaba cerveza obtenida de arroz, llamada hasta nuestros días: Sake.

Pasando a Egipto, el historiador más conocido de la antigüedad: Herodoto -siglo V a. C.- dice en el libro II de sus nueve libros de historia: “El vino que beben de ordinario es una especie de vino hecho de cebada, pues ellos no tienen viñas en su país”. También nos cuenta el mismo historiador que las mujeres elegantes de Egipto utilizaban la espuma de la cerveza para ungirse y así conservar el frescor natural de la piel.

Los egipcios atribuyeron a la cerveza un origen divino, habría sido un regalo de Osiris, hijo del cielo y de la tierra, primer rey de las orillas del Nilo: “Señor de la cerveza en la inundación y señor del jolgorio en la festividad” reza una inscripción de los antiguos templos. El famoso imperio fue el epicentro de las bebidas procedente de cereales fermentados, esto se puede constatar por el análisis de restos cerveceros encontrados en el interior de las tumbas faraónicas.



Los celtas y los germanos, hacia el 300 a. C. bebían fermentados de cebada. La cerveza era la bebida sagrada de estas tribus porque salía de la espuma del Dios Lug. Los celtas conmemoraban un gran rito religioso el primer día de noviembre, la fiesta del “Samahaim”, o fiesta de los muertos -que pasó al calendario cristiano-. El que no bebía cerveza corría el riesgo de caer en la locura. Tomar cerveza era la manera más sensata de integrarse en el grupo y la posibilidad de mantenerse cuerdo en sociedad.

En el siglo V d. C. la cerveza, al igual que el vino, comenzó a ser producida por los monasterios europeos. Órdenes como la benedictina fueron abanderadas en la fabricación de cervezas, proceso que algunas abadías de Holanda y Bélgica mantienen hasta nuestros días (cerveza Trapense). Los monjes preparaban tres cervezas diferentes: la mejor, llamada “prima melior”, a base de cebada, reservada para los huéspedes distinguidos y autoridades de alto rango; la segunda, llamada “cervisia” hecha con avena, se reservaba para el consumo interno de los frailes y, finalmente la tercera, conocida como la “tertia”, se entregaba a los peregrinos y gente del común.



Entre el siglo XI y XIII aparecen las primeras fábricas de cerveza artesanal en las ciudades europeas, mientras que la fabricación casera sigue en manos de las mujeres. En Estrasburgo, documentos de 1.259, hablan de un personaje conocido como Arnolde el cervecero, quien ejercía un oficio respetable y lucrativo, y en el año 1267 se inauguró la “calle de la cerveza” en la misma ciudad. La cerveza se convirtió en un negocio rentable e impulsó todo tipo de prácticas para su producción, que incluían la utilización de productos “non santos” para su elaboración, lo que generó una alerta en los fabricantes y una reacción importante de la comunidad para la conservación de su calidad.

Un reglamento que data del año 1.550, en la ciudad de Artois, prohibía la utilización de cal y jabón en la fabricación de la cerveza. No obstante, la norma más conocida en este aspecto la dictó Guillermo IV, el príncipe elector de Baviera, quien aprobó la famosa ley de la pureza o “Reinheitsgebot”, la cual restringía a los fabricantes de cerveza a utilizar solo agua, cebada y lúpulo, reglamento que ha preservado la pureza del precioso líquido hasta la fecha.

A comienzos del siglo XIX la manera de hacer cerveza no difería mucho de los tiempos medievales, tuvieron que llegar los descubrimientos científicos y los avances tecnológicos para que el rumbo de la cerveza cambiara drásticamente. Mientras que la cerveza tradicional conocida como de alta fermentación se fabricaba a temperaturas de entre 15 y 20 °C, los checos de la ciudad de Pilsen inventaron en 1.842 una cerveza de baja fermentación elaborada entre 7 y 12 °C, especialmente dorada y limpia. Esta cerveza comenzó a ser llamada pilsner o lager y con el paso del tiempo se convirtió en la favorita del público por su carácter refrescante, color, brillo y espuma, hasta llegar a ser la referencia mundial para la cerveza en los siglos XX y XXI.

CAPÍTULO 3

INGREDIENTES DE LA CERVEZA



3.1. GRANOS SIN GLUTEN - MAÍZ

Para la elaboración de cerveza especial sin gluten se utilizan granos que no contengan dicha proteína.

En el mercado se encuentra una amplia gama de granos libres de gluten, algunos de ellos son: mijo, trigo sarraceno, alforfón, amaranto, lino, chía, quínoa, sorgo, arroz y maíz entre otros.

Nosotras para la realización de proyecto decidimos elaborar en base de maíz, ya que su obtención es accesible y por el tamaño del grano, hay procesos de producción que son más a menos. Por ejemplo: limpieza (consta de la extracción de la raíz y el brote).

3.1.1. Origen del maíz

El maíz (Zea mays) es una especie de gramínea anual originaria en el centro de México desde hace unos 10.000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

El maíz se extendió al resto del mundo, debido a su capacidad de crecer en climas diversos. Las variedades ricas en azúcar, llamadas *maíz dulce* se cultivan generalmente para el consumo humano como granos, mientras que las variedades de maíz de campo se utilizan para la alimentación animal, la elaboración de derivados para alimentación humana (harina, masa, aceite y, mediante fermentación, bebidas alcohólicas como el whisky bourbon) y la obtención de productos químicos como el almidón.

3.1.2. Taxonomía del maíz

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
SUB-CLASE	Commelinidae
ORDEN	Poales
FAMILIA	Poaceae
GENERO	Zea
ESPECIE	Zea mays

3.1.3. La Planta

Raíz

La planta tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos (*acame*).

Tallo

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una *pared* por donde circulan las sustancias alimenticias y una *médula* de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

Hojas

Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o *mazorcas*. Cada mazorca consiste en un tronco u *olote* que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta.

Inflorescencia

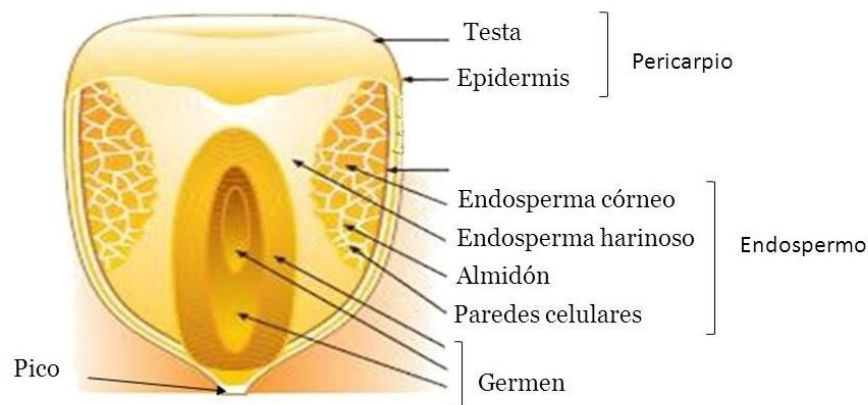
Es una planta monoica de flores unisexuales; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran bien diferenciadas en la misma planta:

- La inflorescencia masculina es terminal y se le conoce como *panícula*, *panoja* o *espiga*, compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen.
- Las inflorescencias femeninas, las *mazorcas*, se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras

paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

Grano

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado carióspside que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.



3.1.4. Valor nutricional

A continuación se detalla un cuadro de valor nutricional correspondiente al maíz amarillo, semejante al utilizado en el presente proyecto.

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR CADA 100G. DE PARTE COMESTIBLE
AGUA	Gramos (g)	76
CALORÍAS	Kcal	86
PROTEÍNAS	g	3.3
LÍPIDOS TOTALES	g	1.3
CARBOHIDRATOS	g	19
FIBRA	g	2.0
CALCIO	mg	2.0
HIERRO	mg	05
MAGNESIO	mg	37
FÓSFORO	mg	89
POTÁSIO	mg	270
SODIO	mg	15
VITAMINA C	mg	6.8
VITAMINA B6	mg	0.1
VITAMINA A	U.I	187

3.1.5. Carbohidratos

Los carbohidratos están formados por los siguientes átomos: **oxígeno, hidrógeno y carbono**. Son solubles en agua debido a la presencia de los siguientes grupos polares, que pueden formar H-enlaces con el agua:

- Grupo hidroxilo (OH)
- Grupo aldehído (H-C=O)
- Grupo cetona (-C=O)

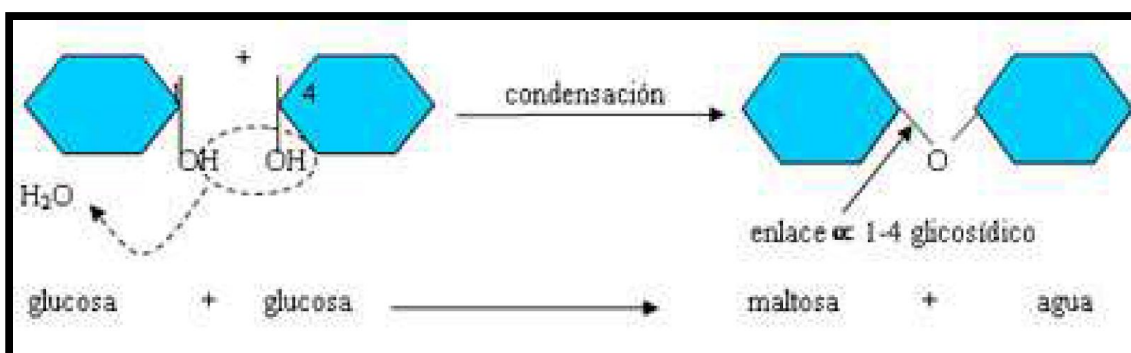
Los carbohidratos se dividen en tres grupos según su complejidad

Monosacáridos

Compuestos por un solo azúcar, tales como: glucosa, fructosa, y ribosa. Los nombres de los azúcares terminan con el sufijo **-osa**, que significa azúcar. Los monosacáridos pueden tener 3, 4, 5, 6 o más átomos de carbono en sus estructuras.

Disacáridos

Son carbohidratos que se forman por la reacción de condensación de dos monosacáridos como se muestra en el siguiente ejemplo:



Reacción de condensación de dos monosacáridos

La **condensación** es la construcción de grandes moléculas a partir de pequeñas, eliminando el agua.

Polisacáridos

Son polímeros formados por la reacción de condensación de tres o más monosacáridos (monómeros).

Almidón

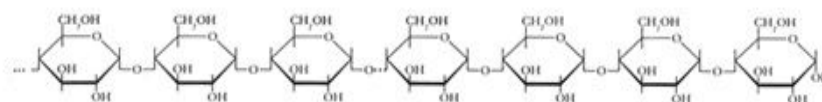
El almidón es un polisacárido que funciona como sustancia de depósito en las células de plantas. Formada por 1000 o más unidades de alfa glucosa unidas por enlaces glicosídicos.

El almidón se encuentra en las células de la planta como estructuras llamadas granos de almidón. Estos, se pueden ver al microscopio en secciones finas de tubérculos de patata teñidos de color oscuro con el yodo. Otros ejemplos de estructuras en plantas que contienen gran cantidad de almidón son los cereales como trigo, arroz y maíz. El almidón se almacena en estas semillas para proporcionar energía para el crecimiento del embrión durante la germinación de semillas.

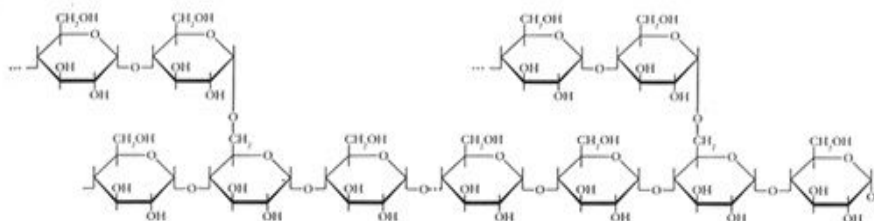
Las moléculas de almidón son de dos tipos: amilosa y amilopectina.

Amilosa: Es el polímero de almidón que se encuentra en forma de espiral. Esta forma de espiral es mantenida por los enlaces de hidrógeno. Constituye el 25% del almidón ordinario.

Amilopectina: Es un polisacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol: las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes.



AMILOSA



AMILOPECTINA

La amilosa y la amilopectina están formadas a partir de residuos de glucosa. Sin embargo, se diferencian notablemente en su estructura y, por tanto, en su capacidad de degradación durante el malteado y la maceración.

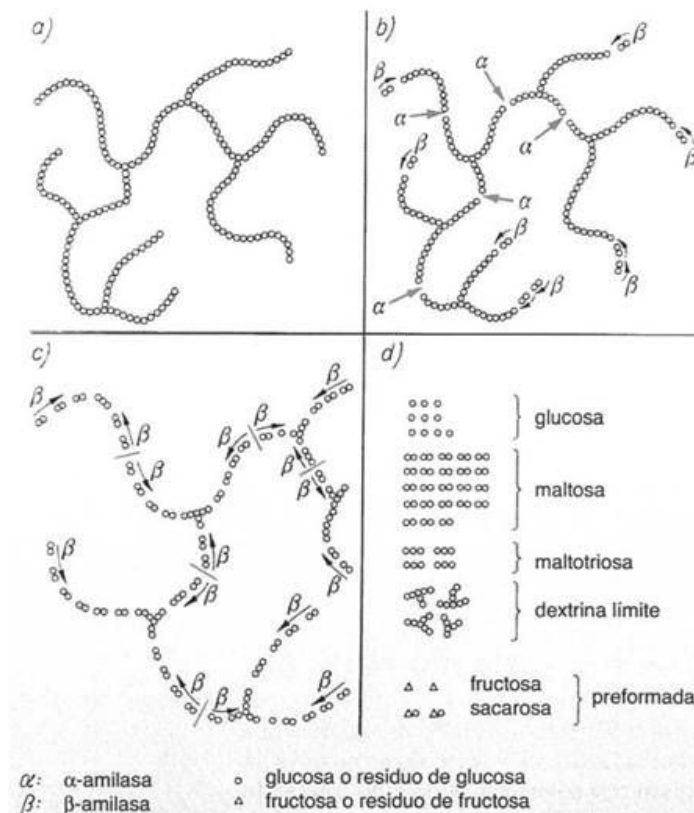
Hidrólisis del almidón de forma enzimática

Las amilasas rompen los enlaces entre los azúcares que constituyen al almidón y finalmente después de su acción deja glucosa libre y maltosa.

Hidrólisis es una reacción que rompe grandes moléculas para pasar a pequeñas, con la adición de agua.

Alfa amilasas: es una enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces alfa-glucosídicos, de los polisacáridos alfa glucosídicos de alto peso molecular, tales como el almidón, liberando glucosa, maltosa y dextrinas. Se encuentra presente en semillas que contienen almidón como reserva alimenticia. Se activan de 72-75°C.

Beta amilasa: Actúa desde el extremo no reductor de la cadena, catalizando la hidrólisis del segundo enlace α -1,4, rompiendo dos unidades de glucosa (maltosa) a la vez. La amilasa presente en el grano de cereal es la responsable de la producción de malta. Muchos microorganismos también producen amilasa para degradar el almidón extracelular. La temperatura óptima es de 62-65°C.



Enzimas Proteolíticas: Hay dos grupos de enzimas proteolíticas que son importantes en el proceso de fabricación de cerveza, las proteinasas o proteasas y las peptidasas. Las proteasas fragmentan las grandes moléculas de proteínas en cadenas de aminoácidos más pequeñas, que fomentan la retención de espuma y reducen la turbidez. Las peptidasas liberan aminoácidos individuales de los extremos de las proteínas, que sirven de alimento a las levaduras. La mayoría de las proteínas del mosto no son solubles hasta que alcanza el rango de temperatura de 45° a 55° C. El rango ideal de pH es un poco inferior al normal del macerado de 5.2 a 5.8, pero en este intervalo funcionan bastante bien, por lo que no deberías tomarte molestias para reducir el pH.

Un malteado más largo permite a las enzimas proteolíticas degradar las proteínas de la malta hasta un cierto punto.

Hay otras enzimas proteolíticas, conocidas como beta-glucanasas. Lo que hacen es degradar los beta-glucanos presentes en la cáscara del grano. Éstos pueden provocar problemas generando un mosto viscoso y denso si no se degradan. Cuando se utiliza más de un 25% de granos sin maltear en un escalón entre 37° y 45° C, que está por debajo del escalón de proteínas, durante 20 minutos, para romper los beta-glucanos sin afectar a las proteínas que contribuyen al cuerpo y la retención de espuma.

Celulosa

El 5 a 6% de celulosa se encuentra exclusivamente en la cáscara y actúa como sustancia estructural. La celulosa está formada por largas cadenas, sin ramificaciones, de residuos de D-glucosa en enlace 1,4. Sin embargo, la celulosa es insoluble y no es degradable por las enzimas de la malta. Por ello, la celulosa carece de influencia sobre la calidad de la cerveza. Los enlaces 1,4 (también 1,6 ó 1,3) mencionados repetidamente se refieren al enlace de los átomos de carbono entre las moléculas de glucosa. Para ello, se agrega una cifra a los átomos de carbono en las fórmulas estructurales mostradas. Debe tenerse en cuenta que las estructuras están, en la realidad, ordenadas espacialmente y los enlaces están ordenados de manera diferente, con ángulos dados de forma natural. Las denominaciones a y b se refieren a las diferentes posiciones de los grupos H y OH en el átomo C1, respectivamente. Los enlaces a y b se comportan de forma totalmente diferente (amilosa - enlace *a*; celulosa - enlace B).

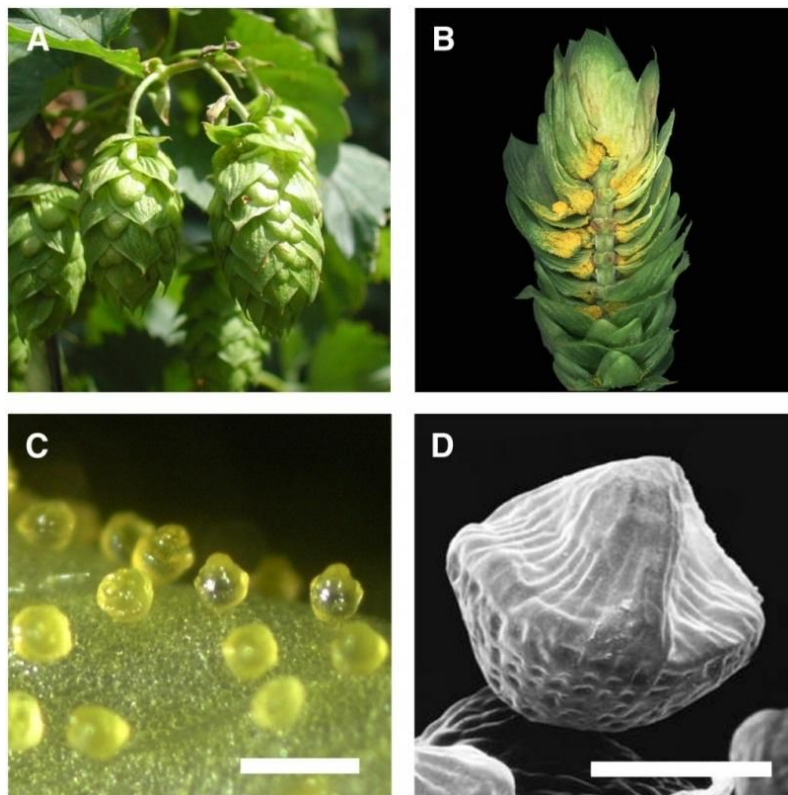
3.2. LÚPULO (*Humulus lupulus*)

3.2.1. Descripción

Es una planta perteneciente a la familia de las cannabáceas. Sus hojas y flores son de color verde con glándulas de lupulina amarillas debajo de los pétalos.

Es trepadora, perenne con rizoma, como tallo de almacenamiento subterráneo. Pueden alcanzar ocho metros de altura, con hojas palmato-lobuladas de 3 a 5 lóbulos dentados. Siendo una especie dioica, las flores femeninas y masculinas surgen en plantas separadas, las primeras, de color verde claro, se reúnen en amentos y son usadas como saborizante y agente estabilizador en la cerveza, las masculinas, amarillo-verdosas, forman panículas. El fruto se denomina aquenio.

3.2.2. Morfología



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 μm). (D) Imagen al microscopio electrónico de una glándula de lupulina madura (100 μm). Fuente: American Society of Plant Biologists (plantcell.org).

3.2.3. Composición

Componentes amargos

Son aportados principalmente por los llamados **ácidos alfa**. Dotan a la cerveza de su característico amargor, contribuyen a la formación de espuma y ayudan a la conservación de la cerveza.

El amargor del lúpulo proporciona el contrapunto adecuado al dulzor de la malta. Este sabor amargo es extraído del lúpulo durante la cocción. Mediante ella, los ácidos alfa insolubles se isomerizan en ácidos iso-alfa más solubles.

Además de ácidos, el lúpulo también contiene **ácidos beta**, los cuales también añaden amargor a la cerveza cuando se oxidan. Sin embargo, los ácidos beta oxidados no son tan amargos como los ácidos alfa isomerizados y contribuyen mucho menos al amargor final de la cerveza.

Los ácidos alfa son muy susceptibles a la oxidación (sobre todo a temperaturas elevadas) y cuando esto ocurre ya no pueden ser isomerizados en ácidos iso-alfa, lo cual merma significativamente su capacidad de amargor. Esta es una característica que hace que su almacenamiento y conservación sean muy delicados. Los cerveceros deben tener esto muy en cuenta y, por ello, tratan de conseguir lúpulos lo más frescos posibles y de guardarlos en frío (cámaras frigoríficas) y en condiciones anaeróbicas (libres de oxígeno).

Componentes aromáticos

Son los llamados **aceites esenciales**. Incorporan aroma y sabor a la cerveza. Los investigadores no han sido capaces, hasta ahora, de reproducir la complejidad de aromas del lúpulo añadiendo componentes químicos sintéticos. Ni tampoco utilizando otro tipo de plantas o especias.

Existe un consenso generalizado sobre qué son las sinergias que se producen entre los distintos componentes del lúpulo las que le confieren su inimitable capacidad aromatizante. Mediante técnicas cromatográficas se han conseguido identificar más de 250 aceites esenciales y todavía existen otros muchos aún desconocidos.

Los aceites esenciales son extremadamente volátiles y son una razón más para conservar el lúpulo en algún medio anaeróbico, como en recipientes al vacío o bolsas purgadas de oxígeno mediante CO₂ o nitrógeno. Tampoco soportan una cocción dilatada. Es por ello que los lúpulos aromáticos se suelen añadir en los últimos minutos de cocción, mientras que los lúpulos amargos se añaden antes para facilitar la isomerización de los ácidos alfa.

Taninos

Contribuyen a la conservación de la cerveza ya que tienen la propiedad de inhibir el crecimiento de bacterias lácticas y acéticas, favoreciendo el desarrollo saludable de la levadura durante la fermentación. Esta acción antibacteriana perdura en el tiempo, por lo que mejora la conservación de la cerveza.

Otra propiedad asociada a los taninos es su capacidad para coagular las proteínas durante la cocción del mosto, reduciendo la turbidez de la cerveza.

3.2.4 Comercialización del Lúpulo

El lúpulo se distribuye para su uso en cervecería principalmente de las siguientes formas:

Lúpulo natural desecado: Si está fresco es la forma que mejor conserva sus propiedades. Para que no pierda calidad debe ser conservado en recipientes libres de oxígeno. Por otra parte, es la forma de distribución más voluminosa.



Pellets: Se trata de lúpulo desecado, triturado y compactado en bolitas o barritas similares a las de los alimentos de los animales o biomasa para calefacción. Ofrecen una mejor protección al aire, aunque su alto grado de mecanización y compresión afectan negativamente a los componentes naturales del lúpulo. Está disponible en un mayor número de variedades y su concentración de ácidos alfa por unidad de peso es mayor, debido a la compresión a la que ha sido sometido.



Plugs: Se trata de lúpulo desecado y comprimido en tabletas o tochos. Cuando es rehidratado se convierte de nuevo en conos de lúpulo. Son más fáciles de proteger del aire, sin embargo, en el proceso de compresión las glándulas de lupulina pueden romperse y facilitar que se volatilicen los componentes aromáticos y se oxiden los ácidos alfa. Son pocas las variedades de lúpulo que se distribuyen de esta forma.



3.3. LEVADURAS CERVECERAS

Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol y CO₂ (gas) durante un proceso llamado fermentación que se realiza en ausencia de oxígeno.

Hay dos principales grupos de levaduras utilizados durante la fermentación.

3.3.1. Levadura Tipo Ale

Son de fermentación alta. Esto quiere decir que en las ales, el proceso de fermentación ocurre en la superficie del líquido.

La levadura que lleva a cabo el proceso de fermentación flota en la superficie del líquido durante varios días antes de descender al fondo. Para esto se usa principalmente levadura del tipo *Saccharomyces cerevisiae*.

Fermentan rápidamente a temperaturas entre 15 y 25 °C.

Saccharomyces cerevisiae (Saccharo: azúcar, myces: hongo y cerevisiae: cerveza).

Es un hongo unicelular, utilizado industrialmente en la fabricación de pan, cerveza y vino. En su ciclo de vida alternan dos formas, una haploide y otra diploide. Ambas formas se reproducen de forma asexual por gemación. En condiciones muy determinadas la forma diploide es capaz de reproducirse sexualmente. En estos casos se produce la meiosis en la célula formándose un asca que contiene cuatro ascosporas haploides.

Es un sistema eucariota, con un rápido crecimiento, dispersión de las células y facilidad con que se replican cultivos y aíslan mutantes.

3.3.2. Tipo Lager

Lager es caracterizada por fermentar en condiciones más lentas. Son conocidas como levaduras de fermentación baja. La fermentación transcurre en el fondo de la cuba.

Los ejemplos más populares de cerveza de tipo lager son los pale lagers o pilsners, conocidas también como largers.

Para esto se usa principalmente levadura del tipo *Saccharomyces carlsbergensis*, que fermentan rápidamente a temperaturas entre 15 y 25 °C.

Saccharomyces carlsbergensis

Descubierto y empleado por la gran industria danesa de cerveza denominada Carlsberg, hoy en día se emplea esta levadura en la investigación de ciertos procesos de la glucólisis.

3.3.3. Comparación entre levaduras Ale y Lager

ALE	LAGER
Alta fermentación: las levaduras actúan en la parte alta del fermentador	Baja fermentación: las levaduras actúan en la parte baja del fermentador
Operan en temperaturas altas: entre los 18 y los 25 grados centígrados	Operan en temperaturas más bajas: entre los 8 y los 15 grados centígrados
Rápida: Días	Lenta: Semanas
Sabor más intenso; ésteres afrutados	Sabor más ligero; más fáciles de beber



3.4. AGUA

El agua forma parte del 95% de la composición de una cerveza y conocer determinados parámetros físico-químicos del agua utilizada, es determinante para el proceso de elaboración y resultado final de esta bebida (espuma, sabor, transparencia).

Antes de que se empezaran a instalar las actuales redes de distribución de agua potable en las ciudades, la industria cervecera tenía la necesidad de contar con la

suficiente cantidad de agua y que ésta tuviera unas características de calidad constante; es por ello, que las cervecerías se solían construir cercanas a manantiales y su reproducción en otros lugares les hacía perder su sabor original.

Actualmente, con los sistemas de tratamiento físico-químicos (osmosis inversa, adición de sales minerales) se nos permite imitar cualquier tipo de agua.

El agua debe ser potable y libre de cloro (desionizada). Para elaborar los distintos estilos es necesario que el agua tenga las mismas características que el agua de la ciudad de donde procede el estilo de cerveza. Por ejemplo, Ale estilo Burton on Trend usa agua rica en sulfatos y Pilsen estilo Checo, utiliza agua con niveles de carbonatos por encima de lo normal.

3.4.1. Composición del agua y su influencia en la cerveza

Dureza del agua

Es el principal parámetro que debe de mirar un cervecero. En general se puede decir que las aguas blandas son ideales para cervezas claras y las aguas duras para cervezas oscuras.

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como "dura" tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua "blanda" las contiene en muy poca cantidad.

Unidades de dureza

Partes por millón (ppm): 1 grado equivale a 1 mg de CaCO_3 (carbonato de calcio) por litro de agua.

Clasificación de dureza en el agua

La OMS clasifica la dureza del agua por medio de la concentración de CaCO_3 , la cual se agrupa por intervalos de la siguiente manera:

Clasificación de la dureza por CaCO_3 en el agua, según OMS

Concentración de CaCO_3 /mg/L	Tipo
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura
180	Muy dura

pH del agua

El pH del agua suele estar en torno a 7, el cual disminuye en el proceso del macerado a 5,2 - 5,6. Esto se debe a que los iones Ca^{+2} reaccionan con los fosfatos presentes en la cebada malteada acidificando la papilla. Nos interesa tener un pH ligeramente ácido en la papilla, en torno a 5,3, donde las enzimas amilasas producen los mejores rendimientos para extraer la máxima cantidad de azúcares.

Hay que tener en cuenta que las maltas oscuras tienen más capacidad de acidificar el macerado que las pálidas, es por ello que las aguas duras (con niveles altos de bicarbonato que dificultan la acidificación) se utilizan para cervezas oscuras, para contrarrestar este efecto y conseguir un pH óptimo de maceración, y al contrario.

Si el pH del macerado no se encuentra en el intervalo adecuado tenemos la posibilidad de rectificarlo químicamente:

- Para reducir el pH se puede utilizar sulfato de calcio (CaSO_4) o añadiendo ácido láctico
- Para aumentar el pH se puede utilizar carbonato cálcico (CaCO_3)

CAPÍTULO 4

PROCESO DE PRODUCCIÓN

~Marco Teórico~



4.1. MALTEADO

4.1.1. Qué es el malteado

El malteado es el primer paso para la elaboración de cerveza. Básicamente es el proceso de germinación controlada del cereal que se utiliza como materia prima. El proceso se interrumpe con el secado de los granos a partir de calor. El resultado se conoce como malta, la cual se somete a distintos grados de tostado que permiten elaborar los diferentes estilos tanto de ales como de lagers.

Este proceso es indispensable para hacer cerveza porque transforma los almidones de los cereales en azúcares que, gracias a la acción de las levaduras, fermentan y se convertirán en alcohol y CO₂. Además, la malta otorga muchas de las características de una cerveza como cuerpo, estabilidad de la espuma, aromas y color. En pocas palabras, sin malta no hay cerveza.

El malteado se divide en cuatro etapas:

- *Remojo y Aireación (Humidificación)*
- *Germinación*
- *Secado*
- *Desbrote*

4.1.2. Remojo y Aireación

En los granos almacenados, las enzimas importantes para el proceso de malteado tienen una actividad extremadamente reducida o están aún inactivas. En el remojo, se le suministra agua al interior del grano. De esta manera, las enzimas presentes son activadas e inician el gran proceso vital de la germinación.

Junto con todos los demás procesos vitales, se incrementa la respiración del grano y, con ello, el requerimiento de oxígeno. Dado que el remojo y la germinación son dos procesos superpuestos parcialmente, deben ser también considerados de manera conjunta. A los efectos de iniciar la germinación tan pronto como sea posible, se le debe suministrar al grano suficiente agua y oxígeno durante el remojo.

Durante el remojo la semilla debe absorber agua, se le debe suministrar oxígeno y debe ser limpiada. Al mismo tiempo debe ser abastecido el oxígeno necesario para la respiración y deben ser evacuados el CO₂ que se forma, así como el calor de respiración.

→ Absorción de agua

El agua penetra en el grano sobre todo en la zona del embrión del mismo, y más tarde también por las cubiertas laterales. La absorción de agua depende de la duración del remojo, de la temperatura de remojo, del tamaño de grano, de la variedad y del año de cosecha.

Duración del remojo: la absorción de agua ocurre rápidamente al principio y disminuye cada vez más, con el tiempo.

Temperatura de remojo: cuanto más caliente está el agua, tanto más rápida es absorbida la misma.

Tamaño de granos: los granos pequeños absorben el agua mucho más rápidamente que los granos grandes.

→ Abastecimiento de oxígeno

Con la elevada absorción de agua comienza intensivamente la respiración. Con esto aumenta de forma inmediata el requerimiento de oxígeno. Si el grano no es aireado, comienza la respiración intramolecular; la cual puede causar muerte del embrión en casos extremos.

Un abastecimiento rápido de oxígeno al grano en remojo es la condición básica para un rápido inicio y un desarrollo sin problemas de la germinación.

El agua de remojo contiene oxígeno disuelto, que sin embargo es consumido pronto. Incrementar el contenido de oxígeno en el agua de remojo, introduciendo de forma frecuente aire por bombeo no tiene el éxito esperado. Dado que el dióxido de carbono que se forma desciende al fondo, debe ser retirado.

El proceso de remojo

Hemos visto que la absorción de agua es muy grande en la primera fase del remojo y que luego disminuye cada vez más. Por otro lado, la actividad vital del grano es muy reducida al principio y se incrementa posteriormente -en especial la respiración- de forma abrupta. Esto significa que se puede sumergir sin riesgo el grano en agua durante las primeras horas, porque luego deberíamos ocuparnos del abastecimiento de aire y de la evacuación de CO₂.

El remojo tiene lugar de manera tal que el tanque es llenado con el agua de remojo a 25°C y luego se introducen los granos. Una pequeña parte de los granos en remojo no

se hunde, a pesar del movimiento. Estos son granos flotantes, que deben ser retirados. Esta agua de remojo inicial se torna cada vez más sucia, por lo cual es necesario cambiarla 2 o 3 veces durante el remojo.

4.1.3. Germinación

En la germinación se forma una nueva planta a partir del grano. Para la formación de la nueva planta, el grano requiere grandes cantidades de energía y sustancias básicas, que se obtienen a través de la respiración y otros procesos vitales. Antes de que la planta joven sea capaz de interactuar con el ambiente y de producir por sí misma el azúcar, a través de fotosíntesis, debe hacer uso de las sustancias de reserva existentes en el endospermo. Las sustancias contenidas en el endospermo se encuentran, antes del proceso de malteado, en una forma estable, de alto peso molecular. Dado que cualquier transporte dentro de los organismos únicamente puede ser realizado con ayuda de agua, estas sustancias deben ser degradadas a productos solubles de bajo peso molecular. Esta degradación es realizada por enzimas que se forman durante la germinación.

La producción de enzimas es el propósito principal del malteado. Estas enzimas son absolutamente esenciales para la degradación de sustancias en la maceración. Para evitar una merma de las mismas, se restringen los procesos de degradación enzimática durante el malteado.

Durante este proceso se distingue entre: procesos de crecimiento, producción de enzimas y cambios metabólicos.

Formación de enzimas

Pocas horas después de la absorción de agua, el embrión excreta sustancias de crecimiento (ácido giberélico) que avanzan hacia la capa de aleurona, estimulando allí y en el escutelo la formación nueva de enzimas, tales como por ejemplo la α -amilasa o la dextrinasa límite, mientras es liberada β -amilasa, ya existente en gran cantidad en el endospermo. De las numerosas enzimas y complejos enzimáticos contenidos en los cereales, nos interesan sobre todo los siguientes:

- enzimas degradadoras de almidón: α -amilasa, β -amilasa y dextrinasa límite.
- enzimas citolíticas: endo- β -glucanasa, exo- β -glucanasa, β -glucanosolubilasa, endo-xilanasa.
- enzimas degradadoras de proteínas o proteolíticas: proteinasas, peptidasas.

- enzimas degradadoras de grasas: lipasas, en especial las lipooxigenasas.
- enzimas disociadoras de éster fosfórico: fosfatasa.

La formación de la mayoría de las enzimas se desarrolla de forma paralela con la respiración. Un producto en germinación bien aireado desarrolla enzimas más temprana y más abundantemente.

Enzimas degradadoras de almidón (amilasas)

Las amilasas son, sin duda, las enzimas más importantes en la malta. Con su ayuda debe ocurrir la degradación de almidón, más tarde en la maceración.

α -amilasa

Su desarrollo está ligado a la existencia de oxígeno. La cantidad principal de la α -amilasa se forma al tercer y cuarto día de germinación. También durante el ulterior desarrollo de la germinación crece su contenido, siendo luego fuertemente reducido en el tostado. La formación de la α -amilasa está ligada directamente con la respiración del grano en los primeros días de germinación. Por ello, una aireación en cantidad suficiente durante la primera fase de la germinación es importante para su formación. La formación de la dextrinasa límite corre paralela a la formación de la α -amilasa. Para las maltas muy ricas en enzimas, tales como se requieren en la destilería, por ejemplo, para el procesamiento de grandes cantidades de almidón, se deja germinar durante un tiempo muy prolongado. Se incrementa entonces progresivamente el contenido de α -amilasa, mientras crecen cada vez más las raicillas y con ello también las pérdidas.

β -amilasa

La β -amilasa ya se encuentra en los granos sin germinar. Luego de pequeñas pérdidas, la cantidad de se incrementa considerablemente en el segundo y tercer día de germinación. En los últimos días de la germinación, el contenido de β -amilasa ya casi no se modifica. Con el tostado, el contenido se reduce, encontrándose posteriormente sólo mínimamente por encima del nivel previo a la germinación.

La cantidad de las α - y β -amilasas formadas durante la germinación depende de una serie de factores que se detallan a continuación:

- El contenido de amilasas es una propiedad varietal, que además es influida por las condiciones climáticas.

- Granos grandes de una misma variedad forman más amilasa que granos pequeños.
- La cantidad de amilasas aumenta con un mayor contenido de agua en la malta verde.
- Una aireación intensiva estimula el desarrollo de la α -amilasa.
- Una germinación fría da siempre los valores más altos de amilasa. Si bien una temperatura más elevada de remojo y germinación causa un inicio más temprano de la formación de enzimas, la cantidad formada es menor.

La actividad de las amilasas es medida como poder diastásico y es expresada en "Unidades Windisch-Kolbach" (Unidades M)

Formación de otros grupos de enzimas

En la germinación estamos en la formación de las enzimas α - y β -amilasas, encargadas de la degradación de almidón. Sin embargo, no estamos interesados en su actividad, que recién debe tener lugar al máximo en la sala de cocción. Contrario a esto, se forma aparte durante la germinación una serie de enzimas cuyos procesos de degradación durante la germinación son de importancia decisiva para la calidad de la malta en formación. Estas enzimas están contenidas, en su mayoría, en muy reducida cantidad y se forman principalmente al tercer y cuarto día de germinación. Lo dicho para la formación de las amilasas vale en lo esencial también para la formación de estos grupos de enzimas.

Cambios metabólicos durante la germinación

Durante la germinación no sólo se forman y multiplican las enzimas, sino que éstas ya son necesarias de forma limitada para poder suministrar nutrientes al embrión. Por eso, las enzimas causan cambios, en todos los cuales se llega a productos de degradación de bajo peso molecular a partir de sustancias de alto peso molecular.

Dado que en el desarrollo posterior los productos de degradación son consumidos por respiración o transportados a los embriones para formar nuevas sustancias celulares, se los pierde para un procesamiento ulterior. Es por ello que los malteros están interesados en permitir la respiración y la formación de nuevo tejido celular solamente de forma restringida. Respecto de los cambios metabólicos, interesan al maltero en especial los procesos de degradación comprendidos bajo el nombre de "modificación", la degradación de almidón, y de la degradación de sustancias albuminoideas.

Modificación y degradación de los B-glucanos

La pared celular del endospermo está compuesta por una laminilla media de proteínas, la cual está envuelta a ambos lados por una capa de β -glucano. Éstas, a su vez, están flanqueadas a ambos lados por capas porosas de pentosano, en las cuales están depositados diferentes ácidos orgánicos. Durante el proceso de malteado se degrada primeramente la laminilla media compuesta por proteínas de manera de dejar al descubierto la estructura de pentosano. Luego son degradados los ácidos orgánicos y los pentosanos por parte de las xilanasas, antes de que las glucanasas comienzan la degradación de β -glucano y puedan atacar y destruir visiblemente la estructura celular rígida. La degradación de los grupos de sustancias ocurre en un orden establecido, después de dejar al descubierto, respectivamente, formar las enzimas a través de la capa de aleurona. Si esta cadena de acción es perturbada por influencias ambientales externas, tales como elevada acción del calor durante la fase de maduración u otros factores climáticos, quedan residuos celulares sin degradar de β -glucano, de pentosano y de proteínas que influyen sobre la capacidad de filtración de la malta en formación.

La degradación del β -glucano es realizada por:

- a la endo- β -1,4-glucanasa
- a la endo- β -1,3-glucanasa,
- así como por a la exo- β -glucanasa, que ya está preformada en el grano.

A ello se le agrega la β -glucanosolubilasa, que libera el β -glucano de las uniones con las proteínas. El trabajo de los β -glucanos se encadena entre sí, destruye progresivamente la estructura celular rígida, liberando de esta manera, para otras enzimas, el camino al interior del endospermo. De este modo y a partir de ello, la degradación enzimática puede tener lugar más fácilmente.

Este proceso se denomina disolución, modificación o citólisis. La modificación se manifiesta por una progresiva friabilidad del grano. El contenido muy duro del grano puede ser triturado entre ambos dedos, al final de la germinación. Tan pronto como con el contenido no se formen más rodillos por trituración, sino que éste se deje esparcir como si fuera tiza, el grano estará lo suficientemente disuelto y la germinación podrá ser finalizada. Este proceso define la duración de la germinación, luego de que la cantidad principal de enzimas ya fue formada después de tres a cuatro días.

Las β -glucanasas degradan el β -glucano hasta dextrinas. La β -glucanosolubilasa, que tiene una temperatura óptima y una temperatura de inactivación más elevadas que los otros β -glucanos, degrada únicamente a β -glucanos de alto peso molecular.

Dado que luego, durante la maceración, se mantienen temperaturas por encima de 60°C, debido a la degradación de almidón -siempre que no se macere a esa temperatura-, los β -glucanos de alto peso molecular formados por la β -glucanosolubilasa ya no pueden ser degradados a glucanos de bajo peso molecular o a dextrinas. Sin embargo, los β -glucanos de alto peso molecular tienden, bajo determinadas influencias como esfuerzo de corte o sollicitación de extensión, a la formación de geles con un consecuente incremento de la viscosidad, que puede causar dificultades de filtración y otros efectos colaterales. De ello resulta que la citólisis (la modificación) debe ser impulsada en la maltería hasta el grado deseado por la fábrica de cerveza.

La modificación tiene otro aspecto más: La modificación avanza desde el escutelo en dirección hacia la punta. Con una modificación muy justa, es posible que no se alcancen las puntas de grano. En ese caso, quedan células de almidón tal como están constituidas y son liberadas recién con las altas temperaturas de la maceración. Pero para entonces aún no están convertidas en azúcares, pudiendo originar en la paila de mosto una coloración azulada anormal de la tintura de iodo. Una corrección posterior es muy complicada, y es por ello que la modificación de la malta, la citólisis, es una operación clave.

En la determinación del grado de modificación proteica (Índice de Kolbach) se controla qué porcentaje de las proteínas ha sido degradado en el malteado a una forma soluble. Este valor se encuentra normalmente en el orden de aproximadamente 38 a 42%, pero puede variar en un rango más amplio. Cuanto menor sea el grado de modificación proteica (Índice de Kolbach) tanto menos estará disuelta la malta y tanto menos habrá ocurrido la degradación. Es de esperar, entonces, que las paredes celulares aún no estén lo suficientemente degradadas y que la desintegración posterior del almidón, sobre todo en las puntas del grano, pueda causar problemas. Además, los β -glucanos no degradados pueden conducir, bajo sollicitaciones de extensión o de corte, a la formación de geles, causando con ello problemas de filtración.

Por otro lado, un alto grado de modificación proteica introduce muchos productos de degradación en la malta, por ejemplo aminoácidos. Pero los numerosos aminoácidos constituidos forman en el tostado, junto con los azúcares ya formados, productos Maillard, que no sólo aumentan el índice de turbiedad y con ello el color de la cerveza, sino que sus productos de transformación influyen sobre una reducción en la estabilidad de sabor de la cerveza. Es por ello que no se está interesado en que el grado de modificación proteica (Índice Kolbach) sea mayor que 41%. La tendencia a una mayor o menor modificación proteica es ampliamente dependiente de la variedad, mientras que factores ambientales y de otro tipo tienen más bien una influencia poco relevante. En relación con esto tiene también importancia la reducción del suministro

de oxígeno a partir del tercer día de germinación, porque así se reduce la merma por malteado, y se baja el grado de modificación proteica.

Degradación de almidón

El almidón es el potencial energético del embrión. A través de la respiración, el embrión obtiene el azúcar y las cantidades de energía necesarios, que necesita para la realización de sus funciones vitales y la constitución de nuevas sustancias celulares. Ello tiene lugar hasta que sea capaz de realizar por sí mismo la fotosíntesis. Para la respiración, el almidón debe ser transformado en azúcares transportables y suministrado al embrión. Pero por la respiración, el almidón pierde como proveedor de extracto para la producción de mosto. Es por ello que los malteros están interesados en restringir la respiración lo más posible para reducir las pérdidas.

La dimensión de la transformación es mayor de lo que se piensa a primera vista, debido a que durante la germinación disminuye el contenido, de almidón y crece el de azúcar.

Degradación de sustancias albuminoideas

Las sustancias albuminoideas no son consumidas por respiración, sino que se utilizan para la constitución de nuevos tejidos celulares, por ejemplo en la formación de la raíz. Para el transporte, las sustancias albuminoideas insolubles de alto peso molecular deben ser transformadas en productos de degradación solubles de bajo peso molecular. De esta manera se modifica la composición de las sustancias albuminoideas. En la germinación, el 38 al 42% de las sustancias albuminoideas son degradadas a solubles (grado de modificación proteica según Kolbach), formándose en esto sobre todo compuestos de bajo peso molecular (aminoácidos, oligopéptidos), debido a la tarea de las peptidasas. La degradación de proteínas se desarrolla de forma paralela con la modificación, no siendo controlada separadamente en la operación práctica.

Degradación de sustancias grasas (lípidos)

Por medio de enzimas degradadoras de grasas (lipasas) se deshacen los enlaces de ésteres entre los ácidos grasos y el glicerol, siendo liberados con esto los ácidos grasos.

La degradación ulterior de los ácidos grasos es realizada por lipooxigenasas que se acumulan en las raicillas. Los productos de disociación que se forman son responsables de características aromáticas de las maltas verdes o base.

4.1.4. Secado

El proceso de germinación es interrumpido por el presecado, a los efectos de prevenir transformaciones y pérdidas adicionales. Se persiguen en esto los siguientes objetivos:

- El contenido de agua, que es mayor que el 40 %, es disminuido a menos del 10%, logrando así resistencia de almacenamiento y conservación de la malta.
- Con la disminución del contenido de agua se detienen todas las funciones vitales en la malta, tales como la germinación y la modificación, así como una actividad enzimática adicional.
- Sin embargo, el potencial enzimático formado debe mantenerse en su totalidad.
- Debe prestarse mucha atención en este proceso a la formación o la evitación de sustancias colorantes y aromáticas, según el tipo de cerveza para la cual deberá ser procesada la malta.

Disminución del contenido de agua

Para que la malta sea almacenable, se debe disminuir su contenido de agua, que es mayor que el 40%, al 4 a 5%. La remoción del agua es realizada de manera tal que se pasa una gran cantidad de aire caliente a través de la malta verde.

Debe tenerse en cuenta en el calentamiento de la malta verde durante el secado que todas las enzimas son más susceptibles de ser eliminadas por calor húmedo, en tanto que son más resistentes al calor seco. Dado que las enzimas son necesarias para la degradación de las sustancias en la sala de cocción, es importante que sean protegidas de forma amplia.

Para proteger las enzimas, la malta primeramente debe ser pre-secada, antes de ser sometida a un calentamiento fuerte. El almidón húmedo de la malta verde engruda bajo un calentamiento fuerte y forma, luego del enfriado, una malta ya inutilizable, cuyo interior es de aspecto vítreo (malta vítrea). La temperatura recién puede ser elevada a 50°C cuando el contenido de agua haya disminuido al 12-10%.

La lenta reducción del contenido de agua a temperaturas de 40 a 50°C se llama presecado. Los tiempos prolongados de pre secado a bajas temperaturas tienen efectos positivos sobre la estabilidad del sabor de la cerveza.

Interrupción de la germinación y de la modificación

La germinación es finalizada por la remoción del agua. Con ello se impide que las raicilla sigan creciendo. Muchos embriones mueren por el efecto del calor durante el tostado, de manera que la malta ya casi no vive ni respira. Junto con la germinación, también se finaliza la modificación. Ya no ocurren procesos de degradación ulteriores, de manera que la malta puede ser considerada estable.

4.1.5. Desbrotado

Limpieza de la malta

En la malta curada todavía se encuentran adheridas en su mayor parte las raicillas, que componen el 3 al 4% de la malta. Para el procesamiento ulterior de la malta, las raicillas (secas) carecen de valor y deben ser removidas.

La limpieza o el desgerminado de la malta es realizado por una máquina desgerminadora de malta o por un tornillo sinfín desgerminador.

Todas las máquinas desgerminadoras de malta trabajan de manera tal, que los granos son presionados contra un cilindro tamizante. Con esto, las raicillas adheridas se separan por quiebre y son removidas por un tornillo sinfín, ubicado debajo del tamiz. Es importante en esto que los granos no sean dañados, sino que la masa de granos sea movida por un efecto revolvedor, y sea así liberada (limpiada) de las raicillas secas adheridas.

4.2. TOSTADO

4.2.1. Formación de sustancias colorantes y aromáticas (Reacción Maillard)

A temperaturas por encima de 90°C y con tiempos prolongados de acción, los aminoácidos se unen progresivamente con azúcares, formando compuestos rojimarrones, de aroma intenso, las melanoidinas. Aparte de ello, tienen lugar reacciones de compuestos dicarbonílicos y aminoácidos. En esto, se forma un aldehído a partir del aminoácido.

Estos aldehídos, formados a partir de aminoácidos, se denominan aldehídos de Strecker, y el proceso, "mecanismo Strecker". Los aldehídos de Strecker son de aroma muy intenso.

La totalidad de estos compuestos estructurados de forma muy complicada y diferenciada está reunida bajo el concepto de "reacción Maillard".

Las reacciones Maillard y sus productos no pueden ser diferenciados sin un enorme esfuerzo analítico. Dado que se desarrollan tanto más intensivamente cuanto mayor es la temperatura y cuanto más tiempo ésta tiene efecto, se habla también de la "carga térmica" de la malta o posteriormente del mosto o de la cerveza. La totalidad de la formación de estas sustancias está reunida en el coeficiente de ácido tiobarbitúrico (TBZ).

Cuanto más alto es el TBZ, tanto mayor es la carga térmica de la malta, del mosto o de la cerveza. La carga térmica es una pauta importante para fijar el valor de la estabilidad de sabor de la cerveza. Dado que los productos Maillard son sustancias colorantes y aromáticas, hay interés en formar muchas de estas sustancias en la malta oscura y en evitar la formación de productos Maillard en la malta pálida.

Los productos Maillard se forman a temperaturas mayores, a partir de azúcares y aminoácidos. Si se desea evitar la formación de estas sustancias, se debe impedir (ampliamente) o al menos restringir la formación de sus productos de partida.

La temperatura cumple una función especial, dado que las transformaciones se inician de forma lenta, modificándose bajo la influencia del valor pH, del contenido de agua y otros factores de influencia.

En la fabricación de malta oscura, las sustancias de partida formadas en la fase de pre-secado cumplen, junto con la temperatura de curado, una función decisiva para la reacción Maillard.

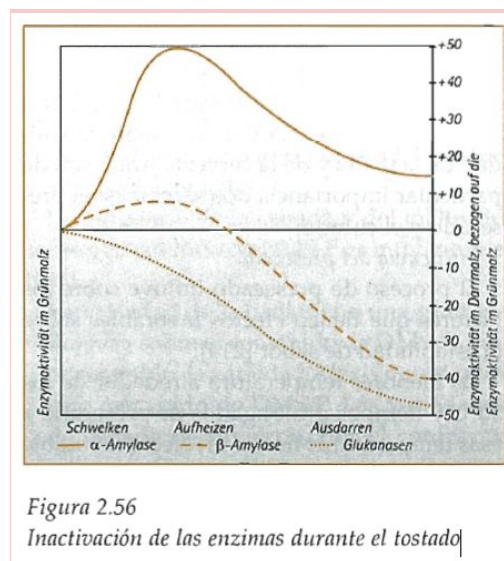
Con un presecado a mayor temperatura y mayor humedad, se pueden fabricar cervezas con un aroma a malta más agradable e intenso. Los aldehídos de Strecker formados aquí son, al contrario de lo que sucede en la malta pálida, positivos para el sabor.

Dado que después del almacenamiento de la malta oscura se producen cambios en el perfil aromático, ésta debería ser almacenada por dos a tres meses antes de su procesamiento. De esta manera se obtienen cervezas de mucho aroma a malta, con una elevada estabilidad de sabor.

4.2.2. Inactivación de las enzimas

Hemos visto que las enzimas están asociadas a sustancias albuminoideas de alto peso molecular. Debido al efecto del calor en el tostado, las sustancias albuminoideas pierden parcialmente su estructura y son desnaturalizadas. Pero la desnaturalización depende de la estructura de la proteína portadora y afecta por ello con diferente intensidad a las enzimas.

En la primera fase del tostado, la actividad enzimática de las amilasas, en particular de la α -amilasa, se incrementa hasta una temperatura aproximada de 50°C, para luego disminuir. Al final del tostado, la α -amilasa muestra una actividad aproximadamente un 15% mayor que en la malta verde; en tanto que la β -amilasa, más sensible a la temperatura, así como también la dextrinasa límite son debilitadas en aproximadamente un 40 % frente a la actividad en la malta verde. Estos datos se refieren a la fabricación de malta pálida.



Inactivación de las enzimas durante el tostado

(Fuente: Tecnología para malteros y cerveceros. Walfgan Kunze)

En las glucanasas, aún más sensibles a la temperatura, la pérdida de la actividad enzimática es aún mayor. En la endo- β -glucanasa, la pérdida es 20 a 40%, en la exo- β -glucanasa 50 a 70%. En contraste con esto, la mayoría de las enzimas degradadoras de proteínas, más resistentes a las temperaturas, aumentan su actividad en un 10 a 30%, durante el proceso de tostado.

En las lipasas sensibles a la temperatura, particularmente la lipooxigenasa es inactivada sólo de forma parcial, de manera que en la malta existe todavía una actividad enzimática nada despreciable.

4.3. MOLTURADO

A los efectos de posibilitar a las enzimas de la malta que actúen sobre los componentes de esta última y que los descomponen durante la maceración, la malta debe ser triturada. Con una trituración progresiva, aumenta la superficie de ataque para las enzimas y mejora la degradación de las sustancias. Este proceso se llama

molturación.

La molturación es un proceso de trituración mecánica, en el que, sin embargo, las cáscaras deben ser tratadas cuidadosamente, dado que se las necesita como material filtrante en la filtración del mosto.

Los molinos más comúnmente utilizados en las fábricas de cerveza son los molinos trituradores de malta en seco. En éstos, la malta es triturada en seco entre rodillos dispuestos en pares.

4.4. MACERADO

La maceración es el proceso más importante en la fabricación de mosto. En la maceración, la molienda y el agua son mezclados entre sí (macerados). Los componentes de la malta entran así en solución, y con ayuda de las enzimas, se los obtiene como extractos. Las transformaciones durante la maceración tienen una importancia decisiva.

4.4.1. Transformaciones durante la maceración

Propósito de la maceración

Sólo una parte de los componentes de la molienda es soluble. Pero a la cerveza sólo pueden pasar sustancias solubles. Es por ello necesario que las sustancias insolubles de la molienda sean convertidas en sustancias solubles durante la maceración.

Todas las sustancias que entran en solución se llaman extractos.

Son solubles, por ejemplo, las dextrinas, las sustancias minerales y determinadas sustancias albuminoideas. Insolubles son el almidón, la celulosa, una parte de las sustancias albuminoideas de alto peso molecular y otros compuestos, que quedan como heces al final del proceso de filtración de mosto.

Por motivos económicos, se trata de convertir en soluble la mayor cantidad posible de compuestos insolubles. Es decir, formar mucho extracto, en lo posible. Sin embargo, no es sólo de importancia la cantidad, sino en especial la calidad del extracto, porque hay ciertas sustancias (por ejemplo, los taninos provenientes de las cáscaras) que son indeseadas, en lo posible, en tanto que otras (por ejemplo, determinados azúcares o productos de degradación de proteínas) son particularmente requeridas.

Por eso, el propósito de la maceración es la degradación completa del almidón, para la obtención de azúcares y dextrinas solubles.

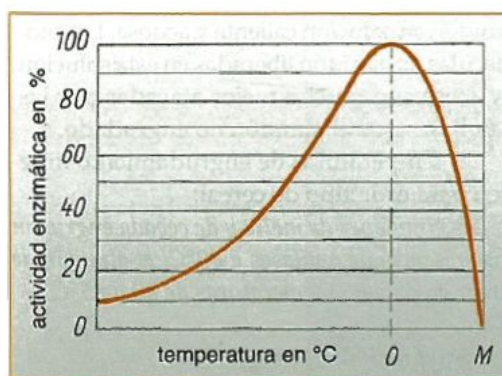
La cantidad principal de extracto recién se forman durante la maceración, por actividad de las enzimas, a las cuales se las deja actuar a sus temperaturas óptimas.

Propiedades de las enzimas

La propiedad más importante de las enzimas es su actividad en la disociación de los sustratos. Esta actividad depende de varios factores,

→ *Dependencia de la actividad enzimática de la temperatura*

La actividad de las enzimas depende en primer lugar de la temperatura. Aumenta con temperatura creciente y alcanza un valor óptimo específico para cada enzima, a la temperatura óptima.



Dependencia de la actividad enzimática de la temperatura / O: Temperatura Optima - M: Temperatura máxima (Fuente: Tecnología para malteros y cerveceros. Walfgan Kunze)

A mayores temperaturas tiene lugar una inactivación en rápido aumento, debido a un desdoblamiento de la estructura tridimensional de la enzima (desnaturalización). La inactivación y eliminación de la actividad enzimática es tanto mayor, cuanto más hacia arriba es excedida la temperatura óptima. Las enzimas trabajan también a menor temperatura, pero entonces notablemente más lento.

→ *Dependencia de la actividad enzimática del valor pH*

Dado que la estructura tridimensional de las enzimas se modifica también en dependencia del valor pH, resulta de ello una dependencia de la actividad enzimática del valor pH. La actividad enzimática alcanza un valor óptimo con un valor pH, que es específico para cada enzima, y disminuye con mayores y menores valores pH.

La influencia del valor pH sobre la actividad enzimática no es, por lo general, tan grande como la influencia de la temperatura.

4.4.2. Degradación del Almidón

El componente más importante de la cerveza es el alcohol formado durante la fermentación de los azúcares. Es por ello necesario que el almidón sea degradado predominantemente a maltosa. A partir de ello siempre se forman productos intermedios que no son fermentados.

El almidón debe ser degradado completamente a azúcares y a dextrinas. Los restos de almidón no degradado causan enturbiamiento en la cerveza.

La degradación del almidón ocurre en tres etapas, cuyo orden no es modificable, pero se funden una en la otra;

- el engrudamiento,
- la licuefacción,
- la sacarificación.

Engrudamiento

En solución caliente y acuosa, una gran cantidad de agua es incorporada por las moléculas de almidón. De este modo, tiene lugar un aumento de volumen, el cual causa que los granos de almidón, unidos fuertemente entre sí, se hinchen y finalmente revienten. Se forma una solución viscosa (espesa); el grado de la viscosidad depende de la cantidad de agua incorporada y difiere entre los distintos tipos de cereales.

Este proceso, en el que no tiene lugar degradación alguna de sustancias, se denomina engrudamiento. Dado que el almidón engrudado no se encuentra ligado en los granos sólidos de almidón, pueden actuar directamente sobre el mismo las enzimas contenidas en el líquido.

Licuefacción

Las cadenas largas de almidón, formadas por glucosa (amilosa y amilopectinas), son rotas muy rápidamente por la α -amilasa, en cadenas más pequeñas. Por esto, la viscosidad de la templeta engrudada disminuye rápidamente. La β -amilasa sólo es capaz de degradar lentamente las cadenas largas desde el extremo que no reduce, de manera que la degradación únicamente por parte de esta enzima duraría días enteros.

Sacarificación

La α -amilasa rompe las cadenas de la amilosa y de la amilopectina progresivamente hasta obtener dextrinas con 7 a 12 residuos de glucosa. La β -amilasa disocia dos residuos (= maltosa) de los grupos terminales de las nuevas cadenas formadas (ver Figura). Con esto, la α -amilasa forma asimismo con cada disociación dos cadenas terminales, que pueden ser atacadas por la β -amilasa, al disociar maltosa.

Debido a la diferente longitud de las cadenas, se forman, aparte de maltosa, otros azúcares, tales como glucosa y maltotriosa.

En todos los casos, la degradación de sustancias se detiene 2 a 3 residuos de glucosa antes de los enlaces 1,6 de la amilopectina, dado que estos enlaces 1,6 no pueden ser rotos por la α -amilasa ni por la β -amilasa. Estas dextrinas límite siempre se encuentran presentes en un mosto normal.

Por lo tanto, vale lo siguiente para la degradación del almidón, por parte de las amilasas de la malta:

- La α -amilasa degrada las cadenas largas de almidón a dextrinas más pequeñas.

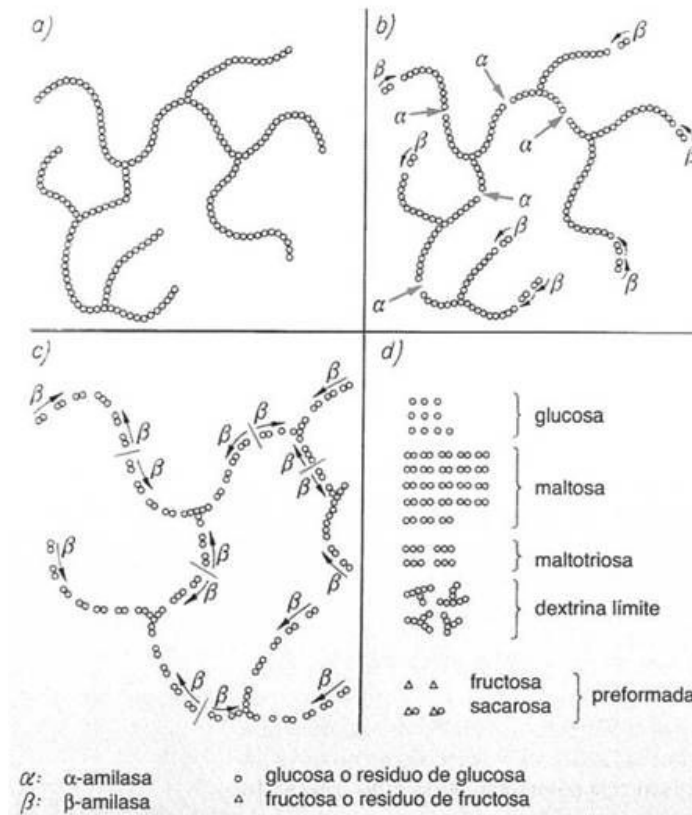
Actúa

de forma óptima a temperaturas de 72 a 75°C y es destruida rápidamente a 80°C.

El valor pH óptimo se encuentra en 5,6 a 5,5.

- La β -amilasa disocia maltosa de los extremos de cadena no reducidos, pero también se forman glucosa y maltotriosa. Actúa de forma óptima a temperaturas de 60 a 65°C y es muy sensible a las temperaturas mayores; ya a 70°C es rápidamente inactivada. El valor pH óptimo es 5,4 a 5,5.

- La degradación del almidón debe ser monitoreada, dado que los residuos de almidón no degradado y las dextrinas mayores causan un enturbiamiento de almidón en la cerveza.



Degradación del almidón durante la maceración

(Fuente: Tecnología para malteros y cerveceros. Walfgan Kunze)

El control de la degradación de almidón se realiza por medio de tinte de yodo 0,02 N (solución de yodo y yoduro de potasio en alcohol).

El examen se llama ensayo de yodo y se realiza siempre con una muestra enfriada de temple. El ensayo de yodo se basa en que la solución de yodo produce una coloración de azul a rojo con almidón y dextrinas mayores, a temperatura ambiente, en tanto que todos los azúcares y dextrinas menores ya no causan una coloración en la tinte de yodo de color amarillo-marrón.

Las dextrinas ramificadas mayores a medianas producen con yodo todavía una coloración de yodo violeta a rojo. Esta coloración no siempre es fácil de ver, pero es un indicador de un mosto aún con reacción que no es normal al yodo. Un ensayo de yodo más sensible según W. Windisch controla la presencia de estas dextrinas por precipitación con etanol, extracción del etanol, redisolución y coloración con yodo. Este método se utiliza en casos problemáticos.

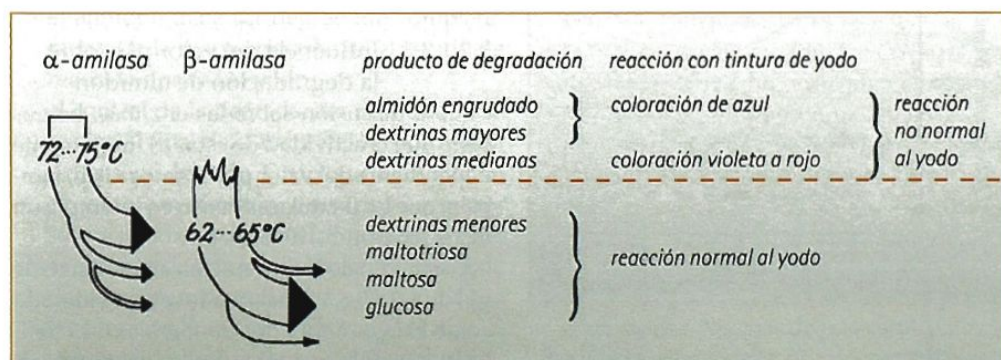
Pero la persona a cargo de la producción del mosto debe poder evaluar correctamente el ensayo de yodo. Cuando ya no ocurre ninguna coloración de la tinte de yodo tan pronto como se la agrega a la temple, se dice de esta última que es normal a la

reacción de yodo. La degradación de las moléculas de almidón hasta el estado de reacción normal al yodo se llama sacarificación.

Por sacarificación entendemos la degradación sin residuos, por parte de las amilasas, del almidón licuado a maltosa y dextrinas límites de reacción normal al yodo.

Los productos de degradación del almidón formados durante la maceración se diferencian notablemente en lo referente a su fermentabilidad por la levadura de cerveza:

- **Dextrinas límite:** no son fermentadas
- **Maltotriosa:** es fermentada por todas las cepas de levadura de fermentación alta. Pero la maltotriosa recién es degradada por la levadura, cuando está fermentada la maltosa. Es decir recién en la maduración (azúcar de pos-fermentación).
- **Maltosa:** otros disacáridos son bien y rápidamente fermentados por la levadura (azúcar de fermentación principal).
- **Glucosa:** es la primera en ser utilizada por la levadura (azúcar de inicio de fermentación).



Degradación del almidón hasta reacción normal al iodo

(Fuente: Tecnología para malteros y cerveceros. Walfgan Kunze)

La composición depende en gran medida del proceso de maceración. Dado que la composición el mosto, en lo referente a los diferentes azúcares y dextrinas influye tanto sobre el desarrollo de la fermentación como sobre la calidad de la cerveza, son importantes para el cervecero los factores que influyen sobre la degradación de almidón durante la maceración

Los factores importantes de influencia son:

- la temperatura durante la maceración,
- la duración de la maceración,
- el valor pH durante la maceración,
- la concentración de la templa.

Influencia de la temperatura sobre la degradación del almidón

Macerando a temperaturas de 62 a 63°C se obtiene el contenido más alto posible de maltosa y la más alta atenuación límite. Los mostos ricos en maltosa fermentan más rápidamente y mantienen la levadura durante más tiempo en suspensión.

La influencia de las temperaturas de maceración es extremadamente grande, de manera que durante la maceración se mantienen siempre reposos a las temperaturas óptimas de las amilasas. A éstos se los llama reposo de formación de maltosa a 62 a 65°C (= temperatura óptima de la β -amilasa), reposo de sacarificación a 72 a 75°C (temperatura óptima de la α -amilasa) temperatura de finalización de maceración a 76 a 78°C.

A pesar de que, a temperaturas aún mayores, el proceso de clarificación del mosto se desarrolla de forma notablemente más rápida, como consecuencia de la menor viscosidad del mosto debe tenerse en cuenta que la α -amilasa aún activa se inactiva progresivamente a temperaturas por encima de los 78°C. Sin embargo, durante la filtración del mosto puede entrar todavía en solución almidón sin degradar, el cual debe ser degradado (sacarificado posteriormente). Para esto, se necesita la α -amilasa aún presente. De lo contrario, existe el riesgo de que el mosto que antes era normal a la reacción al iodo vuelva a ser no normal.

Influencia de la duración de maceración sobre la degradación de almidón

Las enzimas ciertamente no actúan de forma uniforme durante el proceso de maceración. Se pueden distinguir en la actividad de las enzimas dos etapas dependientes del tiempo

1. El máximo de actividad enzimática es alcanzado luego de 10 a 20 min. El máximo de la actividad enzimática es mayor a temperaturas entre 62 a 63°C que a 67 a 68°C.
2. Luego de 40 a 60 min, la actividad enzimática disminuye primeramente de forma rápida, pero la reducción de actividad decrece de forma continua.

Influencia del valor pH sobre la degradación de almidón

En la discusión sobre las enzimas, hemos visto que la actividad de éstas es fuertemente dependiente del valor pH. Hemos visto, también, que las α -amilasas tienen en la templa un valor pH óptimo de 5,4 a 5,5.

Por medio de la maceración en un rango de pH de 5,5 a 5,6, el cual puede ser considerado como rango de pH óptimo para ambas amilasas, se puede incrementar el contenido de extracto, en comparación con el obtenido con un mayor valor de pH de templa. Se forman más azúcares fermentables y aumenta la atenuación límite.

Sin embargo, el valor pH "normal" de las templeas es 5,6 a 5,9, dependiendo de la composición del agua de maceración y de la malta. Es decir, que es notablemente más alto.

Es por ello, que se está interesado en reducir el valor pH durante la maceración hasta 5,2 a 5,7

Influencia de la concentración del empaste sobre la degradación de almidón

En las empastes más finos entra más extracto en solución, pero los empastes más gruesos protegen a las enzimas de una inactivación térmica demasiado rápida, (efecto coloidal protector de los sólidos de templa y de las sustancias disueltas).

De esta manera aumenta en el empaste más grueso la cantidad de azúcares fermentables y con eso la atenuación límite. Pero esta influencia de la concentración de templa sobre la degradación de almidón es menor que la influencia de los otros factores.

4.4.3. Proceso de maceración

La maceración consiste en incrementar las temperaturas de la templa hasta alcanzar las

temperaturas óptimas de las enzimas que se desea dejar actuar y en el mantenimiento de un reposo a esa temperatura.

Los reposos resultan de los valores óptimos de temperatura de las enzimas:

45 a 50°C reposo proteico y de B-glucano

62 a 65°C reposo de producción de maltosa

70 a 75° C reposo de sacarificación

75 a 78° C temperatura de finalización de la maceración

Según la forma en que se incrementa la temperatura, se distinguen dos grupos de procesos de maceración:

- procesos de infusión
- procesos de decocción.

En los **procesos de infusión**, toda la templa es calentada, respetando los reposos, hasta la temperatura de finalización de la maceración, sin cocer separadamente parte de la templa.

En los **procesos de decocción**, se incrementa la temperatura separando una parte de la empaste (hervido) y se cuece esta última. Luego se retorna al resto de la templa, aumenta la temperatura de la templa en su totalidad hasta la temperatura de reposo próxima superior. Este proceso puede ser repetido varias veces (proceso de una, dos y tres maceraciones).

4.5. FILTRADO DEL MOSTO

Al final del proceso de maceración, la templa está compuesta por una mezcla acuosa de sustancias disueltas y no disueltas. La solución acuosa de los extractos se llama mosto, las partes no disueltas se denominan heces o afrecho. Las heces están compuestas esencialmente por las cáscaras, los embriones y otras sustancias que no entraron en solución durante la maceración o que han sido precipitadas nuevamente durante la cocción del mosto.

Para la fabricación de cerveza se utiliza solamente el mosto, el cual debe ser separado para ese propósito de las heces, en lo posible totalmente. Este proceso de separación se llama filtración del mosto.

En la filtración del mosto, el extracto debe ser recuperado, en lo posible de forma total.

Durante el proceso de filtración del mosto las heces cumplen el papel de material filtrante.

El proceso ocurre en dos fases, que se suceden de forma separada, una tras otra:

- la descarga del primer mosto (colada principal),
- el lavado de las heces para la extracción del extracto soluble (coladas secundarias).

Colada principal y coladas secundarias

El mosto que escurre de las heces se denomina primer mosto. Cuando el primer mosto ha escurrido a través de las heces, queda extracto en estas últimas. Este extracto debe ser recuperado, para trabajar de forma racional.

Por este motivo, las heces son lavadas para extraer el extracto soluble, luego de haber sido descargado el primer mosto. El lavado para extracción diluye cada vez más el mosto.

El extracto retenido por las heces es extraído por lavado con agua caliente. Este proceso se denomina riego. Los mostos descargados y más diluidos se llaman coladas secundarias. Su contenido de extractos disminuye primero rápidamente y luego de forma cada vez más lenta, dado que el último extracto solamente es lavado de las heces con dificultad.

4.6. COCCIÓN

El mosto obtenido se cuece durante 50 (hasta 60) minutos. Durante ese tiempo se agrega el lúpulo.

Durante la cocción del mosto pasan a éste componentes amargos y aromáticos del Lúpulo y al mismo tiempo se precipitan sustancias albuminoideas. El producto final de la cocción del mosto es llamado mosto caliente.

4.6.1. Procesos en la cocción del mosto

Durante la cocción del mosto ocurre una serie de procesos, que son de importancia:

- disolución y transformación de componentes de lúpulo,
- formación y precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles,
- evaporación de agua,
- esterilización del mosto,
- destrucción de todas las enzimas,
- carga térmica del mosto,
- reducción del valor pH del mosto,
- formación de sustancias reductoras, y
- evaporación de sustancias aromáticas indeseadas.

Disolución y transformación de componentes de lúpulo

De los componentes del lúpulo, son importantes para la fabricación de cerveza:

- las resinas de lúpulo o los compuestos amargos del lúpulo,
- la esencia de lúpulo,
- los taninos de lúpulo.

Las resinas del lúpulo o compuestos amargos son los componentes más importantes de lúpulo para la fabricación de cerveza, por que le otorgan el sabor amargo.

Los α -ácidos son completamente insoluble en mosto frío. En el mosto en cocción ocurren cambios en la estructura de los α -ácido, denominados isomerización. Los compuestos iso que se forman son mucho más solubles que los α -ácidos a partir de los han sido formados.

La isomerización de los α -ácidos durante la cocción de ninguna manera es completa. En promedio, sólo un tercio de los α -ácidos agregados con el lúpulo se encuentran en el mosto cocido en forma de compuestos iso.

El rendimiento de isohumulona en la cocción y consecuentemente el amargor de la cerveza dependen esencialmente de;

1) la naturaleza de la isohumulona: los diferentes componentes de los α -ácidos son isomerizados con diferente intensidad;

2) la duración de la cocción: con duración creciente de la cocción, aumenta el rendimiento de isohumulona. La mayor parte de los α -ácidos es isomerizada al inicio de la cocción, creciendo el rendimiento cada vez más lentamente, a medida que aumenta la duración de la cocción. Después de 1 h de cocción, la mayor parte de los compuestos amargos está isomerizada.

3) el valor pH: un valor pH más alto da siempre una mejor isomerización, pero el amargor obtenido a un valor pH más bajo siempre es considerado más balanceado y más fino.

4) la concentración de la humulona: con adición creciente de lúpulo disminuye el rendimiento de isohumulona. Sin embargo, la disminución se mueve en un rango pequeño (hasta 10%).

5) la precipitación de humulona en el trub de cocción: una parte considerable de la isohumulona es absorbida por el trub de cocción. Se conoce como trub de cocción a los flóculos formados en el mosto durante la cocción.

6) la intensificación de la isomerización: por ejemplo con ayuda de una mayor temperatura de cocción.

7) el grado de trituración del lúpulo: la trituración incrementa la velocidad de extracción y con ello el rendimiento de los compuestos amargos.

Formación y precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles

Las proteínas (sustancias albuminoideas) se encargan en la cerveza de la espuma y de la formación de turbidez, pero también de la nutrición de la levadura. Dado que las proteínas tienen una muy gran afinidad (tendencia a la formación de compuestos) con los polifenoles (taninos), se debe considerar este complejo en forma conjunta. En los últimos años, han aparecido nuevos aspectos en la consideración de la importancia de la precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles. Éstos han sido introducidos en nuevas tecnologías.

Primeramente, el punto de vista tradicional: Los taninos del lúpulo y de la malta se disuelven completamente en el mosto y se combinan con las sustancias albuminoideas complejas del mosto. Los taninos de la malta tienen aquí una inercia de reacción algo mayor que los del lúpulo. Dado que los taninos se encuentran paralelamente en forma oxidada y que las sustancias albuminoideas tienen diferentes tamaños moleculares, resultan diferentes compuestos con propiedades diferentes:

- Los compuestos de proteínas y taninos y los compuestos de sustancias albuminoideas y tanino oxidado son insolubles en el calor y precipitan en la cocción como trub de cocción.
- Algunos compuestos de productos de degradación de proteínas y de taninos permanecen en solución durante la cocción y precipitan recién durante el enfriamiento del mosto como trub en frío.

Hoy en día se considera desde el punto de vista la importancia de la precipitación de las sustancias albuminoideas de alto peso molecular, como formadoras potenciales de espuma. Se está hoy en día cada vez más interesado en no precipitar todas las proteínas coagulables, sino en mantenerlas para una mejor retención de la espuma. Los procesos modernos de cocción de mosto evitan por ello una cocción prolongada e intensiva. Con esto, permanecen en solución en el mosto las sustancias albuminoideas de alto peso molecular que precipitarían por la cocción más prolongada y más intensiva, permitiendo esperar una mejor retención de la espuma. Sin embargo, ésta es compensada por un mayor riesgo de turbidez, que puede prevenirse con medios adecuados.

Esterilización del mosto

Con el polvo de malta entraron muchas bacterias y mohos al empaste, los cuales, si no son destruidos, ponen agria la cerveza o pueden modificar su sabor. Durante la cocción del mosto son destruidos todos los microorganismos en el mismo y se lo esteriliza.

Esta es la última vez que trabajamos con un producto esterilizado, a partir de este momento es necesario tomar las mayores precauciones biológicas.

Destrucción de todas las enzimas

Debido a la cocción del mosto se destruyen totalmente las pocas enzimas todavía presentes.

A causa de ello, ya no es posible una ulterior modificación descontrolada de la composición del mosto. Si son necesarias modificaciones ulteriores, por ejemplo si el mosto caliente tiene enturbiamiento de almidón o si se fabrica cerveza dietética para personas diabéticas, se debe agregar más tarde infusión de malta o primer mosto, a los efectos de degradar totalmente el almidón hasta el estado de reacción normal al yodo o hasta azúcares fermentables.

Carga térmica del mosto

Debido a la cocción se forman otros productos Maillard y aldehídos de Strecker, se oxidan taninos y se continúa incrementando con esto la carga térmica del mosto; el mosto oscurece progresivamente. La carga térmica, expresada en el coeficiente de ácido tiobarbitúrico (TBZ), aumenta con el incremento de la duración de cocción y aun durante el reposo. Sin embargo, dado que el TBZ representa al mismo tiempo una medida de valor para la estabilidad de sabor de la cerveza, es deseable no cocer durante demasiado tiempo e intensivamente.

Formación de sustancias reductoras (reductonas)

Durante la cocción del mosto se forman compuestos que pueden reaccionar con el oxígeno del mosto y ejercer así un efecto reductor.

Estas sustancias se llaman reductonas. Éstas incluyen, por ejemplo, las melanoidinas, cuyo mecanismo de formación ya hemos conocido en el tostado. Durante la cocción del mosto aumenta la coloración, aclarándose nuevamente recién durante la fermentación.

4.6.2. Realización de la cocción del mosto

Dos puntos de vista son especialmente importantes para la realización de la cocción del mosto, los cuales sin embargo están relacionados entre sí:

- la cocción del mosto, y
- a la transformación de los compuestos amargos del lúpulo.

Por lo general, se comienza con la cocción tan pronto como el mosto se encuentra en la paila. La duración de la cocción es hoy en día de 40 a 50 (a veces también 60) min. Se está interesado en no cocer durante demasiado tiempo ni demasiado intensivamente, porque las proteínas coagulables no deben ser separadas completamente. Ello es debido a que los costos de energía aumentan con cada minuto de cocción y por ello no se cuece durante más tiempo que el estrictamente necesario. Sin embargo, deben tenerse en cuenta la disolución e isomerización de los compuestos amargos del lúpulo, los cuales también se disuelven más intensamente a medida que pasa el tiempo.

Sin embargo, es importante que el mosto haya alcanzado al final de la cocción el contenido deseado de extracto, porque sólo así se puede alcanzar el contenido de mosto original. Es también importante, verificar nuevamente, antes del inicio de la cocción, la sacarificación (sacarificación posterior) completa.

Es posible que durante la finalización de la maceración y la filtración del mosto hayan entrado todavía en solución componentes de almidón no sacarificados, debido a que las amilasas ya estaban inactivadas por la alta temperatura de finalización de maceración. A los efectos de prevenir un enturbiamiento por engrudo en la cerveza, se debe causar una sacarificación posterior, por adición de primer mosto o de infusión de malta, en la paila de mosto antes del calentamiento o en la cava de fermentación.

Adición de lúpulo

Durante la cocción del mosto, se agrega el lúpulo y se lo cuece con el mosto. Debido a la cocción, se logra una isomerización del α -ácido insoluble a iso- α -ácido soluble, con lo cual se genera un amargor en la cerveza. Es importante saber en esto:

- cuán grande debe ser la adición de lúpulo,
- cuándo se debe adicionar el lúpulo, y
- cómo se puede agregar el lúpulo al mosto.

Para la adición de lúpulo se dispone de tres productos diferentes:

- lúpulo natural,
- pellets de lúpulo, y
- extracto de lúpulo.

Hoy en día ya casi no existen diferencias de calidad entre estos productos, dado que todos los procesos de tratamiento son muy cuidadosos y se mantienen los componentes de lúpulo. Sin embargo, existen diferencias de calidad entre las diferentes variedades de lúpulo.

Debe considerarse en la adición de lúpulo: en cuántas porciones (adiciones parciales) se adiciona el lúpulo o cuándo se adicionan las porciones, y cuál variedad al principio, cuál al final.

Si se utilizan varias variedades, se adiciona siempre primero el lúpulo para dar amargor, para transformar al máximo su gran potencial de α -ácido. La primera adición sirve para dar amargor. Como primera adición, se debería adicionar el 75% del α -ácido, sobre todo lúpulo amargo o lúpulo de alto contenido de alfa-ácidos.

El lúpulo con el mejor aroma, lúpulo aromático, se adiciona por último, al final de la cocción. De esta manera, las esencias de lúpulo nobles se mantienen para la cerveza, si esto es deseado para la cerveza en cuestión. Sin embargo, se debe prescindir en este caso del aprovechamiento máximo de los compuestos amargos.

La decisión respecto de cuándo se realiza cual adición de lúpulo tiene influencia sobre la calidad de la cerveza en formación.

4.7. EXTRACCIÓN DEL TRUB GRUESO

El trub del mosto caliente se llama ahora trub grueso o también trub de cocción o trub caliente. Está compuesto por partículas grandes de 30 a 80 μm , que son algo más pesadas que el mosto y que, por lo general, sedimentan bien y firmemente, si se les da suficiente tiempo.

El trub grueso debe ser extraído porque no sólo carece de valor para la fabricación ulterior de la cerveza, sino que es perjudicial para la calidad. El trub grueso:

- obstaculiza la clarificación del mosto,
- embadurna la levadura,

- aumenta la cantidad de sedimento rico en trub y con ello la merma,
- contiene también los ácidos grasos de la malta,
- dificulta la filtración de la cerveza, si no es separado a tiempo.

El objetivo es la eliminación completa. Sin embargo, muchas fábricas de cerveza no alcanzan dichos valores. Las causas de una separación insuficiente del trub grueso son, aparte de diseños deficientes de cuba de filtración, Whirlpool o centrífugas: o filtración turbia del mosto, debida a

- composición desfavorable de la molienda
- mala calidad de la malta
- trabajo de filtración defectuoso
- adición de lúpulo libre de o pobre en taninos.

La extracción del tmb grueso se realizaba antaño a través de la bandeja de enfriamiento o de la cuba de sedimentación, pero hoy en día es usual realizarla por medio del Whirlpool, a veces también con la centrífuga o por filtración.

4.8. ENFRIADO

Dado que la levadura sólo puede fermentar a bajas temperaturas, se debe enfriar el mosto caliente lo más rápidamente posible a una temperatura de 5 a 6°C, frecuentemente también a 7 a 10°C. Esto ocurre en la cámara de refrigeración. Durante este proceso el mosto primeramente brillante se enturbia, debido a la formación del trub en frío. La rápida realización de la fermentación y de la maduración exige una extracción óptima de este trub en frío durante el enfriamiento. Para una rápida realización de la fermentación se le debe suministrar de forma óptima aire a la levadura.

Al mismo tiempo, debemos prestar atención a las variaciones de concentración durante el enfriamiento, debidas a evaporación o a suministro de agua.

4.8.1 Procesos durante el enfriamiento

Durante el enfriamiento del mosto ocurre una serie de procesos que tienen una influencia decisiva sobre la velocidad de la fermentación y maduración subsiguientes. Esto incluye

- el enfriamiento del mosto,
- la formación y extracción óptima del trub en frío, y
- la aireación intensiva del mosto.

Además se modifican el contenido de extracto y la cantidad del mosto. Aparte de ello, se desarrollan cambios químicos en el mosto, que son registrables de forma analítica como aumentos de coloración y otros cambios de sustancia.

Enfriamiento del mosto

El mosto es enfriado rápidamente, por medio del enfriador de placas, a una temperatura de inicio de fermentación de 5 a 7°C. Esto es importante, porque la permanencia prolongada en temperaturas intermedias incrementa el riesgo de propagación de microorganismos perjudiciales para la cerveza. En el momento del bombeo de mosto caliente, este último se encuentra libre de gérmenes. Si ingresan a la cerveza durante el proceso de producción microorganismos perjudiciales para aquélla y se propagan, pueden influir negativamente en la cerveza o convertirla en no apta para la venta, ya antes de la filtración, por la formación de productos de metabolización.

4.9. AIREACIÓN DEL MOSTO

Una aireación del mosto a elevadas temperaturas conlleva una fuerte oxidación. A raíz de ello, el mosto se oscurece y se hace amargo.

Sin embargo, la presencia de oxígeno es absolutamente necesaria para la propagación de la levadura. Bajo condiciones anaeróbicas (es decir, en ausencia de aire) se inhibe la propagación de levadura y la fermentación se desarrolla de forma lenta. Esta deficiencia se elimina a través de una aireación óptima del mosto frío.

El mosto requiere el oxígeno preferentemente para la síntesis de ácidos grasos, que son los componentes principales de las membranas celulares y sin los cuales no puede formarse nueva sustancia celular.

Es importante abastecer con oxígeno a la levadura, más que al mosto. El aire suministrado es procesado por la levadura en tiempo muy breve.

4.10. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y MADURACIÓN

El proceso más importante es la fermentación de los azúcares contenidos en el mosto a etanol y dióxido de carbono por parte de la levadura. Las reacciones en la fermentación se pueden dividir en reacciones de fermentación principal y reacciones de maduración, pero las reacciones solapan entre sí. Es por ello necesario considerar las reacciones de fermentación y de maduración como un proceso continuo.

Juega en esto un papel especial el hecho de que, debido al metabolismo de la levadura, se formen durante la fermentación productos secundarios y que algunos de ellos sean degradados nuevamente de forma parcial. Estos productos secundarios de fermentación determinan de forma decisiva, junto con los componentes del lúpulo, el sabor y el aroma de la cerveza. Por ello, es particularmente importante saber cómo se forman y cómo se degradan.

El cervecero debe encargarse únicamente de que estén presentes en el mosto los elementos constituyentes necesarios, por ejemplo:

- aminoácidos para la formación de nuevas sustancias celulares (sin embargo, la levadura puede sintetizar sus propios aminoácidos sin problemas también a partir de otras fuentes de nitrógeno),
- fosfatos para el enlace en el ATP (adenosin trifosfato),
- ácidos grasos para la formación de membranas celulares,
- azúcar para la constitución de hidratos de carbono de reserva,
- sales y oligoelementos (por ejemplo cinc),
- suficiente oxígeno para la respiración y una serie de transformaciones.

La mayoría de estas sustancias está presente casi siempre en cantidad suficiente o pueden ser sintetizadas por la levadura misma. Pero en el caso de deficiencia de algunas de las sustancias pueden ocurrir perturbaciones en la fermentación. El cervecero debe considerar esto cuando modifica sus materias primas o cuando sustituye una parte de su carga por adjuntos (sin maltear) o por azúcar, el cual por ejemplo no aporta aminoácidos o sales.

En esta fase extremadamente activa para la célula de levadura, en la que aún hay presentes en el mosto muchos nutrientes en forma de azúcares fermentables, la levadura forma un depósito de hidratos de carbono de reserva (glicógeno y trehalosa), a los efectos de tener una reserva para la permanentemente necesaria ganancia de energía, en el caso de deficiencia de nutrientes.

Esta fase logarítmica (fase log) es en la fermentación la sección más importante, en la cual desaparece el sabor a mosto y son establecidos los parámetros cualitativos esenciales de la futura cerveza a través de un metabolismo muy diferenciado de la levadura. Tan pronto como ha sido consumido por respiración el oxígeno suministrado, la levadura debe restringir nuevamente su administración energética de forma total a la glicólisis anaerobia y debe vivir con una ganancia mínima de energía, debida a la fermentación de azúcar a alcohol y CO₂.

La fase logarítmica llega lentamente a su fin, dado que la oferta de azúcares fermentables ha disminuido fuertemente, no quedando finalmente casi nada más para fermentar. La fermentación ha finalizado. La levadura comienza a flocular, la propagación se ha detenido y el alcohol y el CO₂ estorban progresivamente, como

venenos celulares, a la célula de levadura. Dado que las turbulencias en el tanque durante la intensa fermentación principal han disminuido o finalizado totalmente, las células de levadura descienden lentamente hacia el fondo.

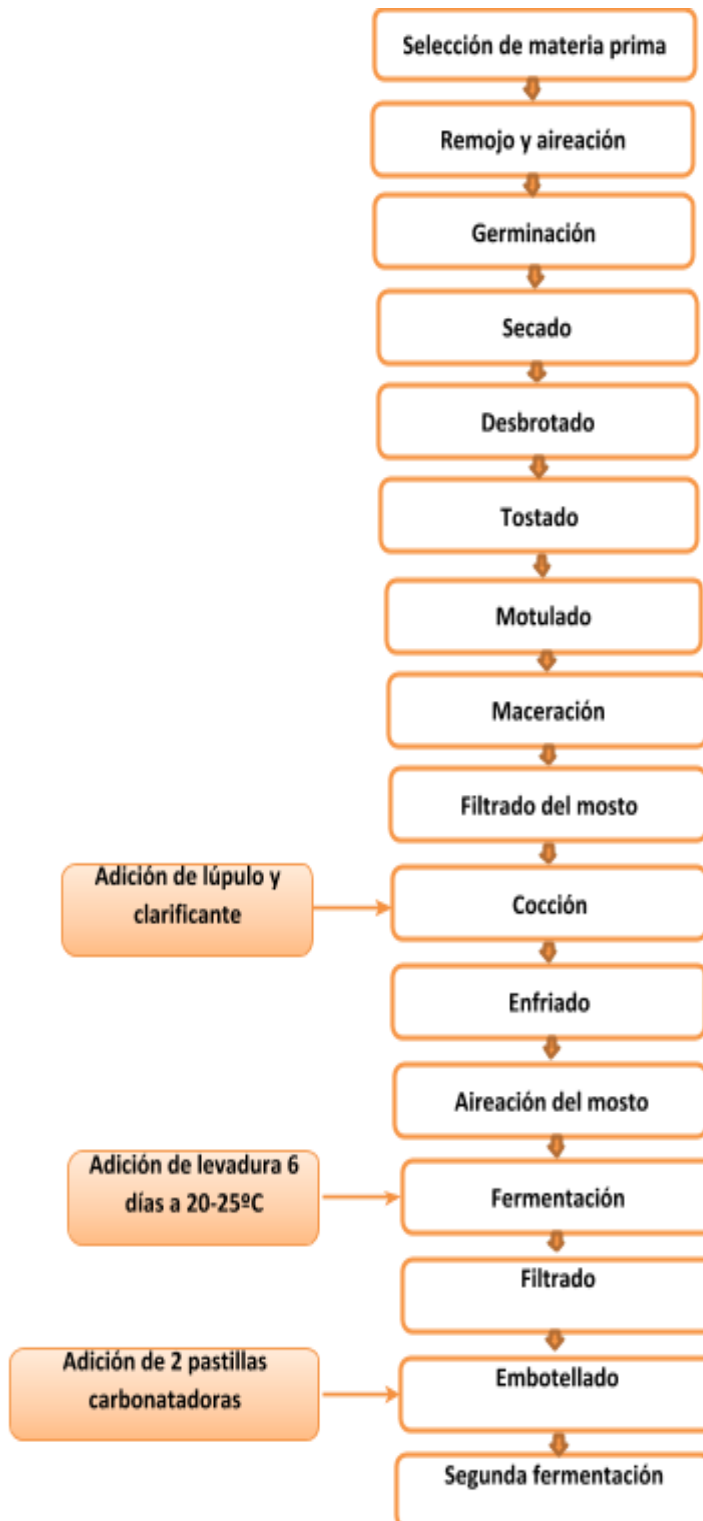
Viene ahora un período malo para la levadura, porque comienza a haber una deficiencia en el suministro de energía, debiendo ella hacer uso de sus propias reservas. Comienza ahora lentamente con la excreción de productos metabólicos y enzimas. Aun con la baja temperatura de almacenamiento en frío, la levadura necesita energía para mantener sus procesos vitales. Ella comienza con la degradación de hidratos de carbono de reserva y otras sustancias y excreta cada vez más productos metabólicos. Finalmente, la célula de levadura puede morir. Las enzimas de digestión liberadas comienzan entonces a disolver el interior de la célula, la pared celular es dañada y el contenido celular de la célula en disolución (en autólisis) pasa a la cerveza. De esta manera, son afectados de forma sustancial la espuma y el sabor, se incrementa el valor pH en la cerveza, y las sustancias que entran en solución son medios nutritivos bienvenidos para los contaminantes.

CAPÍTULO 5

ELABORACIÓN A ESCALA EXPERIMENTAL



5.1. DIAGRAMA DE FLUJO



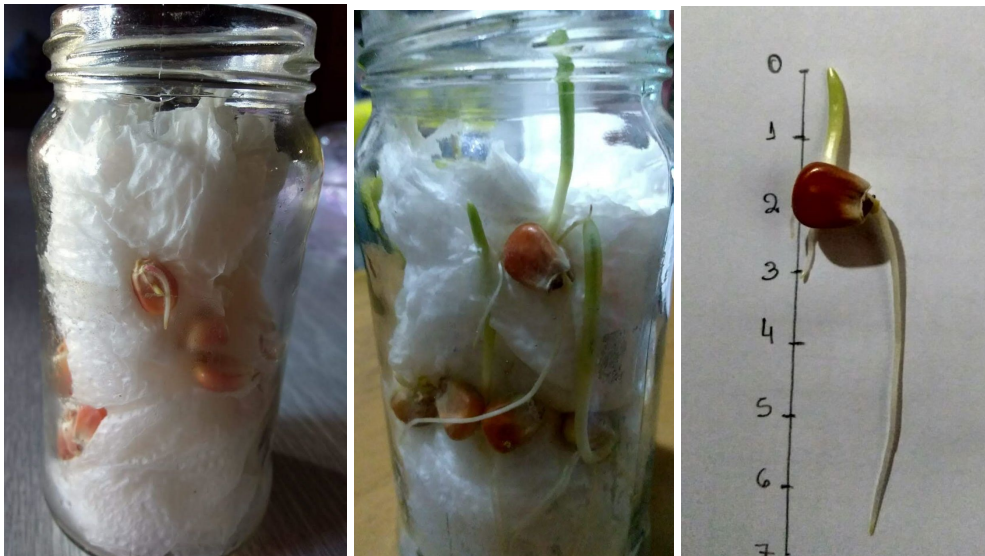
5.2. INSTANCIAS PRELIMINARES

Fué utilizado como materia prima el maíz amarillo forrajero, que se adquirió en un comercio local y es el que se utiliza tradicionalmente como alimento de ganado o animales de granja. Las ventajas que se consideraron para su elección fueron:

- gran disponibilidad en el mercado
- bajo costo
- a diferencia de los granos que se utilizan como semillas para reproducción, no están inoculados con bacterias
- es un grano de tamaño fácilmente manipulable, sobre todo considerando que luego se debe separar el grano de las raíces y brotes
- alto contenido de almidones
- es un grano que se utiliza normalmente como adjunto en la industria de la cerveza tradicional



Antes de comenzar el proceso del malteado controlamos el poder de germinación de la materia prima con la que se iba a trabajar. Para ello se realizó un germinador con un frasco, papel secante y algodón. Se colocó 20 granos en el germinador y luego de las primeras 24 horas se comenzó a observar la germinación de varios de ellos. Al cabo de 4 días germinaron 17, lo que representa a un 85% del total. El día 5 había germinado el 100% de los granos.



5.3. REMOJO Y AIREACIÓN

Partimos inicialmente de 10 kg de maíz, los cuales fueron sometidos a un proceso de ciclos alternados de remojo y aireado que se detalla en el siguiente cuadro;

<i>Orden</i>	<i>Operación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Temperatura</i>
1	Remojo	8hs	25°C
2	Aireado	4hs	20°C
3	Remojo	10 hs	25°C

Durante el primer remojo fué eliminado los granos flotantes que representaron un 3 - 4% de la materia prima inicial. También se cambió el agua de remojo 3 - 4 veces hasta que la misma era clara y transparente. Para mantener la temperatura constante en 25°C durante todo el ciclo de remojo, se utilizó un calentador eléctrico con termostato (calentador de peceras).



Granos flotantes y otras impurezas separadas por flotación



De Izq. a Der. 1-2) Granos de maíz en remojo / 3) Calentador eléctrico utilizado para mantener constante la temperatura durante el remojo

Para llevar adelante la aireación de los granos se adaptaron dos paseras de madera, colocó en su superficie una tela plástica del tipo mosquitero. Durante los periodos de aireación los granos se esparcieron sobre las paseras en una capa de no más de 4 granos de altura, permitiendo su correcta oxigenación.



Paseras adaptadas para la aireación de los granos de maíz

5.4. GERMINACIÓN

Luego de concluido el ciclo de remojo y aireación los granos fueron llevados a las bandejas de germinación. Para esta operación se adaptaron las dos paseras utilizadas en la etapa anterior, colocando una tela doble de algodón blanco grueso sobre la tela mosquitera. La misma se humedece y sobre ella se esparcieron los granos de maíz, tratando de generar una capa de no más de 3 o 4 granos de altura. El volumen inicial de maíz se dividió en dos partes iguales y cada una de ellas se colocó en una de las paseras.

Las paseras se colocaron una sobre la otra, se taparon con un nylon transparente y luego se colocó sobre ellas una manta gruesa para mantener la temperatura.



La etapa de germinación se extendió durante 5 días, del 30 de abril al 5 de mayo de 2018. Cada día se procedió a hidratar, remover y airear los granos al menos 3 veces. Durante este periodo de tiempo la temperatura osciló entre los 18 y 21°C. Al mismo tiempo que se removieron los granos para airearlos, se fueron retirando impurezas, granos rotos o con principio de descomposición.

Durante el transcurso del día 4 se observó la presencia de pequeños insectos de color negro, presuntamente gorgojos, los cuales fueron retirados de las bandejas de germinación.



Izq.: Insectos separados de las bandejas germinadoras durante el 4 día. Der.: Granos en mal estado y otras impurezas separadas a lo largo de la germinación.

A continuación se presenta material fotográfico con el avance de la germinación día a día.



Día 1



Día 2



Día 4



Día 5



Día 5

5.5. SECADO

Debido a que el malteado del maíz no es una práctica frecuente fue complicado obtener bibliografía al respecto. Varias de las fuentes consultadas coinciden en que el mejor momento para detener la brotación de los granos de maíz es cuando el tamaño del brote duplica en tamaño al mismo grano, y fue por esta razón que se optó por este momento para dar por concluida la etapa de germinación.

Cuando aproximadamente el 70% de los brotes duplicaron en tamaño a los granos de maíz, se comenzó con el proceso de deshidratación de los mismos. Para ello se procedió a retirar el lienzo de algodón humedecido que se encontraba debajo de la capa de granos durante la germinación y se colocaron los granos directamente sobre la malla mosquitera. Para facilitar el secado se colocó parte de los granos sobre un lienzo de algodón seco, buscando formar una capa más delgada y así exponerlos directamente al sol y aire. También se colocaron ventiladores para forzar la corriente de aire y facilitar la primera etapa de la deshidratación, que duró aproximadamente 8 horas, a temperatura ambiente de aproximadamente 20°C.



Posteriormente las bandejas fueron colocadas en una habitación calefaccionada a 35-38°C, con ventiladores que generaban una corriente forzada de aire, durante 48 horas. Una vez que los brotes estaban marchitos y los granos visiblemente deshidratados se pasó a la etapa de desbrote y limpieza de los mismos.

5.6. DESBROTADO

Esta tarea se realizó de manera manual, retirando brotes y raíces. Para facilitar el trabajo se introducían pequeñas cantidades (entre 100 y 150 gramos) de granos en una bolsa de tela, la misma se frotaba durante algunos minutos para lograr que las raíces y

brotos se rompan. Luego se pasaron los granos por un tamiz de malla más o menos grande para separar las impurezas de los granos limpios.



Izq. Maíz malteado deshidratado sucio (con raíces y brotes adheridos) / Der. Maíz malteado limpio.

5.7. TOSTADO

Una porción de 1,5 kg los granos de maíz malteados y limpios se tostaron. Este proceso de llevó a cabo en un horno tipo pizzero, en bandejas de panadería que poseen orificios en su base y facilitan el pasaje del aire caliente a través de los granos.



Se colocaron 750 gramos de granos en cada una de las dos bandejas utilizadas y se respetó el ciclo de tostado que se detalla a continuación:

Bandeja	Ciclo de Tostado (Temperatura + Tiempo)	Cantidad y Tipo de Malta Obtenida
Nro 1	150°C + 30 minutos	550 gramos de malta tostado medio (Malta Roja)
Nro 2	150°C + 30 min 180°C + 30 min	550 gramos de malta tostado intenso (Malta Negra)

Una vez finalizado el tostado, los granos fueron enfriados a temperatura ambiente y luego colocados en bolsas de plástico para preservar su potencial aromático y evitar contaminaciones.



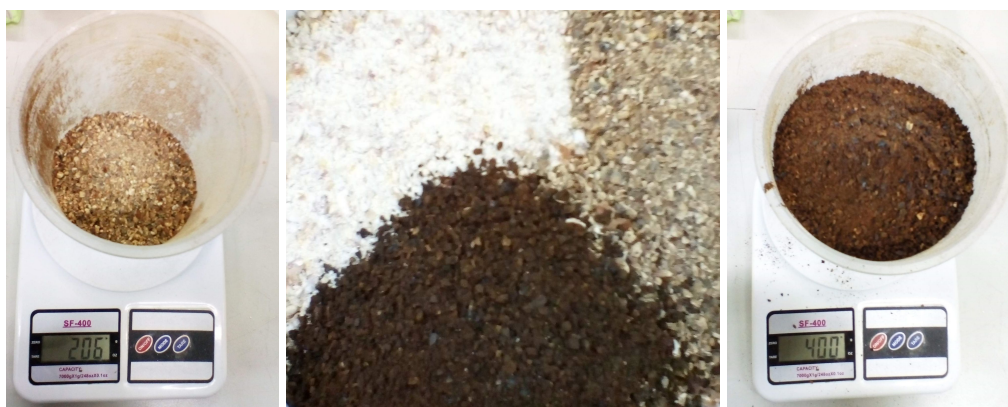
5.8. MOLTURADO



5.9. FORMULACIÓN DE LAS RECETAS

Teniendo en cuenta las cantidades de malta de maíz obtenida luego del proceso de malteado y tostados, se decidió formular 3 tipos de cervezas distintas, una rubia, una roja y una negra. Las recetas se detallan en el siguiente cuadro:

Ingredientes	Cerveza "Rubia"	Cerveza "Roja"	Cerveza "Negra"
Agua (*)	12 litros	6 litros	6 litros
Malta Base de Maíz	2,6 kg	1,3 kg	1,3 kg
Malta Tostado Medio (Malta Roja)	100 gramos	200 gramos	200 gramos
Malta Tostado Intenso (Malta Negra)	50 gramos	50 gramos	400 gramos



Pesado de maltas para las distintas formulaciones

(*) AGUA UTILIZADA: Con el fin de estandarizar la calidad del agua utilizada, y poder reproducir luego esta receta en iguales condiciones, es que se utilizó agua mineral envasada. A continuación se detalla marca, procedencia, clasificación, y demás detalles.

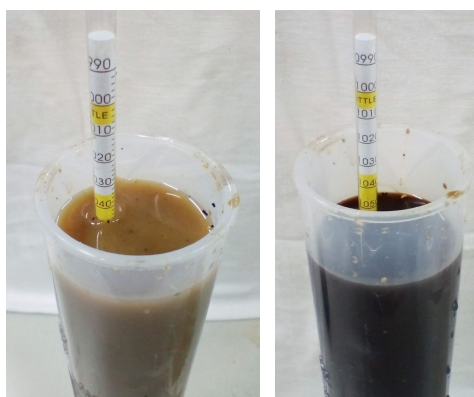
5.10. MACERACIÓN

El proceso de maceración fue igual para las 3 recetas formuladas y ya descritas con anterioridad. En todos los casos se respetaron los tiempos y temperaturas que se detallan a continuación:

Esquema de Maceración seguido		
Etapa	Temperatura	Tiempo
1	58-60°C	30 minutos
2	63°C	1 hora
3	68°C	1 hora



A medida que avanzaba la maceración, se fueron tomando muestras periódicamente para realizar el seguimiento de la variación de densidad. Como sabemos, a medida que las enzimas comienzan a desdoblarse los almidones presentes, la densidad de la mezcla comienza a aumentar.



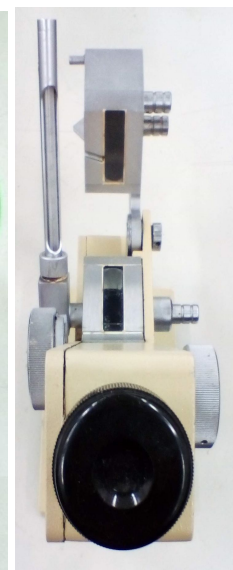
A continuación se presentan los valores de densidad obtenidos para cada mosto a medida que avanzaba el tiempo de maceración,

Tiempo de Maceración	Densidad del Mosto Cerveza "Rubia"	Densidad del Mosto Cerveza "Roja"	Densidad del Mosto Cerveza "Negra"
20 min	1030	1031	1034
40 min	1032	1038	1050
1 hora	1041	1042	1052
1 hora + 20 min	1046	1045	1058
2 horas	1047	1050	1060
2 horas + 30 min	1049	1052	1060

La maceración se dio por finalizada luego de dos horas y media, cuando notamos que la densidad del mosto casi permaneció constante durante 30 minutos; aun cuando la reacción de lugol dio positiva para almidón.

Según la "Tabla de densidad para vinos y cerveza" del fabricante del densímetro utilizado, (Ferrari - Ver Anexo 2) al finalizar la maceración teníamos;

- Cerveza "Rubia" ⇨ Densidad: 1049 ⇨ Alcohol Potencial: 6.4
- Cerveza "Roja" ⇨ Densidad: 1052 ⇨ Alcohol Potencial: 6.8
- Cerveza "Negra" ⇨ Densidad: 1060 ⇨ Alcohol Potencial: 7.8

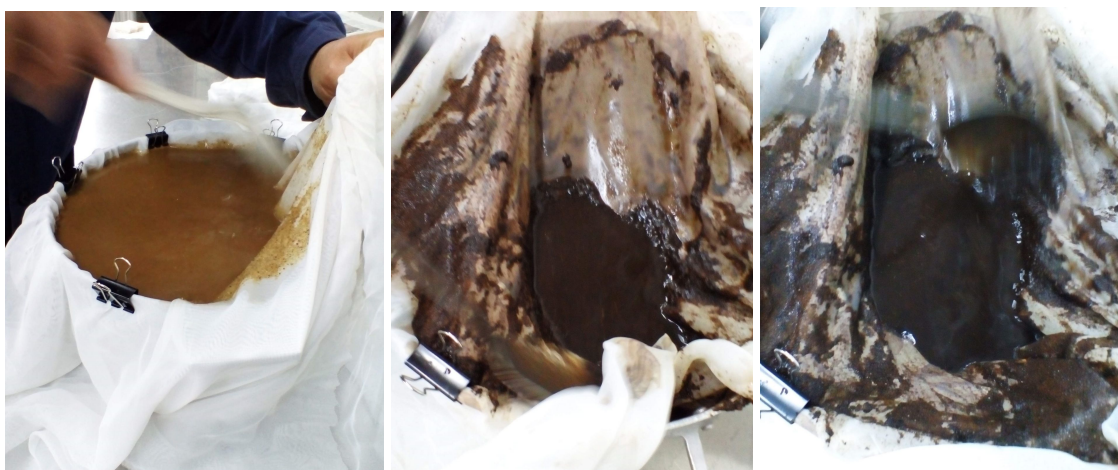


Paralelamente se realizó el control de °Brix de todos los mostos, con refractómetro digital y de mesa, obteniendo los siguientes resultados:

Refractómetro	Mosto Rubio	Mosto Rojo	Mosto Negro
Digital	11.8	13.7	15.9
De mesa	12.0	14.1	16.0

5.11. FILTRADO DEL MOSTO

Una vez dada por concluida la maceración se llevó adelante el colado y filtrado del mosto para obtener la colada principal o primer mosto. Las heces que quedaron retenidas en el colador se lavaron con agua caliente para extraer el extracto soluble que aún tenían retenido, obteniendo de este lavado la colada secundaria, que se utilizó luego para disminuir la densidad del mosto previo a la fermentación alcohólica.



Colado y filtrado del primer mosto o "Colada Principal"



Lavado de heces para obtener la “Colada Secundaria”

Teniendo en cuenta los valores de densidad obtenidos en el primer mosto luego de la colada principal y los valores teóricos de alcohol potencial de la tabla de Ferrari para esas densidades (ver anexo 2), es que se decidió hacer una corrección de densidad con el mosto de la segunda colada y agua. Como resultado se obtuvieron los volúmenes de mosto y densidades que se detallan a continuación:

Tipo	Densidad (kg/litro)	Volumen (Litros)
Mosto “Rubio”	1,042	11,2
Mosto “Rojo”	1,048	6,0
Mosto “Negro”	1,059	6,0

5.12. COCCIÓN

Los mostos obtenidos se cocinaron durante 60 minutos. El mosto “rubio” se dividió en dos cantidades iguales (de 5,6 litros) para obtener 2 cervezas rubias de distintas características organolépticas, ya que se le adicione distintas cantidades de lúpulo a cada una de las cocciones.

Se utilizó lúpulo Nugget en pellet. Nugget es una de las variedades de lúpulo más populares para la elaboración de la cerveza. Es uno de los primeros lúpulos denominados “súper-alfa”.

Nugget es un lúpulo con un excelente amargor, que tiene un fuerte aroma herbal y a maderas. Es un poco picante, aroma a pino, resina muy fuerte y herbal, pero esto se ve eclipsado por su potencial de amargor. Es ideal para dar un empuje de amargor en estilos que lo requieran. Los cerveceros rara vez lo usan para aromatizar.



De Izq. a Der.: 1 y 2) Lúpulo / 3) alginato

En el siguiente cuadro se encuentra detallado el momento del agregado de lúpulo y clarificante (alginato) durante la cocción;

Momento de la cocción	Rubia 1	Rubia 2	Roja	Negra
Inicio	5 gr lúpulo	5 gr lúpulo	5 gr lúpulo	6 gr lúpulo
45 minutos	2 gr alginato	2 gr alginato	2 gr alginato	2 gr alginato
Final (60 min)	3 gr lúpulo	1 gr lúpulo	1 gr lúpulo	1 gr lúpulo

Durante la cocción se realizó el espumado del mosto, que consiste en la extracción de la espuma generada por la coagulación de las proteínas presentes por acción térmica.



5.13. ENFRIADO

Una vez finalizada la cocción se procedió a enfriar el mosto y retirar el trub del mosto caliente (compuesto por partículas grandes de 30 a 80 μm).

Una vez cumplido el tiempo de cocción estipulado, se retiró la olla de cocción del fuego y se colocó en un baño de hielo para disminuir la temperatura del mosto rápidamente. Durante el proceso de enfriamiento el mosto se revolvió de manera constante y con movimientos uniformes, intentando de esta manera que el trub de cocción precipite en forma piramidal en el centro del recipiente.



5.14. AIREACIÓN DEL MOSTO

Una vez que el mosto disminuyó su temperatura, se colocó en los bidones de fermentación. Una vez allí se agitaron con fuerza para incorporar aire en todo el líquido.



5.15. FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN

Para llevar a cabo la fermentación alcohólica se realizó la inoculación de los mosto con levaduras seca activa. Se utilizaron 2 tipos de levaduras. A continuación se detallan las características de las levaduras utilizadas y los mostos inoculados.

Fabricante	Lallemand	Fermentis
Nombre Comercial	Nottingham	Safale S-04
Tipo de Levadura	Saccharomyces cerevisiae (Ale)	Saccharomyces cerevisiae (Ale)
Dosis	20gr/hl	20gr/hl
Mosto Inoculado	Rubio 1	Rubio 2 Rojo Negro

Las especificaciones de cada una de las levaduras utilizadas se adjuntan en el anexo 2.



Previo a la inoculación se hidrataron las levaduras en agua a 35°C durante 20 minutos. Posteriormente se realizó la siembra de las levaduras activas en los mostos, se homogeneizaron, trasladaron los bidones al lugar destinado para la fermentación y se colocaron las trampas de alcohol en las tapas de los recipientes.



La fermentación alcohólica se desarrolló a temperatura ambiente (de 20 a 25°C), durante 6 días. Durante la misma se pudo observar gran cantidad de flóculos de almidón, primero en la superficie, arrastrados por el gas carbónico generado, y una vez concluida la fermentación, se depositaron en el fondo de los recipientes.



Izq. Flóculos en superficie durante la fermentación / Der. Flóculos precipitados al finalizar la fermentación

5.16. FILTRADO

Una vez finalizada la fermentación alcohólica y considerando la presencia de los flóculos, se realizó la filtración de la cerveza.



Restos de coágulos de almidón extraídos durante el filtrado de la cerveza

La cerveza filtrada fue analizada para determinar el alcohol producido durante la fermentación; se obtuvieron los siguientes resultados:

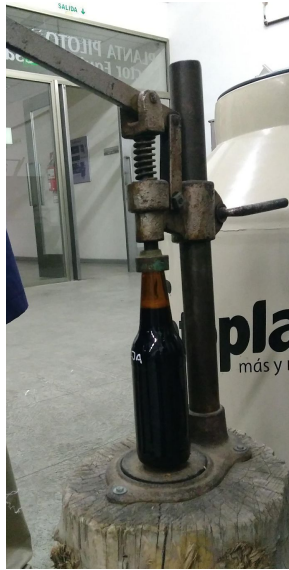
- Roja: 4,5 % v/v
- Negra: 4,7 % v/v

5.17. EMBOTELLADO

Para realizar la segunda fermentación se utilizaron botellas color caramelo de 355cc. Previo al embotellado se realizó un filtrado fino, se llenaron las botellas, se colocaron 2 pastillas carbonatadoras, se taparon y rotularon.



De Izq.. a Der. Botellas utilizadas / Filtrado previo / Embotellado



De Izq. a Der.: Tapadora / Pastillas carbonatadoras

Luego del filtrado y embotellado se obtuvieron;

- Rubia 1 ⇨ 7 botellas
- Rubia 2 ⇨ 9 botellas
- Roja ⇨ 7 botellas
- Negra ⇨ 8 botellas

5.18. SEGUNDA FERMENTACIÓN (en botella)

La segunda fermentación y maduración de la cerveza se llevó a cabo en la planta piloto de la FCAI, a temperatura ambiente (aproximadamente 10-20°C), al abrigo de la luz, durante 45 días.

En este periodo la cerveza tomo espuma y amalgamo sus componentes aromáticos. Concluida esta etapa se analizó el producto terminado, obteniendo los siguientes valores de alcoholes:

- Rubia 1: 5,2 % v/v
- Rubia 2: 5,0 % v/v
- Roja: 6,0 % v/v
- Negra: 6,0 % v/v

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS SENSORIAL

6.1. CINCO PASOS PARA EVALUAR CERVEZA



Primero

Oler la cerveza para identificar el aroma característico a lúpulo o malta.

Segundo

Observar la cerveza para determinar el aspecto y la claridad.

Tercero

Degustar la cerveza para determinar sensación en boca (es liviana; media o con mucho cuerpo)

Por último

Califique su impresión general basándose en estas cuatro características: aroma; aspecto; sabor y sensación en boca.



A continuación se presenta el análisis sensorial realizado a las cervezas elaboradas,

ATRIBUTO	VALORACIÓN	Rubia 1	Rubia 2	Roja	Negra
AROMA	Muy Lupulada				
	Lupulada	✓			
	Equilibrada		✓		
	Maltosa			✓	✓
	Muy Maltosa				
COLOR	Pálida (Pale)				
	Dorada (Gold)				
	Ambar				
	Marrón (Brown)	✓	✓		
	Negra (Bock)			✓	✓
SABOR	Amarga (Bitter)				
					✓
	Equilibrada			✓	
		✓	✓		
	Dulce				
SENSACIÓN EN BOCA	Liviana				
		✓	✓		
	Equilibrada				
				✓	
	Curpulenta				✓
IMPRESIÓN GENERAL	No Agradable				
		✓			
			✓		
	Agradable			✓	✓

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

En principios se puede afirmar que es posible elaborar cerveza a partir de maíz como única fuente de almidón y enzimas amilasas que darán lugar a los azúcares fermentables. Organolépticamente se obtiene un producto de similares características a una cerveza tradicional de malta de cebada, pero libre de gluten.

Sin embargo, a lo largo de la experiencia de elaboración a escala experimental, surgieron una serie de inconvenientes. A continuación se enumeran dichas problemáticas y las soluciones propuestas;

- Las recetas inicialmente formuladas no tuvieron el resultado esperado en cuanto a los colores de los productos finales. Se esperaba obtener 2 cervezas claras o rubias, una roja y una negra y en cambio se obtuvieron 2 marrones y dos negras. En el caso de la cerveza rubia es necesario realizar más ensayos para determinar qué porcentaje de maíz tostado se debe emplear en la receta.
- Debido a la gran cantidad de almidón que contiene el maíz, y a la relación con su contenido de alfa y beta amilasas, la degradación del mismo a azúcares fermentables fue insuficiente, quedando un remanente de almidón sin degradar. A escala industrial hay que resolver este problema, ya que el inconveniente radica en la gelificación del almidón remanente, que genera problemas en la filtración, quedando flóculos durante la fermentación alcohólica y maduración del producto. Una posible solución sería incorporar enzimas amilasas durante la maceración (para compensar la cantidad de enzimas naturales del maíz) o hacer más ensayos de malteado, con más y menos días, para determinar experimentalmente el largo de brote en el cual el desarrollo enzimático es mayor.
- Durante el macerado de los granos de maíz la densidad se ve muy afectada por el remanente de almidón que no llega a degradarse y gelifica, razón por la cual no es posible estimar con exactitud el alcohol a generar por las tablas de densidad/alcohol a producir tradicionalmente utilizadas en la elaboración de cerveza. Habría que hacer el seguimiento de la maceración por otro método, por ejemplo determinando (y evaluando la disminución) del contenido de almidón, por algún método analítico cualitativo, o mediante la determinación de azúcares reductores por método de Fehling.

ANEXO 1

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- Tecnología para malteros y cerveceros. Walfgan Kunze.
- Programa de certificación para juzgar cervezas Pautas de estilos para Cerveza, Hidromiel, & Sidra Edición 2008
- <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2017/10/SafAle-S-04-2.pdf>
- <http://www.lallemandbrewing.com/wp-content/uploads/2017/03/lallemand-ts-nottingham-021317-2.pdf>
- <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5772/1/AGI-2016-T027.pdf>
- <https://celicidad.net/pruebas-de-diagnostico-de-la-celiaquia/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=XU4Np0uyIho>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays
- <https://delmaiz.info/caracteristicas/>

ANEXO 2

TAVOLA DENSIMETRO PER VINO & BIRRA
WINE & BEER HYDROMETER TABLE

POTENZIALE CONTENUTO ALCOLICO (%) POTENTIAL ALCOHOL CONTENT (%)	ZUCCHERO PER GALLONE SUGAR PER GALLON (oz)	ZUCCHERO PER LITRO SUGAR PER LITRE (oz)	(gradi) OECHSLE OECHSLE (degree)	PESO SPECIFICO (SP.GR.) SPECIFIC GRAVITY (SP.GR.)
-1.9	-	-	-20	0.980
-2.6	-	-	-15	0.985
-1.3	-	-	-10	0.990
-0.7	-	-	-5	0.995
0.0	0	0	0	1.000
0.8	2	13	5	1.005
1.3	4	26	10	1.010
1.9	6	39	15	1.015
2.6	8	52	20	1.020
3.2	10	65	25	1.025
3.9	12	78	30	1.030
4.5	15	91	35	1.035
5.3	17	104	40	1.040
5.8	19	117	45	1.045
6.4	21	130	50	1.050
7.3	23	143	55	1.055
7.8	25	156	60	1.060
8.6	27	169	65	1.065
9.3	29	182	70	1.070
9.9	31	195	75	1.075
10.5	33	208	80	1.080
11.3	35	222	85	1.085
11.8	38	235	90	1.090
12.6	40	249	95	1.095
13.2	42	262	100	1.100
13.9	44	275	105	1.105
14.3	46	288	110	1.110
14.7	48	301	115	1.115
16.0	50	315	120	1.120

TEMPERATURA
THE TEMPERATURE


°C °F

10	50
15	59
20	68
25	77
30	88
35	95

CORREZIONI PER LA LETTURA
DEL PESO SPECIFICO FINALE

CORRECTIONS TO FINAL
SPECIFIC GRAVITY READING

-0.002
-0.001
NONE
+0.001
+0.003
+0.004

 **FERRARI**® group

Viale Europa, 11 - 43022 Rosellignano - Parma (Italy) - www.ferrargroup.com

Safale S-04

Levadura seca tipo ale

Ingredientes:	Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), agente rehidratante																
Propiedades:	Cepa inglesa comercial del tipo ale muy conocida, seleccionada por su rápida velocidad de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores, hecho que mejora la limpidez de las cervezas. Esta cepa es recomendada para elaborar una amplia variedad de cervezas tipo ale y está especialmente adaptada para utilizarse en cervezas tipo ale acondicionadas en barricas o producidas en fermentadores cilíndrico – cónicos. Sedimentación: alta. Peso específico final: medio.																
Dosis:	50 g/hl a 80 g/hl.																
Instrucciones de siembra:	<p>Previamente a la inoculación, se debe rehidratar la levadura seca en un recipiente con agitación hasta formar una crema. El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de $27\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ($80\text{ °F} \pm 6\text{ °F}$). Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva de 15 a 30 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 30 minutos. Posteriormente se siembra la crema obtenida en los fermentadores.</p> <p>Alternativamente, se puede sembrar directamente levadura seca en el fermentador, asegurando que la temperatura del mosto supere los 20 °C (68 °F). Este procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en forma progresiva sobre la superficie del mosto, asegurando que la misma cubra todo el área disponible, evitando la formación de grumos. Se deja en reposo por 30 minutos y luego se mezcla el mosto, por ejemplo, utilizando aireación.</p>																
Temperatura de fermentación:	Temperatura recomendada de fermentación $15 - 24\text{ °C}$ ($59 - 75\text{ °F}$).																
Packaging:	4 unidades tipo “display” con 38 <i>sachets</i> de levadura x 11,5 g cada uno, acondicionados en caja de cartón. 20 <i>sachets</i> x 500 g. envasados al vacío, acondicionados en caja de cartón. 1 <i>sachet</i> x 10 kg envasado al vacío, acondicionado en caja de cartón.																
Almacenamiento:	Conservar en lugar fresco ($< 10\text{ °C}$ / 50 °F) y ambiente seco. Los <i>sachets</i> abiertos deben ser sellados y almacenados a 4 °C (39 °F) y utilizados dentro de los 7 días siguientes a la apertura. No deben ser utilizados los <i>sachets</i> blandos o que presenten algún tipo de daño.																
Validez:	Verificar la fecha de validez del producto que se encuentra impresa en los <i>sachets</i> . El producto almacenado bajo condiciones recomendadas posee una validez de 24 meses contando desde la fecha de elaboración.																
Análisis típicos:	<table><tr><td>% peso seco:</td><td>94,0 – 96,5</td></tr><tr><td>Células viables al envasado:</td><td>$> 6 \times 10^9$ / gramo</td></tr><tr><td>Bacterias totales*:</td><td>< 5 / ml</td></tr><tr><td>Bacterias ácido acéticas</td><td>< 1 / ml</td></tr><tr><td>Lactobacilos*:</td><td>< 1 / ml</td></tr><tr><td>Pediococcus*:</td><td>< 1 / ml</td></tr><tr><td>Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i>*:</td><td>< 1 / ml</td></tr><tr><td>Microorganismos patógenos:</td><td>En acuerdo a la regulación vigente</td></tr></table> <p>*Cuando la levadura seca es inoculada a una tasa de 100 g/hl o $> 6 \times 10^6$ células viables / ml</p>	% peso seco:	94,0 – 96,5	Células viables al envasado:	$> 6 \times 10^9$ / gramo	Bacterias totales*:	< 5 / ml	Bacterias ácido acéticas	< 1 / ml	Lactobacilos*:	< 1 / ml	Pediococcus*:	< 1 / ml	Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml	Microorganismos patógenos:	En acuerdo a la regulación vigente
% peso seco:	94,0 – 96,5																
Células viables al envasado:	$> 6 \times 10^9$ / gramo																
Bacterias totales*:	< 5 / ml																
Bacterias ácido acéticas	< 1 / ml																
Lactobacilos*:	< 1 / ml																
Pediococcus*:	< 1 / ml																
Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml																
Microorganismos patógenos:	En acuerdo a la regulación vigente																
Nota importante:	Se informa que cualquier cambio en el proceso fermentativo puede alterar la calidad final del producto. Por lo tanto, se sugiere realizar ensayos de fermentación antes de utilizar comercialmente nuestra levadura.																



TECHNICAL DATA SHEET

NOTTINGHAM HIGH PERFORMANCE ALE YEAST

Nottingham is an English style ale yeast selected for its high performance ability and versatility. Traditional styles brewed with this yeast include but are not limited to Pale Ales, Ambers, Porters, Stouts and Barleywines. Furthermore, this highly versatile yeast strain allows for tremendous creativity when brewing beers out of the regular spectrum: in addition to these traditional styles, Nottingham gives the possibility of creating styles such as Golden Ale, Kölsch, Lager-style beers, IPA, and Imperial Stout, among many others.



MICROBIOLOGICAL PROPERTIES

Classified as a *Saccharomyces cerevisiae*, a top fermenting yeast.

Typical Analysis of Nottingham Yeast:

Percent solids 93% - 97%

Living Yeast Cells $\geq 5 \times 10^9$ per gram of dry yeast

Wild Yeast < 1 per 10^6 yeast cells

Bacteria < 1 per 10^6 yeast cells

Finished product is released to the market only after passing a rigorous series of tests

*According to the ASBC and EBC methods of analysis



BREWING PROPERTIES

In Lallemand's Standard Conditions Wort at 20°C (68°F) Nottingham yeast exhibits:

Vigorous fermentation that can be completed in 4 days

High Attenuation and High Flocculation

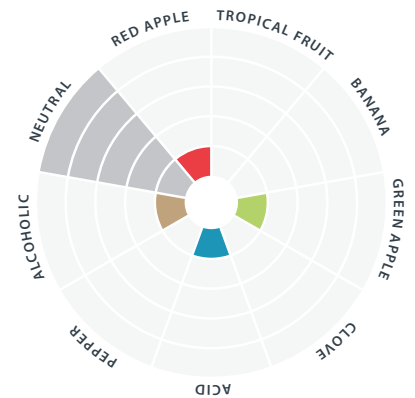
Neutral to slightly fruity and estery flavor and aroma

The optimal temperature range for Nottingham yeast when producing traditional styles is 10°C (50°F)* to 22°C (72°F) *at lower temperature it is possible to ferment lager-style beers in all-malt wort within 9 days

Fermentation rate, fermentation time and degree of attenuation are dependent on inoculation density, yeast handling, fermentation temperature and nutritional quality of the wort. *If you have questions please do not hesitate to contact us at brewing@lallemand.com*



FLAVOR & AROMA



QUICK FACTS

BEER STYLES

wide variety of ales

AROMA

fruity, estery, neutral

ATTENUATION

high

FERMENTATION RANGE

10 - 22°C (50 - 72°F)

FLOCCULATION

high

ALCOHOL TOLERANCE

14% ABV

PITCHING RATE

50 - 100g/hL to achieve a minimum of 2.5 - 5 million cells/mL



USAGE

Depending on the desired gravity of the beer, among other variables, different yeast pitching rates should be applied. For Nottingham yeast, pitching rate varies between 50 grams and 100 grams of active yeast to inoculate 100 liters of wort.

A pitching rate of 50g per 100L of wort to achieve a minimum of 2.5 million viable cells per ml

A pitching rate of 100g per 100L of wort to achieve a minimum of 5 million viable cells per ml

The pitching rate may be adjusted to achieve a desired beer style or to suit processing conditions

Nottingham has an ABV tolerance of 14%. For beers above 14%, the yeast will require a nutrient such as 1g/hL of Servomyces.

A pitching rate of 25g per 100L of Nottingham can be used in the production of Ciders.

Find your exact recommended pitching rate with our Pitch Rate Calculator in our Brewers Corner at www.lallemandbrewing.com



REHYDRATION

Rehydration of Nottingham is recommended for use, and will reduce osmotic stress on the yeast when rehydrated and pitched in liquid form. Rehydration guidelines are quite simple, and present a much lower risk of contamination than a starter, which is unnecessary with dried active yeast.

Sprinkle the yeast on the surface of 10 times its weight in clean, sterilized water at 30-35°C (86-95F). Do not use wort, or distilled or reverse osmosis water, as loss in viability will result. DO NOT STIR. Leave undisturbed for 15 minutes, then stir to suspend yeast completely, and leave it for 5 more minutes at 30-35°C. Then adjust temperature to that of the wort and inoculate without delay.

Attemperate in steps at 5-minute intervals of 10°C to the temperature of the wort by mixing aliquots of wort. Do not allow attemperation to be carried out by natural heat loss. This will take too long and could result in loss of viability or vitality.

Temperature shock, at greater than 10°C, will cause formation of

petite mutants leading to long-term or incomplete fermentation and possible formation of undesirable flavors.

Nottingham yeast has been conditioned to survive rehydration. The yeast contains an adequate reservoir of carbohydrates and unsaturated fatty acids to achieve active growth. It is unnecessary to aerate wort upon first use.

When using Lallemand Brewing Yeasts, you may repitch the yeast just as you would any other type of yeast according to your brewery's SOP for yeast handling.



STORAGE

Nottingham yeast should be stored dry below 10°C (50°F)

Nottingham will rapidly lose activity after exposure to air. Do not use 500g or 11g packs that have lost vacuum. Opened packs must be re-closed, stored in dry conditions below 4°C, and used within 3 days. If the opened package is re-vacuum sealed immediately after opening, yeast can be stored for up to two weeks below 4°C.

Do not use yeast after expiry date printed on the pack.

CONTACT US

For more information, please visit us online at www.lallemandbrewing.com

For any questions, you can also reach us via email at brewing@lallemand.com

Dos alumnas de la FCAI elaboran cerveza libre de gluten

Como proyecto final de su carrera, la tecnicatura universitaria en Enología y Viticultura

Dos alumnas de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria están trabajando en el proyecto final de su carrera y decidieron hacerlo con la elaboración de cerveza libre de gluten, o sea, apta para personas con celiaquía.

El proyecto, que corresponde a un trabajo final de la tecnicatura universitario en Enología y Viticultura, es desarrollado por las alumnas Anahí Hernández y Anahí Drapala en la planta piloto de la facultad.

Esta cerveza, de la cual podrán disfrutar también los celíacos, es elaborada únicamente con granos aptos. En el proceso también se cumplen las etapas de malteado,



Anahí Hernández y Anahí Drapala

para la etapa final del embotellamiento, tres variedades de cerveza con una graduación alcohólica cercana a la

de una cerveza industrial (entre un 4 y 5% aproximadamente).

Es para destacar el proyecto de las estudiantes, puesto que la celiaquía es la intolerancia permanente al gluten, un conjunto de proteínas presentes en el trigo, avena, cebada y centeno (TACC) y en productos derivados. Según datos de la Asociación Celíaca Argentina, al menos 1 de cada 100 argentinos -tanto niños como adultos- tiene probabilidad de padecer esta patología autoinmune.

Hay que destacar que se trata de un proyecto integrador, ya que la mayoría de las grandes empresas no producen cervezas sin TACC.

Elaboración de cerveza libre de gluten en la FCAI



Fabricarán 3 variedades con alcohol, similares a las comerciales.

Se desarrolla en la planta piloto de la institución. El proyecto, que corresponde a un trabajo final de la Tecnicatura Universitario en Enología y Viticultura, es desarrollado por las alumnas Anahí Hernández y Anahí Drapala. Esta cerveza, de la cual podrán disfrutar también los celíacos, es elabora-

da únicamente con granos aptos. Su proceso de elaboración es muy similar al método tradicional. Se cumplen las etapas de malteado, maceración, lupulización y fermentación. Se esperan, para la etapa final, del embotellamiento, tres variedades de cerveza con una graduación alcohólica cercana a la de una cerveza industrial (entre un 4 y 5 % aproximadamente). Es para destacar el proyecto de las mencionadas estudiantes, puesto que la celiaquía es la intolerancia permanente al gluten, un conjunto de proteínas presentes en el trigo, avena, cebada y centeno (TACC) y en productos derivados. Según datos de la Asociación Celíaca Argentina, al menos 1 de cada 100 argentinos –tanto niños como adultos– tiene probabilidad de padecer esta patología autoinmune. Esta clase de proyectos son integradores y ejemplificadores, puesto que la mayoría de las grandes empresas no producen cervezas sin TACC.