



**IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL
CRECIMIENTO DE LEVADURA PANADERA. CÁLCULO
DE PÉRDIDAS EN FERMENTADORES Y DEPÓSITOS
DE ALMACENAMIENTO.**

TRABAJO FIN DE MÁSTER
Curso: 2017/18

Alumna: Ana María López Lasheras
Tutor: Carlos Antonio Blanco Fuentes

Director: José María Giralda Sánchez

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)
Universidad de Valladolid

INDICE

1. RESUMEN.....	3
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1. Evolución en la producción de levadura de panificación.....	4
3.2. Factores del crecimiento de la levadura de panificación.....	5
3.3. Proceso productivo de la levadura	6
4. OBJETIVOS.....	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
5.1. Material	12
5.2. Métodos	12
5.2.1. Determinación de la cosecha de levadura del fermentador y del depósito de almacenamiento	12
5.2.2. Puntos de pérdidas de levadura.....	14
5.2.3. Parámetros que influyen en el peso del contenido del fermentador y calibración de la célula de carga del depósito de almacenamiento	15
5.2.4. Método de filtración bajo presión y de filtración a vacío para el cálculo de la cosecha de levadura.....	17
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1. Determinación de la cosecha de levadura del fermentador y del depósito de almacenamiento.....	19
6.2. Evaluación de los puntos de pérdidas de levadura.....	21
6.3. Parámetros que influyen en el peso del contenido del fermentador y calibración de la célula de carga del depósito de almacenamiento	23
6.4. Recálculo de la cosecha de levadura en fermentadores y depósitos de almacenamiento.....	25
6.5. Evaluación del método de filtración bajo presión para el cálculo de la cosecha de levadura frente al habitual	27
7. CONCLUSIONES	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	29

1. RESUMEN

En este estudio, se valora la cosecha o crecimiento de la levadura panadera *Saccharomyces cerevisiae*, en los fermentadores y depósitos de almacenamiento, con el objetivo de comprobar el rendimiento de producción, valorando diferencias de nivel entre ellos. Una vez calculadas, se analizan como posibles puntos de pérdida en el proceso: la vinaza, los restos de mosto que quedan en el fermentador y, por último, el arrastre de levadura desde el fermentador hasta el depósito. Al término de esta valoración, se detecta una pérdida de 43,11 kg, 11,62 kg y 13,44 kg de media, respectivamente. Estas cantidades representan el 12,16% del total de pérdidas

Para poder determinar correctamente la cosecha de levadura en el fermentador, se comprueba si es precisa la fórmula habitual para el cálculo del peso del mismo. Se percibe que esta fórmula subestima el peso total del fermentador en 400 kg.

Este análisis se aprovecha para revisar la calibración de la célula de carga de los depósitos de almacenamiento, constatándose desviaciones en la cuantificación de las cosechas en dos de los depósitos.

Asimismo, se estudia la posibilidad de implantar el método analítico de filtración bajo presión, para determinar la concentración de levadura, con el fin de sustituir al método actual de filtración a vacío. Los resultados de este análisis reflejan que la cantidad obtenida de levadura por el primer método es menor.

2. ABSTRACT

The present study aims to examine the harvest or growth of *Saccharomyces cerevisiae*, most commonly known as baker's yeast, in fermenters and storage tanks in order to evaluate the production performance by comparing the differences in level. After calculating the differences, possible places of loss during the process are analyzed: molasses without yeast, the residue of molasses left in the fermenter, and finally, the liquid used in the cleaning process of yeast from the fermenter to the tank. At the end of this evaluation, the results indicate a loss of 43,11 kg, 11,62 kg and 13,44 kg on average, respectively. These quantities represent 12,16% of the total loss.

In order to correctly determine the yeast harvest in the fermenter, the calculated weight of the yeast is examined. The results point out that the usual calculation formula underestimates the total weight of the harvest by 400 kg.

Another goal of this study is to check the calibration of the load cell in the storage tanks. The findings show inaccuracies in the quantification of the harvests in two tanks.

Additionally, it is considered to replace the current analytical method of vacuum filtration with pressure filtration to determine the concentration of yeast. The findings illustrated in this paper indicate that the amount of yeast that is produced by means of pressure filtration is smaller.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Evolución en la producción de levadura de panificación

Las levaduras son microorganismos unicelulares. Entre ellas destaca *Saccharomyces cerevisiae* por ser la más utilizada en la industria para la obtención de productos fermentados como el pan (Madrid, 2013).

Desde hace 7000 u 8000 años, el pan forma parte de la alimentación humana. Aunque en un principio, se trataba de una pasta no fermentada fruto de la cocción, probablemente sobre piedras calientes, de una masa de granos machacados (Malineau et al., 1995).

Se cree que los primeros que elaboraron pan fermentado fueron los egipcios (Callejo, 2002). Estos usaban una porción de la masa con la que habían elaborado el pan el día anterior. Se dieron cuenta de que dicha masa producía burbujas de aire y poseía mayor volumen y, al añadirla a la masa nueva, se obtenía un pan más ligero y sabroso (Malineau et al., 1995). Todo se debía a que en la “masa vieja” las levaduras salvajes y fermentos lácticos se habían multiplicado (Callejo, 2002).

La industria de la levadura nace en Viena en 1850, con el proceso Mautner, que utiliza como sustrato una masa elaborada a partir de cereales (Callejo, 2002).

La panificación industrial inicia un creciente desarrollo a finales del siglo XIX, gracias a que, en 1876, Louis Pasteur demuestra la importancia de airear la masa (Malineau et al., 1995) y el papel de la levadura como microorganismo responsable de la fermentación (Adrián, 1996).

En 1919, los científicos Soren Sak (danés) y Hayduck (alemán) contribuyeron al progreso de la industria de la levadura, ya que, evitan que se produzca etanol en la fabricación de la levadura de panadería *Sacharomyces cerevisiae* al inventar el “proceso Zero” (Ertola et al., 2000). En este método, a las levaduras presentes en el cultivo se las alimenta según sus necesidades, mediante un aporte gradual del azúcar a medida que las células se multiplican (Malineau et al., 1995).

En los procesos de producción, inicialmente, se empleaban granos como materia prima, pero luego se sustituyeron por melazas de remolacha más económicas y rentables, puesto que, se logran rendimientos próximos al 100% (Ertola et al., 2000). Alrededor del año 2002, se obtenía 150 kg de levadura por 100 kg de sustancia seca de melazas, según refiere Callejo (2002).

En un principio, la levadura empleada en panificación era la levadura de cerveza *Saccharomyces uvarum*. Posteriormente, se sustituyó por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, porque ofrece más ventajas (Ertola et al., 2000).

Saccharomyces cerevisiae deriva de la levadura silvestre usada en la antigüedad para fabricar vino y cerveza. Las levaduras que se utilizan en los procesos industriales son descendientes de la cepa original *Saccharomyces cerevisiae*, que, al haber sido cultivadas en laboratorio, se han ido seleccionando y mejorando (Madigan et al., 2009). Independientemente de las formas en las que se presente la levadura (prensada, seca, etc...), las levaduras producidas difieren según regiones o países, ya que, deben adaptarse a las condiciones locales de panificación. Pero, todas ellas tienen en común la necesidad de contar con un poder fermentativo regular y estable (Adrián, 1996). La producción de *Saccharomyces cerevisiae*, principalmente en forma de levadura para panificación, constituye la producción más grande de la masa de cualquier microorganismo unicelular del mundo (Di Serio et al., 2003).

3.2. Factores del crecimiento de la levadura de panificación

Entre ellos, los factores que influyen en el crecimiento de las levaduras podemos resaltar:

- Actividad de agua
Cada levadura tiene una actividad de agua (a_w) para su crecimiento. En el caso de la *Saccharomyces cerevisiae* la a_w óptima es de 0,94 (Bamforth, 2007).
- pH
El pH óptimo para el desarrollo de las levaduras es de 4,5 a 5 aunque pueden sobrevivir desde 3 a 7,5 (Madrid, 2013). La multiplicación de posibles contaminantes en los fermentadores, se evita a un pH bajo, normalmente 5. Las levaduras se adaptan bien a un pH=3 mientras que el crecimiento de bacterias está inhibido (Malineau et al., 1995).
- Temperatura
Las levaduras no soportan temperaturas por debajo del punto de congelación (Madrid, 2013), siendo 25-30°C el intervalo que permite un efectivo crecimiento (Garzón y Hernández, 2009). En el intervalo de temperatura 45-47°C mueren. Las esporas son algo más resistentes al calor, siendo necesaria una temperatura de 60-68°C durante unos minutos para destruirlas (Madrid, 2013).
- Oxígeno
Todas las levaduras son capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno (Garzón y Hernández, 2009), son anaerobias facultativas (Madrid, 2013). Con oxígeno se desarrollan más rápidamente produciendo CO₂ y agua como productos de desecho de su metabolismo. En ausencia de oxígeno crecen más lentamente produciendo etanol, agua y CO₂. Controlando la cantidad de oxígeno

disponible se puede encauzar su desarrollo en el sentido que interese (Madrid, 2013).

- El medio

La composición del medio es responsable del poder fermentativo de las levaduras, ya que, si existe carencia de vitaminas, minerales y oligoelementos, se reduce esa capacidad (Adrián, 1996; Calaveras, 2004).

Así mismo, las diferentes sustancias del medio que rodean a la célula, ejercen una presión, presión osmótica, sobre la célula de la levadura. La resistencia a los efectos negativos de la misma, varía según las cepas. El estrés osmótico puede causar una disminución en el volumen celular y puede afectar a la velocidad de fermentación, así como a la viabilidad celular (Suárez et al., 2017).

- Etanol

El alcohol actúa como inhibidor de la actividad de las levaduras, ya que, al aumentar el porcentaje de etanol en el medio de fermentación va decreciendo dicha actividad (Madrid, 2013).

La producción de alcohol es un fenómeno complejo cuyo rendimiento depende de diversos factores, como: características intrínsecas de la cepa, condiciones de aireación, concentración del inóculo, composición del medio, condiciones de fermentación, etc. (García et al., 2002).

3.3. Proceso productivo de la levadura

Callejo (2002) señala que *“el proceso por el que se obtiene la levadura de panificación consiste en el crecimiento y multiplicación de cepas seleccionadas de Saccharomyces cerevisiae de forma controlada y en condiciones óptimas, para obtener:*

- 1. Máximo rendimiento de fabricación, esto es, conseguir la mayor cantidad de biomasa posible.*
- 2. Una levadura de la mejor calidad posible con buen poder fermentativo, plasticidad adecuada y buena capacidad de almacenamiento”.*

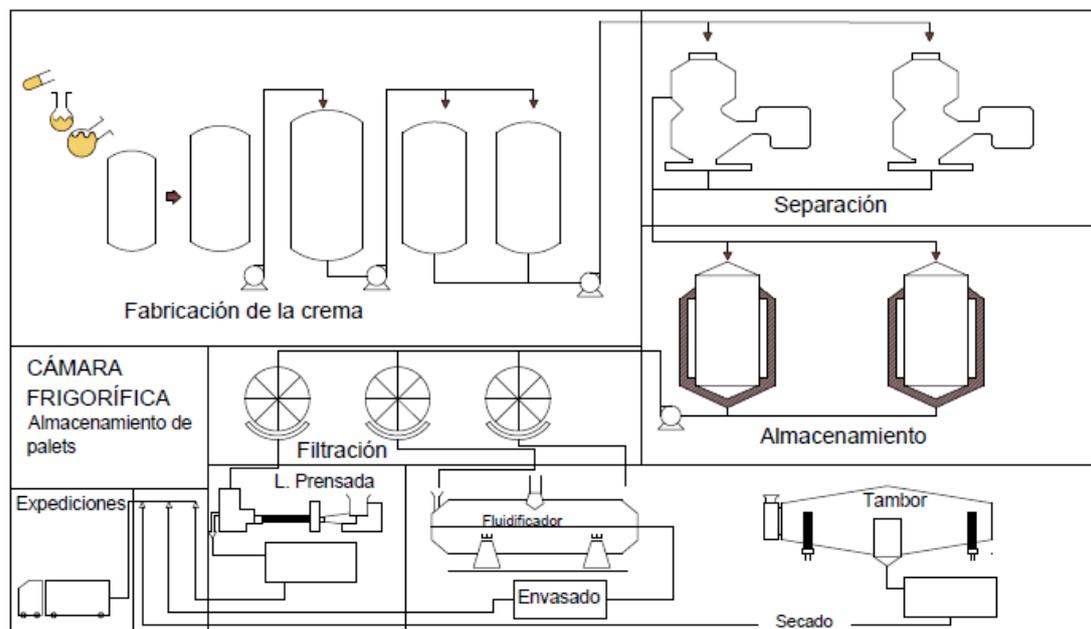


Figura 1. Esquema del proceso de fabricación de levadura (Adrián, 1996)

Las etapas de producción según Calaveras (2004) son:

1. Aislamiento de la cepa

Se debe realizar en laboratorio en condiciones de estricta esterilidad. De un banco de células se aíslan aquellas que genéticamente posean ciertas características de rendimiento: estabilidad en la multiplicación, conservación de las principales características en las células hijas y medición de su poder fermentativo.

Las cepas se conservarán refrigeradas a 4°C en solución al 10% en sacarosa, y en caso de siembra anual, se conserva en congelación a -80°C. (Calaveras, 2004; Di serio et al., 2003).

2. Preparación de las materias primas

• Melaza

La melaza es el elemento nutritivo principal en la fabricación de levadura. Posee un alto contenido de azúcar, que sirve como fuente de carbono y energía, y de minerales, vitaminas y aminoácidos, que son utilizados por la levadura (Madigan, 2009). Para mantenerla en estado idóneo, debe encontrarse a un pH constante, para lo cual, es necesario el control automático de la relación agua/melaza y del pH. La solución formada se debe someter a una preesterilización a 90°C y a una posterior centrifugación, a 6000 r.p.m., que provoca la separación de los limos.

A continuación, se procede a una esterilización bajo presión a 130°C. Este tratamiento permite eliminar las formas vegetativas de los contaminantes microbianos. Por último, se enfría a 80°C, temperatura a la que es conservada (Quaglia, 1991; Adrián, 1996)

- Aire

El aire, tras previa filtración, se inyecta en el fondo de las tinas para provocar la agitación de fermentación. En ausencia de agitación mecánica, se requieren de 10 a 12 m³ de aire/kg de levadura (Calaveras, 2004).

- Materias fosfatadas y nitrogenadas

El fósforo es asimilado por la célula en forma de iones fosfato. Las fuentes de fósforo son ácido fosfórico y fosfatos (Garzón y Hernández, 2009).

Entre las fuentes de nitrógeno orgánico que más favorecen al desarrollo de las levaduras se encuentran el amoníaco y sus sales, y la urea (Belin et al., 1995).

- Vitaminas

Según las exigencias nutricionales de cada cepa dependerán las cantidades aportadas. Ciertas vitaminas del grupo B son factores de crecimiento de la levadura. Estas son: biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina (B1), niacina (B6) y piroxidina (B6) (Adrián, 1996).

- Minerales y oligoelementos

Son necesarios para el adecuado poder fermentativo de la levadura. Entre ellos, se encuentran: potasio, sodio, magnesio, azufre, hierro, cobre y zinc. Su aporte es obligado, ya que, la melaza no cubre estas necesidades (Calaveras, 2004; Garzón y Hernández, 2009).

- Antiespumante

Necesario para abatir la espuma que se forma en la superficie del mosto de fermentación provocada por la desnaturalización de las proteínas, por la inyección de aire y la agitación mecánica (Calaveras, 2004).

3. Propagación de la levadura

Mediante secuencias de multiplicaciones celulares se obtiene la propagación de la levadura, como se observa en la Figura 2 (Callejo, 2002).

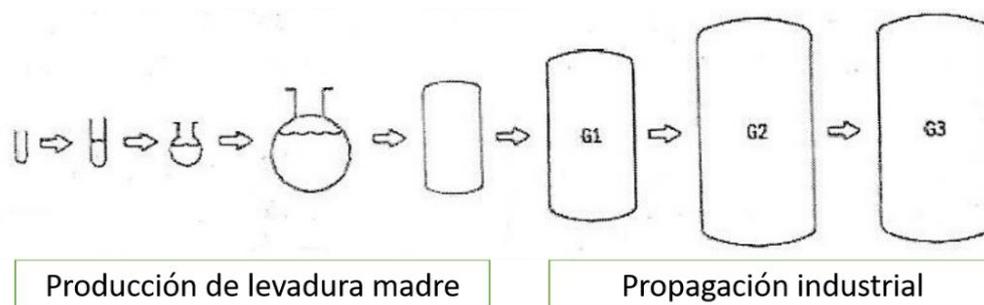


Figura 2. Secuencias de multiplicación celular desde tubo de ensayo hasta fermentadores de primera generación (G1), segunda generación (G2) y tercera generación industrial (G3) (Callejo, 2002).

Calaveras (2004), diferencia dos etapas importantes en este proceso: la producción de levadura madre y la propagación a nivel industrial, producción de levadura propiamente dicha.

- Producción de levadura madre

El principal objetivo de esta primera etapa es la producción de biomasa de levadura para sembrarla posteriormente en los fermentadores industriales.

Las primeras etapas de la propagación transcurren en el laboratorio, en medio estéril y en ausencia de aire, hasta que la cantidad de biomasa sea la suficiente para pasar al proceso industrial, el de levadura comercial.

Este tipo de fermentación comienza con el sembrado en un tubo de 10 ml de medio de cultivo a partir de un medio de agar inclinado o pico de flauta conservado en refrigeración, que se deja incubar durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, tiene lugar la inoculación de un pequeño vial en un fermentador de laboratorio denominado “minox” en condiciones de anaerobiosis forzando a la levadura a fermentar los azúcares con producción de etanol.

Posteriormente, se transfiere a un fermentador de mayor tamaño la totalidad del contenido, en condiciones asépticas. La temperatura del fermentador se regula por circulación de agua fría en su camisa doble. Al cabo de unas horas, se obtiene una cantidad suficiente de levadura que, junto al caldo de cultivo, se transfiere a un tercer fermentador.

Al medio, obtenido en unas condiciones anaeróbicas, se le irá introduciendo gradualmente aire para concluir la etapa de manera aeróbica, a través de una parrilla situada en la parte inferior interna del fermentador y por la que se insufla

el aire filtrado a presión. La aportación de aire será en cantidad limitada y en exceso de nutrientes, para que se produzca la fermentación alcohólica necesaria para la síntesis de ciertas enzimas (Calaveras, 2004).

Debido a que las reacciones de respiración de las levaduras y la degradación de los azúcares desprenden calor, se ajustará la temperatura mediante intercambiadores de placas para evitar un excesivo aumento de la misma (Quaglia, 1991). Al final de la fermentación, las células de la levadura se concentran por centrifugación obteniéndose la “crema” que será almacenada bajo refrigeración (Calaveras, 2004). Esta crema se usa posteriormente en el sembrado del fermentador G1 (Adrián, 1996).

- Propagación industrial

Esta etapa, que se inicia con el sembrado del fermentador G1, se lleva a cabo en condiciones aeróbicas. El tiempo de fermentación es aproximadamente 18 horas y permite la producción de 25 a 30 toneladas de levadura comercial a partir de 3 toneladas de levadura madre (Calaveras, 2004).

A partir de esta fase, se trabaja en modo “fed-batch”, esto es, aportando a la levadura, de forma gradual, las necesidades en azúcares para que se consuman inmediatamente. El nitrógeno y el fósforo se aportan al mismo tiempo que la melaza, mientras que los minerales y las vitaminas están presentes en el pie del fermentador (Adrián, 1996).

La cosecha obtenida sirve para sembrar G2, con el objetivo de aumentar la cantidad de células de levadura (Adrián, 1996).

En G3, la levadura adquiere un estado fisiológico y un comportamiento bioquímico que le permite responder a las necesidades del cliente:

- El ajuste de su composición bioquímica (nitrógeno, P_2O_5 , ...) del que dependerán el poder fermentativo y la estabilidad (Adrián, 1996).
- Aptitud para fermentar en condiciones específicas (Adrián, 1996).

La G3 termina con una fase de maduración, en la que la finalidad es garantizar la estabilidad de la levadura. Se trata de que sintetice el máximo azúcares de reserva y reducir las tasas de multiplicación de la levadura a un nivel muy bajo. A tal efecto, la levadura se mantiene en carencia de nitrógeno, no suministrándole más melaza, y se aumenta ligeramente la temperatura por encima de 32°C, mantenidos como media durante la producción (Adrián, 1996).

4. Separación y filtración

En estos procesos se separa la levadura en suspensión del resto de líquido resultante de la fermentación y se lava para la eliminación de sales, gomas, etc. El núcleo de equipo es una centrífuga en continuo que concentra la levadura. La crema de levadura obtenida se enfría a 7°C y se almacena en depósitos antes de ser enviada a los filtros (Calaveras, 2004).

En la mayoría de los casos, la levadura se comercializa en forma de pasta con un 30% de materia seca. Para realizar este proceso, se adiciona cloruro sódico a la crema con el fin de aumentar la presión osmótica y provocar una migración del agua hacia el exterior. La mezcla pasa por un filtro rotativo bajo vacío donde se produce una deshidratación, después se lava para eliminar el exceso de sal que es perjudicial para una buena conservación. El producto al final de esta etapa se conoce como levadura prensada (Calaveras, 2004).

5. Secado, empaquetado y distribución

La etapa de secado es opcional y depende de la forma de presentación de la levadura. El secado consiste en la extracción del agua residual de la levadura, produciendo una levadura con un porcentaje superior al 92% de materia seca. Una vez se ha extraído el agua se empaqueta en diversos formatos, en función de las diferentes formas de presentación de la levadura. Estas son: crema de levadura, levadura prensada, levadura seca activa y levadura seca instantánea (Calaveras, 2004).

Por último, se realiza el proceso de distribución que, en el caso de crema de levadura y levadura prensada, debe ser en refrigeración para bloquear el metabolismo de la levadura y evitar el crecimiento de microorganismos extraños (Quaglia, 1991).

4. OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación son:

- Calcular la cosecha de levadura panadera en los fermentadores y en los depósitos de almacenamiento para comprobar si existe diferencia de magnitud entre ambos.
- Buscar los puntos de posibles pérdidas de cosecha de levadura y cuantificar estas pérdidas.

- Comprobar el peso calculado del contenido en los fermentadores y depósitos de almacenamiento.
- Realizar un estudio comparativo de dos métodos para el cálculo de la cosecha de levadura panadera en los depósitos de almacenamiento.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Material

Para determinar la cosecha de levadura en fermentadores y depósitos de almacenamiento se emplea:

- Balanza analítica Mettler Toledo
- Crisol de placa filtrante, porosidad 5
- Instalación de vacío
- Agitador magnético y varillas agitadoras
- Estufa de secado de 105°C
- Desecador
- Equipo DCL para filtración bajo presión
- Filtros Whatman 1575
- Pinzas y material de vidrio diverso
- Agua destilada
- Levadura de panadería
- *Software* Statgraphics Centurion XVII

5.2. Métodos

5.2.1. Determinación de la cosecha de levadura del fermentador y del depósito de almacenamiento

El crecimiento de la levadura o cosecha se ha determinado para los siguientes tipos de fermentaciones habituales en fábrica:

- Fermentación tipo Normal (Nor)
- Fermentación tipo Rápida (Rap)
- Fermentación tipo Osmotolerante (Osmo)
- Fermentación tipo Especial (EPD)

Actualmente, para cuantificar la concentración de levadura se emplea el sistema de filtración a vacío, como se aprecia en las Figuras 3 y 4.



Figura 3. Sistema de filtración a vacío con varios matraces kitasatos



Figura 4. Crisoles con mosto (izqda.) y crema (drcha.) ubicados sobre sistema de filtración

Para llevarlo a cabo, se recogen alrededor de 100 ml de mosto, durante la maduración de los fermentadores y, otros 100 ml de crema de los depósitos de almacenamiento, manteniéndolos en frío. Las muestras recogidas se someten a un proceso de agitación para homogeneizar el contenido.

Se añaden en el crisol, que previamente se habrá tarado (T_1), 25 g de mosto y 10 g de crema y, se lleva al sistema de filtración a vacío. Durante la filtración, la levadura queda retenida por la placa filtrante del crisol y, una vez eliminado el líquido de la muestra, se añaden 10 ml de agua fría destilada para retirar las sales disueltas en el interior de la capa de levadura formada en el crisol.

Acabada esta segunda filtración, se retira el crisol y se lleva a la estufa de desecación a 105°C durante 7 horas. Pasado este tiempo, se deja enfriar en un desecador durante 1 hora y se pesan (T_2).

La ecuación para el cálculo de los g/kg (g de levadura seca en 1 kg de mosto o crema) de levadura expresada al 32% es la siguiente:

$$[g/kg] = \frac{(T_2 - T_1) * 1000}{PE * 0.32} \quad \text{Ec.1}$$

Siendo:

- T_1 : peso del crisol en vacío en g
- T_2 : peso del crisol con materia seca en g
- PE: peso de la muestra en g (mosto o crema)

Para el cálculo de la cosecha de levadura en el fermentador o en el depósito de almacenamiento, este resultado se multiplica por el peso del mosto del fermentador o por el peso de la crema del depósito de almacenamiento, respectivamente.

5.2.2. Puntos de pérdidas de levadura

Durante el proceso de la separación de la levadura del mosto o proceso de transformación del mosto a crema, esquematizado en la Figura 5, se detectan las posibles localizaciones de pérdida de levadura en:

1. El mosto deslevadurizado, vinaza, durante la separación
Se recoge, durante el tiempo que dura la separación, una muestra representativa del volumen producido de vinaza en cada una de las centrífugas. En la segunda centrífuga se lava con agua la crema procedente de la primera. Posteriormente, se realiza en el laboratorio la concentración de levadura para determinar la levadura que pueda contener.
2. Los restos en el fermentador que no pueden ser enviados a las separadoras
Una vez vaciado el fermentador, hay una cantidad de mosto que la bomba no es capaz de impulsar hacia las centrífugas. Este resto de mosto tiene la misma concentración de levadura que el fermentador.
3. El arrastre de levadura desde el fermentador hasta el depósito de almacenamiento
Finalizada la separación, se arrastra con agua de proceso, durante 3 min, la levadura que ocupa los circuitos desde el fermentador adentrándose en el depósito de almacenamiento, con el fin de recuperar la mayor parte de levadura. Concluido este tiempo, se abren los desagües, durante 2 min y 32 s, para eliminar los restos que hayan quedado en los circuitos con la ayuda de este agua de proceso. Aquí, se recogen muestras para determinar la concentración de levadura perdidos.

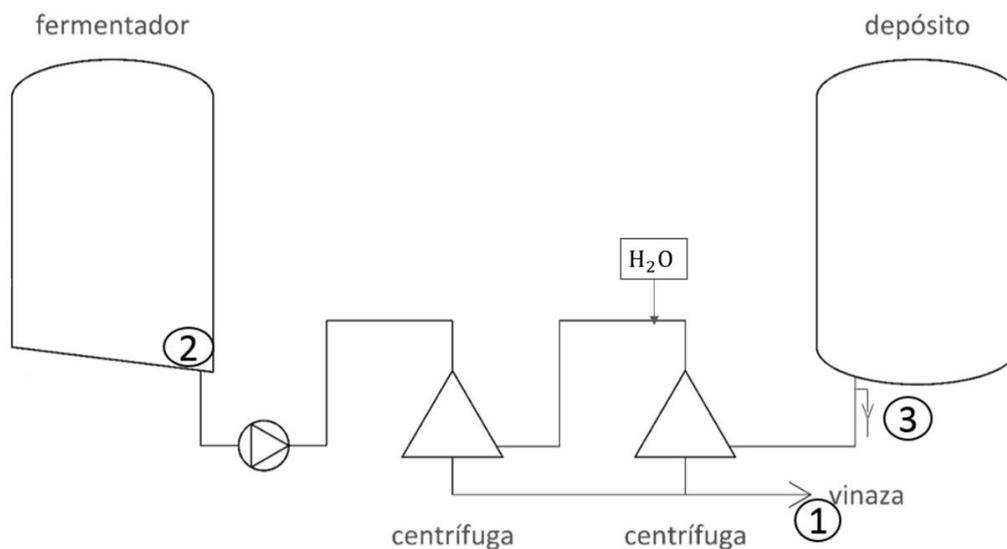


Figura 5. Esquema de la transformación del mosto a crema

5.2.3. Parámetros que influyen en el peso del contenido del fermentador y calibración de la célula de carga del depósito de almacenamiento

Se revisan todos los parámetros constructivos y electrónicos para verificar el peso del contenido del fermentador y del depósito.

5.2.3.1. Fermentador

Un fermentador posee, como se aprecia en la Figura 6:

1. Célula de carga
2. Sistema de refrigeración o serpentín
3. Aireador (interior y exterior)

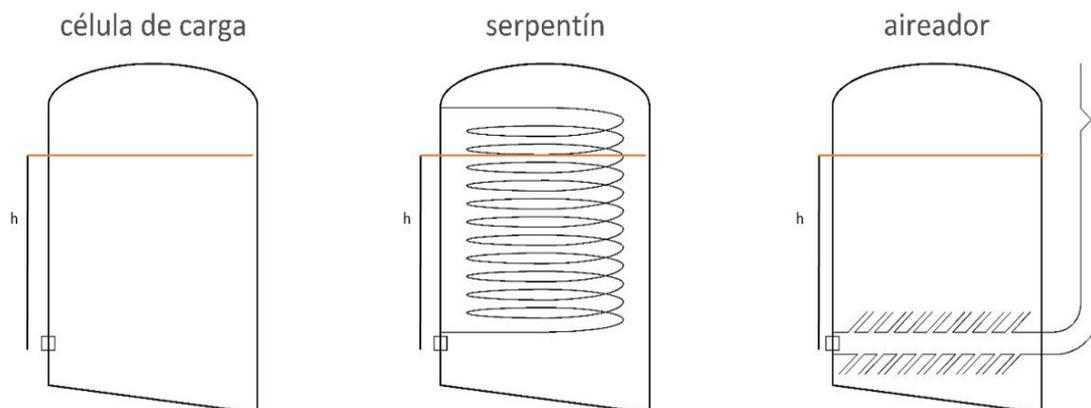


Figura 6. Partes de un fermentador (h = altura determinada por la célula de carga)

La célula de carga es un dispositivo electrónico empleado para medir el líquido del fermentador. La presión que ejerce este líquido va a producir una señal eléctrica en la

célula y, por un algoritmo a partir de la altura y dimensiones del fermentador, transforma el volumen del contenido líquido del fermentador a su peso equivalente en toneladas (t). Para verificar la calibración de la célula de carga, se llena con una cantidad conocida de agua el fermentador y se comprueba el resultado.

A causa de la posición en la que se encuentra la célula de carga, Figura 6, queda sin considerarse el peso por debajo de ella. Este peso fue valorado por la fábrica al llenar de agua el fondo del fermentador hasta la célula de carga y determinada la cantidad de agua añadida mediante un caudalímetro.

Debido a que el interior del fermentador está ocupado por el sistema de refrigeración y de aireación, se produce una interferencia en la medida del peso del contenido del fermentador por la célula de carga.

En los cálculos actuales, para determinar el peso del contenido del fermentador con una pequeña aireación, al serpentín y aireador se les ha asignado un valor de 4,56 t. A la medida determinada por la célula de carga denominada h , se le suma el fondo del fermentador y se le resta 4,56 t, tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$h(t) + fondo(t) - 4,56(t) = peso(t) \quad \text{Ec.2}$$

Ahora, para calcular correctamente esta interferencia del sistema de refrigeración y aireación, se realizan medidas en ausencia de aire, siendo h' la medida determinada por la célula de carga en estas condiciones, ya que, el mosto inunda el aireador interior y exterior. La nueva ecuación para el cálculo del peso del fermentador es:

$$h'(t) + fondo(t) + ae(t) - ts(t) = peso'(t) \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

- ae : peso del mosto en el aireador exterior
- ts : peso del serpentín cubierto por el mosto

A continuación, se explican los cálculos para valorar esta interferencia:

- Peso del mosto en el tubo de aireación exterior

Como se observa en la Figura 6, el fermentador y el aireador exterior están comunicados por su parte inferior. Al eliminar el aire, el mosto cuando esté en reposo, alcanzará el mismo nivel en ambos.

Con la altura h' , el diámetro del tubo del aireador exterior y la densidad del mosto de 1050 kg/m^3 , se calcula el peso de mosto contenido en el tubo de aireación exterior.

- Peso del serpentín que desplaza el líquido del fermentador

Desde la parte alta del fermentador, se perciben los tubos del serpentín que quedan sin cubrir por el mosto.

Conociendo el volumen total del serpentín, se puede calcular el volumen del serpentín que queda cubierto por el mosto. Teniendo en cuenta la densidad del mosto se cuantifica su peso.

5.2.3.2. Depósito de almacenamiento

Los depósitos de almacenamiento, como se advierte en la Figura 7, poseen célula de carga y agitador.



Figura 7. Partes de un depósito de almacenamiento

Para comprobar el funcionamiento de las células de carga de los depósitos de almacenamiento, el departamento de mantenimiento se encarga de verificarlas electrónicamente.

Como se aprecia en la Figura 7, en los depósitos de almacenamiento la célula de carga está dispuesta en el fondo del depósito, por lo que, no queda volumen sin estimar por debajo de ella.

5.2.4. Método de filtración bajo presión y de filtración a vacío para el cálculo de la cosecha de levadura.

Actualmente, para el cálculo de la cosecha de levadura se emplea el método de análisis de filtración a vacío con crisoles (Apartado 5.2.1.).

Se pretende comparar este método con un método de filtración bajo presión con el equipo DCL (Determinación de la Concentración de Levadura).



Figura 8. Equipo DCL cerrado (izqda.) y con torta de levadura (drcha.)

En el equipo DCL se colocan dos filtros, sobre los cuales, se retendrá la levadura en forma de torta. Cerrado el equipo, se vierten en su interior, 150 g de levadura diluidos con 150 g de agua destilada fría. A continuación, se inicia la filtración a 3,5 kg de presión y se deja filtrando durante 40 s. Una vez filtrado, se realiza un lavado con 150 g de agua fría y se mantiene durante 8 min para eliminar la totalidad del agua y producir una torta seca y friable.

Se abre el equipo, se tara un filtro y después se pesa el conjunto para determinar el peso de levadura en forma de torta. A continuación, se homogeniza la muestra, se pesan 2 g en un pesasustancias y se lleva a la estufa de desecación a 105°C durante 7 horas. Pasado este tiempo, se deja enfriar y se pesa.

La fórmula para el cálculo de la concentración de levadura expresada al 32%, en g/kg, es la siguiente:

$$[g/kg] = \frac{(P_2 - P_1) * 100 * P_{torta} * 1000}{PM * 0.32 * 150} \quad \text{Ec.4}$$

Siendo:

- P₁: peso del pesasustancias en vacío en g
- P₂: peso del pesasustancias con materia seca en g
- PM: peso de la muestra en g (los pesado en el pesasustancias)
- P_{torta}: peso de la levadura en forma de torta

El resultado obtenido con este método de filtración bajo presión se compara con los obtenidos por el de filtración a vacío.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Determinación de la cosecha de levadura del fermentador y del depósito de almacenamiento

Para la valoración de este punto, se comparan las toneladas (t) de levadura producidas en el fermentador y las recogidas en el depósito de almacenamiento, con el fin de estudiar la diferencia de magnitud.

Las tablas 1, 2, 3 y 4 que se muestran en este apartado valoran los siguientes aspectos: depósito de almacenamiento, número de análisis realizados para ese depósito en función de la programación de la fábrica, toneladas de levadura promedio en el fermentador (Levadura en mosto t), toneladas promedio de levadura en el depósito (Levadura en crema t) y la diferencia promedio, en kg, de levadura entre el fermentador y el depósito (Diferencia kg).

Los depósitos de almacenamiento que posee la fábrica tienen asignados los números 11, 12, 13, 14, 15, 21, 22 y 23. Todos estos depósitos no están analizados para cada tipo de fermentación, ya que, el almacenamiento de la crema depende de la producción de la semana. No se sigue un orden específico de almacenamiento.

Fermentación tipo Normal

En la Tabla 1, teniendo en cuenta los valores obtenidos en los análisis, se deduce que existe una diferencia de cosecha, entre los fermentadores y depósitos, de 577,68 kg.

Tabla 1. Toneladas (t) de levadura en el mosto y en la crema en la fermentación Normal

Depósito	Nº análisis	Levadura en mosto (t)	Levadura en crema (t)	Diferencia (kg)
11	2	44,49	43,81	679,47
12	2	43,74	43,06	687,73
13	2	43,46	43,28	178,78
15	1	44,27	43,24	1032,77
23	1	44,19	43,69	496,66
Total	8	43,98	43,40	577,68

Fermentación tipo Rápida

Según los resultados reflejados en la Tabla 2, se determina que los depósitos 11, 12, 14 y 23 muestran una diferencia media de 643,39 kg. Es significativa la diferencia que presentan los depósitos 21 y 22 de 1651,62 kg y 2076,13 kg, respectivamente.

Tabla 2. Toneladas (t) de levadura en el mosto y en la crema en la fermentación Rápida

Depósito	Nº análisis	Levadura en mosto (t)	Levadura en crema (t)	Diferencia (kg)
11	2	36,94	36,29	647,06
12	1	38,06	37,10	963,75
14	1	38,82	38,29	531,12
21	1	36,84	35,19	1651,62
22	3	38,86	36,78	2076,13
23	3	38,49	37,91	571,58
Total	11	38,15	37,02	1125,79

Fermentación tipo Osmotolerante

En este tipo de fermentación también se advierte que el depósito 21, cuyo valor es de 2800,26 kg, se desmarca respecto a los depósitos 12 y 15, como se constata en la Tabla 3.

Tabla 3. Toneladas (t) de levadura en el mosto y en la crema en la fermentación Osmotolerante

Depósito	Nº análisis	Levadura en mosto (t)	Levadura en crema (t)	Diferencia (kg)
12	3	37,67	37,29	382,00
15	2	38,03	37,51	516,96
21	2	38,63	35,83	2800,26
Total	7	38,05	36,94	1111,49

Fermentación tipo EPD

A continuación, en la Tabla 4, se muestran los datos de los análisis realizados.

En el depósito 21 hay una diferencia de levadura de 1755,77 kg, mientras que, en el resto de depósitos no es tan significativa esta diferencia.

Tabla 4. Toneladas (t) de levadura en el mosto y en la crema en la fermentación EPD

Depósito	Nº análisis	Levadura en mosto (t)	Levadura en crema (t)	Diferencia (kg)
11	1	39,35	38,99	360,32
13	1	38,71	38,40	311,98
14	2	37,91	37,68	228,56
21	4	38,40	36,65	1755,77
23	1	38,63	38,54	95,54
Total	9	38,46	37,54	916,45

En función de todos los valores obtenidos, se advierte que los depósitos 21 y 22 presentan, respecto a los demás depósitos, una diferencia de contenido en levadura

bastante significativa, que se encuentra en el intervalo 1700-2800 kg. Al ser una diferencia llamativa se realizó un estudio de la célula de carga de los depósitos, en el Apartado 6.3.2., para asegurar la exactitud de las medidas determinada por esta.

6.2. Evaluación de los puntos de pérdidas de levadura

Como se recoge en el Apartado 5.2.2., las pérdidas de levadura se encuentran en la vinaza, en los restos de mosto del fermentador y en el arrastre de la levadura desde el fermentador al depósito.

Para el cálculo de estas pérdidas se analiza una muestra para cada tipo de fermentación y en cada uno de los puntos citados.

Vinaza

La Figura 5 muestra que en el proceso de separación hay dos centrifugas, por lo que se determinaron valores para ambas.

En la Tabla 5 se muestra el promedio de los g/kg de levadura en la vinaza de la primera centrifuga (Vin1 g/kg) y de la segunda centrifuga (Vin2 g/kg), el peso promedio en t de la vinaza en Vin1 (PVin1 t) y Vin2 (PVin2 t), los kg promedio de levadura en Vin1 (Lev1 kg) y en Vin2 (Lev2 kg) y, el promedio total de levadura en kg en Vin1+Vin2 (Total kg).

Tabla 5. Kilogramos (kg) de levadura perdidos en la vinaza durante el proceso de separación de la levadura del mosto

Fermentación	Vin1 (g/kg)	PVin1 (t)	Lev1 (kg)	Vin2 (g/kg)	Pvin2 (t)	Lev2 (kg)	Total (kg)
EPD	0,18	157,70	28,39	0,00	84,00	0,00	28,39
NORMAL	0,23	159,60	37,21	0,00	84,00	0,00	37,21
OSMO	0,31	164,07	50,86	0,00	84,00	0,00	50,86
RÁPIDA	0,31	159,02	49,54	0,00	84,00	0,00	49,54
Total	0,27	159,88	43,11	0,00	84,00	0,00	43,11

En la vinaza de la primera centrifuga los kg de levadura perdidos son 43,11 mientras que, en la segunda, no hay pérdidas. En total se pierden de promedio 43,11 kg.

Resto del mosto del fermentador

Se detalla, en la Tabla 6, el peso promedio en kg del mosto (Peso mosto kg), los g/kg de levadura en este mosto (Levadura g/kg) y el promedio de los kg de levadura (Total levadura kg).

Tabla 6. Kilogramos (kg) de levadura perdidos en el resto del mosto del fermentador

Fermentación	Peso mosto (kg)	Levadura (g/kg)	Total levadura (kg)
EPD	62,70	180,28	11,30
NORMAL	62,70	208,68	13,08
OSMO	62,70	177,78	11,15
RÁPIDA	62,70	180,03	11,29
Total	62,70	185,36	11,62

El peso de este mosto es de 62,70 kg y se obtiene una media de 11,62 kg de levadura que se pierden en este punto del proceso.

Arrastre de la levadura desde el fermentador al depósito

El estudio de los 1443 kg del arrastre, que dura 2 min 32 s, se desglosa en tres tiempos. Durante los primeros 16 s, solo salen 152 kg de agua, por lo que, no se coge muestra, ya que, la concentración de levadura es nula; del segundo 16 al 48, sale crema diluida con un peso de 303 kg (Arr2) y; del segundo 48 hasta el final del arrastre, aparecen limos de la melaza con restos de levadura, cuyo peso es de 988 kg (Arr3).

En la Tabla 7 se muestra el promedio de los g/kg de levadura en Arr2 (Arr2 g/kg) y Arr3 (Arr3 g/kg), el peso promedio en t de Arr2 (PArr2 t) y Arr3 (PArr3 t), los kg promedio de levadura en Arr2 (Lev2 kg) y en Arr3 (Lev3 kg), y el promedio total de levadura en kg en Arr2+Arr3 (Total kg).

Tabla 7. Kilogramos (kg) de levadura perdidos que se obtienen en el arrastre

Depósito	Arr2 (g/kg)	PArr2 (t)	Lev2 (kg)	Arr3 (g/kg)	PArr3 (t)	Lev3 (kg)	Total (kg)
11	52,04	0,30	15,78	4,09	0,99	4,03	19,81
14	70,30	0,30	21,32	1,03	0,99	1,02	22,34
15	2,17	0,30	0,66	1,21	0,99	1,19	1,85
21	1,58	0,30	0,48	0,37	0,99	0,37	0,84
Total	39,28	0,30	11,91	1,55	0,99	1,53	13,44

Se detectan pérdidas de levadura en Arr2, en los depósitos 11 y 14 de 19,81 y 22,34 kg, respectivamente, más elevadas que en el resto de depósitos. Asimismo, se cuantifica que el promedio total de pérdidas es de 13,44 kg.

Después de los cálculos realizados, se determina que en el proceso de separación el total de levadura perdida es de 68,17 kg, ya que, es la suma de las pérdidas en la vinaza, 43,11 kg; en el resto del mosto de fermentador, 11,62 kg; y en el arrastre, 13,44 kg.

6.3. Parámetros que influyen en el peso del contenido del fermentador y calibración de la célula de carga del depósito de almacenamiento

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de los siguientes apartados:

6.3.1. Parámetros que condicionan el cálculo del contenido del peso del fermentador.

Para esta tarea, se realizaron 8 análisis distribuidos en los cuatro fermentadores que posee la fábrica. Se cuantificaron:

- Peso del mosto contenido en el tubo del aireador exterior
Con la altura transmitida por la célula de carga sin aire en el fermentador de 7,098 m, un diámetro de 70 cm y la densidad del mosto de 1050 kg/m³, se obtiene que el peso del mosto contenido en el tubo del aireador exterior es 2,87 t.
- Peso del serpentín cubierto por el mosto
El peso del serpentín cubierto por el mosto se determina restando al peso total del serpentín, 5,5 t, el peso del serpentín que está sin cubrir por el mosto, 0,80 t. El peso del serpentín cubierto por el mosto es 4,70 t.

Obtenidos estos datos, se comparan las ecuaciones bajo estudio:

$$h(t) + fondo(t) - 4,56(t) = peso(t) \quad \text{Ec.2}$$

$$h'(t) + fondo(t) + ae(t) - ts(t) = peso'(t) \quad \text{Ec.3}$$

En la tala 8, se muestran: los fermentadores estudiados; la medida de la célula de carga, en t, con aire (h+fondo t) y sin aire (h'+fondo t); el peso, en t, del contenido del fermentador con las ecuaciones 2 (Ec.2 t) y 3 (Ec.3 t) y la diferencia entre las ecuaciones 3 y 2 (Dif (3-2)).

Se obtiene que la media del peso del contenido del fermentador es con la primera ecuación (Ec.2) 212,18 t y, con la segunda (Ec.3), 212,59 t.

La diferencia media que existe entre ambas ecuaciones es de 400 kg. Se producen 400 kg más de mosto de lo que se valoraba anteriormente.

Tabla 8. Comparación de los resultados obtenidos con la ecuación 2 y la ecuación 3

Fermentador	h+fondo (t)	h'+fondo (t)	Ec.2 (t)	Ec.3 (t)	Dif (3-2)(t)
11	215,00	212,84	210,44	210,98	0,54
12	218,96	216,49	214,40	214,68	0,29
13	216,60	214,26	212,04	212,43	0,39
14	214,43	212,27	209,87	210,40	0,53
Total	216,74	214,42	212,18	212,59	0,40

6.3.2. Calibración de la célula de carga del depósito de almacenamiento

Para confirmar si la calibración de la célula de carga de los depósitos de almacenamiento es correcta, se procede a estudiar los pesos de los depósitos indicados por la misma. La valoración solo se realiza en un tipo de fermentación, ya que, de haber una calibración inadecuada, esta se mantendrá para el resto de tipos de fermentaciones.

La Figura 9, recoge los resultados de 138 datos de los pesos tomados en el total de depósitos utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVII.

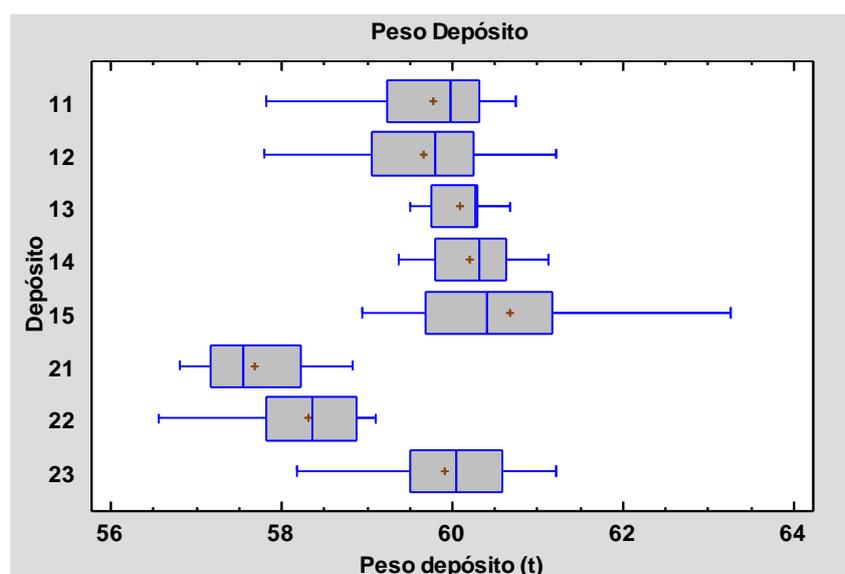


Figura 9. Peso, en toneladas (t), del contenido de cada uno de los depósitos, indicado por la célula de carga.

Se aprecia que los depósitos 21 y 22 presentan una desviación significativa. Esto parece corroborar que las células de carga de peso de los depósitos 21 y 22, no están bien calibradas.

6.4. Recálculo de la cosecha de levadura en fermentadores y depósitos de almacenamiento

Tras la comparación de las ecuaciones para el cálculo del peso del contenido del fermentador, con un aumento del mosto en 400 kg, se recalculan las cosechas de levadura de los diferentes tipos de fermentaciones. Respecto a la valoración en los depósitos, se retiran los depósitos 21 y 22, por error de calibración de la célula de carga.

En las tablas 9, 10, 11 y 12, para cada tipo de fermentación, se valoran: depósito de almacenamiento; toneladas de levadura promedio en el mosto calculado con la Ec.2 (Mosto 2 t) y con la Ec.3 (Mosto 3 t); toneladas promedio de levadura en la crema (Crema t); la diferencia promedio, en kg, de levadura entre el fermentador con Ec.2 y el depósito (Dif 2 kg); la diferencia promedio, en kg, de levadura entre el fermentador con Ec.3 y el depósito (Dif 3 kg); y el promedio de las diferencias entre Dif 3 y Dif 2 (Dif (3-2) kg).

Fermentación tipo Normal

En la Tabla 9 se registra que Dif 3 es 671,25 kg frente a los 577,68 kg de Dif 2. Existe una pérdida superior a 92,88 kg de levadura.

Tabla 9. Toneladas de levadura en el mosto, calculadas con las ecuaciones 2 y 3, y en la crema, en la fermentación Normal

Depósito	Mosto 2 (t)	Mosto 3 (t)	Crema (t)	Dif 2 (kg)	Dif 3 (kg)	Dif (3-2) (kg)
11	44,49	44,58	43,81	679,47	773,11	93,64
12	43,74	43,84	43,06	687,73	780,09	92,36
13	43,46	43,55	43,27	178,78	273,52	91,93
15	44,27	44,36	43,24	1032,77	1126,46	93,69
23	44,19	44,28	43,69	496,66	590,14	93,48
Total	43,98	44,07	43,40	577,68	671,25	92,88

Fermentación tipo Rápida

Se aprecia una pérdida adicional a 82,01 kg de levadura, ya que, existe una diferencia entre Dif 3 y Dif 2 como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Toneladas de levadura en el mosto, calculadas con las ecuaciones 2 y 3, y en la crema, en la fermentación Rápida

Depósito	Mosto 2 (t)	Mosto 3 (t)	Crema (t)	Dif 2 (kg)	Dif 3 (kg)	Dif (3-2) (kg)
11	36,94	37,02	36,29	647,06	727,03	79,96
12	38,06	38,14	37,10	963,75	1046,09	82,34
14	38,82	38,91	38,29	531,12	614,83	83,71
23	38,49	38,57	37,91	572,30	654,99	82,69
Total	38,03	38,11	37,39	643,70	725,71	82,01

Fermentación tipo Osmotolerante

En la Tabla 11, se constata que Dif 2 es 435,99 kg y Dif 3 tiene un valor de 517,07 kg, lo cual, implica una pérdida superior a la valorada en 81,09 kg.

Tabla 11. Toneladas de levadura en el mosto, calculadas con las ecuaciones 2 y 3, y en la crema, en la fermentación Osmotolerante

Depósito	Mosto 2 (t)	Mosto 3 (t)	Crema (t)	Dif 2 (kg)	Dif 3 (kg)	Dif (3-2) (kg)
12	37,67	37,75	37,29	382,00	463,00	81,00
15	38,03	38,11	37,51	516,96	598,18	81,22
Total	37,81	37,89	37,38	435,99	517,07	81,09

Fermentación tipo EPD

En este caso, la diferencia entre Dif 3 y Dif 2 es de 82,42 kg, como se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12. Toneladas de levadura en el mosto, calculadas con las ecuaciones 2 y 3, y en la crema, en la fermentación EPD

Depósito	Mosto 2 (t)	Mosto 3 (t)	Crema (t)	Dif 2 (kg)	Dif 3 (kg)	Dif (3-2) (kg)
11	39,35	39,43	38,99	360,32	444,35	84,03
13	38,71	38,79	38,40	311,98	395,19	83,21
14	37,91	37,99	37,68	228,56	309,70	81,14
23	38,63	38,71	38,54	95,54	178,13	82,59
Total	38,50	38,58	38,26	244,99	327,41	82,42

Al analizar los datos de las tablas para cada tipo de fermentación, mediante la Ec.3, se verifica que existen pérdidas entre el fermentador y el depósito de almacenamiento, y que son mayores de las calculadas con la Ec.2.

Las pérdidas, para cada tipo de fermentación, son:

- Fermentación Normal: 671,25 kg,
- Fermentación Rápida: 725,71 kg,
- Fermentación Osmotolerante: 517,07 kg,
- Fermentación EPD: 327,41 kg.

A partir de estos resultados, se obtiene una media de pérdidas de 560,36 kg, de las cuales, 68,17 kg, que representan el 12,16% de estas pérdidas, tienen lugar en el proceso de separación.

6.5. Evaluación del método de filtración bajo presión para el cálculo de la cosecha de levadura frente al habitual

Como ya se explicó en el Apartado 5.2.4., se quiere comparar el método de filtración a vacío (Crisol) con un método de filtración bajo presión (DCL). De 25 análisis realizados, se emplean solo 21 para realizar el estudio, ya que, al usar el programa estadístico Statgraphics Centurion XVII, este retira los valores que están fuera de rango.

En esta valoración se incluye otro tipo de fermentación que posee la fábrica, la fermentación Rápida LP, ya que, para determinar la posible implantación del método, se deben valorar todas las fermentaciones.

En la Tabla 13, se muestran los resultados obtenidos en cada tipo de fermentación con los métodos citados anteriormente. Los valores que se registran son: tipo de fermentación; peso promedio del papel de filtro en g (Peso Filtro g); promedio de los g/kg de levadura en DCL (Lev DCL g/kg); promedio de los g/kg de levadura en crisol (Lev Crisol g/kg); y la diferencia promedio, en g/kg, entre los métodos Crisol y DCL (Dif (Crisol-DCL) g/kg).

La diferencia entre el método de filtración bajo presión y el de filtración a vacío, se mantiene similar en todas las fermentaciones, con una media de 8,09 g/kg, excepto en la fermentación Rápida LP, que presenta una variación de 19,69 g/kg. Estos valores reflejan que la cantidad obtenida de g/kg de levadura por el método de filtración al vacío es mayor que en el método de filtración bajo presión.

En el caso de implantar el nuevo método, se quiere establecer un peso fijo para el papel de filtro. Se puede observar que el peso del papel del filtro varía desde 3,87 a 4,62 g, con un rango de 0,75, con lo cual, el peso de la torta de levadura obtenida en el equipo DCL, no sería el exacto. Igualmente, afectará al valor de los g/kg de levadura obtenidos por este método.

Tabla 13. Comparación de resultados obtenidos de levadura, en g/kg, según método de filtración bajo presión (DCL) y método de filtración a vacío (Crisol)

Fermentación	Peso Filtro (g)	Levadura DCL (g/kg)	Levadura Crisol (g/kg)	Dif (Crisol-DCL) (g/kg)
OSMO	4,53	787,07	790,95	3,88
OSMO	4,25	771,24	781,93	10,70
RAPIDA	4,28	725,23	738,03	12,80
OSMO	4,24	772,38	771,96	-0,42
OSMO	4,23	772,51	771,96	-0,54
EPD	4,34	761,45	771,91	10,46
NORMAL	4,58	821,30	831,37	10,07
RAPIDA	4,08	725,51	739,44	13,93
EPD	3,87	763,48	780,66	17,18
RAPIDA	4,15	717,42	725,57	8,15
OSMO	4,17	783,37	801,94	18,57
RAPIDA	4,1	714,84	713,41	-1,43
EPD	4,08	769,50	773,19	3,69
RAPIDA	4,11	719,56	722,32	2,75
RAPIDA LP	4,41	731,02	754,11	23,09
EPD	4,62	771,32	778,14	6,82
RAPIDA LP	4,08	734,11	750,41	16,30
NORMAL	4,3	813,82	825,93	12,11
RAPIDA	4	681,18	686,14	4,97
EPD	4,14	761,74	770,55	8,81
NORMAL	4,05	826,33	837,56	11,23
Total	4,22	758,30	767,50	9,19

7. CONCLUSIONES

- Existen diferencias de magnitud entre las toneladas de levadura producidas en el fermentador y las recogidas en el depósito de almacenamiento. Al analizarlas se concluye que:
 - En el proceso de transformación del mosto a crema hay tres puntos de pérdida de levadura, siendo estos la vinaza, restos en el fermentador y en el arrastre de levadura desde el fermentador al depósito de almacenamiento. Estas pérdidas han sido 43,11 kg, 11,62 kg y 13,44 kg, respectivamente, que supone un total de 68,17 kg de levadura en pérdidas.
 - La fórmula habitual, ecuación 2 (Ec.2), utilizada para el cálculo del peso del fermentador no es correcta, ya que, se producen 400 kg más de mosto de los valorados por el momento.

- Al recalcular la cosecha de levadura, se obtiene una diferencia de magnitud entre fermentadores y depósitos mayor de la que se estimó. Las pérdidas han sido de 560,36 kg frente a los 475,59 kg iniciales, lo que implica un 17,82% de aumento.
- Las pérdidas encontradas en el proceso de separación, representan el 12,16% del total de las pérdidas.
- El porcentaje de pérdidas no determinadas podría justificarse, en parte, con la hipótesis de que las levaduras sufran un estrés osmótico en el proceso de separación, debido a los cambios de presión en el medio.
- Los depósitos de almacenamiento 21 y 22 presentan una desviación significativa en el peso de los mismos, debido a que las células de carga están mal calibradas.
- Sería favorable la implantación de un programa estadístico que compruebe los pesos del contenido en fermentadores y depósitos de almacenamiento, para detectar desviaciones en las medidas de las células de carga y tomar las medidas oportunas.
- En la evaluación del método de filtración bajo presión para el cálculo de la cosecha de levadura frente al de filtración a vacío, la cantidad obtenida de g/kg de levadura por el segundo método es mayor que en el método de filtración bajo presión. Esto puede ser debido a que los crisoles pueden retener partículas en suspensión y se contabilicen como células de levadura. Para dar una mejor explicación y saber si se podría implantar el método de filtración bajo presión, conviene realizar más análisis.

8. BIBLIOGRAFÍA

Adrián, J. (1996). *La Panificación. Aspectos socioeconómicos, materias primas, agentes de fermentación, tecnología y calidad*. Barcelona: Montagud.

Bamforth, C.W. (2007). *Alimentos, fermentación y microorganismos*. Zaragoza: Acribia, S.A.

Belin, J.M. (1995). Las levaduras. En Bourgeois, C.M. y Larpent, J.P. (Coord.), *Microbiología alimentaria 2* (pp. 19-33). Zaragoza: Acribia, S.A.

Calaveras, J. (2004). *Nuevo Tratado de Panificación y Bollería*. Segunda Edición; Madrid: AMV Ediciones, Mundi-Prensa.

Callejo González, M.J. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Colección: Tecnología de alimentos. Madrid: AMV Ediciones.

Di Serio, M., Aramo, P., De Alteriis, E., Tesser, R., y Santacesaria, E. (2003). *Quantitative analysis of the key factors affecting yeast growth*. *Industrial & engineering chemistry research*, 42(21), 5109-5116.

Ertola, R., Yantorno, O., y Mignone, C. (2000). *Microbiología Industrial*. Organización de los Estados Unidos (OEA). Recuperado de: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/favela/Microbiologia_Industrial_Libro.pdf (05-06-2018).

García Garibay, M., Quintero Ramírez, R. y López-Mungía Canales, A. (Coord.). (2002). *Biotechnología alimentaria*. México: Limusa.

Garzón Castaño, S.C. y Hernández Londoño, C. (2009). *Estudio comparativo para la producción de etanol entre Saccharomyces cerevisiae silvestre, Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763 y Candida utilis ATCC 9950*. Universidad Tecnológica de Pereira.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, J. (2009). *Brock, Biología de los microorganismos* (8 ed.). Madrid: Prentice Hall Iberia.

Madrid, A. (2013). *Nuevo manual de industrias alimentarias* (4 ed.). Madrid: AMV Ediciones.

Malineau, M. y Arnoux, M. (1995). La fermentación del pan y de los productos de bollería. En Bourgeois, C.M. y Larpent, J.P. (Coord.), *Microbiología alimentaria 2* (pp. 57-71). Zaragoza: Acribia, S.A.

Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza: Acribia.

Suárez Machín, C., Garrido Carralero, N.A. y Guevara Rodríguez, C.A. (2017). *Yeast Saccharomyces cerevisiae and the production of alcohol*. Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Cuba