

Producción de levadura seca en secador de lecho fluidizado a escala piloto

Portilla Cuarán, Ginna Portilla ^a; Vergara Tabares, Juan Carlos ^b; Ceballos Bermúdez, Andrés ^c

^{a,b} Departamento de Ingeniería Bioquímica, Universidad Icesi, Cali, Colombia;

^c Profesor de Departamento de Ingeniería Bioquímica, Universidad Icesi

RESUMEN

La levadura seca activa (LSA), producto ampliamente utilizado en la industria, alimentación y recientemente en el área de la salud, presenta efectos adversos durante el proceso de secado. Ante esto, la implementación del secador de lecho fluidizado se presenta como una opción al permitir el uso de bajas temperaturas de secado. Aunque este equipo es utilizado en varios países, su uso en Colombia todavía no está ampliamente difundido, ya que hay pocas industrias dedicadas a la producción de levadura. Por todo lo anterior, en el presente trabajo se evaluaron los parámetros de la producción de LSA en el secador de lecho fluidizado de la Universidad Icesi. Para esto, se realizaron pruebas experimentales donde se evaluaron de manera cualitativa factores como el flujo de aire, la velocidad de alimentación, entre otras. Una vez definidos los parámetros principales, se optimizó la temperatura de salida del aire y el tiempo de secado utilizando un modelo de segundo orden para los resultados de un diseño experimental 3x4, con niveles de 30, 35 y 40 °C y 5, 20, 30 y 40 minutos respectivamente. El modelado para la humedad tuvo un coeficiente de correlación (R^2) de 97,75%, mientras que el de viabilidad fue de 75,40% lo que permitió la optimización de la humedad por debajo del 9% y con una viabilidad mayor al 65%. Se definió además un protocolo para el proceso de secado de levadura fresca. Finalmente, se evaluó la estabilidad de la LSA a condiciones gástricas para su uso como probiótico.

Palabras clave: Levadura seca activa, Secador de lecho fluidizado, Viabilidad.

1. Introducción

La levadura, *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo unicelular del grupo ascomicetos, utilizada por su capacidad de esponjar el pan, obtener etanol mediante la fermentación alcohólica y recientemente por el efecto beneficioso en la salud cuando es usado como probiótico (Vital & Larralde, 2016). Esta levadura es producida industrialmente mediante cultivo aeróbico en estrategia de lote alimentado y acondicionada posteriormente a través de operaciones de centrifugación, filtración y secado, hasta llegar al producto final como Levadura Seca Activa (LSA), con un porcentaje de humedad por debajo del 9% y con un porcentaje de viabilidad mayor al 65% (Norma Técnica Colombiana 1807). Es un producto altamente avaluado por su capacidad de mantener sus características en periodos de hasta 12 meses a temperatura ambiente (Dobbs et al., 1982), lo que supera en creces la vida útil de 40 días de la levadura fresca (Fleishmann, 2021) y los problemas asociados a su transporte y almacenamiento (Soltani et al., 2020). Por esto mismo, el proceso de secado ocupa un lugar importante dentro del proceso productivo de esta levadura.

A pesar de lo anterior, el proceso de secado tiene efectos adversos en la levadura como es la permeabilización de la membrana debido a remoción del agua intracelular, oxidación y desnaturalización de proteínas, lo que puede causar la muerte celular, afectando finalmente en la calidad del producto (Akbari et al., 2012; Soltani et al., 2020), ya que la levadura es sensible a las altas temperaturas donde la viabilidad es la principal variable afectada. Sin embargo, existe una metodología que permite el uso de bajas temperaturas de secado y que puede minimizar dichos efectos en la levadura: el secador en lecho fluidizado.

Esta tecnología es usada en gran número de aplicaciones industriales debido a su gran capacidad de carga, bajo costo de inversión y mantenimiento, fácil operación y alta eficiencia térmica. La operación consiste en reducir la

humedad de materiales sólidos haciendo uso de un flujo de aire con una velocidad apropiada para generar un movimiento vigoroso de la masa de sólido, produciendo la expansión de las partículas sólidas para aumentar el área de intercambio de masa con el aire (Díaz, 2014). De igual forma, la relativa facilidad en la adecuación de las velocidades y temperaturas de operación permiten una alta flexibilidad en los sólidos húmedos, para los que se puede emplear la biomasa de microorganismos, como la levadura fresca, que son sensibles a altas temperaturas.

Aunque este equipo es utilizado en varios países para el secado de levadura, su uso en Colombia todavía no está ampliamente difundido, ya que hay pocas industrias dedicadas a la producción de este microorganismo (Riveros, 2007). Se sabe que las primeras empresas biotecnológicas de Colombia surgen en 1996 en actividades de biología molecular y que posteriormente incursionaron en la micropropagación de cultivos y en el desarrollo de levaduras. De modo que a partir del 2010 se generaron más solicitudes de patentes en biotecnología industrial (76%) pero que comparados con otros países latinoamericanos es relativamente bajo, pues presenta el menor número de solicitudes por cada millón de habitantes. Esto genera la necesidad de verificar la información relacionada a la operación del secador de lecho fluidizado para ser parte de la visión del país al 2032 que es ser reconocidos como líderes en desarrollo, producción y exportación de productos de alto valor agregado (Espinoza et al., 2017).

Por lo anterior, y en búsqueda de aprovechar que la Universidad Icesi cuenta con dicho equipo, se propone evaluar los parámetros para la producción de LSA, *Saccharomyces cerevisiae*, en el secador de lecho fluidizado. Así pues, se evaluaron los parámetros principales del secado de la levadura fresca y luego se optimizó la temperatura de salida del aire y el tiempo de secado para garantizar la máxima viabilidad, por encima de un 65%, manteniendo una humedad entre 6% y 8%, parámetros sugeridos por la NTC-1807. Al final, se evaluó la estabilidad de la LSA a condiciones gástricas.

2. Materiales y métodos

2.1. Levadura

Se utilizó levadura fresca marca Fleischmann con una humedad inicial de 67% y una viabilidad de 99,8%.

2.2. Secador

Se utilizó un secador de lecho fluidizado diseñado por DIDA CONTROL SAS (Ver Fig. 1) con un volumen de 100L y una masa máxima de cargue inicial de 3kg.

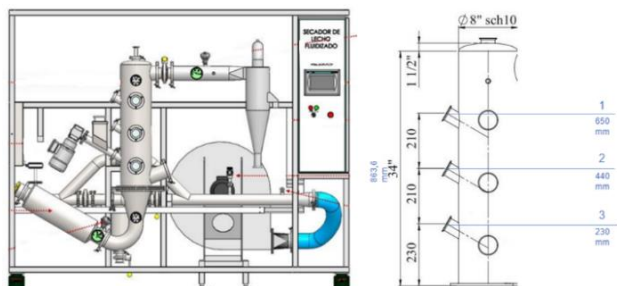
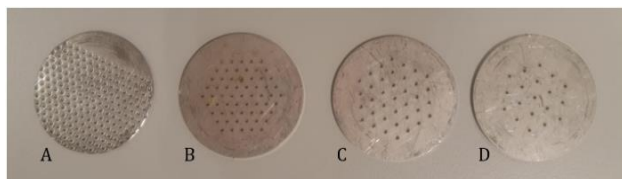


Figura 1. (a) Izquierda) Secador de lecho fluidizado. El ventilador centrífugo permite la entrada de aire seco (69,99% humedad relativa) al sistema, el cual pasa por una sección de calentamiento en donde alcanza la temperatura deseada y pasa a la cámara de secado en donde está el lecho. Después de pasar por la cámara de secado el aire cargado de humedad se dirige por la tubería de conducción hasta el ciclón en donde se separan las partículas pequeñas del aire de salida para evitar la contaminación del ambiente de trabajo (Riveros, 2007). (b) Derecha) Alturas de alimentación a la sección de secado respecto al soporte del material a secar.

2.3. Evaluación de las condiciones de secado

Se realizaron 13 pruebas experimentales para la producción de LSA (200g aprox.) en el secador de lecho fluidizado de la Universidad Icesi. En los experimentos se evaluó la altura de alimentación entre 1 y 2 (Fig. 1), el tipo de malla a final del extrusor (Fig. 2), la velocidad de alimentación de 10 y 40 g/min y el flujo de aire entre 130 y 180 pies cúbicos por minuto, cfm, respecto a cómo se forma la fluidización. Además, se estudió las temperaturas de salida del aire de 30 a 60°C y los tiempos de secado desde el minuto 0 hasta los 80 de forma cuantitativa con los datos de viabilidad y



humedad.

Figura 2. Piezas de extrusión. Tamaño de la pieza 3.4 cm. Tamaño de poro: 1mm. Número de poros: A: 200 aprox., B: 61, C: 37, D: 19.

2.4. Optimización de las condiciones de secado

Una vez definidos los parámetros principales del proceso, se pasó a optimizar la temperatura de salida del aire y el tiempo de secado, para lo que se utilizó un modelo de superficie de respuesta basado en un diseño experimental 3x4 donde los niveles para la temperatura fueron 30, 35 y 40 °C y para el tiempo fueron 0, 5, 20, 30 y 40 min, con una réplica. Las variables de respuesta fueron la viabilidad y la humedad de la LSA, parámetros críticos la calidad del producto. Los datos que se obtienen sirvieron de base para la generación de un modelo de regresión cuadrático (Ec. 1)

en el software de análisis estadístico Minitab y se optimizaron los dos factores evaluados para maximizar la viabilidad, por encima de un 65%, manteniendo una humedad entre 6% y 8%, parámetros sugeridos por la NTC-1807.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j$$

Ecuación 1. Ecuación general para modelo de regresión de segundo orden donde X es el factor evaluado y β es el coeficiente que describe el impacto del factor en la variable de respuesta.

2.5. Evaluación de la estabilidad de la LSA a condiciones gástricas

Para la medición de la estabilidad de la LSA a condiciones gástricas se utilizó la metodología de Durand & Panes (2002) modificada de la siguiente manera:

Se suspendió 1g de LSA en 50 mL de solución salina al 0.9% p/v. Una vez homogenizada esta solución se llevó a baño maría a 37°C por 10 minutos. La suspensión generada se utiliza para la elaboración de 5 unidades experimentales por duplicado, con un total de 10 tubos de ensayo de 5mL de solución. Cada tubo de ensayo se centrifugó a 4500 rpm por 4 minutos a 20°C para retirar el sobrenadante. El proceso a condiciones gástricas se realizó en un intervalo de 2 horas para analizar la variación de la viabilidad. Se adicionó 5mL de HCl al 0,1M a cada ensayo y después de ser homogenizados se llevaron al baño maría a 37°C. Cada ensayo se sacó según el tiempo de rotulación (0, 30, 60, 90, 120 min). Para detener la simulación se centrifugaron a las mismas condiciones anteriormente descritas y se retira el sobrenadante para ser reemplazado con 5ml de solución de buffer fosfato al 0.1M con un pH 7.0. Finalmente, se determinó las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para lo cual se tomó 10 μ L de la muestra para realizar la dilución en serie en un tubo Eppendorf para un volumen total de 1mL y según la dilución se sembró 100 μ L en las cajas Petri con medio PDA.

2.6. Mediciones

2.6.1. Viabilidad

La viabilidad celular se midió utilizando el método de tinción de azul de metileno (0.025 % p/v) en cámara de Neubauer (Griffin et al., 2008).

2.6.2. Humedad

La humedad se midió en termobalanza (MA-160 de Sartorius) a 135°C hasta que el peso permaneció invariable.

3. Resultados y Análisis

El factor clave al secar la levadura fresca es reducir el contenido de agua a un nivel suficiente para aumentar la vida útil y evitar cualquier daño al microorganismo que reduciría su viabilidad, ya que es indeseable desde la perspectiva de la calidad del producto (Soltani et al., 2020). Teniendo esto en cuenta, para la obtención de LSA, se evaluaron diferentes factores respecto a cómo se forma la fluidización (Datos no mostrados). Dichos resultados permitieron llegar al diseño de experimentos con un proceso de secado estandarizado, ya que nunca se había desarrollado un protocolo (ver Anexo 1) del paso a paso del secado de la levadura fresca en el secador de lecho

fluidizado del Departamento de Ingeniería Bioquímica. Los datos obtenidos (Fig. 3) se utilizaron para la optimización de la temperatura de salida del aire y el tiempo de secado cumpliendo con la NTC-1807. Finalmente, se evaluó la estabilidad de la LSA a condiciones gástricas con el objetivo de probar su uso como probiótico.

El objetivo de las pruebas fue encontrar el conjunto de condiciones que aseguraran la formación del lecho fluidizado. Para esto, se determinó que el puerto 1 (ver Fig. 1b) propicia la formación del lecho fluidizado en tanto que hay una mayor distancia entre la salida del material y la base del secador durante el cual se puede generar el fraccionamiento de los fideos o espaguetis de levadura fresca generados por su salida a través del extrusor, ya sea por acción del aire que fluye en dirección contraria a su caída o por las interacciones que tiene con los fideos de levadura aledaños. También se determinó que la pieza de extrusión más adecuada es la "a" respecto a las demás (ver Fig. 2), ya que su gran cantidad de poros promueve la interacción entre los fideos de levadura que salen de la tolva de alimentación promoviendo su ruptura, lo que resulta importante para la formación del tamaño de partícula adecuada para el proceso de fluidización. De igual forma, se definió la velocidad de alimentación en 40 g/min, correspondiente a la velocidad de rotación del motor de alimentación de 60 Hz, puesto que permite la formación de este fenómeno; las velocidades menores a esta hacían que el secado de la levadura no fuera homogéneo y se formarían agregados de mayor tamaño, reduciendo la posibilidad de la formación del lecho fluidizado.

El flujo de aire, por su parte, fue una de las principales variables de las que dependió la formación del lecho fluidizado, puesto que su valor permitió la elevación del material por encima de la base del secado, aumentando el área de transferencia entre las partículas de levadura y el aire. El rango en el que se manejó esta variable se encuentra entre 130 y 170 cfm, ya que no puede mantenerse constante durante el proceso de secado pues las características de las partículas de levadura varían en el tiempo. Es decir, inicialmente cuando la humedad de la levadura es del 69% se requiere de un mayor flujo de aire (170cfm) para incorporarlas al lecho, alrededor de unos 15 minutos, donde su peso comienza a disminuir y resulta necesario disminuir el flujo de aire (130cfm) evitando así el arrastre del material a través de la tubería de salida.

Al mismo tiempo se evaluó el rango de temperaturas de salida del aire y de tiempo de secado cualitativamente. Se realizaron pruebas a 45 y 60 °C por 80 minutos en las que se obtuvieron productos de un color pálido, característico de la levadura, con una viabilidad por debajo del 50% y una humedad menor al 4%. Esto coincide con los resultados obtenidos por Soltani et al. (2020) que indican que temperaturas superiores a 40 °C son perjudiciales para la levadura, ya que su supervivencia disminuye rápidamente debido a la desnaturalización de proteínas. Por otra parte, las pruebas tuvieron una duración de 80 minutos donde se tomaron muestras cada 10 minutos, en las que se determinó que el porcentaje de humedad no variaba significativamente después de los 40 minutos de operación mientras que su viabilidad si lo hacía de forma significativa.

De lo anterior se determinaron, entonces, los niveles de los dos factores a evaluar (temperatura de salida del aire y tiempo de secado) definiéndose así un diseño experimental 3x4, los datos obtenidos se muestran en la Figura 3. Se puede observar que la humedad "a" después de los 30

minutos varía muy poco y que a temperaturas de 35 y 40°C la humedad está por debajo del 10%. Por otra parte, la viabilidad "b" disminuye después de los 20 minutos independientemente de la temperatura, sin embargo, a 30°C la pérdida de viabilidad es menor respecto a la de 40°C. Aunque la temperatura de salida del aire a 40°C permite el porcentaje de humedad deseado si afecta al microorganismo después de 30 minutos de secado; mientras que a 30°C la viabilidad no disminuye drásticamente con el tiempo, pero la humedad está por encima del 10%.

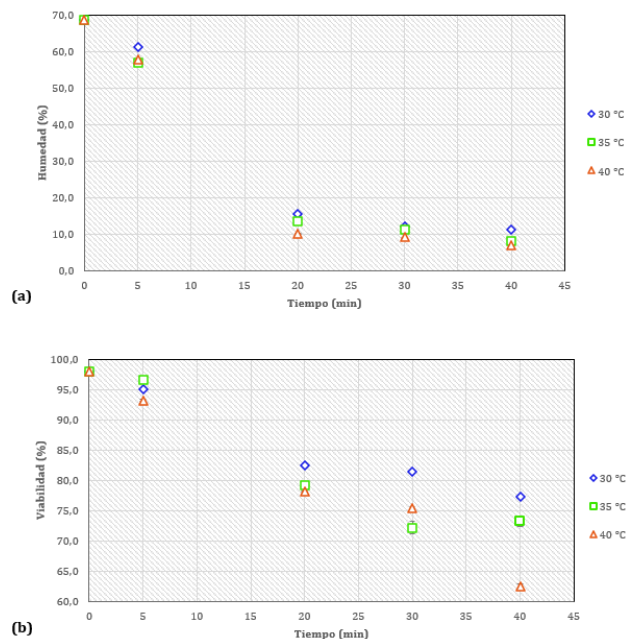


Figura 3. (a) (Superior) Datos de humedad respecto al tiempo para diferentes temperaturas de operación. (b) (Inferior) Datos de viabilidad respecto al tiempo para diferentes temperaturas de operación.

El modelo cuadrático se generó a partir de los datos obtenidos en el diseño experimental, software de análisis estadístico Minitab, para la viabilidad (Ec. 2) y humedad (Ec.3) respecto el tiempo de secado y la temperatura de salida del aire. Además, se generaron los gráficos de superficie (Fig.4) donde se puede ver en la Figura 4.a que el factor que más afecta la humedad es el tiempo de secado mientras que en la Figura 4.b los dos factores influyen en la viabilidad de la levadura. A partir de este modelado se optimizaron las variables de respuesta con el objetivo de cumplir con los requisitos fisicoquímicos de la NTC-1807 donde se puede obtener una viabilidad del 74.53% y una humedad del 6.99% con una temperatura de salida del aire de 34.6°C por 31,9 minutos de secado.

$$Viabilidad = 1.11 - 0.0075T + 0.00060t + 0.00012T^2 + 0.000093t^2 - 0.000320Tt$$

Ecuación 2. Modelo de regresión de segundo orden para la viabilidad en función del tiempo (t) y la temperatura (T).

$$Humedad = 0.994 - 0.0144T - 0.03590t + 0.000180T^2 + 0.000574t^2 - 0.000074Tt$$

Ecuación 3. Modelo de regresión de segundo orden para la humedad en función del tiempo (t) y la temperatura (T).

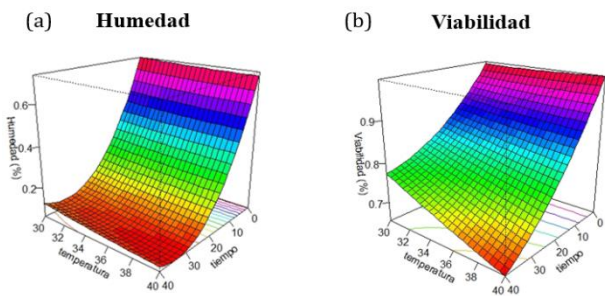


Figura 4. (a) (Izquierda) Modelo para la humedad respecto al tiempo y la temperatura de operación ($R^2 = 0.9775$). (b) Modelo para la viabilidad respecto al tiempo y la temperatura de operación ($R^2 = 0.7540$)

Una de las variables que hay que tener en consideración sobre los datos obtenidos de la optimización es el coeficiente de correlación (R^2) de los modelos generados con los datos de secado. Si bien para el modelo de la humedad se tiene una buena predicción de los valores reales con el modelo, el pequeño valor del coeficiente de correlación para el modelo de viabilidad genera que, al menos para esta variable, el resultado de la optimización no sea tan confiable. Esto se corrobora con el resultado del proceso de secado realizado a las condiciones óptimas determinadas anteriormente, para las que se obtuvo una humedad del 7.70% y una viabilidad del 67.06%, lo que indica un error del 10% para ambas variables contra sus respectivas predicciones.

La Figura 5 muestra la diferencia entre la levadura fresca “A” y la levadura seca “B” donde se puede observar que el color es diferente de forma que la fresca es más clara respecto a la seca. También se puede decir que su textura es diferente, ya que la fresca es suave y fácil de desmenuzarse mientras que la seca es dura y se presenta en muchas partículas de diferente forma y tamaño. Microscópicamente se observó una disminución del tamaño de las células después del proceso de secado, lo que corresponde con el estado de anhidrobiosis al que entra la levadura para poder sobrevivir a largos periodos sin agua. Rapoport et al, (2019) explica este fenómeno principalmente porqué la disminución del tamaño celular que se debe a una reacción protectora de la membrana plasmática, la cual se pliega fuertemente disminuyendo considerablemente el volumen y la superficie celular.

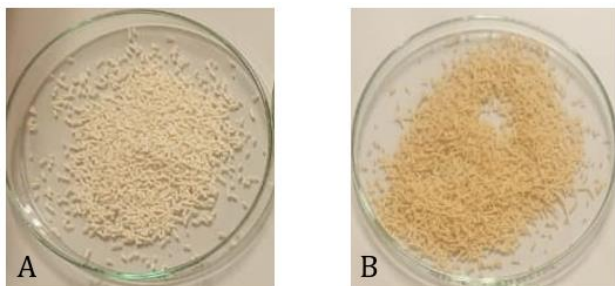


Figura 5. (A) Levadura fresca (B) Levadura seca activa, después de 35 minutos de secado.

La LSA tiene muchos usos industriales, pero recientemente como probiótico, ya que cumplen diferentes funciones en el hospedero como es la liberación de metabolitos que previenen el crecimiento de patógenos y regulan la movilidad intestinal. En los animales mejora el estado de salud lo cual produce mejor digestibilidad, ganancia en peso y mayor índice de conversión alimentaria (Gutiérrez et al., 2013). Con el objetivo de probar dicha información se evaluó la estabilidad de la LSA, mediante una simulación a las condiciones gástricas por 2 horas donde se determinó las UFC cada media hora. Los resultados se muestran en la Figura 6, donde se observa que el tiempo de exposición tiene un mayor efecto sobre la viabilidad de las células, ya que a la hora de ser expuesto a un pH de 1.6 hubo una disminución del 39%, y después de dos horas ya había una disminución de la viabilidad del 77%. Esto se acerca a lo que manifiesta Suárez (2019) que cuando la levadura pasa a través del tracto gastrointestinal donde se ve expuesta a un pH inferior a 2 por una hora o más su tasa de efectividad se reduce a un 75% debido a que el microorganismo muere.

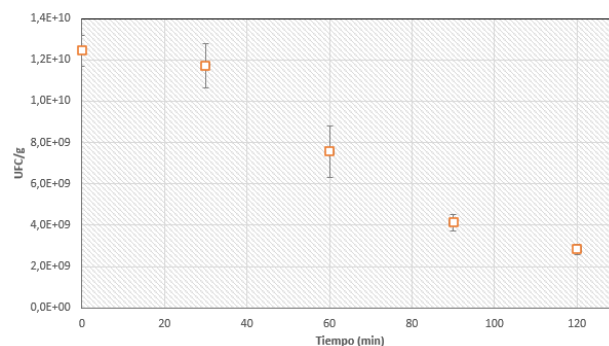


Figura 6. Efecto de condiciones gástricas en levadura seca.

4. Conclusiones

El procedimiento realizado en el presente trabajo funge como precedente para futuros procesos y prácticas de secado de la levadura empleada en secador de lecho fluidizado al generar un protocolo de secado, determinar una metodología de determinación de condiciones óptimas de operación y dilucidar el comportamiento de sus propiedades a través del proceso de secado. En relación con esto, se encontró que, partiendo de una levadura fresca con viabilidad de 99.8% y humedad del 67% se lograba una LSA que cumplía con los requisitos de humedad y viabilidad indicados en la NTC 1807 si se empleaba una temperatura de salida del aire de 34.6 °C durante un periodo de 31.9 minutos, siendo el tiempo de secado la variable que más afectaba. Por último, el presente estudio hace una incursión en la aplicabilidad de la LSA como probióticos al identificar el comportamiento de la viabilidad de este producto respecto al tiempo de exposición a condiciones gástricas, lo que puede servir como referencia al evaluar la estabilidad de levadura microencapsulada, suplementada o fortificada a las mismas condiciones.

5. Anexo 1

5.1. Protocolo de la producción de levadura seca activa en secador de lecho fluidizado

5.1.1. Montaje

1. Se coloca 1000g de gel de sílice en el desecador previamente secada en el horno de convección a 130°C por 24 horas.

2. Se escoge el extrusor que tiene 200 poros aproximadamente y una distancia muerta de 8mm (Fig.2.A).
3. Se monta el tornillo sin fin en primer puerto de alimentación (Fig.1.b).

5.1.2. Carga

4. Se pesan 250g de levadura fresca marca Fleischmann.
5. Se tritura manualmente la levadura y se dispone en la tolva de alimentación.
6. Se aumenta paulatinamente el flujo de aire desde 50 cfm hasta 180 cfm.
7. Se enciende el control de temperatura de salida del aire a 30°C.
8. Una vez se alcance la temperatura de salida del aire se activa el control del dosificador en 60hz que permite que la levadura pase por el extrusor fino a una tasa de 50 g por minuto aproximadamente.
9. El tiempo de secado se considera desde el momento en el que comienza a salir el material a través del extrusor por 40 minutos.

5.1.3. Descarga

10. Se cambia el saco del separador para recolectar la LSA.
11. Se aumenta la velocidad del ventilador al máximo, 60Hz, con lo que la LSA es arrastrada por la corriente de aire y recolectada en el saco.
12. Se detiene el control de temperatura de salida del aire.
13. Se disminuye paulatinamente la velocidad del ventilador hasta 5 Hz para apagarlo.
14. Finalmente se realiza la limpieza del equipo en sitio.

6. Bibliografía

1. Akbari, H., Karimi, K., Lundin, M., & Taherzadeh, M. (2012). Optimization of baker's yeast drying in industrial continuous fluidized bed dryer. *Food and Bioprocess Technology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.12.005>
2. Díaz, A. (2014). ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA AGLOMERACIÓN DE PARTÍCULAS EN UN LECHO FLUIDIZADO. *Técnicas energéticas*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/44310631.pdf>
3. Dobbs, A., Peleg, M., Mudgett, R., & Rufner, R. (1982). Some physical characteristics of active dry yeast. *Powder Technology*, 32(1), 63-69. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0032-5910\(82\)85007-9](https://doi.org/10.1016/0032-5910(82)85007-9)
4. Durand, H., & Panes, J. (2002). Procedimiento de producción de partículas que contienen microorganismos vivos recubiertos (2 306 707). OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS.
5. Espinosa, M., Esteves, C., Moreno, J., & Escalante, F. (2017). Panorama Actual de la industria Biotecnológica en México. PROMEXICO. Recuperado de <https://ethic.com.mx/docs/estudios/Panorama-Biotecnologia-Mexico.pdf>
6. Fleischmann, Colombia. (2021). Levadura fresca. Recuperado de <https://www.fleischmanncolombia.com.co/Productos/Levadura.html>
7. Griffin, D., Gainer, J., & Carta, G. (2008). Asymmetric Ketone Reduction with Immobilized Yeast in Hexane: Biocatalyst Deactivation and Regeneration. *Biotechnology Progress*. Recuperado de <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1021/bp0100023>
8. Gutiérrez, L., Montoya, O., & Vélez, J. (2013). Probióticos: una alternativa de producción limpia y de remplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal. *Producción + limpia*. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/444/217>
9. NTC-1807. (1982). INDUSTRIA ALIMENTARIA LEVADURA PARA PANIFICACIÓN. Norma Técnica Colombiana. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/53743173/NTC-1807-Levadura-Para-Panificacion>
10. Rapoport, A., Golovina, E., Gervais, P., Dupont, S., & Beney, L. (2019). Anhydrobiosis: Inside yeast cells. *Biotechnology Advances*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.003>
11. Riveros, J. (2007). SECADOR CONVECTIVO EN LECHO FIJO Y FLUIDO PARA MATERIALES GRANULADOS. (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Colombia.
12. Soltani, B., McClure, D., Oveissi, F., Langrish, T., & Kavanagh, J. (2020). Experimental investigation and numerical modeling of pilot-scale fluidized-bed drying of yeast: Part B — Viability measurements and modeling. *Food and Bioprocess Technology*, 119, 195-205. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.11.005>
13. Suárez, E. (2019). Microencapsulación de levadura *Saccharomyces cerevisiae* como fuente de probióticos (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Ambato, Ecuador.
14. Vital, P., & Larralde, C. (2016). Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial. *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*. Recuperado de [https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/674446178012/html/index.html#:~:text=Algunas%20c%C3%A9lulas%20de%20Saccharomyces%20cerevisiae,las%20prote%C3%ADnas%20HSP104%20\(HSP%2C%20prote%C3%ADna](https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/674446178012/html/index.html#:~:text=Algunas%20c%C3%A9lulas%20de%20Saccharomyces%20cerevisiae,las%20prote%C3%ADnas%20HSP104%20(HSP%2C%20prote%C3%ADna)

