

Propuesta de un plan de mejora para la producción de levadura en la Universidad Icesi

Luz Maria Montilla Prado, Lizeth Stefanía Osorio Vanegas

¹Departamento de Ingeniería, Universidad Icesi, Cali, Valle del Cauca. Colombia

Abstract

El presente proyecto abordó como propósito la realización de un diagnóstico y propuesta de un plan de seguimiento para el proceso de producción de levadura de la planta piloto de la Universidad Icesi. Esta, en uso desde el 2018, ha sido un espacio para el diseño e implementación de diferentes procesos de transformación bioquímica que busca la obtención de productos de valor agregado, en el caso del presente estudio se aborda el proceso fermentativo de la levadura.

El desarrollo del proyecto de producción de levadura inició a partir del año 2021, los avances e investigaciones a su alrededor permitieron identificar nuevas necesidades dentro de los procesos y procedimientos asociados a la fermentación, pues deben garantizarse características de calidad mínimas como la inocuidad de la levadura, su morfología, el porcentaje de células vivas y el porcentaje de sólidos. Por tanto, se realizó la recopilación de información asociada al proceso, y se documentó la evolución que ha experimentado en el tiempo a partir de un protocolo de documentación establecido dentro de la Universidad Icesi, finalmente se generó un plan de seguimiento y control, estableciendo formatos que faciliten inspecciones internas y periódicas tanto del producto como de los procedimientos, en pro de la mejora del proceso y para promover el cumplimiento de las características de calidad establecidas dentro de los laboratorios y la planta piloto.

PALABRAS CLAVE: Levadura, Producción de Levadura, Calidad, Fermentación

1. Introducción

Las levaduras son microorganismos utilizados por los seres humanos desde la antigüedad debido a su capacidad fermentativa, estos son de gran importancia y con el tiempo la demanda de su producción ha incrementado, pues son utilizadas en numerosos campos, desde la biorremediación hasta aplicaciones médicas y farmacéuticas (Pérez et al., 2015). El impacto que ha adquirido su producción ha generado la necesidad de que los procedimientos asociados a este proceso tengan un seguimiento constante, pues debe garantizarse el cumplimiento de unas características mínimas de calidad como la viabilidad celular y el porcentaje de sólidos suspendidos.

En contraste, el proyecto enfocado en el proceso productivo de la levadura realizado en la planta piloto de la Universidad Icesi, al ser un proceso reciente,

presenta carencias en el seguimiento de la calidad de los productos y procedimientos. En consecuencia, no existe un registro detallado de las fallas y ajustes que ha experimentado el proceso, en estos se encuentran la contaminación de la fermentación debido a la falta de monitoreo en la temperatura de esterilización de la melaza y de históricos que permitiese la revisión de esta en las fermentaciones previas, las problemáticas para mantener la temperatura en el rango deseado, entre otras complicaciones que ha experimentado.

Estas complicaciones han afectado la calidad de la levadura obtenida, provocando una mayor variabilidad en el proceso, generando reprocesos y con ello reduciendo la productividad global.

De acuerdo con esto es fundamental realizar un diagnóstico del proceso actual, con el fin de determinar las falencias dentro del proceso, y con ello formular una

guía de seguimiento dentro de las prácticas existentes que faciliten la supervisión de la calidad, pues esto favorece la disminución de errores y pérdidas en la producción e incrementa la eficiencia, permitiendo una constante evaluación del desempeño global. (Burgos, 2016)

Por lo anterior, el propósito de este estudio es brindar un diagnóstico sobre el estado del proceso productivo de la levadura, realizando entrevistas con los encargados del proceso que permitan profundizar sobre las problemáticas que este ha experimentado. Se busca documentar y dejar un registro de la evolución del proceso con el propósito de facilitar el intercambio de información a los interesados sobre las modificaciones en los controladores, sensores, actuadores y condiciones operativas. Finalmente se realiza una propuesta que ayude con la mejora incremental del proceso, que permita intervenir los métodos de manufactura e involucre a todos los interesados.

2. Método

2.2 Caracterización del proceso de producción de levadura

Con el propósito de caracterizar el proceso de producción de levadura y de identificar las características de calidad sobre las cuales se realiza seguimiento en la actualidad. Se propuso un enfoque de investigación cualitativo, a partir de la observación de campo, el desarrollo de entrevistas y la recopilación de las experiencias de los operarios e investigadores involucrados para facilitar el reconocimiento del proceso. (Torres & Sampieri, 2019).

De este modo, se lograron establecer las diferentes etapas fermentativas que experimentaba el proceso, se especificaron los volúmenes trabajados en cada fase y se determinaron los nutrientes y medios utilizados según los requerimientos de las levaduras en las diferentes fermentaciones del proceso.

2.3 Diagnóstico del proceso

En primera medida se realizaron entrevistas semiestructuradas, las cuales se basan en una guía de preguntas abiertas y específicas en donde el investigador puede introducir preguntas adicionales durante el proceso de entrevista para especificar y profundizar conceptos según sea necesario (Schettini & Cortazzo, 2016).

Es así como se da un primer acercamiento al diagnóstico del proceso, pues se recopiló información sobre el control ejercido en este, el seguimiento que se está realizando sobre las variables y las características deseadas de la levadura producida, teniendo en cuenta los controles microbiológicos, los métodos de prevención de contaminación y los diferentes protocolos realizados.

De la misma manera, a partir de las experiencias de los investigadores se identificaron las problemáticas que se han experimentado, se recolectó información sobre el control de las variables, así como de los rangos de operación y los monitoreo que se realizan, esto con el propósito de hacer un seguimiento en la evolución del proyecto según los ajustes que ha experimentado en el tiempo.

Para el análisis de la información recolectada se tuvieron en cuenta los propósitos centrales del análisis de datos cualitativos según Torres & Sampieri, donde a partir de la exploración de la información esta se estructura, para esto se realizaron tablas para categorizar la información.

A partir de lo anterior, se tabularon las condiciones operativas necesarias para la levadura, así como se determinó el nivel de monitoreo y control que se lleva sobre las distintas variables como el pH, la temperatura y la agitación. Y adicionalmente, a partir de la información disponible en la literatura, se tabuló la importancia del monitoreo de las variables mencionadas y las consecuencias que sufre la levadura cuando no se ejerce control.

A partir de esto se logra completar la etapa descriptiva del diagnóstico, donde se pudieron establecer las complicaciones y ajustes que ha experimentado el proceso. También se logra conocer cómo se ha realizado la documentación y evaluación del desempeño de este; y se realiza una comparativa entre las características de calidad establecidas en la planta piloto de la universidad Icesi, junto a los requisitos exigidos por la NTC 1807 para la levadura comercial.

2.4 Documentación del proceso

Para la etapa de documentación del proceso, se tiene en consideración el protocolo establecido por la Universidad Icesi, donde se requiere especificar

- Entradas y salidas

En este apartado se realiza una revisión y diagramación del proceso para reconocer entradas y salidas de este.

- Propósito

En cuanto al propósito, debe esclarecerse de manera concisa la razón de ser del proceso

- Alcance

Esclarecer los objetivos que se quieren alcanzar.
Definir el inicio y fin del proceso

- Condiciones generales

Condiciones iniciales requeridas para la realización del proceso

- Diagramación

En el diagrama debe describirse gráficamente el paso a paso en cada etapa del proceso, para facilitar la comprensión de los procedimientos asociados.

- Cuerpo del procedimiento según las actividades del proceso

En el cuerpo del procedimiento se debe detallar cada paso del diagrama de flujo y los recursos que se necesitan para la realización

- Documentos involucrados

Relacionar la documentación requerida para el desarrollo del proceso

2.5 Mejoramiento del proceso fermentativo

El mejoramiento de procesos puede abordarse desde diferentes perspectivas, desde la literatura es posible identificar a través de los autores diversos esquemas y herramientas que tienen como propósito la mejora de estos. Pueden analizarse tres diferentes enfoques principales, el primero es el incremental, que busca la implementación de técnicas para promover la estandarización de los procesos, el cumplimiento de las características de calidad, la disminución de los reprocesos y de las pérdidas, con el objetivo de aumentar la productividad.

El segundo enfoque está asociado a el rediseño de procesos, este busca que la satisfacción de los requisitos establecidos por los clientes se garantice a través de la transformación de las entradas en las salidas. Este busca que los procesos se realicen de la forma más eficiente y económica posible, mejorando la competitividad y reduciendo los tiempos de ciclo.

Por último, el tercer enfoque está orientado hacia la reingeniería, teniendo como objetivo replantear la forma en que se realizan los procesos, se caracteriza por tener un alto grado de cambio esperando mejoras en el rendimiento a corto plazo (Serrano & Ortiz, 2012)

A partir de estos enfoques, se define para este estudio emplear el primero, pues se propone abordar el proceso de producción de levadura desde la normalización, la documentación y actualización de este. Lo anterior con el propósito de promover el cumplimiento de las características de calidad de la levadura a partir de estrategias que faciliten mejorar los procesos de manufactura en el tiempo.

De acuerdo con lo anterior se propone un plan de mejoramiento continuo, ya que estos buscan involucrar a las personas relacionadas a los procesos y fomentar el progreso gradual a largo plazo, esto se genera a partir de cambios que pueden darse en las técnicas, métodos, seguimiento y control en la producción realizada (Garc, 2013)

Por lo tanto, el plan de mejoramiento se enfoca en la generación de diferentes formatos que faciliten primero el seguimiento de las características de calidad y posterior a esto, la documentación y actualización del proceso. Se busca que los formatos definidos faciliten la identificación temprana de problemáticas en el proceso, así como fortalezas y oportunidades de mejora a corto y largo plazo.

Lo anterior tiene como objetivo facilitar el acceso a la información, evaluar la evolución del proceso e identificar las condiciones y ajustes más eficaces para la obtención de las características deseadas en la levadura.

3. Diagnóstico del proceso productivo

Para determinar el estado actual del proceso productivo se inició con una etapa de reconocimiento, donde se realizaron cuatro visitas a la planta piloto, donde se observó el funcionamiento del monitoreo en variables como temperatura, pH y nivel del tanque en las fermentaciones finales.

A partir de estas visitas, se evidenció que el registro de información de las primeras fermentaciones y el seguimiento de características de calidad en las diferentes etapas, incluidas las operaciones downstream presentaban formatos y registros parciales. En contraste a las fermentaciones finales, las

cuales evidenciaron un seguimiento continuo y un registro de información con formatos específicos sobre las variables controladas.

Por otro lado, durante estas visitas se realizaron entrevistas no estructuradas y semiestructuradas a tres de los investigadores asociados al proceso y a la entonces encargada de la planta piloto de la Universidad Icesi.

En estas se logró identificar la necesidad de mejora sobre la producción, especialmente en el seguimiento de las características de calidad y en la estandarización de este. Pues en el desarrollo de la producción de levadura, los investigadores experimentaron reprocesos e incumplimientos en las características deseadas, además la encargada de la planta piloto señaló la necesidad de establecer protocolos y dinámicas de documentación específicas.

Posterior a ello, se realizó una entrevista con el asistente de investigación del proyecto, encargado del monitoreo y control de las fermentaciones de la levadura.

En esta entrevista se evidenciaron descubrimientos similares, se encontró que solo se está realizando un registro de la evolución del proceso en las fermentaciones finales. En estos no se observó la documentación detallada sobre las mediciones de las características de calidad en las diferentes fermentaciones que ha tenido el proyecto, así como tampoco se almacenaron los datos de las temperaturas de esterilización a las que fueron sometidas la melaza y los demás compuestos.

Adicional a lo anterior, se encontró que desde el inicio del proyecto no se estableció un proceso de documentación global, no se encontraron registros de los ajustes y cambios que experimentó el proceso, los cuales se dieron a conocer gracias a la experiencia del investigador en el proceso.

Debido a esto, el seguimiento que puede ejercerse sobre la evolución del proceso es solo a partir de los históricos generados por los biorreactores de la planta piloto y algunos formatos de registro utilizados por los operarios durante las fermentaciones. Esto puede ser un factor limitante al momento de querer implementar mejoras a corto y largo plazo. (Ramírez & Álvaro, 2017)

A partir de estos hallazgos, se reconoce la necesidad

de tener documentado el proceso productivo, pues esto facilita la rápida adhesión de otros profesionales al proceso en caso de ser requerido. También permite evaluar el desempeño general del proceso y comparar la evolución de este desde el inicio del proyecto.

4. Documentación de la producción de levadura en Universidad Icesi

4.1 Descripción del proceso fermentativo

La caracterización de las entradas y salidas de las diferentes etapas del proceso son necesarias para el seguimiento de las características de calidad, pues es necesario suplir los requerimientos nutricionales para el crecimiento correcto de las levaduras, en las primeras etapas como puede observarse en la figura 1. se alimenta la miel de caña como fuente de carbono, urea como fuente de nitrógeno y vitaminas que participan en las reacciones catalíticas y en su metabolismo. En las etapas posteriores se añaden además de los compuestos mencionados, sales y una fuente de fósforo, pues esta actúa aportando los minerales necesarios requeridos por las proteínas como activadores enzimáticos. Finalmente se obtiene un total de 160 litros que se llevan a un proceso de centrifugación, del cual se obtienen alrededor de 32 litros de crema de levadura con una concentración de 18 g/g.

La fermentación es un proceso metabólico en el cual los microorganismos son capaces de transformar azúcares en CO₂ y etanol a partir de reacciones enzimáticas, en el caso de las levaduras, estas se reproducen por gemación y su reproducción se ve promovida cuando existe una amplia disponibilidad de nutrientes. Estas pueden verse afectadas por factores como el estrés celular, el pH, la temperatura y la presencia de inhibidores. (Mesas, 2002)

El proceso desarrollado en las instalaciones de la Universidad Icesi está constituido por cuatro etapas, que pueden observarse en la figura 1, se utiliza como principal sustrato la melaza de caña que contiene alrededor del 75% de azúcares, principalmente sacarosa. La primera es una etapa de pasteur donde se activa la cepa de levadura, generalmente *Saccharomyces cerevisiae*, encontrándose esta en una presentación granulada o en slant.

Posterior al acondicionamiento de la cepa, se realiza un cultivo puro donde se suplementa el medio con todos los nutrientes requeridos para favorecer la propagación de la biomasa, esta segunda etapa tiene como principal

finalidad ser el inóculo de la tercera etapa, definida como fermentación semilla, etapa en la cual se suministran los nutrientes, vitaminas y suplementos que requiere la levadura para generar el último inóculo, empleado para la fermentación final que permitirá obtener alrededor de 80L.

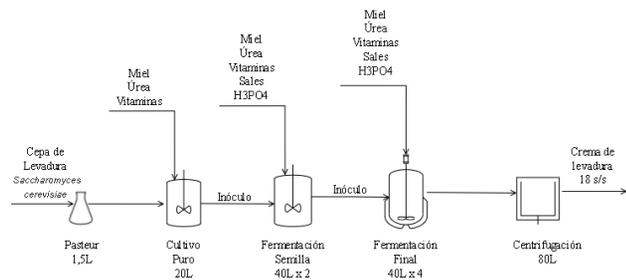


Figura 1. Esquematización del proceso fermentativo para la producción de levadura en la Universidad Icesi, desde la etapa de activación de la cepa de levadura hasta la obtención de levadura fresca, especificando los volúmenes trabajados en cada etapa.

4.2 Centrifugación en el proceso productivo

Posterior al proceso fermentativo, realiza un proceso de centrifugación para separar las células de levadura del caldo fermentado, esta etapa produce una crema de levadura con un porcentaje de sólidos entre 17-18% que puede ser almacenada posteriormente a una temperatura de 4°C para evitar contaminaciones microbianas. En esta etapa del proceso las variables críticas están dadas por el tiempo de residencia ingresado por el operario y por el porcentaje de sólidos que debe medirse en la entrada y salida de la centrifuga.

4.3 Documentación del proceso a partir del protocolo establecido

De acuerdo con la información recolectada puede documentarse el proceso productivo siguiendo el protocolo previamente mencionado, el cual contiene las entradas y salidas, el alcance y propósito de la documentación, las condiciones generales, las etapas del proceso y los documentos asociados.

Entradas y Salidas

Tabla 1. Entradas y salidas del proceso productivo

Etapa del proceso	Entradas	Salidas
Pasteur	-Melaza -Floculante -Extracto de levadura	-Cepa de levadura activa
Cultivo puro	-Cepa de levadura activa -Melaza -Urea -Vitaminas	-Inóculo para la fermentación semilla
Fermentación semilla	-Inóculo -Melaza -Urea -Vitaminas -Sales -Ácido Fosfórico	-Inóculo para la fermentación final
Fermentación Final	-Inóculo -Melaza -Urea -Vitaminas -Sales -Ácido Fosfórico	Levadura lista para procesos de separación

Propósito

Definir y registrar las condiciones bajo las cuales se produce la levadura en la Universidad Icesi, para el seguimiento de la evolución del proyecto de investigación en el tiempo.

Alcance

Aplica específicamente para las etapas fermentativas del proceso productivo

Condiciones generales

-Es necesario almacenar los datos asociados a las fermentaciones desde la etapa de esterilización

-Almacenar los históricos generados por los reactores, en orden cronológico y de acuerdo con las actualizaciones previamente mencionadas.

-Realizar un registro de las condiciones finales del producto, es decir, las características de calidad después de cada fermentación.

Cuerpo del procedimiento

Tabla 2. Etapas del proceso productivo

1. Activación de la cepa		
Detalles	Encargados	Recursos
La auxiliar de microbiología activa la cepa de levadura, asegurando condiciones adecuadas	Auxiliar de microbiología	Cepa de levadura Solución tampón Erlenmeyer

2. Cultivo puro		
Detalles	Encargados	Recursos
El asistente de investigación suplementa el medio y asegura las condiciones adecuadas requeridas	El asistente de investigación	-Solución tampón Urea Vitaminas Melaza

3. Fermentación semilla		
Detalles	Encargados	Recursos
El asistente de investigación suplementa el medio y asegura las condiciones adecuadas requeridas en los reactores. También realiza el monitoreo y control continuo de las condiciones operativas.	El asistente de investigación	-Solución tampón Urea Vitaminas Melaza Ácido fosfórico Reactor

4. Fermentación Final		
Detalles	Encargados	Recursos
El asistente de investigación	El asistente de investigación	-Solución tampón

suplementa el medio y asegura las condiciones adecuadas requeridas en los reactores. También realiza el monitoreo y control continuo de las condiciones operativas.		Urea Vitaminas Melaza Ácido fosfórico Reactor
---	--	---

Documentos relacionados

- Históricos almacenados generados por los reactores de la planta piloto
- Hojas de registro de las condiciones del proceso en las fermentaciones finales

4.3.1 Documentación de los ajustes del proceso a partir del protocolo establecido

El proceso fermentativo, adicional a las etapas que lo componen, ha experimentado diversos ajustes en el tiempo, debido a problemáticas que se han presentado y se han solucionado modificando condiciones y procedimientos. Por esto, los ajustes también deben tener un formato de documentación, siguiendo el mismo protocolo y pueden observarse en la tabla 3.

En este se incluye el diagrama de flujo que debe seguir el proceso, puede observarse la figura 2, para mantener actualizado el protocolo de documentación respecto a los ajustes realizados.

Propósito

Definir y registrar los cambios que ha experimentado el proceso desde el inicio del proyecto

Alcance

Aplica específicamente para las etapas fermentativas del proceso productivo

Condiciones generales

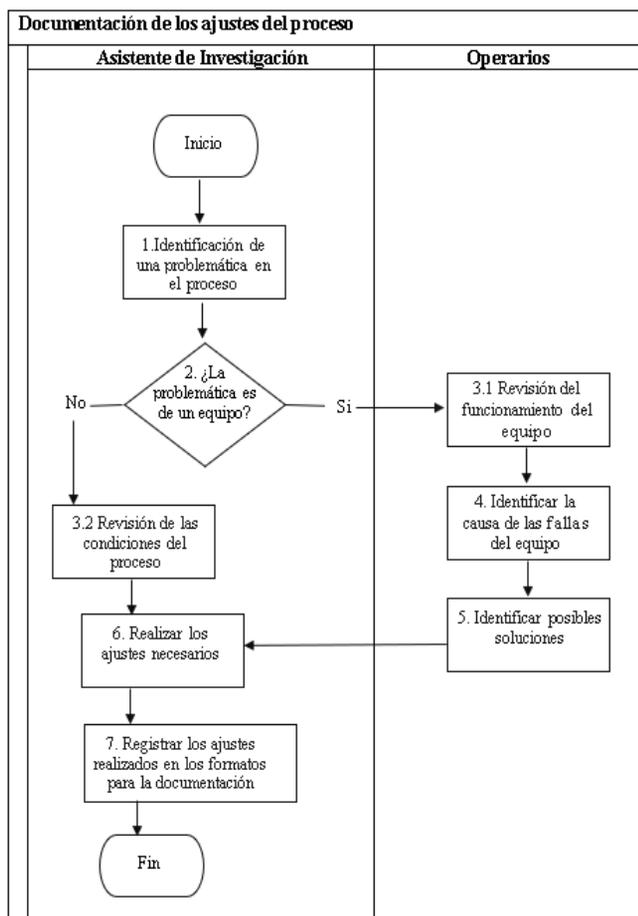
-Es necesario almacenar los datos asociados a las fermentaciones desde la etapa de esterilización

-Realizar una actualización periódica de los ajustes experimentados en el proceso, asociados a equipos, condiciones de operación y cambios en las concentraciones de los compuestos.

-Almacenar los formatos de registro de condiciones en orden cronológico

Diagrama

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de documentación



Fuente: Elaboración propia

Cuerpo del procedimiento

Tabla 3. Ajustes experimentados por el proceso

1. Ajuste realizado sobre la temperatura de esterilización		
Detalles	Encargados	Recursos
Los operarios encargados elevaron la presión de la autoclave para alcanzar la temperatura necesaria, pues se presentó contaminación en la melaza.	Operarios del equipo	Autoclave Válvula reguladora para la línea de vapor

2. Ajuste realizado sobre el control de temperatura del proceso		
Detalles	Encargados	Recursos
El investigador encargado cambió la interfaz de la programación en el controlador de temperatura. Debido a que este presentaba fallas al momento de mantener los setpoint	El investigador a cargo de monitorear las condiciones de la fermentación	Reactor Controlador de temperatura

3. Ajuste realizado sobre el control de espuma en el proceso		
Detalles	Encargados	Recursos
Los operarios encargados cambiaron el actuador, se instaló una bomba peristáltica reemplazando una electroválvula. Se realizó para hacer más precisa la dosificación del antiespumante.	Operario del reactor	Reactor Bomba peristáltica

Documentos relacionados

- Históricos almacenados generados por los reactores de la planta piloto
- Hojas de registro de las condiciones del proceso en las fermentaciones finales

Tabla 4. Especificaciones de las condiciones de operación requeridas en cada etapa, se consideran los monitoreos y controles realizados durante el proceso

Fuente: Elaboración propia

Etapas del proceso	Condiciones de operación				Observaciones
	T° (°C)	pH	Tiempo (h)	Agitación (rpm)	
Pasteur	28	4-5	24	70	Sin supervisión continua. Cambio en el aspecto físico del medio utilizado, a medida que transcurre el tiempo el Pasteur torna un color blancuzco o aspecto lechoso.
Cultivo puro	30-32	5->4->4,8	24	90	Las primeras 9 horas sin supervisión, caída de pH a 4, las siguientes 15 horas se realiza monitoreo y control manteniéndose en 4,8
Fermentación semilla	32	4,8-5,2	15	90	Supervisión continua, control manual sobre el pH
Fermentación Final	32	4,5-5,2	17	280	Supervisión continua, sube la temperatura a 35°C las últimas 3 horas, control manual de pH

4.4 Condiciones y monitoreo del proceso

Debido a la importancia de documentar no solo las condiciones del proceso, si no también los niveles de monitoreo y control, se registra en la casilla de observaciones de la Tabla 4., el nivel de supervisión y seguimiento según la etapa fermentativa en la que se encuentra el proceso, así como algunos de los cambios observables de acuerdo con el tiempo de cada fermentación.

De la misma forma pueden observarse las condiciones definidas en las variables que deben monitorearse en cada etapa fermentativa, pues el control continuo en las últimas etapas es necesario para que las características de calidad definidas se cumplan.

Es así como, entre las variables monitoreadas y controladas se encuentra la temperatura de fermentación que varía entre 28-32°C según la etapa fermentativa, el pH que se mantiene en un rango entre 4-5.2 y la agitación que puede variar entre 70-280 rpm. También se registran los tiempos de fermentación que inician con 24 horas tanto el pasteur como en el cultivo puro, y terminan con 15-17 horas en la fermentación semilla y las finales.

De acuerdo con lo anterior, se reconocen las condiciones operativas que deben ser monitoreadas y controladas para el crecimiento adecuado de la cepa de levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Hasta este punto, se han registrado las características de calidad, las condiciones de operación y el nivel de seguimiento de las variables del proceso, pero no se ha identificado la importancia de ejercer monitoreo y control en el

proceso, por lo tanto, se registraron las posibles consecuencias que ocasiona la falta de control sobre las variables en la levadura final producida.

4.4.1 Importancia del monitoreo y control de las variables del proceso

La fermentación como se ha revisado previamente tiene múltiples variables que pueden afectar tanto el producto final como el proceso, por esta razón debe realizarse un monitoreo y control continuo sobre estos, pues las condiciones operativas deben mantenerse en los rangos establecidos, en la tabla 6 pueden observarse algunas de las problemáticas que podrían generarse si se detiene el seguimiento de estas en el tiempo

Tabla 6. Posibles consecuencias de la falta de monitoreo y control

Variables del proceso	Consecuencias de no ejercer control
pH	Se ha evidenciado que en cepas de <i>S.cerevisiae</i> a pH bajos (2.5-3) se genera estrés celular, se ve afectado el crecimiento de la levadura y se duplica el tiempo de la fase de latencia, en contraste con pH cercanos a 4,5, también se ralentiza el consumo de azúcares en el medio, encontrando una mayor concentración de estos en el tiempo. A pH alcalino, también se evidencia la generación de estrés celular, y se afectan los

	procesos metabólicos pues el alto contenido de protones desestabiliza las proteínas en la pared de la célula. (Liu, Xingyan)
Temperatura	El estrés generado por altas temperaturas, superiores o iguales a 40°C, afectan la fisiología de la célula, generando una gemación atípica, afectando el crecimiento celular, también causa la represión de proteínas mitocondriales y favorece la frecuencia de mutaciones y daño en el ADN (Vidal,Lopez, 2016)
Nivel de Espuma	La acumulación de espuma en la superficie de los reactores puede provocar reducción en la transferencia de oxígeno, producir daño celular, y la pérdida de producto debido al desbordamiento del nivel del tanque.

Fuente: Elaboración propia

5. Características de calidad y la NTC 1807

La levadura para panificación está regulada actualmente por el organismo ICONTEC, comercialmente debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la norma técnica colombiana 1807 para ser aceptados en el mercado, estos pueden observarse en la Tabla 7.

Por otra parte, la levadura comercial se ha sometido a procesos industrializados y estandarizados por grandes compañías en Colombia, mientras que la producción de levadura en la planta piloto es un proceso reciente, con investigación en desarrollo que continúa mejorando el proceso productivo, por lo tanto, las características de calidad establecidas tienen algunas diferencias en cuanto a las del mercado, estas pueden observarse en la Tabla 7.

Tabla 7. Características de calidad requeridas para la levadura comercial y la levadura producida en la

planta piloto

Requisitos	Levadura comercial fresca	Levadura producida en la planta piloto
Materia seca, en %	30% mín.	29-33%
Proteínas en base seca, en % (N x6,25)	40% mín.	No aplica
Fósforo como P_2O_5 en base seca, en %	1,5 % mín.	No aplica
pH solución al 10%	3,5% mín.	No aplica
Cenizas en base seca, en %	5% máx.	No aplica
Porcentaje de células vivas	90% mín.	>90%
[Biomasa] (g/L)	-	≥ 20 g/l
Inocuidad	E.Coli/Salm onella Negativo	Sin presencia visible de otros microorganismos en el microscopio

Fuente: Elaboración propia

6. Plan de acción en pro de una mejora incremental en el proceso productivo

La documentación de los procesos y procedimientos asociados a la producción de levadura es el primer acercamiento para lograr una mejora. Pues este permite que la organización pueda identificar el estado en que se encuentra el proceso y a partir de esto se realice una identificación de las problemáticas y se establezca una solución.

De acuerdo con lo mencionado en la metodología del proyecto, este buscó un acercamiento al enfoque de mejora incremental en procesos. Esto a partir de la formulación de una secuencia de formatos que promuevan la estandarización de procesos y el cumplimiento de las características de calidad.

Pues con el uso e implementación de estos formatos, los investigadores y personas asociadas al proceso de producción de levadura tendrán a disposición la

información actualizada del proceso. En esta se incluye el nivel de cumplimiento de los estándares de calidad definidos en cada fermentación, la evolución del proceso y producto asociado a los cambios efectuados tanto en las condiciones establecidas como en los equipos, así como las posibles mejoras que pueden ejecutarse para que el proceso sea más eficiente.

De acuerdo con lo anterior, es posible entonces encaminar el proceso productivo hacia una etapa de normalización y mejora, donde se favorezca el análisis de debilidades y fortalezas del proceso y con estas se promueva la mejora en el cumplimiento de las características deseadas en el tiempo.

Es por esta razón que se propusieron tres formatos complementarios entre sí, que pueden observarse en la tabla 8, y se encuentran en el anexo 1. Con estos se busca que existan registros del producto y los procesos durante el tiempo que dure la investigación.

6.1 Seguimiento del producto y proceso a partir de los formatos propuestos

Primero se construye el formato, asociado a la revisión del producto, con este se puede hacer un seguimiento de las características de calidad en el proceso, puede realizarse de forma cualitativa, con un mecanismo de puntuación de acuerdo con los rangos establecidos en la tabla 4. en caso de necesitar confidencialidad con los datos, o pueden registrarse de forma específica los valores de las mediciones realizadas.

El segundo y último formato tienen como propósito principal tener una actualización constante del proceso. Pues, se busca realizar un seguimiento interno y periódico, que facilite la evaluación del proceso y los procedimientos asociados.

A partir de lo anterior, con el formato para verificación del proceso, se tiene como objetivo mantener actualizado el estado y los ajustes del proceso, por ello se pueden registrar las novedades que se han observado en cada etapa. También el funcionamiento de los sensores y controladores de los equipos, y si se han experimentado obstáculos en el aseguramiento de las condiciones del proceso.

De la misma manera, con el formato generado para el informe de verificación, se busca consolidar los hallazgos en la primera verificación, definir debilidades y fortalezas del producto y el proceso y a

partir de esto poder identificar oportunidades de mejora.

Tabla 8. Formatos para el seguimiento continuo

Formato	Descripción
Revisión del producto	Tiene como propósito medir el cumplimiento de las características de calidad establecidas después de cada fermentación.
Verificación del proceso	Propuesta de la revisión que debe realizarse internamente para evaluar la evolución de los procesos.
Informe de verificación	Tiene como objetivo concluir los hallazgos principales, describir debilidades, fortalezas y oportunidades de mejora.

7. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el formato de revisión de producto en cada fermentación final, con el propósito de tener información completa sobre el cumplimiento de las características de calidad.
- Se sugiere realizar la verificación del proceso y el informe de verificación cada 4-5 fermentaciones, pues este es un proceso que continuamente experimenta modificaciones. Por lo tanto, se requiere una actualización continua.
- Para mantener uniformidad en el proceso de documentación, se sugiere recopilar la información hallada con los formatos, en el protocolo de documentación establecido en el documento.
- Se recomienda realizar y analizar a fondo el informe de verificación del proceso, y hacer revisiones periódicas para comparar si los procedimientos y las condiciones de proceso han mostrado mejoras en el tiempo.

Conclusiones

Este proyecto es la base para el inicio de la normalización del proceso de producción de levadura en la planta piloto de la Universidad ICESI. Los formatos y guías propuestos permiten reportar las condiciones en que se encuentra el proceso, así como permite hacer un seguimiento de la evolución de este en el tiempo. La realización de la documentación, seguimiento y control que puede ejercerse con las herramientas desarrolladas pueden facilitar que, a corto y largo plazo, se observen mejoras en los procedimientos y las características de calidad de la levadura.

Lo anterior se definió a partir de la identificación de la importancia de la documentación y actualización de registros, examinado en el diagnóstico realizado al proceso. Y finalmente constituido con los protocolos establecidos por la institución.

Referencias

- Burgos, A. S. B. (2016). Mejora del Sistema Integrado de Gestión de Calidad y Elaboración Plan Food Defense en una Planta de Levaduras (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
- Corzo Castañeda, K. Y., & Muñoz Zemanate, M. M. (2019). Estandarización y documentación de procesos del centro de investigación en anomalías congénitas y enfermedades raras CIACER. enero-abril 2016.
- Garc, P. (2013). Mejora Continua de Procesos. *Ainia*, 2–18.
- Gélinas, P. (2016). Aeration and foam control in baker's yeast production: mapping patents. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(2), 371-391.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519911113>
- Liu, Xingyan; Jia, Bo; Sun, Xiangyu; Ai, Jingya; Wang, Lihua; Wang, Cheng; Zhao, Fang; Zhan, Jicheng; Huang, Weidong (2015). Effect of Initial PH on Growth Characteristics and Fermentation Properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science*, 80(4), M800–M808. doi:10.1111/1750-3841.12813
- Machín, C., Antonio, N., Carralero, G., Amarilys, C., & Rodríguez, G. (2016). Levadura *Saccharomyces Cerevisiae* Y La Producción De Alcohol. Revisión Bibliográfica. *Yeast Saccharomyces Cerevisiae and The Production Of Alcohol. A Review. Revista ICIDCA*, 50, 20-29.
- Martín, I. G., de Santos, M. D. R. M., López-Calleja, I., Cruza, P. E. H., Mayoral, B., & Lacarra, T. G. (2002). Levaduras y alteración de los alimentos. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, (334), 59-66.
- Medina León, A., Nogueira Rivera, D., & Hernández Nariño, A. (2017). Relevancia de la Gestión por Procesos en la Planificación Estratégica y la Mejora
- Mejía-Barajas, J. A., Montoya-Pérez, R., Cortés-Rojo, C., & Saavedra-Molina, A. (2016). Levaduras termotolerantes: aplicaciones industriales, estrés oxidativo y respuesta Antioxidante. *Información tecnológica*, 27(4), 03-16.
- NTC-1807. Industria alimentaria-levadura para panificación, 2012.
- Pérez-Torrado, R., Gamero, E., Gómez-Pastor, R., Garre, E., Aranda, A., & Matallana, E. (2015). Yeast biomass, an optimised product with myriad applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 167-175.
- Ramírez, K. A., & Álvaro, V. P. (2017). Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio. *Intangible Capital*, 13(2), 479-497.
- Schettini, P., & Cortazzo, I. (2016). Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa. Series: Libros de Cátedra.
- Serrano Gómez, L., & Ortiz Pimiento, N. R. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 28(125), 13–22. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70003-7](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70003-7)
- Torres, R. H. S., & Sampieri, R. H. (2019). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta
- Vital López, P., Larralde Corona, C. P. Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 67: 86-91*,

ANEXOS

Formato de revisión de producto



Planta Piloto de la Universidad ICESI

Formato de revisión de producto																	
Procedimiento: Registro del nivel de cumplimiento de las características de calidad	Fecha de revisión: dd-mm-aaaa	Fermentación #:															
Responsable:		Versión:															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cuantificación</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Inferior al rango deseado</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Dentro del rango deseado</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Superior al rango deseado</td> </tr> <tr> <td>Cuantitativa</td> <td>Descripción de la levadura</td> </tr> </tbody> </table>	Cuantificación	Descripción	1	Inferior al rango deseado	2	Dentro del rango deseado	3	Superior al rango deseado	Cuantitativa	Descripción de la levadura					
Cuantificación	Descripción																
1	Inferior al rango deseado																
2	Dentro del rango deseado																
3	Superior al rango deseado																
Cuantitativa	Descripción de la levadura																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Criterio de calidad</th> <th>Calificación</th> <th>Detalle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Porcentaje de sólidos</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Células Vivas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inocuidad</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Morfología</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Criterio de calidad	Calificación	Detalle	% Porcentaje de sólidos			% Células Vivas			Inocuidad			Morfología				
Criterio de calidad	Calificación	Detalle															
% Porcentaje de sólidos																	
% Células Vivas																	
Inocuidad																	
Morfología																	
Observaciones																	

Fuente: Elaboración propia

Verificación del proceso



Planta Piloto de la Universidad ICESI

VERIFICACIÓN DE LOS PROCESOS					
Informe #:					
Fecha de elaboración:		DD	MM	AAAA	
OBJETIVO:					
ALCANCE:					
OBSERVACIONES					

Fuente: Elaboración propia

Informe de Verificación



Planta Piloto de la Universidad ICESI

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LOS PROCESOS

Informe #:			
Fecha de elaboración:	DD	MM	AAAA

OBJETIVO:

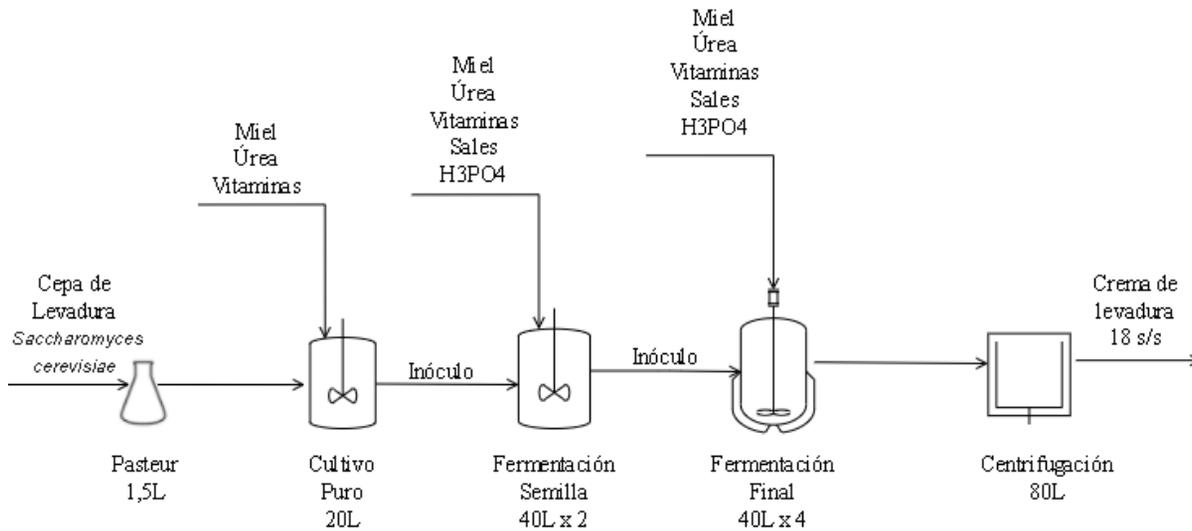
ALCANCE:

RESPONSABLE:

Nº	DETALLE	DEBILIDADES	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES DE MEJORA

OBSERVACIONES:

Fuente: Corzo & Muñoz (2019)



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Esquematización del proceso fermentativo para la producción de levadura en la Universidad Icesi, desde la etapa de activación de la cepa de levadura hasta la obtención de levadura fresca, especificando los volúmenes trabajados en cada etapa.