



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR



INSTITUTO DE
INGENIERÍA
QUÍMICA

Recuperación de levaduras de la producción de bioetanol

Autores:

Pedro Artucio - Ingeniería Química
Donald Chalkling - Ingeniería Química
Victoria Echeverry - Ingeniería Química
Giovanna Masaro - Ingeniería Química
Santiago Pereyra - Ingeniería de Alimentos
Elisa Tomey - Ingeniería Química

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero Químico y de Ingeniero de Alimentos

Tutores:

Mario Furest
Nikolai Guchin

Consultor Especialista:

Valeria Larnaudie

Montevideo, Uruguay
Marzo de 2023

Agradecimientos

Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos brindaron su apoyo y orientación en la realización de este proyecto. Sin su ayuda y aliento, no habiéramos sido capaces de completar este importante logro académico.

En primer lugar, nos gustaría agradecer a nuestros tutores Mario Furest y Nikolai Guchin por su tiempo, dedicación y paciencia al guiarnos a lo largo de este proceso. Sus valiosos comentarios y sugerencias nos ayudaron a enfocar nuestras ideas y mejorar la calidad de nuestro trabajo.

También queremos agradecer a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional y por creer en nosotros. Sus palabras de aliento y motivación nos mantuvieron enfocados en nuestros objetivos y nos ayudaron a superar los momentos difíciles.

Por último, agradecemos a todas las personas que de alguna manera colaboraron en este proyecto. A los expertos que compartieron sus conocimientos con nosotros, Walter Bisio, Federico Jamen y Franco Finozzi; al personal de ALUR Bella Unión por el cálido recibimiento, y a Valeria Larnaudie que generosamente nos brindó su ayuda y asesoramiento.

Este proyecto ha sido un esfuerzo colectivo y estamos agradecidos por el apoyo y colaboración de todos aquellos que hicieron posible su realización.

Gracias a todos por su ayuda y esperamos seguir contando con su apoyo en el futuro.

Resumen ejecutivo

El siguiente proyecto se centra en la revalorización de las levaduras purgadas, un subproducto generado en la producción de bioetanol en la planta de ALUR de Bella Unión, mediante su uso como alimento de alta calidad para animales; contribuyendo al desarrollo de una economía más sostenible y circular. Los productos a comercializar son dos: extracto de levadura y pared celular.

El objetivo de este proyecto es reducir la cantidad de levaduras en el principal residuo líquido de la industria sucroalcoholera: la vinaza. Dicho efluente residual genera una gran problemática en la zona, asociada a los olores que la misma desprende, debido a la descomposición de la materia orgánica. Asimismo, las corrientes que transportan el excedente de levaduras provocan un mayor ensuciamiento de los equipos y una disminución en su eficiencia, causando que aumente la frecuencia de limpieza y mantenimiento de la destilería. Esto conlleva una pérdida de dinero para ALUR.

En la actualidad, estos productos se emplean en dietas balanceadas de una amplia variedad de animales, ya que sus propiedades confieren considerables beneficios para la salud y aportan una gran cantidad de nutrientes. La pared celular es rica en polisacáridos y presenta funciones inmunológicas y nutricionales; mientras que el extracto de levadura tiene un alto contenido de nutrientes tales como aminoácidos, polisacáridos, nucleótidos, entre otros, y su consumo tiene asociado un aumento en la digestibilidad de los alimentos.

Si bien ambos productos se pueden utilizar como alimento para numerosos animales, para realizar el análisis de comercialización se orientan los productos a los animales acuáticos, y esto se debe a dos razones: primero, al desarrollo creciente de la acuicultura y segundo, a la importante demanda de alimentos para satisfacer los requerimientos nutricionales en dicho sector, y con ello el interés en desarrollar alimentos más sustentables, tales como los derivados de levaduras. Es así como la Economía Circular detrás del desarrollo de estos productos resulta en una ventaja competitiva. Empresas multinacionales vinculadas a la acuicultura han marcado como objetivos a largo plazo (por ejemplo para el 2030), que la mayoría de su matriz productiva sea circular. Esto implica que el extracto de levadura y pared celular sean potenciales materias primas para este tipo de negocios.

Actualmente, no existe producción local de este tipo de productos y la demanda se satisface con su importación. A nivel regional, se obtiene que Chile, Ecuador y Perú son grandes consumidores de los productos de interés, por lo cual, estos constituyen el mercado objetivo. Mientras tanto, Brasil es uno de los productores mayoritarios y el principal exportador a nivel mundial. En cuanto a los precios de venta, el estudio sobre las exportaciones de estos productos en los últimos años indica que el precio del extracto de levadura es de 1,83 USD/kg, mientras el de la pared celular es de 1,53 USD/kg. Ambos productos serán vendidos como polvos secos, envasados en bolsas de BOPP de 25 kilogramos.

El proyecto se localizará en las cercanías de la ciudad de Bella Unión en Artigas, dentro del mismo predio en donde se encuentra instalada actualmente la planta de ALUR. La elección de la ubicación está fuertemente vinculada a la obtención de la materia prima del proyecto: la crema de levadura, ya que el único proveedor de la misma es ALUR.

La planta estará operativa entre los meses de junio y diciembre, durante la zafra azucarera (apro-

ximadamente 180 días) y se logrará una producción anual de 439 toneladas y 146 toneladas de extracto de levadura y pared celular, respectivamente.

En lo que respecta al proceso productivo, una vez que la crema de levadura ingresa a la planta de recuperación de levaduras, la misma es lavada para retornar el etanol que trae consigo a la destilería de ALUR. Luego de una centrifugación, se somete a las levaduras al proceso de autólisis, en el cual las células se exponen a condiciones de estrés fisiológico, con el fin de separar la pared celular del contenido intracelular. A continuación, ambas corrientes son expuestas a procesos de concentración y secado, de forma separada, para obtener los productos en polvo con la humedad especificada.

La inversión total para la puesta en marcha de la planta es de aproximadamente 3,8 MUSD, siendo la compra e instalación de los equipos la inversión más significativa. Se realiza el análisis económico y financiero tanto para cuando la totalidad de la inversión proviene de capital propio y a su vez, para cuando se solicita un préstamo bancario.

Al realizar el análisis para capital propio, se llega a un VAN de 1.440.000 USD, considerando una tasa de descuento del 5,53 %, y una TIR de 12 %. En este caso, el período de repago es de 6,3 años y el valor terminal del proyecto, al cabo de los 10 años analizados, es de 3.420.000 USD.

Por otro lado, los valores a los que se llega del VAN y de la TIR con el análisis para capital mixto son de 1.360.000 USD y 14,6 %, respectivamente. El período de repago es de 6 años y el valor terminal del proyecto resulta en 2.840.000 USD.

En cuanto a la sensibilidad del proyecto ante posibles variaciones, se observa que las variables que más impacto tienen en el VAN son el precio del extracto de levadura y el volumen de producción. Asimismo, en los escenarios más desfavorables, en donde el precio del extracto o el volumen de producción disminuyen un 20 %, el VAN se mantiene positivo.