

Biorrefinería

BIOECONOMÍA – BIOEDUCACIÓN - BIOCIENCIA - BIOINNOVACIÓN



Polígono Tecnológico de la Calabaza (*Cucurbita spp.*)

www.cebaecuador.org
cebaecuador@gmail.com
Cel. 099 579 7813
Ibarra-Ecuador



<https://www.ceba.org.ec/>

<https://www.facebook.com/BiodiversityEC/>

<https://www.facebook.com/BioecologicosEC/>



El Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), es una institución de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), constituido bajo la forma de Fundación de utilidad común, sin fines de lucro, religioso, racial, político y de género. Es una persona jurídica de derecho privado, reconocida por el Estado ecuatoriano mediante acuerdo número 026 del 17 de marzo de 2009 del Ministerio del Ambiente y publicado en el Registro Oficial número 579 del 28 de abril de 2009.

El CEBA mantiene un enfoque científico-empresarial, con una filosofía de trabajo por resultados fundamentada en la competitividad. Promueve y apoya toda actividad encaminada a conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo de la BIOECONOMÍA. CEBA se alinea a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.

Los resultados científicos se difunden a través de sus revistas:

- BIONATURA. ISSN 1390-9347 soporte impreso e ISSN 1390-9355 soporte online.
(<https://revistabionatura.com/>),
(<https://portal.issn.org/resource/ISSN/1390-9355>).
- BIORREFINERÍA. ISSN 2602-8530 soporte online.
(<https://www.cebaecuador.org/publicaciones/revista-biorrefineria/>),
(<https://portal.issn.org/resource/ISSN/2602-8530>).

FILOSOFÍA

CEBA mantiene su propia filosofía para el Desarrollo Social y Económico del ser humano, fundamentada en las 3S (sabiduría, salud y seguridad).

MISIÓN

Proveer el soporte científico, tecnológico y empresarial a la BIOECONOMÍA de Ecuador y América Latina, mediante el desarrollo de la BIOEDUCACIÓN, BIOCENCIA y BIOINNOVACIÓN, que permita el máximo aprovechamiento de la biodiversidad y contribuya con el bienestar del ser humano y del planeta.

VISIÓN

Ser una persona global, de bien y progreso, responsable, que hace su aporte en el bienestar del ser humano y del planeta, para un mundo mejor.

VALORES

Integridad, calidad, responsabilidad, liderazgo, colaboración y diversidad.

Ing. Alejandro Pineda Soto
DIRECTOR EJECUTIVO-CEBA

Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA)
Periférico Sur s/n, Fincas San Agustín, San Antonio. Ibarra-Ecuador
Cel: (+593) 99 579 7813
Email: cebaecuador@gmail.com
Web: www.cebaecuador.org

Biorrefinería

La revista BIORREFINERÍA del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), fue creada en el año 2017 con la finalidad de difundir los resultados científicos y tecnológicos obtenidos de la investigación aplicada en el marco de la ESTRATEGIA ECUATORIANA DE BIOECONOMÍA-HORIZONTE 2035, en los campos de la BIOECONOMÍA, BIOAGRICULTURA, BIOALIMENTOS, BIOSALUD, BIOAMBIENTE, BIOENERGÍAS Y BIOINDUSTRIA. Publica manuscritos científicos originales del tipo empírico, revisiones, metodológicas y estudios de caso. Se edita en versión digital con una frecuencia anual y está dirigida a la comunidad científica a nivel mundial. Se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Publicaciones Seriadas de la SENESCYT.

Misión: Aportar con conocimiento técnico, científico y económico para el desarrollo de la Bioeconomía Ecuatoriana y de América Latina, mediante el uso eficiente y equilibrado de los recursos naturales, así como el aprovechamiento adecuado de los recursos genéticos microbianos, las biomásas de carbono disponible y los bioprocesos tecnológicos existentes, que permita el máximo aprovechamiento del conocimiento para el bienestar del ser humano y del planeta.

Visión: Inspirar a las futuras generaciones para que aporten con el desarrollo social y económico del planeta, basado en una Bioeconomía respetuosa con el medioambiente y el ser humano.

Objetivo: Difundir el conocimiento sobre los avances de la ciencia, la tecnología y la innovación de la Bioeconomía Ecuatoriana y de América Latina, mediante la herramienta online, que permita llegar a la mayoría de la población.

Alcance: La revista Biorrefinería tiene alcance nacional e internacional, con especial enfoque al sector de la Bioeconomía y dirigida a la comunidad científica.

Cobertura de Temáticas

- Nuevos materiales de alto valor agregado (alimentos, suplementos, fitofármacos, fármacos, cosméticos y bebidas)
- Bioproductos para la agricultura y la salud animal
- Tecnología de la biomasa y sus derivados
- Simulación de bioprocesos y sus derivados
- Alimentación animal y humana
- Alcohol y bebidas
- Energías renovables y bioenergía
- Medio Ambiente
- Biocombustibles
- Bioeconomía
- Biomasa de carbono
- Recursos genéticos microbianos
- Bioprocesos de refinación

Equipo Editorial

Consejo Editorial / Editorial Board	Comité Científico / Scientific Committee
Consejo Editorial	1. Dr. Rubén Del Toro, PhD. PUCE, Ecuador
1. Dr. C. Julio Pineda Insuasti, PhD. Director Ejecutivo, Editor en jefe / Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente CEBA. Ibarra, Ecuador.	2. Dr. José País, PhD, UTN. Ecuador
2. MSc. Vanessa Rocha Cabuyales, Editora de Sección / Universidad de Toronto. Toronto, Canadá.	3. MSc. Jimmy Núñez, UTN. Ecuador
3. Dr. C. Gualberto León Revelo, PhD. Editor Técnico / Universidad Politécnica Estatal del Carchi UPEC. Tulcán, Ecuador.	4. MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz. UTN, Ecuador
4. Ing. Astrid Stefanía Duarte Trujillo. Editor Académico / Universidad de los Llanos UNILLANOS. Villavicencio, Colombia.	5. MSc. Edwin Ortiz. GAD Antonio Ante, Ecuador
	6. MSc. Gustavo Reyes Lara. CEBA, Ecuador
	7. Ing. Carlos Alfonso Santillán. CEBA, Ecuador
	8. Dr. C. Fidel Domenech PhD. ONUDI, Cuba
	9. Dr. César Zuleta, PhD. PUCE, Ibarra, Ecuador
	10. MSc. Claudia Soto Arroyave. UCO, Colombia
	11. MSc. Napoleón Benavides. MAE, Ecuador
	12. Ing. Rubén Darío Guzmán. IANCEM, Ecuador
	13. MSc. William Gómez Andrade. CEBA, Ecuador
	14. MSc. Klever Ayala Pastaz. CEBA, Ecuador
	15. MSc. Juan Carlos Fiallos. CEBA, Ecuador
	16. Ing. Mario Cujilema. CEBA, Ecuador
	17. Dra. Gabriela Cifuentes Guerra, PhD. CEBA, Ecuador
	18. MSc. Javier Jiménez Forero. UNILLANOS, Colombia.
	19. MSc. Estefanía Andrade. FLACSO, Ecuador
	20. Msc. José Huaca. UTN, Ecuador.
	21. Dr. C. Ernesto Osejos, PhD. UTN, Ecuador
	22. Dr. C. Luis Enrique Trujillo Toledo, PhD. ESPE, Ecuador
	23. MSc. Anahí Virginia Cuellas, UNQ, Argentina
	24. Dr. Miguel Otero, PhD, Miami Dade College, EEUU
	25. Dr. C. Amaury Alvarez Delgado, PhD, ICIDCA, Cuba.
	26. Dr. Ullrich Stahl, PhD, UCE. Ecuador
	27. Dr. C. Ernesto Rosero Delgado, PhD. UTM, Ecuador
	28. MSC. Vicky Alejandra Mendoza Pico, UTM, Ecuador
	29. Ing. Daniela Tapia, GPP, Ecuador
	30. Ing. Pablo Vela Nuñez, MSc. CEBA, Ecuador
	31. Dra. C. Lourdes Crespo Zafra, UC, Cuba
	32. Dra. C. Rosa Gonzales Zambrano, ESPAM-MFL, Ecuador
	33. Ing. Homero Vaca Vásquez, UTN, Ecuador
	34. Ing. Alejandro Pineda Soto, BIOECOLÓGICOS, Ecuador
	35. Tnlgo. Galo Chiriboga Ron, CEBA, Ecuador

ISSN digital: 2602-8530

URL: <https://www.cebaecuador.org/publicaciones/revista-biorrefineria/>

Contacto: biorrefineria.ceba@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE CALABAZA (<i>Cucurbita spp.</i>): UNA REVISIÓN	6
2 DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE CALABAZA (<i>Cucurbita spp.</i>)	14
3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA (<i>Prunus dulcis</i>): UNA REVISIÓN	22
4 PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA FÚNGICA A PARTIR DE BIOMASA DE CÁÑAMO (<i>Cannabis sativa L.</i>): UNA REVISIÓN	32
5 DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CHICHA DE JORA A PARTIR DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>)	42
6 PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CEPAS <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	49
GUÍA DE AUTORES -BIORREFINERÍA	62
BIODIVERSITY®	65
BIOECOLÓGICOS	66

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE CALABAZA (*Cucurbita* spp.): UNA REVISIÓN

PUMPKIN SEED OIL (*Cucurbita* spp.) PRODUCTION PROCESS: A REVIEW

Melissa Anahí Solarte Cazar¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto², Julio Pineda-Insuasti²

¹ Instituto Politécnico de Leiria. Leiria, Portugal. <https://www.ipleiria.pt/>

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador. www.cebaecuador.org

Autor para correspondencia: anahisolarte18@gmail.com

Recibido: 14/11/2023

Aceptado: 14/12/2023

RESUMEN

La revisión destaca la importancia global de los aceites vegetales y la insuficiencia de las fuentes convencionales, enfocándose en las semillas de zapallo. Estas semillas, ricas en ácidos grasos y minerales, se utilizan en alimentos, medicina tradicional y proyectos innovadores como salchichas fortificadas y extracción asistida por ultrasonido. Se mencionan propiedades medicinales del aceite de zapallo, como antidiabéticas y antioxidantes. El proceso de producción, desde la cosecha hasta la extracción, se describe, resaltando problemas como baja productividad agrícola y tecnologías tradicionales, subrayando la necesidad de avances tecnológicos y la investigación continua. La revisión concluye destacando la importancia nutricional y medicinal de las semillas de zapallo y la relevancia de diversificar las fuentes de aceites vegetales.

PALABRAS CLAVES: Aceites, zapallo, semillas.

Avances tecnológicos

ABSTRACT

The review emphasizes the global importance of vegetable oils and the inadequacy of conventional sources, focusing on pumpkin seeds. These seeds, rich in fatty acids and minerals, find applications in food, traditional medicine, and innovative projects such as fortified sausages and ultrasound-assisted extraction. Medicinal properties of pumpkin oil, including anti-diabetic and antioxidant effects, are noted. The production process, from harvest to extraction, is outlined, highlighting issues like low agricultural productivity and traditional technologies. The need for technological advances and ongoing research is emphasized. The review concludes by underscoring the nutritional and medicinal significance of pumpkin seeds and the relevance of diversifying vegetable oil sources.

KEY WORD: Oils, Pumpkin, Seeds.

INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales desempeñan un papel esencial en la satisfacción de las demandas nutricionales a nivel mundial, siendo empleados en diversos alimentos y

aplicaciones industriales. En la actualidad, los recursos convencionales de aceite vegetal no logran satisfacer el creciente requerimiento tanto a nivel doméstico como industrial. Por consiguiente, surge la necesidad de explorar

otras fuentes que complementen estos suministros (Bernard, 2020).

Diversos estudios han examinado la composición química y las propiedades de las semillas de zapallo provenientes de distintas fuentes y variedades. En cantidades significativas, se han identificado cuatro ácidos grasos: palmítico, esteárico, oleico y linoleico. La semilla de zapallo se destaca como una fuente rica en potasio, fósforo y magnesio, además de contener cantidades moderadas de varios minerales (calcio, sodio, manganeso, hierro, zinc y cobre), convirtiéndola en un componente valioso para los suplementos alimenticios. También, está compuesta por lípidos y proteínas que aportan hasta el 80 - 85% del peso seco del embrión. Las semillas componen de un 40 a 52% de aceite, de los cuales se resalta el ácido oleico y el ácido linoleico; además β -carotenoy γ -tocoferol (Sajam, et al, 2023).

En muchas culturas alrededor del mundo, las semillas de zapallo crudas o tostadas son consumidas como bocadillos. Además, estas semillas han sido utilizadas como realzadores de sabor en salsas y sopas, así como en la cocina, para hornear y como suplemento nutricional y agente funcional.

En el ámbito de la medicina tradicional, se reconocen diversas contribuciones para la salud humana, especialmente en cuanto a agentes antiinfecciosos contra infecciones microbianas. El aceite de zapallo ha demostrado propiedades medicinales que incluyen efectos antidiabéticos, antioxidantes, anticarcinogénicos, antiinflamatorios y antimicrobianos. Numerosas investigaciones han evaluado el contenido bioactivo de las cucurbitáceas, específicamente la cucurbitacina (Choquenaira & Rivas 2005).

El objetivo de esta revisión es escribir y analizar la información científica existente sobre el proceso de producción de aceite de zambo (*Cucurbita* spp.), mediante la revisión del

material científico disponible, que permita valorar los principales problemas y el avance del desarrollo tecnológico

ANTECEDENTES

En 2019 la Universidad Técnica de Cotopaxi presentó un proyecto con el objetivo de valorar el efecto de la adición de pasta de semillas de sambo (*Cucurbita ficifolia*) como reemplazo parcial de grasa animal en la elaboración de salchicha Cabanossi, un producto cárnico procesado. El proyecto se basa en un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB con tres repeticiones, donde el factor A son los porcentajes de pasta de semillas de sambo (60%, 40% y 20%) y el factor B son los tipos de ahumado (en frío y en caliente). El proyecto incluye una caracterización fisicoquímica de la pasta de semillas de sambo, un análisis fisicoquímico, sensorial, microbiológico y nutricional de los tratamientos, un balance de materia, un costo de producción y un análisis de impactos. El proyecto nació tras la necesidad de elaborar un producto cárnico más saludable, con menor contenido de grasas saturadas, aprovechando las propiedades nutritivas de las semillas de sambo, una oleaginosa propia del país (Quiñonez, 2019).

Gonzales (2018), en su tesis titulada "Ultrasonido asistido por cavitación disruptiva de la pared celular de la semilla de zapallo (*Cucurbita maxima*), variedad macre, para acelerar el proceso de extracción sólido-líquido", demuestra que el aceite obtenido de la almendra de zambo, específicamente de la variedad macre (*Cucurbita máxima*), presenta ciertos parámetros. Estos incluyen un Índice de Iodo de 127.93 g I/100g de aceite, un Índice de Peróxidos de 1.89 m-eq O₂/kg de aceite, un Índice de Acidez de 0.98 mg NaOH/g de aceite, un Índice de Refracción de 1.468 y una densidad de 0.915 g/mL. Estos valores clasifican al aceite como no secante, y su bajo valor de peróxidos sugiere una mayor resistencia a la oxidación.

Cervantes y Torres (2018), en la tesis llamada "Optimización de la formulación para el aprovechamiento de las semillas de zapallo (*Cucurbita maxima* Duch) en la elaboración de galletas fortificadas", presentan la obtención de harina de semillas de zapallo con las siguientes características: 7.45% de humedad, 30.32% de proteína, 17.6% de grasa, 4.5% de fibra cruda, 5.29% de ceniza, 34.84% de extracto libre de nitrógeno, 0.09% de acidez y 419.4 kcal/100g.

En 2012 Gonzales y Yáñez se plantearon como objetivo de Diseñar y Construir un Extractor Sólido Líquido para la Obtención de Aceite de sambo (*Cucurbita ficifolia*) y zapallo (*Cucurbita máxima*). En este proyecto determinó el rendimiento de aceite a partir de las semillas de zapallo y sambo sin cáscara, mediante el método de Soxhlet a las temperaturas promedio de 100, 110 y 120 °C; determinar las características biométricas de las semillas de zapallo y sambo; y determinar el índice de acidez, índice de peróxidos, índice de yodo e índice de saponificación en el aceite extraído en cada tratamiento. El método utilizado fue extracción sólido-líquido se basa en el uso de un solvente orgánico, el hexano, que se pone en contacto con la semilla seca y arrastra los componentes líquidos y solubles que se buscan obtener². El equipo utilizado para la extracción está compuesto por un tanque de ebullición, una camisa, una canastilla, un condensador, una cisterna, un visor y un panel de control.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE CALABAZA

Cosecha

Su cosecha se lleva a cabo en dos períodos distintos. El primer período se realiza durante la etapa tierna del zapallo, mientras que el segundo tiene lugar cuando el fruto alcanza su madurez. La recolección del zapallo maduro se realiza cuando su color cambia de verde brillante a verde opaco. Además, un indicador visual clave de que el zapallo ha alcanzado su

punto de madurez óptimo es la sequedad del pedúnculo, que adquiere una apariencia leñosa. Los agricultores ecuatorianos también emplean otro método, consistente en golpear el fruto con los nudillos de la mano para percibir un sonido hueco, lo cual señala que el fruto está listo para ser cosechado. Comúnmente, la cosecha de los zapallos se lleva a cabo manualmente, utilizando herramientas de recolección como la hoz, el machete, el azadón, entre otros, para cortar el pedúnculo del fruto (Choquenaira, & Rivas, 2013).

Postcosecha

La práctica del cultivo de cucurbitáceas en la región no está ampliamente difundida, lo que resulta en una escasez de información sobre el manejo de los frutos después de la cosecha. Una vez que los zapallos son recolectados, se apilan en montones de alrededor de veinte frutos, dejándolos al aire libre y, en el mejor de los casos, resguardados bajo sombra. Posteriormente, se utilizan conforme a las necesidades del agricultor (Choquenaira, & Rivas, 2013).

Lavado y Selección

Las semillas son lavadas para eliminar impurezas y residuos.

Se realiza una selección para descartar semillas dañadas o de baja calidad.

Secado

Las semillas lavadas se secan para reducir la humedad y prevenir la formación de moho.

Pretratamiento de la semilla antes de la extracción de aceite

El tratamiento previo de las semillas oleaginosas, antes de someterlas al proceso de extracción de aceite, desempeña un papel crucial para lograr un rendimiento óptimo en aceite sin comprometer las características fisicoquímicas y organolépticas del mismo.

Este tratamiento consta de dos operaciones esenciales:

- a) Trituración.
- b) Calentamiento y acondicionamiento.

En cuanto a la trituración, la experiencia ha demostrado que la extracción del aceite de una semilla oleaginosa ya sea mediante el sistema de presión o el de solvente, se lleva a cabo de manera más eficiente y rápida cuando la semilla se somete previamente a una trituración o laminación. Este proceso de trituración se realiza utilizando molinos de cilindros con uno o más pares de cilindros, donde los primeros pares tienen superficie acanalada y las siguientes superficies lisas. Los diámetros de los cilindros raramente superan los 400 milímetros, y su longitud es de aproximadamente 1.000 milímetros. Otros tipos de molinos, como los de martillos o cilindros dentados, están en desuso.

El calentamiento previo de una semilla favorece el proceso posterior de extracción. La teoría que rige este fenómeno puede resumirse de la siguiente manera: Las diminutas gotas de aceite, de dimensiones ultramicroscópicas, dispersas en la masa de la semilla debido al aumento de la temperatura, tienden a unirse más fácilmente entre sí. Además, el aceite se encuentra en la semilla en forma de emulsión con las proteínas, que son un componente constante de las semillas oleaginosas. El proceso de calentamiento provoca la desnaturalización de las proteínas, lo que resulta en la ruptura de la emulsión y, por consiguiente, en la separación del aceite de la masa de la semilla.

Sin embargo, es crucial llevar a cabo la operación de calentamiento con precaución para evitar posibles alteraciones fisicoquímicas que podrían degradar la calidad del aceite a extraer (Fito, et al., 2018).

Extracción de Aceite

Este proceso puede realizarse mediante métodos mecánicos o mediante el uso de solventes, dependiendo de la tecnología utilizada.

Uno de los métodos usados es la técnica de extracción asistida por ultrasonido emplea ondas sonoras de alta frecuencia para liberar el compuesto deseado del material vegetal. Bajo la influencia de la acción ultrasónica, tanto las partículas sólidas como las líquidas vibran y aceleran, lo que provoca que el soluto se transfiera rápidamente de la fase sólida al solvente (Gao, 2005).

En la actualidad, se emplean prensas continuas conocidas como "expellers" para llevar a cabo la extracción por presión. Estas prensas constan de cestas perforadas que alojan un sinfín de presión en su interior. Este sinfín, compuesto por espiras helicoidales, impulsa la masa a lo largo de la cesta. Estas prensas cuentan con un sistema de regulación de presión para un control adecuado (Garcete, et al., 2022).

Otra manera de extraer aceite es la extracción del aceite de una semilla oleaginosa mediante solvente puede llevarse a cabo de tres maneras:

- Percolación: Se caracteriza por generar una lluvia de solvente sin inundar completamente la masa de semilla.
- Inmersión: Se realiza cuando la masa de semilla se sumerge completamente en el solvente.
- Sistema mixto: En esencia, implica la instalación de dos extractores en serie, donde el primero opera por percolación y el segundo por inmersión. (Ancacsi, 2022).

Decantación o Filtración

El aceite crudo se somete a un proceso de decantación o filtración para eliminar partículas sólidas y sedimentos.

Almacenamiento:

La opción más adecuada consiste en emplear depósitos cilíndricos verticales con techo fijo que cuenten con sustentación propia y

preferiblemente adopten una forma cónica. Se recomienda utilizar depósitos altos y estrechos cuando sea posible, con el objetivo de minimizar la superficie de contacto de los productos almacenados, reduciendo así al mínimo la exposición de los aceites o grasas al aire y al oxígeno presente en este. Para facilitar el drenaje, se aconseja que el fondo de los depósitos sea de tipo cónico o en pendiente, incorporando un colector (de Depósito, A. D. A. G., & Índice, A. C, 2016).

Todas las aberturas, como las bocas de acceso y salida, así como los orificios de drenaje, deben diseñarse de manera que puedan cerrarse de forma hermética u obturarse eficazmente. En relación con la capacidad total de almacenamiento, así como el tamaño y la cantidad de depósitos en cada instalación, se debe determinar según las medidas y frecuencias de las tomas, las rotaciones y el número de productos diferentes que se manejen.

En cuanto a las cisternas de los buques, estas presentan capacidades variables, generalmente entre 200 y 2.500 toneladas, debido a consideraciones económicas asociadas al transporte a granel. A diferencia

Composición Nutricional

Tabla de composición nutritiva (por 100 g de porción comestible)

	Agu a (ml)	Energí a (Kcal)	Proteí na (g)	Grasa s (g)	Hidrat os de carbon o (g)	Fibr a (g)	Calci o (mg)	Hierr o (mg)	Fósfor o (mg)	Tiamin a (mg)	Riboflavi na (mg)	Niacin a (mg)
Zambo	91.4	31	0.2	0.5	7.5	0.61	21	0.5	6	0.01	0.02	0.22
Pepas	2.3	600	28.6	56.4	7.1	2.1	92	11.6	1.4	0.07	0.09	2.05

Fuente: (El zambo, 2023)

Ácidos Grasos

El aceite de zapallo contiene una mezcla de ácidos grasos, incluyendo palmítico, esteárico, oleico y linoleico. Estos ácidos grasos son esenciales para diversas funciones corporales. Minerales:

Es una fuente de minerales importantes como potasio, fósforo y magnesio, que desempeñan

de los depósitos en tierra, las cisternas de buques permiten una segregación total mediante bombas y tuberías individuales, posibilitando que cada cisterna cuente con su propio sistema independiente de tuberías y bombas (de Depósito, A. D. A. G., & Índice, A. C, 2016).

Para prevenir la corrosión del acero suave por la carga, se aconseja revestir preferiblemente las cisternas de acero suave, y estos revestimientos deben contar con la aprobación para el contacto con alimentos. La tendencia actual hacia el uso de acero inoxidable en la construcción de cisternas elimina la necesidad de revestimientos.

Es importante mencionar que los buques que transportan este tipo de mercancías suelen clasificarse en diferentes categorías, como buques tanque de carga a granel, buques tanque para carga diversificada, buques de cabotaje y buques portacontenedores, cada uno con sus características y capacidades específicas (de Depósito, A. D. A. G., & Índice, A. C, 2016).

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y PROPIEDADES DEL ACEITE DE CALABAZA

un papel crucial en el mantenimiento de la salud ósea y la función muscular.

El aceite de zapallo también contiene cantidades moderadas de minerales como calcio, sodio, manganeso, hierro, zinc y cobre, contribuyendo a la ingesta de micronutrientes esenciales.

PRINCIPALES PROBLEMAS

- **Baja Productividad Agrícola:** La productividad de las plantaciones de zapallo puede ser afectada por factores como las condiciones climáticas, la calidad del suelo y las prácticas agrícolas.
- **Tecnologías Tradicionales:** En algunas regiones, la producción de aceite de zapallo puede depender de métodos tradicionales que limitan la eficiencia y la calidad del producto final.
- **Problemas de Extracción:** La eficiencia en la extracción del aceite de las semillas de zapallo puede ser un desafío. La tecnología utilizada para este proceso puede influir en el rendimiento y la calidad del aceite.
- **Almacenamiento y Conservación:** La preservación adecuada del aceite y de las semillas de zapallo es esencial para mantener la calidad y evitar la oxidación.

AVANCES TECNOLÓGICOS

- **Mejoras en la Agricultura:** Desarrollos tecnológicos en la agricultura, como el uso de fertilizantes, técnicas de riego eficientes y variedades de cultivos mejoradas, pueden contribuir a aumentar la productividad de las plantaciones de zapallo.
- **Tecnologías de Extracción Modernas:** La implementación de prensas y métodos de extracción más avanzados, como la extracción asistida por ultrasonido, puede mejorar la eficiencia en la obtención del aceite.
- **Automatización en la Producción:** La introducción de tecnologías automatizadas en las etapas de procesamiento puede aumentar la eficiencia y reducir costos.
- **Investigación en Propiedades Nutricionales:** Los avances en investigación sobre las propiedades

nutricionales del aceite de zapallo pueden aumentar el interés en el producto, impulsando la demanda y el desarrollo de nuevas variedades.

- **Tecnologías de Almacenamiento:** Mejoras en las tecnologías de almacenamiento y envasado pueden ayudar a mantener la frescura y calidad del aceite de zapallo durante períodos más prolongados.
- El avance continuo en la investigación y desarrollo tecnológico es clave para superar los desafíos y mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de aceite de zapallo.

CONCLUSIONES

Las semillas de zapallo se destacan por su composición rica en ácidos grasos esenciales, minerales y otros compuestos beneficiosos. Además, el aceite de zapallo ha demostrado propiedades medicinales, como efectos antioxidantes, antiinflamatorios, y antiinfecciosos, lo que lo convierte en un componente valioso tanto en la alimentación como en la medicina tradicional.

El uso de semillas de zapallo va más allá de la alimentación, con proyectos innovadores como la elaboración de salchichas fortificadas y la extracción asistida por ultrasonido. Estos proyectos buscan aprovechar las propiedades nutritivas y funcionales de las semillas para crear productos más saludables.

La baja productividad agrícola, el uso de tecnologías tradicionales y los desafíos en la extracción del aceite son problemas que afectan la eficiencia y calidad en la producción. Sin embargo, estos desafíos pueden ser superados mediante avances tecnológicos, investigación continua y la implementación de prácticas más modernas.

Los avances tecnológicos, como la mejora en la agricultura, métodos de extracción modernos y tecnologías de almacenamiento,

son cruciales para superar los problemas existentes en la producción de aceite de zapallo. La investigación en propiedades nutricionales también juega un papel clave en impulsar la demanda y el desarrollo de nuevas variedades.

En resumen, la revisión destaca la importancia nutricional y medicinal de las semillas de

zapallo, así como los desafíos y avances tecnológicos en su producción. La diversificación de fuentes de aceites vegetales, como el aceite de zapallo, contribuye a abordar las demandas cambiantes y promover prácticas más sostenibles en la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancasi Lulo, F. (2022). Extracción de aceite de la semilla de retama (*Retama sphaerocarpa* L.) por el método soxhlet y caracterización fisicoquímica.
- Bernard, M. (2020). Optimización del proceso de producción de materiales entrecruzados derivados de poliésteres insaturados a partir de aceites vegetales (soja).
- Cervantes y Torres (2018) "optimización de la formulación para el aprovechamiento de las semillas de zapallo (*Cucurbita maxima* Duch) en la elaboración de galletas fortificadas". Recuperado el 15 de marzo del 2019 de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/150>
- Choquenaira Florez, R., & Rivas Zegarra, S. M. (2005). Extracción del Aceite de las Semillas de *Cucurbita Maxima* Dutch Var. Macre y Var. Zambo, Determinación de los Ácidos Grasos Insaturados Libres (Ácido Oleico, Ácido Linoleico y Ácido α -Linolénico) y de Su Efecto Antibacteriano contra *Escherichia Coli* y *Shigella Flexneri*.
- Choquenaira, R., & Rivas, S. (2013). Extracción del aceite de las semillas de *Curcubita máxima* Dutch var. Macre y var. Zambo, determinación de los ácidos grasos insaturados libres (ácido oleico, ácido linoleico y ácido α -linolénico) y de su efecto antibacteriano contra *Escherichia coli* y *Shigella Flexneri* (Doctoral dissertation, Tesis Pregrado en internet]. Arequipa: Universidad Católica Santa María).
- de Depósito, A. D. A. G., & Índice, A. C. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SAGARPA/SCFI-2016, Prácticas comerciales-Especificaciones sobre el almacenamiento, guarda, conservación, manejo y control de bienes o mercancías bajo custodia de los almacenes generales de depósito. Incluyendo productos agropecuarios y pesqueros.
- El zambo. (2023). Obtenido de El Zambo: <https://tragametierra.tripod.com/zambo.htm#:~:text=El%20Zambo&text=Pertenece%20a%20la%20familia%20de,de%20color%20verde%20bastante%20p%C3%A1lido.>
- Garcete, D. S., Gamarra, L. E. V., Vera, C. M. S., Cardozo, L. M. G., & Vázquez, M. D. (2022). Obtención de aceite del aguacate (*Persea americana* Mill) para la industria cosmética en la ciudad de Villarrica, departamento del Guairá, año 2021. *Revista Científica de la Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo*, 6(2).

González, D., & Yáñez, Y. (2012). Diseño y construcción de un extractor sólido-líquido para la obtención de aceite de semillas de sambo y zapallo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

Gonzales Iquira, M. A. (2018). "Ultrasonido asistido por cavitación disrupcionando la pared celular de la semilla de zapallo (Cucúrbita máxima Duch.) variedad macre para acelerar el proceso de extracción sólido líquido". Recuperado el 5 de marzo del 2019 de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8145>

Gao M, Llu C. Comparison techniques for the extraction of flavonoides from cultures cells of *Saussurea medusa* Maxim. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*; 2015.p.1461-1463.

Quiñonez Ortiz, M. J. (2019). *Efecto de la Adición de Pasta de Semillas de Sambo (cucurbita ficifolia) como reemplazo parcial de Grasa Animal en la Elaboración de Salchicha Cabanossi* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE CALABAZA (*CUCURBITA SPP.*)

DEVELOPMENT OF A LABORATORY-SCALE PROCESS TO PRODUCE PUMPKIN SEED OIL (*CUCURBITA SPP.*)

Rita Verónica Quilca Fernández¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto², Julio Pineda-Insuasti²

¹ SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA. Quito, Ecuador

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: vero.q84@hotmail.com

Recibido: 22/10/2023

Aceptado: 22/11/2023

RESUMEN

Existe limitado conocimiento sobre la optimización del proceso de extracción de aceite de calabaza, se estudió el proceso de extracción por el método de prensado, la investigación se realizó con un diseño experimental factorial 2² se consideró como factores de estudio la temperatura y la humedad y se logró un óptimo de 83,33 % de eficiencia, cuando se realiza la operación a 50 °C y 8 % de humedad de la semilla. Se ajustó un modelo matemático empírico que relaciona la eficiencia con los factores estudiados, lo que permite optimizar el proceso. Se recomienda continuar con la investigación en las escalas de banco y piloto.

PALABRAS CLAVE: Calabaza, aceite, extracción, prensado, optimización.

ABSTRACT

There is limited knowledge about the optimization of the pumpkin oil extraction process, the extraction process was studied by the pressing method, the research was carried out with a 22 factorial experimental design, temperature and humidity were considered as study factors and achieved an optimum of 83.33% efficiency, when the operation is carried out at 50 °C and 8% seed moisture. An empirical mathematical model was adjusted that relates efficiency to the factors studied, allowing the process to be optimized. It is recommended to continue research at the bench and pilot scales.

KEYWORDS: Pumpkin, oil, extraction, pressing, optimization.

INTRODUCCIÓN

La calabaza, *Cucurbita spp.*, es una planta cultivada de origen americano, con variedades de invierno y verano. Su cultivo eficiente requiere un clima templado y suelos ricos en materia orgánica. La productividad depende de la variedad y las condiciones de cultivo, siendo relevante en la agricultura tanto por su

valor alimenticio como comercial (Cuco et al., 2019; Irías-Mata et al., 2017).

La producción de semillas de calabaza es un proceso clave en la agricultura sostenible. Las semillas, ricas en nutrientes, se obtienen mediante prácticas de cultivo especializadas, enfocándose en la calidad y la viabilidad para asegurar futuras cosechas exitosas. Estas prácticas incluyen selección cuidadosa y

técnicas de cosecha que preservan la integridad de las semillas (Massa et al., 2019).

El aceite de semilla de calabaza está compuesto por ácido Linoleico (de 45 a 60%), ácido Oleico (de 25 a 35%), ácido Palmítico (de 10 a 18%) y ácido Estearico (de 5 a 10%), además contiene tocoferol (entre 1700 y 2000 mg/Kg de aceite. Fundamentalmente del tipo Delta, alrededor del 75% sobre el Alfa y Gamma). Rico también en Fitoesteroles, Betacaroteno y Luteína.

Recolección de Semilla: La recolección de semillas de calabaza es el primer paso crítico en la producción de aceite. Este proceso implica seleccionar semillas maduras de alta calidad, un factor clave para obtener un aceite de calabaza superior (Cuco et al., 2019).

Secado y Descascarado: Tras la recolección, las semillas se someten a secado y descascarado. El secado adecuado es esencial para preservar la calidad del aceite, mientras que el descascarado aumenta el rendimiento y la pureza del aceite extraído (Massa et al., 2019).

Métodos de Extracción Sostenibles: La búsqueda de métodos de extracción más sostenibles y eficientes representa un desafío constante. La extracción supercrítica con CO₂, aunque prometedora, requiere optimización y viabilidad económica (Cuco et al., 2019).

Los métodos de extracción varían, incluyendo prensado en frío y extracción con solventes. La extracción supercrítica con CO₂ es un método emergente que mejora la calidad y pureza del aceite (Cuco et al., 2019; Amin et al., 2019).

El prensado es el más utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de aceites vegetales de consumo humano (Valderrama, & Aravena, 1994). Las grasas líquidas o aceites se extraen con más facilidad si se calientan, ya que se disminuye su viscosidad, aumenta el poder disolvente para los cuerpos que le dan

olor, sabor y color, y que están contenidos en la semilla.

Las semillas de calabaza peladas mostraron mayor contenido de grasas (52,33%). La extracción asistida por solvente resultó efectiva para la extracción de aceite. El aceite extraído mostró altos contenidos de ácido linoleico (62,98%) y oleico (17,69%) (Sajama, J., 2023).

La humedad en materiales vegetales, para extracción de aceite, debe ser inferior al 10% para que no existan interferencias, puesto que el agua crea una barrera que impide el proceso de extracción (Treybal, 1989).

El contenido de humedad es una medida de la cantidad de agua contenida en el aceite. El agua en exceso es un factor negativo para el aceite debido a que puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados, propiciando así reacciones de degradación (ICONTEC NTC 287, 2002).

Estabilidad del Aceite: La estabilidad del aceite de calabaza es crucial para su almacenamiento y uso. Factores como la composición química y las condiciones de almacenamiento afectan su estabilidad y vida útil (Irías-Mata et al., 2017).

Propiedades Nutricionales: El aceite de semillas de calabaza es altamente valorado por su riqueza en ácidos grasos esenciales, antioxidantes y vitaminas. Estos componentes nutricionales le confieren beneficios para la salud, incluyendo propiedades antiinflamatorias y cardioprotectores (Irías-Mata et al., 2017).

Usos en Alimentación: En la gastronomía, el aceite de calabaza se utiliza por su sabor y aroma distintivos. Es un ingrediente popular en ensaladas, aderezos y platos gourmet, aportando un toque nutricional y culinario único (Amin et al., 2019).

Aplicaciones Medicinales: El aceite de calabaza también se utiliza en medicina tradicional y productos de salud. Sus propiedades antioxidantes y su contenido en fitoesteroles lo hacen útil en la prevención y tratamiento de afecciones como la hiperplasia prostática benigna (Irías-Mata et al., 2017).

Rendimiento y Calidad: Uno de los principales problemas en la extracción de aceite de calabaza es el equilibrio entre rendimiento y calidad. Métodos de extracción que maximizan el rendimiento pueden comprometer la calidad del aceite (Cuco et al., 2019).

Preservación de Compuestos Bioactivos: Mantener la integridad de los compuestos bioactivos durante la extracción es otro problema. Métodos agresivos pueden degradar estos compuestos, reduciendo los beneficios saludables del aceite (Irías-Mata et al., 2017).

El prensado en frío es un método tradicional para extraer aceite de semillas de calabaza. Este proceso, que preserva mejor los nutrientes y sabores naturales del aceite, implica presionar mecánicamente las semillas sin aplicar calor externo. Sin embargo, su rendimiento es generalmente menor en comparación con otros métodos de extracción (Amin et al., 2019).

En la literatura científica, se ha reportado que el aceite de semillas de calabaza puede ser beneficioso en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna debido a su contenido en fitoesteroles y ácidos grasos. Estos componentes se cree que ayudan a reducir la inflamación y pueden tener un efecto positivo en la salud de la próstata (Irías-Mata et al., 2017).

El reto principal es maximizar el rendimiento sin comprometer las propiedades del aceite, impulsando la investigación hacia métodos más eficientes y sostenibles.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un proceso a escala de laboratorio para la producción de aceite de semilla de calabaza, mediante análisis de procesos, que permita el máximo aprovechamiento de las materias primas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió a escala de laboratorio el desarrollo de un proceso para la producción de aceite a partir de semillas de calabaza. El trabajo experimental se realizó en el laboratorio de extracción de aceites del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizado en la ciudad de Ibarra, Ecuador a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

Material genético

Como materia prima se utilizó la semilla de calabaza sin marca, suministrada por la empresa SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA, Quito, Ecuador (Figura 1).



Figura 1. Semilla de calabaza. SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA.

En la figura 2, se presenta la información nutricional promedio de la semilla de calabaza

	100 g
Energía (Kcal.)	761
Proteínas (g)	13,8
Grasa Total (g)	74,8
H. de Carbono Disp. (g)	8,20
Azúcares Totales (g)	6,49
Sodio (mg)	86,4

Figura 2. Composición nutricional semilla de calabaza.

Fuente: <https://anc-natural.com/producto/aceite-pepa-de-calabaza-30-capsulas/>.

La semilla de calabaza tiene un contenido promedio de aceite del 46%, depende de la variedad, la genética y la tecnología de cultivo (Resultados del prensado de la prensa de aceite por tipo de semillas, s.f.).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció como unidad experimental una muestra de 1000 g de semilla de calabaza pelada, como factores de estudio se definieron la temperatura de extracción en los niveles de 25 y 50 °C y la humedad de la semilla en los niveles de 8 y 12 %.

Se establecieron como parámetros de operación el tamaño promedio de la semilla en 16 mm y la presión atmosférica (101,3 KPa).

La variable de respuesta seleccionada fue la eficiencia del proceso de extracción por prensado medida en %. Como factores de ruido se identifica la cantidad de luz, la temperatura del ambiente y el clima.

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para planificar un diseño experimental factorial multinivel estándar 2², con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos. El diseño

deberá ser ejecutado en 3 bloques y el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado.

Atributos de Diseño Factorial Multinivel

Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 6

Aleatorizar: Sí

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Temperatura	25,0	50,0	2	(°C)
Humedad	8,0	12,0	2	(%)

Respuestas	Unidades
Eficiencia	(%)

Procedimiento Experimental

En la figura 3, se presenta el diagrama de bloque del proceso experimental. La desinfección de la semilla de calabaza se realizó con el producto BIOXINE (Dióxido de cloro) de marca Biodiversity®, la muestra de semilla fue lavada en una solución acuosa de 50 ppm, luego se procedió al secado en secador de bandejas, la muestra seca se sometió a un prensado en máquina prensa de flujo continuo. Las muestras se filtraron través de un papel de filtro de celulosa gruesa de 0,3 micras con la ayuda de una bomba de vacío marca QUALITY QVP-500, a cada muestra filtrada se le calculó la eficiencia de extracción.

El producto final obtenido fue envasado en frasco de cristal de 30 ml, de color ámbar para proteger de la luz, se etiquetó y almacenó para estudio de estabilidad y notificación sanitaria.



Figura 3. Diagrama de flujo extracción de aceite de calabaza.



Figura 4. Recepción materia prima.



Figura 6. Secado de semilla.



Figura 5. Lavado de semilla.



Figura 7. Prensado de la semilla.



Figura 8. Filtrado del aceite.



Aceite Semilla Calabaza

30 ml PVP: \$ 12,0

Ingredientes: 100% Aceite semilla de calabaza (*Cucurbita spp.*).
Indicación: **Multigrado**
Tamaño por paquete: 1 ml
Porciones por onza: 30 ml
 Energía 8,9 cal, Grasa Total 0,88g, Grasa saturada 0,19g, Grasa Trans 0g, Grasa polinsaturada 0,54g, Grasa monoinsaturada 0,26g, Colesterol 0mg, Sodio 0mg, Carbohidatos totales 0g, Proteína 0g. **Uso sugerido:** Tomar 1ml por día. **Conservación:** Mantener en lugar fresco y seco.

Distribuido por: Supercampo Quilte Cra.Ltda Cel. 099 836 0973 Quito-Ecuador

Elaborado por: Biodiversity Pineda Julio Cel. 0997589267 Ibarra-Ecuador

Lote: 1. Eubr. 01/24. Exp: 01/25 NS. 0000-0000

Figura 9. Envasado y etiquetado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede observar se logra un mínimo de eficiencia de 60,87 % cuando se trabaja con 25 °C y 12% de humedad y un máximo de 84,78% de eficiencia, cuando se trabaja 50°C y 8% de humedad.

Tabla 1. Matriz de Resultados Experimentales

BLOQ UE	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Extracción (ml)	Eficiencia (%)
1	25	8	350	76,09
1	50	8	390	84,78
1	25	12	290	63,04
1	50	12	330	71,74
2	25	8	350	76,09
2	25	12	290	63,04
2	50	12	330	71,74
2	50	8	380	82,61
3	50	8	380	82,61
3	50	12	320	69,57
3	25	12	280	60,87
3	25	8	360	78,26

Fuente: Elaboración autor.

Análisis de Varianza para Eficiencia

En la tabla 2, se presenta el ANOVA que particiona la variabilidad de Eficiencia en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 2. Análisis De Varianza para SDT Análisis de Varianza para Eficiencia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	173,736	1	173,736	102,17	0,0001
B: Humedad	539,216	1	539,216	317,10	0,0000
AB bloques	3,5643	1	3,5643	2,10	0,1978
Error total	2,35445	2	1,17722	0,69	0,5364
Total (corr.)	10,2026	6	1,70044		
	729,074	11			

Coefficiente. de regresión para Eficiencia

Coefficiente	Estimado
constante	103,647
A: Temperatura	0,0864
B: Humedad	-4,16917
AB	0,0218

La ecuación de regresión del modelo empírico ajustado es:

$$\text{Eficiencia} = 103,647 + 0,0864 * \text{Temperatura} - 4,16917 * \text{Humedad} + 0,0218 * \text{Temperatura} * \text{Humedad}$$

Optimización de la Respuesta

En la tabla 3, se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza los valores de eficiencia sobre la región indicada.

Meta: maximizar Eficiencia

Valor óptimo = 83,33

Tabla 3. Optimización

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	25,0	50,0	50,0
Humedad	8,0	12,0	8,0

Fuente: Elaboración autor-

En la figura 10, se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para Eficiencia, como se puede observar, la humedad y la temperatura son significativos, por lo cual dichos factores deben conservarse en el modelo matemático empírico.

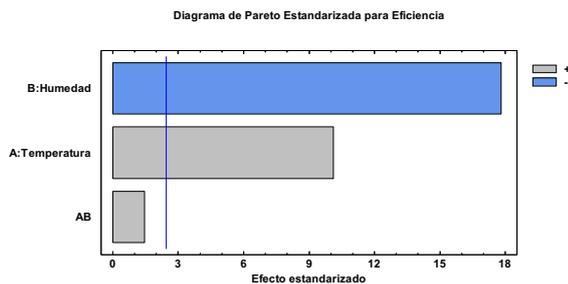


Figura 10. Pareto Estandarizada para Eficiencia

En la figura 11, se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para Eficiencia, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de eficiencia equivalente a 84,78 % se logra con 50°C y 8% de humedad.

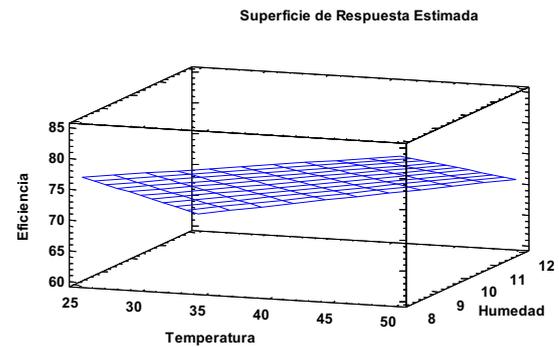


Figura 11. Superficie de Respuesta Estimada

CONCLUSIONES

El aceite de semilla de calabaza es de alta importancia en la alimentación humana debido a sus propiedades nutraceuticas. Se logra un óptimo de 83,33 % de eficiencia de extracción cuando se opera con 50°C y 8% de humedad de la semilla.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente y SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA. Por su cooperación en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

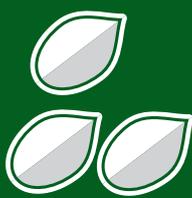
- Amin, M. Z., et al. (2019). Comparative assessment of the physicochemical properties of pumpkin seed oil. *Heliyon*, 5(12), e02994. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02994>
- Cuco, R. P., et al. (2019). Oil extraction from structured bed of pumpkin seed using supercritical CO₂. *Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104568. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104568>
- Irías-Mata, A., et al. (2017). Tocopherols in Pumpkin Seed Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(34), 7476-7482. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02230>
- Massa, T. B., et al. (2019). Pumpkin (*Cucurbita maxima*) by-products: Obtaining oil via ultrasonic-assisted extraction. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), e13125. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13125>.
- Resultados del prensado de la prensa de aceite por tipo de semillas. (s.f.). Piteba. <https://piteba.com/es/content/23-resultados-del-prensado-de-la-prensa-de-aceite-por-tipo-de-semillas>
- Sajama, J. (2023). Revalorización de un residuo alimentario para la extracción y microencapsulación de aceite: semilla de calabaza (*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam). *MLS Health & Nutrition Research*, 2(1). <https://doi.org/10.60134/mlshn.v2i1.2087>.
- Treybal, R. (1989). Operaciones de transferencias de masa. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México.
- Valderrama, J., & Aravena, A. M. Y. F. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. *Información tecnológica*, 5(3), 91-97.



ACEITE SEMILLA DE CALABAZA 100% NATURAL



.....
Aceite de calabaza
100% puro y natural.
Producido y envasado
en Ecuador, sin aditivos,
toxinas o productos
químicos nocivos.



.....
Ideal como alimento en
la cocina, se utiliza para
ensaladas, aderezo,
postres, salsas, etc.



.....
Beneficia el corazón,
hígado y el sistema
inmunológico.
Ayuda a combatir la
diabetes.
Ideal para la salud de la
próstata y urinaria.
Hidratante para la piel
seca y cabello.



+593-998360973



vero.q84@hotmail.com

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA (*Prunus dulcis*): UNA REVISIÓN

ALMOND OIL (*Prunus dulcis*) PRODUCTION PROCESS: A REVIEW

Leah Jazmín Chávez-Moran¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto², Julio Pineda-Insuasti²

¹ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química. Quito, Ecuador

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: jmchavez1@uce.edu.ec

Recibido: 25/11/2023

Aceptado: 25/12/2023

RESUMEN

Descripción y análisis de la información científica existente sobre el proceso de producción de aceite de almendra (*prunus dulcis*), mediante la revisión del material científico disponible, que permita valorar los principales problemas y el avance del desarrollo tecnológico asociados con dicho proceso. Mediante este análisis se pudo determinar que las propiedades nutricionales y el contenido de ácidos grasos de la almendra varía de acuerdo con las condiciones climáticas y a la ubicación geográfica del cultivo. Con respecto a la extracción del aceite de almendra se presentan tres métodos de extracción, con solventes, con fluidos supercríticos y mecánico. La peor calidad del aceite, pero el mayor rendimiento industrial se obtiene utilizando disolventes, donde los aceites obtenidos no son vírgenes debido a los tratamientos químicos que se involucran. Los aceites obtenidos mediante extracción con fluidos supercríticos son de mayor calidad, pero a un coste muy elevado, por el contrario, las extracciones en prensa se

convierten en la mejor alternativa para lograr aceites de mayor calidad a un costo asequible.

PALABRAS CLAVE: Extracción, Aceite, almendra.

ABSTRACT

Description and analysis of the existing scientific information on the production process of almond oil (*prunus dulcis*), through the review of the available scientific material, which allows assessing the main problems and the advancement of technological development associated with said process. Through this analysis it was possible to determine that the nutritional properties and fatty acid content of almonds varies according to climatic conditions and the geographical location of the crop. With respect to the extraction of almond oil, three extraction methods are presented: with solvents, with supercritical fluids and mechanically. The worst quality of the oil, but the highest industrial performance is obtained using solvents, where the oils

obtained are not virgin due to the chemical treatments involved. The oils obtained by extraction with supercritical fluids are of higher quality, but at an extremely high cost; on the contrary, press extractions become

the best alternative to achieve higher quality oils at an affordable cost.

KEYWORDS: *Extraction, Almond, oil.*

INTRODUCCIÓN



FIG. 1 Tres coproductos de las almendras (cáscara, caparazón, núcleo)

Fuente: Guangwei Huang, Karen Lapsley. Almond Board of California, Modesto, CA, United States.

La almendra (*Prunus dulcis*) es un cultivo leñoso típicamente mediterráneo, que se adapta con facilidad a regiones con escasos recursos hídricos. En este contexto el conocimiento de las características del material vegetal puede permitir una optimización de su manejo agronómico y de los programas de mejora genética de la especie (Herralde Travería Felicidad, n.d.).

En volumen de producción, el 82% de los granos de almendra fueron producidos por productores del Valle Central de California, donde el clima es cálido, veranos secos y frescos (Huang & Lapsley, 2019). Según el censo agrícola del USDA de 2012, hay

alrededor de 6800 granjas de almendras en California (Huang & Lapsley, 2019). Estas granjas cultivan >30 variedades dulces, con >95% del volumen de producción actual atribuido a 13 variedades principales: Aldrich, Butte, Butte/Padre, Carmel, Fritz, Independence, Monterey, Mission, Nonpareil, Padre, Price, Sonora, y Colonia de Madera. Según la textura de la cáscara, las variedades de almendras generalmente se clasifican en cáscara dura, semidura y blanda (Huang & Lapsley, 2019).

En 2020 la producción total de almendras (*Prunus dulcis*) fue el más alto en más de una década con 1.654.395 toneladas métricas y representó el 31% del consumo total de nueces en todo el mundo (Wax et al., 2023). La producción mundial está liderada por EE.UU. (79%), seguido de Australia y España con un 7% cada uno (Sanahuja et al., 2021). Esto convierte a las almendras en el cultivo de frutos secos de mayor importancia económica en las zonas templadas (Sanahuja et al., 2021). Sin embargo, en la actualidad los productores californianos se enfrentan a una acumulación de 362.873 toneladas de almendras de la cosecha anterior. Por otro lado, ya se ha publicado la nueva estimación para la temporada 2023-2024 y se espera una cosecha aproximada de 1.179.340 toneladas. Pero el problema inmediato es este enorme sobrante al que se enfrentan (Fresh Plaza, n.d.).

Con respecto al consumo de la almendra en 2019, Alemania fue el cuarto país importador con 93.765 toneladas métricas. Alrededor del 60% de las importaciones de almendras de Alemania se consumen directamente como refrigerios, mientras que el 40% restante se utiliza como ingredientes en productos procesados como bebidas no lácteas o dulces (Wax et al., 2023). Sin embargo, a nivel industrial es más valioso procesar las almendras para obtener proteínas y aceites. El aceite de almendras tiene aplicaciones diversas en comparación con las semillas crudas, lo que puede resultar en márgenes de beneficio más altos. Actualmente se está explorando este aceite como fuente potencial de biocombustibles, en la fabricación de productos cosméticos y de cuidado personal debido a sus propiedades hidratantes y nutritivas para la piel y el cabello, de igual manera como suplemento nutricional por sus propiedades funcionales. Además, el aceite de almendra es fácilmente digerida y absorbida por el cuerpo humano. Por lo tanto, se puede utilizar como producto nutricional de alta calidad (Shi et al., 2023). Esta revisión cubre los principales métodos de extracción, el avance del desarrollo tecnológico, las propiedades funcionales y el valor nutricional del aceite de almendra.

CULTIVO, COSECHA Y POSTCOSECHA

Además de la sequía y del manejo del riego, otra situación que se puede generar a partir de las nuevas técnicas de manejo y conducción de los cultivos, cada vez más intensivas y sofisticadas, son los bajos niveles de radiación de luz en el interior de estos, debido a la elevada densidad de plantación y al sistema de formación. Dado que, en ausencia de otros factores ambientales limitantes, la productividad está directamente relacionada con la radiación

que un vegetal recibe, por lo tanto, debe prestarse una especial atención a la forma, tamaño, inclinación, etc. de las hojas y consecuentemente, en el caso de la arboricultura, a la copa, ya que las mismas junto con la capacidad fotosintética determinarán la productividad de una variedad (Herralde Travería Felicidad, n.d.).

Los árboles de almendra comienzan a producir frutos entre los 3 y 5 años. Sin embargo, la cantidad de frutos puede aumentar significativamente a medida que el árbol envejece. La temporada comienza con la floración. Después de la floración, el cogollo se forma lentamente y luego madura hasta convertirse en una almendra (Fresh Plaza, n.d.). Las almendras dulces tienen tres partes distintas: el núcleo interior, la parte media de la cáscara y la cáscara exterior, como se muestra en la Fig. 1. Los granos de almendra se desarrollan dentro de una cáscara rodeada por otra cáscara. Cuando la mayoría de las nueces de los árboles tienen la cáscara completamente abierta, es el momento de cosechar. La recolección se lleva a cabo sacudiendo mecánicamente las nueces de los árboles hasta el suelo. Las nueces permanecen en el suelo del huerto hasta que la humedad del grano se haya secado por debajo del 6%, lo que suele tardar entre 7 y 10 días. Luego, las nueces se barren en largas hileras entre árboles y se recogen con barredoras mecánicas. Las almendras cosechadas se cargan en camiones y se entregan a una instalación descascaradora para recuperar los granos y/o las nueces con cáscara. Dichas cáscaras y la sacudida de los árboles durante la cosecha puede desprender ramas, hojas muertas o debilitadas (Huang & Lapsley, 2019), que generan biomásas las cuales también pueden ser aprovechadas.

ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Prelimpiado

La materia prima viene directamente de los campos por lo que es necesario realizar un proceso de limpieza antes de que ingrese a la planta, donde maquinaria especializada limpia la materia prima de los elementos extraños, dentro de los cuales se encuentran: palos, polvo, piedras, hojas, etc (Terranut, n.d.).

Despelsonado

Esta es la etapa que permite separar la capa externa del fruto, llamado "pelón", mediante un proceso mecánico de roce por diferencial de velocidad del fruto con rodillos de goma, luego se separan los productos mediante zarandas y aire. El pelón corresponde a una capa blanda y urgente, que al deshidratarse se vuelve leñosa. Es comercializado para la alimentación animal dada sus condiciones nutritivas (Terranut, n.d.).

Descascarado

El proceso de descascarado se realiza mediante presión, la separación es mediante rodillos de goma que van ejerciendo distintas presiones al fruto hasta que logra quebrar la cáscara dura y se obtiene la almendra en pepa (Terranut, n.d.).

Calibración

Una vez lograda la obtención de la almendra en pepa, pasa al proceso de calibrado en donde se divide el fruto de acuerdo con su diámetro ecuatorial y es almacenado en recipientes correctamente identificados (Terranut, n.d.).

Selección. Selección Manuel u Óptica, en donde mediante una máquina específica se elimina un 98% de impurezas (Terranut, n.d.).

Molienda

La almendra se debe someter a una reducción de tamaño. El procedimiento se realiza agregando cierta cantidad de almendras a un molino del cual se obtiene la harina utilizada para la extracción (Angel Morales & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, n.d.), no es recomendable lavar las semillas por periodos largos de tiempo ya que aumenta la plasticidad y humedad afectando negativamente la operación de molienda (Martínez et al., 2013).

Tratamiento térmico

Los tratamientos térmicos producen un endurecimiento del tegumento que permite triturar el material sin dificultad (Martínez et al., 2013).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NUTRICIONALES DE LA ALMENDRA.

Las almendras dulces tienen una longitud promedio de 2,3 cm, 1,4 cm de ancho y 0,8 a 1,0 cm de espesor. Tienen un sabor delicado, aromático y dulce. Externamente las semillas son ovaladas, asimétricas, aplanadas, puntiagudas por un extremo y redondeadas por el otro. Los granos de almendra tienen un bajo contenido de agua, mientras que su cantidad de grasa puede oscilar entre el 46% y el 64% y su nivel de proteína puede rondar el 10-35%. Se sabe que estos valores están condicionados por el cultivo y el origen geográfico.

En cuanto a la composición de la fracción grasa, las almendras se caracterizan por tener altas cantidades de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Los ácidos oleico y linoleico son los ácidos grasos insaturados más abundantes en las almendras, representando alrededor del 80-90%, mientras que los ácidos grasos saturados, como los ácidos grasos palmítico y

esteárico, están presentes en cantidades menores (<10%). Las almendras también destacan por su contenido en compuestos menores como polifenoles y tocoferoles, que se correlacionan con propiedades antioxidantes que reducen el riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo como artritis, vasculitis e hipertensión arterial, cáncer, o Alzheimer.

Otros compuestos menores presentes en las almendras son los fitoesteroles o esteroides vegetales que llevan a cabo funciones celulares en las plantas análogas a las del colesterol en los animales (Sanahuja et al., 2021). Así mismo los estudios de la riqueza de fitoquímicos en las cáscaras y pieles de almendra han demostrado fuertes propiedades antioxidantes, antimicrobianas, prebióticas, antitumorales, antivirales y fotoprotectoras. Basado en el hecho, el equipo de Roger Ruan de la Universidad de Minnesota está trabajando ahora en un proyecto financiado por ABC para fabricar alimentos e ingredientes nutraceuticos de cáscaras de almendras (Huang & Lapsley, 2019).

Varias publicaciones concluyeron que diferentes cultivares de almendras mostraban valores de composición química y propiedades fisicoquímicas y bioquímicas diferentes. Por este motivo, la discriminación entre cultivares de almendra ha sido el foco de numerosos estudios de investigación para evitar fraudes en la industria alimentaria (Sanahuja et al., 2021).

Tabla1. Composición de la almendra.

Parámetro	Valor
Contenido de humedad (w.b.)%	4.50 ±0.13
Lípidos (d.b.)%	53.11 ±0

	20
Proteínas (d.b.)%	25.56 ±0.21
Cenizas (d.b.) %	3.28 ±0.01
Carbohidratos (b.s.) %	13.55
Distribución de ácidos grasos (abundancia relativa) %	
Ácido palmítico (16:0)	6.74 ±0.06
Ácido palmitoleico (16:1)	0.4 ±0.01
Ácido esteárico (18:0)	1.84 ±0.58
Ácido oleico (18:1)	71.24 ±0.36
Ácido linoleico (18:2)	19.77 ±0.14
Componentes lipídicos menores	
Tocoferoles totales (lg/g de aceite)	591 ±15.6
Carotenoides (lg/g de aceite)	1.659 ±0.002
Clorofilas (lg/g de aceite)	0.163 ±0.001

Fuente: Marcela L. Martínez. *Oil recovery and oxidative stability.* (2013)

IMPORTANCIA DEL ACEITE DE ALMENDRA

El importante valor nutritivo de la almendra surge de su alto contenido en lípidos, que constituye una importante fuente de energía calórica (Alasalvar et al., 2020). En la literatura, la mayoría de los trabajos de investigación realizados sobre la composición de las almendras se dedicaron a la fracción lipídica y su composición, en particular los ácidos grasos (Sakar et al., 2021). En las almendras, las grasas se componen de lípidos de almacenamiento, que están presentes en forma de gotitas de aceite intracelulares.

Estas gotitas representan alrededor de 1 a 3 μm de diámetro en los tejidos de los cotiledones de los granos (Kodad, 2017). Los aceites de almendras son fuentes ricas en ácidos grasos con predominio de monoinsaturados, especialmente ácido oleico, polifenoles, esteroides, vitaminas y compuestos bioactivos liposolubles con amplias variaciones genotípicas y ambientales. Esta riqueza bioquímica del aceite de almendras justifica sus usos nutraceuticos y medicinales (International et al., 2020).

El Comité de Grasas y Aceites del Codex Alimentarius no describe el aceite de almendras ya que se produce a pequeña escala en pocos países como Francia, España y Estados Unidos. Además, gracias a sus numerosos beneficios para la salud, el aceite de almendras se ha utilizado durante mucho tiempo en los círculos de la medicina complementaria, así como como aceite comestible, principalmente como aderezo para ensaladas y en salsas vegetales (Sakar et al., 2021).

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Los métodos más comunes utilizados para la extracción de aceite de almendras son la extracción con solventes, la extracción con fluidos supercríticos usando CO_2 y sistemas de presión que incluyen prensas hidráulicas y de tornillo (Sakar et al., 2021).

Durante la extracción se debe controlar un conjunto de parámetros como el contenido de humedad del grano y la temperatura para lograr una buena recuperación del aceite, estabilidad oxidativa y composición química (Martínez et al., 2013).

Extracción con solventes

El disolvente que más se utiliza es el "hexano" comercial. Este disolvente es económico y abundante producido por la industria petrolífera en condiciones de pureza adecuadas. Actualmente se han lanzado al mercado un disolvente compuesto principalmente por n-hexano que no deja residuo en la destilación, también de utiliza etanol y acetona. Para la extracción del aceite con solventes se puede aplicar la técnica de reflujo, la cual implica la condensación de gases y la vuelta de este condensado al sistema que lo originó. A medida que se procede a la calefacción del matraz, la temperatura aumenta evaporando parte del disolvente. Los vapores de este ascienden por el cuello del envase hasta el refrigerante, donde se condensa volviendo de nuevo al sistema. Esto establece que la muestra pulverizada de semilla posee reflujo continuo de disolvente que mantiene el volumen de la reacción constante (Angel Morales & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, n.d.).

Procedimiento para la extracción del aceite de almendras a temperatura ambiente utilizando evaporador rotatorio.

La evaporación de solventes para concentrar los extractos obtenidos se puede realizar en evaporador rotatorio a presión reducida.

Se pesan 15 g de las almendras molidas y se colocan en un erlenmeyer. Se añaden 20 mL de hexano (solvente de extracción) y se agita la mezcla, con agitador magnético, durante 15 min. Se filtra la mezcla al vacío y se lava el sólido con 10 mL de hexano. Se trasvasa el extracto obtenido a un balón previamente pesado y se destila el solvente por medio de un rota evaporador. Por último, se pesa el aceite obtenido y se calcula el rendimiento teniendo en cuenta que la densidad del

aceite de almendras es de $0,92 \text{ g/cm}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Hernández & Zacconi, 2009).

Extracción con fluidos supercríticos (CO₂) y ultrasonido

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia mantenida por encima de su presión y temperatura críticas, donde tiene una mezcla de propiedades entre líquido y gas (Dias et al., 2021). Las principales ventajas de las técnicas emergentes sobre los métodos de extracción convencionales es que, en general, cumplen con los requisitos del concepto de proceso verde. Este concepto tiene como objetivo evitar o minimizar el uso de solventes orgánicos tóxicos, reducir el tiempo de extracción, la temperatura del proceso y el consumo de energía, intensificar la transferencia de masa y los rendimientos de extracción (Dias et al., 2021).

El notable interés de la comunidad científica por esta tecnología ha sido impulsado por la gran versatilidad del dióxido de carbono, el disolvente más utilizado en estado supercrítico, ajustando la temperatura y la presión, es posible manipular la densidad y la viscosidad del fluido, determinando el poder disolvente del CO₂ supercrítico para proporcionar extractos con composiciones deseables (mejoras de selectividad), al mismo tiempo que asegura un proceso de separación inocuo tanto para la salud humana como para el medio ambiente (De Melo et al., 2014).

6.2.1. Extracción por ultrasonido.

Otra forma muy eficaz, y aún poco explorada, de intensificar los procesos de extracción a alta presión es la propagación de ondas ultrasónicas en el medio de extracción. Este método se ha utilizado en una escala mucho menor por razones obvias (Dias et al., 2021). Los ultrasonidos son ondas sonoras con una

frecuencia superior al rango audible para los humanos (16 a 18 kHz). El límite de frecuencia superior es 5 MHz para propagación en gas y 500 MHz para líquidos y sólidos (Povey & Mason, 1998). El mecanismo fundamental del ultrasonido se basa en la transformación de energía eléctrica en mecánica a través de transductores, promoviendo una vibración mecánica en alta frecuencia ($>20 \text{ kHz}$).

La aplicación de ultrasonidos en líquidos puede provocar transmisiones acústicas y, si el medio líquido está compuesto por núcleos de gas, pueden sufrir ciclos de compresión y colapso. El colapso de las microburbujas se define como "cavitación acústica" y puede tener lugar de forma simétrica o asimétrica. Cuando el colapso es simétrico, las ondas de choque promueven la agitación y la transferencia de energía al medio, facilitando la interrupción de las interacciones intermoleculares de los compuestos objetivo con la matriz (p. ej., carbohidratos, lípidos, proteínas). Por el contrario, el colapso asimétrico puede crear micro chorros, capaces de dañar o romper las paredes celulares (Ashokkumar, 2011).

Además, la cavitación puede ser "estable" o "transitoria". Para una cavitación estable, las burbujas se forman a frecuencias de ultrasonido más altas ($>$ cientos de kHz) sin crear un colapso sustancial; mientras tanto, la cavitación transitoria tiene lugar a frecuencias más bajas ($<$ cientos de kHz), promoviendo un violento colapso de la burbuja (Radziuk & Möhwald, 2016).

Además, el uso de ultrasonidos para tiempos de extracción más prolongados puede aumentar naturalmente la temperatura interna del recipiente de extracción. En consecuencia, la solubilidad de los solutos

puede aumentar, reduciendo la viscosidad y aumentando la difusividad del disolvente (Dias et al., 2021).

Extracción mecánica (con prensa de tornillo)

Para producir aceites vírgenes de frutos secos a gran escala, las extracciones mecánicas se han vuelto ampliamente aceptadas para obtener aceites de frutos secos de mayor calidad sin residuos químicos (Sakar et al., 2021).

Ejemplo del procedimiento para la extracción de aceite. Las semillas de almendras se acondicionan para alcanzar 4, 6, 8, 10 y 12% (p/p) de contenido de humedad. Se muelen y tamizan a través de un tamiz automático para lograr un tamaño de partícula de 2,4 a 4,8 mm. Luego, las partículas se rocían con agua dulce hasta alcanzar el 6, 8, 10 y 12% (p/p) de contenido de humedad (Singh & Bargale, 2000). Después, las muestras rociadas con agua se empaquetan en recipientes metálicos herméticos y se almacenan durante aproximadamente 48 h para equilibrarlas.

Los recipientes se agitan a intervalos regulares para distribuir la humedad uniformemente por toda la muestra. Para ajustar el contenido de humedad al nivel del 4% (p/p), las muestras se deben mantener en un horno de vacío a 25 C hasta que se alcance la humedad deseada. El prensado se puede realizar a tres temperaturas diferentes, ej. 20, 40 y 60 C. La extracción del aceite se realiza con una prensa de tornillo Komet (Modelo CA 59 G, IBG Monforts, Mönchengladbach, Alemania), con matriz de restricción de 5 mm y velocidad de tornillo de

20 rpm. Después de cada ejecución, todos los dispositivos de prensa se limpian y secan (Martínez et al., 2013).

CONCLUSIONES

El impulso hacia una mayor producción global de almendras, incentivado por la creciente demanda de aceites especiales, está motivando la exploración de variedades y genotipos con niveles de aceite mejorados. Asimismo, se ha prestado considerable atención en la literatura a la variabilidad en el contenido de aceite de la semilla y sus propiedades fisicoquímicas. En este contexto, se ha evidenciado que la cantidad de aceite en las almendras y sus ácidos grasos están principalmente vinculados a factores genotípicos, mientras que elementos ambientales como la humedad del suelo y la temperatura atmosférica ejercen efectos significativos en estos aspectos.

Con respecto a los métodos de extracción y el desarrollo tecnológico, los aceites vegetales se recuperan convencionalmente mediante técnicas de extracción que utilizan disolventes orgánicos. Sin embargo, en los últimos años se han propuesto severas restricciones para reducir el uso de disolventes orgánicos en procesos industriales a la luz de los problemas ambientales y de salud pública asociados a ellos. Por lo tanto, las técnicas de extracción limpia como la extracción con fluidos supercríticos (SFE) se han desarrollado como alternativas para sustituir las convencionales para recuperar aceites de diversas matrices vegetales. El aceite virgen obtenido mediante prensa mecánica es de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel Morales, J., & Rojas Luisana Marín Yolfre Oropeza, A. (n.d.). *EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO UTILIZANDO SOLVENTES ORGÁNICOS*.
- Ashokkumar, M. (2011). The characterization of acoustic cavitation bubbles – An overview. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 864–872. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2010.11.016>
- De Melo, M. M. R., Silvestre, A. J. D., & Silva, C. M. (2014). Supercritical fluid extraction of vegetable matrices: Applications, trends and future perspectives of a convincing green technology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 92, 115–176. <https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2014.04.007>
- Dias, A. L. B., de Aguiar, A. C., & Rostagno, M. A. (2021). Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105584. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2021.105584>
- Fresh Plaza. (n.d.). *Custom Almonds*.
- Hernández, S. A., & Zacconi, F. C. M. (2009). Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. *Química Nova*, 32(5), 1342–1345. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500044>
- Herralde Travería Felicidad. (n.d.). *ESTUDIO INTEGRAL DE LAS RESPUESTAS ECOFISIOLÓGICAS AL ESTRÉS HÍDRICO: CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE ALMENDRO*.
- Huang, G., & Lapsley, K. (2019). Almonds. In *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* (pp. 373–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00015-0>
- International, A., Sakar, E. H., Yamani, M. El, Boussakouran, A., Zeroual, A., Gharby, S., & Rharrabti, Y. (2020). *JOURNAL OF ANALYTICAL SCIENCES AND APPLIED BIOTECHNOLOGY On the natural variability of kernel oil content in almond [Prunus dulcis Mill. DA Webb]: An Overview*. 2, 16–22. <https://doi.org/10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v2i1.21076>
- Kodad, O. (2017). Chemical composition of almond nuts. *Almonds: Botany, Production and Uses*, 428–448. <https://doi.org/10.1079/9781780643540.0428>
- Martínez, M. L., Penci, M. C., Marin, M. A., Ribotta, P. D., & Maestri, D. M. (2013). Screw press extraction of almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb): Oil recovery and oxidative stability. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 40–45. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.05.010>
- Povey, M. J. W. (Malcolm J. W.), & Mason, T. J. (1998). *Ultrasound in food processing*. 282.
- Radziuk, D., & Möhwald, H. (2016). Ultrasonic Mastering of Filter Flow and Antifouling of Renewable Resources. *ChemPhysChem*, 17(7), 931–953. <https://doi.org/10.1002/CPHC.201500960>
- Sakar, E. H., El Yamani, M., Boussakouran, A., Ainane, A., Ainane, T., Gharby, S., & Rharrabti, Y. (2021). Variability of oil content and its physicochemical traits from the main almond [*Prunus dulcis* Mill. DA Webb] cultivars grown under contrasting environments in north-eastern Morocco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32, 101952. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2021.101952>

- Sanahuja, A. B., Pérez, S. E. M., Teruel, N. G., García, A. V., & Moya, M. S. P. (2021). Variability of Chemical Profile in Almonds (*Prunus dulcis*) of Different Cultivars and Origins. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 153, 10(1), 153. <https://doi.org/10.3390/FOODS10010153>
- Shi, T., Cao, J., Cao, J., Zhu, F., Cao, F., & Su, E. (2023). Almond (*Amygdalus communis* L.) kernel protein: A review on the extraction, functional properties and nutritional value. *Food Research International*, 167, 112721. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.112721>
- Singh, J., & Bargale, P. C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 75–82. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00134-X)
- Terranut. (n.d.). *Almendras- Servicios y Procesos*.
- Wax, N., Voges, L. F., Wenck, S. H., Herold, J. L., Seifert, S., & Fischer, M. (2023). Detection of almonds (*Prunus dulcis*) adulteration by genotyping of sweet and bitter almonds with double-mismatch allele-specific qPCR (DMAS-qPCR). *Food Control*, 152, 109866. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109866>

PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA FÚNGICA A PARTIR DE BIOMASA DE CÁÑAMO (*Cannabis sativa* L.): UNA REVISIÓN

PRODUCTION OF FUNGAL PROTEIN FROM HEMP BIOMASS (*Cannabis sativa* L.): A REVIEW

Christian Andrés Aguilar-Cadena¹, Julio Pineda-Insuasti², Camilo Alejandro Pineda-Soto³, Pedro Miguel Barba Estrella¹

¹ Universidad Técnica del Norte (UTN). Ibarra, Ecuador

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador

³ BIOECOLÓGICOS. Ibarra, Ecuador. www.bioecologicos.com

Autor para correspondencia: ackrinpd91@gmail.com

Recibido: 05/09/2023

Aceptado: 05/10/2023

RESUMEN

El cáñamo es una planta usada en la agroindustria como materia prima de textiles, papel, suplementos nutricionales, combustible, fármacos o la extracción de aceites esenciales por la bioactividad de sus metabolitos secundarios. La refinería del cáñamo produce toneladas anuales de material lignocelulósico que es desechado a pesar de tener un contenido nutricional significativo. La biomasa residual del cáñamo medicinal, según la técnica de extracción puede tener 20,8% de proteína, 52,7% de carbohidratos y 21,2% de cenizas que pueden ser aprovechadas por hongos superiores para su enriquecimiento o la bioconversión a biomasa fúngica con niveles más altos de proteína y un mejor rendimiento. Mediante la presente revisión sistemática se proporciona información acerca de la biomasa residual del cáñamo, aplicaciones, caracterización y la establece como un sustrato adecuado para la producción de biomasa fúngica.

PALABRAS CLAVE: bioconversión, fermentación en estado sólido, setas comestibles, lignocelulosa, Pleurotus.

ABSTRACT

Hemp is a plant used in agroindustry as a raw material for textiles, paper, nutritional supplements, fuel, drugs, or the extraction of essential oils due to the bioactivity of its secondary metabolites. The hemp refinery produces annual tons of lignocellulosic material that is discarded despite having significant nutritional content. The residual biomass of medicinal hemp, depending on the extraction technique, can have 20.8% protein, 52.7% carbohydrates and 21.2% ash that can be used by higher fungi for enrichment or bioconversion of fungal biomass with higher protein levels and better efficiency. Through the present systematic review, information is provided about the residual hemp biomass, applications, characterization and establishes it as a suitable substrate to produce fungal biomass.

KEYWORDS: Bioconversion, solid state fermentation, edible mushrooms, lignocellulose, Pleurotus.

INTRODUCCIÓN

Existen cerca de 600 variedades conocidas de Cannabis con propiedades inexploradas y un alto potencial para la investigación y desarrollo

(I+D) (Aliferis & Bernard-Perron, 2020), de las 13 especies reconocidas por el jardín botánico de Missouri, las más estudiadas son *C. sativa* y *C. indica* (Ángeles et al., 2014).

C. sativa L. es la especie conocida como cáñamo o mariguana y se diferencian por el contenido del THC (tetrahidrocannabinol), el cáñamo posee un contenido menor a 0,3% de THC en sus flores secas (Schilling et al., 2019). La baja concentración del metabolito ha permitido usar 75 variedades de cáñamo en la industria conforme a las disposiciones de la Política Agrícola Común (PAC) (Comisión Europea, 2022). De los 600 metabolitos identificados, el 20% son cannabinoides y 7 son compuestos CBD, en donde recae su importancia farmacológica (Aliferis & Bernard-Perron, 2020; Ángeles et al., 2014).

La extracción de compuestos genera "biomasa de cáñamo gastada" (Herrera, 2023). La biomasa residual presenta un alto potencial en tecnologías de valorización biológica y química como obtención de fibra, hongos comestibles o metabolitos (Vargas & Pérez, 2018). Sólo en el Ecuador se estima que se producen 2200 millones de kilogramos de biomasa lignocelulósica y almidonada como residuo (Riera et al., 2018); es así como el cáñamo, por ser una planta herbácea anual de hasta 4 m de alto genera hasta 4550 Kg/ha de residuos lignocelulósicos anuales en el proceso de extracción de compuestos medicinales (Ángeles et al., 2014; Porras & Percivale, 2022).

La fungicultura es una práctica que aprovecha los residuos agrícolas a partir de sustratos de difícil degradación y producir hasta un 38% de proteína dependiendo del sustrato usado (Cruz, 2020; Mancera et al., 2023). Es así como en china se ha logrado aliviar la pobreza y desnutrición por el valor nutricional y el bajo costo de producción de los hongos comestibles (Li & Xu, 2022).

Bajo este contexto, el objetivo del estudio es establecer el estado del arte de la tecnología de producción de biomasa fúngica a partir de

los residuos lignocelulósicos de cáñamo como una estrategia de economía circular.

METODOLOGÍA

Protocolo de revisión

Se utilizó el protocolo de revisión: Report Standards for Systematic Evidence Synthesis (ROSES). Se eligió ROSES como protocolo de revisión en vez de elegir QUORUM o PRISMA debido a que está diseñado explícitamente para la investigación medio ambiental (Haddaway et al., 2018).

Pregunta de investigación

La revisión tiene el objetivo buscar información relacionada con la producción de biomasa fúngica usando sustratos lignocelulósicos de cáñamo industrial en las bases de datos y así identificar lagunas en los estudios. Por ende, la pregunta es: "¿Es posible producir biomasa fúngica a partir de la biomasa residual de cáñamo?"

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda es un componente crítico al momento de elegir la información. Siguiendo las directrices de búsqueda establecidos en el protocolo ROSES, se abordaron aspectos clave como la búsqueda en bases de datos como: Scopus, ResearchGate, Scielo y revistas indexadas; se hizo uso de palabras clave en inglés; operadores booleanos como OR, AND, NOT y comillas ("") para ampliar o reducir los resultados de búsqueda.

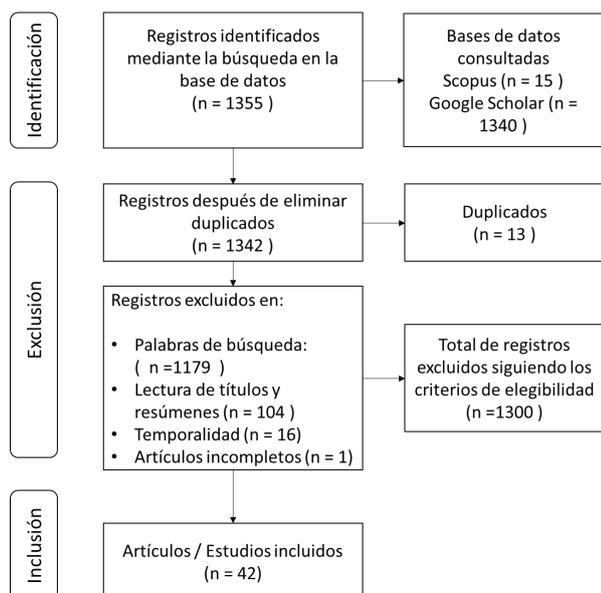


Figura 1. Diagrama sistemático del protocolo de revisión.

RESULTADOS

Descripción del cáñamo

Se denomina Cannabis al género botánico de plantas de la familia Cannabaceae, misma que también abarca a plantas como el lúpulo (Ortiz & López, 2023). Es originaria de Asia central, crece bien entre los 13 y 20 °C y puede adaptarse a casi todo tipo de suelo (Rehman et al., 2021). Carl Linnaeus la clasifica en 1753 como una planta herbácea anual de hasta 4 m con un tallo erecto, recubierta de tricomas glandulares en sus inflorescencias y hojas para producir resina como defensa ante agresiones externas (Ángeles et al., 2014). *C. sativa* L. posee variedades netamente industriales a diferencia de otras especies y se clasifica en cáñamo o marihuana de acuerdo su uso industrial y tecnológico o recreativo (Rehman et al., 2021).

Composición química y nutricional

El cannabis posee una amplia gama de compuestos con propiedades únicas, a una magnitud tan alta que se denomina “cannabinómica” a la metabolómica aplicada al cannabis (Aliferis & Bernard-Perron, 2020). Sus semillas y brotes son ricos en polifenoles como el cafeoiltramina y cannabisina (Frassinetti et al., 2018); sin embargo, los

fitocannabinoides (Figura 2) y los terpenoides de sus tricomas son los principales compuestos bioactivos de interés (Ángeles et al., 2014). El THC y CBD son los compuestos más estudiados por su efecto psicoactivo, por ello cargan con una fuerte regulación por parte de la FDA o la Unión europea para su uso industrial (Rehman et al., 2021). El contenido de sus metabolitos es variable, puesto que mediante selección u mejoramiento genético se ha obtenido variedades de producción de fitocannabinoides no THC (Schilling et al., 2019).

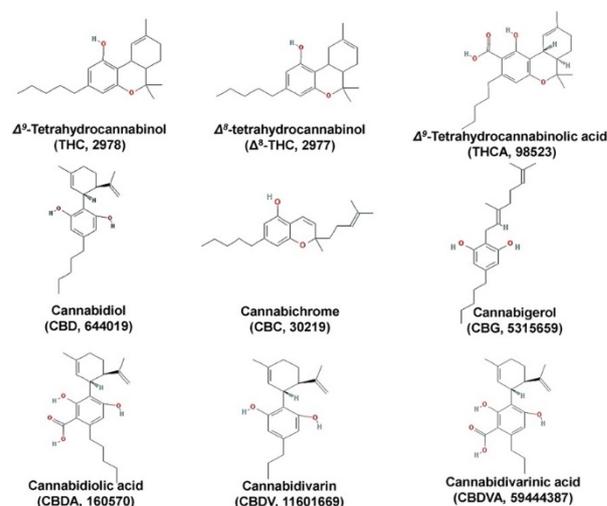


Figura 2. Fitocannabinoides del cannabis. Obtenido de (Aliferis & Bernard-Perron, 2020).

También posee un gran contenido de biomasa lignocelulósica, según Andre et al. (2016), el cáñamo provee más cantidad de biomasa en función del tiempo que los árboles; posee 2 tipos de fibras: Fibras leñosas o “hurd” que se caracterizan por una alta resistencia y capacidad de retención de agua, y fibras de líber de textura gelatinosa, de gran resistencia y con propiedades antibacterianas por tener β-sitosterol y β-amirina.

Sus semillas son conocidas por ser ricas en proteína. El contenido proteico de sus semillas es de un 27% MS (materia seca) y de su aceite un 36% MS (Tran, 2019), se estima que la edestina, una proteína globular de fácil digestión compone el 65% del total de proteína (Sorrentino, 2021); la fracción de proteína cruda puede compararse a de la harina de soya (Wang et al., 2022). También

posee ácidos grasos insaturados y poliinsaturados como omega 3 y 6 (Sorrentino, 2021), el 87% corresponde a ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico (53-60%) y linolénico (19%) (Tran, 2019).

Aplicaciones del cáñamo

El cáñamo posee una aplicabilidad muy alta por el aprovechamiento toda la planta (Rehman et al., 2021). Las fibras de Hurd pueden crear un material similar al hormigón por su alto contenido de lignina o para producir emplastos en una mezcla con cal denominados “canapulo” (Andre et al., 2016; Sorrentino, 2021). Las fibras de líber son las poseen propiedades similares al lino y son materia prima de textiles, materiales de construcción y aislamiento termoacústico (Picco et al., 2023; Rehman et al., 2021). En la cadena agroalimentaria, las de semillas de cáñamo sirven para la producción de harina y procesados a base de esta, también sirve como forraje de animales y componente del cebo para peces (Rehman et al., 2021; Sorrentino, 2021).

La obtención de extractos se lleva a cabo partiendo de los órganos que poseen tricomas glandulares, en particular de las inflorescencias femeninas (Schilling et al., 2019). Los cannabinoides interactúan con los receptores CB1 y/o CB2, el THC posee propiedades analgésicas similares a la andamida, capaz de frenar el Alzheimer y el CBD se caracteriza ser un analgésico,

antiinflamatorio y antidepresivo (León, 2017). Por otra parte, el cáñamo se usa para producir bioetanol, biogás, combustible sólido, biohidrógeno y biodiésel con un rendimiento de 800L/año, además de ser considerado de mejor calidad por su resistencia a la oxidación (Rehman et al., 2021).

Los residuos

El material biológico residual de la extracción por etanol frío o CO₂ supercrítico conformado por semillas, tallos, hojas y restos de pequeñas inflorescencias se denomina “biomasa de cáñamo gastada”. El 100% del residuo es desechado a pesar de que los métodos de extracción eliminan hasta el 90% de los cannabinoides sin perder sus cualidades nutritivas. Cada planta genera alrededor de 1,3 Kg de biomasa residual en base húmeda la cual no tiene un valor fijo comercial (Herrera, 2023; Porras & Percivale, 2022).

El 90% del peso seco de la biomasa de cáñamo son hojas y tallos que están compuestos de un 37,3% de celulosa, 19,8% de hemicelulosa y 12.35% de lignina (Xie et al., 2019), además, los residuos de los extractos de cáñamo industrial poseen un aproximado del 16% de proteína cruda (Aulestia, 2022; Eliopoulos et al., 2022) y en algunos casos ronda el 20% (Herrera, 2023; Setti et al., 2020), lo que la vuelve atractiva para una serie de bioprocesos involucrados en la producción de harina, recuperación de proteínas, enriquecimiento o el cultivo de hongos superiores (Setti et al., 2020).

Tabla 1.

Contenido nutricional de los diferentes tipos de la biomasa residual en materia seca de cáñamo (%p/p).

Biomasa	Proteína cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Cenizas	Extracto etéreo	Fuente
RECI	15,89		12,1	3,14		(Eliopoulos et al., 2022)
SC	20,63					(Setti et al., 2020)
BCG	20,01	34,66	10,19	20,78		(Herrera, 2023)
SEECIZ	20,8	52,7		21,2	5,25	(Wang et al., 2022)
SEECID	17,2	62,3		18,9	1,51	(Wang et al., 2022)

Biorrefinería			Vol. 6	No. 1	Año: 2023	ISSN: 2602-8530
TCI	9,12	79,7	8,48	2,73	(Wang et al., 2022)	
RFACI	44,2	21,4	12,8	21,6	(Wang et al., 2022)	

Nota. RECI: Residuos de extracción de cáñamo industrial, SC: Salvado de cáñamo, SEECIZ: Subproducto de extracción por etanol de cáñamo industrial de Zhaozhou, SEECID: Subproducto de extracción por etanol de cáñamo industrial de Daxing Anling, TCI: Tallo de cáñamo industrial, RFACI: Residuo de filtro de aceite de cáñamo industrial.

Producción de biomasa fúngica

Los hongos poseen enzimas que les permiten metabolizar nutrientes de difícil degradación (Mancera et al., 2023). El proceso de producción de biomasa fúngica involucra fermentación (Bakratsas et al., 2021), la Fermentación en Estado Sólido (FES) es ideal para la reducción de costos de producción, bajo consumo energético, simplificación de procesos, menor consumo de energía y un mejor aprovechamiento de biomasa residual en comparación con la Fermentación en Estado Líquido (FEL) (Pineda-Insuasti et al., 2014). El cultivo por FES es viable en residuos lignocelulósicos como mijo, sorgo, paja, rastrojos, bagazo de caña, pulpa de café, cáscara de cacao, mague, aserrín, viruta o cualquier material lignocelulósico por acción de las CAZimas (enzimas activas de carbohidratos), que representan el 50% de las enzimas hidrolíticas (Gaitán-Hernández et al., 2006; Shivute, 2020; Xie et al., 2019). Los parámetros de operación para el cultivo de hongos son: tamaño de partícula (TP), pH, humedad, temperatura, humedad relativa y luz (Pineda-Insuasti et al., 2014).

Conversión de la biomasa del Cannabis

La bioconversión por FES es un proceso que le da un valor agregado a los residuos agroindustriales con un porcentaje considerable de lignocelulosa para la producción enzimática y el enriquecimiento proteico (de Souza Araújo et al., 2020). El elevado potencial de bioconversión de los residuos de cáñamo industrial ha sido aprovechado en la refinería para aumentar el contenido nutricional de productos alimenticios sin alterar sus propiedades (Setti et al., 2020).

La eficiencia biológica (Ecuación 1) es la variable dependiente que se usa para medir rendimientos (De et al., 2023).

$$EB = \frac{MFH}{MSS} * 100 \quad (1)$$

Donde:

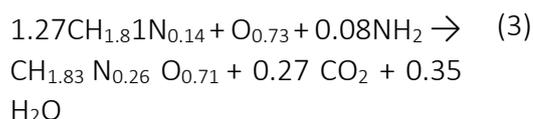
- EB: eficiencia biológica (%)
- MFH: Materia fresca del hongo (g)
- MSS: materia seca del sustrato (g)

La Ecuación 2 es una forma más sofisticada y exacta de calcular la EB y se basa en el cálculo de coeficientes estequiométricos de la Ecuación 3, ambas propuestas por (Pineda-Insuasti et al., 2014).

$$EB = \frac{MM_{XV} (1-A_{FF})}{MM_{FF} (1-A_{XV})} 1 \times 10^3 \quad (2)$$

Donde:

- EB: eficiencia biológica (g MSH/kg MSS)
- MSH: materia seca del hongo
- MSS: materia seca del sustrato
- MM_{XV}: masa molecular de la biomasa libre de cenizas (g/mol)
- A_{FF}: ceniza del residuo del sustrato fresco (g/mol)
- MM_{FF}: masa molecular del residuo de sustrato fresco libre de cenizas (g/mol)
- A_{XV}: ceniza de la biomasa (g/mol)



La Ecuación 3 permite calcular parámetros de suma importancia de la modelación industrial, como calor metabólico, consumo específico de aire o coeficiente de respiración (Pineda-Insuasti et al., 2014). Los datos de los

coeficientes estequiométricos fueron obtenidos en la experimentación usando biomasa residual de frejol y amonio (NH₂) como suplemento y varían de acuerdo con el sustrato usado y suplementación que se desee usar.

Las ecuaciones 4 y 5 corresponden a la Velocidad del Funcionamiento del Micelio (MRR) y a la cinética de crecimiento de la biomasa del cuerpo fructífero (De et al., 2023; Pineda-Insuasti et al., 2013)

$$MRR = \frac{L}{N} \quad (4)$$

Donde:

L: longitud del micelio (cm)

N: tiempo de crecimiento (días)

$$rX_v = \mu_{\max} \left(1 - \frac{X_v}{X_{\max}}\right) \quad (5)$$

Donde:

rX_v : velocidad de síntesis de biomasa del cuerpo fructífero (g BS/d*kg MS)

d: tiempo de crecimiento (días)

μ_{\max} : velocidad específica de crecimiento (1/d)

X_v : Concentración de biomasa del cuerpo fructífero (g BS/Kg MS)

X_{\max} : concentración máxima de biomasa del cuerpo fructífero (g BS/Kg MS)

El modelo logístico (ecuación 5) explica cinética de crecimiento típica de la fermentación de *P. ostreatus* CEBA gliie-010606 con un sustrato insoluble sin verse afectado su crecimiento entre los 10 a 25 °C. (Pineda-Insuasti et al., 2013).

Enriquecimiento nutricional de residuos por FES

Someter los residuos a FES con *P. ostreatus* permite obtener un valor nutricional más alto, así como la sacarificación, recuperación y producción de enzimas (Setti et al., 2020; Xie et al., 2017). La FES en residuos de cáñamo ha registrado una presencia más alta de CAZimas

lignocelulósicas; la lacasa es la enzima predominante y se ve influenciada por el sustrato (Siwulski et al., 2010). La lacasa, xilanasa, pectinasa y amilasa son enzimas cuya actividad significativa se registra a los 9 días (Setti et al., 2020), mientras las peroxidasas a los 12 días (Kuz'mina et al., 2001). Además, la fermentación al cabo de 11 días aumenta el contenido nutricional del sustrato en un 53,05% de proteína cruda y un 32,51% de β -glucano (Eliopoulos et al., 2022).

Producción de cuerpos fructíferos en cáñamo

Los hongos ostra (*Pleurotus* spp.) son fáciles de cultivar y se consideran una buena opción para el cultivo a pequeña escala (Shivute, 2020); el cáñamo es ideal por sus fibras leñosas de Hurd de alto contenido lignocelulósico (Reiss II, 2022); además de sus propiedades antisépticas y repelentes, su estabilidad, propiedades de amortiguación térmica y una buena transición de fluidos (MANKOWSKI et al., 2011). El cáñamo residual sin suplementar es de alta utilidad para la producción de cuerpos fructíferos (Siwulski et al., 2010), no obstante, los hongos tienen una alta sensibilidad al sustrato ante proteínas u las hormonas (Dehshibi et al., 2021), por lo que la suplementación con otros tipos de sustrato permite obtener valores más favorables. El cáñamo sin suplementar registra una EB de 65,7% mientras que los residuos de cáñamo sumado a la suplementación con cáscara de soja en una proporción 60:40 registran un 84,22% (Reiss II, 2022).

Proceso de producción

De acuerdo con Gaitán-Hernández et al., (2006) del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y Chang & Wasser (2017), La producción de biomasa fúngica por FES se divide en 7 etapas: 1) Selección de una especie aceptable, verificando cualidades organolépticas aceptables para el público local e internacional, sustratos adecuados, rendimiento y costos generales. 2) Asegurar un cuerpo fructífero de calidad creando un cultivo madre que cumpla con los parámetros de

rendimiento, textura o sabor. 3) La obtención de un inóculo viable a través de cepas de laboratorio o centros de investigación certificados, 4) La preparación de un sustrato inocuo. 5) La producción y cuidado del funcionamiento del micelio, adecuación del ambiente para los requerimientos de crecimiento, siembra, control de temperatura, humedad, riego. 6) Fructificación y Recolección, también llamados descargas. 7) Manejo postcosecha a través de una cadena de frío que mantenga al hongo fresco para su distribución.

El proceso de producción del cultivo de hongos superiores aprovechando las propiedades de la biomasa de cáñamo ya ha sido patentado haciendo uso de viruta, astillas y núcleo del tallo de la planta de cáñamo (Guo et al., 2017; MANKOWSKI et al., 2011; Sun et al., 2020).

Los subproductos de cáñamo industrial (cáscaras de semillas, restos de tallos) son las principales materias primas y se registra un aumento del 1 al 38% del rendimiento, así como el contenido nutricional en proteína cruda, ácidos grasos insaturados, azúcar total, fibra cruda y vitamina C en los hongos shiitake con una mezcla patentada de 25 a 38 partes de astillas de tallo de cáñamo, 35 a 53 partes de astillas de madera, 16 a 20 partes de salvado de trigo, 0,8 a 1,2 partes de yeso, 0,8 a 1,2 partes de sacarosa. También de 3 a 8 cáscaras de semillas de cáñamo industrial (Guo et al., 2017).

La adición de agramizas de cáñamo en cantidades del 20 al 30% en mezcla con paja de trigo mejora el crecimiento micelar (Dawidowicz et al., 2018), La invención de MANKOWSKI et al. (2011) plantea usar una proporción del 100-20 % de agramiza de cáñamo en combinación con paja de trigo permite mejorar el rendimiento de producción, por ejemplo, el usar una proporción 7:3 de paja de trigo y agramiza de cáñamo permite obtener 700Kg de cuerpos fructíferos por tonelada de sustrato, 200Kg más que usando un 100% de paja. Ambos

mantienen una temperatura de 25°C y se destaca como un parámetro clave.

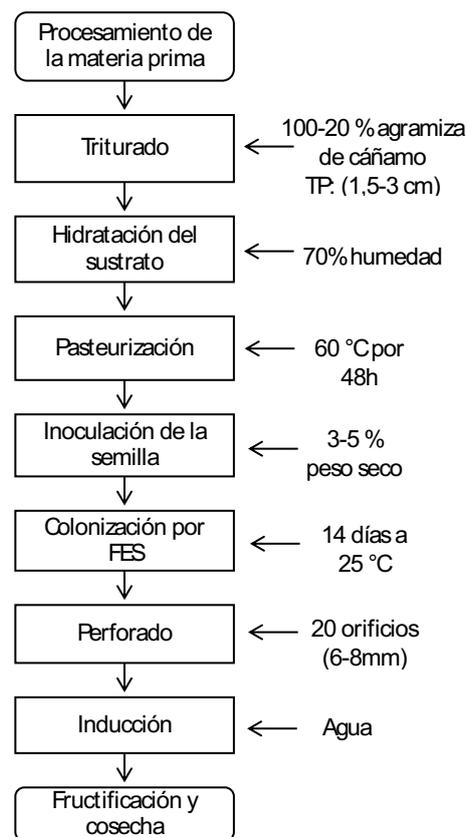


Figura 3. Diagrama de proceso para la producción de hongos superiores. Basado en la invención de (MANKOWSKI et al., 2011).

CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada, este artículo define a los residuos lignocelulósicos resultantes del cáñamo industrial como un sustrato adecuado para el crecimiento fúngico y un mejor rendimiento, que influye directamente en la velocidad de crecimiento micelar y eficiencia biológica de los hongos superiores al aumentar el contenido proteico y estimular la producción enzimática. Los estudios experimentales resaltan los parámetros de humedad, tamaño de partícula, luz y en específico de la temperatura para un óptimo desarrollo; también una mayor producción de enzimas, en particular las enzimas activas de carbohidratos (CAZimas) como lacasas que son responsables de hasta un 50% de la degradación de la lignocelulosa. Bajo este contexto, se establece que la

biomasa residual del cáñamo industrial es un sustrato ideal para para mejorar la productividad de proteína en biomasa fúngica.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a las autoridades de la Universidad Técnica del Norte y al equipo técnico y científico Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA) por el apoyo en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliferis, K. A., & Bernard-Perron, D. (2020). Cannabinomics: Application of Metabolomics in Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Research and Development. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00554>
- Andre, C. M., Hausman, J. F., & Guerriero, G. (2016). Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7(FEB2016). <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Ángeles, G. E., Brindis, F., Cristians Niizawa, S., & Ventura Martinez, R. (2014). Cannabis sativa L., una planta singular. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45(4), 1–6. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004&lng=es&tlng=es.
- Aulestia, C. D. C. (2022). *Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (Cannabis sativa L.), cultivar Cherry Oregon Hemp*. [Trabajo de titulación, UCE [Universidad Central del Ecuador]]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26949>
- Bakratsas, G., Polydera, A., Katapodis, P., & Stamatis, H. (2021). Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives. *Future Foods*, 4, 100086. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100086>
- Chang, S. T., & Wasser, S. P. (2017). The cultivation and environmental impact of mushrooms. In *Oxford research encyclopedia of environmental science*.
- Comisión Europea. (2022, November 18). *Cáñamo*. Agriculture and Rural Development. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_es#usesofhemp
- Cruz, D. (2020). Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región sur de Ecuador: Valor proteico de *Pleurotus ostreatus*. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 12(2), 7.
- Dawidowicz, L., Jasinska, A., & Siwulski, M. (2018). The effect of selected cultivation factors on the growth of mycelium of *Pleurotus cystidiosus* miller. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 156–160. <https://doi.org/10.15835/nbha46110959>
- De, A., Mridha, D., Roychowdhury, T., Bandyopadhyay, B., & Panja, A. S. (2023). Substrate level optimization for better yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production, using different ratio of rice straw and sugarcane bagasse. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 39(10), 270. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03714-0>
- de Souza Araújo, P., Pereira da Silva, P. G., de Souza Araújo, S., Ribeiro Leite, R. S., Aparecida de Andrade Silva, C., & Fonseca, G. G. (2020). Changes in biochemical composition of cassava and beet residues during solid state bioprocess with *Pleurotus ostreatus*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101641>
- Dehshibi, M. M., Chiolerio, A., Nikolaidou, A., Mayne, R., Gandia, A., Ashtari-Majlan, M., & Adamatzky, A. (2021). Stimulating fungi *pleurotus ostreatus* with hydrocortisone. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, 7(8), 3718–3726. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.1c00752>
- Eliopoulos, C., Markou, G., Chorianopoulos, N., Haroutounian, S. A., & Arapoglou, D. (2022). Preliminary Research Concerning the Enrichment of Industrial Hemp Extract Residues via Solid

- State Fermentation with *Pleurotus ostreatus*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/app12052376>
- Frassinetti, S., Moccia, E., Caltavuturo, L., Gabriele, M., Longo, V., Bellani, L., Giorgi, G., & Giorgetti, L. (2018). Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts. *Food Chemistry*, 262, 56–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.078>
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, M. R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción* (1era. ed., 2a. reimp). Instituto de Ecología, A.C. Manual Práctico del Cultivo de Setas - INECOL [inecol.edu.mx](http://www1.inecol.edu.mx) <http://www1.inecol.edu.mx> > CV_pdf > libros
- Guo, M., Yang, M., Guo, H., Xu, Y., Chen, X., Zhang, Q., Chen, Y., Guo, R., Zhang, G., Tan, H., & Ning, F. (2017). *Medio de cultivo shii-take elaborado con marihuana industrial* (Patent CN104311256B). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052366606/publication/CN104311256B?q=CN104311256B>
- Haddaway, N. R., Macura, B., Whaley, P., & Pullin, A. S. (2018). ROSES Reporting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps. *Environmental Evidence*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>
- Herrera, R. J. J. (2023). UTILIZACIÓN DEL RESIDUO DE LA BIOMASA DEL *Cannabis sativa* L. EN LA ELABORACIÓN DE HARINA [Trabajo Experimental, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19145>
- Kuz'mina, L. A., Akhmedova, Z. R., & Davranov, K. D. (2001). The effect of nutrient medium composition on peroxidase biosynthesis by basidiomycete *Pleurotus ostreatus*, strain UZBI-I105. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37(2), 192–194. <https://doi.org/10.1023/A:1002840101056>
- León, S. N. E. (2017). Aspectos químicos y farmacológicos de los componentes de *Cannabis sativa* “marihuana.” *UCV - SCIENTIA*, 9 núm. 1, 163. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/issue/view/181/7>
- Li, C., & Xu, S. (2022). Edible mushroom industry in China: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(11), 3949–3955. <https://doi.org/10.1007/s00253-022-11985-0>
- Mancera, M. D. N., Fernández, G. M., Cortés, R. D., Chegwin, A. C., & Ávila, M. M. C. (2023). DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE UN SUSTRATO ENRIQUECIDO CON FLORES DE *Cannabis sativa* PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus eryngii*. *1er Congreso Colombiano de Micología*, 328–329. <https://doi.org/https://doi.org/10.22490/25904779.6703>
- MANKOWSKI, J., KUBACKI, A., KOŁODZIEJ, J., & PUDELKO, K. (2011). SUSTRATO PARA CULTIVO DE SETAS OSTRA, EL MÉTODO DE CULTIVO DE MICELIO DE SETAS OSTRA Y EL USO DE VIRUTA DE CÁÑAMO EN EL SUSTRATO PARA CULTIVO DE SETAS OSTRA (Patent WO2011145961A1). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/044627593/publication/WO2011145961A1?q=WO2011145961A1>
- Ortiz, L. E., & López, O. D. (2023). *Microencapsulación de mezcla de aceites de cáñamo, girasol y sachá inchi rico en CBD* [Proyecto de Investigación]. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Picco, C. M., Suarez, N. E., & Regenhardt, S. A. (2023). Exploring the impact of substrate composition and process parameters on biomaterial derived from fungus mycelium (*Pleurotus ostreatus*) and agricultural wastes. *MRS Advances*. <https://doi.org/10.1557/s43580-023-00623-0>
- Pineda-Insuasti, J. A., Ramos-Sánchez, L. B., & Soto-Arroyave, C. P. (2013). Cinética del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en la etapa de producción del cuerpo fructífero. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 47(3), 56–61.

- Pineda-Insuasti, J. A., Soto-Arroyave, C. P., & Ramos-Sánchez, L. B. (2014). Stoichiometry equation to describe the growth of the *Pleurotus ostreatus* ceba-gliie-po-010606 strain. *Biotechnología Aplicada*, 31(1), 43–47.
- Porras, V., & Percivale, S. (2022). *Aprovechamiento del residuo agrícola del cultivo del cáñamo medicinal* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República (Uruguay).
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., Liu, L., Liu, F.-H., & Deng, G. (2021). Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52832–52843. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>
- Reiss II, M. W. (2022). *Pleurotus ostreatus* production on *Cannabis sativa*, L. (*Industrial Hemp*) Residues for Edible Mushrooms and Mycelium-based Composites [Master of Science In Architecture]. Virginia Polytechnic Institute and State University .
- Riera, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, Vol. 17, N° 3, 227–247.
- Schilling, S., Melzer, R., & McCabe, P. F. (2019). Current Biology *Cannabis sativa*. *Current Biology*, 30, R8–R9. <https://doi.org/10.1101/458083>
- Setti, L., Samaei, S. P., Maggiore, I., Nissen, L., Gianotti, A., & Babini, E. (2020). Comparing the Effectiveness of Three Different Biorefinery Processes at Recovering Bioactive Products from Hemp (*Cannabis sativa* L.) Byproduct. *Food and Bioprocess Technology*, 13(12), 2156–2171. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02550-6/TABLES/3>
- Shivute, F. N. (2020). Cultivation of edible mushrooms in Namibia: Prospects and challenges of small scale farmers. *African Journal of Agricultural Research*, 16(11), 1582–1586. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15062>
- Siwulski, M., Drzewiecka, K., Sobieralski, K., & Chong, Y. (2010). Comparison of growth and enzymatic activity of mycelium and yielding of *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. on different substrates. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 9.
- Sorrentino, G. (2021). Introduction to emerging industrial applications of cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 32(2), 233–243. <https://doi.org/10.1007/s12210-021-00979-1>
- Sun, Y., Zhang, J., Zhang, P., Gao, Y., Ma, Y., Zhao, L., Wang, S., Wang, X., Guo, C., Han, C., Wang, Y., Nie, D., & Sun, K. (2020). *Medio de cultivo que contiene núcleos de tallos de cáñamo chino y proceso utilizado para el cultivo de hongos negros* (Patent CN107493974B). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060699663/publication/CN107493974B?q=CN107493974B>
- Tran, G. (2019). *Cáñamo (Cannabis sativa)*. Feedipedia, Un Programa Del INRAE, CIRAD, AFZ y FAO. <https://www.feedipedia.org/node/50>
- Vargas, C. Y. A., & Pérez, P. L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 1(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Wang, Y., Gao, J., Cheng, C., Lv, J., Lambo, M. T., Zhang, G., Li, Y., & Zhang, Y. (2022). Nutritional Values of Industrial Hemp Byproducts for Dairy Cattle. *Animals*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/ani12243488>
- Xie, C., Gong, W., Yang, Q., Zhu, Z., Yan, L., Hu, Z., & Peng, Y. (2017). White-rot fungi pretreatment combined with alkaline/oxidative pretreatment to improve enzymatic saccharification of industrial hemp. *Bioresource Technology*, 243, 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.077>
- Xie, C., Gong, W., Zhu, Z., Zhou, Y., Yan, L., Hu, Z., Ai, L., & Peng, Y. (2019). Mapping the Secretome and Its N-Linked Glycosylation of *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatus* Grown on Hemp Stalks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(19), 5486–5495. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00061>

DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CHICHA DE JORA A PARTIR DE MAÍZ (*Zea mays*).

DEVELOPMENT OF A PILOT SCALE PROCESS FOR THE PRODUCTION OF CHICHA DE JORA FROM CORN (*Zea mays*).

Julio Pineda-Insuasti¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto¹, Leah Jazmín Chávez-Moran²

¹ Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador

² Universidad Central del Ecuador (UCE). Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química. Quito, Ecuador

Autor para correspondencia: pinsuasti@yahoo.com

Recibido: 25/03/2023

Aceptado: 25/04/2023

RESUMEN

Se desarrollo una tecnología para la producción de la bebida de chicha de jora a escala piloto. La tecnología esta compuesta de los estudios de escala de laboratorio, banco y piloto. Se determinaron los parámetros de operación del proceso de producción de maíz malteado a escala piloto, identificando que el máximo de azúcares de 5,13 °Brix, se logra cuando el equipo germinador es operado con 16 mm de tamaño de grano y 8 días de tiempo de germinación, manteniendo constante los demás parámetros de operación. En la línea de producción de la bebida chicha de jora, se logra el máximo de azúcares de 11,06 °Brix, cuando el proceso de macerado se realiza con 2 mm de tamaño de partícula y 3 horas de tiempo, manteniendo contante los demás parámetros de operación. La planta industrial de chicha de jora se instaló en el cantón Cotacachi, Imbabura, actualmente cuenta con las dos líneas de producción de harina de maíz malteado y la bebida chicha de jora, con su respectivo registro sanitario.

PALABRAS CLAVE: Maíz, mosto, chicha, malta, fermentación.

ABSTRACT

A technology was developed for the production of chicha de jora drink on a pilot scale. The technology is composed of laboratory, bench and pilot scale studies. The operating parameters of the malted corn production process were determined on a pilot scale, identifying that the maximum sugar level of 5.13 °Brix is achieved when the germinating equipment is operated with 16 mm grain size and 8 days of time. of germination, keeping the other operating parameters constant. In the production line of the chicha de jora drink, the maximum sugar level of 11.06 °Brix is achieved, when the maceration process is carried out with 2 mm particle size and 3 hours of time, keeping the other parameters constant. of operation. The chicha de jora industrial plant was installed in the Cotacachi canton, Imbabura, and currently has two production lines for malted corn flour and the chicha de jora drink, with their respective health registration.

KEYWORDS: Corn, must, chicha, malt, fermentation.

INTRODUCCIÓN

La chicha, también conocida como bebida de maíz o chicha de jora, es una bebida

fermentada tradicional milenaria de 500000 años de antigüedad (Utrera Velázquez et al., 2021), que se prepara comúnmente en los hogares y restaurantes de Suramérica particularmente en los países de Ecuador, Bolivia y Perú (Ramos Guerrero et al., 2021). Sin embargo, en los últimos años se ha fabricado a escala industrial con la finalidad de alargar su vida, ampliar su alcance comercial y darla a conocer a nivel mundial.

El consumo del maíz (*Zea mays L.*) en la cultura indígena ecuatoriana, se considera patrimonial por ser un producto endémico y de alto valor nutricional como se muestra en la tabla 1. De este se derivan muchas preparaciones que enriquecen la cocina, donde se ponen de manifiesto las costumbres y formas de elaboración (Utrera Velázquez et al., 2021).

Tradicionalmente, el ingrediente principal de esta bebida es el maíz amarillo (*Zea mays L.*), de este cereal, hasta el momento en el Ecuador se han identificado 29 especies, de estas 17 pertenecen a la sierra (Yanez Carlos, n.d.), las demás se cultivan en diversas zonas del país llegando a tener una mezcla de variedades, por lo que, resulta complicado lograr la estabilidad y el perfil de sabor de la chicha, factor que limitan su popularidad a nivel industrial (Ramos Guerrero et al., 2021), adicional a esto las fábricas se enfrentan al desafío de diseñar y brindar una protección adecuada a la bebida, asegurando su calidad e inocuidad ya que la chicha producida artesanalmente se puede consumir por un máximo de 48 horas.

Si bien su producción a nivel industrial es similar a la de otras bebidas no carbonatadas que contienen jugo de frutas, varios factores de procesamiento podrían afectar la estabilidad microbiológica deseada para esta bebida, como el almacenamiento adecuado del extracto de bebida de maíz. (Ramos Guerrero et al., 2021), de ahí la importancia del cuidado al seleccionar la materia prima, proceso de producción y formas de

comercialización que puedan contaminar al producto final.

Proceso de producción de la chicha

Selección del maíz

Selección del tipo de maíz para lograr el color y sabor deseado.

Malteado

La germinación es el proceso por el cual el almidón es hidrolizado durante el malteado de los granos del maíz. Esto se divide en 3 fases, remojo del maíz, germinado y el secado de los granos, el proceso de germinación del maíz es muy importante, ya que no solo constituye el primer motor para una fermentación, sino que aporta mayores nutrientes y vitaminas en la elaboración.

Remojo y germinado (Jora)

Se remoja el maíz por aproximadamente 21 días con el propósito de suavizar la textura del grano para que así comience el proceso de germinación.

Secado

Se secan los granos germinados para facilitar el proceso de molienda.

Molienda

Con el objetivo de disminuir el tamaño de partícula hasta conseguir una harina la cual será llevada al proceso de cocción.

Cocción

Una vez que se obtiene la harina de maíz o jora, se agrega agua para llevar la mezcla a cocción.

Fermentación

El proceso de fermentación de la chicha de maíz dura entre 1 a 7 días dependiendo del grado de alcohol deseado (Utrera Velázquez et al., 2021).

Tabla 1. Valores nutricionales del maíz amarillo

Maíz Amarillo	
Parámetro	valor
Energía [kcal]	355
Energía [kJ]	1486
Agua [g]	13.5
Proteínas [g]	6.7
Grasa total [g]	4.8

Carbohidratos totales [g]	73.6
Cenizas [g]	1.4
Calcio [mg]	6
Fosforo [mg]	267
Zinc [mg]	1.51
Hierro [mg]	1.92
βcaroteno equivalentes totales [ug]	352
Vitamina A equivalentes totales [ug]	61
Tiamina [mg]	0.29
Riboflavina [mg]	0.06
Niacina [mg]	2.17
Vitamina C [mg]	0.70

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos”, 10ª edición. (Nacional de Alimentación Nutrición, n.d.)

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0338 (1992), la Chicha es el producto de la fermentación alcohólica de mostos de uva, jora (malta de maíz), frutas y otros vegetales con características propias según su origen.¹ Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2302 (2009), una bebida no alcohólica es un producto para el consumo directo, con un contenido no mayor al 0,5 % de alcohol en volumen de producto terminado.²

Chicha es el nombre que se le ha dado a la bebida propia de los pueblos indígenas. Una bebida que tiene cuerpo, consistencia, es refrescante y sobre todo tiene mucha historia. Pero el valor de esta bebida está en que, además de ser herencia ancestral, ha permanecido en la gastronomía mostrando la variedad de productos con los que puede elaborarse, en distintas recetas. Por ello, cada región ha logrado adaptarla a sus necesidades, “podría decirse que en el Ecuador hay una chicha por provincia”³.

¹ <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.ntc.0338.1992.pdf>

² <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.ntc.2302.2009.pdf>

La tradición dice que los hombres quichuas no salen al bosque o a sus faenas diarias sin tomar, en dos grandes "pilches" de casi un litro de chicha de yuca. Con este único alimento trabajan, caminan o cazan hasta el mediodía cuando la toman otra vez. Por la tarde la dosis se repite, además de que la chicha es la bebida principal, es lo primero que ofrece a los visitantes que llegan hasta las comunidades quichuas asentadas en el Napo.

La costumbre de esta etnia establece que se debe beber despacio con sorbos cortos, si se la bebe rápidamente, esto significará que se desea más y ellos llenarán nuevamente el pilche. Su sabor es algo picante y para quienes la prueban por primera vez es recomendable que filtren con sus dientes los pedazos de yuca que es la materia prima, cuando se termina se debe colocar el recipiente volteado sobre el piso⁴.

Chicha es el nombre común que reciben distintas variedades de bebidas alcohólicas, que son fabricadas principalmente en base a la fermentación no destilada del maíz y otros frutos. La chicha de maíz se fabrica de forma artesanal dejando fermentar granos de maíz, cáscaras de piña y jengibre en recipientes grandes. Para preparar chicha de maíz, se usa maíz nacido, es decir maíz remojado por varios días, hasta que comienza a germinar; éste se coloca en olla de barro con parte de arriba un poco reducida, se añaden cáscaras y pulpa de piña, se cubre con agua y dulce de atado o dulce de panela y se deja guardado tapado por al menos una semana.⁵

La leyenda cuenta que durante el período de Tupac-Yupanqui, este cereal de mucho valor nutritivo, “el maíz” es sometido por accidente a un proceso de germinación, y por este

³ <http://www.elcomercio.com/tendencias/chicha-ecuador-gastronomia-bebida-tradicion.html>

⁴ http://minelinks.com/ecuador/chicha_es.html

⁵ <http://www.elsalvadmipais.com/chicha-de-maiz>

motivo surge esta bebida que lleva consigo una historia de tradición y una serie de valores agregados, como las costumbres religiosas y festivas de aquella época, por estas razones es importante conocer más acerca de este producto, para así poder entender el valor de la chicha de jora en nuestra cultura.

La chicha de jora es una bebida que se realiza con un proceso previo, de cuidado, pero sobre todo de paciencia, pues su elaboración no resulta sencilla. Esta bebida tenía y tiene un uso ceremonial frecuente, acompañaba a las comunidades ancestrales en sus rituales de entierros, bautizos, siembras, entre otros. Además la chicha de jora era reconocida y valorada en esa época porque brindaba beneficios medicinales para curar y aliviar ciertos males.⁶

Galecio (2012), estudia la producción de chicha a escala de laboratorio y determina que los valores de sólido solubles presentando un mínimo de 13.33 para el maíz blanco y un máximo de 15.33 para el maíz negro, para ambos la harina germinada se sometió a 70°C, siendo esta la de mayor intensidad y la de mayor eficiencia en el proceso de sacarificación del almidón. Estos valores se encuentran por encima de los que reporta (Hernández, 2001) en su investigación, con un valor mínimo de 9.9 y un valor máximo de 13.7, estando por debajo de los que presentan las dos variedades de maíz. El empleo de harina de maíz incrementa los sólidos solubles con respecto a la harina y almidón de zanahoria blanca y cebada (Galecio & Haro, 2012).

Pineda (2015), estudia el desarrollo de la tecnología para la producción a escala de laboratorio y determina los parámetros de operación tanto del maíz malteado como de la chicha, los cuales sirven para el escalado de la tecnología a escala de Banco, el estudio se centra en el proceso de germinación del grano

de maíz y el proceso de obtención del mosto, los resultados son novedosos y generan un importante aporte en el desarrollo de la tecnología de la chicha (Pineda-Insuasti, 2015). Explica que la germinación consiste en un proceso de fermentación en estado sólido (Mitchell et al., 2006), donde la materia prima rehidratada se somete a un proceso de germinación natural, en un tanque provisto de control de temperatura y flujo de aire por un tiempo de 6 días. La preparación del mosto se realizó con una mezcla homogénea de 1 kg de harina de maíz malteado y 5 litros de agua libre de cloro. La mezcla fue sometida al calor por un tiempo de 120 minutos y 65 °C. La operación debe garantizar el óptimo proceso de biosíntesis enzimática para la conversión del almidón en azúcares fermentables y no fermentables.

El objetivo del estudio es desarrollar un proceso a escala piloto para la producción de chicha (bebida gastronómica ancestral) a partir de maíz malteado, mediante el análisis de bioprocesos enzimáticos, que permita el máximo aprovechamiento de las materias primas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba piloto de producción de la chicha de jora se realizó en la línea de bebidas de la planta *industrial* de producción de chicha de marca SARA MAMA, ubicada en la comunidad de Turuco del Municipio de Cotacachi (figura 1).



6

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1583/1/tgas8.pdf>

Figura 1. Línea de producción de chicha a partir de maíz malteado

Materias primas e insumos

La materia prima principal para la producción de chicha de jora es la harina de maíz malteado producida en la línea de producción de maíz malteado de la empresa, la misma que tiene un promedio de 5 % de °Brix. Como insumo principal se utiliza el agua potable de comunidad de Turuco, su composición química fue descrita en el experimento anterior.

Unidad experimental

Como unidad experimental se estableció una muestra de 100 litros de mosto.

Diseño experimental

La experimentación se centra en el proceso de preparación del mosto, como factores de estudio se definió el tamaño del grano de harina entre 1 y 2 mm y el tiempo de fermentación 2 y 3 horas, como parámetros de operación se mantuvo constante la variedad de maíz, el tamaño de grano de 16 mm, el tipo de agua y agitación de 20 rpm. Se estableció como factores de ruido el nivel de luz y el clima de la zona. Como variable de respuesta se establece el nivel de azúcares del producto final medidos en grados °Brix. La planificación experimental se realiza con un diseño factorial 2^2 , el cual genera cuatro tratamientos, se realizó 3 réplicas de forma aleatoria. Los análisis estadísticos se realizaron con el Software Statgraphics.

Descripción del proceso experimental

El tanque de maceración se cargó con 120 litros de agua y se calienta con vapor hasta 30 °C, seguidamente se realizó la mezcla con 20 kilos de harina de maíz malteado y se procede a calentar hasta 68 °C con agitación constante (figura 2).



Figura 0. Proceso de maceración de la harina malteada

Luego de transcurrido el tiempo especificado en el experimento, se procedió a filtrar el mosto de forma manual en un tamiz de 1 mm² (Figura 3).



Figura 3. Proceso de filtrado del mosto

El mosto filtrado se fermentó durante 4 días en el equipo fermentador manteniendo constante la temperatura de 26 °C (Figura 4).



Figura 4. Proceso de fermentación del mosto en tanque de fermentación

Terminado el proceso de fermentación se procedió a la formulación de la bebida, ajustando el nivel de dulce con el 5 % de azúcar morena, se envasó en botellas de vidrio de 1000 ml y se procedió a la esterilización, proceso realizado en un equipo esterilizador de presión con una capacidad de 120 L/día, a una temperatura de 121 °C y 15 PSI y 60 min (figura 5).



Figura 5. Procesos de envasado y esterilizado de la bebida chicha de jora

En la figura 6, se presenta el producto final de 100 litros de Chicha de jora estabilizada.



Figura 6. 100 litros de Chicha de jora producto final de la prueba piloto

En la figura 7, se presenta el diagrama de flujo del proceso de chicha de jora, como se observa el esquema de ingeniería destacan los principales procesos y equipos utilizados en la prueba piloto descrito en este acápite.

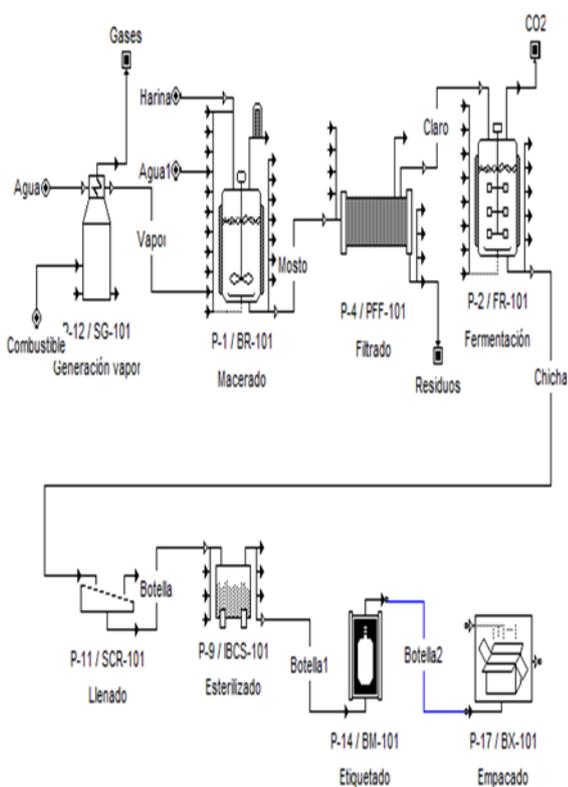


Figura 7. Diagrama proceso de producción de chicha de jora de maíz malteado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se presenta la matriz de resultados experimentales de la prueba piloto de producción del mosto a partir de la harina de maíz malteado. Como se observa se obtuvo el mayor valor para el tratamiento de 2 mm de tamaño de partícula y 3 horas de maceración.

Tabla 0. Matriz de resultados maceración

BLOQUE	Partícula (mm)	Tiempo (horas)	Azúcar (°Brix)
1	1	2	4
1	2	2	9
1	2	3	11
1	1	3	6
2	1	3	6
2	2	3	10,9

2	1	2	4,2
2	2	2	8,7
3	1	2	4,2
3	2	3	11,3
3	2	2	8,9
3	1	3	6,2

Análisis de varianza

En la tabla 3, se presenta el análisis de varianza de la variable respuesta azúcar, como se observa la tabla ANOVA particiona la variabilidad de azúcar en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 3. Análisis de varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gr. Lib.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Partícula	71,0533	1	71,0533	4263,20	0,0000
B: Tiempo	12,8133	1	12,8133	768,80	0,0000
AB bloques	0,0533333	1	0,0533333	3,20	0,1238
Error total	0,0866667	2	0,0433333	2,60	0,1537
Total (corr.)	0,1	6	0,0166667		
Total	84,1067	11			

El análisis de regresión de los datos empíricos ajusta el siguiente modelo matemático, el mismo que permite calcular el valor máximo.

$$\text{Azúcar} = -3,93333 + 4,2 * \text{Partícula} + 1,66667 * \text{Tiempo} + 0,266667 * \text{Partícula} * \text{Tiempo}$$

Análisis de Pareto

En la figura 8, se presenta el análisis de Pareto para el azúcar del mosto, dicho análisis corrobora los resultados del análisis de varianza indicando que existe diferencia significativa del grado de azúcar tanto para el

factor tamaño de partícula, como para el tiempo de macerado.

Utilizando el modelo matemático se calcula un valor máximo de azúcar en el mosto de 11,0667 °Brix, cuando el proceso de macerado se opera con 2 mm de tamaño de partícula y 3 horas de tiempo de macerado del mismo, manteniendo constante los parámetros de operación como la temperatura, agitación y aireación.

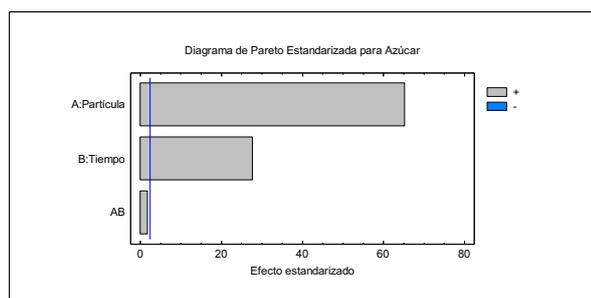


Figura 8. Diagrama de Pareto Estandarizado para azúcar en el mosto

CONCLUSIONES

En la línea de producción de la bebida chicha de jora, se logra el máximo de azúcares de 11,0667 °Brix, cuando el proceso de macerado se realiza con 2 mm de tamaño de partícula y 3 horas de tiempo, manteniendo constante los demás parámetros de operación.

RECOMENDACIONES

Realizar el escalado de la tecnología a nivel industrial que permita validar el proceso tecnológico completo, desde el laboratorio, banco y piloto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nacional de Alimentación Nutrición, C. (n.d.). *TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS*.

Ramos Guerrero, F. G., López Flores, B. C., Ramos Gorbeña, J. C., & Silva Jaimes, M. I. (2021). Factors That Affect the Microbiological Stability of Chicha Morada during Its Production on an Industrial Scale: A Review. *Journal of Food Protection*, 84(12), 2151–2158. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-190>

Utrera Velázquez, A. I., Jiménez Jerez, K. M., Utrera Velázquez, A. I., & Jiménez Jerez, K. M. (2021).

Revalorización de la chicha de maíz en la cocina étnica del pueblo Salasaka. Tungurahua, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 418–425. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000300418&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Yanez Carlos. (n.d.). *Guía de producción de maíz de altura Ecuador*.

Galecio, G. M., & Haro, C. F. (2012). *Bebidas fermentadas en base a maíz negro (Zea mays), con el ecotipo racimo de uva y la variedad mishca de la serranía ecuatoriana*. (Ingeniería), Universidad Politécnica Salesiana, Quíto.

González, R. (1994). *Principios básicos de escalado*. Matanzas: Universidad de Matanzas

Mitchell, D., Krieger, N., & Verovic, M. (2006). *Solid-State Fermentation Bioreactors: Fundamentals Design and Operation*. New York: Springer.

- Pineda-Insuasti, J. (2015). Desarrollo de una tecnología a escala de laboratorio para la producción de chicha a partir de maíz (*Sea maíz*). Cotacachi: Asamblea de la Unidad Cantonal.
- Pineda, J. A. (2014). *Desarrollo de una tecnología para la producción a pequeña escala de la biomasa del hongo ostra (Pleurotus ostreatus)*. (Doctorado (Ph.D)), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loinaz", Camagüey.
- Pomasqui, J. K. (2012). *“Parámetros óptimos en la fermentación alcohólica para industrializar la chicha de jora en la procesadora de alimentos y bebidas kutacachi sara mama”* (Licenciatura), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CEPAS *PLEUROTUS OSTREATUS*

PROCEDURE FOR THE PRODUCTION, CONSERVATION AND MAINTENANCE OF *PLEUROTUS OSTREATUS* STRAINS

Yolexis Roberta Cardona Soberao¹, Lianet Maura Cardoso Paneque¹, Lourdes Mariana Crespo Zafra¹, Armando Antonio Macías González¹, [Amaury Pérez Sánchez¹](#)

¹Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba.

Autor para correspondencia: Amaury Pérez Sánchez, amaury.perez84@gmail.com

Recibido: 07/12/2023

Aceptado: 21/12/2023

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consiste en elaborar un procedimiento para la producción, conservación, y mantenimiento de la cepa del género *Pleurotus ostreatus*, que permita llevar a cabo, de forma práctica, estas operaciones de la manera más eficiente posible. Dentro de los métodos empleados para realizar esta investigación se encuentran la síntesis de bibliografías relacionadas con el cultivo de setas de género *Pleurotus* spp. Como resultado principal de este estudio se obtiene la propuesta de un procedimiento que indique las condiciones idóneas a aplicar durante la fase de laboratorio para lograr una mejor calidad de las cepas de *Pleurotus ostreatus* en las tareas de producción, conservación y mantención, sin comprometer la calidad de las mismas y del proceso en general.

PALABRAS CLAVE: control de calidad, preservación, procedimiento de laboratorio, setas comestibles.

ABSTRACT

The objective of this work is to develop a procedure for the production, conservation, and maintenance of the strain of the genus *Pleurotus ostreatus*, which allows these operations to be practically carried out in the most efficient way possible. Among the methods used to carry out this research are the synthesis of bibliographies related to the cultivation of mushrooms of the genus *Pleurotus* spp. The main result of this study is the proposal of a procedure that indicates the ideal conditions to apply during the laboratory phase to achieve better quality of *Pleurotus ostreatus* strains in production, conservation and maintenance tasks, without compromising the quality of them and the process in general.

KEYWORDS: quality control, preservation, laboratory procedure, edible mushrooms.

INTRODUCCIÓN

Las setas comestibles han sido utilizadas por décadas con fines medicinales y alimentarios como parte de una dieta sana, ya que controla muchas funciones del cuerpo humano y reduce el riesgo de varias enfermedades.

La palabra “hongo” es un término de uso general que en realidad se refiere al cuerpo fructífero macroscópico del hongo. Los cuerpos fructíferos tienen formas extremadamente diversas; algunos parecen globos amorfos de gelatina, mientras que

otros asemejan a un paraguas, algunos otros parecieran corales, y hay los que aparentan ser huevos. También se encuentran los que simulan ser nidos de pájaros, y estrellas de mar (Sahagún, 2020).

Las setas comestibles se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, llamada sustrato, degradando las sustancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello es importante el suministrar un sustrato adecuado al hongo cuando se le intente cultivar para que los nutrientes puedan ser aprovechados por las hifas del micelio. Para que la seta se desarrolle adecuadamente se requiere de una temperatura y humedad adecuadas, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se deducen las necesidades que tiene que satisfacer el cultivo del hongo seta. El conocer el desarrollo de un hongo en la naturaleza y entender su ciclo de vida, nos dará el conocimiento para poder manipularlo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo (Gaitán-Hernández et al., 2006).

Los sustratos donde se cultivaron los hongos, una vez utilizados, también se pueden usar como biofertilizante para enriquecer la fertilidad de los suelos, como alimento para animales y también para la producción de biogás. Según (Grimm et al., 2021; Nongthombam et al., 2021), esto garantiza el cierre de los ciclos productivos y el uso de un subproducto de un proceso, como materia prima para otro. El cultivo de hongo se puede adoptar como industria artesanal porque al ser un cultivo protegido, no compite por el área con ningún otro cultivo y se encuentra a salvo de los caprichos de la naturaleza. Tiene un enorme potencial de exportación como producto básico que genera ingresos (Ali et al., 2007).

En los últimos tiempos el aumento de producción de los hongos comestibles ha sido uno de los retos para satisfacer las necesidades alimentarias a nivel mundial, y

junto con esto también ha aumentado el consumo de este producto. Entre las especies más cultivadas se encuentran *Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotus* y *Volvariella*, siendo *Agaricus* el de mayor producción. Las especies de *Pleurotus* son la más fáciles y menos costosas para cultivar; muy pocas especies de otros hongos demuestran tal adaptabilidad, agresividad y productividad (López, 2014).

La seta *Pleurotus ostreatus* degrada compuestos lignocelulósicos, presenta propiedades alimenticias, medicinales entre las que se puede señalar inhibición antiviral, anticancerígenas, y antibióticas, además de ayudar en el control del colesterol (Jaramillo, 2013). Igualmente, estudios de (Vargas et al., 2012) mencionan que el uso como sustrato del bagazo de caña fomenta la producción de enzimas lignocelulolíticas debido a que el bagazo de caña contiene cantidades apreciables de celulosa y hemicelulosa. En (Garzón & Cuervo, 2008) se destaca que la utilización del bagazo de caña de azúcar permite producir un alimento realmente alto en el nivel nutricional, el cual es el hongo *Pleurotus ostreatus*. Este hongo llega hasta un 40% en materia seca consumiendo el sustrato bagazo de caña de azúcar.

La composición nutricional de *Pleurotus ostreatus* varía dependiendo del tipo de sustrato en el que se cultive, los minerales (potasio, sodio, fósforo, cadmio, etc.) se concentran en los cuerpos fructíferos, mientras que el contenido de proteínas del mismo está relacionado con la cantidad de nitrógeno que el sustrato posea. Su contenido de grasas y carbohidratos es bajo, posee vitaminas B1, B2, tocoferol, cobalamina, carotenos, entre otros (Donado, 2014). En cuanto a su composición, (Juárez et al., 2021) menciona en su investigación que el valor nutritivo del hongo *Pleurotus ostreatus* reside en las proteínas que contiene, donde se resalta el gran valor de tener los aminoácidos alanina, ácido glutámico y glutamina, por lo que se llega a la conclusión que sus propiedades nutritivas aportan mucho más

proteínas que las plantas y llega a acercarse al aporte dado por la proteína animal.

El *Pleurotus ostreatus* en Cuba empezó a cultivarse con el empleo de subproductos de la industria cañera (paja y bagazo) con excelentes resultados y con un avanzado logro de su tecnología por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en 1988 (Bermúdez et al., 2001). Esta tecnología fue empleada por el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Universidad de Oriente, sustituyendo a la caña de azúcar por otros subproductos agroindustriales existentes en la provincia oriental, como los del café, con los cuales este centro de investigaciones ha alcanzado resultados importantes, sobre todo en las ramas de la producción de fármacos y de algunos productos derivados de la seta (García et al., 2007; García et al., 2016).

Sin embargo, el consumo de los hongos comestibles no figura en la tradición culinaria del pueblo cubano debido a que no existen centros de producción cercanos que abastezcan el mercado nacional y la gran mayoría de las veces que se consume es a través del producto importado (en conserva) principalmente el champiñón.

En la Universidad de Camagüey se lleva a cabo el proyecto “Desarrollo de tecnologías para la elaboración de alimentos sanos a partir de setas comestibles” en el departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos desde el 2018. Como parte de este proyecto se trabaja en la creación de infraestructuras que permitan en un futuro la producción de setas con recursos y materias primas netamente del territorio, aunque existe la problemática de que, hasta el momento, se han empleado las cepas pertenecientes al CEBI tanto para investigaciones o capacitaciones (Puig et al., 2020), las cuales deben ser transportadas, reproducidas y conservadas con ciertos parámetros y condiciones que permitan la preservación biológica de esta especie tan

frágil en esta etapa. Una vez que se instale en la Universidad de Camagüey la tecnología y se ponga en marcha las producciones, se hace necesario contar con cepas obtenidas en nuestras entidades investigativo-productivas, siempre cumpliendo con condiciones que apunten a la eficiencia en el trabajo y la inocuidad y preservación del producto.

La adecuada conservación de las cepas garantiza la calidad y continuidad en la producción de la semilla comercial y además mantiene la viabilidad y el potencial productivo de las especies al cultivarlas (Valencia et al., 2006). Sin embargo, las cepas de *Pleurotus ostreatus* son vulnerables a pérdidas de vitalidad y daños irreparables en su fisiología ante cambios ambientales bruscos durante su producción, aspecto que influye negativamente en la calidad de las producciones de setas comestibles.

De esta manera, el objetivo del presente artículo consiste en elaborar un procedimiento para la producción, conservación y mantenimiento de la cepa del género *Pleurotus ostreatus*, sin comprometer la calidad de las mismas, mediante el establecimiento de las condiciones necesarias en la fase de laboratorio. Para cumplir el objetivo trazado se partió de una revisión bibliográfica actualizada en el período comprendido de octubre y noviembre del año 2022.

Se asumió la revisión bibliográfica como el proceso de detectar, recuperar y consultar materiales de interés para la investigación, para sistematizar la información contenida en ellos y extraer conclusiones válidas referidas al objeto de estudio. Por tal razón, se consideraron para el análisis: artículos originales y de revisión publicados preferentemente en idioma español; artículos de revistas, libros, trabajos de culminación de estudio y cualquier tipo de reporte de investigación que abordara el tema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de revisión bibliográfica

Durante el estudio, revisión y análisis bibliográfico prevaleció el empleo de los métodos teóricos: análisis-síntesis; inducción-deducción y el hipotético-deductivo. Y, sobresalió como método empírico la revisión de documentos.

La búsqueda de investigaciones se llevó a través del motor de búsqueda el Google Académico y se consideraron bases de datos de acceso abierto como IRESIE, Redalyc, SciELO y Dialnet, en el contexto iberoamericano. Como estrategia de búsqueda se utilizaron los siguientes descriptores: preparación de cepas, generación, conservación y preparación; aislamiento y mantenimiento de la cepa de *Pleurotus ostreatus*. Los criterios de inclusión establecidos fueron publicaciones preferentemente español y de la región de Iberoamérica.

A partir de las estrategias de búsquedas, se localizaron 80 artículos, de los cuales se utilizó 40. La selección de los estudios se realizó según los siguientes pasos: I) lectura de los títulos de los artículos; II) lectura de los resúmenes; III) lectura completa de los artículos seleccionados a partir de los resúmenes.

La selección se manejó bajo los siguientes criterios:

- Generalidades de *Pleurotus ostreatus*.
- Fundamentación de los referentes teóricos sobre la producción, conservación y mantenimiento de las cepas de *Pleurotus ostreatus*.
- Factores más importantes que condicionan o limitan el desarrollo de las cepas.
- Condiciones constructivas de un laboratorio.

Consulta a expertos

En búsqueda de asesoría acerca del tema se consultó a especialistas del CEBI

perteneciente a la Universidad de Santiago de Cuba. Se investigó acerca de las experiencias prácticas en la producción del aislamiento, conservación y mantenimiento de cepas de *Pleurotus ostreatus*.

Caracterización del laboratorio de producción de cepas de *Pleurotus ostreatus*

Para efectuar la caracterización del laboratorio de producción de cepas de *Pleurotus ostreatus* se realizó una entrevista al responsable del diseño de dicho laboratorio. Se consultó trabajos de grado y artículos de estudiantes vinculados con el diseño de la planta. Igualmente se realizó una visita y recorrido por las instalaciones.

Elaboración del procedimiento para la producción, conservación y mantenimiento de las cepas *Pleurotus ostreatus*

Se puntualizaron los aspectos a tratar en un procedimiento para la producción, conservación y mantenimiento de las cepas *Pleurotus ostreatus* en una planta piloto de setas comestibles. Se analizó las necesidades específicas de este laboratorio y se valoró los beneficios de la aplicación de un documento de este tipo.

Elaboración del glosario

Para la elaboración del glosario se verificó cuáles eran los términos de mayor complejidad y se buscó su significado en manuales técnicos sobre el cultivo de setas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalidades de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus es un hongo saprofito que descompone plantas superiores muertas o sustratos vegetales en proceso de descomposición. Su crecimiento vegetativo es impulsado exclusivamente por su propio complejo enzimático, donde a una humedad suficiente en el material, las enzimas degradan moléculas complejas de lignocelulosa en moléculas más simples que el hongo puede consumir (Maccapa, 2021).

Morfología general de *Pleurotus ostreatus*

La seta comestible de *Pleurotus ostreatus* contiene dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo se encuentra colonizando el sustrato o bajo el suelo en algunos hongos silvestres. Está formado por unos filamentos llamados hifas y por septos conteniendo dos núcleos, que se comunican entre sí a través de un conducto llamado fíbula. Al conjunto de todas las hifas es a lo que se le llama micelio (Fig. 1).

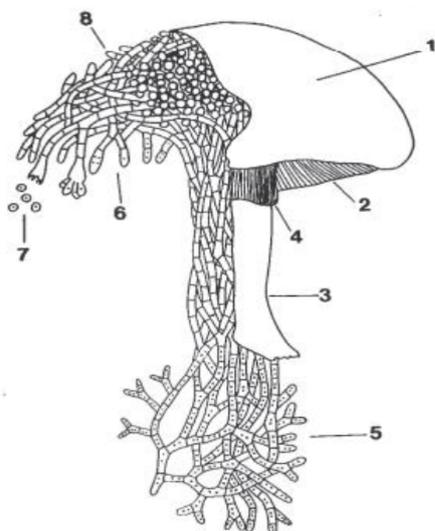


Figura 1. Estructura de un hongo basidiomiceto. 1 - Píleo, 2 - Himenio laminar, 3 - Pie o estipe, 4 - Anillo, 5 - Micelio, 6 - Desarrollo del basidio, 7 - Esporas, 8 - Estructura de la superficie del píleo. (Romero, 2006)

La función del micelio es absorber las sustancias minerales del suelo para alimento propio, excretando enzimas con acción sobre el rompimiento enzimático de los compuestos como la lignina y la celulosa, a través de la cooperación de enzimas como las ligninasas y celulasas. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (comúnmente llamado hongo), es su aparato reproductor (Oei, 2016).

La seta (carpóforo) es la parte reproductora que sale al exterior de los hongos superiores. El carpóforo, está conformado por un sombrero o píleo es la parte superior, generalmente tiene forma de paraguas,

aunque pueden adoptar diversas formas. El sombrero o píleo es amplio y puede ser algo deprimido en el centro. Tiene un estípote o tallo que habitualmente no es central sino lateral o excéntrico, lo que junto con la forma de su sombrero le da el aspecto de ostra. Las esporas suelen ser blancas, pero las hay levemente amarillentas o rosadas. Las laminillas "acompañan" al estípote del hongo, prolongándose a lo largo del mismo, por lo que se dicen que son decurrentes. Las especies de este género carecen de anillo (Fig. 2).



Figura 2. Partes del hongo *Pleurotus ostreatus*. (Romero, 2022)

Características biotecnológicas de *Pleurotus ostreatus*

Investigaciones recientes han demostrado a *Pleurotus ostreatus* como un potencial biotecnológico muy prometedor, ya que tiene un efecto antitumoral debido a la presencia de cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja; los que seguramente actuarán potenciando a las células de defensa para que destruyan células cancerosas sin efectos colaterales al individuo.

Este mismo mecanismo estimula el sistema inmune del organismo para actuar de manera eficiente contra virus y bacterias. Tienen también propiedades antiinflamatorias, debido a que en distintas investigaciones se han aislado glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos, ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente

capacidad fungicida y antibiótica. Estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus*, *P. ostreatus* y *P. cornucopiae* (Pérez et al., 2021).

Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas. Algunas de las ventajas de los hongos para su uso en bioremediación se deben a que están presentes en sedimentos acuáticos y hábitats terrestres, además de que sus hifas pueden penetrar en suelos contaminados y producir enzimas extracelulares que degradan los contaminantes. Tal es así que *Pleurotus ostreatus* ha demostrado tener la capacidad de absorber metales pesados del suelo como cobalto y cadmio (Jaramillo, 2013).

Caracterización del laboratorio de producción de cepas de *Pleurotus ostreatus*

En la Universidad de Camagüey se trabaja en la construcción de un laboratorio para la producción y conservación de setas comestibles. Debido a la situación en la que se encuentra el laboratorio de producción de cepas, es imposible la realización de la parte práctica del presente estudio, sin embargo, se señalan algunas condiciones que dicha habitación debe cumplir para garantizar la inocuidad sanitaria y microbiológica de los procesos que allí se realizará.

- **Condiciones necesarias:**

Se dispondrá de espacio suficiente para realizar el trabajo de laboratorio en condiciones de seguridad y para la limpieza y el mantenimiento. Su pintura debe ser de colores claros, debe estar construido de materiales durables. Las paredes, los techos y los suelos serán lisos para disminuir la posibilidad de acumulación de desechos o gérmenes, deberán ser fáciles de limpiar, impermeables a los líquidos y resistentes a los productos químicos, a elementos corrosivos o tóxicos y desinfectantes normalmente utilizados en el laboratorio. El recubrimiento de paredes y el techo deberá ser

impermeable a los agentes químicos y resistente al desgaste, igualmente deberá tener buenas propiedades térmicas y poca conductividad. Los suelos deberán ser antideslizantes.

Los medios, los reactivos y los instrumentos de vidrio que deban almacenarse en la misma habitación en que se llevan a cabo los análisis microbiológicos habrán de guardarse en envases herméticamente cerrados, y todos los artículos deberán almacenarse en armarios limpios de polvo, preferiblemente con puertas corredizas de vidrio. Estas puertas deben estar permanentemente cerradas, salvo cuando haya que acceder a los armarios. Los muros deben pintarse con una pintura impermeable y a prueba de moho, que proporcione una superficie lisa e impenetrable de fácil limpieza. Se recomienda el uso de baldosines resistentes, lisos y que puedan fregarse rápidamente (FAO, 1992).

Este cuarto conviene que esté equipado con aire acondicionado. El aire acondicionado central ofrece varias ventajas. En primer lugar, el aire que entra es filtrado, con lo que se reduce el peligro de contaminación ambiental del laboratorio. En segundo lugar, las ventanas cerradas reducen al mínimo las corrientes de aire, que pueden causar contaminación, además impiden la entrada de moscas y otros insectos voladores que contaminan las muestras o las superficies del laboratorio. En tercer lugar, el aire acondicionado controla la humedad (un 50 % es óptimo), lo que atenúa los problemas con los soportes higroscópicos y los productos químicos, sobre todo en los países de clima tropical. Además, una humedad excesiva durante un período prolongado puede provocar el crecimiento de mohos en las superficies del laboratorio. Las esporas pueden hacerse aéreas, lo que afectaría a los resultados de los análisis. Por último, el aire acondicionado estabiliza la temperatura de la habitación, lo que permite un funcionamiento más eficaz de las incubadoras. Los ventiladores no son un sustituto

recomendable para lograr un sistema eficiente de ventilación, porque levantan polvo y pueden ser una causa importante de contaminación en el laboratorio de microbiología (Baggini, 2022).

Procedimientos para la producción de la cepa de *Pleurotus ostreatus* y el aislamiento de carpóforos

Las setas se reproducen por medio de esporas, las cuales se alojan en las laminillas que se ubican debajo del píleo o sombrero, tejido que se utiliza para el aislamiento de la cepa. Para cultivar los tejidos de los cuerpos fructíferos de la cepa que se quiera aislar es necesario realizar una selección cuidadosa de los individuos con mejores cualidades fenotípicas como: tamaño, aspecto, color, crecimiento, adaptación, precocidad, etc.

Una vez escogidas las setas, se toma un trozo del sombrero y en una caja de Petri vacía y estéril se hacen cortes del tejido externo del trozo seleccionado y se desechan. Luego, el tejido resultante se sumerge en una solución desinfectante (hipoclorito al 25%), durante 5 minutos, pasado el tiempo el tejido se sumerge en agua destilada estéril para eliminar el desinfectante y se traslada a una caja de Petri que contenga servilletas estériles, con las cuales se le elimina el exceso de agua y nuevamente se le hacen cortes externos, dejando solamente la parte interna, la cual es transferida a una caja de Petri con agar extracto de malta y se incuba a 25°C de 7 a 10 días.

La cepa así aislada puede mantenerse vigorosa hasta por año y medio, siempre y cuando se almacene a temperaturas de refrigeración y/o criopreservación, realizando repiques en agar cada tres meses.

- Procedimiento

1. Preparar cajas de Petri con agar extracto de malta, papa dextrosa agar y/o agar Sabouraud, de acuerdo con la metodología básica de laboratorio.
2. Disponer de los siguientes materiales: cajas de Petri vacías, cajas de Petri con servilletas,

pinzas, pipetas de 10 ml, Beaker de 100 ml, bisturí, botellas con agua estéril.

3. Lavar y esterilizar el material de vidrio y el instrumental de acuerdo a las metodologías básicas de laboratorio.

4. Retirar de la nevera los medios para la siembra y desinfectar las cajas con alcohol. Para permitir que se aclimate antes de utilizarlo debe ser retirado aproximadamente 1 día antes.

5. Limpiar y desinfectar el laboratorio y la cabina de flujo laminar o área de siembra según las metodologías básicas de laboratorio. Encender mecheros.

6. Mantener cerrada la puerta del laboratorio. Mantener una bata limpia, cofia y tapabocas al interior del laboratorio, y una a la salida para el cambio.

7. Seleccionar un carpóforo con excelentes características fenotípicas y seccionar un trozo para aislar la cepa, y eliminar los tejidos externos con la ayuda del bisturí y de las pinzas.

8. Desinfectar el trozo de carpóforo en hipoclorito al 25% durante 5 minutos, luego sumergir el trozo en agua destilada estéril durante 5 minutos más.

9. Eliminar el exceso de agua pasando el pedazo de tejido a una caja de Petri con servilletas estériles.

10. El fragmento de carpóforo se siembra en una caja de Petri con agar extracto de malta y se incuba a 25 °C, de 7 a 10 días.

11. Recoger la basura y limpiar y desinfectar el área de trabajo, después de realizada la siembra.

12. Para control de hongos y bacterias es recomendable realizar aspersiones con formol al 0,3% en volumen, es decir adicionar 3 ml de formol comercial en un litro de agua.

13. Evaluar diariamente el crecimiento micelial, retirar el material contaminado y disponerlo de acuerdo con lo establecido en las metodologías básicas.

14. Cuando la invasión del hongo sea entre el 95 y 100%, sellar la caja de Petri con vinilpel, desinfectarla externamente y guardarla en la nevera entre 4 y 6 °C.

15. Cuando ocurran contaminaciones lejos del área de crecimiento micelial del hongo, puede realizarse un repique a otras cajas de Petri con agar para eliminar el contaminante, y disponer el material contaminado conforme a lo expresado en el presente protocolo.

Procedimientos para el mantenimiento y conservación de la cepa de *Pleurotus ostreatus*

Propuesta 1: La conservación de cepas de *Pleurotus* spp. en agua destilada estéril o método de Castellani, el cual es un método que garantiza elevados porcentajes de viabilidad, pureza y estabilidad de las cepas; esto unido a su bajo costo y sencillez, la convierte en una alternativa ventajosa para el mantenimiento de las mismas.

Es un método simple de conservación, las cepas se pueden conservar en pequeños tubos de 2-10 ml con agua destilada estéril.

Procedimiento

1. Inocular la cepa en un medio de cultivo para hongo, donde mejor crezca el Basidiomiceto. Incubar a 27-28°C o temperatura ambiente por 7-12 días.
2. Cortar varias tiras de papel de filtro en pequeños tamaños (2 cm de largo x 1 cm de ancho) colocar dentro de un recipiente que se pueda esterilizar por medio de autoclave, puede ser una caja Petri u otro frasco de mayor tamaño u Erlenmeyer con tapón.
3. Preparar medio de cultivo para hongo, donde mejor crezca el Basidiomiceto, y preparar varias placas (de 3-5 por cepas).
4. Esterilizar mediante autoclave por 15 min a una temperatura de 121 °C.
5. En flujo laminar o cuarto de siembra verter el medio de cultivo en las placas
6. Una vez solidificado el medio, colocar en su interior varias tirillas de papel de filtro estéril con ayuda de una aguja bacteriológica o pinza estéril y frente al o los mecheros en el cuarto de siembra.
7. Tomar, con ayuda de la aguja bacteriológica, una muestra del micelio de la cepa e inocular encima de cada tirilla de papel

de filtro. Incubar a 27-28 °C o temperatura ambiente por 7 días, observar periódicamente.

8. En tubos de rosca o frasquitos de penicilina añadir 5ml de agua destilada y esterilizar mediante autoclave por 15 min a una temperatura de 121 °C.

9. Transcurrido el tiempo de incubación, y al observar desarrollo micelial en los fragmentos de papel de filtro, se retira cada fragmento con ayuda de la aguja bacteriológica o cuidadosamente con una pinza estéril en cuarto de siembra y frente al mechero, y se colocan dentro de cada tubo de rosca o frasco de penicilina conteniendo los 5ml de agua destilada estéril.

10. Se recomienda depositar unas gotas de aceite mineral o parafina estéril en la superficie del agua para evitar la evaporación.

11. Al final se pueden mantener guardadas en refrigerador o a temperatura ambiente por 2 años y más.

12. La eficiencia de la técnica se verifica a partir de un tiempo prologado al resembrar la cepa en un medio de cultivo para hongo.

Propuesta 2: Otros métodos consisten en la preparación de los medios de cultivo más frecuentemente utilizados en preservación de cepas de *Pleurotus ostreatus*.

Título: Agar con extracto de malta

Ingredientes:

- Extracto de Malta: 10 g
- Agar-Agar: 15 g

Procedimiento:

Se pesan los ingredientes y se mezclan en el matraz con 1000 ml de agua destilada. La suspensión se calienta y agita hasta que queden totalmente disueltos los ingredientes.

Título: Agar con dextrosa y papa

Ingredientes:

- Papa: 200 g
- Agar-Agar: 15 g
- Dextrosa o Glucosa: 20 g
- Levadura: 2 g

Procedimiento:

Pelar y poner a hervir la papa en 500 ml de agua destilada o purificada durante 10-15 min. El extracto se filtra y se adiciona más agua hasta ajustar 1000 ml para reponer lo que se evaporó. Se agregan los otros ingredientes y se calienta a fuego lento moviendo constantemente durante 1-2 min hasta que queden totalmente disueltos.

Glosario de términos relacionados con la producción, conservación y mantenimiento de las cepas *Pleurotus ostreatus*

Carpóforos: Prolongación del receptáculo que lleva encima al gineceo y luego al fruto.

Estípite: En micología el término estípite hace referencia al pie que sustenta el píleo o sombrero del cuerpo fructífero de un basidiomiceto. Estos hongos se denominan estipitados. Como todos los tejidos fúngicos el estípite se compone de tejido estéril hifal, quedando el tejido fértil del himenio bajo el píleo.

Píleo: El sombrero, o píleo, es la parte superior. Generalmente tiene forma de paraguas, aunque puede adoptar diversas formas. Bajo el sombrero se encuentra el himenio que es una membrana que envuelve a los elementos fértiles, las esporas, de ahí que se denomine a la seta como cuerpo reproductor.

***Pleurotus*:** Es un género de setas con el himenio laminado que incluye a algunas especies comestibles de gran interés comercial, como el champiñón ostra o la seta de cardo.

Macromicetos: Son hongos (organismos eucariotas como mohos, levaduras y royas) que tienen estructuras microscópicas productoras de esporas. Presentan crecimiento en la punta del tubo y tienen paredes celulares compuestas de quitina, un polímero de N-acetilglucosamina.

Hongo saprofítico: Un hongo saprófito (del griego *sapros* = putrefacto y *fyton* = planta) es el que se alimenta de materia orgánica muerta o en descomposición. Son los más frecuentes en determinados ecosistemas e intervienen en la mineralización de los restos

vegetales para que puedan posteriormente formar parte del humus.

Contaminación microbiológica: Se refiere a la introducción involuntaria o no intencionada de microorganismos infecciosos como las bacterias, levaduras, mohos, hongos, virus, priones, protozoos o de sus toxinas y/o subproductos.

Esterilizar: Se denomina esterilización al proceso por el cual se obtiene un producto libre de microorganismos. El proceso de esterilización debe ser diseñado, validado y llevado a cabo para asegurar que es capaz de eliminar la carga microbiana del producto o un microorganismo más resistente.

Desinfectar: Se denomina desinfección a un proceso químico que mata o erradica los microorganismos sin discriminación tales como bacterias, virus y protozoos, impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes.

Esporas: En biología, el término espora designa un cuerpo microscópico unicelular o pluricelular que se forma con fines de dispersión y supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas, y que generalmente es una célula haploide.

Hifa: La hifa es un filamento que se origina a partir de las esporas en hongos, pseudohongos y actinobacterias.

Laminillas: Son las estructuras laminares existentes bajo el sombrero de algunas setas, cuya función es actuar como himenóforos en el cuerpo fructífero del hongo. Es la estructura más frecuente, pero no exclusiva, en los agáricos.

Lignocelulosa: Se refiere a la materia seca vegetal, llamada biomasa lignocelulósica. Es la materia prima más abundante disponible en la Tierra para la producción de biocombustibles, principalmente bioetanol. Está compuesto por polímeros de carbohidratos y un polímero aromático.

Micelio: Es una estructura de los hongos de apariencia similar a una raíz, consistente en una masa de hifas ramificadas y de textura como de hilo, que forman la parte vegetativa

de los hongos pluricelulares tales como las setas y los mohos.

Medio de cultivo: Es una técnica de laboratorio que consta de un gel o una solución que contiene los nutrientes necesarios para permitir, en condiciones favorables de pH y temperatura, el crecimiento de virus, microorganismos, células, tejidos vegetales o incluso pequeñas plantas.

Valoración de la pertinencia de los procedimientos a emplear en la UC

La Universidad de Camagüey, específicamente la carrera de Ciencias Alimentarias, trabaja de conjunto con un grupo de especialistas en el diseño y construcción de un laboratorio para la producción, conservación y producción de setas comestibles, haciendo énfasis en el *Pleurotus ostreatus*. La conservación de las cepas en un laboratorio es una actividad cotidiana de vital importancia porque representa el resguardo adecuado de los recursos genéticos vivos. Es de vital importancia elegir sistemas eficientes y seguros que garantice la conservación de los micelios.

Luego de un análisis exhaustivo de la literatura y experiencias de la Universidad de Oriente se puede indicar que existen varios métodos utilizados mundialmente: el almacenamiento a largo plazo y almacenamiento a corto plazo. Entre los más factibles a realizar en la Universidad de Camagüey se encuentra el de la conservación de cepas de *Pleurotus* spp. en agua destilada estéril o método de Castellani, el cual es un método fácil, de bajo costo y sencillo por lo que es recomendable su utilización. También se recomienda el método de resiembra continua y el método de cultivo seriado.

CONCLUSIONES

La aplicación de un procedimiento para la producción, conservación y mantenimiento de las cepas permitirá preservar la calidad en la etapa de laboratorio de la producción de setas. Al tratarse de un laboratorio investigativo-productivo, la aplicación de documentos normativos garantiza la eficacia de los procesos, manteniendo estándares de la calidad adecuados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, M. A., Mehmood, M. I., Nawaz, R., Hanif, M. A., & Wasim, R. (2007). Influence of substrate pasteurization methods on the yield of oyster mushroom (*Pleurotus* species). *Pak. J. Agri. Sci.*, 44(2), 300-303.
- Baggini, S. P. (2022). *Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL)*. Santa Fé, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Bermúdez, R. C., García, N., Gross, P., & Serrano, M. (2001). Cultivation of *Pleurotus* on agricultural substrates in Cuba. *Micología Aplicada Internacional*, 13(1), 25-29.
- Donado, T. V. (2014). *Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus); Moyuta, Jutiapa*. (Tesis de Diploma), Universidad Rafael Landívar, Escuintla, Guatemala.
- FAO. (1992). *Manuales para el control de calidad de los alimentos 12. la garantía de la calidad en el laboratorio microbiológico de control de los alimentos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Merlo, R. P., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción*. Veracruz, México: Instituto de Ecología A.C.
- García, N., Bermúdez, R. C., Augur, C., Roussos, S., & Perraud-Gaime, I. (2007). Producción de lacasa extracelular, remoción de fenoles y cafeína por *Pleurotus* spp. cultivado en pulpa de café. *Tecnología Química*, XXVII(3), 83-91.

- García, N., Bermúdez, R. C., Castillo, I., Serrano, M., & Perraud-Gaime, I. (2016). Evaluación de la producción de lacasa de *Pleurotus* spp. *Revista Tecnología Química*, 36(1), 79-83.
- Garzón, J. P., & Cuervo, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA*, 6(10), 126-140.
- Grimm, A., Eilertsen, L., Chen, F., Huang, R., Atterhem, L., & Xiong, S. (2021). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* Mushroom on Substrates Made of Cellulose Fibre Rejects: Product Quality and Spent Substrate Fuel Properties. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 4331-4340. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01311-y>
- Jaramillo, I. P. (2013). *Evaluación de tres residuos agroindustriales lignocelulósicos provenientes de cebada (Hordeum vulgare L.), arroz (Oriza sativa.) y eucalipto (Eucalyptus globulus L.) para el cultivo de dos cepas de hongo ostra (Pleurotus ostreatus j.) bajo invernadero.* (Tesis de Diploma), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Juárez, J. I. N., Ruiz, Á. D. C., & López, W. R. (2021). Evaluación del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* y de su composición nutricional en borra de café. *Revista TECNIA*, 31(2), 27-32. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1026>
- López, A. (2014). El género *Pleurotus* y su diversificación taxonómica en especies. *Fungicultura*, 14, 1-19.
- Maccapa, L. (2021). *Producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno.* (Tesis de Diploma), Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.
- Nongthombam, J., Kumar, A., Ladli, Manikanta, B., Madhushekhar, M., & Patidar, S. (2021). A Review on Study of Growth and Cultivation of Oyster Mushroom. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(5&6), 55-65.
- Oei, P. (2016). *Mushroom cultivation IV: Appropriate technology for mushroom growers* (4th ed.). Amsterdam, The Netherlands: ECO Consult Foundation.
- Pérez, G., Lopez-Moya, F., Chuina, E., Ibañez-Vea, M., Garde, E., López-Llorca, L. V., . . . Ramírez, L. (2021). Strain Degeneration in *Pleurotus ostreatus*: A Genotype Dependent Oxidative Stress Process Which Triggers Oxidative Stress, Cellular Detoxifying and Cell Wall Reshaping Genes. *Journal of Fungi*, 7, 862. <https://doi.org/10.3390/jof7100862>
- Puig, Y., Crespo, L. M., Cardona, Y. R., Matos, L., & Serrano, M. (2020). Evaluación de tres residuos agroindustriales como sustratos para cultivo del *Pleurotus ostreatus* var. Florida. *YACHASUN*, 4(7), 164-176. <https://doi.org/10.46296/yc.v4i7.0040>
- Romero, A. J. (2006). *Cultivo de Pleurotus spp. sobre sustratos no convencionales.* (Tesis de Diploma), Instituto Politécnico Nacional, México, D. F.
- Romero, H. G. (2022). *Producción de hongos comestibles "Pleurotus ostreatus" utilizando como sustrato los residuos agrícolas de cosecha en la Empresa Agro Industrial Paramonga S.A.A.* (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Sahagún, F. L. V. (2020). Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles; hacia una seguridad alimentaria. *Meio Ambiente (Brasil)*, 2(5), 45-55.
- Valencia, N. R., Fonseca, M. L. A., & Perdomo, F. P. (2006). *Mantenimiento de cepas de hongos comestibles y medicinales.* Colombia: Cenicafé.
- Vargas, P. S., Hoyos, J. L., & Mosquera, S. A. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 136-145.

GUÍA DE AUTORES -BIORREFINERÍA

TÍTULO EN ESPAÑOL

ENGLISH TITLE

Nombre y apellidos¹, Nombre y apellidos² (subrayar el responsable de la correspondencia)¹Institución, ciudad, País²Institución, ciudad, País

Autor para correspondencia:

Recibido: día/mes/año (Esta fecha la colocará el Consejo Editorial)*Aceptado: día/mes/año* (Esta fecha la colocará el Consejo Editorial)

RESUMEN

Exponga el problema de investigación en una sola oración, si es posible; el método experimental, incluyendo los mecanismos, procedimientos de recopilación de datos, nombres de las pruebas; los hallazgos, incluyendo los niveles de significación estadística; y las conclusiones, implicaciones, recomendaciones y/o aplicaciones. Máximo 120 palabras.

Palabras clave: no más de cinco, en orden alfabético, no incluidas en el título del trabajo. Debe basarse en tesauros de gran impacto como el oficial de la UNESCO, SKOS, CAB, EUROVOC, National Agricultural Library

(USDA), AGROVOC, MeSH, entre otros específicos del área de estudio.

ABSTRACT

State the problem under investigation in a single sentence. If it is possible, also include the experimental method, including the mechanisms, data collection procedures, full names of tests, the findings, including levels of statistical significance, and the conclusions and implications or applications. Maximum 120 words.

Keywords: no more than five.

INTRODUCCIÓN

La introducción presenta la teoría que sustenta la experimentación. Contiene el planteamiento del problema, el desarrollo de los antecedentes, fundamentación y objetivos. Las contribuciones enviadas a la revista deben abordar temáticas relacionadas con el desarrollo de la Bioeconomía con base Biotecnológica en los campos agrícola, alimentos, salud, ambiente, energías e industria.

Se aceptarán contribuciones de los siguientes tipos: revisión, de investigación, de reflexión, metodológicos, estudios de caso y notas breves. Se aceptarán solamente contribuciones inéditas, no sometidas al mismo tiempo a ninguna otra publicación

impresa o digital. El envío de estas contribuciones supone el compromiso del autor a ceder sus derechos a la revista. Serán enviadas al correo electrónico [biorrefinería.ceba@gmail.com](mailto: biorrefinería.ceba@gmail.com) y sometidas al sistema de revisión por pares, en la modalidad ciego, manteniendo el anonimato. Este recurso es inapelable.

Las contribuciones se escribirán en español o inglés con fuente Calibri Light, tamaño de 12 puntos, interlineado sencillo, un espacio entre párrafos y una extensión máxima de 8 páginas. El formato del papel debe ser A4, con márgenes de 2 cm a cada lado. El procesador de texto a utilizar será Microsoft Word. Los títulos se escribirán en negrita y mayúscula sostenida, mientras que los subtítulos tendrán

sólo la primera letra en mayúscula. Las tablas deben crearse en Word y separarse únicamente con líneas horizontales. Las figuras (fotografías, gráficos, esquemas) deben insertarse en formato JPG con una resolución de 300 dpi y enviarse también como documento adjunto. Las tablas y figuras se citarán en el texto de acuerdo con el orden de aparición y en el siguiente formato: Tabla 1, Fig. 1, Figs. 1 y 2, Fig. 1(A) (cuando una imagen se subdivide en varios recuadros), se insertarán en el lugar exacto de aparición y se acompañarán de su correspondiente título y pie de figura, respectivamente. El número de tablas y figuras no será superior a 5 para artículos y 3 para notas breves. Las unidades de medida a utilizar serán las especificadas en el Sistema Internacional de Unidades. Los separadores de decimales serán la coma para artículos en español y el punto para artículos en inglés. La estructura de los artículos de revisión es libre y notas breves, siempre y cuando no sobrepase las 10 páginas en el formato de fuente indicado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Informe en tiempo pretérito qué es lo que usted hizo y cómo lo hizo, incluyendo la descripción de participantes (muestras), Herramientas o materiales, método estadístico, diseño experimental (incluyendo nivel de confianza) y procedimiento. Identifique en el texto todos los reactivos utilizados (reseñando el nombre del fabricante y el país entre paréntesis), el modelo de cada equipo y el sitio de obtención del material biológico (incluyendo las coordenadas del sitio de recolección).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados responden a los objetivos planteados en el experimento, incluyendo el análisis estadístico y los hallazgos relevantes. Los resultados se pueden presentar en tablas y/o figuras, siendo preferibles las figuras. Las discusiones interpretan los resultados obtenidos con base en la teoría y los

contrastan con los resultados de otros autores, se escriben en tiempo presente.

CONCLUSIONES

Las conclusiones responden al problema científico expuesto en la introducción el cual dio origen al experimento. Incluyen consecuencias, deducciones y generalizaciones que emanan de la evidencia aportada por los resultados y su interpretación. Sintetiza la idea planteada y los argumentos que se utilizaron para sustentarla. Evalúa lo planteado, señalando sus alcances y sus limitaciones. Plantea implicaciones o nuevos interrogantes al problema y recomendaciones. Escribir en tiempo presente.

AGRADECIMIENTO (opcional)

Se mencionarán las fuentes de financiación de los proyectos de investigación y/o apoyos recibidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se aplicará la norma internacional APA tanto para citación como para referenciación. Se recomienda usar un software.

Ejemplos:

- Adelin, E., Servy, C., Martin, M.-T., Arcile, G., Iorga, B. I., Retailleau, P., ... Ouazzani, J. (2014). Bicyclic and tetracyclic diterpenes from a *Trichoderma* symbiont of *Taxus baccata*. *Phytochemistry*, *97*, 55–61. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.10.016>
- Arango, M., Ordoñez, N., Castañeda, E., & Restrepo, A. (1988). *Manual Hongos contaminantes del laboratorio*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud y Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Bailey, B., Bae, H., Strem, M., Roberts, D., Thomas, S., Crozier, J., ... Holmes, K. (2006). Fungal and plant gene expression during the colonization of cacao seedlings by endophytic isolates of four *Trichoderma* species. *Planta*, *224*(6), 1449–164. <http://doi.org/10.1007/s00425-006-0314-0>
- Baldwin, J. E., Bansal, H. S., Chondrogianni, J., Field, L. D., Taha, A. A., Thaller, V., ... Taylor, A. (1985). Biosynthesis of 3-(3'-isocyanocyclopent-2-enylidene) propionic acid by (*bon.*) *bain.* aggr. *Tetrahedron*, *41*(10), 1931–1938. [http://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96556-1](http://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96556-1)
- Barnet, H. L., & Hunter, B. B. (1972). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. *Mycologia*, *64*(4), 930–932. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3757954>
- Barnet, H. L., & Hunter, B. B. (1978). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (5th ed.). New York: MacMillan Pub. Company.

BIODIVERSITY®



SERVICIOS

- proyectos de investigación.
- Desarrollo de productos escalas Laboratorio, Banco y Piloto.
- Escalado Semi-industrial e Industrial.

PRODUCTOS

- Alimentos
- Suplementos
- Fitofármacos
- Fármacos
- Cosméticos
- Bebidas

Contacto

Cel.: +593 99 758 9267, Email: info.biodiversity@gmail.com, <https://www.facebook.com/BiodiversityEC>. Ibarra-Ecuador.

BIOECOLÓGICOS



SERVICIOS

- Elaboración proyecto de inversión.
- Dirección técnica instalación industrial.
- Asesoría técnica para la producción.
- Capacitación técnica y adiestramiento al personal de planta.

PRODUCTOS

- Micelios (semillas) de hongos nutracéuticos.
- Extractos de hongos nutracéuticos.

Contacto: Cel.: +593 99 596 8529, www.bioecologicos.com, Email: bioecologicosec@gmail.com
<https://www.facebook.com/BioecologicosEC/> . Ibarra-Ecuador