

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: Fermentación sólida en la industria alimentaria.

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Gabriela Marilu Herrera Beltran.

Tutor: Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés.

Ambato - Ecuador

Marzo - 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg. Diego Manolo Salazar Garcés

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 01 de Febrero del 2021

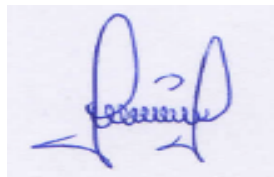
Ing. Mg. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I. 180312429-4

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Gabriela Marilu Herrera Beltran, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Gabriela Marilu Herrera Beltran

C.I. 050413880-1

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

.....
Presidente del Tribunal

.....
Dr. Irvin Ricardo Tubon Usca
C.I. 0604250357

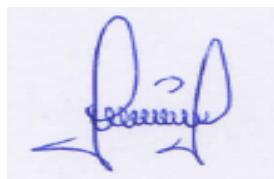
.....
Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez
C.I. 1803321502

Ambato, 02 de Marzo del 2021

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Gabriela Marilu Herrera Beltran

C.I. 050413880-1

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen por las bendiciones derramadas todos los días de mi vida al gozar de buena salud y permitirme culminar mi carrera y no decaer en los momentos difíciles en este camino llamado vida.

A mis amados padres Efraín y Gladys, por su amor incondicional, por ser mi fortaleza y ejemplo de lucha en especial a mi madre que siempre confió en mí.

A mi amada abuelita Digna que es el amor más puro que Dios todavía me permite seguir gozando.

A mis queridos hermanos Israel y Joel, por estar en los momentos de alegría y tristeza, por tenerme paciencia y brindarme su amor.

A mis queridos tíos Gabriel, María, Lucia, Edgar y Antonio por estar siempre pendientes en cada decisión tomada, por sus consejos y su apoyo incondicional.

A la estrella más bonita en cielo que Dios me la presto, mi hermoso y amado perrito Alvin, por regalarme todos los días de su vida los mejores momentos de felicidad.

Con amor

Gabriela

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por estar siempre pendientes y ser la base fundamental en mi vida, por su motivación y apoyo, por ser el mejor ejemplo de perseverancia.

A mí querida Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, mi segundo hogar, por brindarme los mejores momentos de mi vida universitaria.

A mi tutor y guía Ing. Mg. Diego Salazar, por su paciencia, colaboración y confianza durante todo el trabajo de investigación.

A una de las personas más especiales en mi vida Cristian, por estar siempre presente en los momentos más difíciles, por sus consejos, por su amor, paciencia y confianza.

A mis mejores amigos Martin, Alexis y Jessica, por compartir momentos de alegría y tristeza, por las mejores aventuras durante estos años en la universidad.

A toda mi familia por ser un apoyo moral en mi vida.

Gracias a todos

Gabriela Herrera

RESUMEN

Hoy en día, uno de los objetivos de la industria alimentaria es ofrecer al consumidor nuevos productos que complementen la alimentación diaria, crear nuevas líneas de producción mediante el uso de productos y subproductos provenientes del sector agrícola, silvicultura y del procesamiento de alimentos. Estas materias primas podrían ser utilizadas como medio de transformación para obtener microorganismos y enzimas de interés en la industria alimentaria, mejorar las propiedades físico-químicas y sensoriales de los alimentos y posibles nuevas aplicaciones, en este sentido, la implementación de tecnologías innovadoras como la Fermentación en Estado Sólido (FES) aparecen como una alternativa. Esta tecnología que consiste en el crecimiento de microorganismos en soportes sólidos o semi-sólidos en ausencia de agua libre, es considerada como una alternativa viable debido al bajo costo de producción y mayor productividad. Por lo general, según los estudios que se han realizado, los residuos agroindustriales como el salvado de trigo, paja de maíz, cáscara de arroz, bagazo de caña de azúcar entre otros, han demostrado tener gran aceptación para nuevas investigaciones en la industria alimentaria especialmente con la utilización de *Aspergillus niger*, *Aspergillus spp*, *Aspergillus oryzae* y *Rhizopus oligosporus* que son algunos de los microorganismos que más se han adaptado a las condiciones de crecimiento que ofrecen este tipo de sustratos en relación al proceso de fermentación en estado sólido. La fermentación sólida busca por medio de los residuos agroindustriales incrementar el contenido proteico de los alimentos y a la vez reducir la contaminación ambiental.

Palabras claves: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, fermentación sólida, residuos agroindustriales, gestión de residuos, biotecnología alimentaria.

ABSTRACT

Today, one of the objectives of the food industry is to offer the consumer new products that complement the daily diet, to create new production lines through the use of products and by-products from the agricultural, forestry and food processing sectors. These raw materials could be used as a means of transformation to obtain microorganisms and enzymes of interest in the food industry, improve the physical-chemical and sensory properties of food and possible new applications, in this sense, the implementation of innovative technologies such as Fermentation In Solid State (FES) they appear as an alternative. This technology, which consists of the growth of microorganisms on solid or semi-solid supports in the absence of free water, is considered a viable alternative due to its low production cost and higher productivity. In general, according to the studies that have been carried out, agroindustrial residues such as wheat bran, corn straw, rice husk, sugarcane bagasse, among others, have shown great acceptance for new research in the food industry especially with the use of *Aspergillus niger*, *Aspergillus spp*, *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus*, which are some of the microorganisms that have best adapted to the growth conditions offered by this type of substrate in relation to the solid state fermentation process. Solid fermentation seeks, through agro-industrial waste, to increase the protein content of food and at the same time reduce environmental pollution.

Keywords: Bibliographic research, food industry, solid fermentation, agro-industrial waste, waste management, food biotechnology.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DEL AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
Justificación	1
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo General.....	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
METODOLOGÍA.....	5
2. Análisis de la información.....	5
2.1. Investigación bibliográfica.....	5
2.1.1. Base de datos de investigación científica	5
2.1.2. Enciclopedias electrónicas.....	5
2.1.3. Libros electrónicos	5
2.1.4. Colecciones de Trabajos Fin de Estudios	5
2.2. Análisis documental.....	6
CAPÍTULO III	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	7
3.1.1. Condiciones de la fermentación en estado sólido.....	7
3.1.2. Microorganismos utilizados en la FES	9
3.1.3. Sustratos utilizados en la FES	11
3.1.4. Producción de enzimas a partir de la FES	13
3.1.5. Compuestos fenólicos.....	15

3.1.6.	Concentrados proteicos.....	18
3.1.7.	Bacterias ácido lácticas (BAL) aplicadas como cultivo en la FES.....	19
3.1.8.	Producción de tempeh	21
3.1.9.	Producción de miso	21
3.1.10.	Producción de hongos.....	22
3.1.11.	Producción de pigmentos.....	22
3.1.12.	Producción de aromas.....	22
3.1.13.	Producción de biocombustible.....	23
3.1.14.	Biorreactores en la industria alimentaria	23
CAPÍTULO IV.....		27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		27
4.	Conclusiones	27
MATERIAL DE REFERENCIA		29
5.	Bibliografía	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Soporte inerte (amberlita IRC120Na).....	12
------------------	--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Microorganismos de importancia en la industria alimentaria.	10
Tabla 2.	Residuos agroindustriales y su aplicación en la fermentación sólida.....	12
Tabla 3.	Enzimas utilizadas en la industria alimentaria.	14
Tabla 4.	Biorreactores utilizados en la fermentación sólida.....	25

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Justificación

La fermentación sólida es considerada un proceso que se caracteriza por el crecimiento microbiano en un sustrato sólido (residuos de trigo, maíz, arroz, plátano, bagazo de caña de azúcar, entre otros) con el fin de optimizar la cantidad de proteínas y otros nutrientes (carbohidratos, minerales, grasa y vitaminas) presentes en un alimento (**Medina et al., 2015**). Informes recientes indican que la fermentación sólida era utilizada principalmente en países del sudeste asiático, África y América Central en la producción de cerveza, salsas, cereales, atole, condimentos, entre otros y hoy en día se la utiliza alrededor de todo el mundo principalmente para la producción de alimentos fermentados (tempeh, koji y miso) utilizados como sustitutos de la proteína animal (**Jimenez & Pantoja, 2012**).

La FES ha sido empleada desde hace miles de años, por ejemplo, los egipcios emplearon diferentes tipos de microorganismos para la elaboración de pan con *Saccharomyces cerevisiae*, hace 2600 a.C (**Khairuzzaman, 2016**). En Asia para la producción de quesos con *penicillium roqueforti* (**Méndez., 2016**). En China y Japón en la elaboración koji con *Aspergillus oryzae* (**Salazar & Urrutia, 2013**), así como en la producción de enzimas fúngicas a partir de *Aspergillus niger* (**Macancela & Rocafuerte, 2018**), ácido glucónico con *Pseudomonas sp* (**Paredes & Espinosa, 2010**) y ácido cítrico con *Aspergillus niger* (**Velásquez et al., 2010**). En la década de los 40 se marcó el inicio de la microbiología industrial moderna usando los métodos de fermentación a partir de microorganismos para la producción de compuestos como lípidos, vitaminas como la B₁₂ presente en alimentos de origen animal, proteínas, enzimas, coenzimas, aminoácidos, entre otros (**Street, 2006**). Por otro, lado la producción de micotoxinas y enriquecimiento de alimentos con proteínas no se evidencio hasta aproximadamente el año 1980 y en la actualidad es aplicada para la obtención de alcoholes, ácido cítrico, entre otros (**Rodríguez-Salgado et al., 2019**).

Así mismo la FES es utilizada, por ejemplo, en la India para el desarrollo de un proceso potencial para la producción in situ de enzimas como las inulinasas por *M. circinelloides*

a partir de orujo de manzana, este tipo de enzimas son de gran importancia en la degradación de los carbohidratos para generar productos como el jarabe de fructosa utilizado como edulcorante calórico en la industria alimentaria (**Sarup et al., 2020**). De hecho, en la región suroriental de Cuba la FES se la viene utilizando como una más de las alternativas tecnológicas que se ofrecen para la producción de champiñones (*pleurotus ostreatus*) sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro (**Bermúdez et al., 2007**). En Ecuador para la obtención de ácido cítrico a partir del bagazo de caña con *Aspergillus niger* y la obtención de etanol como biocombustible a partir de la caña de azúcar (**Tuquerres et al., 2020**).

En la actualidad las investigaciones en la industria alimentaria realizadas sobre el proceso de la FES desarrolladas en diversas fuentes de materias primas (materiales sólidos húmedos), se detalla el tipo de método que se aplica, los microorganismos o enzimas considerados aptos para cada proceso sin que exista alteraciones en la composición del alimento, los efectos físico-químicos y sus posibles aplicaciones (**Cano, 2019**). Por lo tanto, este tipo de fermentación resulta efectiva para la elaboración de enzimas y metabolitos secundarios que podrían ser aplicados a diferente escala industrial (agricultura, producción de alimentos y tratamiento de enfermedades) (**Robinson & Nigam, 2016**). De hecho, el uso de enzimas de interés industrial ha incrementado en su uso de manera considerable gracias a la aplicación de la FES. Según **Moral et al., (2015)** el mercado global de enzimas de uso industrial se estimó en casi \$ 4,5 billones de dólares en el 2013 y se espera que para el 2023 con un incremento del 8,3% alcance valores mayores a 7,5 billones de dólares.

Una alternativa plausible que ha generado un alto porcentaje de aceptación en la industria es el uso del hongo *Aspergillus niger*, que representa una opción tecnológica viable para mejorar el contenido nutricional en los alimentos (grasas, hidratos de carbono, azúcares, proteínas, entre otros), minimizando la probabilidad de contaminación por bacterias o levaduras y además ofrecer condiciones aptas al hábitat natural de los diferentes tipos de hongos. La FES ha resultado ser mucho más accesible que una fermentación en estado líquido (FEL) ya que se obtiene un producto más estable, requiere menor energía con respecto a los fermentadores utilizados en la separación de los diferentes tipos de productos, mayor productividad, viabilidad y un bajo costo de producción. En efecto, como resultado la tecnología con la que se maneja este tipo de fermentación también

busca obtener ventajas dentro de la industria ya que es un proceso biotecnológico económico, requiere equipos pequeños, menor capital y reducidos costos operativos garantizando la rentabilidad económica del proceso al obtenerse productos con un valor agregado diferente a los que ya existen en el mercado (**Torres-león et al., 2019**). El enfoque principal de la industria alimentaria es incorporar los diferentes tipos de materias primas no utilizadas y sus derivados en la alimentación, en la obtención de nuevos sabores, aromas y otras sustancias de interés que generen beneficios con menores costos de inversión; además, su eficiencia y eficacia en este tipo de estudios depende de los ejes que lo conforman para generar acciones y solucionar problemas (**Parzanese, 2016**).

Algunas de las desventajas en la FES, se refieren al medio de cultivo en el cual el pH no se puede controlar fácilmente, otros parámetros como la temperatura, contenido de humedad y la concentración del sustrato son otros elementos a considerar. Con relación a la concentración del sustrato el proceso de esterilización no suele ser tan fácil de realizarlo debido a su naturaleza heterogénea, también otro punto difícil de controlar es la extracción del calor metabólico que podría llegar a generar problemas en la fermentación, sobre todo cuando se trabaja a gran escala y no se controla el proceso (**Urbina, 2019**).

Debido a la diversidad de fuentes naturales provenientes del sector agrícola se ha planteado la búsqueda de alternativas para un mejor aprovechamiento de los recursos obtenidos ya sea de manera directa con la materia prima o residuos provenientes de la misma. Es por ello, que las nuevas tendencias en la producción de alimentos contemplan a la FES como una tecnología que se ajusta a las mejores condiciones de fermentación (biorreactores) para obtener alimentos mejorados sensorialmente y de manera general procesos productivos más rentables para la industria alimentaria (**Garro et al., 2021**).

Por esta razón, en los últimos años los alimentos obtenidos a través de un proceso de fermentación han tomado un papel muy importante debido a las bondades alimenticias que se obtienen y en la parte industrial debido a los beneficios económicos que se podrían generar al aprovechar los desechos agroindustriales sin la necesidad de un proceso de pre-tratamiento intensivo. La investigación planteada pretende realizar una búsqueda bibliográfica con relación a la FES, sus alternativas económicas y viables en relación a la producción para la industria alimentaria mediante la aplicación de una variedad de

métodos, microorganismo y los posibles cambios que pueden generarse ya sea en un alimento u otro componente.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Realizar una revisión del estado del arte sobre la fermentación sólida en la industria alimentaria.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Clasificar los microorganismos o enzimas empleados en la fermentación sólida aplicada en alimentos.
- Estudiar los diferentes métodos aplicados en la fermentación sólida en la industria alimentaria.
- Evaluar los efectos de la fermentación sólida sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de los alimentos.
- Determinar las perspectivas y posibles aplicaciones de la fermentación sólida para el mejoramiento de las propiedades de los alimentos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2. Análisis de la información

2.1. Investigación bibliográfica

La metodología empleada para alcanzar los objetivos establecidos consistió en la realización de una investigación bibliográfica contrastando los diferentes trabajos y revisiones realizados sobre la FES en la industria alimentaria. Para ello se utilizó distintas herramientas de búsqueda y recursos de información:

2.1.1. Base de datos de investigación científica

El presente trabajo se fundamentó en la búsqueda de información científica en las bases de datos de investigación científica: **ScienceDirect, Web of Science, AGRIS, SciELO y Scopus.**

2.1.2. Enciclopedias electrónicas

Para la presente revisión bibliográfica se utilizó enciclopedias electrónicas que ofrecen información sobre temas generales y específicos mediante un orden determinado y que permiten obtener actualización de artículos. Entre las principales enciclopedias están: Enciclopedia Británica; Gran Enciclopedia de España; Biblioteca Digital Mundial.

2.1.3. Libros electrónicos

Los libros electrónicos fueron las principales fuentes de investigación, la información mostrada permitió establecer líneas claras en relación a la revisión propuesta.

2.1.4. Colecciones de Trabajos Fin de Estudios

Finalmente, los trabajos de fin de estudios permitieron obtener información sobre ensayos y resultados realizados con niveles de exigencia elevada. Entre los más utilizados se presentan: Tesis; Proyectos de Investigación; Revisiones Bibliográficas.

2.2. Análisis documental

En la presente revisión bibliográfica se tomaron en cuenta artículos que describen la importancia de la FES en los diferentes campos de estudio, detallando los parámetros a controlarse, métodos aplicados y la veracidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

Desde su primer uso en la producción de alimentos fermentados, la tecnología de la FES se ha adaptado para abordar una amplia gama de necesidades comerciales mediante el uso de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) en un sustrato sólido apto para mantener las condiciones de crecimiento. Sin embargo, todos los microorganismos utilizados en este tipo de fermentación deben ser capaces de crecer en elevadas concentraciones de nutrientes, poseer una baja tendencia a la esporulación y alta hacia el crecimiento vegetativo (**Cubides, 2019**).

3.1.1. Condiciones de la fermentación en estado sólido

Humedad

El exceso de humedad en un sustrato podría alterar el crecimiento del microorganismo y al presentarse la disminución del mismo se anulará el crecimiento enzimático por la baja solubilidad de los nutrientes (**Reinoso, 2015**). Las condiciones de humedad para la mayoría de las células se encuentran entre el 70 y 80%. Para el desarrollo de bacterias la humedad del material debe presentar un 70%, en el caso de las levaduras un 60 y 70%, y para los hongos en un rango de 20 y 70% de humedad (**Bustamante, 2015**).

Sustrato

Los sustratos utilizados en las diferentes investigaciones reportadas en la (**Tabla 2**) provienen de residuos agroindustriales ricos en nutrientes, estos presentan un alto contenido de polisacáridos de glucosa (hemicelulosa y celulosa), elementos esenciales utilizados como fuente de carbono en el desarrollo y crecimiento óptimo de los microorganismos. Sin embargo, se puede mencionar el factor que más influye en un crecimiento óptimo afectado por la presencia de lignina que limita el aprovechamiento de los nutrientes ya mencionados (**Parzanese, 2016**). El medio de cultivo debe presentar nutrientes de forma balanceada para favorecer el crecimiento del microorganismo, una

aproximación de las cantidades a utilizarse se lo obtiene a través de la composición de la biomasa del microorganismo. Las relaciones entre algunos de sus elementos carbono-nitrógeno y fosforo-oxígeno son relevantes en la conversión energética y la respiración (León, 2008).

Temperatura

La temperatura es considerada uno de los factores más limitantes ya que esta se encuentra ligada al tipo de proceso que se haya diseñado, en este aspecto **Zhu et al., (2020)** habla sobre la producción de etanol a una elevada temperatura y presenta variaciones de acuerdo a las necesidades del microorganismo. Según **Pastrana, (2009)** la actividad metabólica de los microorganismos en un fermentador produce una elevada temperatura en las zonas internas del sustrato, afectando directamente al crecimiento y fermentación de las esporas, es necesario e importante que la temperatura en el interior de un reactor sea controlada de acuerdo a las especificaciones del sustrato utilizado.

pH

Al igual que la temperatura es uno de los parámetros más difíciles a controlar ya que el pH en la capa de líquido que rodea el sólido va cambiando por la presencia de ácidos orgánicos (acético y láctico) durante la fermentación. (**Leon-revelo et al., 2017**). La FES presenta una estabilidad frente al pH debido a la elevada capacidad tampón de los sustratos utilizados por lo que es necesario un ajuste inicial del pH para eliminar la necesidad de control del mismo durante el proceso de fermentación (**Pastrana, 2009**). Con respecto a los microorganismos asociados a la FES, el crecimiento de los hongos filamentosos debe presentar valores de pH 2 - 9 con un valor óptimo de 3.8 - 6. Para las levaduras deben estar en un rango de 2.5 – 8.5 y un óptimo de 4 – 5 y las bacterias entre 4.5 – 5.5 y un óptimo de 6.5-7.5 (**Díaz, 2013**).

Inóculo

En la FES es importante el tipo de inóculo (micelio o esporas) y la forma de inoculación, en este caso el uso de micelio presenta una mejor competitividad del hongo eliminando la colonización del sustrato por microorganismos contaminantes (**El-Gammal et al.,**

2017). Las principales ventajas del uso de micelio como inóculo es que representa una mejor competitividad del hongo, reducción de microorganismos contaminantes y una rápida colonización por los tiempos reducidos de incubación (fase de latencia) (**León, 2008**). Con respecto a la cuantificación de esporas viables que se encuentran presentes en un inóculo a muy bajas concentraciones promueven el crecimiento de bacterias indeseables, mientras que a altas concentraciones provocarían un agotamiento rápido de los nutrientes presentes en el medio de cultivo (**Delgado & Barbosa, 2014**).

Actividad de agua (aw)

Cada uno de los microorganismos que intervienen en la FES necesitan un valor mínimo, máximo y óptimo de actividad de agua para sobrevivir en un medio de cultivo. Para el caso de los hongos filamentosos estos están conformados por una actividad de agua de 0.7 y para el caso de las bacterias se consideran valores superiores a la de los hongos. Con respecto a las enzimas están deben encontrarse en un rango de 0.25 y 0.7 (**Delgado & Barbosa, 2014**).

3.1.2. Microorganismos utilizados en la FES

En la actualidad la biodiversidad de microorganismos (**Tabla 1**), así como su naturaleza única y las diferentes capacidades biosintéticas hacen de estos los candidatos perfectos para resolver problemas de escases de alimentos, ya que al ser aplicados para elaborar nuevos productos estos podrían ser utilizados como suplemento y reemplazar las fuentes convencionales en la alimentación. Los microorganismos asociados se dividen en dos grandes grupos, de origen puro (individual o mezclado) y naturales (silvestres o nativos) como el ensilaje y la composta de origen natural (**Ostos et al., 2019**). También, vale destacar que en la FES los microorganismos crecen en contacto con tres fases: Fase sólida (compuesta por la matriz sólida natural o sintética); Fase gaseosa (compuesta por el aire entre las partículas); Fase líquida (compuesta por una película líquida atrapada en la matriz sólida) (**Parzanese, 2016**).

Dentro de los microorganismos empleados en la FES, las especies de *Aspergillus* (**Tabla 1**) sin duda son los que más sobresalen en cada una de las investigaciones y además tienen mejor capacidad de adaptación en los diferentes sustratos (**Tabla 2**). Por lo general una

de las actividades en las que más se emplea el *Aspergillus* es en la producción de una variedad de enzimas (amilasa, proteasa, lipasa, tanasa, entre otras) utilizadas en la industria farmacéutica, alimentaria y en la actualidad en la producción de biocombustibles (**Putri et al., 2020**). Así mismo, para la producción de hidrolasas con tortas de babasú y *Aspergillus awamori*, se encontró que al utilizar un biorreactor cilíndrico de lecho fijo con aireación forzada presentan una alternativa prometedora en la FES por la producción de una variedad de enzimas (proteasas, amilasas, xilanasas) (**Castro et al., 2015**)

Tabla 1. *Microorganismos de importancia en la industria alimentaria.*

Microorganismos	Sustratos	Proceso/Producto	Referencias
<i>Aspergillus niger</i>	Salvado de arroz Salvado de trigo Maíz Yuca Cáscara de cítricos	Producción de amilasa Proteína Koji, etanol Cinética de crecimiento Enriquecimiento proteico	Behailu & Abebe, (2018)
<i>Aspergillus oryzae</i>	Harina de soja Salvado de arroz	Producción de proteasa Producción de miso y salsa de soja Alcohol, aldehídos, cetonas y koji	Thakur et al., (2015)
<i>Aspergillus terreus</i>	Pastel de aceite de palma	Producción de bioproteínas	Rahman et al., (2016)
<i>Aspergillus sp.</i>	Salvado de arroz Salvado de trigo Bagazo de caña de azúcar Cáscara de naranja Cáscara de plátano	Producción de pululanasa	Naik et al., (2019).
<i>Aspergillus ficuum</i> <i>Aspergillus sojae</i>	Harina de canola	Mejorar los parámetros físico-químicos, funcionales y microbiológicos en harina de canola	Olukomaiya et al., (2020)
<i>Aspergillus awamori</i>	Tortas de babasú	Producción de hidrolasas	Castro et al., (2015)
<i>Aspergillus aculeatus</i>	Pulpa de papa	Prevención del deterioro de la pulpa de papa	Zhao et al., (2020).
<i>Bacillus subtilis</i>	Harina de gluten de maíz	Producción de péptidos bioactivos y evaluación antioxidante	Jiang et al., (2020).

<i>Pycnopus spp.</i>	Salvado de maíz Salvado de trigo Salvado de arroz Almidón Extracto de malta	Pigmentos naturales Producción de lacasa	Pineda et al., (2017)
<i>Rhizopus arrhizus</i>	Salvado de trigo Yuca Soya Pulpa de cítricos	Producción de proteasa brinolítica y <i>Mucor subtilissimus</i>	Nascimento et al., (2020)
<i>Trichoderma viride</i>	Extracto de papa y glucosa	Producción de lactonas	Delgado, (2006)
<i>Rhizopus sp.</i>	Salvado de arroz Salvado de maíz Salvado de trigo Descartes de frutas	Producción de hidrolasas, lipasas Producción de aromas Tempeh	Zamakona, (2019)

3.1.3. Sustratos utilizados en la FES

La variedad de enzimas y sustratos son la clave para elaborar alimentos de calidad. La FES promueve la obtención de diferentes enzimas (**Tabla 3**) a partir de residuos agroindustriales como sustratos que pueden ser de soporte nutricional (cebada, maíz, arroz, trigo y soja) y de soporte inerte (aserrín, paja y bagazo especialmente de caña) algunos de los ejemplos se muestran en la (**Tabla 2**). Sin embargo, es necesario mencionar que un alto contenido de humedad en este tipo de sustratos provoca descensos de la porosidad y por consiguiente la difusión del oxígeno, incrementando el riesgo de contaminación bacteriana y la formación de micelio aéreo, efectos que se deben eliminar en la fermentación, por ello es recomendable que el contenido de humedad inicial se encuentre entre el 30 y el 75% (**Cubides, 2019**). Sin embargo, para un análisis más profundo con respecto a la producción de enzimas con residuos agroindustriales la importancia de la cáscara de arroz, maíz, trigo y otro tipo de soportes sólidos radica en su uso debido a disponibilidad (**Telenchana, 2018**).

En el proceso de fermentación sólida es necesario conocer las funciones de las operaciones que se desarrollan con la finalidad de regular la formación de algunos productos ya que al emplear materias primas complejas (sustratos) cuya composición química no es establecida la situación es más vulnerable para la tecnología y al no ser

viable se verá afectada la parte económica y ecológica (López, 2016). De hecho, en la fermentación sólida también se emplean soportes desarrollados artificialmente en laboratorios como las resinas inertes de amberlita o cubos de poliuretano (Figura 1).



Figura 1. Soporte inerte (amberlita IRC120Na) (Cano, 2019).

Tabla 2. Residuos agroindustriales y su aplicación en la fermentación sólida.

Sustratos	Proceso/Enzimas	Referencia
Semillas de sésamo	Producción de monascorubina por <i>Penicillium minioluteum</i> ED24	Zahan et al., (2019)
Cáscara de arroz	Producción α -amilasa y β -glucosidasa	Aliyah et al., (2017)
Bagazo de caña de azúcar	Producción de Baijiu	Fan et al., (2020)
Mazorca de maíz	Producción de celulasa	Verma & Kumar, (2020)
Salvado de trigo		
Hojas de palma de aceite	Producción de xilanasa celulasa con el uso de <i>Rhizopus oryzae</i> UC2	Ezeilo et al., (2020)
Compost de hongos (<i>Aspergillus niger</i> y <i>Trichoderma spp.</i>)	Producción de enzimas hidrolíticas	Grujić et al., (2015).
Bagazo de yuca	Producción de pululano	Sugumaran & Ponnusami, (2017)
Almendra de palma asiática		
Harina de soja	Producción de lipasa	Prabaningtyas et al., (2018)
Torta de palmiste		
Médula de coco		
Aserrín de álamo	Producción de lacasa	Perdani et al., (2020)
Bagazo de Caña de azúcar		
Tallo de maíz		
Cáscara de arroz		

3.1.4. Producción de enzimas a partir de la FES

Las enzimas de interés industrial pueden ser de origen microbiano y muy pocas de origen animal y vegetal, en su mayoría son aplicadas a diferentes procesos en la industria alimentaria (**Tabla 3**). La importancia de las enzimas no solo se centra en las ganancias obtenidas, sino en los diferentes usos para mejorar los procesos de fabricación de alimentos, garantizando una buena calidad y una prolongada vida de anaquel, además dan lugar a nuevas áreas para su aplicación con nuevos métodos de producción y a la vez generan nuevos recursos y proyectos innovadores accesibles y de bajo costo (**Moral et al., 2015**). En gran parte de la industria alimentaria las enzimas se destinan a transformar materias primas en productos principales, por ejemplo, en la adición de enzimas como amilasas o glucoamilasas al almidón para obtener glucosa, mejorar la composición nutricional, o para generar aromas característicos, prevención del deterioro y finalmente la obtención de moléculas de interés en los alimentos tales como los ácidos orgánicos y colorantes (**Cano, 2019**).

En un estudio realizado sobre el método de producción de la enzima lacasa a partir de cáscara de arroz, tallo de maíz y bagazo de caña de azúcar con subcultivos de hongo *Trametes versicolor*, obtuvieron mejores resultados con el sustrato de maíz tratado con explosión de vapor y adición de nutrientes al igual que la actividad enzimática. La enzima lacasa la obtuvieron de manera extracelular a partir de la fermentación de una seta poliporo *Trametes versicolor*. En el proceso de subcultivos de microorganismos los investigadores requieren condiciones aptas de cultivo para el hongo con el objetivo de incrementar el número de microorganismos antes de iniciar la fermentación. Los sustratos y las partículas de los desechos agroindustriales fueron clasificados y divididos en dos partes, la primera parte seca y suave y la segunda parte con explosión de vapor a 200°C mediante una cámara de explosión. La explosión de vapor fue utilizada para el tratamiento de sustratos crudos para descomponer el componente lignocelulosa de manera más efectiva. Finalmente, los investigadores reportaron 6,885 U / mL de actividad lacasa (**Perdani et al., 2020**). Es necesario; considerar que un sustrato a base de maíz rico en nutrientes representa una cantidad significativa de minerales que se encuentran formando parte del material residual, Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (k) y Calcio (Ca), conformando el 30% de sus componentes (**Tipán, 2016**). En la actualidad la

implementación de residuos agroindustrias ha permitido producir lacasa mediante procesos de fermentación sólido y sumergida siendo así una de las enzimas de mayor importancia para oxidar polifenoles en el mosto o en el té responsables de su sabor y color (González, 2015).

La tanasa en la industria alimentaria es una más de las alternativas utilizadas para evitar la turbidez en el caso de los zumos de frutas y vinos, además permite eliminar el contenido de taninos responsable de los precipitados. Las enzimas extracelulares como la tanasa son producidas para hidrolizar el sustrato sólido en azúcares más simples. La producción de tanasa con *Aspergillus niger* a partir de sustratos como el coco desecado, salvado de arroz, arroz de cerveza y café molido representan alguna de las alternativas para la producción. Sin embargo, de los residuos reportados el salvado de arroz con bajo nivel de taninos registro la mayor cantidad de tanasa obtenida por la FES con valores de 260,39 U / g de tanasa, seguido del arroz de cerveza, café molido y finalmente los residuos de coco. De todos los sustratos analizados el café molido contenía el nivel más alto de taninos con 155 mg de tanino / g de sustrato, lo que produce la inhibición en el crecimiento del hongo (Mansor et al., 2019).

Las enzimas a nivel mundial simbolizan un valor económico en la industria alimentaria, la producción de alfa-amilasa con sustratos de cáscara de banano y cepas de *Bacillus subtilis* ha sido ampliamente estudiada. Con respecto a la actividad enzimática **Mendoza & Martínez, (2018)** presento cantidades de 8,13 UE / mL, mientras que a partir de la concentración de proteínas de este tipo de enzimas se obtiene jarabe de glucosa, además son aplicadas en la industria de la panificación en el proceso de degradación del almidón ya que activan el proceso de fermentación disminuyendo rápidamente la viscosidad de la pasta mejorando las propiedades organolépticas del pan. La cáscara de banano verde es una de las opciones utilizadas en la investigación planteada ya que la concentración de almidón (39,89%) es mayor en comparación con la cáscara de banano maduro (4,88%).

Tabla 3. *Enzimas utilizadas en la industria alimentaria.*

Enzima	Proceso	Referencia
Xilanasas Celulasas	Presentes en jugos, vinos y cervezas por su capacidad para clarificar este tipo de bebidas	Leite et al., (2021)

Tanasa	Fabricación de cerveza evitando la turbidez en el caso de que esta se presente y en la clarificación de zumo de frutas y vinos	Mansor et al., (2019) Cotés, (2015).
Pectinasas Amilasas	Clarificación y extracción de jugos Evitan los sabores desagradables y el oscurecimiento	Cano, (2019)
Lactasa Lipasa Tripsina	Oxidación polifenoles en el mosto o en el té son los responsables de su sabor y color Aceleran la maduración de los quesos Generan sabores únicos Mejor rendimiento en la elaboración de leche deslactosada	González, (2015) Cano, (2019)
Alfa-amilasas Tanasas Xilanasas Lacasa	Disminuye ya viscosidad de la pasta Mejoran la calidad del pan Producción de jarabe de glucosa a partir del almidón	Mendoza & Martínez, (2018) Cano, (2019)
α y β-amilasas	Fabricación de cerveza hidroliza el almidón permitiendo la disponibilidad de la glucosa	Peña & Quirasco, (2014)

3.1.5. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son consideradas moléculas compuestas por uno o más grupos hidroxilo unidas a un anillo aromático. Al complementarse con las vitaminas se consideran los antioxidantes más importantes en la dieta del ser humano. Estos se encuentran presentes en alimentos como: frutas, cereales, hortalizas y raíces. Gran parte de los compuestos fenólicos se encuentran en las plantas de ahí su extracción y clasificación en los diferentes grupos funcionales (**Peñarrieta et al., 2014**). Por otro lado, los compuestos bioactivos presentes en alimentos de origen vegetal y alimentos ricos en lípidos han formado parte de las diferentes industrias por sus beneficios para la salud. De la variedad de compuestos bioactivos, los péptidos biológicamente activos obtenidos de la hidrólisis de las proteínas son utilizados para elaborar alimentos funcionales (lácteos, cereales, aceites, entre otros) y complementos alimenticios (polvos, comprimidos, capsulas) ya que son capaces de regular los procesos biológicos (**Chalé et al., 2014**). Los péptidos bioactivos como antioxidantes naturales en los alimentos son muy demandados

por sus beneficios para la salud, en este proceso implica el uso de enzimas aisladas (termolisina) para una liberación de péptidos de proteínas (**Lorenzo et al., 2018**).

La extracción de compuestos polifenólicos con actividad antioxidante de alimentos obtenidos mediante la FES se realiza a través de procesos químicos, sin embargo, la eficiencia de este tipo de procesos se ha visto limitada ya que no permite la recuperación total de los compuestos e incluso existe la posibilidad de poner en riesgo la salud humana y generar un alto impacto ambiental. En los últimos años se ha generado gran controversia sobre el estudio de los compuestos polifenólicos y se ha puesto especial atención en la hidrólisis enzimática y microbiana de materiales lignocelulósicos para la producción de compuestos con actividad antioxidante. Los métodos más utilizados para la cuantificación de compuestos fenólicos son la cromatografía en capa fina (TLC) y la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), estos permiten la identificación de cada uno de los polifenoles de interés nutricional. Dentro de los compuestos fenólicos utilizados por la industria alimentaria tenemos a la catequina, epicatequina, ácidos fenólicos (caféico, elágico), entre otros. En función del tipo de microorganismo utilizado en la FES para la hidrólisis de los materiales lignocelulósicos es necesario que los gradientes de temperatura en la producción de compuestos fenólicos se encuentren en un rango de 25 - 40 °C (**Martínez et al., 2013**).

Hoy en día la gran cantidad de residuos agroindustriales aumentan de manera considerable por el incremento demográfico, este tipo de residuos tienen gran potencial dentro de la industria alimentaria por la presencia de propiedades bioactivas. Los trabajos de investigación desarrollados a lo largo de estos años han demostrado que los residuos como la cáscara de piña, cáscara de granada, bagazo de caña de azúcar, entre otros, presentan una alta disponibilidad de sustancia bioactivas, obteniendo mayor concentración en residuos o alimentos fermentados (**Sadh et al., 2018**). La disponibilidad de los polifenoles se da gracias a la presencia de los diferentes hongos utilizados en la FES ya que producen enzimas que hidrolizan la matriz vegetal lo que permite que los polifenoles que se encuentren unidos a ya sea a la celulosa, hemicelulosa, proteínas se liberen para una fácil extracción con una solución de etanol al 70% (v/v) (**Torres-león et al., 2019**) y para el análisis del contenido de compuestos fenólicos mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu (**Jiménez et al., 2015**).

En un estudio realizado con respecto al contenido fenólico y la actividad oxidante de las semillas de mango (*Mangifera indica*) mexicano mejorada con *Aspergillus niger* mediante la FES **Torres-león et al., (2019)** se reporta que las semillas de mango fermentadas presentaron un aumento drástico de contenido polifenólico libre, este cambio se ejecutó por la acción de las enzimas que fueron liberadas por el microorganismo en el proceso de fermentación. Además, la investigación planteada demostró que las semillas de mango fermentadas son consideradas un excelente potencial antioxidante natural. Con respecto al contenido total de fenoles llegaron a obtener resultados que cumplieron las expectativas de la investigación y la posibilidad de aplicar en nuevos estudios, los valores obtenidos del contenido fenólico fueron aumentando en las muestras de mango Ataúlfo con *Aspergillus niger* hasta un 3288 mg GAE / 100 g en relación con otros métodos convencionales se obtuvieron valores de 2197 mg GAE / 100_g (**Razik et al., 2012**). Los valores reportados en las muestras de mango estuvieron en concordancia con lo esperado, lo que vislumbra la posibilidad de aplicar la metodología en el desarrollo de nuevos estudios. El método aplicado habilita nuevas posibilidades de investigación con otro tipo de frutas o diferentes variedades de mango como por ejemplo de variedad, kent que se caracteriza por su pulpa suave y una limitada cantidad de fibra, variedad tommy atkins que se caracteriza por su alto contenido de fibra y el haden por su resaltado sabor. Es necesario tomar en cuenta algunas variables como la, especie, grado de maduración y la forma de cultivo ya que podrían variar de acuerdo al tipo de suelo y a las condiciones climáticas. Lo que influye en la variación de la composición fenólica y por ende en el contenido nutracéutico (**Alañón et al., 2021**).

El aprovechamiento de recursos infrautilizados como subproductos provenientes de alimentos como el tamarindo (*Tamarindus indica*) y el desarrollo e incremento de polifenoles a partir de *Aspergillus niger* generan una posibilidad interesante para aprovechar recursos que para el ser humano no podrían presentar ningún valor económico. Es necesario tomar en cuenta que la presencia de fibras no celulósicas (hemicelulosa y lignina) en este tipo de alimentos impide un adecuado crecimiento del microorganismo y por consecuencia una menor producción de compuestos polifenólicos (**Jerico Santos et al., 2020**). Además, es necesario mencionar que la mayor parte de recursos agroindustriales infrautilizados están formados por bagazo, corteza y semillas que presenta un alto contenido de fibra (63,5 - 67,4%) lo que contribuye a un mejor valor

nutricional **Garcia-Amezquita et al., (2018)** y solo las semillas de tamarindo un 5,7% datos necesarios para un análisis final (**Olagunju et al., 2018**).

3.1.6. Concentrados proteicos

La obtención de concentrados proteicos a partir de leguminosas como el garbanzo (*Cicer arietinum*), frijol zaragosa (*Phaseolus lunatus*), lenteja (*Lens culinaris*) entre otros, han sido utilizados en el desarrollo de nuevos productos naturales (**Flores et al., 2016**). Al referirse a la alimentación los concentrados proteicos son considerados nutrientes esenciales que se consumen para un mejor desarrollo intelectual y físico. Las leguminosas son uno de los alimentos de consumo directo por el ser humano y que se consideran una de las alternativas alimenticias para elaborar una variedad de productos con alto contenido proteico (18-32 %), fuente rica de aminoácidos esenciales y propiedades funcionales mejoradas (**Marrugo et al., 2016**). En este sentido, en un estudio realizado sobre el enriquecimiento de concentrado de proteína de garbanzo mediante la fermentación sólida, utilizando bacterias ácido lácticas como el *Pediococcus pentosaceus* y el *Pediococcus acidilactici*, se observa que el garbanzo es una matriz interesante para mejorar su valor nutricional a partir de FES y que se podría utilizar en la elaboración de alimentos libres de aditivos. El análisis de proteína en este estudio muestra un aumento durante la fermentación de aproximadamente, 59% en la fracción enriquecida con proteínas, 50,4% en la fracción enriquecida con almidón y 11,8 % para la muestra de harina integral (**Xing et al., 2020**). El contenido fenólico total en estas muestras se evidencio en la fracción enriquecida con proteínas (**Xu & Chang, 2007**). Debido a su alto contenido en fibra (12,4%), grasa (5,4%) y proteína (21,2%), el garbanzo es considerado una de las leguminosas más influyentes en la alimentación a nivel mundial (**FAO, 2016**).

Aplicaciones de concentrados proteicos obtenidos por FES

Una de las aplicaciones de los concentrados proteicos obtenidos por FES es en el realce de las características físico-químicas y sensoriales de embutidos (salchicha tipo viena) que podrían mejorar los rendimientos y la calidad de los productos, a más de ello debido al componente nutricional este tipo de productos cumpliría con los parámetros que la Normativa Ecuatoriana impone: grasa (16,7%), cenizas (3,7%) y proteína (15,3%) (**Lombeida & Alava, 2020**).

De la misma manera existen concentrados proteicos de harina de arveja (*Pisum sativum*) obtenidos por FES a partir del *Aspergillus niger* (Vallejos, 2018; Parenti et al. 2017) al igual que el concentrado proteico de trupillo (*Prosopis juliflora*) Jaimes et al., (2014) y que por su alto contenido de proteínas pueden ser incorporados para la producción de alimentos como galletas, cereales, pastas, pan, tarta, entre otros). Por otro lado, existen otro tipo de alimentos como las barras de cereales elaboradas con concentrados proteicos de subproductos provenientes de anacardo y guayaba obtenidos por fermentación con el uso de *Saccharomyces cerevisiae* y que hoy en día han mostrado gran acogida por parte del consumidor (Elisa et al., 2020). Finalmente, la obtención de proteínas a partir de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) con *Aspergillus niger*, ha demostrado que este tipo de concentrados es apto para utilizarlos en la producción de alimentos (mezcla en carnes, pastas, galletas, helados, entre otros) (Apunte, 2019). En conclusión, la adición de subproductos enriquecidos con proteínas genera un alto valor nutricional al alimento y a la vez económico.

3.1.7. Bacterias ácido lácticas (BAL) aplicadas como cultivo en la FES

Las bacterias ácido lácticas son microorganismos aplicados en la industria alimentaria para obtener productos fermentados como los lácteos, este tipo de bacterias tienen la capacidad de generar características sensoriales, fisicoquímicas y reológicas únicas, desdoblan carbohidratos y producen ácido láctico, se clasifican en homofermentativas producen solo ácido láctico, entre ellas tenemos al *Lactobacillus plantarum* utilizado para elaborar masas ácidas, cárnicos madurados y vegetales fermentados y las heterofermentativas producen ácido láctico y sustancias como el etanol y tenemos al *Lactobacillus brevis* y al *Leuconostoc sp* (León et al., 2006). Se adaptan a intervalos de pH entre 3.0 – 9.0 Heredia et al., (2017) y la temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 20 - 40 °C (García et al., 2010). Las ventajas de las bacterias ácido lácticas que han sido utilizadas en la FES, ha permitido mejorar las características sensoriales, calidad nutricional de los alimentos y sus derivados. Dentro de los géneros de bacterias lácticas representativas en la industria alimentaria tenemos al *lactobacillus*, *bifidobacterium*, *pediococcus* y *streptococcus* (Ramírez et al., 2011).

Evidentemente, existen una variedad de aplicaciones de las bacterias ácido lácticas en la industria alimentaria obtenidas a partir de la FES. (Oktaviani et al., 2020), estudió el

efecto de la pulpa de café como antioxidante natural con el uso de bacterias lácticas (*Lactobacillus casei*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Leuconostoc sp*) utilizadas para elaborar bebidas tipo té. Una vez terminada la FES la actividad antioxidante de la pulpa de café aumentó hasta un 14,8% al utilizar un inóculo de bacterias ácido lácticas homofermentativo (*Lactobacillus casei*). Sin embargo, al utilizar un inóculo de bacterias heterofermentativas (*Leuconostoc pseudomesenteroides*) la actividad antioxidante de la cáscara aumento un 42,6%. Por otro lado, la obtención de productos vegetales bioenriquecidos con isoflavonas agliconas (daidzeína y genisteína) utilizando cultivos lácticos por medio de la FES con sustrato de soja y *Lactobacillus rhamnosus*, este estudio ha demostrado que la cepa fue capaz de incrementar las isoflavonas con un 100% de bioconversión en pasta de soja fermentada, es por ello que el consumo de isoflavinas de soja genera beneficios al mantener una buena salud, mejorando la nutrición y el valor funcional de alimentos. Además, las bacterias lácticas poseen β -glucosidasa que permiten obtener agliconas de las isoflavinas de soja. Según, las condiciones especificadas en la investigación el *Lactobacillus rhamnosus* produjo cantidades de ácido láctico en muestras que no contenían suplemento de sacarosa. Se podría decir que los niveles de aglicona presentes en las muestras de pasta de soja fermentada pueden ser de utilidad para elaborar nuevos productos funcionales semisólidos sin embargo es necesario confirmar su uso con nuevos estudios en donde se detallen las posibles ventajas y desventajas **(Correa et al., 2019)**.

Las bacterias ácido lácticas (*L. paracasei subsp. Paracasei*, *L. acidophilus*), utilizadas para el desarrollo de suplementos nutricionales mediante la FES con polen apícola, ha permitido obtener un producto fermentado apto para el consumo humano como suplemento para mantener una dieta variada y equilibrada ya que es considerado una excelente fuente de proteína vegetariana y como ingrediente presente en alimentos como yogurt, cereales, ensaladas, entre otros **(Fuenmayor et al., 2011)**. Cabe mencionar que la composición química del polen varía según el área geográfica y el origen floral **(Mungsan, 2018)**.

La aplicación de la FES en donde se han establecido un mayor número de aplicaciones es la producción de metabolitos con bacterias lácticas (*Lactobacillus paracasei*), este tipo de metabolitos están siendo utilizados en el desarrollo de nuevos productos vegetales funcionales que pueden ser consumidos por vegetarianos y personas intolerantes a la

lactosa (Olmos & Garro, 2020). Así mismo, el uso de bacterias ácido lácticas como el *Streptococcus thermophilus* en la industria alimentaria para el mejoramiento de las características reológicas de la yema de huevo para elaborar productos como la mayonesa, aderezos y una variedad de alimentos horneados (Tian et al., 2021).

3.1.8. Producción de tempeh

El tempeh es considerado un alimento nutritivo obtenido de la fermentación controlada de soja (*Glycine max*) y de fácil comercialización por sus propiedades sensoriales agradables para el consumidor. El uso de okara o pulpa de soja con el hongo de *Rhizopus oligosporus* ha permitido elaborar este tipo de alimento que en la actualidad se ha expandido rápidamente por todo el mundo debido a su valor nutritivo y el aporte de proteínas que complementan una alimentación diaria (Heras, 2017). Las cepas de *Rhizopus* se utilizan para elaborar tempeh debido a la capacidad de degradar la materia prima en función de su composición, producen un micelio esponjoso blanquecino que genera una torta comestible (Sadh et al., 2018). La calidad del tempeh se basa en la presencia de un antioxidante (6-7 trihidroxiflavona) generado por el hongo responsable de evitar la rancidez del alimento (Cobaxin, 2011). Para la fermentación del tempeh por lo general se colocan en bolsas de plástico con cierre hermético perforadas o bandejas de poliestireno a 35°C de 24 a 48 horas y un pH de 4.5 – 5.3 (Briones et al., 2020).

3.1.9. Producción de miso

El miso es una pasta resultado de la fermentación de granos de soja, cebada y arroz. Considerado uno de los alimentos de consumo diario en sopas o múltiples combinaciones por la cultura japonesa. La fermentación con *Aspergillus oryzae* dan lugar a nuevos alimentos con excelentes fuentes de proteínas, aminoácidos esenciales y vitaminas del grupo B12 suplantando así las proteínas animales por las vegetales (Escudero, 2010). Las condiciones de fermentación del miso ya sea con arroz, cebada o soja se da a una temperatura entre 24 – 29 °C en cámaras de incubación por 20 días en bandejas de poliestireno recubiertas con polietileno agujeradas y un pH de 4.9-5.1. Para la conservación del miso este se debe mantener en recipientes tapados en congelación o a temperatura ambiente (Bejarano, 2006).

3.1.10. Producción de hongos

La producción mundial de hongos comestibles ha crecido considerablemente en las últimas cuatro décadas. El avance sobre el cultivo de hongos en diferentes sustratos ha evolucionado en gran medida, el *Pleurotus ostreatus* (Ostra negra) y el *Lentinula edodes* (shiitake) cultivado en pulpa de café, aserrín, salvados y bagazo de caña de azúcar son ejemplos de este tipo de producción, por otro lado, el *Agaricus bisporus* (Botón negro) y el *Agaricus subrufescens* (Hongo de almendra) cultivado en cereal compostado son los principales hongos comestibles obtenidos través de la FES (Vini et al., 2018). Los factores que se deben tener en cuenta en la preparación de los sustratos para un cultivo adecuado implican la humedad relativa (65 -70%) necesaria para cultivo en estado sólido, temperatura de incubación (24 y 30 °C), pH del sustrato (4,5 – 7), estructura del sustrato (tamaño y forma de los gránulos) y una ventilación no mayor a 500 ppm para mantener el CO₂ (Rodríguez et al., 2006).

3.1.11. Producción de pigmentos

Por lo general la producción de pigmentos mediante la FES a partir de residuos agroindustriales juega un papel importante en la elaboración de alimentos. Los pigmentos producidos por *Monascus purpureus* son utilizados en países como China y Japón para preparar arroz fermentado y conferir color a alimentos como el queso, vino y carne. Las condiciones de crecimiento óptimo del *Monascus purpureus* debe ajustarse a temperaturas entre 25 - 32 °C, humedad inicial de 50 y 60% estos valores ayudan al incremento de la actividad de amilasa y glucoamilasa en el sustrato para un mejor crecimiento microbiano (Velázquez, 2013). Con respecto al pH del sustrato para la producción de pigmentos amarillos se encuentra entre 5.0 – 6.0 y para los pigmentos rojos un pH de 5.0 (Velázquez et al., 2016).

3.1.12. Producción de aromas

El uso de aromas para mejorar las características organolépticas en un alimento se limita a su extracción por las bajas concentraciones en las que se encuentran. El *Trichoderma sp*, *Yarrowia Lipolitica*, *Corynebacterium sp*, y el *Kluyveromyces lactis*, tiene la capacidad de producir aromas que son extraídos y reemplazados por aromatizantes

comerciales muy utilizados en alimentos como el queso. El *Ceratocystis fimbriata* es un hongo utilizado para la producción de compuestos aromáticos frutales en sustratos de pulpa de café y cascarilla (Reyes & Franco, 2016). Además, el *Kluyveromyces marxianus* con sustratos de bagazo de caña de azúcar y melaza de remolacha, es capaz de convertir los azúcares en ésteres, aldehídos y alcoholes estos se diferencian por el olor a frutas que desprenden. Las condiciones de fermentación de este tipo de microorganismos asimilan una variedad de fuentes de carbono a temperaturas de 30 °C, pH 5.8 y humedad inicial del 76% (Martínez et al., 2017).

3.1.13. Producción de biocombustible

Hoy en día, los biocombustibles siguen siendo importantes ya que son utilizados como sustitutos de los combustibles convencionales. La producción de biocombustibles como el etanol se da a partir de residuos agroindustriales como desechos de papa, aserrín, desechos de camote, bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, entre otros (Duhan & Gahlawat, 2014). El bioetanol aumentó su producción en todo el mundo con alrededor de 85 millones de litros (Saini et al., 2015). La producción de bioetanol obtenido a partir de residuos vegetales como la cáscara de zanahoria, cáscara de cebolla y cáscara de papa con levadura *Saccharomyces cerevisiae* podrían ser la mejor alternativa para aprovechar este tipo de residuos agrícolas (Mushimiyimana & Tallapragada, 2016). Sin embargo, desechos agroindustriales provenientes de aguas residuales de almidón han sido uno de los enfoques más novedosos para producir butanol mediante el *Clostridium beijerinckii* (Maiti et al., 2016).

3.1.14. Biorreactores en la industria alimentaria

La transformación de residuos agroindustriales hoy en día es uno de los procesos que implican el uso de una variedad de biorreactores (Tabla 4) bajo condiciones específicas para cada tipo de fermentación. El diseño de un biorreactor eficiente utilizado en la FES presenta como desafío superar inconvenientes como la resistencia a la transferencia de cantidad de movimiento y calor, seguido de la aparición de gradientes de calor y finalmente la concentración de gases en la capa media (Parzanese, 2016). Es importante considerar ciertos aspectos en un bioarreactor o fermentador, el tanque o área utilizada para realizar la fermentación debe encontrarse en condiciones asépticas en donde la

fermentación en largos periodos de tiempo no se encuentre vulnerable a ningún tipo de contaminación. El sistema de aireación debe facilitar el contacto fase biótica y fase gaseosa para equilibrar la demanda de oxígeno. En el diseño de los equipos deben incorporar entradas para la toma de temperatura y muestras durante el proceso de fermentación y finalmente con respecto a la transferencia de calor esta debe cumplir las especificaciones del microorganismo por lo general su crecimiento es exotérmico (**Cano, 2019**).

Principales biorreactores usados en la FES.

Biorreactor Zymotis

Este tipo de biorreactor está conformado por platos verticales en donde se coloca el sustrato sólido ya inoculado. Además, presenta un sistema de enfriamiento por circulación de agua a través de chaquetas. Para la inducción del aire este se lo realiza por el fondo del biorreactor. Sin embargo, en este tipo de equipos existe la dificultad de transferencia de calor y oxígeno, además la asepsia de todo el proceso puede verse afectada (**Durand, 2003**).

Biorreactor de Tambor Horizontal

Es un biorreactor utilizado en la FES y que en la actualidad sigue siendo muy demandado para este tipo de fermentación, está conformado por un contenedor rotatorio con paletas para generar una agitación continua al soporte sólido, esta agitación en controlada y permite aumentar el contacto entre las paredes del biorreactor y el sustrato, además de las cantidades adecuadas del oxígeno para el crecimiento del microorganismo (**Spier et al., 2011**).

Biorreactor de Columna de Lecho Estéril

El biorreactor de lecho estéril cuenta con sensores de temperatura, sistemas de calefacción, sistemas de enfriamiento y muestreadores de humedad. Sin embargo, se menciona algunas desventajas que al no controlar los parámetros antes mencionados

existe la posibilidad de una formación de gradientes de oxígeno y nutrientes (**Ruíz et al., 2007**)

Un ejemplo menciona por (**Mahmoodi et al. 2019**), sobre la transformación de residuos agroindustriales mediante el uso de biorreactores de bandeja y tambor giratorio con orujo de naranja y *Aspergillus niger* fue necesario un control minucioso de humedad y temperatura para el caso de los dos biorreactores. Este tipo de condiciones pueden ir variando de acuerdo a las necesidades de crecimiento del microorganismo y el tipo de sustrato ya que uno de los puntos mencionados en este caso la humedad no se distribuye de manera uniforme en todos los equipos de fermentación. En muchos de los biorreactores la presencia de accesorios para una agitación mecánica evita daños al microorganismo y en si una contaminación.

Tabla 4. *Biorreactores utilizados en la fermentación sólida.*

Equipos	Proceso	Sustrato	Microorganismo	Referencia
Biorreactor de lecho empacado aislado Biorreactor de bandeja	Producción de lipasas y proteasas	Harina de soja	<i>Rhizopus microsporus</i> <i>Yarrowia lipolytica</i>	Nascimento et al., (2020)
Biorreactor agitado a escala de banco Biorreactor tubular estático	Producción de enzimas celulolíticas Producción de celulasas y xilanasas	Aserrín de pino	<i>Trichoderma harzianum</i>	Lopez-Ramirez et al., (2018)
Biorreactor cilíndrico de lecho fijo	Producción de hidrolasas	Torta de babasú	<i>Aspergillus awamori</i>	Castro et al., (2015)
Biorreactor de tambor giratorio	Glucosa oxidasa	Residuos del procesamiento de mejillones	<i>Aspergillus niger</i>	Mirón et al., (2010)
Biorreactor de tambor horizontal	Ácido cítrico	Bagazo de mandioca Cáscara de café Bagazo de caña Pulpa de manzana	<i>Aspergillus niger</i>	Soccol & Vandenberghe, (2003)

		Pastel de soja		
Biorreactor de tambor horizontal y columnas de vidrio	Compuestos aromáticos	Cáscara de café	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Medeiros et al., (2006)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones

A lo largo de los años nuevas investigaciones han ido perfeccionando los procesos y los posibles productos a obtenerse mediante la FES, utilizando matrices de crecimiento microbiano (residuos agroindustriales) que no eran aprovechados y normalmente se destinaban a la alimentación animal, produciendo una gran pérdida económica y a la vez una contaminación ambiental. La FES que hoy en día es considerada una tecnología microbiana viable de bajo costo, poca energía y fácil accesibilidad por parte de las industrias como la alimentaria, química, farmacéutica, bioquímica, bioenergética incluso en la industria textil, áreas en las que la sociedad se ha enfocado en realizar nuevas investigaciones.

En la parte alimentaria los residuos agroindustriales han permitido generar nuevas alternativas de producción debido a las ventajas biotecnológicas que presenta la FES en comparación con la fermentación sumergida. Así mismo, en la industria alimentaria el uso de los diferentes microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) ha permitido la producción de alimentos mejorados con un alto contenido proteico, mejorando la posibilidad de conservación y un cambio en las propiedades físico-químicas. La base principal de este proceso tiene una relación directa con el soporte utilizado para el crecimiento microbiano ya que tienen la capacidad de adaptarse a un medio sólido o semi-sólido rico en nutrientes. Los microorganismos a lo largo de la historia han sido asociados con el deterioro y enfermedades presentes en los alimentos, sin embargo, la FES ha sido uno de los métodos que han permitido establecer la presencia de microorganismos que contribuyen al desarrollo tecnológico y nutricional de los alimentos sin afectar la salud del consumidor. Los microorganismos que más han sobresalido son el *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* y el *Aspergillus spp.* También, se mencionan las enzimas de interés industrial de bajo costo y fácil producción como la tanasa, lacasa, proteasa, lipasas entre otras.

La FES es considerada una tecnología rentable en estos últimos años para la conservación de biomasa, biorremediación, biodegradación de compuestos y desarrollo de nuevos

productos biotecnológicos, también se ha enfocado en el crecimiento microbiano y su cinética mediante simulaciones y estimaciones de los principales parámetros para producir nuevos productos, diseño de nuevos reactores que se ajusten a las condiciones de la FES y el control de procesos.

Las investigaciones realizadas tienen como enfoque principal mejorar las propiedades de un alimento convencional con derivados obtenidos de los diferentes microorganismos que promuevan el consumo por los beneficios que se pueden generar para la salud. Además, un alimento en donde sus propiedades físicas color, olor, sabor, textura han sido mejoradas para la industria alimentaria se considera uno de los retos más importantes y difíciles de lograr al igual que las propiedades químicas grasa, proteínas, minerales, fibra cruda, hidratos de carbono, entre otros son la clave principal para elaborar un alimento con una composición nutricional equilibrada.

MATERIAL DE REFERENCIA

5. Bibliografía

- Alañón, M. E., Pimentel-Moral, S., Arráez-Román, D., & Segura-Carretero, A. (2021). HPLC-DAD-Q-ToF-MS profiling of phenolic compounds from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel of different cultivars and maturation stages as a preliminary approach to determine functional and nutraceutical value. *Food Chemistry*, 337(August 2020), 127764. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127764>
- Aliyah, A., Alamsyah, G., Ramadhani, R., & Hermansyah, H. (2017). Production of α -Amylase and β -Glucosidase from *Aspergillus Niger* by solid state fermentation method on biomass waste substrates from rice husk, bagasse and corn cob. *Energy Procedia*, 136, 418–423. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.269>
- Apunte, D. (2019). *Obtencion de un medio enriquecido en proteínas a partir de residuos de papa (Solanum tuberosum) por fermentación microbiana*. 15–52. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30185/1/BQ197.pdf>
- Behailu, A., & Abebe, G. (2018). Isolation, production and characterization of amylase enzyme using the isolate *Aspergillus niger* FAB-211. *International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research*, 9(2), 7–14. <https://doi.org/10.5897/ijbmr2018.0289>
- Bejarano, M. (2006). *Elaboración de un tipo de miso utilizando cebada (Hordeum vulgare) y arroz (Oryza sativa)*. 15. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3327/1/P67Ref.2956.pdf>
- Bermúdez, R., García, N., & Murlot, A. (2007). Fermentación Sólida Para La Producción De *Pleurotus* Sp. Sobre Mezclas De Pulpa De Café Y Viruta De Cedro. *Tecnología Química*, XXVII(2), 55–62. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
- Briones, A., Adame, J., Rodríguez, R., Elizondo, M., Treviño, R., & Robledo, E. (2020). *Estandarización del protocolo para elaborar tempeh con diversos granos (y su adaptación a la comida regional mexicana)*. 5, 432–436. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/8/85.pdf>

- Bustamante, J. (2015). *Producción de proteína microbiana con gabazo de manzana*. 151, 10–17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Cano, S. (2019). Simulación del proceso de fermentación en medio sólido con *Aspergillus niger* para el diseño de un biorreactor tipo lecho empacado de 200 litros. *Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial EPN.*, 1–21. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20516>
- Castro, A. M., Castilho, L. R., & Freire, D. M. G. (2015). Performance of a fixed-bed solid-state fermentation bioreactor with forced aeration for the production of hydrolases by *Aspergillus awamori*. *Biochemical Engineering Journal*, 93, 303–308. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.10.016>
- Chalé, F. H., Betancur, D., Rubi, M., & Campos, S. (2014). *Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos POTENTIAL IN PREVENTING PATHOLOGIES RELATED WITH OVERWEIGHT AND OBESITY*; 29(1), 10–20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Cobaxin, M. (2011). *Mejoramiento de las características funcionales de una pasta de soya mediante fermentación*. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46928/CobaxinMarquezMayraJannet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Correa, M., Rodríguez, A., & Garro, M. (2019). Solid state fermentation to obtain vegetable products bio-enriched with isoflavone aglycones using lactic cultures. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(3), 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.04.006>
- Cotés, P. (2015). Producción de tanasa de *Aspergillus niger* mediante un sistema de fermentación por adhesión a superficie (FAS). *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Cubides, Y. (2019). *Comparación de producción de α -amilasa de *Aspergillus oryzae* en cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) Nishiki, vs fedearroz 68 y 67 por medio de fermentación en estado sólido para la elaboración de una bebida tipo sake*. (pp. 51–61). <http://hdl.handle.net/20.500.12558/1687>
- Delgado, A. (2006). *El estudio de los métodos de extracción con el microorganismo*

- Trichoderma viride* en la generación de lactona (6 Pentil □ Pirona). 5–6.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3164/1/AL499.pdf>
- Delgado, J., & Barbosa, A. (2014). Transport Phenomena and Drying of Solids and Particulate Materials. In *Advanced Structured Materials* (Vol. 48).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-04054-7_4
- Díaz, E. (2013). Caracterización De La Actividad Lipasa De *Aspergillus Ochraceus* Producida Por Fermentación Sólida Y Ensayos De Su Purificación. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/438/1/Eduardo Mateos Díaz.pdf>
- Duhan, J. S., & Gahlawat, S. K. (2014). *Production of ethanol from tuberous plant (sweet potato) using Saccharomyces cerevisiae MTCC-170. July.*
<https://doi.org/10.5897/AJB2014.13608>
- Durand, A. (2003). Bioreactor designs for solid state fermentation. *Biochemi*, 114–125.
[https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00124-9](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00124-9)
- El-Gammal, M., Abou-Shanab, R., Angelidaki, I., Omar, B., Sveding, P. V., Karakashev, D. B., & Zhang, Y. (2017). High efficient ethanol and VFA production from gas fermentation: Effect of acetate, gas and inoculum microbial composition. *Biomass and Bioenergy*, 105, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.06.020>
- Elisa, C., Muniz, S., Santiago, M., Abrantes, T., Gusm, S., Miguel, H., Oliveira, L., Conrado, L. D. S., Pereira, R., & Gusm, D. (2020). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars.* 25(December 2019).
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101576>
- Escudero, C. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de tufo (Queso de soya), ubicada en la ciudad de Quito.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4598/1/UPS-QT02092.pdf>
- Ezeilo, U. R., Wahab, R. A., & Mahat, N. A. (2020). Optimization studies on cellulase and xylanase production by *Rhizopus oryzae* UC2 using raw oil palm frond leaves as substrate under solid state fermentation. *Renewable Energy*, 156(xxxx), 1301–

1312. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.149>

- Fan, B., Xiang, L., Yu, Y., Chen, X., Wu, Q., Zhao, K., Yang, Z., Xiong, X., Huang, X., & Zheng, Q. (2020). Solid-state fermentation with pretreated rice husk: Green technology for the distilled spirit (Baijiu) production. *Environmental Technology and Innovation*, 20, 101049. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101049>
- FAO. (2016). *Legumbres. Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <http://www.fao.org/3/a-i5528s.pdf>
- Flores, V., Chuck, C., De la Rosa, J., Orona, J., Rodríguez, W., & Salinas, A. (2016). Rendimiento de extracción de proteína y algunos análisis funcionales de concentrados y aislados de lenteja, haba y garbanzo producidos en una planta piloto. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 68–72. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/13.pdf>
- Fuenmayor, C., Quicazán, M., & Figueroa, J. (2011). Desarrollo de un suplemento nutricional mediante la fermentación en fase sólida de polen de abejas empleando bacterias ácido lácticas probióticas. *Alimentos Hoy*, 20(23), 18–40. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/24/24>
- García-Amezquita, L. E., Tejada-Ortigoza, V., Heredia-Olea, E., Serna-Saldívar, S. O., & Welte-Chanes, J. (2018). Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official methodologies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 67, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.01.004>
- García, C., Arrázola, G., & Durango, A. (2010). Producción de Ácido Láctico por vía Tecnológica. *Temas Agrarios*, 15(2), 9–26. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4149619.pdf>
- Garro, M. S., Rivas, F. P., & Garro, O. A. (2021). Solid State Fermentation in Food Processing: Advances in Reactor Design and Novel Applications. In *Innovative Food Processing Technologies*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23049-7>
- González, V. S. R. (2015). *Producción de lacasa a partir de hongos ligninolíticos utilizando vinazas y bagazo de origen mezcalero TESIS Para obtener el grado de Maestro en Ciencias : Productos Naturales y Alimentos Presenta : Director : 1–102*.

http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12566.pdf

- Grujić, M., Dojnov, B., Potočnik, I., Duduk, B., & Vujčić, Z. (2015). Spent mushroom compost as substrate for the production of industrially important hydrolytic enzymes by fungi *Trichoderma* spp. and *Aspergillus niger* in solid state fermentation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, *104*, 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.04.029>
- Heras, G. (2017). *Aprovechamiento de Okara de Soya (Glicine max) en el desarrollo tecnológico de Tempeh*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26696/1/38 GPAg.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26696/1/38_GPAg.pdf)
- Heredia, P., Hernández, A., González, A., & Vallejo, B. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: Mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia*, *42*(6), 340–346. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33951621002.pdf>
- Jaimes, J., Restrepo, D., & Acevedo, D. (2014). Preparación y determinación de las propiedades funcionales del concentrado proteico de trúpillo (*Prosopis juliflora*). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *12*(1), 144–152. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a17.pdf>
- Jericó Santos, T. R., Santos Vasconcelos, A. G., Lins de Aquino Santana, L. C., Gualberto, N. C., Buarque Feitosa, P. R., & Pires de Siqueira, A. C. (2020). Solid-state fermentation as a tool to enhance the polyphenolic compound contents of acidic *Tamarindus indica* by-products. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *30*(August). <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101851>
- Jiang, X., Cui, Z., Wang, L., Xu, H., & Zhang, Y. (2020). Production of bioactive peptides from corn gluten meal by solid-state fermentation with *Bacillus subtilis* MTCC5480 and evaluation of its antioxidant capacity in vivo. *Lwt*, *131*, 109767. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109767>
- Jiménez, N., Carrillo-Hormaza, L., Pujol, A., Álzate, F., Osorio, E., & Lara-Guzman, O. (2015). Antioxidant capacity and phenolic content of commonly used anti-inflammatory medicinal plants in Colombia. *Industrial Crops and Products*, *70*, 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.050>
- Jimenez, P., & Pantoja, V. (2012). *Diseño Y Construcción De Un Fermentador Rotatorio*

- De Fase Solida Para La Multiplicacion Del Hongo Trichoderma Sp.* 2–145.
http://www.infoplc.net/files/descargas/schneider/infoplc_net_18t00436.pdf
- Khairuzzaman, M. Q. (2016). Fermentación. *Biomimetics*, 4(1), 64–75.
<http://www.biomimeticsciences.org/wp-content/uploads/2019/07/FERMENTACIÓN.pdf>
- Leite, P., Sousa, D., Fernandes, H., Ferreira, M., Costa, A. R., Filipe, D., Gonçalves, M., Peres, H., Belo, I., & Salgado, J. M. (2021). ScienceDirect Recent advances in production of lignocellulolytic enzymes by solid-state fermentation of agro-industrial wastes. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 27, 100407.
<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100407>
- Leon-revelo, G., Cujilema-quitio, M. C., González, L. B., Delgado, E. R., & Córdova, J. (2017). *Efecto del pH en la producción de celulasas de aspergillus niger en fermentación sólida*. 44, 27–38. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n2/caz04217.pdf>
- León, Á., Montoya, O., Motato, K., Granda, D., Caro, C., Restrepo, J., Eceverri, S., Valencia, J., & Quinchía, L. (2006). Bacterias ácido lácticas silvestres (BAL) colombianas presentan buen desempeño panadero en la fabricación de masa ácida. *VITAE, Revista de La Facultad de Química Farmacéutica. Colombia.*, 13(2), 26–35. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a04.pdf>
- León, C. (2008). *Producción Y Cuantificación De Un Antibiótico Por Electroforesis Capilar*. 1–51.
- Lombeida, J., & Alava, D. (2020). Determinación de las características sensoriales y físico-químicas de la salchicha tipo Viena con adición de concentrado proteico de Garbanzo (*Cicer arietinum*). *Universidad Estatal Amazónica*, 16–66.
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/889/1/T. AGROIN. B. UEA. 2126.pdf>
- Lopez-Ramirez, N., Volke-Sepulveda, T., Gaime-Perraud, I., Saucedo-Castañeda, G., & Favela-Torres, E. (2018). Effect of stirring on growth and cellulolytic enzymes production by *Trichoderma harzianum* in a novel bench-scale solid-state fermentation bioreactor. *Bioresource Technology*, 265(April), 291–298.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.015>
- López, R. (2016). Desarrollo de un Modelo Matemático para la Fermentación del Cacao

- Criollo Blanco. *Universidad de Piura*, 21–27.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3035/MAS_IME_AUT_028.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gómez, B., Barba, F. J., Pérez-santaescolástica, C., & Toldrá, F. (2018). Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review. *Trends in Food Science & Technology*.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.003>
- Macancela, F., & Rocafuerte, A. (2018). *Producción de Enzimas Fúngicas Hidrolíticas del Almidón de Lenteja, para la Elaboración de Etanol*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28028>
- Mahmoodi, M., Najafpour, G. D., & Mohammadi, M. (2019). Bioconversion of agroindustrial wastes to pectinases enzyme via solid state fermentation in trays and rotating drum bioreactors. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21(August), 101280. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101280>
- Maiti, S., Sarma, S. J., Brar, S. K., Le Bihan, Y., Drogui, P., Buelna, G., & Verma, M. (2016). Agro-industrial wastes as feedstock for sustainable bio-production of butanol by *Clostridium beijerinckii*. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.002>
- Mansor, A., Ramli, M. S., Rashid, N. Y. A., Samat, N., Lani, M. N., Sharifudin, S. A., & Raseetha, S. (2019). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Evaluation of selected agri-industrial residues as potential substrates for enhanced tannase production via solid-state fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20(March), 101216. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101216>
- Marrugo, Y., Montero, P., & Duran, M. (2016). Evaluación nutricional de concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata*. *Información Tecnológica*, 27(6), 107–114. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600011>
- Martínez, G., Ascacio, J., Sepúlveda, L., Rodríguez, R., Aguilera, A., & Aguilar, C. (2013). Extracción Asistida por Fermentación Fúngica de Antioxidantes Fenólicos. *Acta Química Mexicana*, May 2014.
<http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/?p=571>
- Martínez, O., Sánchez, A., Font, X., & Barrena, R. (2017). Valorization of sugarcane

- bagasse and sugar beet molasses using *Kluyveromyces marxianus* for producing value-added aroma compounds via solid-state fermentation. *Journal of Cleaner Production*, 158, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.155>
- Medeiros, A. B. P., Pandey, A., Vandenberghe, L. P. S., Pastore, G. M., & Soccol, C. R. (2006). Production and recovery of aroma compounds produced by solid-state fermentation using different adsorbents. *Food Technology and Biotechnology*, 44(1), 47–51. https://www.researchgate.net/profile/Adriane_Medeiros3/publication/279684192_Production_and_Recovery_of_Aroma_Compounds_Produced_by_Solid-State_Fermentation_Using_Different_Adsorbents/links/00463516d6474c17cf000000/Production-and-Recovery-of-Aroma-Compoun
- Medina, A., Ferrer, J., & Brieva, J. (2015). Evaluación del producto obtenido a partir de la fermentación en estado sólido de desechos de uvas blancas para ser utilizado como abono orgánico. *Revista Estudiantil URU*, 33–42. <https://observatoriova.com/wp-content/uploads/2015/12/Medina-Evaluacion-del-producto-obtenido-a-partir-de-la-fermentacion-en-estado-solido-de-desechos-de-uvas-blancas.pdf>
- Méndez., D. en C. y R. A. D. S. (2016). Subtema : Queso Universidad Autónoma del Estado de México. *Universidad Autónoma Del Estado de México*. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64146/secme-38014.pdf?jsessionid=BD4ECB4B5F44D22C9CCFBEB862103045?sequence=1>
- Mendoza, E., & Martínez, M. (2018). Producción de alfa amilasa por fermentación en estado sólido de residuos agroindustriales (cáscaras de banano) utilizando bacillus subtilis. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Issue 9). <http://jurnal.unmer.ac.id/jbm/article/download/70/11%0Ahttp://repository.unpas.ac.id/5617/6/BAB-III-nita-revisi.pdf%0Ahttp://repository.unpas.ac.id/id/eprint/5617%0A%0Ahttp://repository.ut.ac.id/4408/2/SKOM4101-M1.pdf>
- Mirón, J., Vázquez, J. A., González, P., & Murado, M. A. (2010). Enhancement glucose oxidase production by solid-state fermentation of *Aspergillus niger* on polyurethane foams using mussel processing wastewaters. *Enzyme and Microbial Technology*, 46(1), 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2009.07.008>

- Moral, S., Ramírez-coutiño, L. P., & García-gómez, M. D. J. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 87–102. <http://www.reibci.org/publicados/2015/mayo/1000102.pdf>
- Mungsan, N. (2018). *Origen y diversidad de polen apícola*. 22. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOOSIN MUNGSAN.pdf>
- Mushimiyimana, I., & Tallapragada, P. (2016). Bioethanol production from agro wastes by acid hydrolysis and fermentation process. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 75(6), 383–388. http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/34355/1/JSIR_75%286%29_383-388.pdf
- Naik, B., Goyal, S. K., Tripathi, A. D., & Kumar, V. (2019). Screening of agro-industrial waste and physical factors for the optimum production of pullulanase in solid-state fermentation from endophytic *Aspergillus* sp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 22, 101423. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101423>
- Nascimento, T. P., Conniff, A. E. S., Moura, J. A. S., Batista, J. M. S., Costa, R. M. P. B., Porto, C. S., Takaki, G. M. C., Porto, T. S., & Porto, A. L. F. (2020). Protease from *Mucor subtilissimus* ucp 1262: Evaluation of several specific protease activities and purification of a fibrinolytic enzyme. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92(4), 1–12. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200882>
- Nascimento, F. V., Castro, A. M. De, Secchi, A. R., & Coelho, M. A. Z. (2020). Insights into media supplementation in solid-state fermentation of soybean hulls by *Yarrowia lipolytica*: impact on lipase production in tray and insulated packed-bed bioreactors. *Biochemical Engineering Journal*, May, 107866. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107866>
- Oktaviani, L., Astuti, D. I., Rosmiati, M., & Abduh, M. Y. (2020). Fermentation of coffee pulp using indigenous lactic acid bacteria with simultaneous aeration to produce cascara with a high antioxidant activity. *Heliyon*, 6(7), e04462. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04462>
- Olagunju, O. F., Ezekiel, O. O., Ogunshe, A. O., Oyeyinka, S. A., & Ijabadeniyi, O. A. (2018). Effects of fermentation on proximate composition, mineral profile and antinutrients of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed in the production of daddawa-

- type condiment. *LWT - Food Science and Technology*, 90(2018), 455–459.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.064>
- Olmos, A. R. De, & Garro, M. S. (2020). Food Bioscience Metabolic profile of *Lactobacillus paracasei* subsp . *paracasei* CRL 207 in solid state fermentation using commercial soybean meal. *Food Bioscience*, 35(November 2018), 100584.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100584>
- Olukomaiya, O. O., Fernando, W. C., Mereddy, R., Li, X., & Sultanbawa, Y. (2020). Solid-state fermentation of canola meal with *Aspergillus sojae*, *Aspergillus ficuum* and their co-cultures: Effects on physicochemical, microbiological and functional properties. *Lwt*, 127(December 2019), 109362.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109362>
- Ostos, O., Rosas, S., & González, J. (2019). *Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos*. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n31/1794-2470-nova-17-31-129.pdf>
- Paredes, M., & Espinosa, D. (2010). Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: Una revisión crítica. *Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C.* <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316076007.pdf>
- Parenti, P., Cataldo, S., Annoni, M. P. G., Mahmoodan, M., Aliakbarzadeh, H., Gholamipour, R., Magnusson, N., Schmidt, S. H. Ma., Magnoni, P., Rebaioli, L., Fassi, I., Pedrocchi, N., Tosatti, L. M., M Nafis, O. Z., Nafrizuan, M. Y., Munira, M. A., Kartina, J., Amin, S. Y. B. M., Muhamad, N., ... Tohirin, M. (2017). Determinación del porcentaje de remoción de oligosacáridos (rafinosa) en harina de arvejas secas (*Pisum sativum*). In *Jurnal Sains dan Seni ITS* (Vol. 6, Issue 1). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
<http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
- Parzanese, M. (2016). Fermentación En Sustrato Sólido: Aprovechamiento De Subproductos De La Agroindustria. *Tecnologías Para La Industria de Alimentos, Ficha* N° 2, 1–13.
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_27_Fe

mentacion_en_sustrato_solido_para_el_aprovechamiento_de_subproductos_de_la_agroindustria.pdf

- Pastrana, L. (2009). Fundamentos De La Fermentación En Estado Sólido Y Aplicación a La Industria Alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1(3), 4–12. <https://doi.org/10.1080/11358129609487556>
- Peña, C., & Quirasco, M. (2014). ¿Enzimas En Los Alimentos? *Bioquímica Comestible. Revista Digital Universitaria*, 15(12), 13. <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art94/art94.pdf>
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68–81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Perdani, M. S., Margaretha, G., Sahlan, M., & Hermansyah, H. (2020). ScienceDirect Solid state fermentation method for production of laccase enzyme with bagasse , cornstalk and rice husk as substrates for adrenaline biosensor. *Energy Reports*, 6, 336–340. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.065>
- Pineda, J., Gómez, W., Duarte, A., Soto, C., Pineda, C., Fierro, F., Mora, E., & Álvarez, S. (2017). Producción de *Pycnoporus* spp. y sus metabolitos secundarios: Una revisión. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 51(2), 60–69. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251010.pdf>
- Prabaningtyas, R. K., Putri, D. N., Utami, T. S., & Hermansyah, H. (2018). Production of immobilized extracellular lipase from *Aspergillus Niger* by solid state fermentation method using palm kernel cake, soybean meal, and coir pith as the substrate. *Energy Procedia*, 153, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.010>
- Putri, D. N., Khootama, A., Perdani, M. S., Utami, T. S., & Hermansyah, H. (2020). Optimization of *Aspergillus niger* lipase production by solid state fermentation of agro-industrial waste. *Energy Reports*, 6, 331–335. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.064>
- Rahman, K. H. A., Yusof, S. J. H. M., & Zakaria, Z. (2016). Bioproteins Production from Palm Oil Agro-Industrial Wastes by *Aspergillus terreus* UniMAP AA-1. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39(1), 29–39. [http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika PAPERS/JTAS Vol. 39 \(1\) Feb.](http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika_PAPERS/JTAS_Vol.39(1)Feb)

2016/03 JTAS-0618-2014.pdf

- Ramirez, J., Rosas Ulloa, P., Velazquez Gonzalez, M. Y., Ulloa, jose armando, & Arce Romero, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Repositorio Intitucional Aramara*, 9, 44–51. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/436>
- Razik, A., Nessrien, A. I. S. &, & Yassin, M. N. (2012). Characteristics of Mango Seed Kernel Butter and its Effects on Quality Attributes of Muffins. *J. Fd. Sci. & Technol*, 9(2), 1–9. https://www.researchgate.net/profile/Ihab_Ashoush/publication/258245274_Characteristics_of_Mango_Seed_Kernel_Butter_and_its_Effects_on_Quality_Attributes_of_Muffins/links/02e7e5279495dbeaf0000000/Characteristics-of-Mango-Seed-Kernel-Butter-and-its-Effects
- Reinoso, B. (2015). Diseño de un fermentador de bandeja a escala piloto para la producción de enzimas con actividad ligninolítica y celulolítica a partir del hongo *Phanerochaete chrysosporium* mediante fermentación en medio sólido con aserrín de eucalipto. *Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial EPN*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10587/1/CD-6265.pdf>
- Reyes, G., & Franco, M. (2016). Producción Biotecnológica De Sabores, Pigmentos Y Aromas a Partir De Hongos Miceliales Y Levaduras. *Universitas Scientiarum*, 11(2), 23–30. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/download/4967/3825>
- Robinson, S., & Nigam, D. (2016). “La Fermentación en Estado Sólido (FES) consiste en hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato, empleando una fuente de nitrógeno y sales nutrientes, bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura. La FES no presenta agua libre e. *Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica*, 9(2), 27–36. <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169818107003.pdf>
- Rodríguez-Salgado, Á. M., Borrás-Sandoval, L. M., & Rodríguez-Molano, C. E. (2019). Compositional quality of food obtained with solid state fermentation: potato and carrot. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(1), 81–88. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i1.8531>

- Rodríguez, N., Araque, M., & Perdomo, F. (2006). *Incubación De Hongos Comestibles Y Medicinales*. 12. [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/852/1/Hongos comestibles medicinales Incubaci3n.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/852/1/Hongos%20comestibles%20medicinales%20Incubaci3n.pdf)
- Ruíz, H., Rodríguez, R., Rodríguez, R., Contreras, J., & Aguilar, C. (2007). Diseño De Biorreactores Para Fermentaci3n En Medio Sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 33–40. <http://www.redalyc.org/pdf/620/62060105.pdf>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro - industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Saini, J. K., Saini, R., & Tewari, L. (2015). Lignocellulosic agriculture wastes as biomass feedstocks for second-generation bioethanol production: concepts and recent developments. *3 Biotech*, 5(4), 337–353. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0246-5>
- Salazar & Urrutia. (2013). Efecto de la variaci3n del porcentaje de pulido del arroz (*Oryza Sativa* L.) y tiempos de fermentaci3n para la obtenci3n del sake. *Universidad Estatal de Bolivar*, 18–19. <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/936>
- Sarup, R., Chauhan, K., Kaur, K., & Pandey, A. (2020). Bioresource Technology Reports Statistical optimization of solid-state fermentation for the production of fungal inulinase from apple pomace. *Bioresource Technology Reports*, 9(November 2019), 100364. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100364>
- Soccol, C. R., & Vandenberghe, L. P. S. (2003). Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. *Biochemical Engineering Journal*, 13(2–3), 205–218. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00133-X)
- Spier, M. R., Vandenberghe, L. P. D. S., Medeiros, A. B. P., & Soccol, C. R. (2011). Application of different types of bioreactors in bioprocesses. In *Bioreactors: Design, Properties and Applications* (Issue February 2016). https://www.researchgate.net/profile/Michele_Spier/publication/287302702_Application_of_different_types_of_bioreactors_in_bioprocesses/links/56bb9a6108ae3f9793153b5c/Application-of-different-types-of-bioreactors-in-bioprocesses.pdf
- Street, N. (2006). *Microbiología industrial* © 2006. http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/favela/Microbiologia_Industrial_Libro.pdf

f

- Sugumaran, K. R., & Ponnusami, V. (2017). Conventional optimization of aqueous extraction of pullulan in solid-state fermentation of cassava bagasse and Asian palm kernel. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10(March), 204–208. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.03.010>
- Telenchana, J. (2018). Evaluación de sustratos alternativos a base de cascarilla de arroz y compost en plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Universidad Técnica de Ambato*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27192/1/Tesis-188IngenieríaAgronómica-CD557.pdf>
- Thakur, S. ., Nemade, S. N., & A, S. (2015). Solid State Fermentation of Overheated Soybean Meal (Waste) For Production of Protease Using *Aspergillus Oryzae*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 04(01), 18456–18461. <https://doi.org/10.15680/ijirset.2015.0401008>
- Tian, L., Hu, S., Jia, J., Tan, W., Yang, L., Zhang, Q., Liu, X., & Duan, X. (2021). Effects of short-term fermentation with lactic acid bacteria on the characterization, rheological and emulsifying properties of egg yolk. *Food Chemistry*, 341, 128163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128163>
- Tipán, C. (2016). Evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* con el uso de un sustrato de rastrojo de maíz con composición variable de papel. *Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16617/1/CD-7248.pdf>
- Torres-león, C., Ramírez-guzmán, N., Ascacio-valdés, J., & Serna-cock, L. (2019). LWT - Food Science and Technology Solid-state fermentation with *Aspergillus niger* to enhance the phenolic contents and antioxidative activity of Mexican mango seed : A promising source of natural antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 112(June), 108236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.06.003>
- Tuquerres, H., Cerda, G., Tenemasa, V., Diéguez, K., Carrera, K., & Pérez, A. (2020). Diseño Del Proceso Para La Obtención De Ácido Cítrico a Partir Del Bagazo De Caña Disponible En Pastaza, Ecuador. *Centro Azúcar*, 47(2), 86–96. http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/download/202/192/228

- Urbina, A. (2019). Producción de quitinasas a partir de subproductos de la industria alimentaria: Aplicación a los Hongos comestibles y Crustáceos. *Departamento de Bioquímica y Biología Molecular*, 21–28. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/89310/TESIS DOCTORAL ANABELL URBINA S. SF.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://idus.us.es/bitstream/handle/11441/89310/TESIS DOCTORAL ANABELL URBINA S. SF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/89310/TESIS_DOCTORAL_ANABELL_URBINA_SF.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://idus.us.es/bitstream/handle/11441/89310/TESIS_DOCTORAL_ANABELL_URBINA_S_SF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vallejos, Y. (2018). *Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (Pisum sativum) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA)*. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27136/1/AL_657.pdf
- Velásquez, J. a., Beltrán, D., Padilla, L., & Giraldo, G. (2010). Obtención de ácido cítrico por fermentación con aspergillus niger utilizando sustrato de plátano dominico hartón (musa aab simmonds) maduro Obtaining of citric acid trough fermentation with aspergillus niger using. *Tumbaga*, 5, 135–147.
- Velázquez, M. (2013). *Producción de pigmentos fúngicos (Monascus purpureus 2955) en residuos agroindustriales por fermentación sólida*. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/542/62759s.pdf?sequence=1>
- Velázquez, M., Benavente, J., Morlett, J., & Aguilar, C. (2016). Producción de pigmentos por Monascus spp. en medio sólido empleando residuos agroindustriales. *Investigación y Ciencia Using Agroindustrial Waste*. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67449381012.pdf>
- Verma, N., & Kumar, V. (2020). Impact of process parameters and plant polysaccharide hydrolysates in cellulase production by Trichoderma reesei and Neurospora crassa under wheat bran based solid state fermentation. *Biotechnology Reports*, 25, e00416. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00416>
- Vini, G., Karp, S. G., Medeiros, A. B. P., Ferreira, E. S., Bissoqui, L., & Soccol, C. R. (2018). *Production of Mushrooms*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00014-1>
- Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., & Smid, E. J. (2020). Enhanced

- nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid state fermentation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59(November 2019), 102269. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102269>
- Xu, B. J., & Chang, S. K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x>
- Zahan, K. A., Ismail, N. S., Ring, L. C., Rashid, S. A., & Yenn, T. W. (2019). Monascorubin production by *Penicillium minioluteum* ED24 in a solidstate fermentation using sesame seed cake as substrate. *Materials Today: Proceedings*, 31(xxxx), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.347>
- Zamakona, J. I. (2019). *Valorización de subproductos de la industria alimentaria mediante fermentación sólida y sumergida con Rhizopus sp.* <https://core.ac.uk/download/pdf/211054605.pdf>
- Zhao, L., Cheng, L., Deng, Y., Li, Z., Hong, Y., Li, C., Ban, X., & Gu, Z. (2020). Study on rapid drying and spoilage prevention of potato pulp using solid-state fermentation with *Aspergillus aculeatus*. *Bioresource Technology*, 296, 122323. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122323>
- Zhu, J. Q., Zong, Q. J., Li, W. C., Chai, M. Z., Xu, T., Liu, H., Fan, H., Li, B. Z., & Yuan, Y. J. (2020). Temperature profiled simultaneous saccharification and co-fermentation of corn stover increases ethanol production at high solid loading. *Energy Conversion and Management*, 205(November 2019), 112344. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112344>