

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**“UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)
FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO PARA LA ELABORACIÓN DE
BARRAS ENERGÉTICAS”**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Autor: Adrian Vinicio Veloz Torres

Directora: Dra. Ana Lucia Chafra

Puyo – Pastaza – Ecuador

Julio, 2015

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS”**, del autor de nombres y apellidos Adrian Vinicio Veloz Torres, estudiante de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.

Puyo, 16 de Julio del 2015

Para constancia firman

Dra. Laura Zcalvenci
Presidenta del tribunal

Msc. Paulina Echeverría
Miembro del Tribunal

Msc. Víctor Cerda
Miembro del Tribunal

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del informe de investigación sobre el tema: **“UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS”**. El autor, Adrian Vinicio Veloz Torres, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por.....

Puyo, 16 de Julio de 2015

DIRECTOR

.....

Dra. Ana Lucia Chafra Moina.

AUTORIA DEL TRABAJO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: **“UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Puyo, 16 de Julio del 2015

AUTOR

.....

Adrian Vinicio Veloz Torres.

DERECHOS DE AUTOR

El autor cede sus derechos, para que la Institución pueda hacer uso en lo que estime conveniente, siempre y cuando sea para fines investigativos o de consulta.

Puyo, 16 de Julio del 2015

AUTOR

.....

Adrian Vinicio Veloz Torres

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia de quien he recibido todo el apoyo y los mejores consejos para seguir adelante, quienes siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos durante estos cinco años de estudio sobre todo a mi hermana Anabel quien siempre estuvo ahí para darme aliento.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis sinceros agradecimientos:

A la Universidad Estatal Amazónica, adquiridos durante la etapa de mi vida estudiantil; y formarme como profesional y persona;

A todos los profesores que han impartido sus conocimientos, y han brindado su apoyo y consejos. Especialmente agradezco a la Dra. Ana Chafra, directora de tesis, quien me ha guiado a lo largo del trabajo de investigación de tesis.

A mi padre Efrén Veloz, a mi madre Silvia Torres, por todos esos valiosos consejos y ejemplo de vida; y a mi familia, por el apoyo incondicional que supo brindarme e incentivó a cumplir mis metas.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I	11
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	13
1.2. HIPÓTESIS	13
CAPITULO II	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. GENERACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	14
2.2. FUENTES DE RESIDUOS ORGÁNICOS VEGETALES	15
2.3. FERMENTACIÓN	17
2.4. FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO (FES)	20
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS FES	23
2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS FES	24
2.7. PARÁMETROS DE FES.	25
2.8. PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO APLICADOS A DIFERENTES RESIDUOS DE COSECHAS	27
2.9. VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS FERMENTADOS	28
2.10. SÍNTESIS DE PROTEÍNA MICROBIANA	29
2.11. EL CHONTADURO	31
2.12. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CÁSCARA DE CHONTADURO	33
2.13. LAS BARRAS ENERGÉTICAS	34
2.14. IMPORTANCIA DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS	36
CAPITULO III	36
3. MATERIALES Y METODOS	36
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	36
3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS	36
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	37
3.4. FACTORES DE ESTUDIO.	38
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	38
3.6. MEDICIONES EXPERIMENTALES	40
3.7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	41
3.7.1. Análisis físico químico	41
3.7.2. Análisis Microbiológico	41
3.7.3. Análisis Organoléptico	42
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	43
CAPITULO IV	46

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA (CÁSCARA DE CHONTA)	46
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FERMENTATIVOS DE LA CÁSCARA DE CHONTADURO	47
4.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS EMPLEANDO DIFERENTES NIVELES DE CÁSCARA DE CHONTADURO FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO	60
4.4. CÁLCULO DEL APOORTE ENERGÉTICO	65
4.5. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA	65
4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS	68
4.7. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS	72
<u>CAPITULO V</u>	<u>74</u>
5. CONCLUSIONES	74
<u>CAPITULO VI</u>	<u>76</u>
6. RECOMENDACIONES	76
<u>CAPITULO VII</u>	<u>77</u>
7. BIBLIOGRAFÍA	77
<u>CAPITULO VIII.</u>	<u>80</u>
8. RESUMEN.	80
<u>CAPITULO IX.</u>	<u>81</u>
9. SUMMARY.	81
<u>CAPITULO X.</u>	<u>82</u>
10. ANEXOS.	82
10.1. FOTOGRAFIAS.	82
10.2. RESULTADOS ANALISIS BROMATOLOGICOS (INIAP)	85
10.3. RESULTADOS ANALISIS PROTEÍNA Y FIBRA CRUDA	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones meteorológicas _____	37
Tabla 2. Diseño de tratamientos por fermentación en estado sólido de la cáscara de chonta _____	39
Tabla 3. Formulación de la barra energética con diferentes niveles de cáscara de chonta fermentada _____	40
Tabla 4 . Atributos organolépticos a calificarse _____	42
Tabla 5. Análisis proximales de cascara de chontaduro _____	46
Tabla 6. Indicadores fermentativos de la cáscara de chontaduro mediante FES _____	50
Tabla 7 . Análisis bromatológico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada _____	61
Tabla 8 . Aporte energético de las barras elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada _____	65
Tabla 9. Análisis Organoléptico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada _____	69
Tabla 10. Análisis Microbiológico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro _____	71
Tabla 11. Requisitos Microbiológicos _____	71
Tabla 12. Análisis Beneficio/Costo de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro _____	73

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Determinación de pH de la cáscara de chontaduro por FES _____	48
Gráfico 2 . Determinación de MS de la cáscara de chontaduro por FES _____	51
Gráfico 3. Determinación de Humedad de la cáscara de chontaduro por FES _____	52
Gráfico 4. Determinación de Ceniza de la cáscara de chontaduro por FES _____	53
Gráfico 5. Determinación de Proteína de la cáscara de chontaduro por FES _____	54
Gráfico 6. Determinación de Fibra de la cáscara de chontaduro por FES _____	56
Gráfico 7. Determinación de Grasa de la cáscara de chontaduro por FES _____	57
Gráfico 8. Determinación de AGVs de la cáscara de chontaduro por FES _____	58
Gráfico 9. Conteo de levaduras en cáscara de chontaduro por FES _____	59
Gráfico 10 . Análisis bromatológico de la barra energética elaborado con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada _____	62
Gráfico 11 . Análisis Sensorial de la barra energética elaborado con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada _____	70

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el alto desarrollo de la industria agroalimentaria conlleva a la generación de residuos, que al ser desechados al ambiente generan contaminación, la mayoría de este tipo de industrias no tiene un plan de manejo para estos desechos, debido al alto costo de su reutilización y por el contrario, los ubican junto con la basura en los vertederos o rellenos sanitarios.

La industria de alimentos, ante esta problemática, busca alternativas para el aprovechamiento del residual, entre esto se encuentran los provenientes de frutas, los cuales pueden ser utilizados en alimentación animal y humana, abonos, obtención de biogás, en la extracción de aceites esenciales, pectinas, flavonoides, entre otros. (Arroyo, 2011)

La actividad agroindustrial en el Ecuador produce anualmente miles de toneladas de desperdicios, destacándose los residuos de matadero, como el contenido del rumen (primer estómago de las vacas); la sangre bovina, el suero de la leche de las plantas lácteas, desechos agrícolas como rastrojo de maíz, bagazo de caña, hojas y tallos de vegetales pos cosecha, desperdicios de la industria de mermelada, pulpas y conservas.

En la Amazonía Ecuatoriana no se encuentra una agroindustria de magnitud, sin embargo se observan pequeñas empresas procesadoras de frutas, vegetales y tubérculos como: guayaba, naranjilla, chontaduro, cacao, papa china, yuca, entre otras.

Actualmente se ha visto un incremento en el consumo de chontaduro (*Bactris gasipaes*), así como su procesamiento para obtención de

harina lo que produce residuos (cáscara) sin proporcionar una correcta disposición.

La cáscara de pijiguayo o chontaduro está constituida por un 22% del peso del fruto, y es empleada principalmente para la obtención de aceites. Además puede ser utilizada en la alimentación de pollos en la fase de ceba sin pérdida en las características de producción. (Mosquera Perea, 2013)

Con la finalidad de buscar nuevas alternativas para el aprovechamiento de la cáscara del chontaduro se realizó una fermentación en estado sólido (FES) influyendo directamente en el incremento del porcentaje de proteína y la disminución de fibra cruda, aumentando la digestibilidad de la proteína verdadera.

La cáscara de chonta fermentada se empleó en diferentes concentraciones como ingrediente principal en la formulación de barras energéticas, presentan baja calidad nutricional de proteínas y grasas.

Estas barras pueden ser consumidas por cualquier persona, siempre y cuando requiera realizar algún ejercicio moderado (caminatas, trotes, etc.) o intenso puesto que los beneficios que ofrece la barra no pueden ser bien aprovechados si no se hace algún tipo de actividad (deportes). Y en el caso de los niños cuando sea la única alternativa frente a dulces comunes, para que puedan tener una nutrición completa. (Lascano Sumbana, 2013)

Con la presente investigación se determinó los principales parámetros fermentativos para lograr el incremento de proteína cruda y proteína digerible así como la reducción de fibra bruta, las mismas que influyeron significativamente en la formulación de una barra energética a base de cáscara de chonta fermentada, resaltando el uso de productos autóctonos de la Amazonía, obteniendo un producto

con valor agregado factible de incluir en programas de alimentación infantil, por sus características nutritivas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Utilizar la cáscara de chontaduro (*Bactris gasipaes*) fermentada en estado sólido para la elaboración de barras energéticas.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Caracterizar bromatológicamente la cáscara del chontaduro procedente de los sectores productivos de la provincia de Pastaza.
- Determinar las condiciones físicas de fermentación de la cáscara del chontaduro.
- Evaluar el mejor nivel de inclusión de cáscara de chontaduro fermentada en la elaboración de la barra energética.
- Realizar un análisis de beneficio costo del producto a obtener.

1.2. HIPÓTESIS

La tecnología y procesos que se aplicaron en la elaboración de la barra energética a partir de cáscara de chonta fermentada incrementan el valor nutritivo, mejorando las características del producto a obtener y prolongaran la vida útil a temperatura ambiente.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generación de residuos agroindustriales

El desarrollo de las actividades del Hombre, es uno de los factores que ha contribuido en el deterioro del equilibrio medio ambiental, los diferentes procesos industriales, agrícolas y agroindustriales, han generado la transformación y aparición de diferentes compuestos residuales y contaminantes que afectan directa o indirectamente los recursos naturales.

La creciente presión de la población sobre la Tierra, que se estima será de 9 billones para el año 2050, y la ascendente demanda de servicios, de una base fija de tierra, están amenazando la calidad y la regulación de las funciones naturales de los recursos suelo, agua y aire de los cuales depende la sustentabilidad. (Ramón Auquilla & Ramón Auquilla, 2012)

Actualmente, el interés por el cuidado del medio ambiente se ha vuelto imperativo; la sociedad está consciente que es su responsabilidad velar por las condiciones ambientales; la situación de nuestros recursos naturales afectan indistintamente a todos; y el futuro se torna incierto si no se toman medidas que garanticen un desarrollo sostenible para impedir una mayor degradación del medio ambiente. (Ramón Auquilla & Ramón Auquilla, 2012)

La actividad agroindustrial en el Ecuador produce anualmente miles de toneladas de desperdicios. Algunos de ellos van a contaminar fuentes de agua, otros van a incrementar los botaderos de basura, convirtiéndose en focos de contaminación y otros se quedan en el suelo dificultando las labores de campo en la siguiente siembra. Los productos residuales son

de la más variada índole: residuos del matadero, como el contenido del rumen (primer estómago de las vacas); la sangre bovina, el suero de la leche de las plantas lácteas, desechos agrícolas como rastrojo de maíz, bagazo de caña; hojas y tallos de vegetales pos cosecha, los desperdicios de la industria de mermelada (residuos de frutas).

2.2. Fuentes de residuos orgánicos vegetales

Los residuos orgánicos vegetales están integrados por restos de cosechas y cultivos (tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc.), procedentes de diversas especies cultivadas. El contenido de humedad de este tipo de residuos es relativo dependiendo de varios factores, entre ellos característica de la especie cultivada, ciclo de cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, condiciones de la disposición, etc.

Existe una gran variedad de residuos generados en la actividad agroindustrial. Las características cuantitativas y cualitativas de los mismos dependen de numerosos factores entre otros:

- Características de las materias primas
- Proceso de industrialización
- Intensidad de la producción
- Características de los productos obtenidos

Muchos residuos de las actividades agroindustriales son reutilizados a través de alternativas que se aplican desde hace algunos años, con menor o mayor grado de eficacia. Para otros residuos agroindustriales aun no existen alternativas de transformación en insumos útiles dentro de un marco económico viable (Pucha Pilco, 2007)

Es evidente que los residuos agroindustriales siguen generando una gran problemática debido a que las empresas agroindustriales de

Ecuador en regiones como el oriente, no tienen una clara conciencia ambiental para su manejo, otro factor que presentan estos residuos es la falta de capacidad tecnológica y recursos económicos para darles un destino final y promover un manejo adecuado de estos recursos para alcanzar un buen sistema de tratamiento desde su generación hasta su disposición final. Esta problemática no solo es evidenciada a nivel nacional sino también es una gran problemática a nivel mundial (Saval, 2012)

Con lo anterior indicado al hablar sobre los residuos agroindustriales es muy común que se emplee cierta terminología como: subproductos, residuos y trastos, sin concernir que existe una diferencia conceptual entre ellos. Se define como “subproducto” al producto secundario, obtenido de un beneficio, generalmente rentable, comercializable, es decir que puede adquirir cierto valor agregado. El término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor productivo, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden conferir algún interés para su utilización.

Dada las diferentes definiciones se puede concluir que los términos “subproducto” y “residuo” podrían utilizarse como sinónimos, no así el término “trastos”, que está referido a aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen características de interés comercial para ser utilizados en algún proceso, por lo que suelen ser considerados como basura a los que se les debe aplicar una disposición final.

El interés de la utilización de los residuos agroindustriales radica en que presentan diferentes características que dependerán de la materia prima y del proceso que los generó, sin embargo, los residuos agroindustriales presentan una característica común e importante que es el contenido de materia orgánica, constituida principalmente por carbohidratos estructurales como celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, de aquí que se les denomina

“residuos orgánicos”, (Saval, 2012), dentro de esta clasificación se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales.

(Saval, 2012), cita algunos datos que sirven para tener una idea del volumen de residuos que generan diferentes tipos de industrias en el mundo como: la industria cervecera solamente utiliza el 8% de los componentes del grano, y el 92% es un residuo; la industria del aceite de palma utiliza el 9%, el 91% restante es un residuo; la industria del café utiliza el 9.5%, el 90.5% restante es un residuo y la industria del papel utiliza menos del 30%, el resto es un residuo.

Con la finalidad de buscar nuevas alternativas de utilización de estos residuos orgánicos, se hace necesaria su caracterización para determinar la composición química del residual, la calidad de sus componentes y el volumen que se genera, en base a lo anterior mencionado se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento.

Es de interés tomar en cuenta que al emplear nuevas tecnologías de transformación de los residuos se generará un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación, o bien, transformarse en un desecho, para lo cual se debe tomar conciencia ambiental en la disposición final del residuo generado.

2.3. Fermentación

La fermentación desde el punto de vista bioquímico se puede definir a las fermentaciones como aquellos procesos metabólicos de catálisis de compuestos orgánicos que producen energía.

Viéndolo desde el punto microbiológico se entiende a fermentación como aquel proceso donde los microorganismos producen metabolitos o biomasa utilizando sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de

oxígeno, la descomposición del sustrato es llevado a cabo por enzimas producidas por los microorganismos. (Hernández, et al., 2003)

Entre los microorganismos que más se usan en la fermentación en estado sólido son las cepas puras de hongos filamentosos, cultivos mixtos de hongos con cepas autóctonas aisladas de los sustratos utilizados, los géneros más comunes son: *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Saccobolus*, *Pleurotus*, *Phanerochaete* y *Coriolus*. (Ferrer, et al., 2014)

En dependencia del estado que se presenta su principal sustrato energético que constituye la matriz sobre la cual ocurre el crecimiento microbiano se pueden clasificar en:

- Fermentación Líquida: el crecimiento microbiano ocurre en medio líquido pues los sustratos están completamente disueltos en él;
- Fermentación Sólido Sumergida: El sustrato es sumergido en pequeñas partículas en un medio líquido, a través del cual se transportan los microorganismos. La cantidad de sustrato sólido raramente sobrepasa la concentración de 50 g/L. Se considera como tal, a partir de que se sobrepase la máxima capacidad de retención de agua (López Ramirez, 2014)
- Fermentación en Estado Sólido (FES): Son los procesos en los cuales se produce el crecimiento microbiano y la formación de producto sobre o dentro de la superficie de la matriz sólida, o en ambos lugares a la vez, y se caracteriza por la ausencia o cerca de la ausencia de agua libre en los espacios entre partículas sólidas (Angamarca Patiño, 2013)

En cuanto a los microorganismos empleados, las fermentaciones pueden realizarse: con cultivos puros o con cultivos mixtos. Para los estudios de cinética microbiana se han diferenciado tres tipos de procesos fermentativos: 1) los cultivos discontinuos (batch) que son un sistema cerrado donde todo el sustrato se añade al inicio, 2) los cultivos incrementados (fed-batch): el sistema es abierto para la alimentación y

cerrado para la salida donde el sustrato se añade en baja concentración al inicio y se incrementa en pequeñas dosis con el progreso de la fermentación y 3) las fermentaciones continuas: el sistema es abierto donde la solución nutriente estéril se adiciona al biorreactor de manera continua y en una cantidad equivalente a la solución transformada con microorganismos que es extraída del sistema (Suarez Arango, 2012)

Las fermentaciones también se clasifican en dependencia a la formación de productos durante el metabolismo energético en: Tipo I. El producto se deriva directamente del metabolismo primario del microorganismo (Ej. La producción de biomasa y etanol); Tipo II. El producto es derivado del sustrato, utilizado en el metabolismo energético primario pero su formación es por una vía metabólica secundaria separada de este metabolismo primario (Ej. La producción de ácido cítrico y algunos aminoácidos) y Tipo III. El metabolismo primario y la formación de producto ocurren completamente separados en el tiempo. En este tipo de fermentaciones el metabolismo primario funciona primero y se acompaña del consumo del sustrato y el crecimiento, posteriormente el producto se forma por otras reacciones del metabolismo intermediario (Ej. La producción de muchos antibióticos y vitaminas). Sin embargo esta clasificación no puede ser aplicada de manera estricta pues existen fermentaciones que muestran comportamientos intermedios (Ej. Las producciones de ácido láctico y de aminoglucósidos).

Durante los estudios cinéticos de procesos discontinuos con cultivos puros se observan cuatro fases típicas de crecimiento: fase de latencia, fase de crecimiento exponencial, fase estacionaria y la de muerte microbiana. Sin embargo, en cultivos mixtos, microbiólogos y ecologistas han encontrado que el rango de crecimiento de los diferentes microorganismos se superpone, a pesar de las propiedades espaciales y temporales del hábitat y por tal razón se establecen entre las especies una amplia variedad de interacciones que dificultan los estudios cinéticos (Salvucci, 2010)

2.4. Fermentaciones en estado sólido (FES)

Las fermentaciones en estado sólido han sido utilizadas desde la antigüedad para la confección de productos para la alimentación humana y animal. Sobre este tema existe, en China, documentación un siglo antes de Cristo, cuando en documentos clásicos de Confucius se menciona el uso de la salsa de soya (García Peña, 1996).

Entre los ejemplos más conocidos se hallan: alimentos en China fermentados, maduración fúngica de los quesos y el compost (García Peña, 1996). Es por ello que su concepto ha variado en la literatura en la medida que se ha profundizado su estudio.

(García Peña, 1996) Se refiere a un proceso donde el sustrato se encuentra humidificado o en suspensión. (Correa Rivero , 2005) , definen las FES como el crecimiento de los microorganismos sobre el medio sólido cerca de la ausencia de agua libre. Posteriormente (Pastrana , 1996) especificó que la FES podía tener lugar dentro de un material poroso.

Otros autores en años sucesivos fueron modificando este término para definir tanto las características de la matriz como el lugar donde ocurre el desarrollo microbiano y no es hasta la década de los 90 en que consolidan la definición y plantean que la FES no es más que las transformaciones microbiológicas sobre materiales sólidos, donde el contenido de líquido en el sistema esté al nivel correspondiente de la actividad del agua, que asegure el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos así como la formación de productos deseables, pero sin exceder la capacidad máxima de retención de agua de la sustancia sólida. (Angamarca Patiño, 2013)

En la práctica, el crecimiento de los microorganismos ocurre sobre o dentro del sólido muy cerca de la ausencia de agua libre. El agua presente se encuentra en una forma compleja dentro de la matriz sólida o

como una fina capa que puede estar absorbida dentro de las partículas de la superficie o con uniones menos fuertes en la región capilar del sólido. Sin embargo, el límite de humedad en el cual la FES se puede llevar a cabo está en función del tipo de sustrato, el microorganismo empleado y el objetivo del proceso productivo en cuestión. (Angamarca Patiño, 2013)

Flora epifítica

Al hablar de biota epifítica nos referimos a la que viene sobre el tallo de la planta y es propia de ella. Estudios realizados hallaron que en las hojas de la planta se encuentran bacterias, hongos y levaduras, entre ellas los géneros *Lactobacillus*, *Bacterium*, *Xantomonas*, *Aerobacter* y *Corinebacterium*

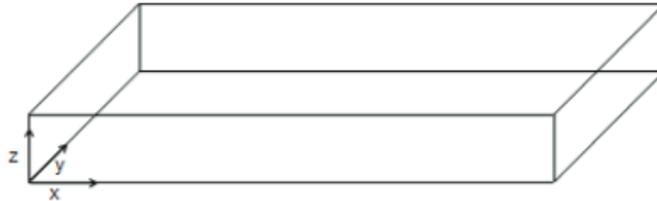
(Valiño, et al., 2002)

Las fermentaciones en estado sólido por el tipo de tecnología a emplear y por los parámetros de controlar del proceso, se pueden clasificar en rústicos o en cámara o biorreactores.

El tipo rústico es una fermentación aeróbica que se fundamenta en la asimilación de todo lo que es la materia orgánica gracias a los microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes, este proceso se produce en tres fases desde las primeras descomposiciones microbianas de materia orgánica hasta la estabilización del producto con la producción de agua (Angamarca Patiño, 2013).

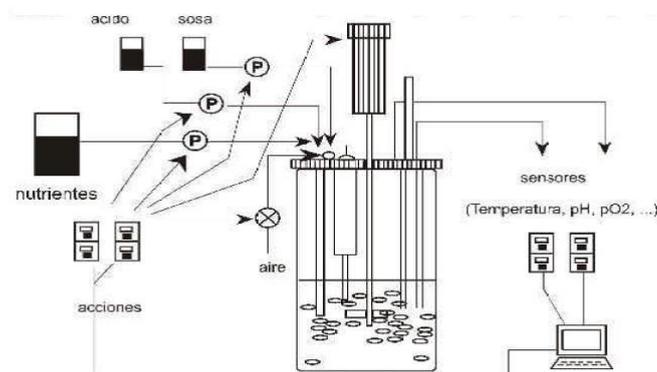
La fermentación rústica en estado sólido puede ser una variante productiva para pequeñas comunidades, lo que les permite autoabastecerse en alimento animal sin hacer grandes inversiones, las que sí se requieren en las fermentaciones que se llevan a cabo en biorreactores. Este tipo de alimento no tiene un alto valor agregado, por tanto los procesos de obtención no pueden ser complejos en equipamiento ni en procedimientos, es por ello que son una buena alternativa para productos con un bajo costo de producción. A pesar de estas posibilidades, en las fermentaciones rústicas no se logran controlar fácilmente ninguno de los parámetros que rigen el proceso. Esto trae

consigo que se produzcan elevados gradientes de temperaturas, así como otras afectaciones que perjudican el adecuado desarrollo de la fermentación. (Sosa, et al., 2012).



Fermentación en biorreactores: los más estudiados para la fermentación en estado sólido han sido los de bandeja y los de tambor rotatorio, existen también varios biorreactores utilizados a nivel de laboratorio como son cajas Petri y matraces Erlenmeyer que son los más operados por su simplicidad ya que no necesitan aireación ni agitación solo se controla la temperatura del cuarto de incubación.

(Ruíz Leza, et al., 2007).



Las FES pueden clasificarse en procesos estáticos o dinámicos y de ello van a depender el diseño de los biorreactores a utilizar. Para el diseño de estos en FES no se conocen principios generales ni reglas establecidas y aceptadas, cada sistema sustrato-microorganismo requiere de un diseño y condiciones de ingeniería específicas. Tanto el diseño, como los criterios de escalado se basan en estudios de transferencia de calor y masa y, principalmente, en resultados y experiencias acumuladas de las investigaciones realizadas. En ellos deben tomarse en consideración el tipo de microorganismo, la estructura de la matriz sólida, las condiciones

necesarias para el cultivo y el objetivo del trabajo (investigación o aplicación industrial) (Perez Quilantan , 1996).

Las distintas categorías de biorreactores para los procesos de FES: la escala de laboratorio y la piloto e industrial. En el primer caso se utilizan comúnmente placas Petri, frascos cónicos, beakers, botellas o jarros y frascos Roux. Mientras que para escalas mayores se tienen principalmente los fermentadores de bandeja, los de cama empacada y los de tambor rotatorio. En estos últimos se presentan algunas dificultades debido generalmente a los altos gradientes de temperatura que se producen durante el proceso, lo cual afecta el rendimiento del birreactor. (Ruíz Leza, et al., 2007).

2.5. Características de las FES

Dentro de las características más importantes de las FES se encuentran:

- Puede involucrar cultivos mixtos, microbiota indígena y la del sustrato, o ambas;
- Provee de un ambiente selectivo para un gran número de hongos filamentosos, bacterias y actinomicetos;
- Las enzimas hidrolíticas para la degradación de compuestos de alto peso molecular que son extracelulares, podrán estar libres o adheridas a la superficie de la matriz;
- Proveen de mezcla de fuentes de energía y carbono y una diversidad de fuentes complejas de nutrientes;
- El crecimiento microbiano y la formación del producto ocurren cerca o en la superficie de la fase líquida, la cual está en la interface sólido-gas;
- Crecimiento apical del micelio podría permitir que se produzca simultáneamente metabolismos secundario y primario en diferentes partes del micelio;
- Los hongos comúnmente empleados son aerobios estrictos;
- Los sustratos comúnmente empleados incluyen granos de cereales, legumbres y residuos lignocelulósicos, entre otros;

- El sustrato sólido debe estar en una forma que permita la libre circulación de aire;
- El nivel de humedad del sustrato sólido, así como las demás variables a tener en cuenta en el proceso, se debe determinar para cada especie y, probablemente, para cada cepa, en dependencia del proceso productivo en cuestión;
- El nivel de líquido del sustrato para la fermentación no debe sobrepasar su nivel de retención, se toma como límite superior un 80 % de humedad;
- La presencia de compuestos de carbono de altos y bajos pesos moleculares hace complejos los procesos de inducción, represión e inhibición de las enzimas;
- La humedad ligada y libre de forma externa o interna, respecto a la superficie sólida, existe en una proporción determinada por la isoterma característica del sustrato;
- La interface líquido-gas es el límite para el intercambio de oxígeno-dióxido de carbono y para la transferencia de energía cuando la relación entre la superficie del líquido y el volumen es alta;
- La densidad de biomasa de la fase líquida puede ser elevada y esto da como resultado una demanda de oxígeno y una producción de dióxido de carbono muy alta, combinado con un incremento de la temperatura; (Angamarca Patiño, 2013).

2.6. Ventajas y desventajas de las FES

Entre las ventajas los siguientes aspectos:

- Los medios de cultivo son simples, generalmente subproductos agrícolas que presentan un alto contenido de los nutrientes necesarios.
- La baja actividad del agua es de gran ayuda para evitar las contaminaciones, especialmente de bacterias y levaduras.
- La aireación forzada es facilitada por la porosidad del soporte, lo que permite una alta transferencia de oxígeno al microorganismo.

- El proceso de recobrado es simplificado. Algunos productos son utilizados integralmente como alimento animal, productos para el control biológico, etc.

Entre las principales desventajas se encuentran:

- Su aplicación se limita a microorganismos que crecen en bajos contenidos de humedad.
- La extracción del calor metabólico puede ser un problema, sobre todo cuando se trabaja a gran escala y no se controla el proceso.
- La naturaleza sólida del sustrato trae problemas al medir los parámetros de la fermentación, tales como el pH, la temperatura, el contenido de humedad y la concentración de sustrato y productos.
- Muchos aspectos ingenieriles como el diseño de reactores y el escalado están muy poco caracterizados.
- El tiempo de fermentación es mayor debido a que generalmente se utilizan microorganismos que presentan bajas velocidades específicas de crecimiento.

(Chávez González, et al., 2009).

2.7. Parámetros de FES.

Para obtener buenos resultados de la fermentación en estado sólido se necesita considerar las relaciones que existen entre la fisiología de microorganismos y los factores fisicoquímicos de los procesos, para ello se tiene en cuenta parámetros como:

(Santis Navarro, 2013).

Sustrato: El sustrato usado para la fermentación en estado sólido debe tener la característica de ser insoluble en agua para poder mantener su condición de cultivo en estado sólido, además de un elevado contenido de carbohidratos y proteínas, una estructura granular que ayude a la adhesión y penetración del microorganismo. Estos aspectos pueden considerar un posible elevado costo que condiciona en gran medida el proceso, los materiales usados en la fermentación en estado sólido

básicamente deben poseer características físicas similares en cuanto a porosidad, dureza, tenacidad y bajo costo (Moyano Bautista, 2014).

Contenido en humedad del sustrato: Uno de los factores más críticos en los procesos de fermentación en estado sólido viene a ser la humedad, el valor óptimo de contenido en humedad dependerá tanto de los microorganismos como también de la matriz sólida a utilizar, por tanto se recomienda que el contenido de humedad para la matriz orgánica debe tener rangos de 40 – 60%, ya que altos porcentajes de humedad dan como resultado baja porosidad del sustrato que a su vez impide la penetración de oxígeno, mientras que un bajo contenido en humedad conduce a una mala difusión de nutrientes que obstaculizará el crecimiento microbiano. (Santis Navarro, 2013).

Temperatura: El parámetro ambiental que afecta la velocidad de crecimiento de la flora microbiana es la temperatura, en función de esta se determinan cambios de la velocidad de crecimiento. Si la temperatura llega a bajar a un punto mínimo no habrá un crecimiento microbiano, pero si existen temperaturas mayores se dan incrementos lineales en la velocidad del crecimiento hasta que llega al máximo donde será una temperatura óptima, si esta llega a estar por encima de la temperatura óptima decae la velocidad de crecimiento y se genera una muerte celular. (Santis Navarro, 2013).

Aireación y agitación: La agitación permite la transferencia de masa a nivel interparticular siendo este el más importante proceso ya que hay una difusión de gases en especial la transferencia de oxígeno, además de depender de los espacios que existan en la masa de fermentación y de aireación, sin embargo las tasas de aireación son de acuerdo al tipo de microorganismo y los requerimientos del producto objetivo el grado de eliminación de calor y CO₂, el espesor de la capa del sustrato a emplear y

los espacios intersticiales, en varias literaturas se requiere efectuar agitaciones más o menos intensas para ayudar a eliminar el CO₂ formado y renovar el aire entre los espacios, pero en cambio en otros casos se cree que la agitación no es muy aconsejable por daño en los micelios debido a que la mayor parte de sustratos utilizados son cultivos poliméricos.

(Moyano Bautista, 2014)

pH: El pH viene a ser uno de los factores más críticos durante la fermentación en estado sólido ya que su control y seguimiento durante el proceso es dificultoso, también es debido a la naturaleza de los materiales fermentados por ser sólidos en ausencia de agua libre, por lo que es recomendable ajustar la medida del pH del sustrato al inicio de la fermentación para eliminar la necesidad de su control, usualmente se realizan humectaciones a los sustratos con soluciones tampón para evitar variaciones en el pH.

(Moyano Bautista, 2014) (Santis Navarro, 2013)

Microorganismos: Los micro hongos son los microorganismos seleccionados para la fermentación en estado sólido, debido a dos motivos, el primero la facultad de utilizar mezclas de polisacáridos, ya que los microhongos tienen sistemas enzimáticos que les permiten utilizar fuentes de carbono, y la segunda su capacidad de adherencia y penetración en las partículas del sustrato, gracias a su estructura micelial de los hongos filamentosos tienen esta ventaja frente a otros microorganismos.

(Moyano Bautista, 2014)

2.8. Procesos de fermentación en estado sólido aplicados a diferentes residuos de cosechas

Los residuos agroindustriales y otros subproductos con altos niveles de celulosa como el bagazo de caña, pulpa de remolacha, cascarilla de café, semillas y bagazo de manzana, han vuelto a tener una gran importancia

por su enriquecimiento proteico, mediante sistemas de fermentación en estado sólido con el fin de producir productos para uso industrial y alimenticio como proteína unicelular, champiñones, enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, metabolitos secundarios biológicamente activos. Los procesos fermentativos en condiciones anaerobias logran un rendimiento algo más de 3 moles de ATP por mol de glucosa fermentada, caso contrario en fermentaciones aerobias son más productiva en cuanto a la síntesis de ATP, logrando más de los 30 moles por mol de carbohidrato fermentado.

(Moyano Bautista, 2014)

2.9. Valor nutricional de los alimentos fermentados

Generalmente, durante la fermentación se observa un incremento en la fracción soluble del alimento, así como la cantidad y calidad de las proteínas expresadas en su valor biológico, y también con frecuencia, incrementa el contenido de vitaminas hidrosolubles, mientras que los factores antinutricionales (fenoles, taninos condensados, saponinas, cianógenos y alcaloides). Muestran una disminución. Se pudiera resumir que como resultado de las fermentaciones hay un incremento en las concentraciones de vitaminas, minerales y proteínas en términos absolutos, además se incrementó significativamente la cantidad total de azúcares solubles, el contenido de azúcares reductores y no reductores con una simultánea disminución en su contenido de almidones, cuando estudió la harina de pera molida fermentada con cultivos simples y mixtos de levadura y lactobacilos. Al estudiar varias leguminosas la fermentación también provoca incrementos en la digestibilidad de los almidones.

También se observaron que al cocinar y fermentar semilla de sorgo, se lograba mejoría de la calidad de los nutrientes y disminuía mucho más el contenido de factores antinutricionales, que cuando se empleaba otro tipo de procesamiento.

(Tacon, 1995)

2.10. Síntesis De Proteína Microbiana

Las bacterias, protozoos y hongos que conforman el ecosistema difieren en sus requerimientos de nutrientes y en su metabolismo. Toman su alimento a partir de polisacáridos, azúcares, proteínas, etc., para generar energía que requieren para mantener su homeostasis y garantizar su crecimiento, proceso que comprende la síntesis de monómeros (como la síntesis de novo de aminoácidos) y su polimerización (como la elongación de las cadenas polipeptídicas) (Rodríguez, et al., 2007), entre los microorganismos que sintetizan la proteína están los celulolíticos que incluyen hongos y bacterias, aerobios y anaerobios, mesófilos y termófilos que ocupan gran variedad de hábitats, entre los hongos se destaca: *Trichoderma reesei*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Fusarium solan*, *Penicillium funiculosum*, Las bacterias celulolíticas más abundantes y conocidas son *Cellulomonas* sp., *Microbispora bispora*, *Thermomonospora* sp. (Gaitan Bohorquez & Perez Perez, 2007)

Los microorganismos ligninolíticos no son capaces de usar como su única fuente de energía y carbono a la lignina, estos microorganismos dependen de los polisacáridos más digeribles de los sustratos ligninocelulolíticos, por esto, la principal razón para la degradación de la lignina es dejar expuestos estos polisacáridos. Se conoce que en la mayoría de microorganismos, la degradación de la lignina se produce bajo limitación de nutrientes, es decir que el hongo evita sintetizar los componentes descomponedores, entre algunas de estas enzimas degradadoras se encuentran las peroxidasas, manganeso peroxidasa, peroxidasa versátil y la lacasa.

(Pedraza Zapata, 2014)

En cuanto a los ácidos grasos estos se degradan en unidades de C_2 a través de la β -oxidación formando acetil-CoA, y son sintetizados a partir de esta molécula en una vía diferente. La β -oxidación estará en función de la concentración de ácidos grasos presentes en la molécula, la cual a su vez depende de la actividad de la enzima triacilglicerol lipasa que se encuentra en el tejido adiposo. La enzima es estimulada por reacciones de fosforilación/defosforilación dependientes de cAMP, gracias a la acción

de glucagón y epinefrina, e inhibida por insulina. En resumen se puede indicar que la síntesis de ácidos grasos depende de la actividad de la acetil-CoA carboxilasa, la cual es activada por citrato e inhibida por el producto de la vía en palmitoil-CoA (que es el precursor de ácidos grasos de cadena mayor o insaturados). Esta vía es controlada a largo plazo a través de alteraciones en la velocidad de síntesis de las enzimas, lo cual es estimulado por la insulina e inhibida por ayuno. (Vazquez Contreras, 2003)

La fibra alimentaria no puede ser degradada enzimáticamente en el intestino delgado de los mamíferos, pero, sin embargo, sí es fermentable en el intestino grueso con varios grados de degradación. El grado de degradación varía considerablemente según cuáles sean los polisacáridos presentes; así, pectinas, mucílagos y gomas pueden ser completamente degradados, mientras que la celulosa sólo lo es parcialmente^{1, 2}. Junto con los hidratos de carbono digeridos por el hombre (monosacáridos, disacáridos y almidón), las bacterias del colon son capaces de degradar una serie de oligosacáridos y polisacáridos de la fibra alimentaria. El colon se llena normalmente con residuos de alimentos no digeridos a lo largo del intestino delgado y con una cantidad variable de agua y electrólitos, bacterias, células de descamación de las mucosas y sustancias orgánicas e inorgánicas secretadas o excretadas. El metabolismo de la fibra alimentaria puede verse influenciado por la interacción de estos materiales.

La degradación bacteriana de la fibra alimentaria en el colon sigue dos estadios distintos: una hidrólisis extracelular de los polisacáridos a monosacáridos o disacáridos, y una descomposición intracelular de los monosacáridos para ser posteriormente absorbidos.

(Meseguer Soler, et al., 1998)

La urea: depende de la hidrólisis que realizan las ureasas microbianas y/o vegetales y de la presencia de agua para su transformación en

amoníaco, reaccionando para formar hidróxido de amonio y cierta cantidad de gas amoniacal, lo que provoca un aumento en el pH (Borges, et al., 2011)

2.11. El chontaduro

El chontaduro (*Bactris gasipaes Kunth.*) conocido como pijiguao, pijibaye o pijiguayo, es una palmera multipropósito de zonas tropicales de América Latina, sus frutas son ricas en almidón y contribuyen a la seguridad alimentaria e ingresos en efectivo de los agricultores que la cultivan.

En la Amazonia ecuatoriana es considerada como una especie promisoría para la alimentación de los pueblos indígenas y cada vez ha ido insertándose en la dieta de colonos. Es empleada también en la alimentación avícola y porcina, y presenta buena calidad de frutos. En la agroindustria el palmito es considerado como una fuente de ingreso puesto que es muy apetecido inclusive en mercados internacionales. Se caracteriza por alcanzar altos rendimientos para uso agroindustrial, sus tallos tienen usos madereros y gran potencial oleífero, con alta capacidad antioxidante (Mosquera Perea, et al., 2013)

El aceite obtenido del chontaduro es utilizado en la alimentación de pollos de engorde y la harina integral en la alimentación de cerdos, por sus altos valores nutritivos en proteína y carbohidratos se recomiendan su uso como fuente energética en dietas para aves, cerdos y bovinos. (Mosquera Perea, et al., 2013)

De acuerdo a estudios realizados la cáscara de chontaduro constituye 22% del peso del fruto, y es empleada para la obtención de aceites y en la alimentación de pollos de engorde en la fase de engorde sin deterioro en las características de producción. De acuerdo a estudios realizado, los frutos de chontaduro contienen 2.3% de PB (Peso bruto), 63.65% de

FDN (Fibra en Detergente Neutro), 13.4% de FDA (Fibra en Detergente Ácido), y 4.5% de LDA (Lignina en Detergente Ácido).

(Mosquera Perea, et al., 2013)

La chonta o chontaduro es una palma, cuyo tallo alcanza aproximadamente alturas mayores a 20 m, frecuentemente las plantas tienen de 12 a 15 cm de alto y un diámetro de entre 15 y 30 cm. Los tallos presentan espinas de hasta 8 cm de longitud. Estas espinas protegen a la planta contra los daños mecánicos, evitando que el agua de las lluvias caiga directamente en el estípite y así se disminuye la presencia de insectos, hongos y plantas epífitas que aparecen por la acumulación de la humedad, el tallo generalmente produce brotes

Los frutos en estado inmaduro son verdes, al madurar varían entre amarillo claro a rojo. La semilla es dura y de color oscuro, con una almendra blanca que es similar en color y textura al coco verde. Anualmente pueden producirse 25 racimos de frutos por tronco, aunque normalmente es de 5 a 15. Las raíces son generalmente laterales y superficiales, gruesas y sin pelos, forman una red tupida de aproximadamente 10 m; depende de las micorrizas para la toma de nutrientes (especialmente fósforo) a menor temperatura y mayor sombra más se favorece la formación de micorrizas.

El fruto del chontaduro (*Bactris gasipaes*), es una fuente rica en nutrientes que se comercializa con mínima transformación (sólo cocción) y, hasta el momento no hay investigaciones relacionadas con la obtención de productos de valor agregado a partir de éste, tales como aceites, harinas y lecitinas, que impulsen la industrialización del chontaduro en el país.

(Chaparro Vega, 2011)

Los racimos originados por las inflorescencias a la maduración puede contener de 80 a 250 frutos y pesar 10 a 15 Kg, cada fruto puede pesar entre uno y más de 100 gr de color amarillo, naranja o rojo, opacos o

brillantes según la variedad. Cada fruto o drupa (coco en miniatura) recubierto con una capa amilacia o epicarpio delgado de espesura variable con forma cónica, ovoide o espiral miden de 2,5 a 5,0 cm, contiene una semilla (endospermo) de color oscuro, la semilla es cónica u ovoide dura y aceitosa de 1 a 4 cm de largo, con una almendra blanca

(Escobar Acevedo, et al., 1998)

2.12. Composición química de la cáscara de chontaduro

Una vez cosechados los racimos se almacenan, evitando apilarlos. Los frutos no deben ser almacenados por largos periodos de tiempo, preferible máximo dos días.

(Escobar Acevedo, et al., 1998)

Se determinó en las tres variedades, su contenido de materia seca, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno, extracto etéreo y ceniza por medio de la técnica de Weende, los valores de fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina fueron determinados por medio de la metodología de Van Soest, la energía bruta por medio de bomba calorimétrica y el perfil de ácidos grasos por medio de cromatografía de gases. Los resultados obtenidos mostraron un contenido de energía bruta de 4,46 Mcal/Kg para la variedad amarilla, 5,42 Mcal/Kg de la variedad naranja y 5,43 Mcal/Kg para la variedad roja; bajos niveles en los valores de fibra y lignina encontrándose para la variedad amarilla 14,4 % de fibra detergente ácida (FDA), 18,45% de fibra detergente neutra (FDN) y 1,71% para lignina, para la variedad naranja 15,31% de FDN, 10,86% de FDA y 2,46% de lignina y para la variedad roja 17,3% de FDN, 11,71% de FDA y 2% de lignina.

Los resultados de la fracción lipídica expresaron mayor contenido para los ácidos oleico, linoleico, palmitoleico y palmítico, mostrando en su orden los siguientes resultados: para la variedad amarilla 557,84 mg/g, 84,85 mg/g, 66,98 mg/g y 253,26 mg/g, en la variedad naranja 535,87

mg/g, 99,7 mg/g, 74,12 mg/g y 253,15 mg/g y en la variedad roja 540,77 mg/g, 87,84 mg/g, 80,68 mg/g y 255,31 mg/g. Entre las tres variedades analizadas se observó mayor cantidad de ácido palmitoleico en la variedad roja, del ácido oleico en la variedad amarilla y del ácido linoleico en la variedad naranja.

Se concluye por su contenido nutricional, que este residuo agroindustrial tiene potencial como suplemento energético, pudiendo ser suministrado tanto en rumiantes como no rumiantes; es conveniente realizar mayores investigaciones de esta materia prima.

La cáscara de chontaduro (*B. gasipaes Kunth.*), debido a su alta digestibilidad (78,9%) también es una buena opción para programas de alimentación animal.

(Márquez Salinas, 2014)

2.13. Las barras energéticas

Las barras energéticas constituyen un complemento calórico y nutricional para casos en los que haya que incrementar la energía o los nutrientes que aporta la dieta. Estos productos son comercializados bajo diferentes marcas y que, en poco espacio y peso, aportan gran cantidad de energía. En el mercado se encuentran varias presentaciones en cuanto a su sabor, peso y presentación, el peso de cada unidad, envuelta individualmente, suele oscilar entre los 25 y los 70 gramos, y resultan muy fáciles de transportar, conservar y tomar, datos a tener en cuenta cuando se deben portar durante mucho rato. Por estos motivos, su uso se está generalizando en muchos terrenos como el deportivo.

En la barra energética su textura y sabor son objeto de estudio y mejora constante, y esto hace que los tipos, marcas y ejemplares de barritas diferentes se hayan multiplicado en los últimos tiempos, y que sus composiciones y perfiles varíen con mucha rapidez. De ahí que su seguimiento sea complejo.

Se ha demostrado que las barras energéticas proporcionan grandes cantidades de energía debido a que se encuentran formadas por azúcares solubles y estructurales, por su alto contenido de fibra soluble es consumido en la dieta de personas deportistas y con problemas de obesidad. La mayor parte de las barritas aportan entre 3-5 kilocalorías por gramo. Asimismo, este extra energético se obtiene principalmente a partir de hidratos de carbono, aunque no de forma exclusiva. Las barritas contienen también grasas y proteínas, además de vitaminas y minerales.

Los hidratos complejos también se transforman en kilocalorías, pero su liberación es más lenta, por lo que el aporte de energía es más continuo y mantenido. Esta característica será quizás la más interesante de las barritas.

Los lípidos también se transforman en energía, pero de forma mucho más lenta y progresiva, y este comportamiento se aprovecha cuando queremos que el efecto se prolongue más en el tiempo.

Muchas de ellas contienen vitaminas del grupo B y vitamina C, que ayudan en el metabolismo energético. Algunas también vienen reforzadas con minerales.

Respecto a los ingredientes habituales de las barritas energéticas encontramos los cereales, fructosa, glucosa, lactosa, sacarosa, miel, chocolate, frutas, frutos secos, lácteos, soja. También se caracterizan por tener un contenido en agua relativamente bajo, es decir, son productos secos.

(Alonso Pardo, 2014)

2.14. Importancia de las barras energéticas

Las llamadas concretamente “barritas energéticas” son productos diseñados exclusivamente para contribuir al desempeño deportivo al estar elaboradas con cereales y azúcares de fácil absorción que proveen de energía suficiente para evitar hipoglucemias y la rápida aparición de fatiga. Pero además, existen barritas con agregado de frutas o aminoácidos, cuya finalidad difiere de las primeras, ya que un producto enriquecido en proteínas vegetales podría ser más útil para personas vegetarianas que por medio de éstas consiguen aminoácidos que no encuentran en otros alimentos vegetales (Gottau, 2008)

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El trabajo experimental se realizó en los Laboratorios de Agroindustria, Bromatología y Química de la Universidad Estatal Amazónica ubicada en el Km 2 ½ vía Napo (Paso Lateral), Cantón Pastaza, Parroquia Puyo, Provincia de Pastaza, por un lapso de seis meses.

3.2. Condiciones meteorológicas

En la provincia de Pastaza existen cuatro cantones, entre ellos está el cantón Pastaza sitio donde se realizó la presente investigación, el cual limita al norte con el cantón Arajuno, al sur con la provincia de Morona Santiago, al este con la república del Perú y al oeste con el cantón Mera y Santa Clara. Las condiciones meteorológicas del cantón Pastaza se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas donde se realizó el experimento

PARAMETROS	MEDIDA
Altitud	954 m.s.n.m
Humedad relativa	85%
Temperatura	25,9 °C
Pluviosidad	4500 mm/año

Fuente: estación meteorológica INAMHI, Pastaza 2015

3.3. Materiales y Equipos

Materiales

- pH metro
- Termómetro
- Erlenmeyer
- Asas de incubación
- Placas Petri
- Vasos de precipitación

Equipos.

- Incubadora
- Balanza
- Estufa
- Mufla
- Equipo kjeldahl
- Equipo extractor de gas.
- Equipo determinador de fibra.
- Equipo electroforesis.
- Bombas calorimétricas.

3.4. Factores de estudio.

Los factores de estudio evaluados fueron el tiempo de fermentación de la cáscara de chonta con y sin adición de inóculo (*Saccharomyces Cerevisiae*) (0, 3, 6, 9 y 12 días) a los cuales se les realizó análisis bromatológicos de (pH, proteína, fibra, ceniza, grasa y humedad) con el fin de observar en que día hay un aumento en la proteína y degradación en fibra. Una vez escogida la cáscara de chontaduro con el mejor día de fermentación, se evaluó el efecto de las diferentes concentraciones de adición de cáscara fermentada (0%,5% ,10% ,15%) en la formulación de una barra energética nutritiva para observar en que tratamiento hay mayor concentración de proteína y menor fibra junto con el resto de ingrediente de la fórmula.

3.5. Diseño experimental

La presente investigación se realizó en dos fases

Fase1 sin inóculo:

La fermentación de la cascara de chonta. Se preparó muestras a partir de 300 g para cada lote de (0, 3, 6, 9,12 días) y sus dos respectivas repeticiones de cada tiempo de fermentación, con cáscara de chonta molida para que tenga una buena oxigenación durante el proceso fermentativo, además adicionando 1,5 % de urea, 0,20% de sulfato de amonio y 0,5 % de un suplemento vitamínico y mineral.

Con inóculo:

La fermentación con inóculo se realizó con muestras preparadas a (0, 3, 6, 9,12 días) con las mismas replicas y porcentajes de cáscara de chontaduro utilizados en la fermentación sin inóculo, para luego agregar (*Saccharomices Cereviceae* 1%) para experimentar si con la ayuda de levaduras se acelera el proceso fermentativo, ya que consume carbohidratos y fuentes de nitrógeno, es un microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad.

(Díaz Plascencia, 2009)

El diseño experimental que se aplicó para la presente investigación fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial A x B con tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Valor estimado de la variable.

μ : Media general.

α_i : Efecto de los niveles con y sin inóculo (A)

β_j : Efecto de los ensayos en el tiempo (B).

$\alpha\beta_{ij}$: Efecto de la interacción (AB).

E_{ij} : Error experimental.

Tabla 2. Diseño de tratamientos por fermentación en estado sólido de la cáscara de chonta.

FACTOR A	FACTOR B	CODIGO	REPET.	TUE (g)	T/Rep. (g)
SIN INOCULO	0 DIAS	A0B0	3	300	900
	3 DIAS	A0B1	3	300	900
	6 DIAS	A0B2	3	300	900
	9 DIAS	A0B3	3	300	900
	12 DIAS	A0B4	3	300	900
CON INOCULO	0 DIAS	A1B0	3	300	900
	3 DIAS	A1B1	3	300	900
	6 DIAS	A1B2	3	300	900
	9 DIAS	A1B3	3	300	900
	12 DIAS	A1B4	3	300	900

Fuente: Velóz, A. (2015)

A0B0: sin inóculo, 0 días, A1B0: con inóculo, 0 días
A0B1: sin inóculo, 3 días, A1B1: con inóculo, 3 días
A0B2: sin inóculo, 6 días, A1B2: con inóculo, 6 días
A0B3: sin inóculo, 9 días, A1B3: con inóculo, 9 días
A0B4: sin inóculo, 12 días, A1B4: con inóculo, 12 días

Fase 2

Elaboración de la barra energética. El diseño experimental que se aplicó para la presente investigación fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos, y cuatro repeticiones.

El modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j$$

Tabla 3. Formulación de la barra energética con diferentes concentraciones de cáscara de chonta fermentada.

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS							
	T0		T1		T2		T3	
	%	g	%	G	%	G	%	g
Cáscara de chontaduro fermentada	0	0	5	8,5	10	17	15	25,5
Avena	40	68	35	59,5	30	51	25	42,5
Azúcar	20	34	20	34	20	34	20	34
Miel de caña	20	34	20	34	20	34	20	34
Mantequilla	5	8,5	5	8,5	5	8,5	5	8,5
Maní de árbol	10	17	10	17	10	17	10	17
Pasas	5	8,5	5	8,5	5	8,5	5	8,5
TOTAL	100	170	100	170	100	170	100	170

%; PORCENTAJE DE CADA INGREDIENTE, g: CANTIDAD DE CADA INGREDIENTE EN GRAMOS

Fuente: Velóz, A. (2015)

3.6. Mediciones experimentales

✓ **Parámetros fermentativos (cáscara de chonta):** pH, temperatura, conteo de levaduras, ácidos grasos de cadena corta (AGCC), proteína verdadera (PV), análisis bromatológico.

✓ **Características físico-químicas (barra energética):** Se evaluó el contenido de humedad, proteína, fibra, grasa, cenizas, ELN (extracto libre de nitrógeno), aporte energético, de cada uno de los tratamientos de la barra energética con diferentes concentraciones (0, 5, 10,15%) de cáscara de chontaduro fermentada.

- ✓ **Evaluación sensorial:** Se realizó una evaluación sensorial afectiva de comparación pareada por preferencia con un panel de 20 catadores no entrenados en base a conocimiento de barras energéticas.
- ✓ **Análisis Microbiológicos:** la evaluación microbiológica determinó Aerobios mesófilos, hongos y coliformes.

3.7. Metodología de evaluación

3.7.1. Análisis físico químico

Para la evaluación del contenido de nutrientes que presenta la barra energética con diferentes niveles de cáscara de chonta fermentada en estado sólido, se procedió a tomar muestras de 100 g de las diferentes unidades experimentales las cuales fueron enviados al Laboratorio de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato - INIAP, de acuerdo a los resultados obtenidos se realizó los respectivos análisis estadísticos e interpretación de resultados.

Humedad %: AOAC/ Gravimétrico.

Materia seca %: AOAC/ Gravimétrico.

Proteína %: AOAC/ Kjeldahl.

Grasa %: AOAC/ Goldfish.

Ceniza %: AOAC/ Gravimétrico.

pH: AOAC/ Potenciómetro.

3.7.2. Análisis Microbiológico

En el análisis microbiológico se tomaron dos unidades de barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chonta fermentada, para luego enviar las muestras al Laboratorio de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, de acuerdo a los resultados obtenidos se realizó los respectivos análisis estadísticos e interpretación de resultados.

3.7.3. Análisis Organoléptico

Para el análisis y obtención de resultados organolépticos de la barra con diferentes niveles de cáscara de chonta fermentada se emplearon hojas de cata, a estudiantes provenientes de la carrera de agroindustria, donde se registró la aceptación del producto bajo los atributos expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 4 . Atributos organolépticos a calificarse

Atributo	Calificación
Apariencia y color	5 puntos
Olor	5 puntos
Textura en boca	5 puntos
Sabor	5 puntos
Total	20 puntos

Fuente: Veloz, A. (2015).

El panel calificador cumplió con ciertas normas como:

- Que exista estricta individualidad entre panelistas para que no haya influencia entre los mismos.
- Disponer a la mano de agua suficiente para equiparar los sentidos y no haber ingerido bebidas alcohólicas u otros alimentos.

3.8. Manejo del experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de la U.E.A. correspondiente.

1. RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

La chonta fue llevada al laboratorio de la U.E.A para la obtención de la cáscara que se utilizara como materia prima para el proceso de experimentación de la fermentación en estado sólido.

2. SELECCIONAR

Se seleccionó las cáscaras de chontaduro que se encontraban en buen estado para tener una adecuada fermentación, separando las que se iban a utilizar con inóculo (*Saccharomyces Cerevisiae*) y sin inóculo.

3. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE MATERIA PRIMA

En esta fase se procedió a la limpieza de la cáscara de chontaduro seleccionada para fermentarse, pero sin utilizar desinfectantes puesto que se requiere de la flora epífita para el proceso tanto en la experimentación con y sin inóculo.

4. PESADO

Se pesó y molió la cáscara de chontaduro hasta tener 300 gramos para los distintos tratamientos con y sin inóculo (0, 3, 6, 9, 12 días) y sus respectivas dos replicas.

5. PREPARACION DEL INOCULO Y COLOCACION

Se activó 1% de levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*), para colocar en la cascara de chontaduro molida, que debían llevar este inóculo para fermentar.

6. DISTRIBUCION EN RECIPIENTES.

Una vez pesado las proporciones de cáscara de chontaduro para cada uno de los días y tratamientos con y sin inóculo, se procedió a ubicarla

en distintos frascos etiquetados con el día que tenía que terminar la fermentación (0, 3, 6, 9,12 días) para su posterior análisis bromatológico.

7. FERMENTACIÓN

Una vez colocada las respectivas muestras de cáscara de chontaduro en los frascos, se procedió al reposo de cada muestra a una temperatura ambiente, para cada 24 horas controlar el proceso de fermentación con volteos que ayudaran a oxigenar la cáscara liberando el CO₂.

8. CONTROL DE PARÁMETROS

Los frascos con cáscara de chontaduro se procedieron a controlar los parámetros de tiempo, temperatura, humedad, pH para evitar descomposición de las muestras.

9. OBTENCIÓN DE CÁSCARA FERMENTADA

Una vez fermentada la cáscara del chontaduro se realizaron los análisis bromatológicos a cada una de las muestras que salían fermentadas en su respectivo día (0, 3, 6, 9,12 días), y se seleccionó la materia prima que ha cumplido con todos los parámetros nutricionales requeridos para la barra energética, que en este caso debían ser la muestra con mayor porcentaje de proteína y disminución considerable en la fibra.

10. SECADO Y PULVERIZADO

Después de haber obtenido y seleccionado la cáscara de chontaduro con el mejor tiempo de fermentación, se procedió a secar las muestras en la estufa por 24 horas a 60°C, donde se eliminaría la humedad que se produjo durante la fermentación, ya secada la cáscara se pulverizo en el molino eléctrico.

11. FORMULACION DE LA BARRA ENERGETICA

Obtenida la materia prima seca y molida se procedió a la formulación de los distintos tratamientos de barras energéticas (0%,5%, 10%,15%) con el resto de ingrediente como son: avena, azúcar, miel de caña, mantequilla, maní de árbol, pasas, para por ultimo hornearlas a 85°C.

12. ANÁLISIS EN FUNCIÓN DE LA NUTRICIÓN

Finalizada la formulación de los distintos tratamientos de la barra energética, se procedió a realizar los análisis de proteína digerible y fibra a cada uno de ellos, para obtener sus valores nutricionales y seleccionar el tratamiento que cumpla con los requerimientos energéticos, proteicos y fibra.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA (CÁSCARA DE CHONTA)

El análisis físico químico, de la cáscara de chontaduro fermentada presentó un contenido de Materia seca de 44,34%, en cuanto al contenido de proteína bruta, se obtuvo un valor de 8,07%, 21,14% de grasa, 3,05% de ceniza y una considerable cantidad de fibra 11,45%, como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis proximales de cáscara de chontaduro con y sin fermentar

SIN FERMENTAR		MEJOR RESULTADO AL FERMENTAR (A0B1)	
Análisis	%	Análisis	%
pH	5,8	pH	6,35
Materia seca	44,34	Materia seca	39,62
Humedad	55,08	Humedad	60,45
Ceniza	3,05	Ceniza	3,46
Proteína	8,07	Proteína	11,65
Fibra	11,45	Fibra	7,29
Grasa	21,14	Grasa	8,90

Fuente: Veloz, A. (2015).

Con respecto al contenido de humedad de la cáscara de chontaduro, se encontró en un porcentaje de 55,08%, lo cual nos da a conocer que es un porcentaje adecuado para la fermentación como lo menciona (Moyano Bautista, 2014), sobre la fermentación en estado sólido de la papa donde reportan porcentajes de humedad dentro de este rango, lo cual ayuda a un buen crecimiento microbiano para mejorar las características nutricionales.

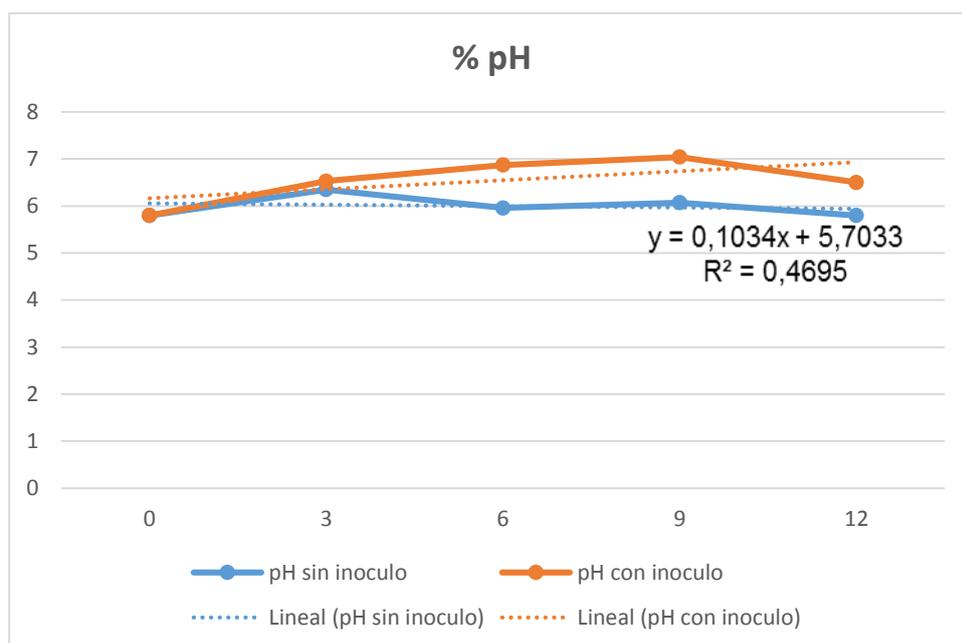
Otro aspecto importante a tomar en cuenta para un proceso de fermentación es la determinación de pH, en la cáscara de chontaduro se encuentra en un 5,8, lo cual resultó en un rango positivo para los fines de la investigación cuyo objetivo fue lograr el crecimiento de microorganismo (Moyano Bautista, 2014) para efectuar una fermentación en estado sólido que ayude a mejorar las características nutricionales de la materia prima.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FERMENTATIVOS DE LA CÁSCARA DE CHONTADURO

Determinación de pH

En el análisis de varianza se evidencia diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para esta variable por efecto de tiempo. En el Grafico 1 se puede observar que a medida que transcurre el tiempo de fermentación el pH de la cáscara de chontaduro se incrementa hasta el día tres para el tratamiento A0B1 con un valor de 6.35, posterior a este el pH decrece hasta el día doce (A0B4) en 5.80. Mientras que en el tratamiento A1B3 el pH alcanza un valor de 7.04 al día nueve y decrece hasta un valor de pH de 6.5 al día doce para el tratamiento A1B4. Según lo detalla (Díaz Plascencia, 2009), en el desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos fermentados en estado sólido, se observa que el pH se incrementa cuando existe una combinación de levaduras. (Moyano Bautista, 2014), menciona que la acción que ejercen los microorganismos sobre el sustrato incrementa la producción de NH_3 y reduce la producción de ácidos orgánicos, lo que influye directamente sobre el incremento del pH.

Gráfico 1. Determinación de pH de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inóculo, 0 días, A1B0: con inóculo, 0 días
A0B1: sin inóculo, 3 días, A1B1: con inóculo, 3 días
A0B2: sin inóculo, 6 días, A1B2: con inóculo, 6 días
A0B3: sin inóculo, 9 días, A1B3: con inóculo, 9 días
A0B4: sin inóculo, 12 días, A1B4: con inóculo, 12 días

El análisis de regresión nos indica que el valor de pH depende por un 46,95% del tiempo de fermentación mientras que por el 53,05% obedece a otros factores no considerados en la presente investigación.

Determinación de Materia seca (MS)

En cuanto al porcentaje de materia seca se evidencia que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos observándose un mayor porcentaje de MS en el tratamiento A1B0 (45%), a medida que transcurre el tiempo de fermentación, la MS disminuye hasta 29,94% para el tratamiento A1B3, Este comportamiento se debe a la disminución a una desaminación de péptidos y aminoácidos con la producción de amoníaco que se pudiera volatilizar en dependencia del

pH final de la fermentación, también por los procesos metabólicos de los microorganismos como lo menciona (Moyano Bautista, 2014)

En otros estudios de FES como la fermentación de papa expresa valores similares, donde existe un decrecimiento en materia seca de 38,1; 19,1 y 17,9% comportándose inversamente al porcentaje de humedad, como se

Tabla 6. Indicadores fermentativos de la cáscara de chontaduro fermentada mediante FES

PARAMETROS	TRATAMIENTOS										C.V	Probabilidad
	A0B0	A0B1	A0B2	A0B3	A0B4	A1B0	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4		
pH	5,80h	6,35e	5,96g	6,07f	5,80h	5,80h	6,53c	6,87b	7,04 ^a	6,50d	2,70E-08	0,0001
% MS	44,81a	39,62abc	35,46bcd	32,52cd	31,20cd	45,0a	42,78ab	32,80cd	29,94d	34,28bcd	13,16	0,0036
% HUMEDAD	54,99g	60,45f	63,08e	66,12c	68,80b	54,89g	64,12d	65,90c	69,47 ^a	65,72c	0,46	0,0001
% CENIZA	3,15e	3,46d	3,58cd	3,72b	3,91a	3,15e	3,51cd	3,60bc	3,70b	3,72b	1,89	0,0001
% PROTEINA	8,18e	11,65a	9,36c	6,78g	6,50h	8,18e	8,72d	10,30b	7,60f	6,54gh	1,71	0,0001
% FIBRA	11,33a	7,29b	6,50c	7,22b	7,45b	11,33 ^a	5,62d	5,88d	7,19b	7,12b	3,41	0,0001
% GRASA	20,99a	8,90f	10,80d	11,57c	10,40d	20,99 ^a	10,74d	7,86g	12,27b	9,64e	1,94	0,0001
% ELN	11,53c	29,09b	34,40ab	30,20 ^a	40,54a	11,34c	28,63b	39,56a	39,30 ^a	39,70a	16,13	0,0001
AGV (mEq/L)	2,30g	19,03b	17,90c	16,27d	7,04e	2,33g	21,37a	18,10c	16,27d	6,34f	2,9	0,0001
LEVADURAS (Log10)	4,77e	9,77b	8,30c	8,43c	3,54f	4,43e	12,20a	9,40b	8,50c	7,20d	5,99	0,0001

Fuente: Veloz, A. (2015).

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

A0B0: sin inóculo, 0 días, A1B0: con inóculo, 0 días

A0B1: sin inóculo, 3 días, A1B1: con inóculo, 3 días

A0B2: sin inóculo, 6 días, A1B2: con inóculo, 6 días

A0B3: sin inóculo, 9 días, A1B3: con inóculo, 9 días

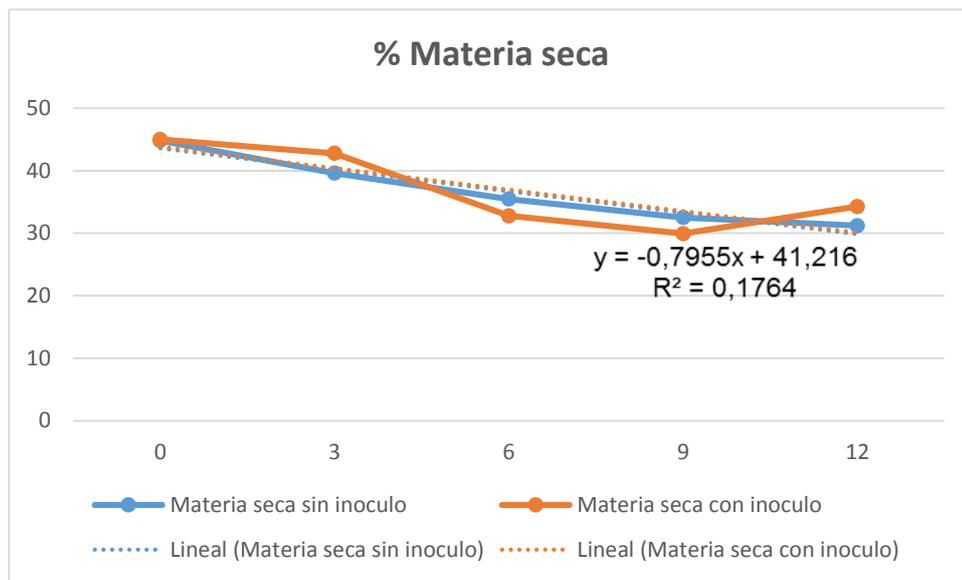
A0B4: sin inóculo, 12 días, A1B4: con inóculo, 12 días

CV: coeficiente de varianza.

Comentó anteriormente esto se debe a que durante la fermentación se libera mayor cantidad de agua por los procesos metabólicos de los microorganismos (Moyano Bautista, 2014)

El análisis de regresión nos indica que el porcentaje de MS dependerá de un 17,64% del tiempo de fermentación. Grafico 2.

Gráfico 2 . Determinación de Materia seca de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inculo, 0 días, A1B0: con inculo, 0 días
 A0B1: sin inculo, 3 días, A1B1: con inculo, 3 días
 A0B2: sin inculo, 6 días, A1B2: con inculo, 6 días
 A0B3: sin inculo, 9 días, A1B3: con inculo, 9 días
 A0B4: sin inculo, 12 días, A1B4: con inculo, 12 días

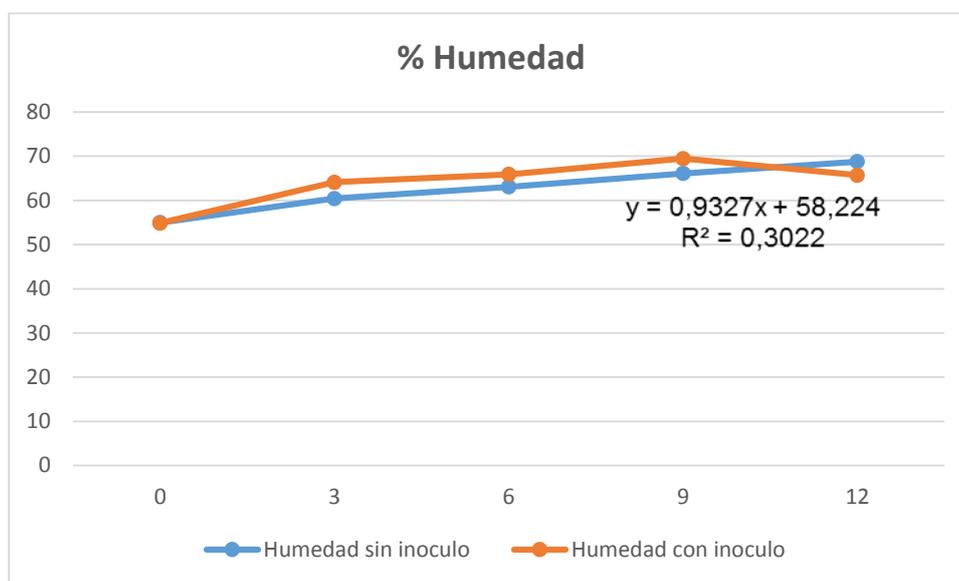
Determinación de Humedad

La tendencia en el porcentaje de humedad se incrementa a medida que transcurre el tiempo de fermentación evidenciándose un mayor porcentaje de humedad en el tratamiento A1B3 con 69,47% frente a los tratamientos control A0B0 y A1B0 con valores de 54,99% y 54,89% respectivamente. El análisis de varianza muestra que las diferencias son altamente significativas entre medias de los tratamiento ($p < 0.05$). Similar

comportamiento se observó en la fermentación en estado sólido de la papa, donde se observa un incremento de humedad, (Moyano Bautista, 2014)

En el grafico 3 se puede observar el comportamiento de la humedad en el tiempo de fermentación, observándose una tendencia para el análisis de regresión de 30,22%.

Gráfico 3. Determinación de Humedad de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inocular, 0 días, A1B0: con inocular, 0 días
A0B1: sin inocular, 3 días, A1B1: con inocular, 3 días
A0B2: sin inocular, 6 días, A1B2: con inocular, 6 días
A0B3: sin inocular, 9 días, A1B3: con inocular, 9 días
A0B4: sin inocular, 12 días, A1B4: con inocular, 12 días

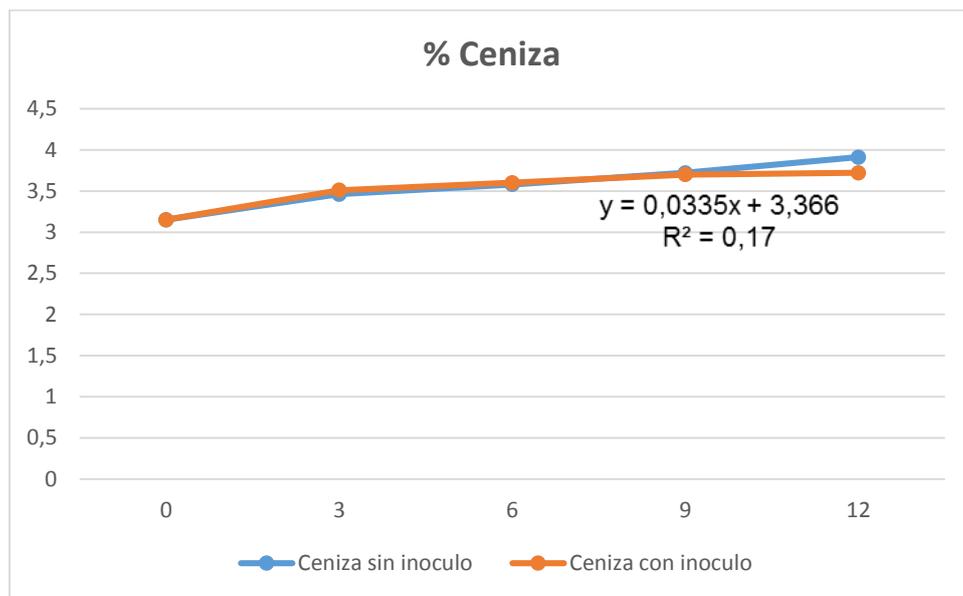
Determinación de Ceniza

La concentración de ceniza en la presente investigación para cada tratamientos, se incrementó ($P < 0.01$) en el transcurso del tiempo de fermentación. El porcentaje más alto de concentración de ceniza en los diferentes tratamientos se observaron en el A0B4 según los valores

estimados de 3,91% frente al tratamiento control de A0B0 y A1B0 de 3,15%. Grafico 4.

El incremento de la concentración de cenizas en un sustrato durante la FES, indica que se pierde parte de la materia orgánica durante el proceso, esta pérdida es el resultado del consumo de los carbohidratos fácilmente fermentables como fuente de energía para el crecimiento de los diversos microorganismos (ya sean bacterias, levaduras u hongos), los cuales, durante su metabolización producen agua, bióxido de carbono y compuestos solubles o volátiles según lo describe (Moyano Bautista, 2014)

Gráfico 4. Determinación de Ceniza de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

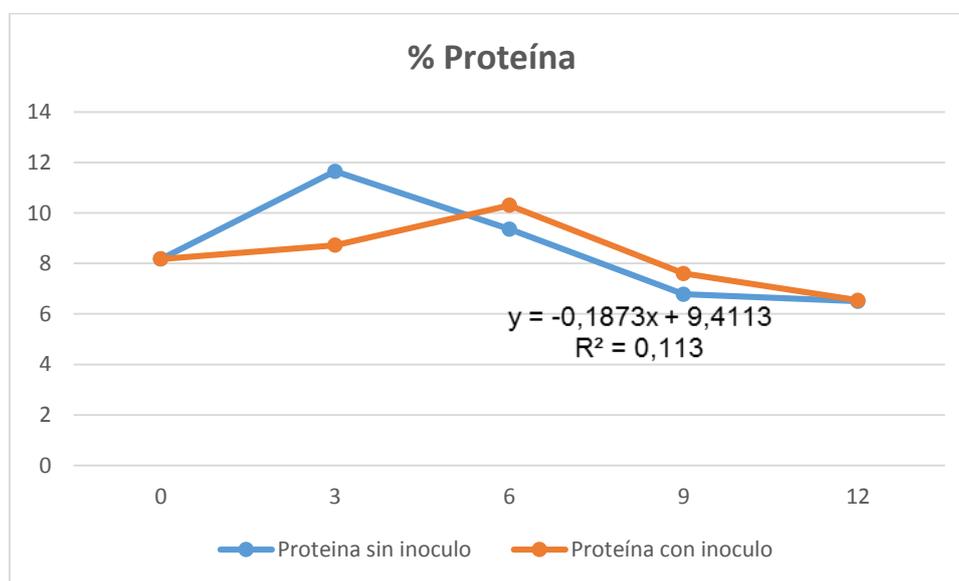
- A0B0: sin inculo, 0 días, A1B0: con inculo, 0 días
- A0B1: sin inculo, 3 días, A1B1: con inculo, 3 días
- A0B2: sin inculo, 6 días, A1B2: con inculo, 6 días
- A0B3: sin inculo, 9 días, A1B3: con inculo, 9 días
- A0B4: sin inculo, 12 días, A1B4: con inculo, 12 días

Determinación de Proteína (PC)

Según (Moyano Bautista, 2014), durante la FES, la PC del sustrato se incrementa. El porcentaje de proteína en la presente investigación mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) durante la FES. Los valores de concentración de PC más altos se encontraron en el tratamiento A0B1 con 11,65%, mientras que los valores de concentración de PC más bajos se encontraron en el A0B3 con 6,78%. Según los valores determinados se observa que existe un incremento de PC, es posible que este comportamiento se deba al efecto de la pérdida de MO por acción de los microorganismos, que una vez agotado los nutrientes la tendencia es la disminución de la PC.

El análisis de regresión muestra que existe un 11,30% de efecto del tiempo sobre el porcentaje de PC, mientras que el efecto por otros factores no determinados en la presente investigación fue de 88,70%, como se observa en el gráfico 5.

Gráfico 5. Determinación de Proteína de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inocular, 0 días, A1B0: con inocular, 0 días
A0B1: sin inocular, 3 días, A1B1: con inocular, 3 días
A0B2: sin inocular, 6 días, A1B2: con inocular, 6 días
A0B3: sin inocular, 9 días, A1B3: con inocular, 9 días
A0B4: sin inocular, 12 días, A1B4: con inocular, 12 días

Determinación de Fibra (FC)

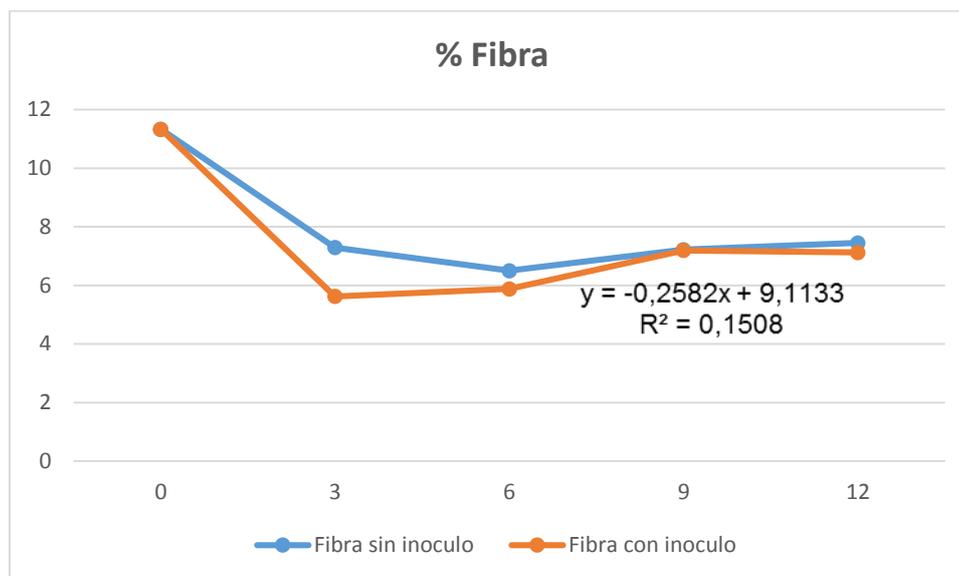
Los valores de fibra cruda de la cáscara de chontaduro fermentada en estado sólido son altamente significativos ($p < 0,01$) entre las medias de los tratamientos, la tendencia de este parámetro a medida que se incrementa el tiempo de fermentación se reduce alcanzando el menor valor en el tratamiento A0B2 y A1B1 con 6,50% y 5,62% respectivamente, frente al tratamiento control A0B0 y A1Bo de 11,33%.

Se puede mencionar que la reducción de fibra en los diferentes tratamientos se debe a la degradación por parte de los microorganismos que requieren de fuentes de carbohidratos solubles, para este caso la fuente principal de carbohidratos representa los carbohidratos estructurales.

Los carbohidratos, conforman el 70% o más de la MS consumida y aportan la mayor parte de la energía, incluyendo el "efecto fibra". Los carbohidratos no fibrosos (CNF), aportan aproximadamente la mitad del total de los CHO's, mientras el remanente proviene de la conocida fibra en detergente neutro (FDN) (Moyano Bautista, 2014).

El análisis de regresión para este parámetro muestra un comportamiento que depende en un 15,08% del tiempo de fermentación, siendo el 84,92% factores que no fueron determinados en la presente investigación, como se observa en el grafico 6.

Gráfico 6. Determinación de Fibra de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inocular, 0 días, A1B0: con inocular, 0 días
A0B1: sin inocular, 3 días, A1B1: con inocular, 3 días
A0B2: sin inocular, 6 días, A1B2: con inocular, 6 días
A0B3: sin inocular, 9 días, A1B3: con inocular, 9 días
A0B4: sin inocular, 12 días, A1B4: con inocular, 12 días

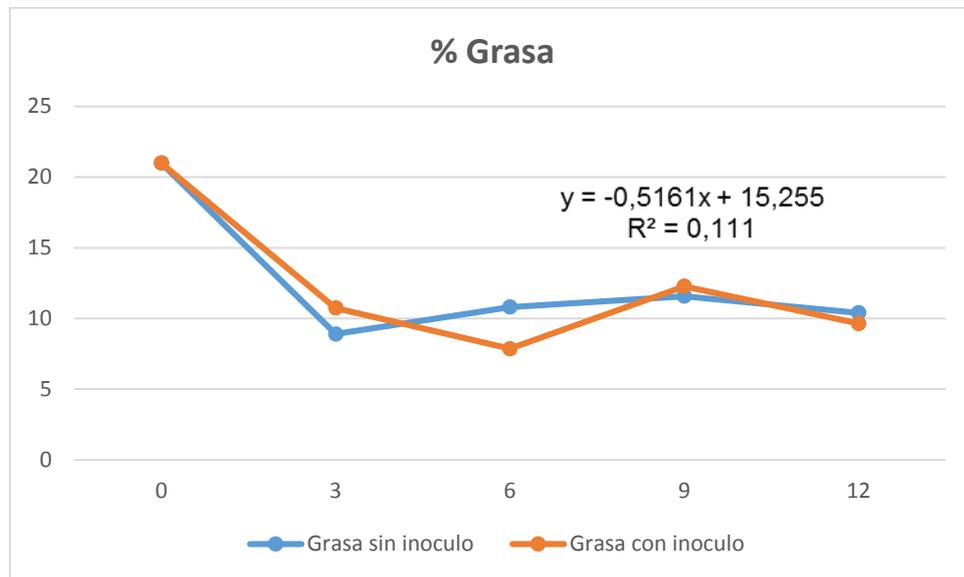
Determinación de Grasa

Como se puede observar en la tabla 6, se evidencia que existe diferencias significativas ($p < 0,01$) entre la media de los tratamientos, el comportamiento de este parámetro frente al tiempo de fermentación presenta una reducción de su porcentaje, con respecto al tratamiento A0B0 y A1B0 con 20,99% hasta 8,90% para el tratamiento A0B1 y 7,86% para A1B2.

Aunque no se determinó la actividad lipolítica, es posible que la reducción de grasa en la cáscara de chontaduro fermentada en estado sólido pudiera haber sido degradada por la presencia de lipasas.

La interacción del contenido de grasa frente al tiempo de fermentación muestra que existe una correlación de 11,11% como se observa en el gráfico

Gráfico 7. Determinación de Grasa de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inocular, 0 días, A1B0: con inocular, 0 días
 A0B1: sin inocular, 3 días, A1B1: con inocular, 3 días
 A0B2: sin inocular, 6 días, A1B2: con inocular, 6 días
 A0B3: sin inocular, 9 días, A1B3: con inocular, 9 días
 A0B4: sin inocular, 12 días, A1B4: con inocular, 12 días

Determinación de Ácidos grasos volátiles (AGVs)

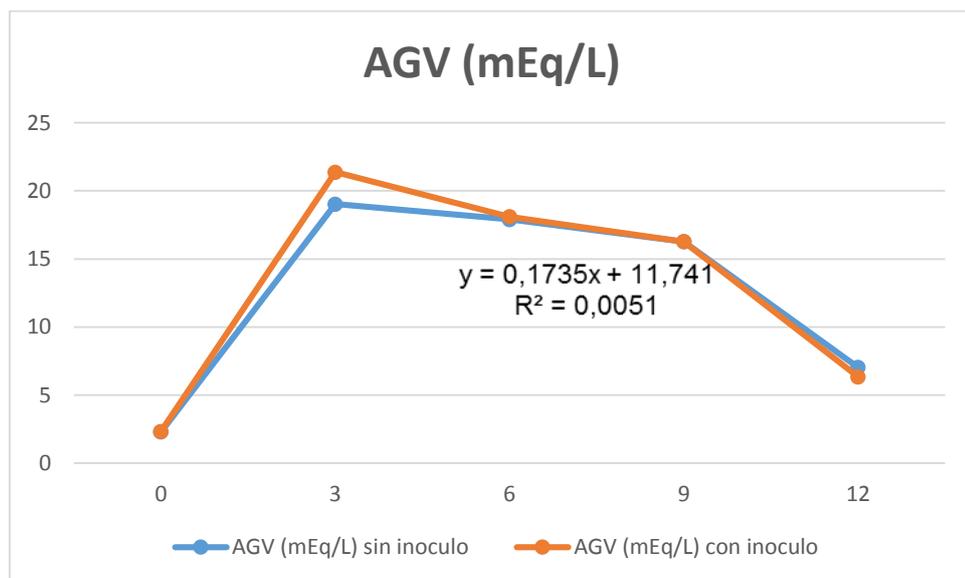
Los ácidos grasos volátiles presentaron un incremento significativo ($P < 0.01$) para los tratamientos A0B1 y A1B1 con valores de 19,03mEq/L y 21,3703mEq/L respectivamente, sin embargo a medida que transcurre el tiempo de fermentación, la concentración de AGVs se reducen notablemente en los tratamientos A0B4 y A1B4 con valores de 7,0403mEq/L y 6,34 03mEq/L respectivamente, este comportamiento puede presentarse debido a su condición volátil se evaporan a temperatura ambiente y tiempos mayores de seis días. La alta concentración de AGVs en los tratamiento A0B1 y A1B1 durante el proceso de FES, se relaciona con otros experimentos (Ramos et al., 2005) donde se ha empleado menos del 2% de urea en Fes caña de

azúcar, lo que según (Moyano Bautista, 2014), puede limitar la disponibilidad del NH_4 para los microorganismos debido a la baja cantidad de urea.

Considerando lo anterior, los microorganismos harían uso de los aminoácidos libres del protoplasma, haciendo que entren en fase de latencia con cumulo interno de polisacáridos celulares, fermentando los azúcares disponibles de la caña de azúcar con producción de AGVs.

Con respecto a la correlación existente entre el contenido de AGVs y el tiempo de fermentación se observa en el gráfico 8 que esta interacción depende en un 0,51%

Gráfico 8. Determinación de AGVs de la cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

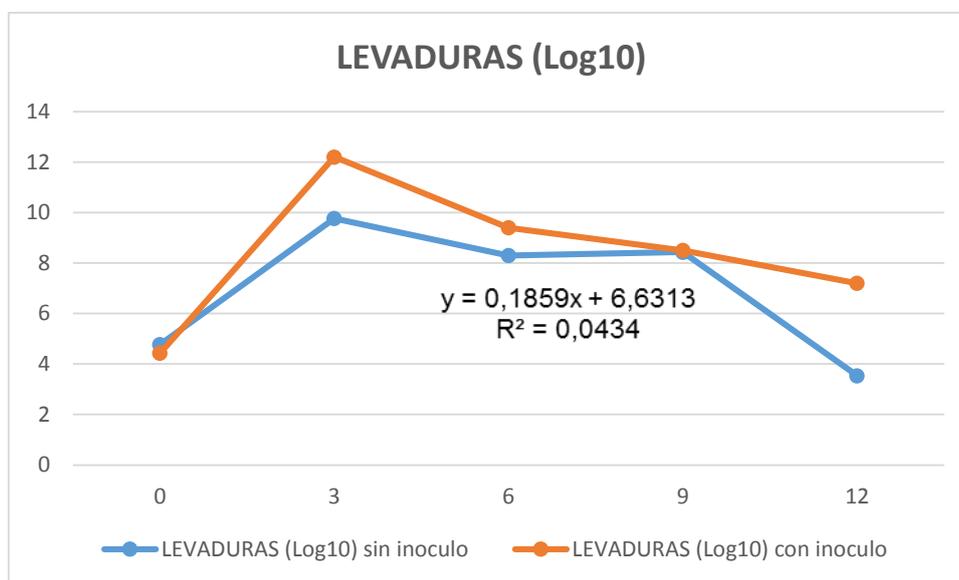
A0B0: sin inóculo, 0 días, A1B0: con inóculo, 0 días
A0B1: sin inóculo, 3 días, A1B1: con inóculo, 3 días
A0B2: sin inóculo, 6 días, A1B2: con inóculo, 6 días
A0B3: sin inóculo, 9 días, A1B3: con inóculo, 9 días
A0B4: sin inóculo, 12 días, A1B4: con inóculo, 12 días

Conteo de Levaduras

En la presente investigación se puede observar que la cantidad de levaduras producidas en la fermentación en estado sólido de la cáscara de chontaduro presenta diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p < 0,01$), a medida que transcurre el tiempo de fermentación la producción de levaduras se incrementa, observándose un mayor valor de levaduras en el tratamiento A1B1 con 12,20 (log10) UFC(unidades formadoras de colonia), este comportamiento se mantendrá siempre y cuando exista sustrato disponible para los microorganismos presentes, de no ser así se observará una reducción del contenido de levaduras como lo refleja el tratamiento A0B4 con 3,54(log10) UFC.

El análisis de regresión determinó que la correlación que existe entre el conteo de levaduras frente al tiempo de fermentación es de 0,43% como se refleja en el grafico 9.

Gráfico 9. Conteo de levaduras en cáscara de chontaduro por FES



Fuente: Veloz, A. (2015).

A0B0: sin inóculo, 0 días, A1B0: con inóculo, 0 días
A0B1: sin inóculo, 3 días, A1B1: con inóculo, 3 días
A0B2: sin inóculo, 6 días, A1B2: con inóculo, 6 días
A0B3: sin inóculo, 9 días, A1B3: con inóculo, 9 días
A0B4: sin inóculo, 12 días, A1B4: con inóculo, 12 días

4.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS EMPLEANDO DIFERENTES NIVELES DE CÁSCARA DE CHONTADURO FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO

Tomando como referencia el tratamiento A0B1 por presentar el mayor porcentaje de proteína y bajo nivel de fibra alcanzado durante la fermentación en estado sólido de la cáscara de chontaduro, se realizó la formulación de las barras energéticas en diferentes niveles de adición. Del análisis bromatológico que se muestra en la Tabla 7, se puede observar que:

En cuanto al contenido de Materia seca presente en la barra se observa diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las medias de los tratamientos, obteniéndose un mayor porcentaje de Materia seca en el tratamiento T1 con 89,93% frente al tratamiento control T0 con 89,67%. La determinación de materia seca es un parámetro importante en la vida útil del producto debido a que si existe una baja actividad de agua no habrá proliferación de microorganismos patógenos que puedan cambiar las características organolépticas de la barra energética.

Tabla 7 . Análisis bromatológico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada

TRATAMIENTO	T0	T1	T2	T3	MEDIA	C.V	PROB.
MATERIA SECA	89,67 b	89,93 a	88,32 c	87,83 d	88,69	1,8 E-08	0,0001
HUMEDAD	10,33 sd	10,07 sd	10,68 sd	12,17 sd	10,97	0	sd
CENIZA	1,77 c	1,90 b	1,93 b	2,10 a	1,97	2,12	0,0001
PROTEÍNA	8,73 sd	10,4 sd	10 sd	10,6 sd	10,33	0	sd
FIBRA	1,47 d	1,74 c	2,56 b	2,66 a	2,32	3,3 E-07	0,0001
GRASA	13,50 d	16,37 c	16,80 b	17,20 a	16,79	0,18	0,0001
ELN	64,20 a	59,32 b	57,03 c	55,47 d	57,27	0,08	0,0001

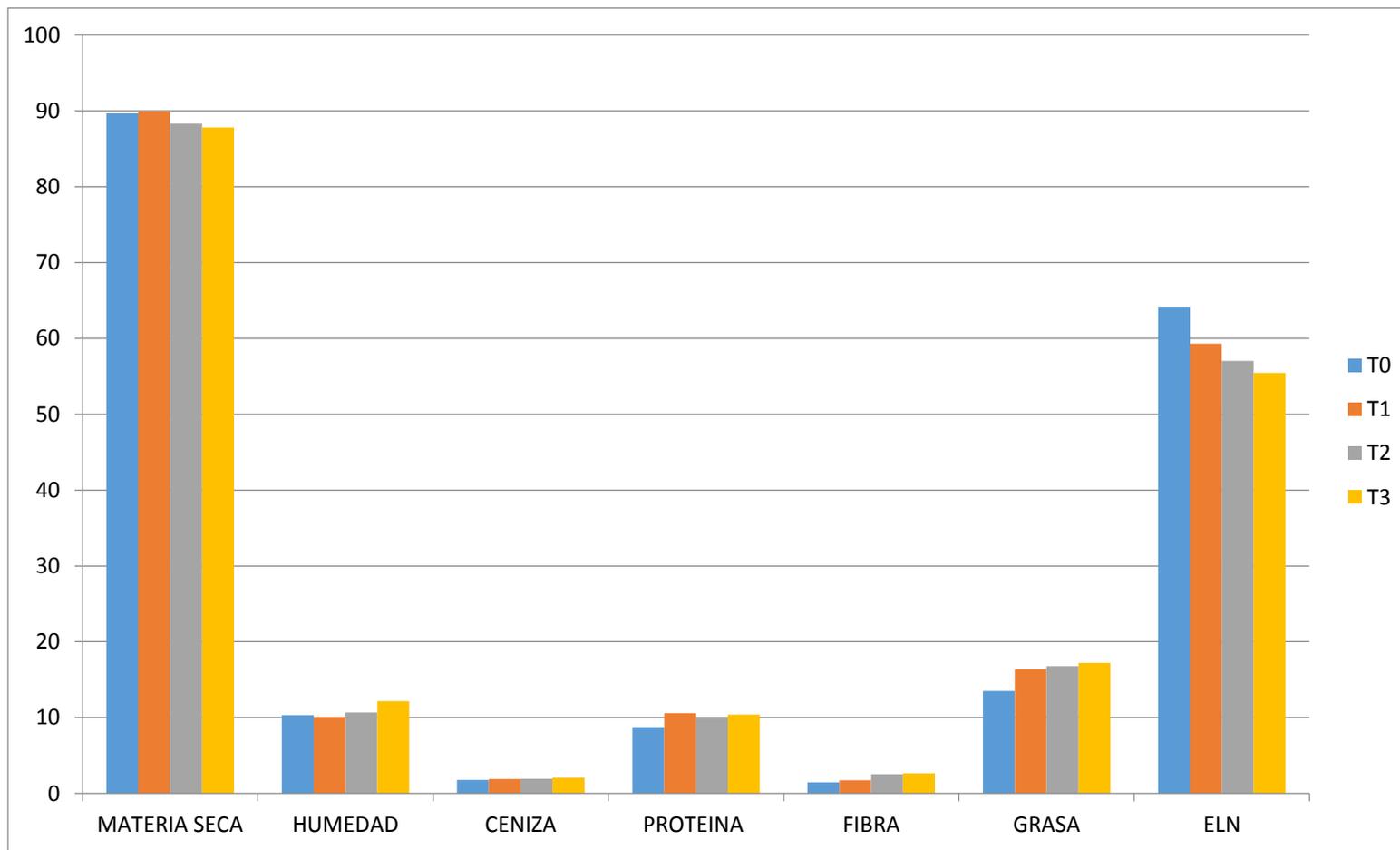
Fuente: Veloz, A. (2015).

T0= 0% cascara de chontaduro fermentada

T1= 5% cascara de chontaduro fermentada

T2= 10% cascara de chontaduro fermentada

T3= 15% cascara de chontaduro fermentada



Fuente: Veloz, A. (2015).

Gráfico 10 . Análisis bromatológico de la barra energética elaborado con diferentes concentraciones de cáscara de chontaduro fermentada

En el análisis de humedad no se evidencian diferencias significativas entre las medias de los tratamientos sin embargo se evidencia una diferencia numérica entre el tratamiento T3 con respecto al tratamiento control T0 de 12,17% y 10,33% respectivamente. Los resultados de humedad obtenidos de la barra energética elaborada con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada concuerdan con lo expuesto por (Ochoa Saltos, 2012) sobre la cantidad de agua contenida en los cereales que no puede superar el 14%, factor que se toma en cuenta puesto que la barra energética está constituida en su gran mayoría por cereales.

El contenido de ceniza analizado en las barras energéticas muestran diferencias significativas ($p < 0,01$) entre las medias de los tratamientos, observándose el mayor valor de ceniza en el tratamiento T3 con 2,10% frente al tratamiento control T0 de 1,77%. El tratamiento T1 y T2 presentan un comportamiento similar con valores de 1,90 y 1,93% respectivamente. Los valores de la presente investigación se encuentran cercanos a los datos reportados por (Ochoa Saltos, 2012), al elaborar una barra energética de amaranto que contiene 2,1% en ceniza.

En el contenido de proteína presente en la barra energética no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo existe una marcada diferencia numérica entre la media de los tratamientos. La inclusión de cáscara de chontaduro fermentada influyó en el porcentaje de proteína como se evidencia en la Tabla 7. Los tratamientos T1, T2, T3 presentan similares valores de proteína con 10,4%, 10% y 10,6% respectivamente. El tratamiento control T0 reportó un valor inferior a los otros tratamientos de 8.73% de proteína.

Al analizar el contenido de fibra se observó que existió diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$), observándose un mayor valor de fibra en el tratamiento T3 con 2,66% frente al tratamiento control T0 de 1,47%. La adición de las cáscaras de chontaduro fermentada si influye en el incremento de fibra. Es preciso conocer que el aporte de

fibra cada vez tiene mayor importancia en la dieta; por esta razón en las formulaciones se incluyó una fuente fibrosa ya que de esta fibra alimentaria el principal componente es el polisacárido celulosa, también contiene polisacáridos del tipo de hemicelulosas, pentosanos y ligninas; así lo indica (Ochoa Saltos, 2012).

El contenido de grasa analizado en las barras energéticas a base de cáscara de chontaduro presentaron diferencias significativas ($p < 0,01$), entre las medias de los tratamientos, el mayor porcentaje de grasa se observa en el tratamiento T3 con 17,20% frente al tratamiento control T0 de 13,50, este valor pudo haber sido influenciado por la adición de cáscara de chontaduro debido a que la cáscara de chontaduro presenta un valor de grasa de 21,14%. Las grasas son una fuente importante de energía en la nutrición humana, pues “cada gramo de lípidos genera 9 kcal, esto se debe a una mayor proporción de átomos de carbono, así lo expone (Ochoa Saltos, 2012), gracias a esta característica la grasa contenida en las barras estudiadas brindan un aporte energético.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) es una medida indirecta de los carbohidratos “solubles” o “digeribles” presentes en el alimento, esta fracción se compone principalmente de azúcares libres, almidón y otros carbohidratos digeribles, (AOAC, 1980; MAFF, 1981). En la presente investigación el contenido de ELN presenta diferencias significativas ($p < 0,01$) entre las medias de los tratamientos, observándose el valor más alto en el tratamiento control T0 con 64,20% con respecto a los demás tratamientos (T1: 59.32%; T2: 57.03%; T3: 55.47%), este comportamiento se debió a la influencia de la adición de cáscara de chontaduro fermentada, aumentando los parámetros como grasa, proteína, ceniza y disminuyendo los carbohidratos solubles.

En el gráfico 10 se puede observar la influencia de la adición de cáscara de chontaduro fermentada en los diferentes tratamientos sobre los parámetros bromatológicos analizados.

4.4. CÁLCULO DEL APOORTE ENERGÉTICO

En la Tabla 8 podemos apreciar que las barras correspondientes al tratamiento T1 brindan un aporte energético de 427.01kcal, seguido del tratamiento T2 con 419.32 kcal, para el tratamiento T3 el aporte energético calculado es de 418.28 kcal y en menor aporte energético se presenta el tratamiento T0 con 413.22 kcal.

Podemos apreciar que el mayor aporte de energía brindan los carbohidratos, citando a (Ochoa Saltos, 2012) “que por cada gramo de carbohidrato se obtienen 4 calorías; es una fuente de energía rápida para el organismo de tal forma que los músculos e hígado pueden ocuparla para satisfacer demandas energéticas de una persona con altos requerimientos”.

Tabla 8 . Aporte energético de las barras elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada

NUTRIENTE	T0 (kcal)	T1 (kcal)	T2 (kcal)	T3 (kcal)
PROTEÍNA	34,92	42,4	40	41,6
CARBOHIDRATOS	256,8	237,28	228,12	221,88
GRASA	121,5	147,33	151,2	154,8
TOTAL	413,22	427,01	419,32	418,28

Fuente: Veloz, A. 2015

4.5. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA

Olor

La calificación asignada a la barra energética elaborada con adición de cáscara de chontaduro fermentada presentaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre medias (Tabla 9), de acuerdo a la prueba de rating test, registrándose las mejores respuestas en el tratamiento T2, con calificación de 4,20 puntos sobre 5, mientras que los tratamientos T0 y T1 presentan el mismo comportamiento a diferencia del tratamiento T3, con 3,20, 3,90 y 3.50 puntos respectivamente.

Respuestas que pudieron deberse a que la barra tomó el aroma de la cáscara de chontaduro fermentada, el cual enmascara el olor característico. (Christen, 1995) Reporta la utilización de cepas de *Aspergillus* y de *Penicillium* con el propósito de desarrollar el aroma de ciertos alimentos. (Christen, 1995) Demostraron, mediante la utilización de bacterias acéticas, que era posible eliminar el n-hexanal de ciertos alimentos como la leche de soya o la masa para pan.

Sabor

Las calificaciones asignadas al sabor de la barra elaborada con diferentes niveles de cáscara de chontaduro presentaron diferencias significativas ($P < 0,01$), entre medias, como se puede observar en la Tabla 9, los valores más altos se registraron en el tratamiento T2 con 4,75 sobre 5 puntos, seguido del tratamiento T0 con 4.65 puntos. Con respecto a los tratamientos T1y T3 se puede observar que presentan los valores más bajos 3.30 y 1.95 puntos respectivamente. El sabor se realiza por una reacción de pardeamiento químico (Maillard y caramelización) donde se forman componentes aromáticos, esto lo ratifican (Ochoa Saltos, 2012) al expresar que “la caramelización de los azúcares provoca la aparición de compuestos con sabores característicos. Las grasas utilizadas para cocinar también aportan su sabor a los alimentos”.

Color

Las medias del color de la barra energética obtenida por efecto de los niveles de cáscara de chontaduro, presentan estadísticas significativas ($P < 0,01$), aunque en este caso los tratamientos T0, T1, T3, presentan similares comportamientos con un valor de 3,85 y 3,20 sobre cinco puntos, el más alto valor se observó en el tratamiento T2 con 4.25 puntos. Se puede considerar que las diferencias no son causales, ya que en todos los tratamientos las variaciones de la tonalidad de color tuvieron

una relación directamente proporcional con los niveles de cáscara de chontaduro. Según Salcedo, et, al. (1998), indica que los principales defectos del color son: color desigual debido a la mala distribución de los ingredientes en el momento de colorear la muestra, mala distribución del colorante; color no natural, debido al empleo de colorantes inadecuados y materias extrañas; poco color, falta de colorante; puntos pigmentados, colorantes no disueltos totalmente.

Textura

Las medias registradas en la valoración sensorial de textura, fueron diferentes estadísticamente ($P < 0,01$), entre tratamientos, observándose que la mejor textura se registró en el tratamiento control T1, con una valoración de 4,30 sobre cinco puntos de referencia, mientras que el tratamiento T3 presentó un calificación menor de textura con 3.25 puntos. La crocancia es la característica esperada en este tipo de producto la misma que es resultado de la reacción del almidón por efecto del tratamiento térmico según ratifican (Ochoa Saltos, 2012) al expresar que “Al cocinar en un medio seco el almidón se dextriniza, se carameliza más o menos, se endurece y los alimentos quedan crujientes”.

En el gráfico 11 se puede observar la influencia de la adición de cáscara de chontaduro fermentada en los diferentes tratamientos sobre la valoración sensorial de las barras.

4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS

En la Tabla 10 se muestran los resultados del análisis microbiológico al que fue sometido el producto, con resultados aceptables al ser comparados con los valores de la Norma INEN 2395:2011, ya que se encuentran dentro de los parámetros de aceptabilidad.

Al comparar los niveles de aerobios mesófilos se puede observar que estos presentan valores cercanos en todas las barras energéticas. Por lo tanto en la mayoría de los tratamientos elaborados con cáscara de chontaduro fermentada permanecen dentro de los rangos permisibles.

Con respecto a las Normas INEN (1996), en su norma 700, señala que la carga bacteriana total no sobrepasa las 1500 UFC/mL.

Tabla 9. Análisis Organoléptico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro fermentada

TRATAMIENTO	T0	T1	T2	T3	CV	PROBABILIDAD
OLOR	3,20 ab	3,90ab	4,20a	3,50b	6,6	0,003
SABOR	4,65b	3,30c	4,75a	1,95d	8,75	0,0001
COLOR	3,85ab	3,85ab	4,25a	3,20ab	2,65	0,0005
TEXTURA	4,20b	4,30a	4,05b	3,25c	8,09	0,0001

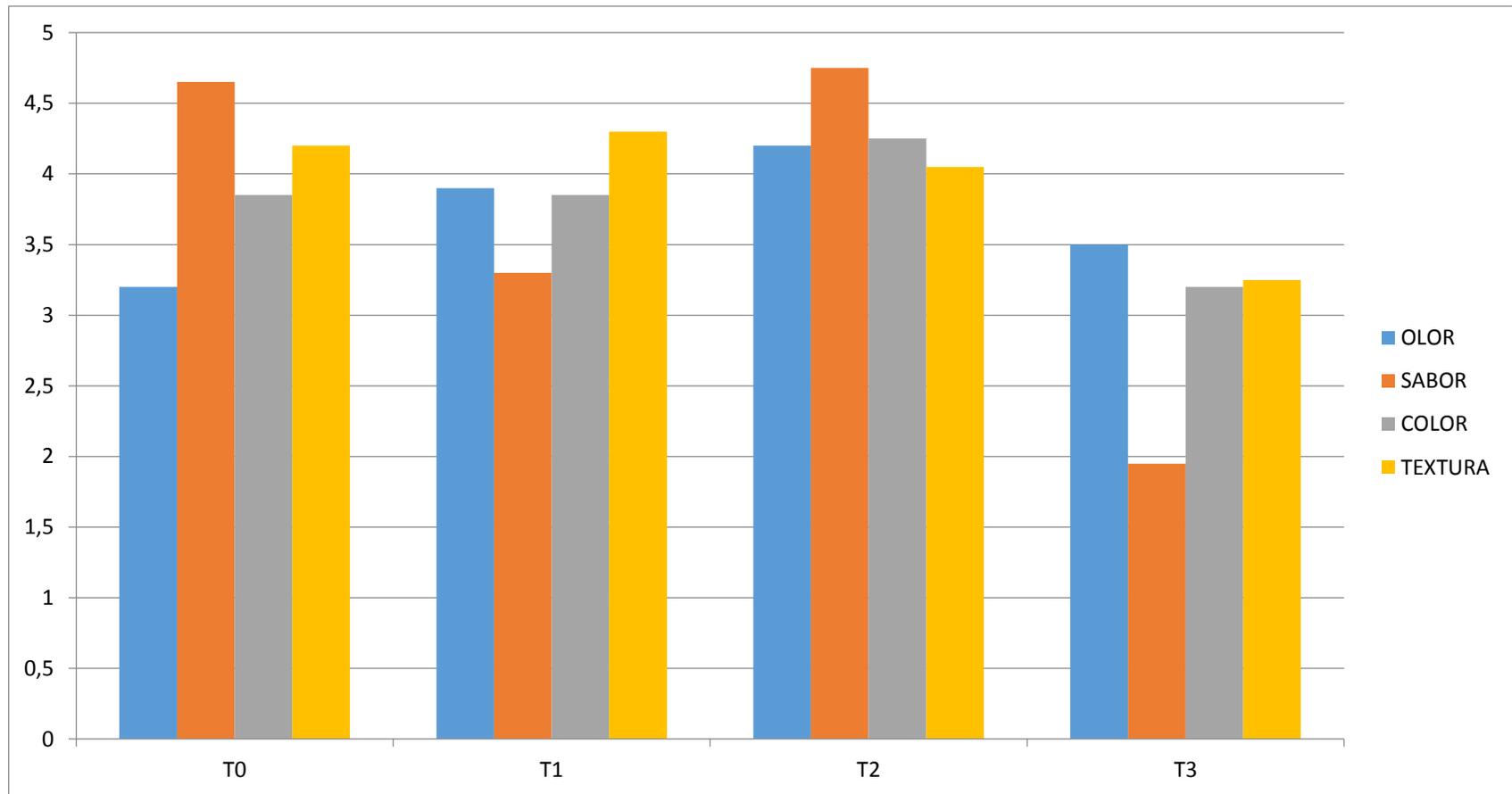
Fuente: Veloz, A. (2015).

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

T0= 0% cascara de chontaduro fermentada
 T1= 5% cascara de chontaduro fermentada
 T2= 10% cascara de chontaduro fermentada
 T3= 15% cascara de chontaduro fermentada

Atributo	Calificación
Apariencia y color	5 puntos
Olor	5 puntos
Textura en boca	5 puntos
Sabor	5 puntos
Total	20 puntos

Fuente: Veloz, A. (2015).



Fuente: Veloz, A. (2015).

Gráfico 11 . Análisis Sensorial de la barra energética elaborado con diferentes concentraciones de cáscara de chontaduro fermentada

Tabla 10. Análisis Microbiológico de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro

TRATAMIENTOS	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/g)	MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g)	COLIFORMES TOTALES (UFC/g)
T0	114	65	12
T1	121	68	12
T2	110	45	11
T3	118	43	11

Fuente: Veloz, A. (2015).

Tabla 11. Requisitos Microbiológicos

REQUISITOS	UNIDAD POR g	MÉTODO DE ENSAYO
Bacterias coliformes	Neg	INEN 171
Bacterias patógenas	Neg	INEN 720
Hongos	Neg	INEN 172

Fuente: Norma INEN 710 (1996)

4.7. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS

Con respecto al análisis económico de la barra energética elaborado con distintos niveles de cáscara de chontaduro fermentada podemos indicar que la única variación que se realiza en cuanto a costos de producción fue la cantidad de cáscara de chontaduro que se adicionó a cada tratamiento, el costo de producción para la obtención de una barra con peso aproximado de 170 g fue de 1,01 ctvs de dólares. Al investigar los costos de la barra en el mercado se encontró que las barras de similares características tienen un precio de mercado de 1,20 ctvs de dólares. Por cuanto el beneficio costo en la presente investigación para cada tratamiento es de 1.19 ctvs de dólares, lo que indica que por cada dólar gastado en la elaboración de las barras, se recupera 0,19 centavos.

Tabla 12. Análisis Beneficio/Costo de las barras energéticas elaboradas con diferentes niveles de cáscara de chontaduro

			T0	T1	T2	T3
INGREDIENTE	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T
Cáscara de chontaduro fermentada	0	0	0	0	0	0
Avena (g)	68	0,005	0,34	0,34	0,34	0,34
Azúcar (g)	34	0,0012	0,04	0,04	0,04	0,04
Miel de caña (ml)	34	0,003	0,10	0,10	0,1	0,1
Pasas (g)	8,5	0,02	0,17	0,17	0,17	0,17
Mantequilla (g)	8,5	0,03	0,26	0,26	0,26	0,26
GAS	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
TOTAL			1,01	1,01	1,01	1,01
BARRAS PRODUCIDAS			1	1	1	1
PRECIO DE VENTA			1,2	1,2	1,2	1,2
INGRESOS TOTALES			1,2	1,2	1,2	1,2
BENEFICIO/COSTO			1,19	1,19	1,19	1,19

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

- Del análisis físico químico realizado a la cáscara de chonta empleada como materia prima para la elaboración de las barras, se encontró un contenido de materia seca de 44,34%, contenido de proteína bruta de 8,07%, 21,14% de grasa, 3,05% de ceniza y una considerable cantidad de fibra 11,45%.
- Mediante la Fermentación en estado sólido se pudo optimizar la calidad de los componentes nutricionales de desechos agroindustriales ricos en carbohidratos, como la cáscara de chonta, convirtiéndolos en un alimento energético-proteico a ser empleado en la alimentación. Esto se puede recalcar, ya que la dinámica fermentativa durante el tiempo de fermentación presentó diferencias estadísticas significativas para las variables de humedad, materia seca, cenizas, proteína cruda, fibra, y grasa ($p < 0,01$) como también se vieron afectados significativamente los parámetros de Ácidos grasos volátiles y el número de levaduras.
- La adición de cáscara de chontaduro fermentada en la elaboración de las barras energéticas presentó diferencias significativas ($p < 0,01$) en cuanto a materia seca, ceniza, fibra, grasa, y ELN; y con respecto a la proteína y humedad no se encontró diferencias significativas. Los mayores valores encontrados de proteína, fibra, grasa y cenizas se evidenciaron en el tratamiento T3 con un 15% de adición de cáscara de chontaduro fermentada con respecto al tratamiento T0.
- El análisis organoléptico mostró una interesante respuesta en cuanto a la aceptación de la barra energética, observándose

diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$), el tratamiento T2 fue el que obtuvo la mejor aceptación del panel de catadores en cuanto al olor, sabor y color con una puntuación de 4,20, 4.75 y 4,25 puntos sobre cinco respectivamente y con respecto a la textura la mayor puntuación obtuvo el tratamiento T1 con 4.30 puntos.

- El costo de producción de las barras energéticas elaboradas con cáscara de chonta fermentada se mantuvo igual en cada tratamiento, obteniéndose un beneficio/costo de 1,19 dólares, lo que indica que por cada dólar empleado para la elaboración de la barra se obtiene 0.19 centavos de beneficio.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con ensayos FES implementando diferentes proporciones de nutrientes como urea, sales minerales y miel para obtener un producto final con valor nutricional apropiado y rentable.
- Realizar un análisis de fibra dietética de la cáscara de chontaduro fermentada para contribuir a las características de un alimento nutraceútico.
- Probar las barras energéticas en especies biológicas para determinar su efecto nutricional.
- Fomentar en los estudiantes de la carrera, la investigación de nuevos productos utilizando materia prima local, especialmente en residuos agroindustriales, para recuperar tanto los valores nutricionales como económicos que se están desperdiciando en algunas empresas.

CAPITULO VII

7. Bibliografía

- Alonso Pardo, J. M., 2014. Barritas Energéticas. Que son y para que sirven., Murcia: Nutricion deportiva.
- Angamarca Patiño, M. E., 2013. Utilización de pulpa de café biofermentada como suplemento en la alimentacion de cuyes durante la etapa de crecimiento-engorde en el sector Rumizhitana, Cantón Loja, Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Arroyo, M. B., 2011. Aprovechamiento Biotecnológico de residuos agroindustriales para alimentación de animales zootécnicos. La hora.
- Borges, J. y otros, 2011. Efecto de la adición de urea y el tipo de fermentación en la estabilidad de silajes de Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*). Zotecnia Tropical Vol. 29, p. 284.
- Chaparro Vega, M. C., 2011. Obtención de aceite a partir de los residuos del chontaduro, Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Chávez González, M. L., Rodríguez Durán, L. V., Rodríguez Herrera, R. & Aguilar, C. N., 2009. Aspectos básicos de la fermentación en medio sólido. Cienciacierta .
- Christen, P., 1995. Producción de aromas por fermentación en medio sólido. Tópico de investigación y posgrado, vol 6, p. 104.
- Correa Rivero , H., 2005. Aspectos fundamentales de las fermentaciones en estado sólido, Habana: Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria.
- Díaz Plascencia, D., 2009. Desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida, Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Escobar Acevedo, C. J. y otros, 1998. Cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes*) para fruto y palmito, Colombia: Corpoica regional.
- Ferrer, J., Machado, J. & Brieva, J., 2014. Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de desechos agroindustriales. Revista Tecnocientífica URU, N°7, p. 14.
- Gaitan Bohorquez, D. M. & Perez Perez, L. I., 2007. Aislamiento y evaluación de microorganismo celulolíticos a partir de residuos vegetales frescos y en compost generados en un cultivo de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*), Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- García Peña, E. I., 1996. Produccion, purificación y caracterizacion de tanasa producida por *Aspergillus niger* en fermentación en medio sólido, Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.

Gottau, G., 2008. Vitonica. [En línea] Available at: <http://www.vitonica.com/hidratos/barritas-energeticas-un-buen-alimento-para-deportistas>

Hernández, A., Alfaro, I. & Arrieta, R., 2003. Microbiología industrial. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia .

Lascano Sumbana, A., 2013. Aprovechamiento de los residuos industriales de uvilla (*Physalis peruviana*) para la elaboración de barras energéticas en la asociación artesanal tierra productiva, Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.

López Ramirez, N., 2014. Producción de xilanasas y celulasas por *Trichoderma harzianum* en fermentación en estado sólido, Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.

Márquez Salinas, L. M., 2014. Evaluación nutricional de la cáscara de chontaduro (*Bactris gasipaes*) como alternativa en la alimentación animal, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Meseguer Soler, I., Martínez Para, C. & Farré Rovira, R., 1998. La fibra alimentaria (y II). Metabolismo e implicaciones fisiológicas, España: ELSEVIER.

Mosquera Perea, D. E., 2013. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. colombia, Acta Agronómica, Vol. 62, Núm. 4.

Mosquera Perea, D. E., Martínez Guardia, M., Medina, H. H. & Hinestroza, L. I., 2013. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia, Colombia : Acta Agronómica, Vol. 62.

Moyano Bautista, M. A., 2014. Fermentación en estado sólido (FES)de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, Tunja: Universidad Nacional Abierta y a distancia (UNAD).

Ochoa Saltos, C. L., 2012. Formulación, Elaboración y control de calidad de barras energéticas a base de miel y avena para la empresa APICARE, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Pastrana , L., 1996. fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria, Mexico: Ciencia y tecnología alimentaria, vol1.

Pedraza Zapata, D. C., 2014. Evaluación de la actividad enzimática de aislamientos microbianos celulolíticos y su aplicación en la degradación de tamo de arroz (*Oryza sativa*), Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Perez Quilantan , L. M., 1996. Fermentación en estado sólido del mijo perla Pennisetum americanum por Rhizopus oligosporus para la obtención de un producto rico en proteína. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, p. 12.
- Pucha Pilco, A. P., 2007. Verificación y cuantificación de microorganismo involucrados en el proceso de compostaje aerotérmico de residuos de producción orgánica, Riobamba: ESPOCH.
- Ramón Auquilla, P. & Ramón Auquilla, D., 2012. Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo Pleurotus ostreatus var. Florida, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Rodríguez, R., Sosa, A. & Rodríguez, Y., 2007. La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, pp. 304-305.
- Ruíz Leza, H. A. y otros, 2007. Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. Revista Mexicana de ingeniería química, pp. 34-35.
- Salvucci, E., 2010. Crecimiento microbiano, s.l.: Hacia una nueva biología.
- Santis Navarro, A. M., 2013. Estudio de la producción de lipasas por fermentación en estado sólido a partir de residuos ricos en grasas. impacto ambiental y posibles usos, Bellaterra: Universidad Autonoma de Barcelona.
- Saval, S., 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. BioTecnología, pp. 15-16.
- Sosa, D., Boucourt, R. & Dustet, J., 2012. Uso de la modelación matemática en los procesos de fermentación en estado sólido de sustratos fibrosos destinados a la alimentación animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol 46, p. 123.
- Suarez Arango, C., 2012. Utilización de la fermentación líquida de Lentinula edodes (SHIITAKE), para la producción de metabolitos secundarios bioactivos y evaluación de su potencial empleo en la producción de un alimentos funcional, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Tacon, A., 1995. Ictiopatología nutricional Signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación .
- Valiño, E., Elías, A., Torres, V. & Albelo, N., 2002. Estudio de la carga microbiana en el bagazo de caña de azúcar fresco como sustrato para la alimentación animal, mediante fermentaciones en estado sólido. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 36, No. 4,, p. 373.
- Vazquez Contreras, E., 2003. Bioquímica y biología molecular, Mexico: UNAM.

CAPITULO VIII.

8. RESUMEN.

Este trabajo de tesis está enfocado en la fermentación en estado sólido de la cáscara de chontaduro (*bactris gasipaes*), con el fin de elevar el porcentaje de proteína verdadera y usarlo como materia prima para la formulación de barras energéticas, la fermentación se realizó primero recolectando los frutos en mejor estado en base a su coloración y textura que no presente golpes, para proseguir se extrajo la cáscara, luego se la desmenuzo para una mejor fermentación, todo esto se colocó en frascos etiquetados con distintos días 0, 3, 6, 9, 12.

A cada uno de los tratamientos experimentales se realizó análisis físico químicos, los cuales incluían fibra, proteína, humedad, ceniza y grasa.

Una vez concluida la fase de experimentación, siendo 7 días el mejor tiempo de fermentación por haberse elevado su porcentaje de proteína favorablemente de 5,8 a 11,65% y a su vez se redujo la fibra de 11,45 a 7,29% , se procedió a la fermentación a gran escala con lo que se obtendría la materia prima para la elaboración de barras energética, por lo que se realizó la formulación de cada uno de los tratamientos en donde vario la cantidad de cáscara de chontaduro, con el propósito de observar al momento de mezclar con el resto de materiales si es realmente rica en proteína y baja en fibra cruda.

En este estudio se dio a conocer que la fermentación en estado sólido sometida a la cáscara de chontaduro, obtuvo resultados favorables los cuales son buenos para la alimentación humana por su fácil digestibilidad y grandes concentraciones proteínicas.

Palabras claves: *bactris gasipaes*, fermentación, digestibilidad.

CAPITULO IX.

9. SUMARY.

This thesis is focused on solid state fermentation shell chontaduro (*bactris gasipaes*), in order to increase the percentage of true protein and use it as raw material for the formulation of energy bars, fermentation was performed first collecting the fruits in better shape to pursue the shell was removed, then the crumble for better fermentation, all placed in jars labeled with different days 0, 3, 6, 9, 12.

Each of the experimental treatments physicochemical analysis was performed, which included fiber, protein, moisture, fat and ash.

After the experimental phase, being seven days fermentation best time for having high percentage of protein favorably 5.8 to 11.65% and in turn the fiber dropped to 11.45 7.29% He proceeded to large scale fermentation whereby the raw material for the production of energy bars would be obtained, so that the formulation of each treatment was performed in which various shells amounting chontaduro, for the purpose of observe when mixed with other materials if it is really rich in protein and low in crude fiber.

This study revealed that the solid state fermentation under chontaduro shell, obtained favorable results which are good for human consumption because of its easy digestibility and large protein concentrations.

Keywords: *bactris gasipaes*, fermentation, digestibility.

CAPITULO X.

10. ANEXOS.

10.1. FOTOGRAFIAS.

Fotografía 1. Caracterización de la materia prima (*bactris gasipaes*).



A) Selección de materia Prima.

B) Pesado de cáscara de Chontaduro.

C) Selección de muestra.



D) Preparación de cáscara de Chonta para secar.

E) Secado de muestra.

F) Muestra seca.



G) Molido de muestra seca.

H) Análisis de proteína.

I) Análisis de grasa.



J) Análisis de fibra.

K) Análisis de ceniza.

H) Análisis de humedad.

Fotografía 2. Fermentación de muestra cáscara de chontaduro.



A) Preparación de la Muestra.

B) Pesado de 100gr De muestra.

C) Preparación del inoculo.



E) Homogenización de cáscara de chonta.
 F) Colocación de las muestras en los frascos.
 G) Finalización de fermentación.

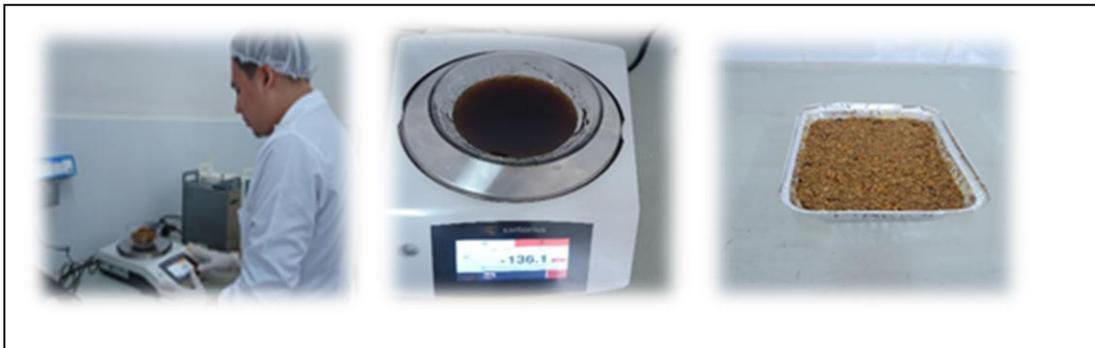
Fotografía 3. Formulación de barra energética con cáscara de chontaduro fermentada.



A) Secado de muestras fermentadas.

B) Pesado de avena.

C) Pesado de pasas.



D) Pesado de cáscara de chontaduro fermentada.

E) Pesado de miel.

F) Mezcla de ingredientes



G) Distintas muestras de De barras energéticas.

H) Horneado de barras energéticas.

I) Finalización de barras energéticas.

10.2. RESULTADOS ANALISIS BROMATOLOGICOS (INIAP)

MC-LSAIA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutugaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 15-065

NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Adrián Veloz DIRECCION: Pastaza FECHA DE EMISION: 17/04/2015 FECHA DE ANALISIS: Del 19 de marzo al 16 de abril del 2015	INSTITUCION: 0 ATENCION: Sr. Adrián Veloz FECHA DE RECEPCION.: 18/03/2015 HORA DE RECEPCION: 08H21 ANALISIS SOLICITADO Proximal, proteína digerible
---	--

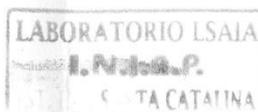
ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^Ω	E.E. ^Ω	PROTEÍNA ^Ω	FIBRA ^Ω	E.L.N. ^Ω	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
15-0290	9,75	4,21	16,95	11,82	9,39	57,63	Cáscara de chontaduro fermentada 7 días con inóculo
15-0291	8,42	4,80	13,68	12,22	12,50	56,79	Cáscara de chontaduro fermentada 7 días sin inóculo
		0,00					
ANÁLISIS	Proteína Digerible Ω						
MÉTODO	MO-LSAIA-01.04						
METODO REF.	U. FLORIDA 1970						
UNIDAD	%						
15-0290		11,48					Cáscara de chontaduro fermentada 7 días con inóculo
15-0291		11,53					Cáscara de chontaduro fermentada 7 días sin inóculo

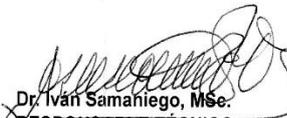
Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


 Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD




 Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

10.3. RESULTADOS ANALISIS PROTEÍNA Y FIBRA CRUDA



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com

"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:15-077						R01-5.10 06
Solicitud No: 15- 077						Pág.:1 de 1
Fecha de recepción: 27 marzo 2015			Fecha de ejecución de ensayos: 30-31 marzo 2015			
Información del cliente:						
Empresa: Universidad Estatal Amazónica			C.I./RUC: 1600784613			
Representante: Adrian Vinicio Veloz Torres			TIF:			
Dirección: Puyo			Celular: 0987265627 - 0989554691			
Ciudad: Puyo			E mail: adv_snt15@hotmail.com			
Descripción de las muestras:						
Producto: Barras energéticas			Peso:			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase:			
Lote: n/a			No de muestras:			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: n/a			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 27 marzo 2015			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Barras energéticas elaboradas con cáscara de chontaduro fermentada	7715186	T1	Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	8.73
			*Fibra cruda	INEN 522	%	1.47
	7715187	T2	Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	10.6
			*Fibra cruda	INEN 522	%	1.74
	7715188	T3	Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	10
			*Fibra cruda	INEN 522	%	2.56
	7715189	T4	Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	10.4
			*Fibra cruda	INEN 522	%	2.66
Conds. Ambientales: 19.2°C; 49%HR						
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: SICONAL						GR

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".