



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Casa abierta al tiempo

**EVALUACION DE LA PENCA DE MAGUEY COMO FUENTE DE
CARBONO DE BACTERIAS ACIDO LACTICAS TERMOTOLERANTES
Y SU EFECTO EN UN BATIDO CÁRNICO**

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA

P R E S E N T A

I.A. BERENICE ISAURA CASTILLEJOS GÓMEZ

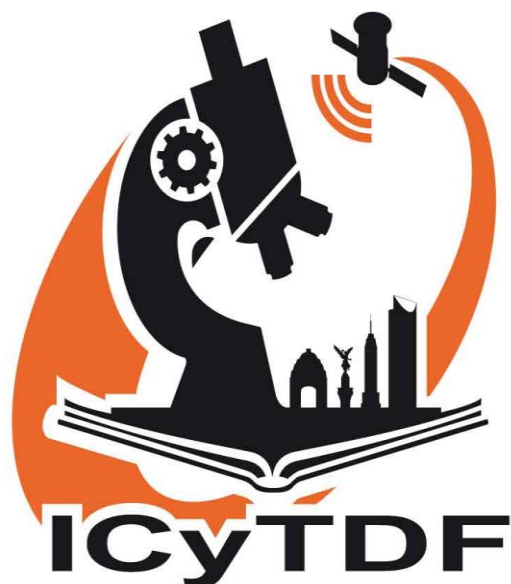
D I R E C T O R E S

DRA. MARIA DE LOURDES PÉREZ CHABELA

DR. ALFONSO TOTOSAUS SANCHEZ

MÉXICO, DISTRITO FEDERAL

MARZO, 2013



Al Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF) por el apoyo brindado para la realización del proyecto: PICS011-21 “Aprovechamiento de subproductos agroindustriales como fuente de fibra y su posible utilización como prebióticos en productos cárnicos”.

El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la unidad Iztapalapa aprobó la comunicación de resultados

“Evaluación de la penca de maguey como fuente de carbono de bacterias ácido lácticas termotolerantes y su efecto en un batido cárnico”

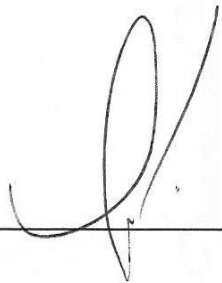
Que presentó

BERENICE ISAURA CASTILLEJOS GÓMEZ

El día 15 del mes de marzo del 2013

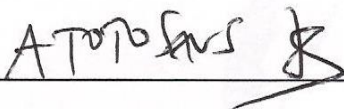
Comité tutorial:

Directora: Dra. Ma. de Lourdes Pérez Chabela



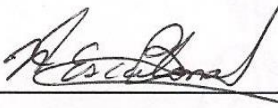
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Director: Dr. Alfonso Totosaus Sánchez

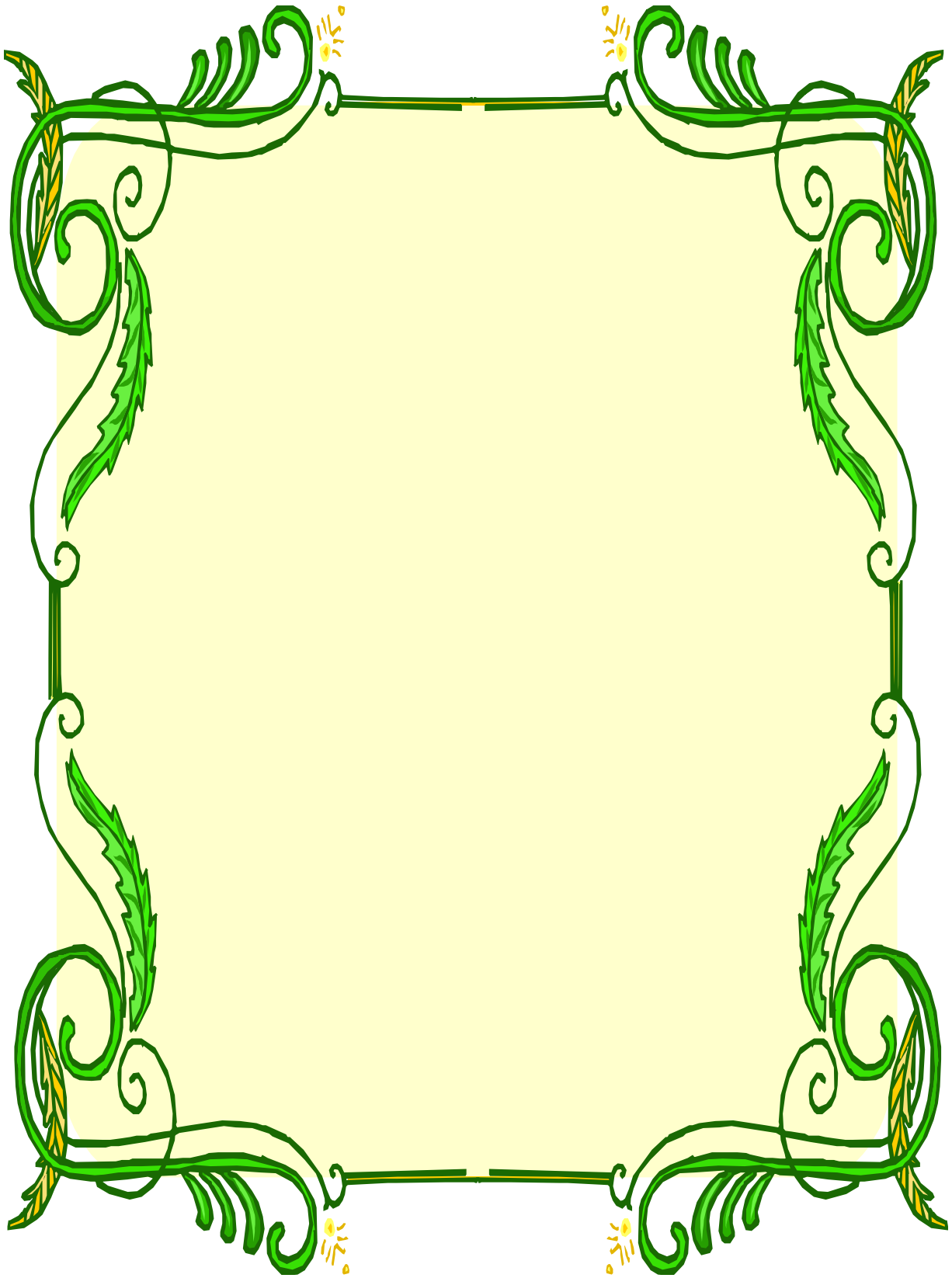


Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

Lector: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía



Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, por brindarme todas las herramientas necesarias para realizar con éxito estos estudios de posgrado.

Al Laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas S-130, porque en él se encuentra un espacio para investigar, descubrir y desarrollar cada una de nuestras habilidades.

A la Dra. Ma. de Lourdes Pérez Chabela, por abrirme las puertas a este mundo de la investigación, por motivarme a continuar con mis estudios, por su dedicación y entrega, pero sobre todo, gracias por confiar en mí.

Al Dr. Alfonso Totosaus, por sus sugerencias, por su apoyo en la parte del análisis experimental y por la ayuda recibida en la revisión, que hacen que mejore la calidad de esta tesis.

Al Dr. Héctor Escalona, por su apoyo y por tener las puertas abiertas de su laboratorio, por su revisión crítica y minuciosa, por mostrarme mis errores y darme su ayuda para la corrección de los mismos.

A Geovana Fuentes, por estar conmigo en las buenas y no tan buenas, por apoyarme y siempre cuestionarme en cada momento, haciendo reflexionar y tomar la mejor decisión, gracias amiga por estar y sacar el potencial que hay en mí, te quiero mucho y aquí estoy para una gran amiga.

A Juana Chaparro, por tu amistad, por tu apoyo, cada cosa que pasamos en la realización de este proyecto, lo atesoro en mi corazón, sabes que te quiero mucho y que cuentas conmigo.

A Juan Díaz, primeramente por brindarme tu apoyo en cada momento, eres una persona excepcional, gracias por cada uno de los consejos, no los guardo en saco roto, gracias por tu amistad, eres un gran amigo y un ejemplo a seguir.

A todas las personas que sin saberlo formaron parte de este proyecto.....**GRACIAS!**

DEDICATORIAS

Primeramente dedico este trabajo a Dios, por darme entendimiento y sabiduría, fuerzas para seguir adelante y levantarme con entusiasmo, porque nunca apartaste tu mano de mí y creo que no lo harás.

A mi mamá, por tu amor, comprensión, confianza, eres mi ejemplo de superación, por ti es que día a día lucho por ser mejor, gracias por soportar mis malos ratos y darme palabras y tu abrazo para seguir adelante, eres una gran mujer, te quiero muchísimo.

A mi abuelita, por tus llamadas de atención y tus consejos, recordándome siempre que todo se logra a base de esfuerzo y dedicación, haciendo con ganas lo que anhelo, te quiero mucho mamita.

A mis hermanos Gonzalo y Samuel, por estar conmigo y mostrarme las capacidades que tiene cada uno, por compartir conmigo tristezas, risas, juegos, quiero que sepan que su hermana los quiere mucho y que aquí estoy en lo que necesiten.

A mi basta familia, que no terminaría de nombrar, a mis tías, tíos, primas y primos, gracias a cada uno de ustedes por preguntar por esta chamaca, a todos y cada uno los llevo en mi corazón y este trabajo es para ustedes, sigamos adelante logrando cada una de nuestras metas.

A mis compañeras del laboratorio, pero ahora amigas, Rosy, Violeta, Arisaí, muchas gracias chicas por sus palabras, consejos, apoyo y amistad, la verdad no todos tienen la fortuna de conocer a tan gratas personas y a mí se me dio esa oportunidad, las quiero.

A tí por estar conmigo...

Berenice

Contenido

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCION.....	13
ANTECEDENTES.....	14
Alimentos funcionales	14
Definición.....	14
Probióticos	16
Definición.....	16
Características.....	17
Mecanismos de acción	18
Prebióticos	19
Definición.....	19
Características.....	20
Tipos de prebióticos.....	20
Bacterias Ácido Lácticas (BAL)	22
Características de las bacterias lácticas	22
Clasificación de las bacterias lácticas	23
Metabolitos producidos por bacterias lácticas.....	24
Termoresistencia de las bacterias ácido lácticas	25
Fibra.....	27
Definición.....	27
Clasificación de la fibra	28
Estudios sobre la utilización de fibra	30
Subproductos agroindustriales	33
Penca de maguey	33
OBJETIVOS.....	35
General	35
Específicos	35
JUSTIFICACION.....	36
MATERIAL Y MÉTODOS.....	37

PRIMERA PARTE	39
Preparación de harina	39
Análisis Bromatológicos	39
Determinación de cenizas.....	39
Contenido de humedad.....	39
Determinación de pH	40
Contenido de proteína total.....	40
Contenido de grasa	40
Contenido de fibra total.....	41
Preparación de los batidos cárnicos	42
Análisis Fisicoquímicos	43
Rendimiento a la cocción.....	43
Análisis de Perfil de Textura (TPA)	44
Determinación de color	44
Determinación de humedad expresable.....	45
Contenido de humedad total.....	45
Determinación de pH	45
Estabilidad a la cocción	46
Estabilidad a la grasa.....	46
Determinación de pérdida de grasa	46
Determinación de rancidez oxidativa (TBARS)	47
SEGUNDA PARTE.....	48
Cuantificación de azúcares totales	48
Activación de cepas	48
Fermentaciones.....	48
Determinación de pH.....	50
Diseño experimental y Análisis de resultados.....	51
RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
Primera parte	52
Análisis Bromatológicos	52
Análisis Fisicoquímicos	53
Rendimiento a la cocción.....	53

Análisis de Perfil de Textura (TPA)	54
Determinación de color	56
Determinación de pH, contenido de humedad total y humedad expresable	58
Estabilidad a la cocción y grasa	60
Pérdida de grasa	61
Determinación de rancidez oxidativa (TBARS)	62
Segunda parte.....	64
Curva de crecimiento y comportamiento de pH	64
Tasa específica de crecimiento y tiempo de duplicación.....	69
Actividad prebiótica	71
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA.....	74

Índice de Tablas

Tabla 1 .Requisitos esenciales en un probiótico (Davidson y Butler, 2000).....	18
Tabla 2. Características distintivas de los cinco géneros de bacterias ácido lácticas (Silliker y Elliott, 1980).....	23
Tabla 3. Formulación de batidos cárnicos.....	43
Tabla 4. pH y Análisis bromatológicos de la harina de penca de maguey.....	52
Tabla 5. Parámetros de textura de los batidos cárnicos.....	56
Tabla 6. Parámetros de color <i>CIE Lab</i> , de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey.....	58
Tabla 7. pH, Contenido de humedad total y humedad expresable de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey.....	60
Tabla 8. Estabilidad a la cocción y grasa de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey.....	61
Tabla 9. Pérdida de grasa de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey.....	62
Tabla 10. mg de malonaldehído gastados en los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey.....	63
Tabla 11. Tasa específica de crecimiento y tiempo de duplicación de <i>Pediococcus pentosaceus</i> UAM-22 y <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	70
Tabla 12. Actividad prebiótica de <i>Pediococcus pentosaceus</i> UAM-22 y <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	72

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo general.....	38
Figura 2. Rendimiento de los batidos cárnicos elaborados con harina de penca de maguey y control.....	54
Figura 3. Rancidez oxidativa de los batidos cárnicos de los batidos cárnicos con harina de penca de maguey y control.....	63
Figura 4. Cinética de crecimiento para <i>Pediococcus pentosaceus</i> UAM-22 con harina de penca de maguey y glucosa.....	65
Figura 5. Comportamiento del pH para <i>Pediococcus pentosaceus</i> UAM-22 con harina de penca de maguey y glucosa.....	66
Figura 6. Cinética de crecimiento para <i>Lactobacillus rhamnosus</i> con harina de penca de maguey.....	67
Figura 7. Comportamiento del pH para <i>Lactobacillus rhamnosus</i> con harina de penca de maguey.....	68

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar a la harina de penca de maguey como fuente de carbono de bacterias lácticas termotolerantes y su efecto en un batido cárnico cocido. Este trabajo se dividió en dos partes. En la primera parte se llevó a cabo el análisis bromatológico de la harina de penca de maguey, determinando humedad, pH, cenizas, proteína, grasa, fibra total. Con esta harina se realizaron batidos cárnicos, un batido sin harina constituyó el control, se almacenaron durante veintiún días y cada 4 días se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos: rendimiento, textura, color, pH, humedad total, humedad expresable, estabilidad a la cocción, estabilidad a la grasa, pérdida de grasa y rancidez oxidativa. Para la segunda etapa de este estudio se evaluó a la harina de penca de maguey como fuente de carbono de bacterias ácido lácticas termotolerantes (posible actividad prebiótica), a dos diferentes concentraciones 0.5% y 1.0%, probando con dos diferentes microorganismos, *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) y *Lactacillus rhamnosus*. Los resultados obtenidos muestran que la harina de penca de maguey presenta un alto contenido de fibra, y que al ser introducida en el batido, se disminuye la rancidez, dureza y humedad expresable de la muestra, no teniendo diferencias significativas con los otros parámetros. Como fuente de carbono la mejor concentración utilizada fue al 1.0% y utilizando *Pediococcus pentosaceus* (UAM 22) obteniendo una fase exponencial más rápido que con glucosa. *Por lo tanto se concluye que la harina de penca de maguey puede ser utilizada como fuente de fibra y posible prebiótico de bacterias lácticas termotolerantes en productos cárnicos cocidos.*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate maguey leaf meal as carbon source for thermotolerant lactic acid bacteria and their effect on cooked meat batter. This work is divided into two parts. The first part was to determinate proximate analysis of maguey leaf flour: moisture, pH, ash, protein, fat, and total fiber. Meat batters were formulated with maguey leaf flour, and stored twenty days, determining every 4 days the following physicochemical analysis: performance, texture, color, pH, total moisture, expressible moisture, cooking stability, stability fat, fat loss and oxidative rancidity. For the second part, maguey leaf flour was analysed as carbon source for thermotolerant lactic acid bacteria (possible prebiotic activity) at two different concentrations 0.5% and 1.0%, with two different microorganisms, *Pediococcus pentosaceus* (UAM -22) and *Lactacillus rhamnosus*. The results showed that the maguey leaf meal has higher fiber content, decreasing rancidity in meat batters, as well as hardness and expressible moisture, with no significant differences in the other parameters. As the carbon source the best concentration was 1.0% with *Pediococcus pentosaceus* (UAM 22), obtaining faster exponential phase than glucose. Thus, it is concluded that the maguey leaf flour can be used as source of prebiotic and fiber for thermotolerant lactic acid bacteria in cooked meat products.

INTRODUCCION

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponden a los alimentos funcionales.

Aunque no hay una definición reglamentaria de “alimentos funcionales”, éstos incluyen una gran variedad de alimentos y sus componentes que se cree que mejoran la salud y el bienestar, reduciendo el riesgo de enfermedades específicas, o reduciendo al mínimo los efectos de otros problemas de salud.

Los alimentos funcionales son los probióticos, prebióticos y hasta cierto punto la fibra dietética. Los probióticos son microorganismos que benefician al huésped mejorando el balance microbiano intestinal. Los prebióticos son ingredientes no digeribles de alimentos o suplementos que alteran la flora intestinal y estimulan el crecimiento de bacterias saludables. La fibra dietética es parte de los alimentos vegetales que son polisacáridos y no son digeridos por las enzimas humanas. El proceso fisiológico que los probióticos y alimentos funcionales afectan a la flora intestinal es a través del equilibrio de la microecología intestinal.

ANTECEDENTES

Alimentos funcionales

Definición

El término de alimento funcional fue introducido por primera vez en Japón a mediados de la década de los ochenta, para referirse a alimentos procesados a los cuales se le han adicionado ingredientes como una función específica para el organismo además de ser nutritivos (Arvanitoyannis y Houwelingen-koukaliaroglou, 2005). Esta definición es muy variable entre países, industrias, así como ambigua con algunos productos relacionados, tales como nutracéuticos, suplementos dietéticos, entre muchos otros términos.

Un alimento funcional se puede definir como:

- Un alimento que se ha demostrado actúa benéficamente sobre una o más funciones del cuerpo, más allá de su efecto nutricional, mejorando la salud y el bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad (Ferrer y Dalmau, 2001).
- Un alimento similar en apariencia a los alimentos convencionales que es consumido como parte de una dieta normal cuyos beneficios fisiológicos y/o reducción del riesgo de enfermedades crónicas ha sido demostrado, además de sus funciones nutricionales básicas (Arvanitoyannis y Houwelingen-koukaliaroglou, 2005).

-
-
- Alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutrimental (Alvidrez y col., 2002)
 - Un alimento, ya sea natural o formulado, que mejora el rendimiento fisiológico, previene o trata enfermedades y trastornos. Los alimentos funcionales son aquellos desarrollados para fines de mejorar la salud, así como para ayudar a tener un mayor rendimiento físico (Wildman, 2007).

Los alimentos funcionales deben contener un componente con un efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, cuyos efectos positivos se pueden justificar como función funcional (fisiológica) o incluso saludable. Los tres requisitos básicos para ser considerado como alimento funcional incluyen: 1) formulado de ingredientes derivados de fuentes naturales, 2) consumidos como parte de la dieta diaria, 3) estar involucrados en la regulación de procesos específicos en el organismo humano, como lo es el proceso de envejecimiento, prevención de enfermedades y mejora inmunológica (Jiménez-Colmenero y col., 2001).

Entre los principales alimentos funcionales se pueden incluir a los prebióticos, probióticos, flavonoides, fitoesteroles, fitoestanoles, péptidos bioactivos por mencionar algunos.

Probióticos

Definición

El término probiótico se deriva del griego y significa “para la vida”. Fue utilizado por primera vez por Lilly y Stillwell en 1965 para describir “sustancias secretadas por un microorganismo que estimulan el crecimiento de otro”. Schrenzenmeir y de Vrese proporcionaron una definición más contemporánea de probiótico en 2001, la definieron como una “preparación o producto que contiene microorganismos definidos, viables en número suficiente, que pueden alterar la microflora (mediante implantación o colonización) en un comportamiento del huésped y con ello ejercer efectos de salud benéficos para este”.

Los probióticos son alimentos funcionales que se caracterizan por contener microorganismos vivos. Los mecanismos por los cuales los probióticos ejercen sus acciones benéficas no son bien conocidas, aunque se postulan como los más relevantes la producción de lactasa, la modificación del pH intestinal, la producción de sustancias microbianas, la competición con microorganismos patógenos por sus receptores, lugares de unión y nutrientes precisos para su desarrollo (Silveira y col., 2003).

Es esencial que los probióticos permanezcan vivos durante su tránsito por el tracto gastrointestinal. Lactobacilos y Bifidobacterias potencian la inmunidad, favorecen el equilibrio de la microflora del colón, incrementan la biodisponibilidad de ciertos

nutrientes, mejoran el tránsito y la motilidad intestinal, estimulan la proliferación celular y elaboran ciertos productos fermentados benéficos (Silveira y col., 2003).

Los probióticos representan un aspecto importante de los alimentos funcionales del mercado que parece ser cada vez más popular entre los consumidores que buscan sin prescripción, alternativas que puedan prevenir o tratar una variedad de enfermedades. Los probióticos son comercializados a los consumidores conscientes de la salud como una herramienta para prevenir la disfunción intestinal y reforzar sus mecanismos de defensa innatas, por lo tanto, su uso es cada vez más generalizado (Gibson y Roberfroid, 2008)

Características

Las características esenciales en todo microorganismo considerado probiótico están enfocadas en asegurar el paso del mismo por el tracto digestivo para llegar al sitio de acción y tener un efecto benéfico sobre la flora nativa microbiana, además de la seguridad de ser utilizados sin la existencia de riesgos potenciales por infecciones sistémicas, alteración de la actividad metabólica, transferencia de genes y/o alteración en la inmunomodulación (Barrio, 2006).

En la Tabla 1 se encuentran los requisitos que debe cumplir una bacteria para ser considerada probiótica (Davidson y Butler, 2000).

Tabla 1 .Requisitos esenciales en un probiótico (Davidson y Butler, 2000).

<i>In vivo</i>	<i>In vitro</i>
1) Resistencia al ácido	1) Comparación con microbios patógenos
2) Resistencia a las sales biliares	2) Actividad bactericida frente a patógenos
3) Adherencia a las células epiteliales intestinales en el cultivo	3) Modificar el balance bacteriano del colon hacia una composición más favorable.
4) Unión al moco gastrointestinal.	

Mecanismos de acción

Existen varios mecanismos para explicar los efectos benéficos de los compuestos probióticos sobre la salud. El mecanismo básico es la competencia microbiana. Las bacterias probióticas pueden competir con las bacterias patógenas por la cantidad limitada de nutrientes presentes en la luz intestinal y pueden desplazar a los patógenos en los receptores presentes en la superficie epitelial. Las bacterias probióticas incrementan la secreción de mucina, la cual bloquea la unión de los patógenos con los receptores epiteliales (Kappelman y Bousvaros, 2007). Otros mecanismos que se han citado son: la producción de sustancias antimicrobianas como son ácido láctico y bacteriocinas, adherencias a la mucosa y coagregación para formar una barrera que previene la colonización por patógenos (Ehrman y col., 2002).

Prebióticos

Definición

En 1995, Gibson y Roberfroid definieron un prebiótico como “ingrediente alimentario no digestible que afecta benéficamente y selectivamente al huésped estimulando el crecimiento y/o actividad de uno o un número limitado de bacterias en el colon, y mejorando así la salud del huésped.” Esta definición consideraba solamente cambios microbianos en el colón humano, por lo que era considerado oportuno extrapolar esto en otras áreas que pueden beneficiarse de un alcance selectivo de microorganismos particulares y proponer una definición actual de prebiótico como un ingrediente selectivamente fermentado que permite cambios específicos, en la composición y/o la actividad en la microflora gastrointestinal (Gibson y Roberfroid, 2008).

Estas definiciones han atraído mucho el interés en el campo de la nutrición en la investigación científica y en el uso de los alimentos. Por lo tanto y durante años, se ha atribuido la actividad prebiótica a muchos componentes, particularmente oligosacáridos y polisacáridos (algunas fibras dietéticas), pero a veces sin la consideración debida a los criterios requeridos. Particularmente debe ser mencionado que no todas las fibras dietéticas son ciertamente prebióticas (Gibson y Roberfroid, 2008).

Características

Dentro de los criterios de clasificación de un ingrediente alimenticio como prebiótico se encuentran tres que han sido considerados como los más importantes (Gibson y Roberfroid, 1995):

- a) Resistencia a la digestión, capacidad para transitar por el tracto gastrointestinal si ser digerido o absorbido en la parte superior.
- b) Susceptible a la fermentación en el intestino grueso y colón por bacterias benéficas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*.
- c) Alteración de la microflora hacia una composición saludable mediante la mejora en crecimiento y/o actividad en forma selectiva de bacterias benéficas dentro del sistema gastrointestinal.

Otra de las características presentes en los probióticos es la absorción de una variedad de minerales, como pueden ser el calcio, magnesio, hierro y zinc, mediante la fermentación de ácidos grasos de cadena corta, esto mediante la disminución del pH del medio y de esta manera solubilizar los minerales (Schoz-Ahrens y col., 2001).

Tipos de prebióticos

Los efectos benéficos de la presencia de microorganismos en el tracto gastrointestinal dependen de su viabilidad y la actividad que metabolizan, fomentado principalmente por el tipo de carbohidratos suministrados en el espacio donde la microflora reside. Dentro de los carbohidratos, existen compuestos que tienen una conformación desde monomérica hasta polimérica que podrían tener un efecto

prebiótico, sin embargo, no todos los carbohidratos presentan esta característica (Kolida y Gibson, 2008).

Los diferentes tipos de prebióticos que pertenecen al grupo de carbohidratos se pueden obtener tanto de forma natural como los fructanos (inulina) oligosacáridos de la soya, como rafinosa y estaquiosa por extracción directa del concentrado de soya; por hidrólisis de polisacáridos, ya sea química o enzimática, o por síntesis química o enzimática, esta última por transglicosilación y/o hidrólisis inversa usando hidrolasas y/o glicosiltransferasas a partir de sustratos como disacáridos (lactosucrosa y galacto-oligosacáridos) (Swennen y col., 2006).

Otro tipo de prebióticos pertenecientes a los carbohidratos son los derivados de la lactosa, dentro de los principales se encuentran los galacto-oligosacáridos que son funcionalmente similares a la inulina. Sin destacar a las fibras dietéticas, las cuales forman parte de un grupo de cereales como: maíz, sorgo, trigo, avena, etc.; estos alimentos presentan características que los hace prebióticos (Charalampopoulos y col., 2002).

Por otro lado, la fibra dietética podría ser considerada dentro del grupo de prebióticos de acuerdo a las características que presentan.

Bacterias Ácido Lácticas (BAL)

Características de las bacterias lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son microorganismo Gram positivos, normalmente inmóviles y no esporulados, producen ácido láctico y alguno otros metabolitos (Axelsson, 1998). Todas las BAL crecen anaeróbicamente, a diferencia de algunos microorganismos anaerobios, la mayoría son sensibles al O₂ y por lo tanto pueden crecer tanto en presencia como en ausencia del mismo, siendo así anaerobios aerotolerantes. Son microorganismos con una limitada capacidad biosintética, por lo tanto requieren factores de crecimiento complejos como vitaminas del grupo B, purinas, pirimidinas y aminoácidos. Como carecen de citocromos y porfirinas, no realizan fosforilación por transporte de electrones por ende reciben energía por fosforilación a nivel sustrato, siendo de esta manera que obtienen la energía por fermentación. Carecen de la capacidad de biosíntesis del grupo hemo, razón por la cual son catalasa negativa. En preparaciones al microscopio aparecen aisladas o formando cadenas de cocos o bacilos, forman colonias pequeñas nunca pigmentadas, poseen gran tolerancia a la acidez (Madigan y col., 1998) Son denominadas como bacterias ácido lácticas debido a que la mayoría de sus miembros tiene como producto final el ácido láctico durante la metabolización de carbohidratos.

Clasificación de las bacterias lácticas

De acuerdo con una revisión taxonómica de este grupo de bacterias se encuentran los siguientes géneros: *Aerococcus*, *Alloicoccus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragococcus*, *Vagococcus* y *Weissella*, sin embargo, los géneros más representativos que forman la parte central de este grupo de bacterias son: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Streptococcus* (Axelsson, 1998). La clasificación de las bacterias ácido lácticas está basada de acuerdo a su morfología, crecimiento a diferentes temperaturas, adaptación a diferentes concentraciones de sal, tolerancia a condiciones ácidas y sobre todo a sus diferencias entre los tipos de fermentación de azúcares. En la tabla 2 se observa la morfología y otras características que permiten determinar cada uno de los cinco géneros más representativos de las bacterias ácido lácticas.

Tabla 2. Características distintivas de los cinco géneros de bacterias ácido lácticas (Silliker y Elliott, 1980)

Género	Fermentación	Catalasa	Forma
<i>Streptococcus</i>	Homoláctica		Cocos en cadenas o parejas
<i>Leuconostoc</i>	Heteroláctica		Cocos en cadenas o parejas
<i>Pediococcus</i>	Homoláctica		Cocos en tétradas
<i>Aerococcus</i>	Homoláctica	± (pseudocatalasa si la reacción es positiva)	Cocos en tétradas
<i>Lactobacillus</i>	Homo ó Heteroláctica		Bacilos usualmente en cadenas

Las bacterias ácido lácticas son asociadas a hábitats ricos en nutrientes como puede ser carne, leche y vegetales. El crecimiento de estas bacterias depende de las condiciones del ambiente como lo son la temperatura, pH, Aw y moléculas necesarias para el metabolismo de la célula y desarrollo de sus estructuras (Leroy y Vuyst, 2001).

Metabolitos producidos por bacterias lácticas

El crecimiento activo de la BAL en los alimentos en los que se lleva a cabo una fermentación, asociado con el metabolismo de determinados componentes en los mismos, es en parte el responsable de la producción de gran variedad de productos fermentados. Además, estos microorganismos actúan inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas y deteriorantes dando lugar a productos estables y relativamente seguros. La estabilidad de estos productos ha sido atribuida a la conversión de azúcares en ácidos orgánicos, dicha conversión ha sido identificada como la principal responsable de su acción antimicrobiana debido al efecto combinado del descenso de pH y al consumo de carbohidratos. La producción de agentes antimicrobianos depende de la composición del medio, el pH, la temperatura, el potencial redox y la presencia de microorganismo que compitan con las BAL y el efecto de aditivos (Helander y col., 1997). Además de la formación de ácidos orgánicos, las BAL producen compuestos antimicrobianos como los metabolitos de oxígeno (peróxido de hidrógeno) y también algunos productos finales del catabolismo celular como diacetilo, reuterina. Por otro lado, se ha descrito que algunas especies de BAL son capaces de sintetizar y secretar compuestos

antimicrobianos de naturaleza proteica conocidas como bacteriocinas (Requena y Peláez, 1995).

Termoresistencia de las bacterias ácido lácticas

Las bacterias lácticas normalmente se les considera como mesófilas, sin embargo, se ha encontrado que son microorganismos capaces de resistir el aumento gradual de la temperatura además del estrés ambiental del tracto gastrointestinal (pH bajo, presión osmótica, alta salinidad, alcohol, ácidos orgánicos y jugos biliares y pancreático) al sintetizar proteínas reguladoras llamadas chaperonas moleculares (Ljungh y Wadstrom, 2006); un grupo específico de este tipo de proteínas son las proteínas del shock térmico, las cuales tienen la finalidad de minimizar los daños producidos en dichas condiciones, al estabilizar las formas inestables de otras proteínas por medio de uniones y desuniones controladas, facilitando el ensamblado, la correcta unión de oligómeros, su transporte a otro compartimiento celular y/o la disposición para su degradación (Coronato y col., 1999). Las principales especies de bacterias ácido lácticas que han mostrado la presencia de este tipo de proteínas como mecanismos de respuesta ante un drástico cambio ambiental pertenecen a los generos *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Pediococcus* (Sugimoto y col., 2008).

Victoria-León y col. (2006) evaluaron la termotolerancia de 8 cepas, 4 de ellas (*Lactobacillus alimentarius*, *L. lactis*, *L. piscícola* y *Enterococcus sp*) sobrevivieron al tratamiento térmico de 70°C y fueron inoculadas en salchichas para estudiar su

efecto sobre la aceptación y el conteo de enterobacterias; los resultados obtenidos mostraron un perfil de aceptación similar al control en las muestras con *L. alimentarius* y *L. lactis* al mismo tiempo que fue disminuido el conteo de enterobacterias durante el periodo de almacenamiento.

Pérez-Chabela y col. (2008) aislaron un total de 29 cepas de BAL a partir de 12 diferentes marcas comerciales de salchichas tipo Viena, solo cuatro de ellas, identificadas como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* y *Pediococcus acidilacti*, sobrevivieron al tratamiento térmico de 70°C durante 60 minutos; estas cepas fueron inoculadas en salchichas para determinar su efecto sobre características físicas y sensoriales, así como en la inhibición de enterobacterias en un periodo de almacenamiento de 12 días a 8°C; los resultados obtenidos no mostraron cambios significativos sobre el color, la textura y la aceptación de las muestras inoculadas con la cepas de BAL termotolerantes, por otro lado, el conteo de enterobacterias fue menos en todas las muestras en comparación al control, con un mayor efecto antagónico por parte de *L. curvatus* durante el almacenamiento.

Ramírez-Chavarín y col. (2010) aislaron e identificaron 10 cepas de bacterias lácticas termotolerantes a partir de salchichas comerciales, los géneros de estas cepas fueron identificados mediante análisis fenotípicos y genotípicos como *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Aerococcus* y *Enterococcus*, determinado su potencial uso como cultivos probióticos en productos cárnicos cocidos.

Díaz-Vela (2010) evaluó a la inulina de agave, inulina de achicoria y albedo de naranja como prebióticos en bacterias lácticas termotolerantes, se estudio la capacidad prebiótica in vitro de estos ingredientes a través de procesos fermentativos utilizándolo como fuentes de carbono a concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, analizando la producción de ácidos grasos de cadena corta para determinar desviaciones en el metabolismo, con dos cepas de bacterias lácticas reportadas como probióticas, *Pediococcus pentosaceus* y *Aerococcus viridans*.

Fibra

Definición

La fibra dietética se reconoce hoy, como un elemento importante para la nutrición sana. No es una entidad homogénea y probablemente con los conocimientos actuales tal vez sería más adecuado hablar de fibras en plural. No existe una definición universal ni tampoco un método analítico que mida todos los componentes alimentarios que ejercen los efectos fisiológicos de la fibra (Escudero y González, 2006).

Este concepto se ha asociado a varios significados a lo largo de los años, que ha dado lugar a una discusión internacional basada en los avances en técnicas analíticas, la nueva información alimenticia y fisiológica y también los intereses privados de la industria alimentaria (Champ y col., 2003). Inicialmente, el residuo que permanece después de la extracción de los tejidos vegetales con ácido diluido o las soluciones básicas fueron llamadas fibra total, aunque pronto se dieron cuenta que esta medida no era representante del "contenido exacto de la fibra". La definición

más constante que ahora se acepta es la de Trowell (1976): "La fibra dietética consiste en los remanentes de las células de la planta resistentes a la hidrólisis (digestión) por las enzimas alimenticias del hombre", cuyos componentes son hemicelulosas, celulosa, lignina, oligosacáridos, pectinas, gomas y ceras. Sin embargo, las definiciones alternativas para la fibra continúan siendo propuestas. Mongeau y col. (1999) dijeron que un material vegetal se puede definir como fibra dietética, si viene de las membranas celulares de los tejidos de las plantas, guarda intacta su estructura y puede ser determinada usando métodos oficiales de análisis para su caso. La AACC (2001) adoptó esta definición para la fibra dietaria: como las partes comestibles de las plantas o de los carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino humano.

Meyer (2004) propone que las fibras sean una parte integrante de los productos alimenticios que se tienen que consumir del diario; las fuentes principales son plantas, cereales, granos, plantas leñosas, frutas, legumbres, plantas leguminosas, etc. basados en su solubilidad intestinal simulada, las fibras dietéticas se clasifican como fibra insoluble o soluble.

Clasificación de la fibra

Diversos sistemas de clasificación se han utilizado para clasificar los componentes de la fibra dietética: de acuerdo con su papel en la planta, basada en el tipo de polisacárido, en su solubilidad gastrointestinal simulada, en el sitio de la digestión, y la clasificación fisiológica. Sin embargo, ninguno es enteramente satisfactorio, pues los límites no pueden ser definidos absolutamente. La clasificación más ampliamente

utilizada para la fibra dietética ha sido distinguir componentes dietéticos en su solubilidad en un almacenador intermediario como pH definido, y/o su fermentabilidad en los sistemas *in vitro* usando un representante acuoso de la solución de enzimas alimenticias humanas. Sin embargo, todavía hay discusión con respecto a los medios más apropiados de clasificar la fibra dietética. Puesto que la mayoría de los tipos de la fibra por lo menos se fermentan parcialmente, se sugiere que puede ser el más apropiado referirles como fermentado parcialmente o mal y bien fermentado (Guo, 2009).

Fibra soluble

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticancerígeno (Escudero y González, 2006). Esto incluye gomas, los mucílagos, la pectina y algunas hemicelulosas. Estas fibras se encuentran en todos los tipos de guisantes y de habas, así como avena, manzanas, naranjas, y zanahorias.

Para la gente con diabetes, comiendo los alimentos que contienen la fibra soluble pueden ayudar a controlar o a bajar el nivel de azúcar en su sangre y a disminuir necesidades de la insulina; estudios han demostrado que incluyendo una o dos porciones de habas, avena u otras fuentes de fibra soluble ayudan a los niveles de azúcar en sangre. Puede también ayudar a regular los niveles de colesterol de la sangre, especialmente al LDL-colesterol LDL o colesterol malo (Guo, 2009).

Fibra insoluble

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Kin, 2000). La celulosa, la lignina, y el resto de la hemicelulosa, son todas las fibras insolubles. Estas fibras proporcionan la estructura a las plantas. Los granos enteros, fibra del trigo y del maíz, la coliflor, habas verdes, y las papas son buena fuente de fibra insoluble. Las cáscaras de frutas y verduras son también buenas fuentes de fibra insoluble. La fibra insoluble, también conocida como alimento poco digerible, ayuda a la digestión atrapando el agua. Esto promueve regularidad y previene el estreñimiento. El salvado de trigo, por ejemplo es alto en fibra insoluble, y también ayuda a prevenir dos clases de enfermedades, diverticulosis y hemorroides intestinales (Guo, 2009).

Estudios sobre la utilización de fibra

Desde mediados de 1970, el interés en el papel de la fibra dietética en salud y nutrición ha llevado a una amplia gama de investigación y ha recibido una considerable atención pública (Abdul-Hamid y Luan, 2000). Los informes publicados indican numerosos beneficios para la salud, asociados con una mayor ingesta de fibra dietética, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades coronarias, diabetes, obesidad y algunos tipos de cánceres (Mann y Cummings, 2009).

La fibra dietética también puede impartir alguna de las propiedades funcionales de los alimentos, por ejemplo, aumenta la capacidad de retención, la capacidad de retención de aceite, emulsificación y/o formación del gel. La fibra dietética incorporada en los productos alimenticios (productos de panadería, lácteos, mermeladas, carnes, sopas) puede modificar las propiedades de textura, evitar sinéresis (separación de un líquido de un gel causado por la contracción), estabilizar los alimentos altos en grasa y emulsiones, y aumentar la vida de anaquel.

Prosky y col. (1988) realizaron un estudio para determinar la fibra dietética insoluble, soluble y la fibra dietética total de ciertos productos alimenticios y alimentos (soya, harina de trigo, pan de centeno, papas, arroz, salvado de maíz, avena, salvado de trigo) con una combinación de procedimientos enzimáticos y gravimétricos. Grigelmo y col. (1999) estudiaron la caracterización de la fibra dietética concentrada de durazno como ingrediente alimenticio, el contenido de fibra dietética total constituye 31-36%, con una porción alta de fibra dietética insoluble (20-24%) y una fracción soluble (11-12%). Larrauri (1999) realizó un estudio de los nuevos enfoques en la preparación de la fibra dietética de subproductos de frutas, refiriéndose a la producción de polvos de alta fibra dietética a partir de frutas y subproductos en la elaboración potencial de fibras con compuestos bioactivos asociados. Abdul-Hamid y Luan (2000) realizaron un estudio de las propiedades funcionales de la fibra dietética preparada a partir de salvado de arroz, ellos encontraron que se compone de 27% de fibra dietética, sugiriendo que el salvado de arroz es una buena fuente de fibra que puede ser añadido a los productos de diversos alimentos. García y col. (2002),

analizaron el efecto de la adición de fibras de cereales y fruta en embutidos fermentados. Utilizando concentraciones en cuanto a la grasa (6 y 10%), adición de cereales y fibra de fruta (1.5 y 3%), los mejores resultados se obtuvieron con salchichas con 10% de grasa y 1.5% de fibras de frutas, especialmente la fibra de naranja, dando características organolépticas similares a los productos convencionales, determinando que la reducción de grasa en embutidos enriquecidos con fibra dietética se puede obtener un perfil sensorial aceptable. Figuerola y col. (2005) investigaron las propiedades funcionales de la fibra de manzana y residuos cítricos, con el fin de utilizarlos como fuente de fibra potencial en el enriquecimiento de los alimentos. Mostrando que tienen una alta proporción de fibra insoluble y cada concentración estudiada tiene características interesantes de lo cual sugiere posibles usos en el desarrollo de la fibra de los alimentos enriquecidos. Vergara y col. (2007) estudiaron el concentrado de fibra dietética de mango con capacidad antioxidante utilizando la fruta verde, realizando una serie de análisis, mostraron un alto contenido de almidón y niveles equilibrados de fibra dietética soluble e insoluble, lo cual es importante para la funcionalidad de la fibra en la dieta humana. Fuentes y col. (2009) utilizaron los subproductos de los espárragos, encontrando que son una fuente potencial de fibra dietética, dependiendo de cómo son tratados los productos se afecta la composición y propiedades funcionales. Todas las harinas realizadas con espárragos mostraron un alta concentración de fibra dietética (62-77%). De Simas y col. (2010) estudiaron la harina de palma, encontrando altos niveles de fibra (70.85%). La alta concentración de glucosa, xilosa y arabinosa sugiere la presencia de algunos polisacáridos, como la celulosa y hemicelulosa. La presencia de lignina

en las paredes celulares primarias y secundarias en la vaina contribuye a los altos niveles de fibra dietética detectada en la harina de palma.

Subproductos agroindustriales

Los residuos agro-industriales están directamente relacionados como combustible en el mundo en desarrollo, incluye residuos de cosechas, hojarasca, hierbas y basura animal. Los residuos de cultivo son más ampliamente quemados que los residuos de animales y hojarasca. Los residuos agroindustriales se derivan de la transformación de un cultivo en particular o productos de origen animal por lo general por una empresa agrícola. Se incluyen en esta categoría los materiales como la melaza, bagazo de caña, semillas oleaginosas y la molienda del maíz así como los residuos de la elaboración de la cerveza. Residuos de los cultivos abarcan todos los desechos agrícolas como la paja, tallo, hojas, cáscaras, semillas, los que provienen a partir de los cereales (arroz, trigo, maíz, sorgo, cebada, mijo), algodón, maní, yute, legumbres (tomate, frijol, soya) café cacao, aceite de oliva, té, frutas (plátano, mango, coco) y aceite de palma (Nigam y col., 2009).

Penca de maguey y su uso en la elaboración de barbacoa

De las múltiples plantas de México que benefician al ser humano, el maguey ha sido una de las más aprovechadas, desde los antiguos mesoamericanos. Pocos son los vegetales que proporcionan al hombre casa, vestido, sustento y salud, además de ser un medio de conocimientos (papel). Por estas razones, el maguey ha sido calificado como excepcional.

Diversos estudiosos coinciden en afirmar que México es el centro y origen de dispersión del maguey, ya que en este inmenso territorio existen en estado silvestre agaves de formas menos evolucionadas, así como el mayor número de variedades. El agave vive en un medio semidesértico, con escasas lluvias. Llega a su madurez entre los ocho y los doce años y florece sólo una vez, muriendo al poco tiempo. En sus anchas, espinosas y protegidas hojas, llamadas pencas, se almacenan las sustancias nutritivas que le permiten sobrevivir en un medio hostil, así como a una serie de insectos, entre los que se encuentran el gusano "magueyero" y la hormiga aguamielera, ambos alimentos del hombre.

El género agave comprende dos subgéneros: el *Litsea* y el *Agave*. El primero de forma espigada, con alto contenido de saponina, se destina a ornato y contiene esmílagenína, materia prima indispensable para elaborar esteroides. Las especies que componen el subgénero *Agave* se explotan para producir bebidas fermentadas, o bien para extraer fibras, forrajes y alimentos (Segura, 2006).

OBJETIVOS

General

- Estudiar el efecto de la harina de penca de maguey como subproducto de la elaboración de barbacoa utilizado como fuente de carbono sobre bacterias ácido lácticas termotolerantes y su efecto en un batido cárnico.

Específicos

- Evaluar las características bromatológicas de la harina de penca de maguey
- Conocer el efecto de la harina de penca de maguey sobre las propiedades fisicoquímicas de un batido cárnico.
- Evaluar el efecto de la harina de penca de maguey como fuente de carbono (efecto prebiótico) a diferentes concentraciones (0.5 y 1.0% p/v) sobre la bacteria láctica termotolerante (*Pedicoccus pentosaceus* UAM-22) y un probiótico comercial (*Lactobacillus rhamnosus*).

JUSTIFICACION

Los alimentos han sido elementos de una dieta encaminada a proveer cantidades adecuadas de nutrientes esenciales capaces de satisfacer los requerimientos metabólicos necesarios, y proporcionar satisfacción y bienestar al consumidor. Sin embargo, en los últimos años la situación está cambiando, entre otras razones, por la cada vez más evidente relación entre la salud y diversos elementos que conforma el estilo de vida, entre los que tienen un papel destacado la dieta.

Ahora bien, hoy en día se le está dando mucha importancia a lo que nos pueden aportar los alimentos y que efecto tienen en nuestra salud, dentro de éstos, destaca el contenido de fibra que los alimentos nos puedan proveer. México es uno de los países en donde el principal producto cárnico consumido son las salchichas, la necesidad de incorporar un subproducto agroindustrial a los alimentos es cada día más necesario. Entre los productos agroindustriales estudiados y que reportan altos valores de contenido de fibra y que además son poco aprovechados encontramos a la penca del maguey después de ser utilizada para la preparación de la Barbacoa. De ahí el interés por su estudio e incorporación a un alimento para su enriquecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se dividió en dos partes, en la primera parte se obtuvo la harina de penca de maguey utilizado en la elaboración de barbacoa, recolectando éstas de los mercados y mercados sobre ruedas del Distrito Federal, se realizó el análisis bromatológico (contenido de humedad, proteína, grasa, pH, cenizas y fibra total), posteriormente se elaboró un batido cárnico control (con harina de penca de maguey) y uno testigo, analizando las siguientes propiedades fisicoquímicas: rendimiento a la cocción, análisis de textura (TPA), color, humedad expresable, humedad total, pH, estabilidad a la cocción, estabilidad a la grasa, pérdida de grasa y determinación de rancidez oxidativa (TBARS). En la segunda parte se determinó la posible capacidad prebiótica de la harina de penca de maguey utilizándola como fuente de carbono a diferentes concentraciones (1.0% y 0.5% p/v) usando bacterias ácido lácticas. Las cepas utilizadas fueron *Pediococcus pentosaceus* (UAM 22) y *Lactobacillus rhamnosus*, las cuales se sometieron a un proceso de fermentación. Todos los análisis se realizaron por duplicado. En la figura 1 se muestra el trabajo experimental llevado a cabo.

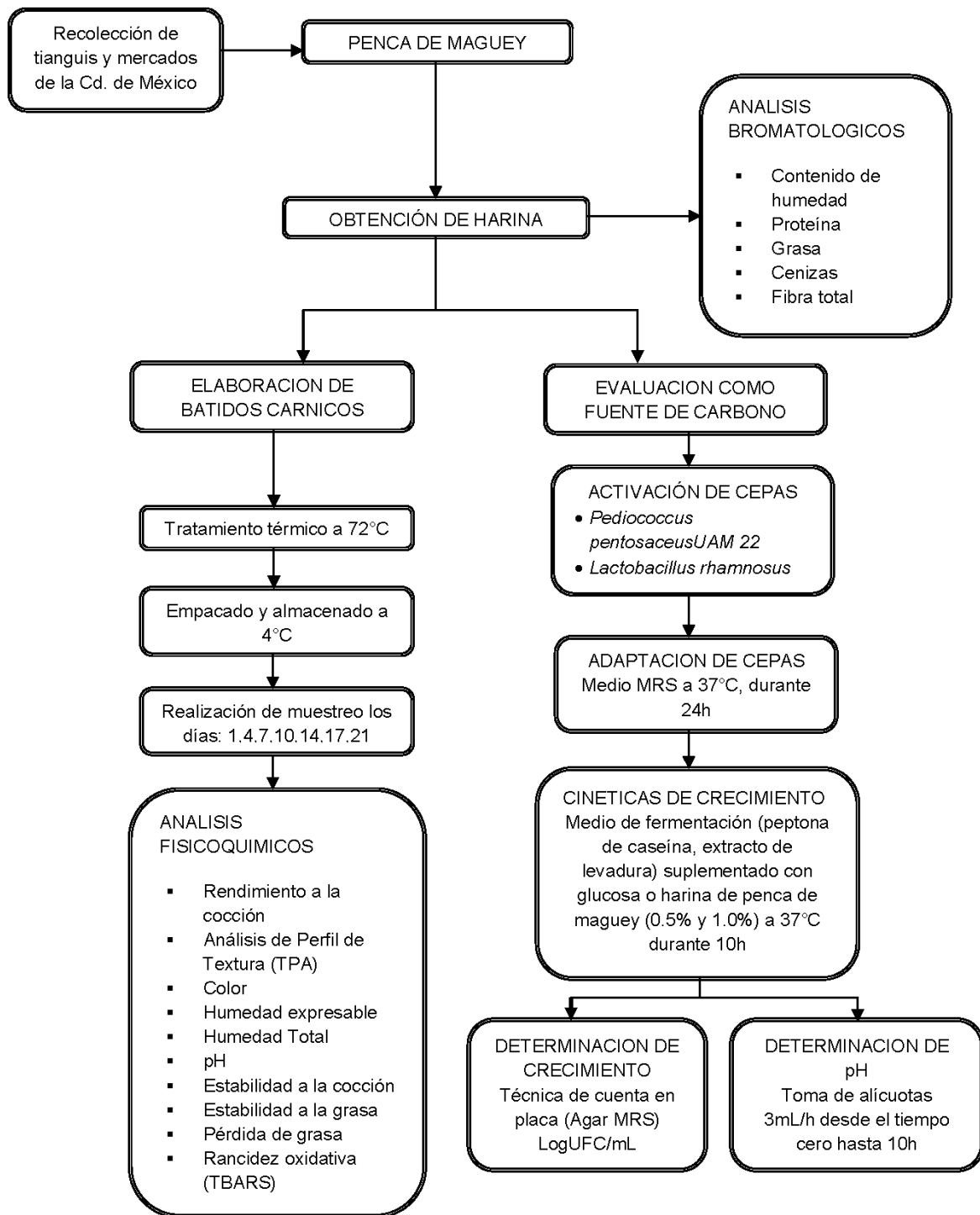


Figura 1. Diagrama de flujo general.

PRIMERA PARTE

Preparación de harina

La harina se realizó utilizando la penca de maguey, que queda después de la elaboración de barbacoa, se lavó con agua y jabón, se cortó en pedazos pequeños y se colocaron a 70°C en una estufa para su secado, posteriormente se molieron en una licuadora y se tamizaron para obtener una harina fina (Chávez-Zepeda y col., 2009).

Análisis Bromatológicos

Determinación de cenizas

El porcentaje de cenizas se determinó pesando 2 gramos de muestra, la cual se colocó en un crisol previamente acondicionado a peso constante y se pre-incineraron con ayuda de un mechero Bunsen, después de haber eliminado la mayor cantidad de materia orgánica posible, se colocaron en una mufla durante 3 horas a una temperatura de 550°C. Pasado el tiempo de incineración se colocaron los crisoles con la muestra en un desecador hasta que alcanzaron temperatura ambiente. Por último se pesaron los crisoles y se determinó el porcentaje de cenizas por diferencia de peso (AOAC 940.26).

Contenido de humedad

El contenido de humedad total se determinó por la metodología reportada por la AOAC (950.46), con algunas modificaciones. Se colocaron 2-3 gramos de muestra en charolas de aluminio a peso constante y se depositaron en una estufa a una

temperatura de 60°C durante 72 horas. Después de este tiempo se retiraron las muestras de la estufa y se calculo el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

Determinación de pH

Se llevó a cabo con la metodología de la AOAC (1996), donde se homogenizó 10 g de muestra con 100 mL de agua destilada, posteriormente se midió el pH de la mezcla homogénea con un potenciómetro Beckman (Beckman Instrument)

Contenido de proteína total

Para la determinación de este parámetro se peso 1 gramo de muestra y se coloco en el fondo de un matraz Kjeldalh, a este se le agregaron 2.5 gramos de mezcla digestora (sulfato de potasio 96% y sulfato de cobre 4%) y 10 mL de ácido sulfúrico. El matraz se coloco en una digestor durante 2 horas aproximadamente hasta que la muestra se torno color verde, posteriormente los matraces se dejaron enfriar a temperatura ambiente para después agregar 15 mL de hidróxido de sodio (40%) a la muestra digerida. Se continúo con la destilación de la muestra digerida junto con el hidróxido de sodio hasta recuperar 50 mL del destilado, el cual fue recuperado en un matraz con solución de ácido bórico (4%) e indicador rojo de metilo (2 gotas). Por último el destilado se titulo con una solución de acido clorhídrico (0.1N) (AOAC 920.53).

Contenido de grasa

Para la determinación del porcentaje de grasa se pesaron 2 gramos de muestra y se colocan en un papel filtro a peso constante, dentro de un cartucho de celulosa con un

tapón de algodón, se adiciono a un matraz bola 130 ml de éter de petróleo, se procedió a la extracción en el Soxhlet. Se realizaron cinco ciclos de lavados continuos. Posteriormente se metieron los cartuchos a la estufa durante 24 horas. Los cálculos se obtuvieron por diferencia de peso (AOAC 991.36).

Contenido de fibra total

Se utilizo la metodología de acuerdo al método oficial de prueba del AOAC (1996) con algunas modificaciones en la técnica, donde se colocó 1 g de muestra en un matraz agregando además 50 mL de buffer de fosfatos (pH 6) y 0.1 mL de α -amilasa, cubriendo el matraz con papel aluminio y colocándolo en baño María a 95°C durante 15 min, pasando el tiempo se dejo enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se ajusto el pH a 7.5 agregando un aproximado de 10 mL de NaOH (0.275 N), se agregaron 0.1 mL de una solución de proteasa (50mg/mL) en buffer de fosfatos, se tapo y se incubo en baño María a 60°C por 30 min; pasado el tiempo se dejo enfriar a temperatura ambiente. Se ajusto el pH a 4.0 - 4.6 agregando aproximadamente 10 mL de HCl (0.325 M), después se adicionó 0.1 mL de aminoglucosidasa, se tapo de nuevo el matraz y se incubo a 60°C por 30 min. Inmediatamente que la solución se enfriara a temperatura ambiente, se añadieron 4 volúmenes de etanol al 95% dejando reposar toda la noche para completar la precipitación. Se filtro y se realizaron tres lavados con 20 mL de acetona. Después de haberse filtrado toda la solución, se sacaron en una estufa a 100°C hasta lograr un peso constante, cuantificando el porcentaje de fibra por diferencia de peso.

Preparación de los batidos cárnicos

Se prepararon dos batidos cárnicos, uno con una combinación de harina de trigo y harina de penca de maguey, otro batido sin harina de penca de maguey constituyó el testigo (Tabla 3). Se cortaron en trozos pequeños y uniformes la carne de cerdo, lardo (previamente congelado), se incorporaron en el procesador, se añadieron los demás ingredientes, sal, sal cura, harina de trigo, harina de penca de maguey, así como la mitad de fosfatos y hielo. Se procede a picar en procesador, posteriormente se agregó la parte restante de fosfatos y hielo, se picaron hasta obtener un batido homogéneo. El batido se pasó a cilindros para embutir con fundas de celulosa atando con hilo cáñamo en porciones de 12 centímetros. El embutido se sometió a tratamiento térmico hasta alcanzar una temperatura interna de 72°C, posteriormente se enfrió en una tina con hielo (Guerrero y col., 2002). Se empacaron al vacío en porciones de 100 g y se almacenaron a 4°C durante 21 días. Se tomaron muestras durante los días 1, 4, 7, 10, 14, 17 y 21, se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos: rendimiento, textura, color, humedad expresable, humedad total, pH, estabilidad a la cocción, estabilidad a la grasa y pérdida de grasa y análisis sensorial. Un batido sin harina de subproducto constituyó el control.

El efecto de la adición de la harina de penca de maguey se evaluó al comparar los parámetros fisicoquímicos contra el batido control, mediante un análisis de varianza y una posterior comparación de medias mediante la prueba de Duncan (se usó el paquete estadístico SAS versión 8.0, SAS Institute Cary, North Caroline).

Tabla 3. Formulación de batidos cárnicos

Ingredientes	Testigo (%p/p)	Tratamiento (%p/p)
Cerdo	50	50
Lardo	20	20
Fosfatos	0.5	0.5
Sal cura	0.3	0.3
Harina de trigo	8	5
Harina de penca de maguey	0	3
Sal	2	2
Hielo	19.2	19.2

Análisis Físicoquímicos

Rendimiento a la cocción

Para determinar el rendimiento se utilizó la metodología reportada por Shand (2000). Las salchichas se pesaron antes de ser sometidas a tratamiento térmico y después de ser sometidas a este, retirando el agua liberada en la funda en cada caso. Reportando el rendimiento como peso obtenido del producto, en porcentaje, después de la cocción.

Análisis de Perfil de Textura (TPA)

Se determinaron diferencias en la textura del batido cárnico por la incorporación de harina de trigo y harina de subproducto, mediante un análisis de perfil de textura (Szczesniak, 1963; Bourne, 1978,1995) utilizando el Texturometro modelo TAXT2i LFRA 4500 equipado con una celda de carga de 5 kg. Las muestras se cortaron en cilindros de 20 mm de alto y se comprimieron a 37.5% de su altura original con una celda de acrílico de una pulgada de diámetro a una velocidad constante de 1 mm/s. Obteniendo curvas de fuerza-deformación de las cuales se calculó la dureza (fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada, fuerza máxima durante la primera compresión), cohesividad (fuerza de los enlaces internos que proporcionan el cuerpo a la muestra), resorteo (grado en el cual un producto regresa a su forma original una vez que haya sido comprimido), y resiliencia (capacidad de recuperar su forma original después de haber aplicado una fuerza de compresión).

Determinación de color

La luminosidad (L), componente roja (a) y componente amarilla (b) de color en coordenadas CIE-Lab se determinó en el batido cárnico elaborado con harina de trigo y harina de subproducto, así como el batido control. Las muestras se colocaron en vasos de precipitados para capturar la imagen con un colorímetro Hunter Lab, modelo D25-PC2 (Chroma Meter CR-200) tomando 4 lecturas de la superficie exterior de cada muestras rotando 90° entre cada lectura. Utilizando el programa Universal v.3.73, del cual se obtuvo parámetros de luminosidad, componente roja y componente amarilla (Mancini y Hunt, 2005).

Determinación de humedad expresable

El porcentaje de humedad expresable se llevó a cabo mediante el procedimiento reportado por Jauregui y col. (1981). Se pesaron muestras de 100 g para ser envueltas en papel Whatman No. 1, centrifugando a 2200 x g durante 15 minutos en una centrifuga SOLBAT modelo J300. Se determino el porcentaje de agua extraída por centrifugación, obteniendo la diferencia del peso inicial de la muestra menos el peso de la muestra después de centrifugar, dividiendo por el peso inicial y multiplicando por 100, reportando el porcentaje de agua liberada o humedad expresable después de la prueba.

Contenido de humedad total

El contenido de humedad total se determinó por la metodología reportada por la AOAC, 1996 (950.46), con algunas modificaciones. Se colocaron 2-3 gramos de muestra en charolas de aluminio a peso constante y se depositaron en una estufa a una temperatura de 60°C durante 72 horas. Después de este tiempo se retiraron las muestras de la estufa y se calculo el porcentaje de humedad por diferencia de pesos.

Determinación de pH

Se determino el pH mediante la técnica reportada por Landvogt (1991), con la utilización del potenciómetro Beckman 50 pH Meter. Se homogenizó 10g de muestra con una solución 5% de NaCl en una licuadora domestica (Osterizer Modelo 450-10, Bartlesville, EUA), a velocidad máxima durante 1min.

Estabilidad a la cocción

Se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Ramos y Farías (2001). Se colocaron 30 g de muestra en vasos de precipitados de 250 mL agregando 300 mL de agua destilada, se dejó calentando la muestra durante 30 minutos a 70°C con esto el porcentaje de estabilidad a la cocción se determinó tendiendo la diferencia de la muestra menos el peso final de la muestra entre el peso de la muestra multiplicado por 100.

Estabilidad a la grasa

Se llevó a cabo por la metodología de Ramos y Farías (2001). Se realizó en conjunto con la estabilidad a la cocción, después de sacar las muestras, se dejó evaporar el agua a 70°C, se introdujeron en el desecador y se pesó la grasa que quedo en el vaso de precipitados.

Determinación de pérdida de grasa

Se llevo a cabo por la metodología de Andersson y col. (2000), se cortaron las muestras de 10cm de largo, registrando el peso neto de la muestra, después se frieron (sin aceite) en una superficie caliente a 160°C (temperatura de la superficie), el freído de la muestra por cada lado es de 2 minutos, donde la temperatura interna del batido cárnico fue de 70°C, las muestras se colocaron en papel absorbente. La perdida de grasa es expresada como el porcentaje de pérdida de grasa durante el freído.

Determinación de rancidez oxidativa (TBARS)

Se determinó por la metodología modificada de Zipser y Watts (1962). Se agregó 10 g de muestra a 49 mL de agua destilada a 50°C y 1 mL de sulfanilamida 0.5% en HCl al 20% (v/v) y se homogenizó. Posteriormente se colocó la mezcla a un matraz Erlenmeyer de 500 mL que contenía 48 mL de agua destilada a 50°C y 2 mL de solución de HCl 1:2 (v/v), así como 2 gotas de antiespumante a base de silicón. El matraz se colocó a destilar en una parrilla eléctrica hasta obtener 25 mL de destilado, del cual se tomaron por triplicado alícuotas de 5 mL y se colocaron en un tubo de ensayo con tapa, se adicionó 5 mL de la solución de TBA (0.02M en ácido acético glacial al 90%). Los tubos se colocaron en un baño maría a ebullición durante 35 minutos, posteriormente se enfriaron y midió la absorbancia a 538 nm. Para la curva estándar, se prepararon alícuotas de 0 a 5 mL en incrementos de 0.02 mL de la solución (1,3,3-Tetraepoxipropano) TEP 3×10^{-5} M a 5 mL de volumen total. De esta solución se colocaron 5 mL en tubo de ensayo de 5 mL de reactivo de TBA y se les dio el mismo tratamiento que las muestras.

SEGUNDA PARTE

Cuantificación de azúcares totales

La cuantificación de azúcares totales fue realizada mediante la metodología descrita por Dubois y col. (1956). Realizando una curva patrón de glucosa (0-100 mg/L); 1 mL de cada muestra fue tratada con 5 mL de H₂SO₄ concentrado y 1 mL de solución de fenol al 5 % p/v, después de 15 min de incubación, la absorbancia de las muestras fue medida en el espectrofotómetro a 490 nm. Posteriormente se realizó lo mismo con la harina de penca de maguey para determinar el contenido de azúcares totales presentes en 1 g de muestra.

Activación de cepas

Para evaluar la actividad prebiótica de la harina de penca de maguey fueron empleadas dos cepas de bacterias lácticas termotolerantes (BALT): *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) y *Lactobacillus rhamnosus*. Las cepas fueron almacenadas hasta su uso en una mezcla glicerol-caldo Man Rogose Sharpe (MRS) (De Man y col., 1960) en una proporción 50:50 a -80°C.

Fermentaciones

Las fermentaciones se realizaron en medio con peptona de caseína, extracto de levadura y suplementando con 0.5 y 1.0%(p/v) harina de penca de maguey ó glucosa como control, inoculando con 3 log₁₀ UFC/mL del cultivo de adaptación se incubaron a 37°C y 200 rpm, se tomaron 3 mL de muestra para la determinación del crecimiento bacteriano y para determinar la producción de ácidos orgánicos, lo cual

se realizó a partir del tiempo cero hasta completar 10h de fermentación con intervalos de una hora (Bustamante y col., 2006).

Crecimiento bacteriano

El crecimiento de las bacterias fue realizada cada hora durante el periodo de fermentación, diluciones seriadas de alícuotas fueron llevadas a cabo en solución isotónica (0.9% NaCl) para realizar la siembra en placa con agar MRS; las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 horas. Los valores de cuenta viable (UFC/mL) se determinaron con base a curvas estándar previamente elaboradas para cada cepa. Con los datos obtenidos fueron estimadas las tasas específicas de crecimiento (k) y los tiempos de duplicación (g) para cada cinética empleando las siguientes ecuaciones (Prescott y col., 2004):

$$k = \frac{[\text{Log} \frac{\text{UFC}}{\text{ml}} (Nt) - \text{Log} \frac{\text{UFC}}{\text{mL}} (t_0)]}{\log 2 (t)}$$

$$g = \frac{1}{k}$$

Donde:

k = tasa específica de crecimiento (h⁻¹)

g = tiempo de duplicación (h)

UFC/mL (t₀) = unidades formadoras de colonia por mililitro al inicio de la fase exponencial

UFC/mL (t) = unidades formadoras de colonia por mililitro al final de la fase exponencial

t₀ = tiempo correspondiente al inicio de la fase exponencial (h)

t = tiempo correspondiente al final de la fase exponencial (h)

Todas las fermentaciones fueron realizadas por duplicado.

Actividad prebiótica

La actividad prebiótica, refleja la capacidad de un sustrato para apoyar el crecimiento de un microorganismo en relación con otros microorganismos. La actividad prebiótica se determino utilizando la siguiente ecuación (Huebner y col., 2007):

$$PAS = \left\{ \frac{A - B}{C - D} \right\} - \left\{ \frac{E - F}{G - H} \right\}$$

Donde:

A: Log UFC/mL Probiótico (10h) Prebiótico

B: Log UFC/mL Probiótico (0h) Prebiótico

C: Log UFC/mL Probiótico (10h) Glucosa

D: Log UFC/mL Probiótico (0h) Glucosa

E: Log UFC/mL Entérica (10h) Prebiótico

F: Log UFC/mL Entérica (0h) Prebiótico

G: Log UFC/mL Entérica (10h) Glucosa

H: Log UFC/mL Entérica (0h) Glucosa

Determinación de pH

El pH del medio fue ajustado a 6.5, alícuotas de 1.5 mL fueron tomadas por duplicado cada durante el periodo de fermentación para obtener el perfil de

acidificación del medio con el uso de un potenciómetro 50 pH meter (Beckman Instrument)

Diseño experimental y Análisis de resultados

Para determinar el efecto de la harina de penca de maguey como fuente de carbono, se utilizó el diseño factorial de acuerdo al siguiente modelo (Montgomery, 2006):

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde y_{ij} es la variable de respuesta, las cuales son la tasa de crecimiento y el tiempo de duplicación, al i -ésimo nivel de tipo de cepa, el j -ésimo es el nivel de tipo de prebiótico y k -ésimo nivel de porcentaje de inóculo; μ es la media global del modelo, α_i , β_j y γ_k son el efecto por los factores principales para el tipo de cepa, tipo de fuente de carbono y porcentaje de carbono, respectivamente, ϵ_{ijk} es el error experimental. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) (paquete estadístico SAS versión 8.0, SAS Institute Cary, North Caroline).

La diferencia entre medias en la determinación de la tasa de crecimiento y el tiempo de duplicación estimados, se llevó a cabo mediante un análisis de medias mediante una comparación múltiple de Duncan usando el mismo paquete estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSION

Primera parte

Análisis Bromatológicos

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos realizados y pH de la harina de penca de maguey. Chávez-Zepeda y col. (2009) realizaron un estudio similar; obteniendo ellos un pH de 5.18, mayor al obtenido en este estudio (4.89) de igual manera obtuvieron un valor menor en humedad, un valor mayor en proteína y un valor menor en grasa y valores más altos de cenizas por lo que nosotros creemos que estas variaciones pueden ser debidas a el proceso que fueron sometidas las pencas en la la elaboración de barbacoa y por consiguiente el lugar de donde se obtenga dicha muestra, así como a la época del año, temperatura, etc.

Tabla 4. pH y Análisis bromatológicos de la harina de penca de maguey

Muestra	ANALISIS					
	pH	Cenizas (%)	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra Total (%)
Penca de maguey	4.89	16.8780	1.8957	2.7374	0.5740	41.44

El porcentaje obtenido de fibra total fue de 41.44%, igualmente Chávez-Zepeda y col (2009), reporta un valor de 47.88%, en ambos casos es similar el contenido de fibra. La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, modificando la consistencia, textura, propiedades reológicas y las características sensoriales de los productos.

Análisis Fisicoquímicos

Rendimiento a la cocción

El rendimiento obtenido en la elaboración de cada uno de los batidos cárnicos. Como se puede observar en la figura 2, en el batidos cárnico adicionados con harina de penca de maguey presenta ligeramente un mayor rendimiento en comparación al batido control, debido a que cuando el batido es sometido a tratamiento térmico están ganando agua, se puede atribuir que la harina de penca de maguey retiene agua, que le hace ganar un poco más de peso que la control. La fibra es conveniente adicionarla a productos cárnicos y se ha utilizado en productos cárnicos cocidos para aumentar el rendimiento de cocción, debido a sus propiedades de enlace de agua y grasa vinculantes y mejorar la textura (Cofadres y col., 2000). García y col. (2002) refiere que la fibra dietética ha sido utilizada en productos cárnicos emulsionados porque retienen agua, disminuyen pérdidas de cocimiento y proveen un sabor neutro, esto claro, dependiendo del tipo de fibra y la concentración.

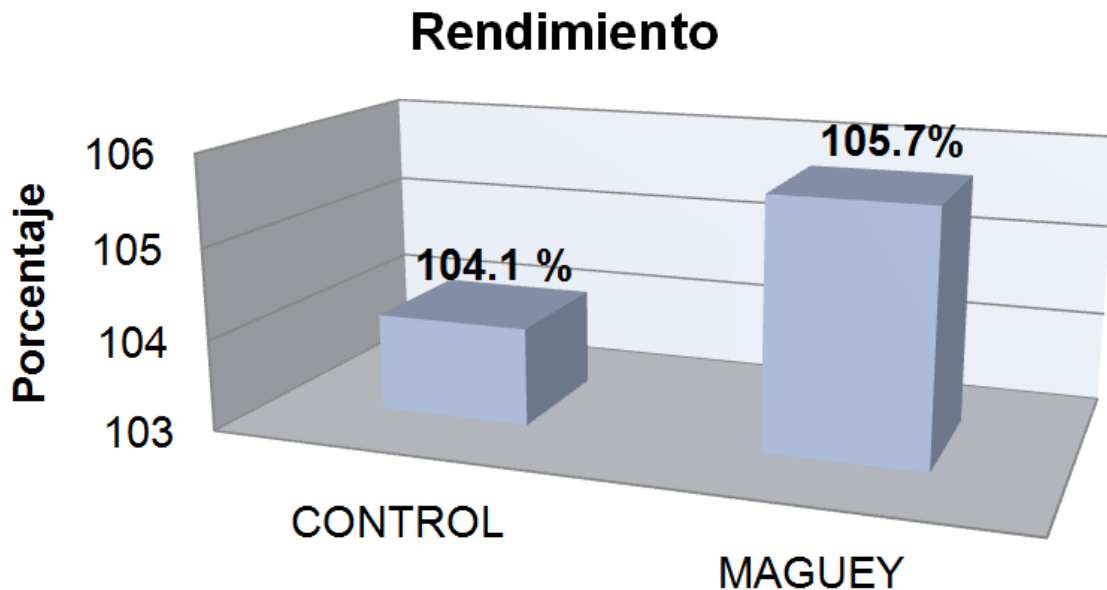


Figura 2. Rendimiento de los batidos cárnicos elaborados con harina de penca de maguey y control

Análisis de Perfil de Textura (TPA)

Los cambios de textura de los batidos cárnicos ocasionados por el empleo de harinas se determinaron mediante la realización del método de análisis de perfil de textura, teniendo dos picos como resultado de dos compresiones, e integrando el área bajo la curva, se obtienen los parámetros de dureza, resiliencia, cohesividad, resorteo, gomosidad. Estas variables en su conjunto pretenden imitar las propiedades mecánicas de un alimento sujeto de dos ciclos de masticación.

La dureza es la fuerza máxima detectada durante la primera compresión. En la tabla 5 muestra los resultados para textura, no se encuentra un efecto altamente significativo ($P > 0.05$) sobre la dureza de las muestras en tratamiento (con o sin

harina penca de maguey), lo correspondiente al tiempo de almacenamiento se tiene un efecto altamente significativo ($P < 0.01$). La resiliencia es la capacidad de la muestra en recuperar su forma original, en los casos analizados si hay diferencia significativa ($P = 0.0025$) entre tratamiento ni tiempo de almacenamiento. La cohesividad es la fuerza que mantiene unidas las partículas de la muestra, no hay un efecto significativo ($P > 0.05$) sobre la cohesividad de las muestras en tratamiento. Sin embargo en tiempo de almacenamiento hay un efecto altamente significativo ($P < 0.01$). En lo que refiere a él resorteo, podemos decir que no hay diferencias con respecto al tratamiento y el tiempo de almacenamiento. La gomosidad es el resultado de multiplicar la dureza por cohesividad, es decir, la fuerza del gel multiplicada por su capacidad de cohesión, en lo que respecta a tratamiento, no hay un efecto significativo ($P > 0.05$), en el caso de tiempo de almacenamiento si hay un efecto altamente significativo ($P < 0.01$). En un estudio realizado a fibras de fruta por García y col. (2007), menciona que la adición de fibras de fruta disminuye la dureza, esto debido a que las fibras absorben agua. Grigelmo y col. (1997) atribuyó la disminución de la dureza debido al aumento de fibra de fruta en embutidos. La adición de la fibra dietética parece interrumpir la red del gel, favorece la disminución de la fuerza del gel del producto. También mencionan que la resiliencia muestra la misma tendencia que la dureza, lo que no ocurre con el estudio realizado con la harina de penca de maguey ya que solo existen diferencias en cuanto al tiempo de almacenamiento.

Tabla 5. Parámetros de textura de los batidos cárnicos

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Dureza (N)	Resiliencia	Cohesividad	Resorteo	Gomosidad(N)
Control	1	1.72±0.27 ^{A,cd}	0.52±0.05 ^{B,bc}	0.78±0.01 ^{A,b}	1.00±0.01 ^{A,ab}	1.34±0.23 ^{A,b}
Maguey	1	1.15±0.16 ^{A,cd}	0.55±0.08 ^{A,bc}	0.25±0.06 ^{A,b}	1.20±0.08 ^{A,ab}	0.29±0.11 ^{A,b}
Control	4	2.51±0.21 ^{A,bc}	0.99±0.05 ^{B,a}	0.53±0.15 ^{A,cb}	1.00±0.01 ^{A,b}	1.31±0.27 ^{A,b}
Maguey	4	1.38±0.21 ^{A,bc}	0.43±0.03 ^{A,a}	0.45±0.35 ^{A,cb}	1.07±0.04 ^{A,b}	0.64±0.19 ^{A,b}
Control	7	1.27±0.14 ^{A,d}	0.42±0.09 ^{B,abc}	0.19±0.08 ^{A,e}	1.09±0.02 ^{A,ab}	0.25±0.12 ^{A,c}
Maguey	7	0.68±0.12 ^{A,d}	0.74±0.05 ^{A,abc}	0.45±0.35 ^{A,e}	1.18±0.48 ^{A,ab}	0.40±0.35 ^{A,c}
Control	10	3.44±0.52 ^{A,a}	0.51±0.04 ^{B,bc}	0.72±0.02 ^{A,a}	0.99±0.01 ^{A,b}	2.50±0.48 ^{A,a}
Maguey	10	2.29±0.28 ^{A,a}	0.41±0.00 ^{A,bc}	0.59±0.01 ^{A,a}	1.02±0.00 ^{A,b}	1.55±0.00 ^{A,a}
Control	14	1.66±0.14 ^{A,c}	0.58±0.01 ^{B,bc}	0.57±0.04 ^{A,bcd}	1.01±0.00 ^{A,ab}	0.95±0.00 ^{A,b}
Maguey	14	2.02±1.39 ^{A,c}	0.51±0.19 ^{A,bc}	0.37±0.25 ^{A,bcd}	1.21±0.23 ^{A,ab}	1.05±1.04 ^{A,b}
Control	17	1.37±0.08 ^{A,c}	0.42±0.09 ^{B,c}	0.35±0.01 ^{A,de}	1.06±0.02 ^{A,ab}	0.48±0.04 ^{A,b}
Maguey	17	2.20±1.57 ^{A,c}	0.43±0.13 ^{A,c}	0.40±0.20 ^{A,de}	1.09±0.09 ^{A,ab}	1.17±1.11 ^{A,b}
Control	21	1.07±0.02 ^{A,ab}	0.81±0.12 ^{A,ab}	0.18±0.03 ^{A,de}	1.40±0.15 ^{A,a}	0.20±0.03 ^{A,b}
Maguey	21	3.74±0.29 ^{A,ab}	0.37±0.03 ^{B,ab}	0.53±0.05 ^{A,de}	1.01±0.01 ^{A,a}	2.01±0.35 ^{A,b}

^{A,B} Medias con la misma letra en las misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento.

^{a,b,c,d,e} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Determinación de color

El color es una sensación subjetiva, resultado de una serie compleja de respuestas fisiológicas y psicológicas a la radiación electromagnética de las longitudes de onda comprendidas en el intervalo de 400-700 nm (Pérez-Álvarez, 1996). El color también se puede evaluar por métodos instrumentales: por colorimetría, o por espectrofotometría de reflectancia. El color depende de 4 factores los cuales son: a)

iluminación, b) objeto, c) observador y d) entorno del objeto. Al determinar color es necesario mantener las mismas condiciones de operación (Rosmini, 1998).

Debido a que la luminosidad explica la cantidad de componente blanco en la muestra, tomando valores de 0 (negro absoluto) a 100 (blanco absoluto), se obtuvieron valores medios de 50-60 entre los tratamientos, encontrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), esto debido a la incorporación de la harina de penca de maguey, dando una tonalidad menos luminosa. Sin embargo a lo largo del tiempo de almacenamiento no hay diferencia significativa ($P > 0.05$). La componente roja (a^*), así como la componente amarilla (b^*), presenta diferencia significativa ($P < 0.01$) tanto en tratamiento (con o sin harina de penca de maguey) como en el tiempo de almacenamiento, la harina de penca de maguey confiere una tonalidad más amarilla (Tabla 6). Grigelmo-Miguel y col. (1999) relaciona el color con el contenido de fibra y este va en aumento en relación a la concentración. García y col. (2007) reportaron que la apariencia es debida a la presencia de grasa, pero principalmente a el colorante de las especias, después de haberse sometido a tratamiento térmico, se observaron cambios relacionados con los parámetros de color, dando valor de luminosidad mayor en el embutido control y con respecto a los lotes con fibra se encontraron diferencias significativas, mostrando una tendencia a disminuir. La componente roja no fue sensiblemente diferente en el control ni el agregado con fibras. La componente amarilla presento diferencia significativa con fibra de naranja en un agregado de 30g/kg, indicando que la adición de fibra modifica el color de los batidos cárnicos.

Tabla 6. Parámetros de color *CIE Lab*, de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Luminosidad L	Componente roja a*	Componente amarilla b*
Control	1	63.04±0.00 ^{B,ab}	3.74±0.00 ^{B,f}	11.92±0.00 ^{B,a}
Maguey	1	56.10±1.45 ^{A,ab}	3.76±0.17 ^{A,f}	13.42±0.52 ^{A,a}
Control	4	62.95±0.00 ^{B,ab}	5.25±0.00 ^{B,de}	10.58±0.00 ^{B,c}
Maguey	4	55.97±3.29 ^{A,ab}	4.03±0.64 ^{A,de}	13.38±0.66 ^{A,c}
Control	7	61.59±0.00 ^{B,ab}	5.00±0.00 ^{B,e}	10.88±0.00 ^{B,bc}
Maguey	7	55.44±1.26 ^{A,ab}	3.90±0.33 ^{A,e}	13.35±0.29 ^{A,bc}
Control	10	61.90±0.00 ^{B,ab}	5.81±0.00 ^{B,cd}	10.70±0.00 ^{B,bc}
Maguey	10	56.61±1.70 ^{A,ab}	3.90±0.44 ^{A,cd}	13.33±0.32 ^{A,bc}
Control	14	61.26±0.00 ^{B,b}	6.42±0.00 ^{B,a}	10.82±0.00 ^{B,b}
Maguey	14	55.52±2.11 ^{A,b}	4.17±0.50 ^{A,a}	13.76±0.41 ^{A,b}
Control	17	61.59±0.00 ^{B,ab}	6.25±0.00 ^{B,ab}	10.65±0.00 ^{B,bc}
Maguey	17	56.42±1.43 ^{A,ab}	4.10±0.57 ^{A,ab}	13.58±0.43 ^{A,bc}
Control	21	62.64±0.00 ^{B,a}	6.05±0.00 ^{B,bc}	10.55±0.00 ^{B,bc}
Maguey	21	56.79±1.56 ^{A,a}	3.83±0.35 ^{A,bc}	13.53±0.54 ^{A,bc}

^{A,B} Medias con la misma letra en las misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento.

^{a,b,c,d,e} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Determinación de pH, contenido de humedad total y humedad expresable

En lo correspondiente a los consiguientes parámetros fisicoquímicos como lo es el pH, la humedad total y humedad expresable, que se muestra en la tabla 7. El pH de los batidos muestra un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) tanto en tratamiento como en el tiempo de almacenamiento, si observamos el valor de pH de la harina de penca de maguey (Tabla 4) este es ácido. En un estudio realizado por Aleson-

Carbonell y col. (2004) al albedo de limón e introducido a una salchicha, presenta valores similares de pH que la penca de maguey y un comportamiento similar dentro del batido cárnico, esto debido a la naturaleza ácida del albedo.

La humedad total nos indica el contenido de agua, se muestran los valores obtenidos, si hay efecto significativo ($P=0.0009$) en el tratamiento. Sin embargo, el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto altamente significativo ($P<0.01$), el batido con penca de maguey tiene un mayor contenido de agua que la control y aumenta su capacidad mientras transcurren el tiempo, lo que no ocurre con el batido control.

La humedad expresable, se observa que hay diferencia significativa ($P<0.01$) sobre las muestras en tratamiento (con o sin harina de penca de maguey), siendo el batido cárnico con harina de penca de maguey el que presenta mayor humedad expresable en comparación con el batido cárnico control. Esto pudo ser debido a la capacidad de retención de agua de las proteínas o carbohidratos presentes en el batido cárnico, pudieron ser afectadas por factores intrínsecos propios de la molécula relacionados con el tipo de polímero, el peso molecular, grado de ionización y de ramificación o factores extrínsecos propios del sistema, tales como pH, fuerza iónica, temperatura y/o la interacción de los componentes (Coia y Stauffer, 1987).

Tabla 7. pH, contenido de humedad total y humedad expresable de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	pH	Humedad total (%)	Humedad Expresable (%)
Control	1	6.39±0.00 ^{A,a}	60.91±0.49 ^{A,b}	7.25±0.32 ^{B,ab}
Maguey	1	5.91±0.04 ^{B,a}	58.42±3.13 ^{B,b}	13.99±1.36 ^{A,ab}
Control	4	6.35±0.01 ^{A,ab}	61.19±0.14 ^{A,b}	6.11±0.03 ^{B,c}
Maguey	4	5.93±0.01 ^{B,ab}	59.16±2.62 ^{B,b}	11.63±1.52 ^{A,c}
Control	7	6.30±0.00 ^{A,bc}	58.04±0.45 ^{A,b}	6.95±0.33 ^{B,bc}
Maguey	7	5.90±0.00 ^{B,bc}	58.90±2.33 ^{B,b}	12.03±0.19 ^{A,bc}
Control	10	6.28±0.01 ^{A,c}	60.04±0.03 ^{A,b}	5.13±0.56 ^{B,bc}
Maguey	10	5.88±0.03 ^{B,c}	59.34±2.77 ^{B,b}	13.32±2.72 ^{A,bc}
Control	14	6.01±0.00 ^{A,d}	60.07±0.41 ^{A,b}	6.79±0.75 ^{B,ab}
Maguey	14	5.78±0.03 ^{B,d}	59.03±1.09 ^{B,b}	14.60±3.10 ^{A,ab}
Control	17	6.00±0.00 ^{A,e}	60.56±0.67 ^{A,b}	7.31±0.25 ^{B,a}
Maguey	17	5.68±0.02 ^{B,e}	60.02±1.84 ^{B,b}	15.51±1.39 ^{A,a}
Control	21	5.96±0.00 ^{A,f}	67.00±5.74 ^{A,a}	6.85±0.37 ^{B,ab}
Maguey	21	5.44±0.21 ^{B,f}	61.27±0.27 ^{B,a}	15.08±5.37 ^{A,ab}

^{A,B} Medias con la misma letra en las misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento

^{a,b,c,d,e} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Estabilidad a la cocción y grasa

En la tabla 8, se muestran los resultados para estabilidad a la cocción y estabilidad a la grasa. En lo que corresponde a la estabilidad a la cocción, no hay un efecto significativo ($P > 0.05$) de las muestras en tratamiento (con o sin harina de penca de maguey), en lo que respecta a el tiempo de almacenamiento hay un efecto altamente significativo ($P < 0.01$). Grigelmo-Miguel y col. (1999), también observó el mismo comportamiento sobre esta propiedad, en el cual no se tiene un efecto significativo.

Para la estabilidad a la grasa, tanto el tratamiento como el tiempo de almacenamiento muestran un efecto altamente significativo ($P < 0.01$), teniendo un valor menor para batido adicionado con la harina de maguey.

Tabla 8. Estabilidad a la cocción y grasa de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Estabilidad a la cocción (%)	Estabilidad a la grasa (%)
Control	1	96.48±0.00 ^{A,b}	99.59±0.00 ^{A,a}
Magüey	1	94.80±5.24 ^{A,b}	99.17±0.35 ^{B,a}
Control	4	92.13±0.00 ^{A,c}	99.31±0.01 ^{A,abc}
Magüey	4	94.71±3.49 ^{A,c}	99.24±0.19 ^{B,abc}
Control	7	96.50±0.00 ^{A,c}	99.51±0.01 ^{A,cd}
Magüey	7	89.40±4.33 ^{A,c}	98.81±0.30 ^{B,cd}
Control	10	95.85±0.00 ^{A,ab}	99.61±0.01 ^{A,a}
Magüey	10	96.99±3.19 ^{A,ab}	99.14±0.03 ^{B,a}
Control	14	95.03±0.03 ^{A,ab}	98.83±0.03 ^{A,d}
Magüey	14	97.89±1.71 ^{A,ab}	99.33±0.07 ^{B,d}
Control	17	96.81±0.01 ^{A,ab}	99.27±0.07 ^{A,bc}
Magüey	17	97.99±0.09 ^{A,ab}	99.22±0.09 ^{B,bc}
Control	21	96.91±0.01 ^{A,a}	99.41±0.01 ^{A,ab}
Magüey	21	98.63±0.71 ^{A,a}	99.32±0.01 ^{B,ab}

^{A,B} Medias con la misma letra en las misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento

^{a,b,c,d} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Pérdida de grasa

Para el caso de pérdida de grasa (Tabla 9) se observó que hay un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) entre las muestras en tratamiento (con y sin harina de penca

de maguey), para el tiempo de almacenamiento si hay diferencia significativa ($P > 0.0006$), la incorporación de harina no tiene un capacidad de retención de aceite.

Tabla 9. Pérdida de grasa de los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey

<i>Tratamiento</i>	<i>Tiempo de almacenamiento (días)</i>	<i>Pérdida de grasa (%)</i>
Control	1	18.49±0.91 ^{B,BC}
Maguey	1	27.81±2.62 ^{A,BC}
Control	4	18.12±1.08 ^{B,BC}
Maguey	4	27.97±6.62 ^{A,BC}
Control	7	20.92±1.40 ^{B,C}
Maguey	7	22.53±0.12 ^{A,C}
Control	10	18.33±0.52 ^{B,AB}
Maguey	10	29.89±3.74 ^{A,AB}
Control	14	19.31±0.37 ^{B,AB}
Maguey	14	28.67±2.14 ^{A,AB}
Control	17	18.61±0.78 ^{B,C}
Maguey	17	24.65±3.04 ^{A,C}
Control	21	23.52±0.61 ^{B,A}
Maguey	21	28.61±1.32 ^{A,A}

^{A,B} Medias con la misma letra en las misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento

^{a,b,c} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Determinación de rancidez oxidativa (TBARS)

La rancidez oxidativa mide la oxidación de lípidos, la figura 3 nos indica que el batido control presenta oxidación de lípidos, ya que no contiene un efecto protector contra la oxidación, lo que nos indica que la harina de penca de maguey tiene el efecto protector y disminuye la oxidación, como se puede observar, el comportamiento va

disminuyendo hasta mantenerse constante lo que nos indica que es un buen antioxidante con respecto al tiempo. Estadísticamente en la tabla 10, se presentan los miligramos de malonaldehído, tanto para las muestras en tratamiento, así como el tiempo de almacenamiento se tiene un efecto altamente significativo ($P < 0.01$). Aleson-Carbonell y col (2004), menciona que la incorporación de albedo de limón así como el aumento de la concentración proporciona un efecto protector contra el proceso de oxidación.

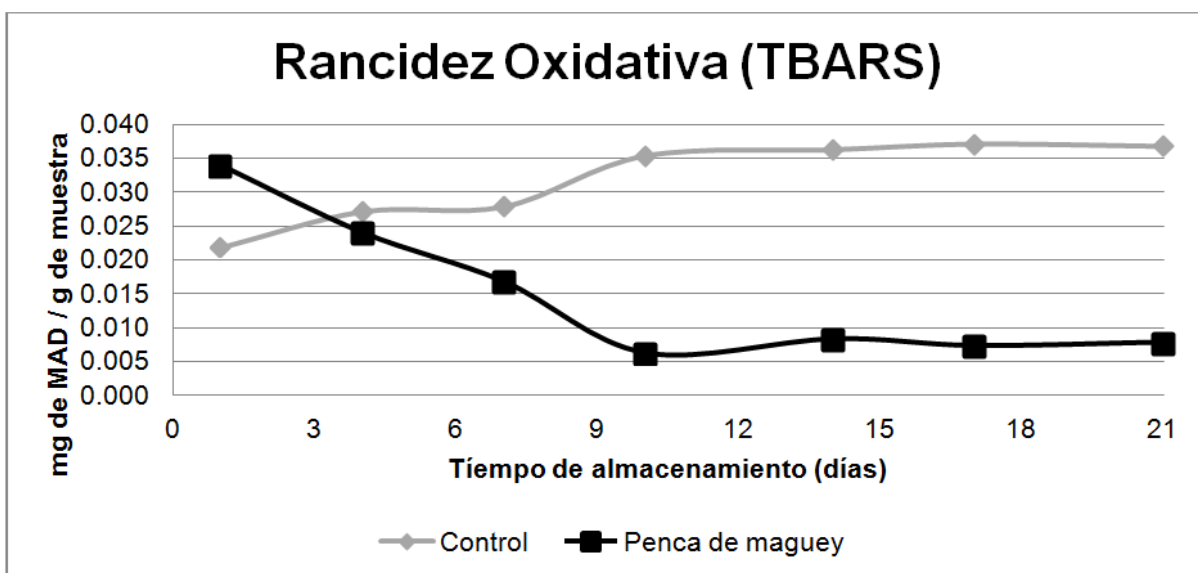


Figura 3. Rancidez oxidativa de los batidos cárnicos de los batidos cárnicos con harina de penca de maguey y control.

Tabla 10. mg de malonaldehído gastados en los batidos cárnicos control y harina de penca de maguey

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	mg de Malonaldehído
Control	1	0.04±0.00 ^{A,a}
Maguey	1	0.04±0.01 ^{B,a}

Control	4	0.05±0.00 ^{A,b}
Magüey	4	0.02±0.00 ^{B,b}
Control	7	0.05±0.00 ^{A,b}
Magüey	7	0.01±0.00 ^{B,b}
Control	10	0.03±0.00 ^{A,c}
Magüey	10	0.01±0.00 ^{B,c}
Control	14	0.03±0.00 ^{A,dc}
Magüey	14	0.01±0.00 ^{B,dc}
Control	17	0.03±0.00 ^{A,d}
Magüey	17	0.01±0.00 ^{B,d}
Control	21	0.03±0.00 ^{A,d}
Magüey	21	0.00±0.00 ^{B,d}

^{A,B} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tratamiento

^{a,b,c,d} Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Segunda parte

Curva de crecimiento y comportamiento de pH

En la figura 4 se presentan las curvas de crecimiento de *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) en medio con extracto de levadura, peptona de caseína, a diferentes concentraciones de harina de penca de magüey como fuente de carbono donde se observa una mejor adaptación de este microorganismo en la penca de magüey con respecto a la glucosa en las dos diferentes concentraciones a la cual se sometieron, observándose valores de crecimiento de 7.4 y 7.3 (log UFC/mL) respectivamente, y por debajo de esto la glucosa con 6.5 (log UFC/mL); la fase exponencial inicia en la primera hora del fermentación, la fase estacionaria inicia en el caso de la glucosa a partir de la cuarta hora y para harina de penca de magüey en la hora sexta de

fermentación. Díaz-Vela (2010) realizó un estudio igualmente con *Pediococcus pentosaceus* (UAM 22) con inulina de agave a tres diferentes concentraciones, observando una fase exponencial a partir de la segunda hora del experimento hasta la séptima hora donde inicia la fase estacionaria, con niveles 1.0 y 1.5% de inulina de agave, presentando una ligera disminución en el crecimiento a partir de las 10 horas de fermentación, a pesar de esto, en la concentración de 1.0% se observa una cuenta viable (7.9 log UFC/mL) elevada con respecto a la control. Al comparar este estudio, se tiene un efecto similar, usando la harina de penca de maguey en la concentración de 1.0% se obtiene un crecimiento mayor al control, igualmente ocurre con una concentración de 0.5%.

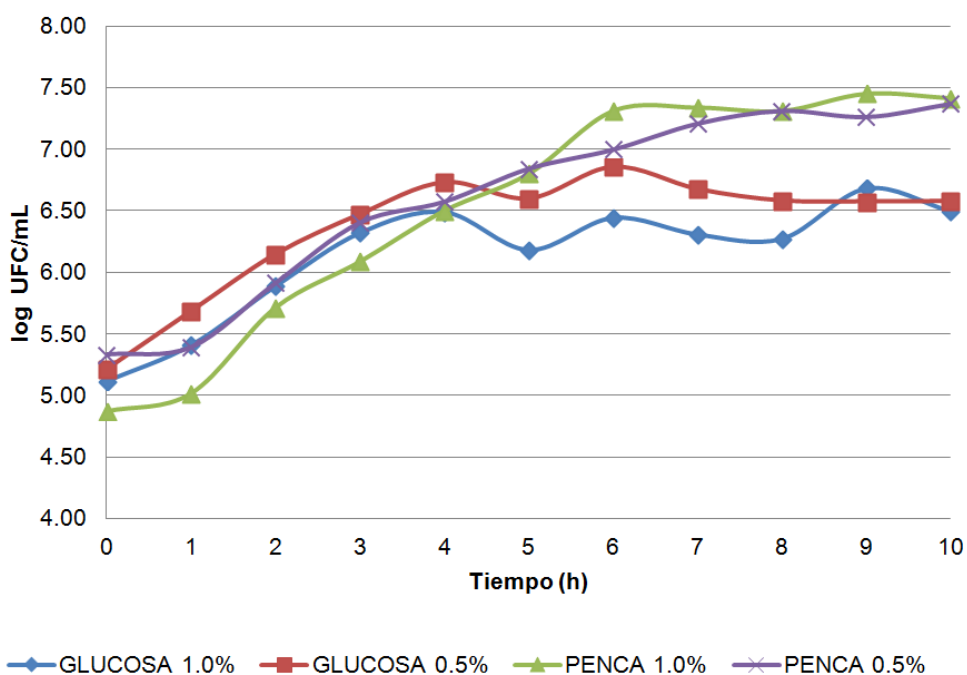


Figura 4. Cinética de crecimiento para *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) con harina de penca de maguey y glucosa

En la figura 5, se muestra el comportamiento del pH, como se puede observar inicialmente el pH de la harina de penca de maguey es más ácido que la glucosa, pero el descenso es más lento y para las cuatro últimas horas se mantiene constante, lo que no ocurre con glucosa, ya que este desciende rápidamente durante 8 horas, posterior a esas horas se mantiene constante. El pH con inulina de agave (Díaz-Vela, 2010) presento un descenso en las tres diferentes concentraciones manejadas, obteniendo valores bajos cercanos a pH 4 con respecto al control. La disminución de pH se debe a la generación de ácidos orgánicos producto de la fermentación.

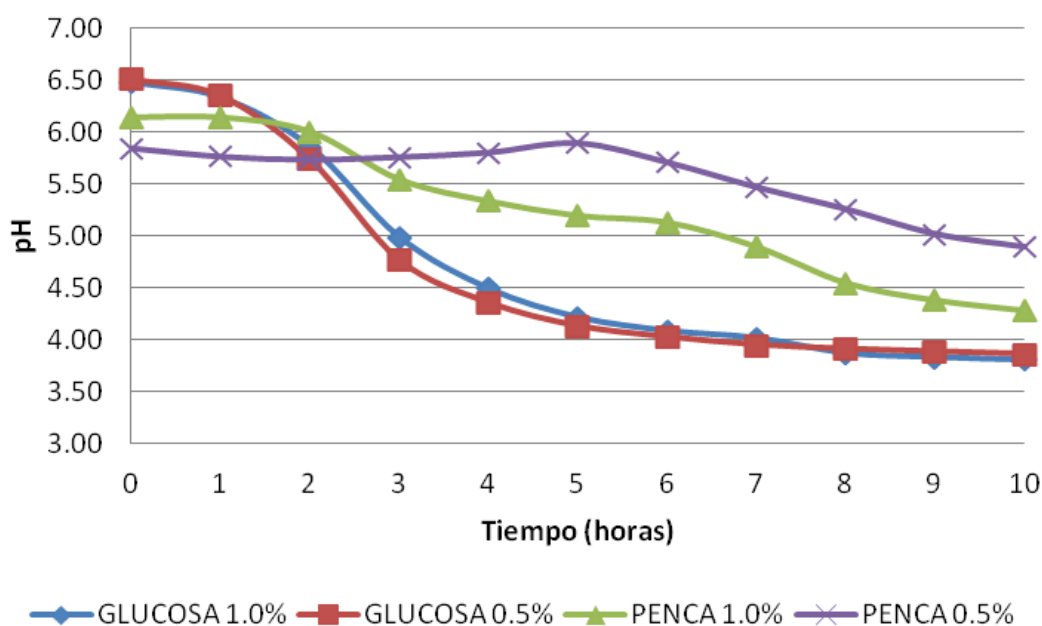


Figura 5. Comportamiento del pH para *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) con harina de penca de maguey y glucosa

En la figura 6 se presenta las curvas de crecimiento de *Lactobacillus rhamnosus* en medio con extracto de levadura, peptona de caseína a diferentes concentraciones de

harina de penca de maguey como fuente de carbono donde se observa una mejor adaptación de este microorganismo en la glucosa con respecto a la penca de maguey, aunque esta última presenta para el final de la fermentación aumenta las UFC/mL observándose valores de crecimiento de 5.8 y 6.1 (log UFC/mL), respectivamente y en tanto que glucosa presenta valores de crecimiento de 5.4 (log UFC/mL) para ambos casos, la fase exponencial inicia en la primera hora de la fermentación para ambos casos, la fase estacionaria inicia en el caso de glucosa a partir de las sexta hora y para harina de penca de maguey en la hora séptima de la fermentación.

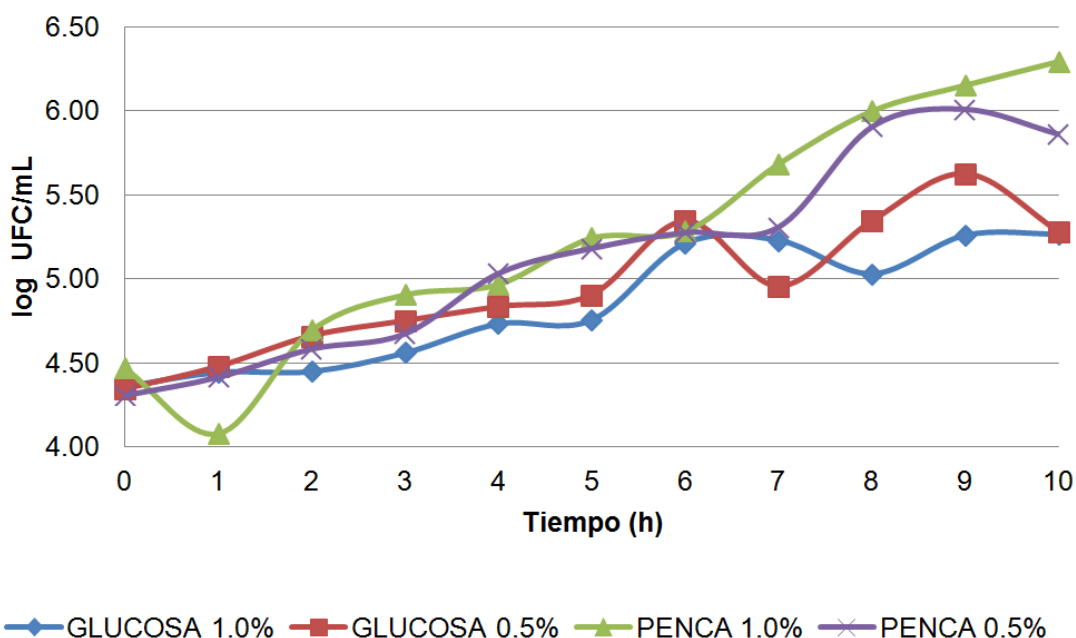


Figura 6. Cinética de crecimiento para *Lactobacillus rhamnosus* con harina de penca de maguey

En la figura 7, se muestra el comportamiento del pH, como se puede observar inicialmente el pH de la harina de penca de maguey es más ácido y esté presente un

comportamiento constante durante el tiempo de fermentación en ambos concentraciones de harina de penca de maguey, la glucosa presenta un descenso, para la séptima hora de muestreo esta se mantiene constante.

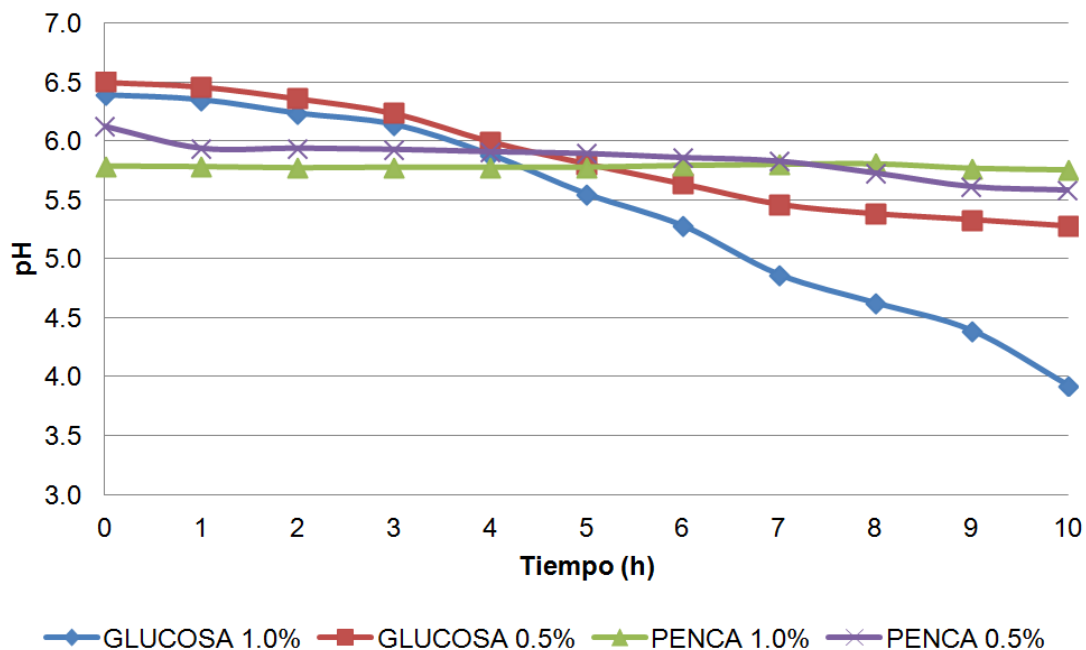


Figura 7. Comportamiento del pH para *Lactobacillus rhamnosus* con harina de penca de maguey

Durante la fermentación se observan valores de cuenta viable con harina de penca de maguey al 1.0% al utilizar *P. pentosaceus* (UAM-22), esto no ocurrió con *L. rhamnosus* al presentar diferencias de crecimiento muy marcadas, ya que la cuenta viable de *L. rhamnosus* está por debajo de 6.5 log UFC/mL y oscila con respecto al control.

Con el pH ocurre lo mismo, se observa una diferencia, ya que con *P. pentosaceus* (UAM-22), este disminuye tanto con la harina de penca de maguey al 0.5% y 1.0%

como con el control. Con *L. rhamnosus* no se observa lo mismo este se mantiene constante, lo que indica que *P. pentosaceus* (UAM-22) es capaz de aprovechar la harina de penca de maguey como fuente carbono produciendo ácidos orgánicos.

Tasa específica de crecimiento y tiempo de duplicación estimados

La capacidad de adaptación al medio de cultivo por parte de *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) y *Lactobacillus rhamnosus* se ve reflejada obteniendo algunos parámetros como la tasa específica de crecimiento (k) y el tiempo de duplicación (g). La tabla 11 muestra los parámetros antes mencionados, donde se observa que hay diferencia significativa entre cepas ($P < 0.01$), fuente de carbono ($P < 0.01$) y concentración de harina ($P < 0.01$), de la cual la harina de penca de maguey al 1% con *P. pentosaceus* (UAM-22) tiene una mayor tasa de crecimiento que el resto de los tratamientos. También como se puede observar el tiempo de duplicación es inversamente proporcional a la tasa de crecimiento, esto es a mayor tasa de crecimiento menor es el tiempo de duplicación. Lo que no ocurre con *L. rhamnosus* ya que su tasa específica de crecimiento es mucho mayor en glucosa que con la harina de penca de maguey y por consecuencia el tiempo de duplicación es más elevado.

Tabla 11. Tasa específica de crecimiento y tiempo de duplicación de *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) y *Lactobacillus rhamnosus*

Cepa	Fuente	%	k	G	Vmax	pH	Tmax
<i>L. rhamnosus</i>	Penca	0.5	0.49±2.48E-17B,A,b	2.02±1.03E-16A,B,a	0.30±1.29E-17A,A,b	5.86±2.06E-16A,A,a	6.00
	Penca	1.0	0.80±5.16E-17B,A,a	1.25±0.00A,,B,b	0.03±0.00A,A,a	5.77±0.00A,A,b	9.00
	Glucosa	0.5	0.58±2.58E-17B,B,a	1.74±8.72E-17A,A,a	0.21±6.46E-18A,B,b	6.00±0.00A,B,a	4.00
	Glucosa	1.0	0.47±2.48E-17B,B,a	2.13±9.92E-17A,A,b	0.34±1.29E-17A,B,a	5.28±2.06E-16A,B,b	6.00
<i>P. pentosaceus</i> UAM 22	Penca	0.5	1.07±5.17E-17A,A,b	0.94±4.96E-17B,B,a	0.22±6.46E-18B,A,a	5.37±0.00B,A,a	7.50
	Penca	1.0	1.53±5.17E-17A,A,a	0.66±2.58E-17B,B,b	0.33±1.29E-17B,A,b	5.55±2.06E-16B,A,b	3.00
	Glucosa	0.5	1.26±5.17E-17A,B,a	0.79±0.00B,A,a	0.79±2.58E-17B,B,b	5.74±4.13E-16B,B,a	2.00
	Glucosa	1.0	1.14±5.17E-17A,B,a	0.88±4.36E-17B,A,b	0.68±0.00B,B,a	5.00±0.00B,B,b	3.00

A, B Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para la cepa

a, b, c, d Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el tiempo de almacenamiento

Actividad prebiótica

Carbohidratos prebióticos, se metabolizan sólo por los microorganismos seleccionados del tracto gastrointestinal. En consecuencia, estos azúcares tienen la capacidad de influir en la población del tracto gastrointestinal debido a su utilización selectiva. Los organismos que fermentan rápidamente azúcares prebióticos se enriquecen, presumiblemente a expensas de los que no lo hacen. La eficacia de un prebiótico depende por consiguiente, de su capacidad para ser selectivamente fermentada por y para apoyar el crecimiento de determinados microorganismos (Huebner y col, 2007).

Los resultados de la actividad prebiótica reportados en este estudio reflejan el grado en que un carbohidrato dado promovería crecimiento selectivo de organismos específicos en la presencia de competidores incapaces de utilizar los hidratos de carbono en particular. Por lo tanto, estos resultados proporcionan una forma relativamente rápida para evaluar la capacidad de un prebiótico para ser utilizada por cepas específicas de bacterias, así como también, una base racional para la identificación de simbióticos para su incorporación en los productos lácteos y otros alimentos (Chow, 2002; Fooks y Gibson, 2002; Rastall y Maitin, 2002).

Como se muestra en la tabla 12 *Lactobacillus rhamnosus* muestra una alta actividad prebiótica positiva en la concentración de 1.0%, aunque no descartamos *Pedococcus pentosaceus* (UAM-22) al 1.0%. Una actividad prebiótica positiva nos indica que el carbohidrato proporcionado a las bacterias ácido lácticas termotolerantes son capaces de asimilarlo y proporcionar un crecimiento. Por lo tanto estos resultados

proporcionan una base para la identificación de simbióticos para su incorporación en productos lácteos y otros alimentos (Huebner y col., 2007).

Tabla 12. Actividad prebiótica de *Pediococcus pentosaceus* (UAM-22) y *Lactobacillus rhamnosus*

Tratamiento	%	PAS
<i>P. pentosaceus</i> UAM-22	1	0.8482
	0.5	-1.3035
<i>L. rhamnosus</i>	1	1.0804
	0.5	-0.0217

CONCLUSIONES

La harina de penca de maguey tiene un alto contenido de fibra y cenizas, al presentar un alto contenido de fibra esta puede introducirse en productos alimenticios, mejorando así algunas propiedades funcionales en los batidos cárnicos.

La harina de penca de maguey es una fuente de carbono de bacterias ácido lácticas y podría ser considerada como un prebiótico potencial para ser utilizada en productos cárnicos cocidos al no afectar de manera negativa los parámetros fisicoquímicos de estos productos.

La utilización de subproductos agroindustriales ya sea como un posible prebiótico, o fuente de fibra en productos cárnicos cocidos podría ser de gran beneficio en la industria cárnica de nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

AACC. American Association of Cereal Chemists. 2001. The definition of dietary fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the AAC 1,10.

AOAC, 1996: Official Method of Analysis of AOAC International, 16th edition. Washington, DC: AOAC International.

ADBUL-HAMID, A., LUAN, Y. S. 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68: 15-19.

ALVIDREZ, A., GONZÁLEZ, B. E. Y JIMÉNEZ, Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. Revista de Salud Pública y Nutrición. 3:3.

ALESON-CARBONELL, L., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SENDRA, E., SAYAS-BARBERÁ, E., PÉREZ-ALVAREZ, J.A. 2004. Quality characteristics of a non-fermented dry-cured sausage formulated with lemon albedo. Journal Science Food Agriculture. 84:2077-2084.

ANDERSSON, A., ANDERSSON, K., TORNBERG, E. 2000. A comparison of fat-holding between beefburgers and emulsions sausages. Journal of the Science Food and Agriculture, 80:555-560.

ARVANITOYANNIS, I.S., HOUWELINGEN-KOUKALIAROGLOU, M.V. 2005. Functional foods: a survey of health claims, pros and cons, and current legislation. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 45: 385-404.

-
- AXELSSON, L. 1998. Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. Chapter 1
In: Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects. Salminen, S.,
Wright, A. V. (Editors). Marcel Dekker, New York. pp: 1-72.
- BARRIO, M.A. 2006. Probióticos, prebióticos y simbióticos. Definición, funciones y
aplicación clínica en pediatría. Revista pediátrica de atención primaria 111,
Suplemento 1.
- BOURNE, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology 32: 62 – 66, 72.
- BOURNE, M.C. 1995. Texture profile analysis – Methodology Interpretation Clarified.
Journal of Food Science 60: VII.
- BUSTAMANTE, C. P., MAYORGA, R.L., RAMIREZ, S.H., MARTÍNEZ, C.P.,
BARRANCO, F., AZAOLA, E.A. 2006. Evaluación microbiológica de
compuestos con actividad prebiótica. Revista Mexicana de Ciencia
Farmacéuticas. 37: 5-9.
- CHÁVEZ-ZEPEDA, L.P., CRUZ-MÉNDEZ, G., GRACIA DE CAZA, L, DÍAZ-VELA, J.,
PÉREZ-CHABELA, M.L. 2009. Utilización de subproductos agroindustriales
como fuente de fibra para productos cárnicos. Nacameh 3: 71-82.
- CHAMP, M., LANGKILDE, A.M., BROUNS, F., KETTLITS, B., COLLET, Y. 2003.
Advances in dietary fiber characterization. Definition of dietary fiber,
physiological relevance, health benefits and analytical aspects. Nutrition
Research Reviews. 16: 71-82.

-
- CHARALAMPOPOULUS, D., WANG, R., PANDIELLA, S., WEBB, C. 2002. Application of cereal and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology* 79: 131-141.
- CHOW, J. 2002. Probiotics and prebiotics. A brief overview. *Journal of Renal Nutrition*. 12: 76-86.
- COFRADES, S., GUERRA, M.A., CARBALLO, J., FERNANDEZ- MARTÍN, F., JIMENEZ-COLMENERO, F. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal Food Science*. 65:281-287.
- COIA, K.A., STAUFFER, K.R. 1987. Shelf life study of oil/water emulsions using various commercial hydrocolloids. *Journal Food Science* 52:166-172.
- CORONATO, S., GIROLAMO, W.D., SALAS, M., SPINELLI, O., LEGUENS, G. 1999. *Biología de las proteínas del shock térmico*. *Medicina* 59: 477- 486.
- DAVIDSON, G. P., BUTLER, R. N. 2000. Probiotics in pediatric gastrointestinal disorders. *Current Opinion in Pediatrics* 12: 477-481.
- DE MAN, J. C., ROGOSA, M. Y SHARPE, M. E. 1960. A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of Applied of Bacteriology*, 23:130-135.
- DE SIMAS, K.N., VIERIA, L., DO, N., PODESTÁ, R., VIERIA, M.A., ROCKENBACH, I.I. 2010. Microestructure, nutritive composition and antioxidant capacity of King

-
- palm flour: A new potential source of dietary fiber. *Bioresource Technology*. 101: 5701-5707.
- DIAZ-VELA, J. 2010. Evaluación de la actividad prebiótica de inulina de agave, inulina de achicoria y albedo de naranja sobre bacterias lácticas termotolerantes probióticas. Tesis Maestría en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A., SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analysis Chemistry* 28: 350-356.
- EHRMAN, M. A., KURZAK, P., BAUER, J., VOGEL, R. F. 2002. Characterization of lactobacilli towards their use as probiotic adjuncts in poultry. *Journal Applied Microbiology* 92: 966-975.
- ESCUADERO, A. E., GONZALEZ, S. P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. 21(2):61-72.
- FERRER, B. Y DALMAU, J. 2001. Alimentos funcionales: probióticos. *Acta pediátrica española*. 59(3):150-155.
- FIGUEROLA, F., HURTADO, M.L, ESTEVEZ, A. M., CHIFFELLE, I., ASENJO, F. 2005. Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3): 395-401.
- FOOKS, L. J., GIBSON, G.R. 2002. Probiotics as modulators of the gut flora. *British Journal of Nutrition*. 88: S39-S49

-
- FUENTES, A.J.M., RODRIGUEZ, G. F., JARAMILLO, C.S., ESPEJO, C.J., RODRIGUEZ, A. R., Fernández, B.J. 2009. Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fiber powders obtained from asparagus by products. Food Chemistry, 113(2): 665-671.
- GARCÍA, M.L., DOMÍNGUEZ, R., GALVEZ, M., GALVEZ, D., CASAS, C., SELGAS, M.D. 2002. Utilisation of cereal and food fibers in low fat dry fermented sausage. Meat Science, 60:227-236.
- GARCÍA, M.L., CACERES, E., SELGAS, M.D. 2007. Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-mat sausage. Journal Science Food Agriculture 87:624-631.
- GIBSON, G. R., ROBERFROID, M.B. 1995. Dietary modulation of the colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition 125: 1401-1412.
- GIBSON, G.R., ROBERFROID, M.B. 2008. Handbook of Prebiotics. 1ra. Edition. CRC Press. New, York, USA. Pp: 8 ,20 ,39
- GUERRERO, I, PONCE, E., PÉREZ-CHABELA, M.L. 2002. Curso Práctico de Tecnología de Carnes y Pescados. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

-
-
- GRIGELMO, M., MONICO, A., MARTIN, O. 1997. Quality aspects of reduced-calories and high fruit dietary fiber muffins, in Book of Abstract IFT Annual Meeting, Orlando, FL
- GRIGELMO-MIGUEL, N., ABADÍAS-SERÓS, M.I., MARTIN-BELLOSO, O. 1999. Characterisation of low-fat high-dietary fibre frackfurters. *Meat Science*. 52: 247-256.
- GUO, M. 2009. *Functional foods: principles and technology*. CRC Press, New York, United State of America. pp. 63-74.
- HELANDER, Y., VON WRIGHT, A., MATTILA, T. 1997. Potential of lactic acid bacteria and novel antimicrobials against Gram-negative bacteria. *Trends in Food Science and Technology*. 8:146-150.
- HUEBNER, J., WEHLING, R. L., HUTKINS, R.W. 2007. Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal* 17: 770-775.
- JAUREGUI, C.A., REGENSTEIN, J.M., BAKER, R.C. 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Science* 46: 1271-1273.
- JIMÉNEZ-COLMENERO, F., CARBALLO, J., COFRADES, S. 2001. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. *Meat Science*, 59: 5–13.
- KAPPELMAN, M., BOUSVAROS, M. D. 2007. Probioticos. Terapias con probióticos: el cruce de la medicina tradicional y alternativa. *Atención médica. Revista de actualización médica*. Septiembre: 52-58.

-
- KIN, Y. I., 2000. A technical review: Impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology*, 118:1235-1257.
- KOLIDA, S., GIBSON, G. R. 2008. The prebiotic effect: Review of experimental and human data. En: Handbook of Prebiotics. Editors: Gibson, G. R. y Roberfroid, M. B. CRC Press, Boca Raton, FL. pp: 69-92.
- LANDVOGT, A. 1991. Errors in pH measurement of meat and meat products by dilution effects. Proceedings of the 37th International Congress on Meat Science and Technology, ICoMST, Kulmbach, Germany, pp. 1159-1162.
- LARRAURI, J.A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fiber powders from fruit by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 10(1):3-8.
- LEROY, F., VUYST, L. 2001. Growth of the Bacterosin-Producing *Lactobacillus sakei* Strain CTC 494 in MRS broth is strongly reduced due to nutrient exhaustion: a nutrient depletion model for the growth of lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(10):4407-4413.
- LJUNGH, A., WADSTRÖM, T. 2006. Lactic acid bacteria as probiotics. *Current Issues Intestinal Microbiology*. 7: 73-90.
- LILLY, D.M., STILLWELL, R.H. 1965. Probiotics. Growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*. 147:747-748.
- MANCINI, R.A., HUNT, M.C. 2005. Current research in meat color. *Meat science* 71: 100-121.

-
- MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., PARK, J. 1998. Brock. Biología de los microorganismos. 8a. Edición. Editorial Prentice-Hall. Madrid, España pp: 718-724.
- MANN, J. I. Y CUMMINGS, J.H. 2009. Possible implications for health of the different definitions of dietary fiber. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 19: 226-229.
- MEYER, P. D. 2004. Nondigestible oligosaccharides as dietary fiber. Journal of the Association of Official Analytical Chemists International 87(3): 718-726.
- MONGEAU, R., SCOTT, F. W., BRASSARD, R. 1999. Definition and analysis of dietary fiber. En Cho, S.S., Prosky, L., Dreher, M (editores), Complex carbohydrates in foods. Marcel Dekker, New York, USA. pp. 143-164.
- MONTGOMERY, D. 2006. Diseño y análisis de experimentos. 2a Edición. México, D.F. pp: 170-211.
- NIGAM, P.S., GUPTA, ANTHWAL, A. 2009. Pre-treatment of Agro- Industrial Residues. En Nigam, P.S., Pandey, A.(editors).Biotechnology for Agro- Industrial Residues Utilisation. Springer, United King. pp. 25-27.
- PÉREZ-ALVAREZ, J.A. 1996. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Valencia, España. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politecnica de Valencia

-
- PEREZ-CHABELA, M.L., TOTOSAUS, A., GUERRERO, I. 2008. Evaluation of thermotolerant of lactic acid bacteria isolated from commercial sausages and the effects of their addition on the quality of cooked sausages. *Ciencia e Tecnología de Alimentos* 28:132-138.
- PRESCOTT, L. M., HARLEY, J.P., KLEIN, D. A. 2004. *Microbiología*. 2a. Edición. Edit. McGraw-Hill, Interamericana de España. Pp:136-137.
- PROSKY, L., ASP., G.N., SCHEWEIZER, T. F., DE VRIES, J.W., FURD, I. 1988. Determination of insoluble and soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(5):1017-1023.
- RAMOS, N.A.G., FARIAS, M.E. 2001. Stability of meat emulsion with non-meat proteins. Proceedings of the Eighth International Congress on Engineering and Foods -ICEF 8-. Volume II, Welti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G.V. & Aguilera, J.M. (editors). Technomic Publishing Company, Lancaster, pp 643-647.
- RAMIREZ-CHAVARIN, N.L., WACHER-FODARTE, M.C., PÉREZ-CHABELA, M.L. 2010. Characterization and identification of thermotolerant lactic acid bacteria isolated from cooked sausage as bioprotective cultures. *Journal of Muscle Foods*. 21:585-596.
- RASTALL, R.A., MAITIN, V. 2002. Prebiotics and synbiotics: Towards the next generation. *Current Opinion in Biotechnology*. 13:490-496.

-
- REQUENA, T., PELÁEZ, C. 1995. Revisión: Actividad antimicrobiana de bacterias lácticas. Producción de bacteriocinas. Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 35(1):19-44.
- ROSELL, C.M., SANTOS, E., COLLAR, C. 2009. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. Food Research International. 42:176-184.
- ROSMINI, M. 1998. El color como propiedad física en el control de la calidad de la carne y productos cárnicos. Curso de Postgrado, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de Salud Pública Veterinaria. Universidad Nacional del Litoral, Esperanza Santa Fe, Argentina.
- SCHOLZ-AHRENS, K. E., SCHAAFSMA, G., VAN DEN HEUVEL, E. G., SCHREZENENMEIR, J.M. 2001. Effects of prebiotics on mineral metabolism. American Journal of Clinical Nutrition 73: 459-464.
- SCHREZENENMEIR, J. M., DE VRESE, M. 2001. Probiotics, prebiotics and synbiotics-approaching a definition. American Journal of Clinical Nutrition. 73: 361S-364S.
- SEGURA, J.C. 2006. El maguey. Memoria sobre el cultivo y beneficio de sus productos. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. 37: 131-150.

-
- SHAND, P.J. 2000. Textural, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal or waxy starch hull-less barley. *Journal of Food Science* 65:101-107.
- SILVEIRA, R.M.B., MONEREO, M. S., MOLINA, B.B. 2003. Alimentos funcionales y nutrición óptima. *Revista Especializada de Salud Pública* 77(3): 317-331.
- SILLIKER, J. H., ELLIOT, R. P. 1980. *Ecología Microbiana de los Alimentos*. 1ra. Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España pp: 97-142.
- SUGIMOTO, S., AL-MAHIN, A., SONOMOTO, K. 2008. Molecular caperones in lactic acid bacteria: Physiological consequences and biochemical properties. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 106: 324-336.
- SWENNEN, K., CORUTIN, C., DELCOUR, J. 2006. Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 459-471.
- SZCZESNIAK, A. S.1963. Objective measurements of food texture. *Journal Food Science* 28:410-420.
- TROWEL, H.C. 1976. Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 29:417-427.
- VERGARA, V.N., GRANADO, P. E., AGAMA, A. E., TOVARB, J., RUALESC, J., BELLO, P.L.A. 2007. Fiber concentrate from mango fruit: Characterization,

associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient.

Food Science and Technology, 40(4):722-729.

VICTORIA-LEON, T., TOTOSAUS, A., GUERRERO, I., PEREZ-CHABELA, M.L

2006. Efecto de bacterias ácido lácticas termoresistentes en salchichas cocidas. Ciencia e Tecnología de Alimentos. 2: 135-141.

WILDMAN, R.E.C. 2007. Handbook of nutraceuticals and functional foods. 1ra.

Edición. Edit. CRC Series in modern nutrition. United State of America. pp. 2

ZIPSER, M. W., WATTS, B. M. 1962. A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method

for the determination of malonaldehyde in cured meats. Food Technology 16: 102-107.