

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Efectos del uso de Atmósfera Modificada y vacío
en la calidad de arroz cocido con verduras”**

Trabajo de graduación presentado por Débora Karina
Alvarado Chavarría para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Alimentos

Guatemala
2011

**“Efectos del uso de Atmósfera Modificada y vacío
en la calidad de arroz cocido con verduras”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Efectos del uso de Atmósfera Modificada y vacío
en la calidad de arroz cocido con verduras”**

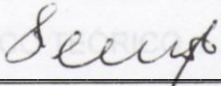
Trabajo de graduación presentado por Débora Karina
Alvarado Chavarría para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Alimentos

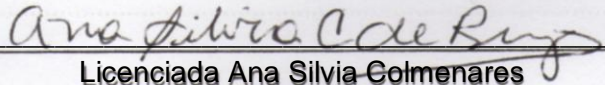
Guatemala
2011

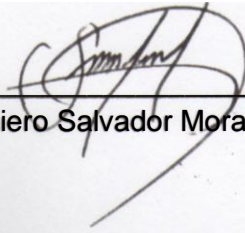
Vo. Bo. :

(f) 
Ingeniero Henry Cukier
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
Ingeniero Henry Cukier
Asesor

(f) 
Licenciada Ana Silvia Colmenares

(f) 
Ingeniero Salvador Morales

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de Diciembre de 2011

AGRADECIMIENTOS

- A Dios Es el principal motor de mi vida, quien me ha puesto en el tiempo, el lugar y con las personas indicadas. Ha hecho posible que finalice esta etapa profesional de mi vida. Ha sido y será por siempre nuestro guía quien nos ayudará a seguir alcanzando nuevas metas y superando obstáculos y pruebas difíciles.
- A la Sagrada Familia Que ha sido la base de mi formación espiritual y ética. Y que durante toda mi vida Jesús, María y José, me iluminan, me socorren y me salvan. Amén.
- A Abuelitos Alice, Carmencita, Julio y Gilberto a quienes les agradezco haberme brindado padres luchadores, trabajadores, con principios y valores bien sementados. A mis abuelitos Alice y Julio que ya no están con nosotros físicamente y me hubiera encantado compartir con ustedes. A mis abuelitos Carmencita (82 años) y Gilberto (98 años) que continúan siendo parte importante de mi vida. Los quiero mucho
- A mis padres Julio y Lorena los amo infinitamente y ustedes han hecho de mí una mujer completa, una mujer profesional con principio y valores que pusieron a prueba desde el día que se enteraron que yo venía al mundo. Gracias por estos 25 años de matrimonio que han recorrido junto, yo sé que no han sido fáciles pero lo han hecho juntos de la mano de Dios. Gracias por su incondicional apoyo.
- A mi familia Julio y Ángela: los amo y los invito a que sigan adelante, que cumplan sus sueños y que no hay nada imposible todo es que uno se lo proponga y siguiendo los que Dios les tienen preparados. Gracias por ser parte de mi vida hermanitos.
- Lenin: Gracias por estos años compartidos, eres parte importante de mi vida y agradezco sobre todo por tu apoyo incondicional. Te amo.
- A los que siempre han estado presentes: mis tías Emma, Lucky, Chiqui. Mis primos Paola, Yessica y Félix.
- A mi Asesores Ingeniero Henry Cukier quien me ayudó en el desarrollo del tema. Ingeniero Oscar Rossal quien confió en mí y me brindó el apoyo para llevar a cabo el proyecto.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE GRÁFICAS	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	15
IV. OBJETIVOS	16
V. METODOLOGÍA	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
VII. CONCLUSIONES.....	41
VIII. RECOMENDACIONES.....	42
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla de antecedentes No. 1. Permeabilidad de materiales de empaque.....	13
Tabla de resultados No. 1 Cambio de humedad en almacenamiento Atmósfera Modificada vs. vacío.....	27
Tabla de resultados No. 2 Variación de pH en almacenamiento Atmósfera Modificada vs. vacío.....	28
Tabla de resultados No. 3 Recuento microbiológico aerobio durante almacenamiento..	30
Tabla de resultados No. 4 Descriptores obtenidos en la presentación del producto empacado.....	34
Tabla de resultados No. 5 Descriptores sensoriales del producto evaluado en el panel sensorial.	35
Tabla de resultados No. 6 Descriptores de apariencia de vegetales utilizados en arroz cocido.	36

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1 Cambio de humedad a lo largo del almacenamiento del arroz cocido con verduras en temperatura de refrigeración.....	27
Gráfica No. 2 Cambio de pH a lo largo del almacenamiento de arroz cocido con verduras en temperatura de refrigeración.....	28
Gráfica No. 3 Recuento total aerobio durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en Atmósfera Modificada y vacío parcial	31
Gráfica No. 4 Recuento de levaduras durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en Atmósfera Modificada y vacío parcial	32
Gráfica No. 5 Recuento de mohos durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en atmósfera modificada y vacío parcial	32

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Comparación de (1a) papa envasada en atmósfera 80% vacío y 60% N ₂ contra (1b) papa en bolsa sellada. Ambas evaluadas 15 minutos después del corte y envasado.....	22
Ilustración No. 2 Comparación de empaque (2a) papa en cuadros envasada en Atmósfera Modificada 80% vacío y 70% N ₂ contra (2b) papa en bolsa sellada en el día 11.....	23
Ilustración No. 3 Concentraciones de gases 4 días después de corte y empaque (3a) papa en rodajas envasada en 70% vacío y 60% N ₂ y (3b) papa en rodajas en 80% vacío y 60% N ₂	24
Ilustración No. 4 Concentraciones de gases 17 días después de corte y empaque (4a) papa en rodajas envasada en 70% vacío y 60% N ₂ y (4b) papa en rodajas en 80% vacío y 60% N ₂	25
Ilustración No. 5 Muestras de producto terminado para análisis de (5a) arroz empacado a 70% vacío y (5b) arroz empacado en Atmósfera Modificada 70% vacío y 60% volumen inyectado de nitrógeno	26
Ilustración No. 6 Presentación arroz de 5lb utilizado para evaluación sensorial. (6a) arroz envasado al vacío y (6b) arroz envasado en Atmósfera Modificada	33
Ilustración No. 7 Presentación del producto en su empaque original de (7a) arroz cocido con verduras envasado al vacío y (7b) arroz cocido con verduras envasado en Atmósfera Modificada.	35
Ilustración No. 8 Presentación del producto para la degustación de (8a) arroz envasado al vacío y (8b) arroz envasado en Atmósfera Modificada ...	35
Ilustración No. 9 Integridad de vegetales evaluados en grupo focal de maíz (9a), arveja (9d) de arroz envasado en Atmósfera Modificada y maíz (9b), arveja (9c) de arroz envasado en vacío	36
Ilustración No. 10 Resultados microbiológicos de (10a) coliforme total y E. Coli y (10b) recuento aerobio total en ensalada de papa envasada en Atmósfera Modificada. Producción 30/06/11. Evaluación 26/07/11, día 26.....	38
Ilustración No. 11 Comparación de (11a) relleno empacado 30% de vacío y (11b) relleno empacado a 70% vacío y 60% inyección de nitrógeno. Día 15 desde su fecha de producción	39
Ilustración No. 12 Apariencia de (12a) relleno empacado en 30% vacío y (12b) relleno empacado en Atmósfera Modificada 75% vacío y 60% volumen de nitrógeno.....	40
Ilustración No. 13 Recuento aerobio total en (13a) relleno en empaque al vacío y (13b) relleno en empaque Atmósfera Modificada. Análisis día 13.	40

RESUMEN

El objetivo de este estudio es implementar el método de atmósfera modificada y compararlo con el método de envasado al vacío. Así mismo se desea comparar en ambos métodos el efecto en la calidad, los cambios en las características fisicoquímicas, el resultado en la vida útil de arroz cocido con verduras y la posible aplicación en variedad de productos.

La vida útil del arroz cocido con verduras se beneficia con la aplicación de atmósfera modificada ya que en el último día de evaluación, día 25, continúa sin presencia de moho. A pesar de la ausencia de moho en el producto el recuento de levaduras es superior al límite máximo aceptado basándose en los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano por lo que el aumento de su tiempo de vida útil no se beneficia al aplicar las condiciones de atmósfera modificada.

I. INTRODUCCIÓN

El almacenamiento y envasado de alimentos en atmósfera modificada ha recibido considerable atención por parte de los científicos y de la industria. Su principal aplicación es incrementar la vida útil de los alimentos generalmente por inhibición de la flora aerobia alterante y mejorar la calidad del producto. Una durabilidad prolongada depende de que los alimentos sean de buena calidad microbiológica, se elijan correctamente los materiales de envasado y la atmósfera y se controle la temperatura de almacenamiento. El control de otros factores como el oxígeno residual en el envasado al vacío y las fugas se puede conseguir utilizando sistemas activos (absorbentes de oxígeno) o inteligentes (indicadores de fugas). La mayor preocupación sanitaria son los posibles riesgos asociados a bacterias patógenas que se multiplican en condiciones reducidas a bajas temperaturas (psicrótrofos) o cuando se producen fallos en la cadena del frío (mesófilos).

El objetivo de este estudio es implementar el método de atmósfera modificada y compararlo con el método de envasado al vacío. Así mismo se desea comparar en ambos métodos el efecto en la calidad, los cambios en las características fisicoquímicas, el resultado en la vida útil de arroz cocido con verduras y la posible aplicación en variedad de productos.

Antes de iniciar la evaluación entre los empaque de atmósfera modificada y vacío era necesario establecer las condiciones óptimas para la aplicación en el producto terminado. Se realizaron evaluaciones con papa cruda para determinar los mejores resultados en el almacenamiento de la misma. Las concentraciones determinadas con mejor comportamiento es la aplicación de vacío a un 80% de volumen inicial y la inyección de nitrógeno a un 60%.

En los análisis fisicoquímicos realizados se determinó pH y porcentaje de humedad en el tiempo, debido a que son dos factores que se relacionan con el deterioro de los alimentos. La diferencia de los análisis entre los métodos de envasado de vacío y atmósfera modificada no es significativa.

La vida útil del arroz cocido con verduras se beneficia con la aplicación de atmósfera modificada ya que en el último día de evaluación, día 25, continúa sin presencia de moho. A pesar de la ausencia de moho en el producto el recuento de levaduras es superior al límite máximo aceptado basándose en los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano por lo que el aumento de su tiempo de vida útil no se beneficia al aplicar las condiciones de atmósfera modificada. Los resultados fisicoquímicos obtenidos se relacionan con el comportamiento microbiológico.

La calidad del arroz se evaluó en un grupo focal en donde los panelistas destacaron que las características del arroz envasado en atmósfera modificada las cuales son superiores al arroz envasado en vacío parcial. Las principales características mencionadas son la frescura del producto, la conservación de las características organolépticas y la integridad de los vegetales.

La aplicación de la tecnología de atmósfera modificada evaluada en otros productos obtuvo resultados positivos. La evaluación se realizó en ensalada de vegetales a base de mayonesa y rellenos de frijol, en ambos productos se mejoraron las características de textura, apariencia y características microbiológicas en relación al envasado al vacío.

II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

A. Historia

La utilización comercial de atmósferas modificadas (AM) o protectoras para incrementar la vida útil o durabilidad de los alimentos no es un concepto nuevo ya que se empleó a principios de la década de 1930, en Australia y Nueva Zelanda, para el almacenamiento, durante el transporte marítimo, de canales de vacuno y ovino que se exportaban al Reino Unido y poco después se empleó para el almacenamiento de frutas (sobre todo peras y manzanas), verduras y hortalizas. La importancia práctica del almacenamiento en AM se refleja en el hecho de que el IFT (Institute of Food Technologists) consideró las AM durante 50 años; desde 1939 hasta 1989, como una de las diez innovaciones más significativas en Ciencia de los Alimentos. El desarrollo de películas flexibles impermeables al oxígeno y otros avances tecnológicos facilitaron el envasado de alimentos destinados a la venta al por menor y, actualmente, una gran variedad de productos frescos y procesados se comercializan envasados en atmósferas modificadas.

Desde sus inicios, los sistemas de envasado han ido evolucionando como respuesta a las exigencias de los consumidores en cuanto a una mayor durabilidad y mantenimiento de las características de frescura. Los cambios en el estilo de vida han determinado también una mayor demanda de productos fáciles de consumir y semielaborados y la globalización de mercados ha impuesto nuevas exigencias. Por esta razón, los sistemas de envasado han ido evolucionando desde lo más sencillo (envasado al vacío) hasta el empleo de envases activos e inteligentes. (Coma, 2006)

B. Deterioro de los alimentos

1. El oxígeno y la alteración de los alimentos. El oxígeno constituye el 21% de la atmósfera terrestre y, en condiciones normales, es el gas más importante que está en contacto con los alimentos ya que participa en su alteración facilitando el crecimiento de microorganismos aerobios, la rancidez oxidativa de los lípidos y ciertas reacciones enzimáticas. También puede modificar el color y el bouquet y destruir ciertos nutrientes (vitaminas). (Brody, 1996)

En presencia de oxígeno, se multiplican en los alimentos bacterias con gran capacidad alterante (por ejemplo, varias especies de *Pseudomonas*), mohos y levaduras. En aerobiosis se produce la rancidez oxidativa debido a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados con formación de peróxidos o hidropéroxidos, que posteriormente se polimerizan y descomponen dando origen a la formación de aldehídos, cetonas y ácidos. La rancidez oxidativa, además destruye las vitaminas liposolubles, particularmente las vitaminas A y E. Finalmente, el oxígeno favorece la acción de enzimas presentes de forma natural en los alimentos como catalasa y peroxidasa que son responsables del pardeamiento de verduras y hortalizas troceadas. (Brody, 1996)

La contaminación de los alimentos es un problema serio para la industria alimentaria, debido a que da lugar a la aparición de productos inaceptables para el consumo humano. La producción industrial de alimentos es un proceso que se desarrolla a gran escala, razón por la cual las consecuencias de pérdidas por contaminación microbiana son elevadas y altamente costosas. Este fenómeno generalmente es un proceso mixto, en el que participan bacterias, levaduras y hongos filamentosos; al mismo tiempo es un proceso competitivo, en el cual prevalecen aquellos grupos que muestran la mayor adaptación a las condiciones ambientales, que se manifiestan en el producto en particular (Lousier V, 2003). Comparadas con hongos filamentosos y bacterias, las levaduras juegan un papel secundario en la descomposición de alimentos, sin embargo, existen determinadas condiciones relacionadas con el proceso de preservación de estos y su propio manejo, que pueden favorecer el incremento en las poblaciones de levaduras dañinas. (A, 1998)

2. Alimentos alterados por la acción de levaduras

- *Vegetales*: Sobre los vegetales crecen un amplio grupo de microorganismos; además varios factores intrínsecos los predisponen al ataque de gérmenes, entre ellos el alto contenido de agua, variada composición en nutrientes y pH cercano al neutro o neutro, la proximidad de estos al suelo y los daños mecánicos que sufren durante la recolección y manejo, que permiten la entrada de microorganismos invasivos. De forma general, solo en casos muy raros las

levaduras están asociadas al daño de vegetales pues aunque son aisladas de estos no compiten con bacterias y hongos. (Deakand T, 1996)

- Alimentos fermentados y ácidos: Algunos alimentos son conservados en vinagre y sal, con o sin preservante químico. Entre ellos se incluyen pescados, vegetales, mayonesas y aderezos para ensaladas. En estos alimentos predominan como contaminantes las bacterias ácido lácticas y levaduras.
- Granos: La presencia de levaduras sobre granos es de importancia menor respecto a los mohos causantes de grandes pérdidas económicas. En arroz se han detectado especies nuevas de levaduras Basidiomicetos y se ha determinado que el 68 % de los granos de trigo y arroz se infectan con levaduras, aunque esto disminuye con el invierno y con el secado de estos. Entre los grupos contaminantes predominan los géneros Candida, Cryptococcus, Pichia, Hanseniaspora, Rhodotorula y Sporobolomyces. (Deakand T, 1996)
- Productos de panadería: Ciertos agentes contaminantes están presentes en los preparados comerciales de levadura seca de panadería, las levaduras salvajes alcanzan hasta el 10 %. Los grupos de levaduras Basidiomycetes contaminantes pertenecen a las especies de Cry. albidus, Cry. laurentii y Rho. glutinis. La mayoría de las levaduras proceden del trigo y predominan en los meses cálidos. De forma general son un grupo minoritario.
- Productos lácteos: las levaduras poseen determinadas características particulares que les permiten crecer y contaminar en alimentos de origen lácteo, entre ellas la fermentación/asimilación de la lactosa, producción de enzimas proteolíticas extracelulares, por ejemplo: lipasas, asimilación de ácido láctico y cítrico, crecimiento a bajas temperaturas y halo tolerancia.

C. Envasado al vacío

Es el método más sencillo de modificar la atmósfera en el interior de un envase. Como ya se ha señalado supone únicamente la eliminación del aire y el sellado del envase pero en el caso de tejidos animales y vegetales, la baja permeabilidad de las

películas y la respiración tisular y microbiana determinan que al cabo de cierto tiempo el oxígeno residual sea sustituido por CO₂. En el caso de la carne existe lo que se conoce como envasado a vacío “segunda piel”. En éste, el material de envasado se retrae por efecto del calor adaptándose al contorno del producto. De esta forma se evitan las bolsas de aire y arrugas, incrementándose la vida útil y mejorando notablemente su presentación. (Paine 2009)

El sector cárnico fue el primero en aplicar esta tecnología. Así, se emplea para la venta al por mayor de grandes piezas (medias canales, cuartos, etc.) que luego se despiezan y se venden al por menor de forma tradicional o envasadas en AM. (Paine 2009)

D. Envasado en atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases, generalmente CO₂, O₂ y N₂. Como ya se ha señalado, además de los anteriores, se han investigado otros gases aunque su empleo a escala comercial es muy limitado. Existe también la posibilidad de que los productos envasados en películas flexibles permeables al oxígeno y listos para su venta al por menor se introduzcan en un envase secundario conteniendo CO₂.

Las ventajas del envasado de los alimentos en estas condiciones son:

- Significativo incremento de la vida útil
- Menores pérdidas de peso por evaporación
- Transporte y almacenamiento más higiénicos
- Eliminación del goteo y de los olores desagradables
- Mejor presentación y facilidad para examinar el producto
- Menos desechos y reducción de costes por mano de obra durante la venta
- Ventajas económicas por reducción de peso y espacio durante la distribución
- Ampliación de las áreas de distribución

Entre los inconvenientes podemos citar:

- Se necesita un equipamiento específico
- Costes superiores a los del producto sin envasar.
- Es necesario elegir convenientemente las mezclas de gases

- Es preciso evaluar su efecto sobre el crecimiento de algunas bacterias patógenas de transmisión alimentaria.

E. Generalidades de los gases

1. Efecto de la composición de la atmósfera sobre la durabilidad de los alimentos. Es evidente que la composición de la atmósfera es muy importante en relación con la vida útil o capacidad de conservación de los alimentos. De todas formas, su acción depende del grupo de alimentos y, dentro de cada grupo, de los diferentes productos:

En **frutas, verduras y hortalizas** las AM mantienen la calidad y alargan la vida útil porque: a) disminuyen la tasa de respiración y, por tanto, la velocidad de maduración, siendo importante en productos que maduran muy rápidamente una vez iniciado el proceso. Hay que recordar que a menor respiración se genera menos calor, b) la disminución de O₂ o el aumento de CO₂ detiene la síntesis de etileno y 3) se controla la multiplicación de mohos. (Brody, 1996)

En **cereales y leguminosas**, su principal efecto consiste en controlar el crecimiento fúngico.

En **carne y pescado**, el aumento de la vida útil es debido a la inhibición de las bacterias aerobias Gram-negativas, especialmente *Pseudomonas* que son sustituidas por bacterias acidolácticas (BAL). El primer grupo bacteriano se caracteriza por producir metabolitos "ofensivos" (amoníaco, aminas, SH₂, etc.) cuando alcanzan niveles de 10⁷-10⁸ ufc/g o cm² mientras que los metabolitos de las BAL son principalmente ácido láctico y otros compuestos que no se asocian con la alteración hasta que este grupo bacteriano no alcanza niveles $\geq 10^9$ ufc/g o cm². Además, las BAL se multiplican más lentamente a bajas temperaturas en condiciones reducidas de oxígeno. (Brody, 1996)

En **otros alimentos** como productos lácteos (quesos), productos de panadería, y productos cárnicos crudos curados, la durabilidad aumenta porque se inhibe el crecimiento fúngico. (Brody, 1996)

En el envasado en AM, los gases más empleados son CO₂, N₂, y O₂. El **efecto antimicrobiano del dióxido de carbono** se conoce desde hace tiempo, aplicándose a alimentos proteicos (inhibición de la flora alterante), a productos vegetales (control de mohos) y, a presiones elevadas (hiperbáricas), en las aguas minerales y bebidas refrescantes. Sin embargo, la causa última de inhibición no está del todo esclarecida pudiendo ser la asociación de varias acciones. Una de ellas, tiene que ver con la formación de H₂CO₃. El CO₂ de la atmósfera se disuelve en el agua para producir ácido carbónico que se disocia parcialmente para producir aniones bicarbonato y protones



La cantidad de CO₂ en disolución depende de la presión parcial del CO₂ en la fase gaseosa, de la temperatura y del pH. Así, al bajar la temperatura, aumenta la solubilidad. El ácido carbónico como otros ácidos orgánicos débiles, atraviesa la membrana plasmática y acidifica el interior de la célula. (Brody, 1996)

Se cree que otras acciones podrían ser:

- Producir alteraciones en la membrana celular que afectan desfavorablemente al transporte de solutos.
- Inhibir enzimas esenciales, especialmente a aquellos que intervienen en reacciones de carboxilación/descarboxilación en las que el dióxido de carbono es un reactivo.
- Reaccionar con los grupos amino de las proteínas modificando sus propiedades y su actividad.

2. Gases utilizados para Atmósferas Modificadas. El **Nitrógeno** es un gas inerte que tiene efecto anóxico sobre los microorganismos y retrasa el enranciamiento. Por otra parte, al ser poco soluble, se utiliza en algunos alimentos, como la carne fresca, también para evitar el colapso del envase asociado a la alta solubilidad del CO₂. (Brody, 1996)

El **O₂** se utiliza para el envasado de carne porque se mantiene el color de la misma (oximioglobina). (Brody, 1996)

El empleo del **monóxido de carbono (CO)** en algunos alimentos como la carne fresca es interesante (color), pero tiene limitaciones prácticas (toxicidad y mezclas potencialmente explosivas con el aire) y legales por lo que se usa poco. (Brody, 1996)

Los **gases nobles** (argón y helio) están siendo utilizados, en sustitución del nitrógeno, para el envasado de ciertos grupos de productos como “snacks a base de fritura”. (Faber, 1991)

Otros gases investigados para su utilización en atmósferas protectoras son: hidrógeno, óxido nitroso, dióxido de azufre, cloro y ozono. (Faber, 1991)

Es muy importante elegir convenientemente **el material de envasado** empleado. La función principal que desempeña el envase es preservar el ambiente gaseoso creado en su interior. Los materiales seleccionados para su fabricación deben presentar determinadas propiedades barrera al paso de los gases y la humedad. Además, es deseable que reúnan otras características desde el punto de vista técnico, comercial, legal y medioambiental. Los envases más empleados en el envasado en AM se fabrican con materiales poliméricos y se dividen en dos categorías: envases flexibles y envases rígidos. En esta segunda categoría los envases constan de dos componentes. El inferior, generalmente una bandeja o barqueta sobre la que se deposita el alimento, y una película flexible para cubrirlo. Además de los polímeros se pueden utilizar otros materiales en aplicaciones concretas como los metales para productos deshidratados (por ejemplo, para leche en polvo).

Es difícil que un único material polimérico posea todas las características deseables. Por este motivo, la mayoría de las películas se fabrican con **laminados** de dos o a cinco películas. Un ejemplo típico sería el de una película con tres laminados:

- Externo (resistente)
- Interno (con buena capacidad de sellado)
- Medio (barrera frente a los gases).

3. SISTEMAS TRADICIONALES DE ALMACENAMIENTO/ENVASADO EN CONDICIONES REDUCIDAS DE OXÍGENO. La modificación de la atmósfera que rodea a un alimento es una práctica frecuente, empleándose distintos términos:

- Envasado en atmósferas modificadas (MAP): se define como el envasado de un producto perecedero en una atmósfera que ha sido modificada de forma que su composición es distinta de la del aire. (Eilert, 2005)
- Envasado a vacío (VP): consiste en envasar un alimento en un sistema impermeable y eliminar el aire. En realidad es una variación del MAP porque durante el almacenamiento, la “respiración tisular o natural” del alimento y el crecimiento microbiano (p. ej., bacterias acidolácticas (BAL) heterofermentativas) generan CO₂ que puede alcanzar concentraciones de hasta el 20%. (Eilert, 2005)
- Envasado en atmósferas controladas (CAP): se considera que puede ser igual al MAP porque es muy difícil que, una vez que se envasa, se mantenga la atmósfera con la concentración inicial de gases. (Eilert, 2005)
- Almacenamiento en atmósferas modificadas (MAS): consiste en mantener los alimentos en una cámara con una atmósfera distinta de la del aire. (Eilert, 2005)
- Almacenamiento en atmósferas controladas (CAS): supone el mantenimiento de una atmósfera definida en una cámara de almacenamiento. (Eilert, 2005)

En resumen, las **atmósferas modificadas** se refieren al envasado en el cual se elimina el aire (vacío) o se elimina el aire y se sustituye con los gases deseados; mientras que **las atmósferas controladas** se refieren a una circunstancia por la que se mantiene una atmósfera determinada durante el almacenamiento.

F. Envasado activo y envasado inteligente

Los sistemas tradicionales de envasado al vacío y en atmósfera modificada tienen limitaciones y, por ello se han desarrollado y se están desarrollando nuevos sistemas conocidos como **envasado activo** y **envasado inteligente**. (Paine 2009)

El objetivo **del envasado activo** es incrementar la vida útil de los alimentos y mantener o potenciar sus propiedades organolépticas. Para ello se liberan sustancias beneficiosas (antimicrobianos, antioxidantes, aromas) y/o se eliminan compuestos

indeseables (oxígeno, etileno, olores) del producto envasado o de su entorno. Algunas de las ventajas que ofrecen los envases activos en sus diferentes manifestaciones son:

- Capacidad de respuesta del envase frente a los cambios que se producen.
- Realización de operaciones como calentamientos, enfriamientos, o fermentaciones, que se pueden ya realizar dentro del mismo envase.
- Reducción del empleo de aditivos o conservantes que pueden incorporarse en el mismo envase.
- Reducción de costes si se compara con el envasado en atmósfera modificada, ejerciendo un control de ésta en productos individuales.

Un **envase inteligente** controla las condiciones de conservación de los alimentos dando información sobre la condición del mismo durante el transporte y el almacenamiento. Se entiende por condición del alimento:

- Procesos fisiológicos (respiración de frutas y verduras frescas)
- Procesos químicos (oxidación de lípidos)
- Procesos físicos (endurecimiento de pan, deshidratación)
- Aspectos microbiológicos
- Infestación (insectos)

Los dispositivos de envasado inteligente registran y proporcionan información relativa al estado del envase y del producto, siendo los envases inteligentes más comunes los que cuentan con dispositivos indicadores de tiempo-temperatura, de crecimiento microbiano y de gases. Tanto el envasado activo como el envasado inteligente se emplean frecuentemente en países como Japón y Australia. Sin embargo, en Europa, su empleo es limitado probablemente debido a restricciones legislativas aunque el Reglamento (EC) nº 1935/2004 ya los contempla y, posiblemente, a la falta de conocimiento sobre la aceptación del consumidor, la eficacia de los sistemas y el impacto económico y medioambiental.

G. Sistemas activos

El principal objetivo del envasado activo es la mejora de la conservación del producto que contiene, extendiendo su vida útil pero manteniendo sus propiedades organolépticas, su calidad y la seguridad del mismo.

Los sistemas activos se clasifican en absorbentes y emisores. Los absorbentes eliminan sustancias no deseadas como oxígeno, exceso de humedad, etileno, olores, sabores, etc. Los emisores liberan sustancias de interés como antioxidantes, antimicrobianos y aromas.

Existen dos formas de aplicar el componente activo al envase:

- 1. Componente activo en el interior del envase.** El uso de pequeñas bolsas o sobres que contienen el principio activo constituyen el sistema más desarrollado y utilizado. Estas bolsitas están fabricadas con un material permeable que, por una parte, permite actuar al compuesto activo y, por otra, impide el contacto del mismo con el alimento. Tienen que ser resistentes a las roturas y estar convenientemente identificados para evitar que se ingiera su contenido. También se pueden utilizar etiquetas que se ubican en la parte interior del envase.
- 2. Componente activo incluido en el material del envase.** Como alternativa al uso de bolsas se están desarrollando materiales para envasado, películas sintéticas y comestibles, que contienen el principio activo en su estructura. Se basan en fenómenos deseables de migración ya que ceden al producto envasado las sustancias de interés.

Como ventajas de esta técnica cabe destacar que se consigue que toda la superficie del componente activo entre en contacto con el producto y que el consumidor no encuentre ningún elemento extraño.

H. Material de empaque

El empaque moderno se está caracterizando cada vez más por el amplio uso de materiales flexibles (bolsas plásticas y bandejas semirígidas) formados de polímeros plásticos. Los gases atraviesan las películas plásticas a diferente velocidad de acuerdo al tipo de polímero, justificando el hecho de que aquéllos con una baja permeabilidad gaseosa se les denominen materiales barrera. El concepto de barrera no es unívoco ya que existen términos comunes tales como barrera alta, mediana y baja.

No son muy numerosos los polímeros con propiedades de barrera, y los existentes son más bien caros y no reúnen todas las características deseadas para el empaque de alimentos. Por esa razón se están implementando estructuras multicapa de diferentes materiales acoplados en el mismo material (laminación y co-extrusión). Los materiales plásticos comunes y su permeabilidad al oxígeno.

La permeabilidad de una barrera está definida como el volumen de gas (cm³) que atraviesa la unidad de área de barrera (m²) en 24 horas en la unidad de presión (bar) a 20 °C (en unidades de cm³/m² 24h bar). La permeabilidad específica de una barrera está definida como su permeabilidad por unidad de grosor expresado éste en micrómetros (Qm).

Tabla 1 de Antecedentes. Permeabilidad de materiales de empaque (Stiles, 1991)

Material plástico	Permeabilidad al O₂ grosor 25 µm (cm³/ m² 24 h bar)
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	7000-8000
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	2800-3000
Polipropileno (PP)	2300-3700
Cloruro de Polivinilo Plastificado (PVC)	6000-9000
Poliestireno (PS)	3800-5400
Tereftalato de Poliestireno (PET)	45-90
Poliamida 6 (PA6)	20-40
Poliamida 11 (PA11)	500-1500
Cloruro de Polivinilideno (PVDC)	12-100
Copolímero Etileno Alc. Vinílico (VEOH)	1-2
Poliacrilonitrilo (PAN)	7-12

Como se puede observar en los datos de la tabla anterior, hay una amplia variabilidad de características de barrera en los materiales poliméricos de empaque actuales. Algunos materiales como la poliamida aromática se comportan como barreras reales.

Por otro lado, las relaciones de permeabilidad entre los tres principales gases componentes de atmósferas modificadas, son relativamente constantes, ya que dependen fundamentalmente del tamaño molecular.

En materiales plásticos, la permeabilidad del oxígeno es 4 a 5 veces más grande que la del nitrógeno y 5 a 6 veces más grande que la del dióxido de carbono. De esta forma, si se conoce el valor de permeabilidad de uno de los tres gases, se puede estimar la de los otros.

Es obvio que mientras menos permeable sea el empaque, mayor tiempo permanecerá inalterada la atmósfera introducida en él. Es necesario subrayar que la cantidad de gas que pasa a través de un empaque es inversamente proporcional a su grosor y directamente proporcional a su superficie. Así, con el objeto de optimizar el empaque para una aplicación de atmósfera modificada, no se debe olvidar considerar el grosor del material de empaque y la posibilidad de reducirla superficie necesaria para el intercambio gaseoso.

III. JUSTIFICACIÓN

La investigación se realiza teniendo en cuenta la importancia de procesar alimentos listos para su consumo que deben presentarse un buen aspecto externo abarcando la calidad y diseño del envase se refiere, y de alta calidad en el producto interno. Actualmente éste es un reto para las industrias puesto que les obliga a establecer un control estricto de todos los detalles del proceso productivo para conseguir que los alimentos lleguen al destino con una calidad óptima, adicionando los beneficios económicos y tecnológicos que aporta le aporta al crecimiento de la empresa.

La tecnología de Atmósfera Modificada es un beneficio para las industrias que operan mercados globales con cadena de suministros amplia ya que se reduce el número de entregas, aumentando la distribución geográfica. Esto mejora la flexibilidad en la planificación y racionaliza el flujo de trabajo desde la entrega de la materia prima hasta el transporte de los alimentos a los comercios o a los almacenes intermedios. El manejo de nuevas tecnologías de envasado garantiza que los productos tengan una buena conservación durante todo el tiempo, haciendo que la productividad se puede organizar regularmente y por consiguiente, las instalaciones y la mano de obra se mantengan en constante equilibrio. Todos estos factores aumentan la productividad y la eficiencia de la compañía.

El principal motivo de realizar este trabajo es la evolución tecnológica en una de las principales industria guatemaltecas que se dedican a la producción y distribución de comidas preparadas en donde productos con alta rotación y alta demanda se someten a la aplicación de vacío en el empaque del producto terminado para mantener sus características microbiológicas en niveles establecidos, sacrificando de esta manera algunas características organolépticas que se quieren mantener en el producto. Se decidió trabajar con arroz preparado con verduras debido a que es el producto de mayor rotación y con más deficiencias en cuanto a la calidad del producto. Se investigaron diferentes tecnologías de conservación de alimentos en las que se controlaran los factores microbiológicos y organolépticos sin afectar ninguno de los dos por lo que se decidió aplicar Atmósfera Modificada en el producto terminado por los beneficios adquiridos al remover el oxígeno presente en el ambiente con la utilización de gases presentes en el ambiente y que no provocan deterioro en alimentos.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

- Implementar el método de Atmósfera Modificada y compararlo con el método de envasado al vacío.

B. Específicos

- Determinar la concentración en volumen de cada gas para mejorar la calidad del producto.
- Comparar los cambios en las características fisicoquímicas del producto de empaque en Atmósfera Modificada versus vacío.
- Comparar el efecto en la calidad de arroz con verduras utilizando empaque en Atmósfera Modificada versus vacío
- Comparar vida útil del alimentos envasados en Atmósferas Modificadas versus empaque a vacío.
- Aplicar la tecnología de Atmósfera Modifica en otros productos de comidas preparadas y evaluar su comportamiento.

V. METODOLOGÍA

El arroz cocido con verduras posee alta demanda y alta rotación a nivel nacional en puntos de distribución de comida preparada, por este motivo se utilizaba un empaque de 70 % de vacío parcial para mantener las características microbiológicas del producto, sacrificando por este razón la calidad del mismo. Anteriormente el producto tenía un tiempo de vida de 15 días, almacenado a temperatura refrigerada por lo que se desea evaluar el comportamiento de ambos empaques durante 20 días y analizar el comportamiento de arroz en Atmósfera Modificada después de este tiempo hasta el día 30. A continuación se enumera los análisis y evaluaciones que se realizaron para el experimento.

A. Pruebas preliminares

Para determinar que la concentración de gases que se deseaba inyectar era la adecuada, se realizó pruebas de oxidación en alimentos. En este caso se utilizó rodajas de papa sin procesar, en la que el efecto oxidativo es perceptible con facilidad. Se realizó inspecciones visuales hasta que el producto presentó deterioro. Las pruebas se realizaron en concentraciones de 80% volumen de vacío y luego inyección de 70% de volumen de nitrógeno y la otra concentración evaluada es de 80% volumen de vacío y la inyección de 60% volumen de nitrógeno.

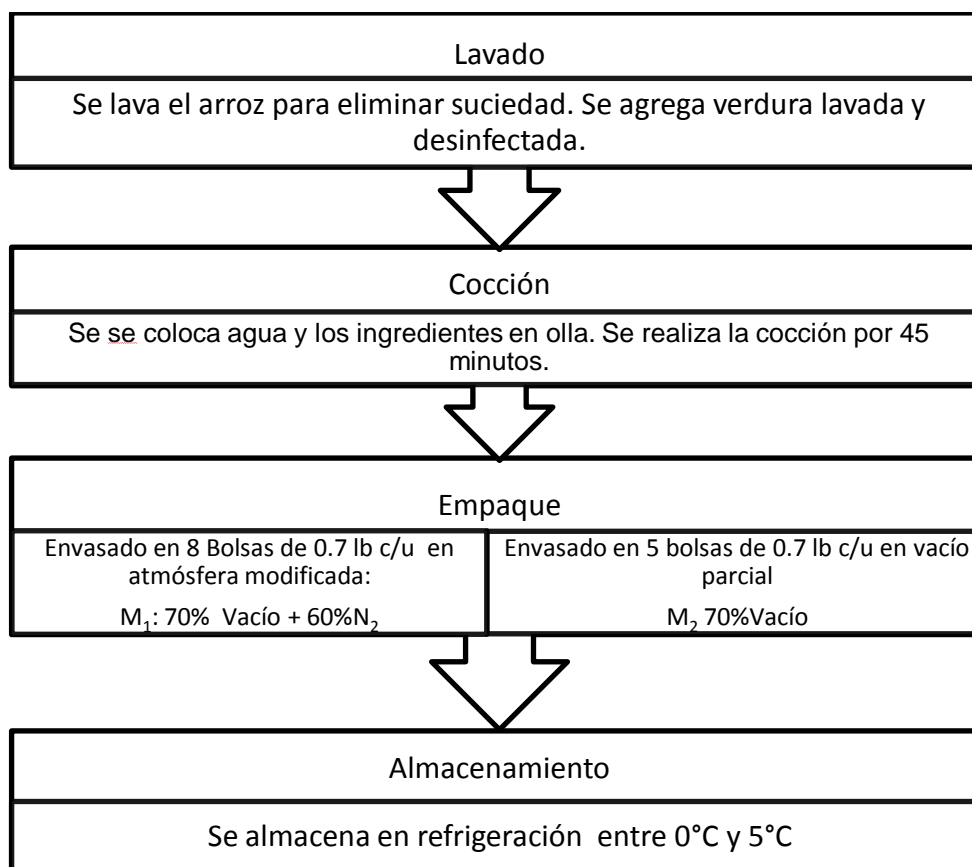
B. Diseño experimental

1. Preparación de la muestra. Para llevar a cabo el experimento se inicia con la preparación de arroz cocido con verduras, iniciando con el proceso de lavado de ingredientes, sigue un proceso de cocción y una etapa de enfriamiento antes de ser envasado. El envasado se realiza en 13 bolsas con 0.7 lb cada una.

- Se envasaron 8 bolsas en condiciones atmosféricas internas de 70% vacío y 60% nitrógeno.
- Se envasaron 5 bolsas en condiciones atmosféricas de vacío parcial de 70%.

Luego de la etapa de envasado se almacena en refrigeración el producto en un rango de 0°C a 5°C. El proceso se puede observar a continuación (Esquema 1)

Esquema 1 Diagrama de proceso de elaboración de arroz cocido con verduras



2. Análisis fisicoquímicos

- Determinación de humedad

La determinación de actividad de agua se realiza en balanza de humedad Modelo MAC-50/NH y los análisis se realizan con el fin de determinar el efecto que causa la atmósfera el envasado al vacío y envase en atmósferas modificadas. Se tomó 5g de muestra homogenizada. Se realizó el análisis de humedad cada 5 días por 25 días (0, 5, 10, 15, 20, 25).

- Determinación de pH

El cambio del pH durante el almacenamiento del producto se ha medido con un medidor de pH Marca **pHTestr 30** previamente calibrado con soluciones

de calibración de pH 4 y pH 7. Para medir el pH la muestra se trituró hasta obtener una pasta, se realizó cada 5 días por 25 días.

3. Análisis microbiológicos. Se ha utilizado el método de Petrifilm marca 3M para todos los análisis microbiológicos, utilizando 10g de muestra y como diluyente 90 ml de Agua Peptonada. La incubación se realizó en Incubadora Marca BARNSTEAD Lab/Lade Modelo 100.

- Recuento aerobio total

Se ha utilizado dilución 1 para los días 0 y 5; dilución 1:10 para los días 10, 15 y 20; dilución 1:20 para el día 25. Se incuba por 48 horas a 35°C y se ha realizado el recuento de las colonias formadas en las placas.

- Coliformes totales y E. Coli

Se ha utilizado dilución 1 para los días 0 y 5; dilución 1:10 para los días 10, 15 y 20; dilución 1:20 para el día 25. Se incuba por 24 horas a 35°C para determinación de coliformes total y 48 horas a 35°C para determinación de E. Coli.

- Mohos y levaduras

Se ha utilizado dilución 1 para los días 0, 5, 10, 15, 20 y una dilución de 1:20 para la muestra del día 25. Se incuba por 5 días a 25°C.

4. Análisis sensorial. Se ha realizado un grupo focal, ya que se desea la caracterización y descripción del producto, en donde se hará énfasis en apariencia, olor, sabor y textura. De esta forma se determinaron los atributos más importantes del arroz en cada tipo de empaque.

La prueba se realizó con 15 panelistas, se utilizó 5 lb de arroz envasado en atmósfera modificada y 5 lb de arroz envasado al vacío. El grupo focal se llevó a cabo utilizando preguntas abiertas que fueron realizadas por el moderador.

El panelista utilizó el sentido de la vista, olfato y gusto en las muestras e indicó las características que percibe en el producto, además de indicar su agrado o rechazo hacia el mismo, según la guía de la discusión.

5. Análisis estadístico. Pruebas físicas y químicas: Se analizaran por medio del paquete estadístico Excel de Office XP. Diagrama de barras que permita visualizar el comportamiento general de los datos originales.

6. Otras aplicaciones. El objetivo principal era mejorar la calidad de arroz cocido con verduras, el cual es de alta demanda pero con características sensoriales que debían mejorar. Debido a los resultados que se evaluaron y a los beneficios de calidad sensorial y microbiana que se obtienen al utilizar tecnologías de empaque se observó el comportamiento de las características en otros productos de comidas preparadas de alta demanda con análisis microbiológicos y análisis sensoriales.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar con el proceso de evaluación resultados del experimento fue necesario realizar evaluaciones preliminares de la efectividad y presencia del gas inerte dentro del empaque, Es por esto que la los resultados se divide en dos partes, la primera hace énfasis en las características del gas y el comportamiento de un producto con alta oxidación. La segunda parte es la evaluación de los objetivos del trabajo, comparar en envasado en vacío y envasado en atmósfera modificada.

A. Pruebas preliminares

Debido a que la tecnología de Atmósfera Modificada no se había utilizado anteriormente en una industria guatemalteca procesadora y distribuidora de comidas preparadas, era necesario realizar evaluaciones preliminares para determinar la concentración de actividad del gas.

Se revisó literatura para evaluar las posibles concentraciones que se adaptaban según las características de producto al que se deseaba aplicar la tecnología. Al realizar comparaciones con la literatura se determinó factores que afectaban directamente su aplicación en la industria.

El primer factor que se determinó es el equipo que está utilizando, ya que todos los equipos operan de forma diferente y a condiciones específicas. La máquina de envasar Sipromac, Modelo 620A que se utilizó tenía las siguientes especificaciones de manejo: La diferencia mínima de los porcentajes de volumen de vacío y nitrógeno en gas debía ser de 10%.

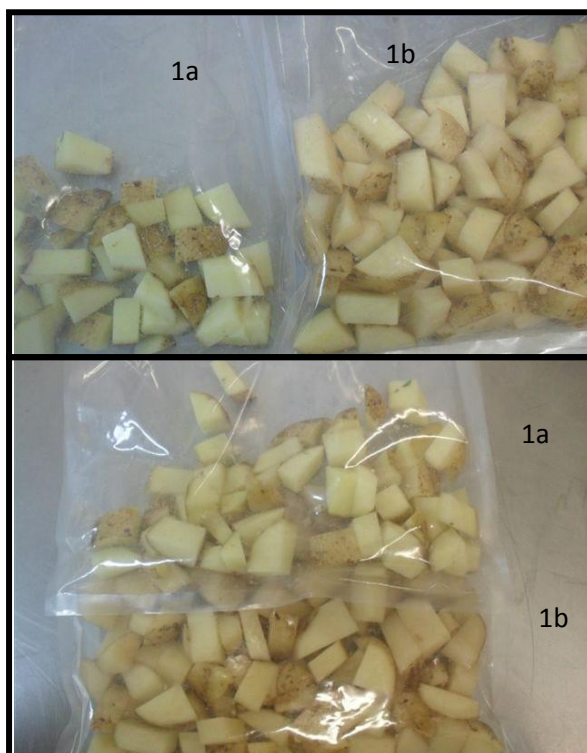
El segundo factor que se evalúa es la causa del deterioro del producto en base a la composición del mismo, para el arroz cocido con verduras se determinó la composición el cual tiene como ingredientes verduras, arroz, grasa y condimentos. La principal causa de deterioro de producto es mohos y levaduras y posiblemente deterioro de rancidez.

El último factor que se evaluó es objetivo de la aplicación de la tecnología, aquí se tomó en cuenta que en el producto se desea mantener la frescura de los vegetales y la soltura del arroz.

Para evaluar los últimos dos factores que se mencionaron se utilizó papas crudas que al encontrarse en presencia de oxígeno su deterioro se acelere por pardeamiento enzimático y de esta forma fue posible evaluar si el contenido dentro de la bolsa de polietileno es nitrógeno y si el desplazamiento del oxígeno fue eficiente ya que esa es la función principal de la inyección de nitrógeno.

Se realizó la prueba de papa en cuadros en donde se comparó las características físicas de una bolsa de papa solamente sellado y una bolsa de papa empacada con la atmósfera modificada a una concentración tomada por recomendación de proveedor de gas de la empresa "Productos del Aire" de 80% vacío y 60% nitrógeno y posterior el sellado.

Ilustración No. 1 Comparación de (1a) papa envasada en atmósfera 80% vacío y 60% N₂ contra (1b) papa en bolsa sellada. Ambas evaluadas 15 minutos después del corte y envasado



En la Ilustración No.1 se comparan las dos muestras de papa cortada en cuadros de las cuales en la 1a se observa la frescura que se mantiene en la papa después de 15 minutos mientras que en la Ilustración 1b que selló sin remover el oxígeno interno y ya es perceptible un leve oscurecimiento.

Ilustración No. 2 Comparación de empaque (2a) papa en cuadros envasada en Atmósfera Modificada 80% vacío y 70% N₂ contra (2b) papa en bolsa sellada en el día 11.

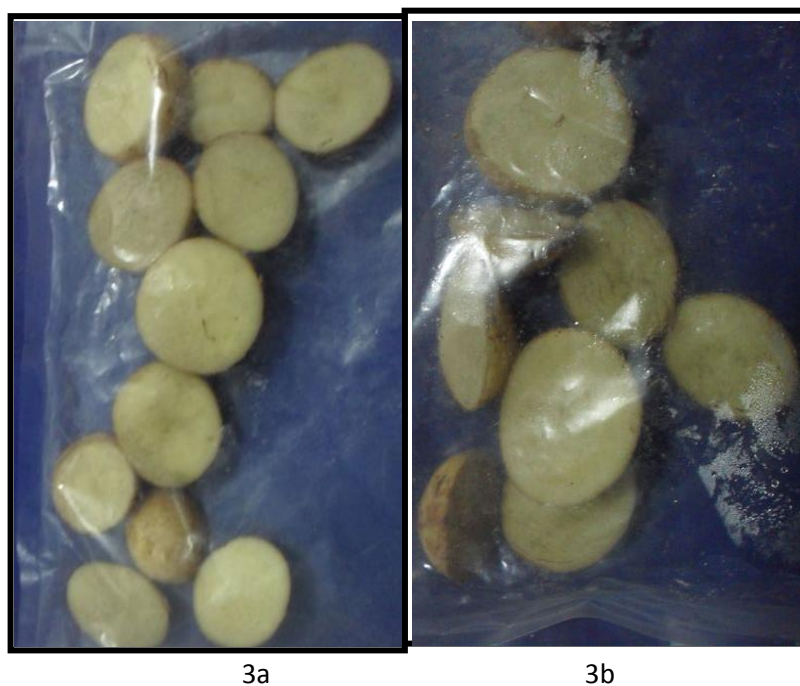


En la Ilustración No. 2 se observa el comportamiento de la papa en trozos 11 días después de la fecha en la que se realizó la prueba de la tecnología de atmósfera modificada. Como se observa en la Ilustración No. 2a con nitrógenos aún mantiene la frescura de la papa en cuadros mientras que en la muestra que se selló sin remover oxígeno ya presenta un estado avanzado de deterioro. En esta etapa se demuestra que la inyección de gas es eficiente y es efectiva su acción para mantener la frescura de verduras.

Después de confirmar la presencia de nitrógeno en el ambiente del producto, se realizó otra prueba con papa cruda en rodaja para comparar el comportamiento del producto en diferentes concentraciones, se continuó trabajando con papa para que el avance de ambas concentraciones fuera perceptible. Según el proveedor de servicios de gases la concentración que usualmente se utiliza en alimentos que no contienen

carne es de 80% vacío y 60% nitrógeno. Se estableció evaluar dos posibles concentraciones en las que se podía aplicar el gas, la primera es 70% vacío y 60% N_2 y la segunda es 80% vacío y 60% N_2 .

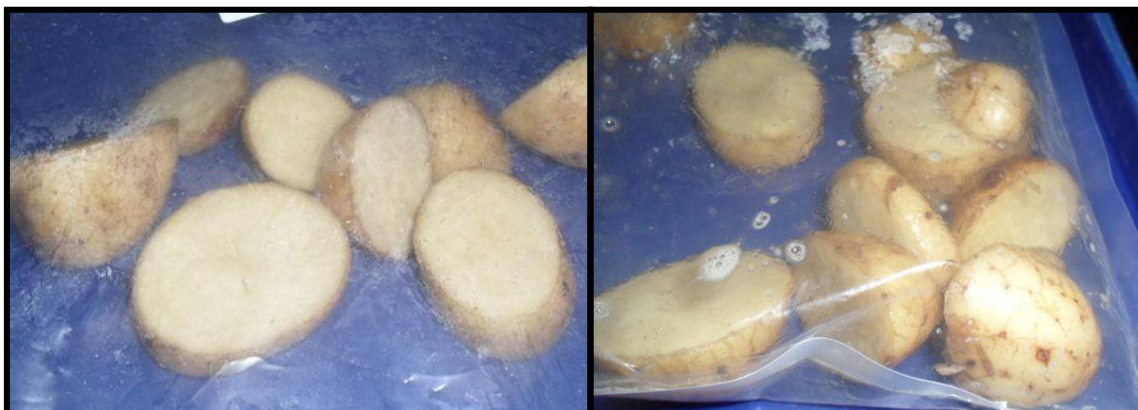
Ilustración No. 3 Concentraciones de gases 4 días después de corte y empaque (3a) papa en rodajas envasada en 70% vacío y 60% N_2 y (3b) papa en rodajas en 80% vacío y 60% N_2



En la Ilustración No. 3 es posible comparar después de 4 días las características de las muestras. En la Ilustración 3a se observa las características de la muestra de papa en condiciones de 70% vacío y 60% nitrógeno se observó levemente oscuro posiblemente ocasionado por el aumento en el área superficial, se evaluó que el ambiente interno del producto se encontraba seco. En la Ilustración No. 3b se observa las características de papa en condiciones de 80% vacío y 70% N_2 , aquí se observó humedad en el ambiente interno del empaque.

En la Ilustración No. 4 se observa que ambas muestras mantiene la frescura de la papa pero en la Ilustración No. 4b en donde la papa se somete a concentración de 80% vacío y 70% N_2 se puede observar que el ambiente interno del envase presenta alto contenido de humedad.

Ilustración No. 4 Concentraciones de gases 17 días después de corte y empaque (4a) papa en rodajas envasada en 70% vacío y 60% N₂ y (4b) papa en rodajas en 80% vacío y 60% N₂



4a

4b

Con los resultados obtenidos anteriormente se definió que el experimento se llevaría a cabo en concentraciones de 70% vacío y 60% N₂ la cual presentó mejores resultados en la evaluación de papa cruda.

B. Diseño experimental

1. Preparación de la muestra. Siguiendo el diagrama de flujo presentado en el Esquema 1 se observa el método de elaboración del experimento. El proceso se inicia con una etapa de lavado del arroz, lavado y desinfección para las verduras con el objetivo de eliminar suciedad y evitar la contaminación del producto. Después de la limpieza se continúa con la etapa de cocción en donde se incorporan los ingredientes y se procesa aproximadamente durante 45 minutos hasta que se obtiene el producto terminado. Posterior a la cocción se procede a una etapa de enfriamiento a temperatura aproximada de 30°C, es importante esta etapa ya que en el caso de gases la efectividad decrece al aumentar la temperatura, en el caso de envase al vacío se requiere el enfriamiento ya que por la generación de vapor del producto el equipo no realiza el sello de la bolsa. Las muestras por analizar fueron tomadas del mismo lote realizado se extrajo las muestras de 0.7lb, se envasaron 8 bolsas en condiciones de Atmósfera Modificada de 70% vacío y 60% nitrógeno, así mismo se envasaron 5 bolsas en condiciones de vacío parcial de 70% que es la condición que se utilizaba anteriormente. Se finaliza el proceso en la etapa de almacenamiento a temperaturas de refrigeración de 0°C a 5°C.

Ilustración No. 5 Muestras de producto terminado para análisis de (5a) arroz empacado a 70% vacío y (5b) arroz empacado en Atmósfera Modificada 70% vacío y 60% volumen inyectado de nitrógeno



El objetivo del trabajo realizado consiste en implementar el método de Atmósfera Modificada para mejorar la calidad y presentación de arroz cocido con verduras y compararlo con el método utilizado de envasado al vacío. Para determinar las ventajas y desventajas sobre las características del producto con la aplicación de la Atmósfera Modificada se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para determinar si la aplicación de atmósfera modificaba.

Los análisis se realizaron durante 20 días para el producto envasado al vacío mientras que el producto envasado en atmósfera modificada se analizó durante 25 días debido a la presencia de moho físico en el producto envasado en la primera condición. En el análisis fisicoquímico realizaron análisis de cambios de pH y la variación de humedad en el tiempo. Los análisis microbiológicos evaluados fueron recuento de Aeróbicos, recuento de coliformes y E. Coli y la presencia de mohos y levaduras. Realizando la evaluación durante 25 días. Por último se realizó un grupo focal para determinar las principales características percibidas por el consumidor tomando en cuenta aspectos de apariencia, olor y sabor.

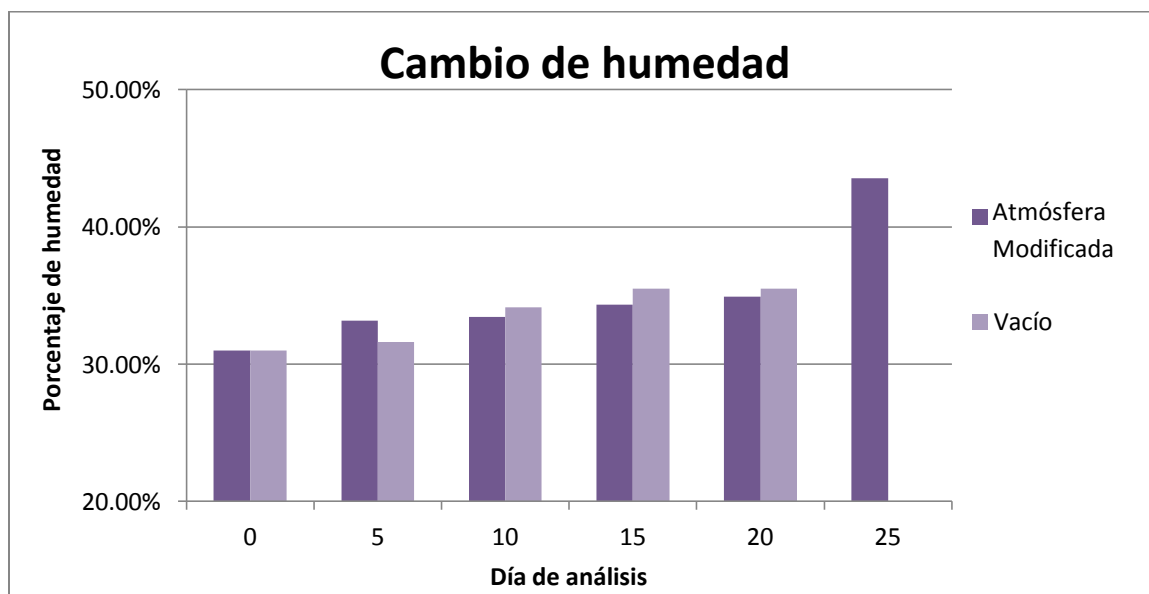
2. Análisis fisicoquímicos

a. Determinación de humedad. Se evaluaron los factores de pH y humedad ya que son los indicadores más utilizados para determinar el tipo de deterioro del alimento ya que promueven las condiciones para el crecimiento microbiológico.

Tabla de resultados No. 1 cambio de humedad en almacenamiento Atmósfera Modificada vs. vacío

Día	Porcentaje de humedad Atmósfera Modificada	Porcentaje de humedad empaque vacío
0	31.00%	
5	33.15%	31.63%
10	33.45%	34.14%
15	34.35%	35.51%
20	34.93%	35.51%
25	43.54%	

Gráfica No. 1 Cambio de humedad a lo largo del almacenamiento del arroz cocido con verduras en temperatura de refrigeración



En la Gráfica No. 1 se observa el cambio de humedad del producto con respecto al tiempo, como se observa la diferencia no es significativa entre las dos atmósferas

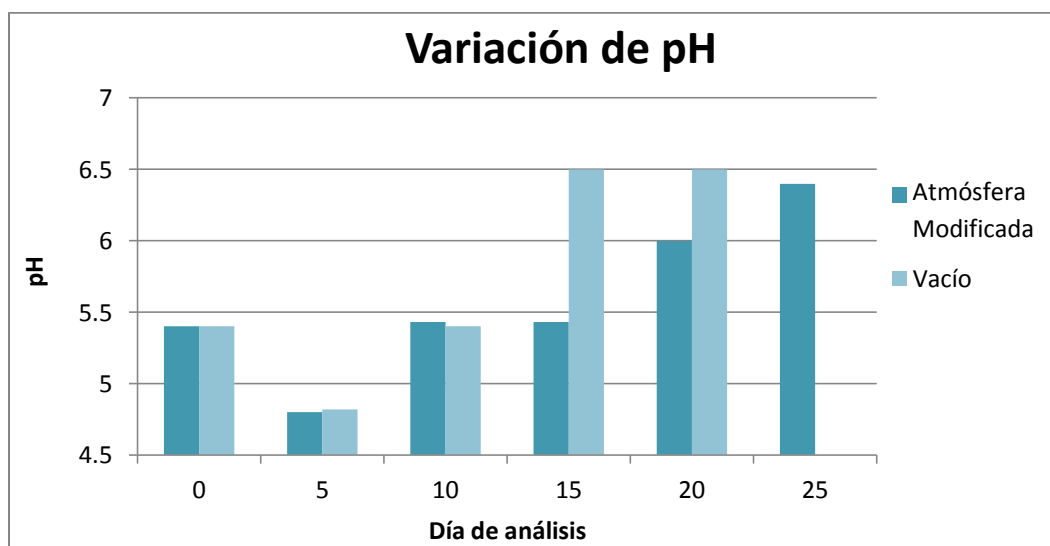
utilizadas, aun así se la atmósfera de vacío parcial de 70% es en la que el producto mantiene mayor humedad. El día 25 el producto envasado en atmósfera muestra una humedad de 43.54% la cual es bastante alta para promover el deterioro microbiológico del alimento. Más adelante se evaluará este factor respecto a análisis microbiológico. Esta variación no es significativa ya que la diferencia entre el valor máximo y mínimo de ambas condiciones al día 15 es de un 4%. La variación de humedad se ve afectada con el tiempo de vida el producto, provocada por la humedad del mismo y con el paso del tiempo y la actividad bacteriana se aumenta.

b. Determinación de pH

Tabla de resultados No. 2 variación de pH en almacenamiento Atmósfera Modificada vs. vacío

Día	Atmósfera Modificada	Vacío
0	5.01	
5	5.4	4.82
10	5.43	5.4
15	5.43	6.5
20	6	6.5
25	6.4	

Gráfica No. 2 Cambio de pH a lo largo del almacenamiento de arroz cocido con verduras en temperatura de refrigeración



Como se ve en la Gráfica 2 tanto en el empaque con Atmósfera Modifica como en envase en vacío parcial del 70% el pH esta cerca de la neutralidad e inicialmente tiende a descender ligeramente coincidiendo con el periodo de adaptación que se muestra en los ensayos microbiológicos. A partir de la segunda semana aumenta hasta llegar a la neutralidad entre la 4 y 5 semana. Estos cambios del pH no se pueden considerar como variaciones significativas ya que la diferencia entre el valor máximo y mínimo solo implica una variación de 0.3 unidades similar en ambos tipos de atmósfera ensayados.

3. Análisis microbiológicos. Como se mencionó en el diseño experimental se realizó análisis microbiológico utilizado Petrifilm marca 3M para todos los análisis microbiológicos, utilizando 10g de muestra y como diluyente 90 ml de agua peptonada. Se realizó dilución correspondiente según el día a evaluar desde la fecha de producción. La incubación se realizó en incubadora marca BARNSTEAD Lab/Lade Modelo 100.

- Recuento aerobio total. Para realizar la dilución de las muestras se evalúa el tiempo que ha transcurrido desde su fecha de producción. En recuento microbiológico aerobio total se ha utilizado dilución 1 para los días 0 y 5 debido al recuento bajo; dilución 1:10 para los días 10, 15 y 20; dilución 1:20 para el día 25. Se incuba por 48 horas a 35°C durante y se ha realizado el recuento de las colonias formadas en las placas.
- Coliformes totales y E. Coli. Para el análisis de coliformes totales y E. Coli se ha utilizado dilución 1 para los días 0 y 5; dilución 1:10 para los días 10, 15 y 20; dilución 1:20 para el día 25. Se incuba por 24 horas a 35°C para determinación de coliformes total y 48 horas a 35°C para determinación de E. Coli.
- Mohos y levaduras. Se ha utilizado dilución 1 para los días 0, 5, 10, 15, 20 y una dilución de 1:20 para la muestra del día 25. Se incuba realiza la incubación a temperatura ambiente logrando obtener el recuento de levaduras el día 3 y se determina la presencia de mohos el 5 de incubación a temperatura 25°C.

Para establecer los límites máximos recomendados en el arroz cocido con verduras se utilizaron los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano para comidas preparadas con tratamiento térmico y manipulación posterior.

Especificación de recuento microbiológico según RTCA

Parámetros	Especificación
Aerobio total	< 250,000 UFC/g
Coliformes totales	<1,000 UFC/g
Coliformes fecales	<10 UFC/g
E. Coli	<3 UFC/g
Mohos y levaduras	<10 UFC/g

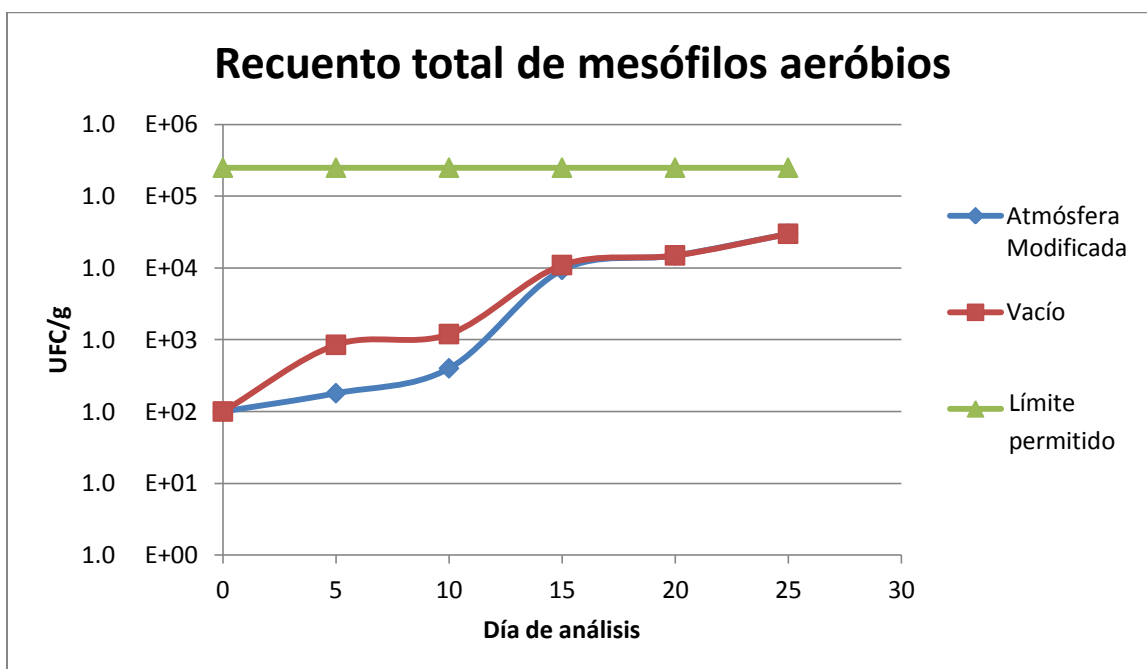
* Información extraída REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 67.04.50:08 ALIMENTOS. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA LA INOCUIDAD DE ALIMENTOS.

En el experimento los análisis microbiológicos obtenidos durante el almacenamiento del producto a temperatura de refrigeración son los siguientes:

Tabla de resultados No. 3 Recuento microbiológico aerobio durante almacenamiento

Día	Recuento aerobio total (UFC/g)		Recuento coliforme total (UFC/g)		Levaduras (UFC/g)		Mohos (UFC/g)	
	Atmósfera Modificada	Vacío	Atmósfera Modificada	Vacío	Atmósfera Modificada	Vacío	Atmósfera Modificada	Vacío
0	1.0 E+02	1.0 E+02	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01
5	1.80 E+02	8.5 E+02	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01
10	4.00 E+02	1.02 E+03	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01
15	9.40 E+03	1.10 E+04	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	5.00 E+02	< 1.0 E+01	1.5 E+04
20	1.50 E+04	1.50 E+04	< 1.0 E+01	< 1.0 E+01	3.10 E+02	1.70 E+04	< 1.0 E+01	
25	3.00 E+04	3.00 E+04	< 1.0 E+01		2.00 E+02		< 1.0 E+01	

Gráfica No. 3 Recuento total aerobio durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en Atmósfera Modificada y vacío parcial

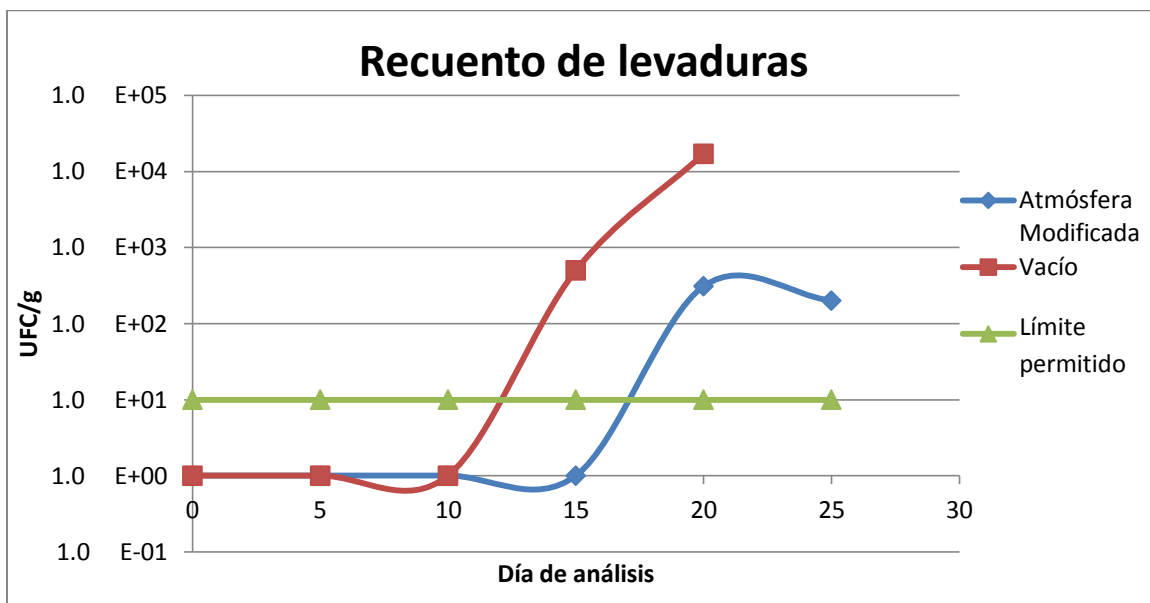


En la Gráfica No. 3 es posible observar las colonias de aerobios mesófilos al realizar el conteo unidades formadores de colonias por gramo de producto (UFC/g) se denota que el arroz cocido con verduras empacado en Atmósfera Modificada tienen una fase de crecimiento retardado que el arroz empacado en vacío parcial de 70%. Eso puede ser el resultado de la diferencia entre composición del empaque con presencia de nitrógeno ya que dentro de sus características puede llegar a inhibir el crecimiento de bacteria aerobia.

Como se observa en la Tabla de resultados No. 3 los parámetros de coliformes totales se encuentran menor a $< 1.0 \text{ E}+01$ UFC/g por lo que se resalta que las Buenas Prácticas de Higiene durante el procesamiento se cumplieron.

Se puede relacionar el porcentaje de agua obtenido en la determinación de humedad y se observa que es superior al 20% por lo que estas condiciones favorece el desarrollo de mohos y levaduras que desencadenan el proceso de fermentación.

Gráfica No. 4 Recuento de levaduras durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en Atmósfera Modificada y vacío parcial



Gráfica No. 5 Recuento de mohos durante almacenamiento de arroz cocido con verduras en atmósfera modificada y vacío parcial



Tal como indica Subramaniam (1993), la vida útil de los alimentos precocinados está limitada por dos factores: el crecimiento microbiano y la sensibilidad del producto al oxígeno. En el caso de arroz preparado el principal factor de deterioro es el crecimiento de mohos y levaduras por lo tanto, es importante tener en cuenta que al momento de

empacar comidas preparadas debe eliminarse el oxígeno y que debe estar presente un agente fungistático o bacteriostático. Para satisfacer estas exigencias, los productos cocinados tienen mayores ventajas con mezclas de gases que contienen nitrógeno y dióxido de carbono. El dióxido de carbono actúa para suprimir el crecimiento microbiano y el nitrógeno se utiliza como gas de relleno cuando se elimina el oxígeno del empaque.

4. Análisis sensorial. Se realizó un grupo focal, ya que se deseaba la caracterización y descripción del producto, en donde se hizo énfasis en apariencia, olor, sabor y textura. De esta forma se determinaron los atributos más importantes del arroz en cada tipo de empaque.

La prueba se llevó a cabo con 15 panelistas, 8 sexo femenino y 7 sexo masculino, se hizo en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala. Para realizar la evaluación sensorial se utilizaron 5 lb de arroz envasado en Atmósfera Modificada y 5 lb de arroz envasado al vacío, ambos procesados bajo las mismas condiciones. El grupo focal se llevó a cabo utilizando preguntas abiertas que fueron realizadas por el moderador.

Ilustración No. 6 Presentación arroz de 5lb utilizado para evaluación sensorial. (6a) arroz envasado al vacío y (6b) arroz envasado en Atmósfera Modificada



Los panelistas utilizó el sentido de la vista, olfato y gusto en las muestras e indicaron las características que percibe en el producto, además de indicar su agrado o desagrado hacia el mismo, según la guía de la discusión que se muestra a continuación.

1. Presentación del producto

Apariencia de producto empacado:

- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto al vacío?
- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto en Atmósfera Modificada?
- ¿Cuál le agrada más?

Color del producto:

- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto al vacío?
- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto en Atmósfera Modificada?
- ¿Cuál le agrada más?

2. Prueba de producto

Olor del producto:

- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto al vacío?
- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto en Atmósfera Modificada?
- ¿Cuál le agrada más?

Sabor del producto:

- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto al vacío?
- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto en Atmósfera Modificada?
- ¿Cuál le agrada más?

3. Integridad de vegetales:

- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto al vacío?
- ¿Qué descriptores utilizarían para el producto en Atmósfera Modificada?
- ¿Cuál le agrada más?

a. Apariencia producto empacado: los panelistas evaluaron la presentación del producto en donde los principales descriptores que sobresalieron:

Tabla de resultados No. 4 descriptores obtenidos en la presentación del producto empacado

Empaque al vacío	Empaque en Atmósfera Modificada
Apelmazamiento del producto	Muestra soltura en el producto
Se muestra cambio tonalidad en el arroz pálida de amarillo	El color amarillo realza la frescura
Aparenta ser arroz “masudo”	Aparenta ser arroz realizado en el momento
Más agradable arroz envasado en Atmósfera Modificada	

Ilustración No. 7 Presentación del producto en su empaque original de (7a) arroz cocido con verduras envasado al vacío y (7b) arroz cocido con verduras envasado en Atmósfera Modificada.

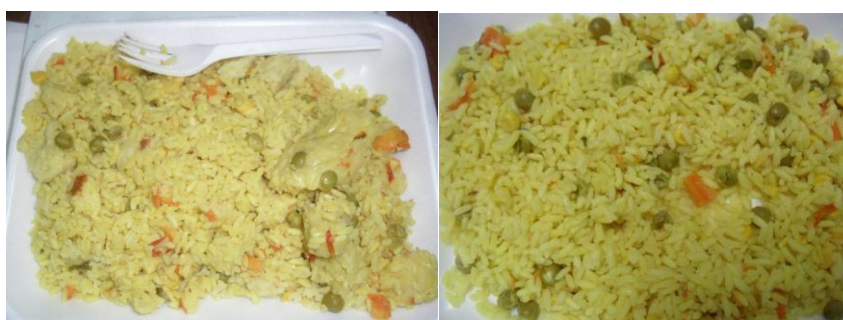


7a

7b

b. Evaluación de producto: los panelistas evaluaron le olor y sabor del producto en donde los principales descriptores que sobresalieron:

Ilustración No. 8 Presentación del producto para la degustación de (8a) arroz envasado al vacío y (8b) arroz envasado en Atmósfera Modificada



8a

8b

Tabla de resultados No. 5 Descriptores sensoriales del producto evaluado en el panel sensorial.

Evaluación	Empaque al Vacío	Empaque en Atmósfera Modificada
Olor	Se siente olor a fermentado	Se siento olor a arroz fresco
	Se percibe el inicio de descomposición	Se resalta olor a especias y vegetales.
	No es apetitoso	Apetecible
Sabor	Levemente agradable	Agradable
	Se percibe como un exceso de cocción	Los vegetales mandienene su sabor característico
	Levemente ligoso	La soltura permite percibir la combinación de sabores
Muestra más agradable en Atmósfera Modificada		

c. Apariencia de vegetales : los panelistas evaluaron la apariencia e integridad de los vegetales contenidos en el producto terminado principales descriptores que sobresalieron:

Ilustración No. 9 Integridad de vegetales evaluados en grupo focal de maíz (9a), arveja (9d) de arroz envasado en Atmósfera Modificada y maíz (9b), arveja (9c) de arroz envasado en vacío



Tabla de resultados No. 6 Descriptores de apariencia de vegetales utilizados en arroz cocido.

Evaluación	Empaque en Atmósfera Modificada	Empaque al vacío
Integridad de vegetales	Ambos vegetales se conservan completos y frescos	Ambos vegetales se observa dañado por exceso de cocción
	Ambos mantienen su estructura original	Se percibe la deshidratación en ambos vegetales
	Ambos mantienen su sabor característico, a pesar del proceso de cocción	No se percibe ningún sabor en los vegetales
Muestra con mayor integridad y mejor sabor en Atmósfera Modificada		

Como se observa en evaluaciones realizadas en el grupo focal los panelistas tienen mayor aceptación por el producto envasado en Atmósfera Modificada. Por lo que sí es perceptible por el consumidor las ventajas proporcionadas al aplicar la tecnología.

5. Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza con 95% de confianza en donde se observa que en los resultados obtenidos en los análisis no es significativo debido a que la F crítico es mayor a F -STAT. A pesar que no hay diferencia significativa es importante tomar en cuenta la evaluación sensorial en donde los panelistas prefieren

en todos los aspectos evaluados el arroz cocido con verduras envasado en Atmósfera Modificada.

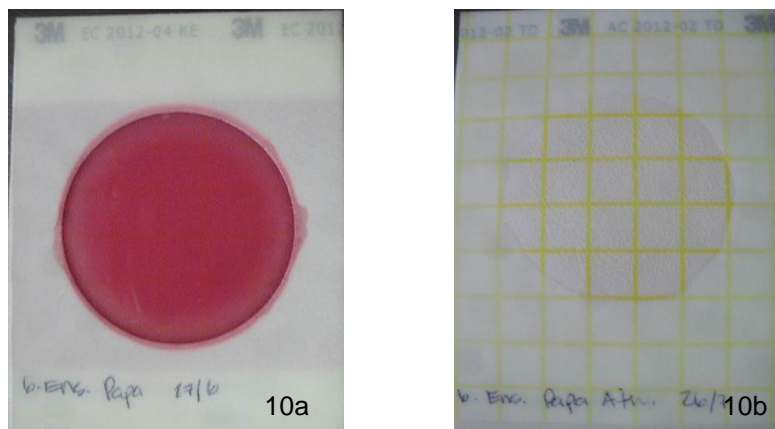
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Recuento aerobio total	0.002	0.963	4.965
Recuento coliforme total	0.053	0.823	5.117
Recuento levaduras	1.060	0.328	4.965
Recuento de mohos	1.600	0.242	5.318
Variación humedad	0.685	0.429	5.117
Variación pH	0.556	0.475	5.117

6. Otras aplicaciones. El objetivo principal se relacionaba con mejorar la calidad de arroz cocido con verduras, el cual es de alta demanda pero con características sensoriales que debían mejorar. Debido a los resultados que se evaluaron y a los beneficios de calidad sensorial y microbiana que se obtienen al utilizar tecnologías de empaque se observó el comportamiento de las características en otros productos de comidas preparadas de alta demanda, la evaluación de las ventajas se realizó microbiológicamente y sensorial.

Para las evaluaciones adicionales los productos elegidos fueron: ensalada de papa con aderezo de mayonesa y rellenitos.

En el primer producto evaluado se determinó el comportamiento de ensalada de papa con aderezo de mayonesa, producto envasado a 75% de vacío y tiempo de vida determinado de 15 días en almacenamiento refrigerado. El principal motivo de su caducidad se debe el decrecimiento de su aceptabilidad sensorial percibido por los panelistas en la evaluación sensorial. Al realizar el envasado al vacío la humedad del producto aumenta debido a que la presión ejercida por el empaque sobre los vegetales es alta lo que provoca una sinéresis en el alimento, es decir la salida de agua que contiene el vegetal hacia el ambiente del empaque por lo que el sabor de la ensalada se ve afectado dando una sensación de mayonesa diluida.

Ilustración No. 10 Resultados microbiológicos de (10a) coliforme total y E. Coli y (10b) recuento aerobio total en ensalada de papa envasada en Atmósfera Modificada. Producción 30/06/11. Evaluación 26/07/11, día 26.



Como se observa en la Ilustración No. 5, los resultados obtenidos son microbiológicamente aceptables para recuento de coliformes y E. Coli en la Figura 5a y para recuento aerobio total en la Figura No. 5b. Se realizó dilución 1:10 y ambos análisis dieron resultado $<1.00E+02$ UFC/g el día 26 desde su fecha de producción.

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 5 personas quienes se encuentran involucradas en el proceso de producción, control de calidad, comercialización y venta del producto terminado. Las características mencionadas en la percepción del producto fueron las siguientes:

- Mantiene un sabor intenso y equilibrado de todos los ingredientes.
- Papa y demás vegetales conservan su frescura.
- La mayonesa no se ve lavada.
- Características de producto dan la impresión que es un producto realizado en el momento.

El segundo producto utilizado para la evaluación trataba de un postre típico guatemalteco de alta rotación al igual que el producto anterior. El producto manejado con 15 días de vida en empaque de 30% de vacío, este porcentaje de volumen de aire extraído es aplicado al empaque para evitar el daño provocado por la presión de vacío que se aplica. Este producto es elaborado a partir de una pasta a base de plátano cocido, relleno de frijol endulzado y se somete a fritura, la textura es blanda por lo que al prolongar la vida aplicando mayor porcentaje de vacío el producto se ve dañado físicamente y ocurre una exudación del aceite adquirido en la etapa de fritura.

Se realizó la aplicación de Atmósfera Modificada en porcentaje en volumen de 75% Vacío y 60% inyección de nitrógeno el cual le proporcionó mayor soltura e integridad del producto.

Ilustración No. 11 Comparación de (11a) relleno empacado 30% de vacío y (11b) relleno empacado a 70% vacío y 60% inyección de nitrógeno. Día 15 desde su fecha de producción



En la Ilustración No. 11 se observa la comparación entre rellenos empacados en vacío parcial de 30% (Ilustración No. 11a) y relleno empacado en Atmósfera Modificada de 75% vacío y 60% volumen de Nitrógeno (Ilustración No. 11b) como se puede observar la diferencia del producto entre ambos métodos es significativa. En la primera se señala el aceite liberado por el producto a causa de la presión ejercida por el vacío aplicado. En la segunda se observa la integridad del producto durante los 15 días de almacenamiento.

En el análisis sensorial resaltaron algunas características principales:

- La dureza del relleno empacado al vacío es mayor.
- El relleno empacado en atmósfera conserva la textura de un relleno fresco.
- La dulzura del postre se atenúa más en el relleno empacado en Atmósfera Modificada

Las características se proporcionaron por panel sensorial analizado por las 5 personas involucradas en el proceso de producción, control de calidad, comercialización y venta del producto terminado, las cuales se pueden confirmar en la Ilustración 12, al observar la diferencia en textura de ambas muestras se resalta que en el relleno

empacado en vacío parcial de 30% (Ilustración No. 12a) se muestra poco húmedo y opaco, mientras que en la muestra de relleno empacado en Atmósfera de 75% vacío y 60% volumen de nitrógeno se conserva la humedad tanto del frijol como de la masa de plátano.

Ilustración No. 12 Apariencia de (12a) relleno empacado en 30% vacío y (12b) relleno empacado en Atmósfera Modificada 75% vacío y 60% volumen de nitrógeno

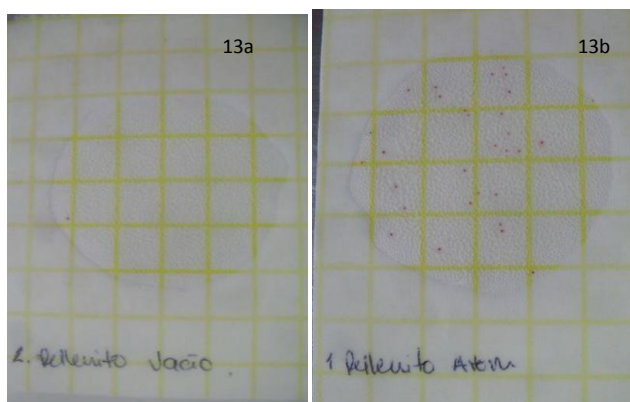


12a



12b

Ilustración No. 13 Recuento aerobio total en (13a) relleno en empaque al vacío y (13b) relleno en empaque Atmósfera Modificada. Análisis día 13.



Los resultados microbiológicos fueron aceptables y cumpliendo con los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano. En recuento de coliformes fue $<1.00E+02$ UFC/g, en recuento aerobio total si se mantuvo una diferencia de $1.00E+02$ UFC/g en envasado al vacío y $2.80E+03$ UFC/g en envasado en Atmósfera Modificada.

VII. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la implementación del método de Atmósfera Modificada con el que se buscaba mejorar la calidad del producto de arroz cocido con verduras y compararlo con el método de envasado al vacío.

- Las condiciones de Atmósfera Modificada para el empaque de arroz cocido con verduras que presentaron mejores resultados es la aplicación de vacío a un 80% de volumen inicial y la inyección de nitrógeno a un 60%. A pesar que la diferencia entre ambos métodos no es significativa, introducir atmósfera utilizando nitrógeno en un producto es una tecnología alternativa que ayuda a mejorar otros aspectos de calidad aparte de su vida de anaquel.
- En los análisis fisicoquímicos realizados se determinó pH y porcentaje de humedad en el tiempo, debido a que son dos factores que se relacionan con el deterioro de los alimentos. La diferencia de los análisis entre los métodos de envasado de vacío y Atmósfera Modificada no es significativa por lo que no se puede decir que la aplicación de nitrógeno es superior al empaque al vacío.
- La vida útil del arroz cocido con verduras se beneficia con la aplicación de Atmósfera Modificada ya que en el último día de evaluación, día 25, continúa sin presencia de moho. A pesar de la ausencia de moho en el producto el recuento de levaduras es superior al límite máximo aceptado basándose en los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano por lo que el aumento de su tiempo de vida útil no se beneficia al aplicar las condiciones de Atmósfera Modificada.
- La calidad del arroz se evaluó en un grupo focal en donde los panelistas destacaron que las características del arroz envasado en Atmósfera Modificada las cuales son superiores al arroz envasado en vacío parcial. Las principales características mencionadas es la frescura del producto, la conservación de las características organolépticas y la integridad de los vegetales.
- La aplicación de la tecnología de Atmósfera Modificada evaluada en otros productos obtuvo resultados positivos. La evaluación se realizó en ensalada de vegetales a base de mayonesa y rellenitos de frijol, en ambos productos se mejoraron las características de textura, apariencia y características microbiológicas en relación al envasado al vacío.

VIII. RECOMENDACIONES

En el caso de arroz preparado el principal factor de deterioro es el crecimiento de mohos y levaduras por lo tanto, es importante tener en cuenta que al momento de empacar comidas preparadas debe eliminarse el oxígeno y que debe estar presente un agente fungistático o bacteriostático. Para satisfacer estas exigencias, los productos cocinados tienen mayores ventajas con mezclas de gases que contienen nitrógeno y dióxido de carbono. El dióxido de carbono actúa para suprimir el crecimiento microbiano y el nitrógeno se utiliza como gas de relleno cuando se elimina el oxígeno del paquete

En la aplicación de atmósferas en etapa de envasado de productos terminados es importante realizar evaluaciones y consultar a expertos en la aplicación de la tecnología ya que la aplicación sin ningún conocimiento puede provocar gasto innecesario de recurso y costo alto.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Anon. 2004. Reglamento (CE) n°1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/5 (Brody, 1996)90/CEE y 89/109/CEE. DO L 338 de 13.11.2004, p. 4-17.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arlington. Virginia, USA. 1298p.
- Barrera, O., Rodríguez-Calleja, J.M., Santos, J.A., Otero A. & García López, M.L. 2007. *Effect of different storage conditions on Escherichia coli O157:H7 and the indigenous bacterial microflora on lamb meat*. International Journal of Food Microbiology. 115: 244-251.
- Brody, A. 1989. *Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods*. Food and Nutrition Press, Inc. USA.
- Brody, Aaron L. 1996. *Envasado de Alimentos en Atmósferas Controladas, modificadas y a Vacío*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España.
- Chouliara, E., Kratapanis, A., Savvaids, I.N. and Kontominas, M.G. (2007). *Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packing on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 40C*. Food Microbiology, 24: 607-617.
- Church, N.1994. *Developments in modified atmosphere packaging and related technologies*. Trends in Food Science and Technology, 5: 345-352.
- Coma, V. 2006. *Perspective for the active packaging of meat products*. En Advanced Technologies For Meat Products (Nollet, L.M. & Toldrá, F. eds.). pp.449-472. CRC press, Taylor & Francis Group. Boca Raton. FL. USA.
- Davies, A.P. (1995). *Advances in modified-atmospheres-packaging*. In: G.W. Gould (Ed.) Natural antimicrobial systems and food preservation. Blackie, Glasgow, pp. 304-320.
- Dufosse, L., Galaup, P., Yaron, A., Arad, SM., Blanc, P., Murthy, K.N.C. and Ravishankar, G.A. (2005). *Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality?* Trends in Food Science & Technology, 16: 389-406.
- Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the shelf-life of farmed ready-to-cook spotted wolf-fish (Anarhichas minor)*. Packaging Technology and Science, 19: 325-333.
- Eilert, S.J. 2005. *New packaging technologies for the 21st century*, Meat Science 71: 122-127.
- Faber, J.M. (1991). *Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology-A review*. Journal Food Protection, 54: 58-70.

Friedrich, L., Siro, I., Dalmadi, I., Horvath, K., Agoston, R. and Balla, Cs. (2008). *Influence of various preservatives on the quality of minced beef under modified atmosphere at chilled storage*. Meat Science, 79: 332-343.

García Iglesias, E., Gago Cabezas, L. & Fernández Nuevo, J. L. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósferas protectoras*. Disponible en <http://www.madrimasd.org>.

García-Esteban, M., Ansorena, D. and Astiasaran, I. (2004). *Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on color, texture and microbiological quality*. Meat Science, 67: 57-63.

Gill, C.O. and Tan, K.H. (1980). *Effect on carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria*. Applied and Environmental Microbiology, 39: 317-319.

Goodburn, K.: Halligan, A. 1988. *Modified-Atmosphere Packaging. A Technology Guide*. Leatherhead R. A. ed. UK.

Heather Y. Paine. Franck A. Paine 2009. *Empaque de Atmósfera Modificada. Industria Alimenticia para procesadores de Alimentos Latinoamericanos*.

Hintlian, C.; Hotchkiss, J. 1986. *The safety of modified atmosphere packaging: A Review*. Food Technology 40(12): 70.

Holzappel, W.H. (1998). The gram-positive bacteria associated with meat and meat products. In Davis, A., board, R. (eds). *Microbiology of meat and poultry*. Blackie Academic and Professional. London, UK. pp 35-84.

ICMFS (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (2002). *Microorganisms in foods 7. Microbiological testing in food safety management*. Kluwer Academic/Plenum publishers. Springer. London, UK.

Labuza, T.; Breene, W. 1989. Applications of "Active Packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. Journal of Food Processing and Preservation. 13(1):1.

Mapari, S.A.S., Neilsen, K.F., Larsen, T.O., Frisvad, J.C., Meyer, A.S. and Thrane, U. (2005) *Exploring fungal biodiversity for the production of water-soluble pigments as potential natural food colorants*, Current Opinion in Biotechnology, 16: 231-238.

Mathlouthi, M. (Ed). 1986. *Food Packaging and Preservation*. Elsevier Applied Science Publication. London, UK. 62 - 72.

Ogrydziak, D., Brown, W. (1982). *Temperature effects in modified-atmosphere storage of seafoods*. Food Technology, 36: 86-96.

Ordóñez, J.A. and Ledward, D.A. (1977). *Lipid and myoglobin oxidation in pock stored in oxygen and carbon dioxide enriched atmospheres*. Meat Science, 1: 41-48.

P.J. Subramaniam, 1993, Aplicaciones diversas, en R.T. Parry, 1993, *Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods*, Chapman and may, London

Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G. (2006). *Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes*. Food Microbiology, 23:423-429.

Pearson, D. (1976). *The chemical analysis of foods*. Chemical publishing company. Inc. New York. Pp. 642-643.

Rosnes, J.T., Kleiberg, G.H., Sivertsvik, M., Lunestad, B.T. and Lorentzen, G. 2006. *Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the shelf-life of farmed ready-to-cook spotted wolf-fish (Anarhichas minor)*. Packaging Technology and Science, 19: 325-333.

Rosnes, J.T., Kleiberg, G.H., Sivertsvik, M., Lunestad, B.T. and Lorentzen, G. (2006).

Samelis, J., Kakouri, A. & Rementzis, J. 2000. *Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominating the spoilage microbial association of cooked meats at 4°C*. Food Microbiology, 17(3) 329-340.

Sawaya, W.N., Elnawawy, A.S., Abu-Ruwaida, A.S., Khalafawi, S. and Dashti, B.(1995). *Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of chicken carcasses under refrigerated storage conditions*. Journal of Food Safety, 15: 35-51.

Saxena, A., Bawa, A.S. and Raju, P.S. (2008). *Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally process jackfruit (Artocarpus heterophyllus L.)* Journal of Food Engineering, 87: 455-466.

Servertsvik, M., Rosnes, J.T. and Kleiberg, G.H. (2003). *Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (Salmo salar) fillets*. Journal of Food Science, 68: 1467-1472.

Tamplin, M. L. 2002. Growth of Escherichia coli O157:H7 in raw ground beef stored at 10°C and the influence of competitive bacterial flora, strain variation, and fat level. Journal of Food Protection. 65(10):1535-1540.

Vongsawasdi, P., Wongwicharn, A., Khunajakr, N. and Dejsuk, N. (2008). *Shelf-life extension of fried battered chicken by modified atmosphere packaging*. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 1: 197-204.