

**Efecto del tipo de empaque y tipo de
atmósfera en las características físicas,
sensoriales y microbiológicas de la zanahoria
(*Daucus carota*) mínimamente procesada**

Marcela María José Ruiz Cardoza

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del tipo de empaque y tipo de
atmósfera en las características físicas,
sensoriales y microbiológicas de la zanahoria
(*Daucus carota*) mínimamente procesada**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Marcela María José Ruiz Cardoza

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Efecto del tipo de empaque y tipo de atmósfera en las características físicas, sensoriales y microbiológicas de la zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada

Presentado por:

Marcela María José Ruiz Cardoza

Aprobado:

Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Edgar E. Ugarte, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Ruiz, M., 2009. Efecto del tipo de empaque y tipo de atmósfera en las características físicas, sensoriales y microbiológicas de la zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

Los vegetales frescos mínimamente procesados han tenido un crecimiento en los últimos años de acuerdo a las nuevas tendencias de consumo y el desarrollo de tecnologías en los países industrializados. La zanahoria (*Daucus carota*) es uno de los vegetales con mayor demanda en esta gama de alimentos por su alto uso en ensaladas. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tipo de empaque y tipo de atmósfera en las características físicas, sensoriales y microbiológicas de la zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada. Se utilizó un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial de dos por dos con medidas repetidas en el tiempo, obteniendo cuatro tratamientos y tres repeticiones, con un total de 12 unidades experimentales. Se evaluaron dos empaques bolsa Alico® (BA) y bolsa Dimex® (BD) y una atmósfera sin Oxígeno (V) y otra con Dióxido de Carbono (CO₂) a una presión de 200 mbar. De acuerdo a los resultados del análisis físico de color no existió diferencia entre tratamientos pero si a través del tiempo dando cambio de un color anaranjado claro a un anaranjado mas intenso. Los tratamientos con mejor textura en el día siete fueron los empacados en Dióxido de Carbono y para el día catorce fue el BDCO₂. En el análisis sensorial con 12 panelistas no entrenados se evaluaron las variables de color, aroma, textura, sabor y aceptación general, obteniendo como resultados que en los atributos color, textura y sabor los mejores tratamientos fueron el control, BDV y BACO₂, en el atributo aroma fueron el control, BDV y BDCO₂ y en aceptación general fueron el control y BDV. El tratamiento que presento niveles mas bajos de coliformes totales fue el BDCO₂, pero todos los tratamientos mantuvieron los niveles aptos para el consumo al día catorce según los límites establecidos (10 UFC/g).

Palabras Clave: alimentos de cuarta gama, vegetales frescos.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
5. CONCLUSIONES.....	15
6. RECOMENDACIONES.....	16
7. LITERATURA CITADA.....	17
8. ANEXOS.....	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1.	Diseño Experimental	8
2.	Análisis de color valor L	10
3.	Análisis de color valor a*	10
4.	Análisis de color valor b*	11
5.	Análisis de textura	11
6.	Análisis sensorial atributo color	12
7.	Análisis sensorial atributo aroma	12
8.	Análisis sensorial atributo textura..	13
9.	Análisis sensorial atributo sabor.....	13
10.	Análisis sensorial atributo aceptación general.	14
11.	Análisis microbiológicos de coliformes totales.....	14

Figura

1.	Diagrama flujo de proceso de zanahoria mínimamente procesada.	7
----	--	---

Anexo

1.	Hoja de evaluación análisis sensorial.....	19
----	--	----

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la población mundial busca el consumo de alimentos nutritivos y saludables incentivando a la agroindustria a la preparación de productos mínimamente procesados, que son vegetales que han sido físicamente alterados de su forma original pero que conservan su estado fresco. El consumo de los productos vegetales frescos cortados, se ha incrementado notoriamente debido a los cambios en los estilos de vida en la población económicamente activa. Cada vez hay más parejas que trabajan y mujeres ocupando puestos importantes. Esto ha traído consigo un menor tiempo para preparar los alimentos y el consumidor demanda alimentos listos para usar o consumir, pero que sean frescos y seguros.

Los vegetales mínimamente procesados son una excelente opción para dichas tendencias. Para el desarrollo de estos productos se utilizan variedades apropiadas, con índices de cosecha óptimos para tener un producto de alta calidad inicial (Cantwell y Suslow 2002). Además es necesario realizar estudios que permitan determinar la estabilidad comercial e identificar los factores que inciden en el deterioro, durante el período de venta, a nivel de súper e hipermercados, por tratarse de alimentos altamente perecederos (Ohlsson 1994; Piagentini *et. al.* 2003).

El principal factor limitante de la vida útil de los vegetales frescos es su actividad metabólica que continua después de la recolección. Los procesos de respiración, transpiración y la producción de etileno deben controlarse exhaustivamente, de lo contrario reducen la vida media de anaquel de 1 a 2 semanas a solo 1 a 3 días. Por esa razón es importante señalar, que la calidad global del producto terminado depende del control de los procesos de pelado y cortado, ya que estos incrementan la actividad metabólica y descompartimentalización de las enzimas y sustratos, causando pardeamiento, ablandamiento, incidencia del deterioro microbiano, desarrollo de sabores y olores indeseables (Rivera *et. al.* 2005; Rodríguez *et. al.* 2006).

Los objetivo del estudio fueron realizar análisis microbiológicos para estimar la vida de anaquel, evaluar cambios físicos y determinar la aceptación de la zanahoria (*daucus carota*) mínimamente procesada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Los vegetales mínimamente procesados son definidos como “un producto que ha sido físicamente alterado de su forma original pero se conserva en su estado fresco” (Soliva y Martín 2003). Esto Significa que no hay preservantes químicos y el producto no es sometido a tratamiento térmico. A estos productos también se les conoce como productos de cuarta gama que en su mayoría son vegetales limpios, cortados y envasados como lechugas, zanahorias, espinacas, apios, puerros y frutas.

2.2 ZANAHORIA

Las zanahorias poseen beta-caroteno (de ahí su nombre *carota*) que es la sustancia que se convierte en vitamina A en el cuerpo humano. Según los análisis una porción de 1/2 taza de zanahorias cocidas, contiene cuatro veces la cantidad diaria recomendada de vitamina A en la forma de beta-caroteno (INFOAGRO 2002).

La zanahoria (*Daucus carota*) es uno de los vegetales con más demanda de productos mínimamente procesado por su alto uso en ensaladas. Debido a que las zanahorias frescas cortadas al igual que el resto de hortalizas, las ventas se ven afectadas por su rápido deterioro durante almacenamiento, causando principalmente la pérdida de firmeza, cambios en color, la producción de malos olores y el crecimiento microbiano (Barry-Ryan *et. al.* 2000), el uso de tecnologías de envasado y empaques nos permite alargar su vida de y brindar un producto conveniente y saludable.

Fernández (2001), señala que para el desarrollo de estos productos, resulta de importancia combinar las herramientas complementarias de la trazabilidad en la confección y el comercio hortícola con las Buenas Practicas de Manejo Postcosecha (BPMP), que en conjunto permitan conocer el camino para obtener productos vegetales con seguridad alimentaria, provistos de una tecnología de aplicación relativamente sencilla como la técnica de IV Gama, que puede aplicarse desde el campo, centros de acopio e incluso en microempresas rurales.

La estabilidad de los productos mínimamente procesados afrontan dos problemas básicos; el primero, relacionado con el vegetal como tejido vivo donde la interacción de muchas reacciones (deshidratación, oxidación, elevada velocidad de respiración, actividad enzimática, entre otras) de no ser controladas pueden conducir a la rápida senescencia o deterioro de la calidad.

Segundo, la posibilidad de desarrollo microbiano, debido a la mayor superficie expuesta y a la presencia de jugos celulares por efecto del corte del material vegetal (Piagentini *et. al.* 2003).

Los vegetales mínimamente procesados se someten a procesos como el pelado, el rebanado, el picado y/o el troceado. Estas maniobras incrementan la posibilidad de contaminación o bien proporcionan un medio adecuado para el crecimiento de microorganismos. El procesamiento mínimo da como resultado el incremento en la tasa de respiración y producción de etileno del producto en minutos y puede reducir la vida media de 1 a 2 semanas a solo 1 a 3 días, aun cuando las temperaturas sean las óptimas (González *et. al.* 2005; Gil *et. al.* 2006).

Gillian *et. al.* (1999) y Castro *et. al.* (2006) señalan que en los productos mínimamente procesados, este riesgo se relaciona con el género *Listeria*, coliformes totales, fecales y algunas enterobacterias, las cuales se consideran indicadores de una higiene deficiente en la cadena de producción (Acevedo *et. al.* 2001).

2.3 ATMÓSFERAS PROTECTORAS

Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora implican la eliminación del aire contenido en el paquete seguida o no de la inyección de un gas o mezcla de gases seleccionado de acuerdo a las propiedades del alimento. Se aplican a multitud de productos de diversa naturaleza (vegetales, carnes, pescados, lácteos, etc.) Cuentan con una larga trayectoria en la conservación de determinados alimentos como los derivados cárnicos, el café y los snacks y resultan muy adecuados para los alimentos frescos y mínimamente procesados y los platos preparados (Cooperhouse 2003).

De acuerdo a las modificaciones del entorno del producto envasado se distinguen tres tipos de atmósferas protectoras:

- **Vacío:** cuando se evacua por completo el aire del interior del recipiente.
- **Atmósfera controlada:** si se inyecta un gas/ mezcla de gases tras la eliminación del aire y se somete a un control constante durante el periodo de almacenamiento.
- **Atmósfera modificada:** cuando se extrae el aire del envase y se introduce, a continuación, una atmósfera creada artificialmente cuya composición no puede controlarse a lo largo del tiempo.

El envasado al vacío (EV) es un sistema muy sencillo y económico puesto que no hay consumo de gases en él, si el proceso se realiza de forma adecuada la cantidad de oxígeno residual es inferior al 1%, esta baja concentración de oxígeno que permanece en el envase inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios, las reacciones de oxidación y favorece la retención de los compuestos volátiles responsables del aroma.

Otra de las técnicas utilizadas para alargar la vida útil de los productos mínimamente procesados es el uso de atmósferas modificadas que consiste en remplazar la concentración de gases naturales en la atmósfera por otros gases como Dióxido de Carbono o Nitrógeno. El uso de atmósferas modificadas ha tenido un gran impacto en los productos mínimamente procesados, de igual forma que el uso de diferentes polímeros utilizados para prevenir el intercambio de gases con el ambiente.

Para envasado en atmósferas modificadas se utilizan diferentes gases uno es el dióxido de carbono (CO_2) un gas incoloro e inodoro con un ligero sabor ácido y es el único con propiedades bacteriostáticas, fungistáticos e insecticidas, pero cuando existe un exceso del mismo se producen fenómenos indeseables como el colapso del envase y formación de exudado.

Al producir una disolución excesiva de CO_2 pueden ocurrir los dos siguientes fenómenos negativos: el colapso del envase y la formación de exudado. El primero consiste en la retracción del material de envasado debido al descenso de la presión que ejerce el CO_2 en el interior del paquete.

Es imprescindible realizar un buen diseño de la atmósfera interna para garantizar la conservación del producto durante el tiempo necesario y los materiales de envasado a emplearse que pueden ser polímeros con propiedades barreras diferentes en función de las características del alimento envasado.

Si se envasan en atmósfera modificada alimentos con una actividad metabólica importante, como frutas y hortalizas frescas, es imprescindible emplear materiales de permeabilidad selectiva. En caso contrario, su vida útil se reduce considerablemente (Colomé 1999)

2.4 ENVASES PARA ATMÓSFERAS PROTECTORAS

Dentro de las tecnologías de envasado en atmósfera protectora la función principal que desempeña el envase es proteger el alimento del medio externo y 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, entre otros.

Es importante que la composición de la atmósfera protectora permanezca constante durante el mayor tiempo posible. Esto se consigue con materiales de envasado de permeabilidad adecuada. Dependiendo de las necesidades del alimento se opta por películas de alta barrera o por láminas permeables al paso de los gases.

Otro factor a controlar es la humedad del interior del paquete. Los materiales de alta barrera frente al agua evitan una pérdida excesiva de la misma y la deshidratación del producto. Sin embargo, sobre la superficie interna de estas láminas poco permeables puede condensarse vapor de agua, hecho que favorece el crecimiento microbiano.

Las propiedades barrera varían en función de las condiciones externas, sobre todo, con la temperatura y la humedad relativa del aire. También dependen del grosor del material; en general, cuanto mayor es éste menor es la permeabilidad de la lámina.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Para el presente trabajo de investigación se hizo uso de las instalaciones de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) para la preparación y empaque del producto analizado; además se realizaron análisis químicos, físicos, microbiológicos y sensoriales haciendo uso del Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), el Laboratorio de Microbiología para las pruebas microbiológicas y el Laboratorio de Análisis Sensorial; dichos lugares ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Valle del Yegre, departamento de Francisco Morazán, a 30 Km de Tegucigalpa, Honduras.

3.2 MATERIALES

Los materiales, equipos y utensilios usados para la investigación se detallan a continuación.

3.2.1 Materias Primas

- Zanahoria
- Cloro
- Bolsa Dimex® multicapas
- Bolsa Alico® multicapas

3.2.2 Equipo y utensilios

- Medidor de Actividad de Agua AQUALAB ®. Modelo 3TE.
- Medidor de Textura Instron® (Modelo 4444), Instron Corp.
- Colorímetro Colorflex Hunter Lab®
- Selladora Multivac A300/16®
- Cuarto frío (4-7 °C)
- Incubadora®
- Esterilizador®
- Medio de cultivo (VRBA).

3.3 PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS

Se utilizaron zanahorias (*Daucus Carota*) seleccionadas por tamaño y libres de defectos, fueron lavadas para eliminar residuos presentes; posteriormente fueron peladas y rayadas, luego fueron sumergidas en una solución desinfectante con cloro en una concentración de 100ppm por 10 minutos. En las dos bolsas Alico® (BC) se colocó 0.5 libras de producto por bolsa, posteriormente una fue envasada sin Oxígeno (V) a 200 mbar de evacuación y la otra con Dióxido de Carbono (CO₂) a 200 mbar de evacuación e inyección. Luego se realizó el mismo procedimiento para las Bolsas Dimex® (Figura 1).

3.3.1 Flujo de Proceso.

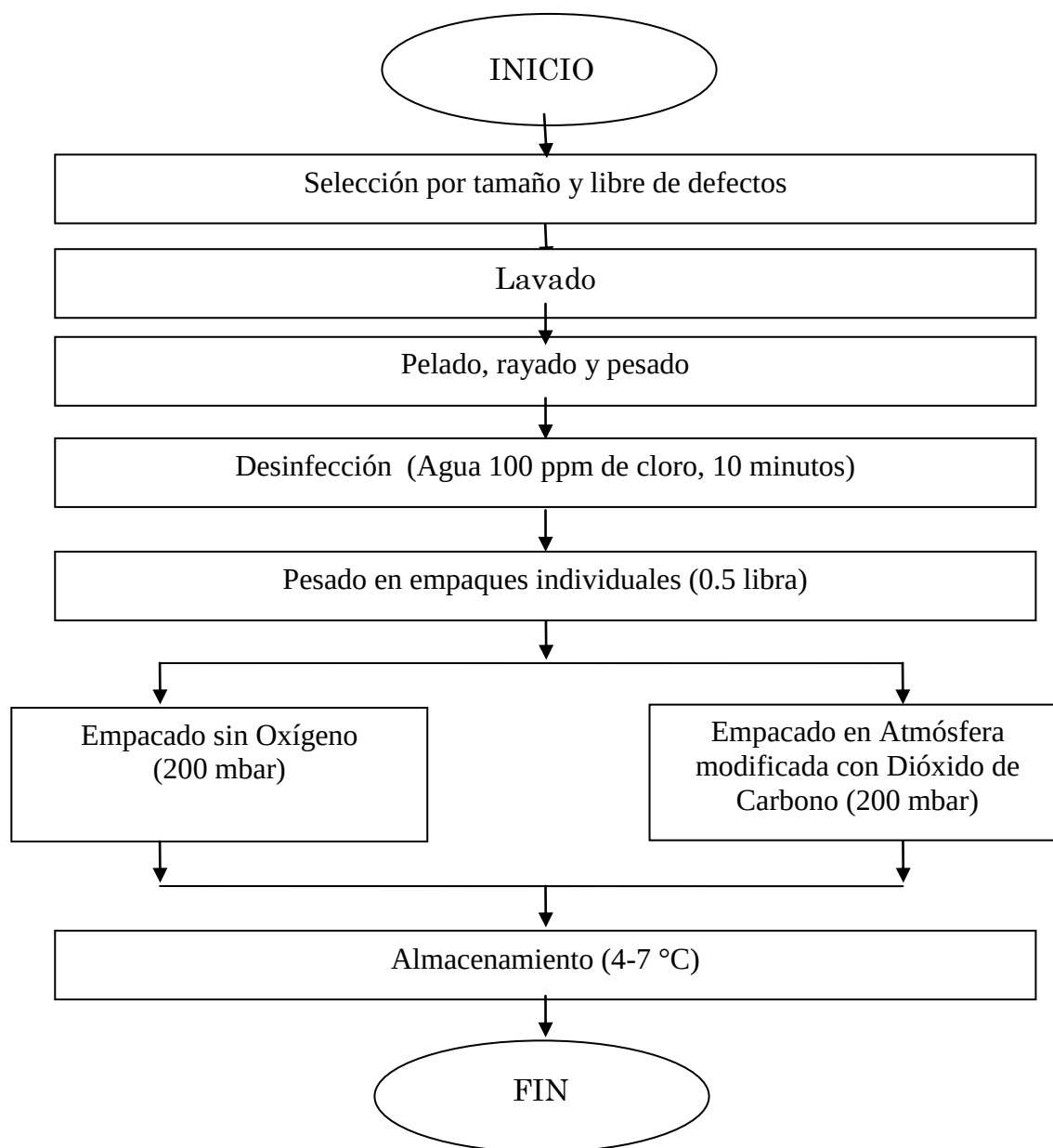


Figura 1. Diagrama flujo de proceso de zanahoria mínimamente procesada.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio se realizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial de 2*2 con medidas repetidas en el tiempo, se evaluaron 4 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron empaques, bolsa Alico® (BA) y bolsa Dimex® (BD) y atmósferas, una sin oxígeno (V) y otra con Dióxido de Carbono (CO₂); dichos tratamientos fueron evaluados al día 0, 7 y 14.

Cuadro 1. Diseño Experimental

Empaque/Atmósfera	Sin Oxígeno (V)	Con Dióxido de Carbono (CO ₂)
Bolsa Alico® (BA)	TRT 1 - BAV	TRT 2 – BACO ₂
Bolsa Dimex® (BD)	TRT 3 - BDV	TRT 4 – BDCO ₂

3.5 ANÁLISIS QUÍMICOS

El día 0 se realizó análisis de actividad de agua (Aw) (AOAC 978.19) en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) haciendo uso del medido de actividad de agua AQUALAB® (Modelo 3TE). Los resultados fueron comparados con la perdida de agua en cada uno de los tratamientos en los días 7 y 14.

3.6 ANÁLISIS FÍSICOS

Los diferentes análisis físicos fueron:

3.6.1 Color

Para el estudio se realizaron análisis de color en los días 0, 7 y 14 haciendo uso del Colorímetro Colorflex Hunter Lab® en términos de L a* b* el eje L* denoto la claridad y el brillo, en una escala de 0 -100 (0 = oscuro y 100= blanco), el valor *a indico la coloración de verde a rojo, en una escala de -60 verde a 60 rojo y el valor *b indico la coloración de amarillo a azul, en una escala de -60 azul a 60 amarillo.

3.6.2 Textura

Los análisis de textura fueron realizados en los días 0, 7, 14 haciendo uso del medidor de textura Instron® (Modelo 4444) con el acople de celda midiendo presión en KN.

3.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Se analizó la carga de coliformes totales en cada uno de los tratamientos para los días 0 y 7, por el método de medio sólido Violet Red Bile Agar (VRBA).

3.8 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial para determinar la aceptación de los tratamientos en el Laboratorio de Análisis Sensorial. El estudio se realizó con 12 panelistas no entrenados midiendo la aceptación de color, aroma, textura, sabor y aceptación general del producto usando una escala hedónica de 1 a 5 siendo 1 el menor grado de aceptación y 5 el mayor grado de aceptación. Al día 0 no se realizan análisis ya que todos los tratamientos estaban bajo las mismas condiciones por ser el día de producción, a los 7 días de almacenamiento fue ejecutado el análisis sensorial y al día 14 no se realizaron análisis ya que los conteos de coliformes sobrepasaban los límites de consumo establecidos. Los resultados fueron analizados estadísticamente por medio de una ANDEVA para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en términos de color, aroma, textura, sabor y aceptación general (Anexo 1).

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico del estudio se realizó con el programa SAS® versión 9.1 con un análisis de varianza (ANDEVA) y Separación de medias por medio de una prueba TUKEY con una significancia de $P < 0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

Los resultados obtenidos luego de los análisis físicos fueron los siguientes:

4.1.1 Color – Valor L

No existió diferencia significativa de la luminosidad entre tratamientos, pero si existió diferencia significativa ($P < 0.05$) del valor L a través del tiempo (Cuadro 2) resultando un producto mas oscuro a los 14 días de almacenamiento, esta podría esta relacionado al efecto de pardeamiento y a la perdida de firmeza (Barry-Ryan *et. al.* 2000) debido a que la perdida de firmeza provoco liberación de agua que opaco la zanahoria.

Cuadro 2. Análisis de color valor L.

Tratamiento	Día 0 Media±D.E*	Día 7 Media±D.E*	Día 14 Media±D.E*
BAV	57.16±0.60 ^{a(x)}	54.14±0.69 ^{a(y)}	52.67±0.69 ^{a(y)}
BACO ₂	57.00±0.69 ^{a(x)}	54.39±0.69 ^{a(y)}	52.94±0.69 ^{a(y)}
BDCO ₂	57.00±0.69 ^{a(x)}	53.73±0.69 ^{a(y)}	53.12±0.69 ^{a(y)}
BDV	56.68±0.85 ^{a(x)}	53.15±0.69 ^{a(y)}	52.38±0.69 ^{a(y)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.1.2 Color – Valor a*

El color en términos del valor a* (-60 verde a 60 rojo) no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos pero si existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en el tiempo (Cuadro 3) por lo cual el tipo de empaque y el tipo de atmosfera utilizados si afecto el valor a* en el tiempo, esto pudo estar relacionado a los cambios de luminosidad del producto provocados por el pardemiento y la liberación de agua.

Cuadro 3. Análisis de color valor a*.

Tratamiento	Día 0 Media±D.E*	Día 7 Media±D.E*	Día 14 Media±D.E*
BDV	31.69±0.74 ^{a(x)}	33.00±0.59 ^{a(y)}	33.50±0.60 ^{a(y)}
BACO ₂	31.26±0.59 ^{a(x)}	33.57±0.59 ^{a(y)}	32.34±0.59 ^{a(y)}
BDCO ₂	31.26±0.59 ^{a(x)}	32.42±0.59 ^{a(y)}	32.97±0.60 ^{a(y)}
BAV	31.05±0.52 ^{a(x)}	32.76±0.59 ^{a(y)}	33.33±0.59 ^{a(y)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.1.3 Color – Valor b*

El color en términos del valor b* (-60 azul a 60 amarillo) no mostró diferencias estadísticas en el tiempo ni entre tratamientos (Cuadro 4). Por lo cual el uso de diferentes empaques y atmósferas no afectó el valor b* que se refiere al color anaranjado de la zanahoria, que en conjunto con los valores de L y a* presentó cambio en el tiempo a un color anaranjado más intenso.

Cuadro 4. Análisis de color valor b*.

Tratamiento	Día 0 Media±D.E*	Día 7 Media±D.E*	Día 14 Media±D.E*
BDV	45.33±1.08 ^{a(x)}	46.06±0.87 ^{a(x)}	47.47±0.87 ^{a(x)}
BACO ₂	44.96±0.87 ^{a(x)}	45.85±0.87 ^{a(x)}	45.19±0.87 ^{a(x)}
BDCO ₂	44.96±0.87 ^{a(x)}	44.83±0.87 ^{a(x)}	46.21±0.87 ^{a(x)}
BAV	44.79±0.76 ^{a(x)}	45.26±0.87 ^{a(x)}	46.47±0.87 ^{a(x)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

4.1.4 Textura

En el día 0 no existió diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 5). Al día 7 los tratamientos mostraron diferencias significativas (P< 0.05) siendo los mejores tratamientos los envasados con Dióxido de Carbono con una fuerza de corte promedio de 1.81 KN. Al día 14 los tratamientos mostraron diferencias significativas (P< 0.05) siendo el mejor tratamiento el BDCO₂ con una fuerza de corte de 1.79 KN. De acuerdo a los resultados se puede concluir que la textura del producto cambió en el tiempo de acuerdo al tipo de atmósfera y el tipo de empaque utilizado, dando una textura más blanda al día 14, debido al exudado originado por la pérdida de la capacidad de retención de agua en los tejidos (Tornadijo y Fresno 2004).

Cuadro 5. Análisis de textura.

Tratamiento	Día 0 Media±D.E*	Día 7 Media±D.E*	Día 14 Media±D.E*
BDCO ₂	1.84±0.0073 ^{a(x)}	1.82±0.0073 ^{a(y)}	1.79±0.0073 ^{a(z)}
BACO ₂	1.84±0.0073 ^{a(x)}	1.80±0.0073 ^{a(y)}	1.75±0.0073 ^{b(z)}
BDV	1.84±0.0073 ^{a(x)}	1.74±0.0073 ^{b(y)}	1.66±0.0073 ^{c(z)}
BAV	1.84±0.0073 ^{a(x)}	1.63±0.0073 ^{c(y)}	1.53±0.0073 ^{d(z)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

4.2 ANÁLISIS SENSORIAL

El estudio se realizó con 12 panelistas no entrenados midiendo la aceptación de color, aroma, textura, sabor y aceptación general del producto usando una escala hedónica de 1 a 5 siendo 1 el menor grado de aceptación y 5 el mayor grado de aceptación.

4.2.1 Color

Los panelistas encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la aceptación de color (Cuadro 6). Los tratamientos BDV, BACO₂, BAV y el control son estadísticamente iguales en color y fueron los mas aceptados por los panelistas, esto podría estar relaciona con el hecho que los consumidores para evaluar la calidad de los productos y decidir su compran toman en cuenta propiedades visuales como el color. (Shewfelt, 1994), por esa razón los panelistas se orientaron por el color anaranjado característico de la zanahoria para decidir su preferencia y no por la intensidad del color, siendo el tratamiento BDCO₂ el menos aceptado por los panelistas a pesar de tener un color anaranjado intenso.

Cuadro 6. Análisis sensorial para el atributo color.

Tratamiento	Descripción	Media±D.E*
BDV	Empacado en bolsa Dimex® sin Oxígeno	4.04±0.23 ^a
Control	Sin empaque y sin atmósfera	3.93±0.25 ^a
BACO ₂	Empacado en bolsa Alico® con Dióxido de Carbono	3.79±0.25 ^{ab}
BAV	Empacado en bolsa Alico® sin Oxígeno	3.76±0.25 ^{ab}
BDCO ₂	Empacado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono	3.60±0.25 ^b

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.2.2 Aroma

Los panelistas encontraron diferencias significativas en el atributo aroma en los tratamientos evaluados (Cuadro 7). Los mejores tratamientos fueron BDV, BDCO₂ y control. Los tratamientos menos aceptados fueron BAV, BACO₂. De acuerdo a los resultados el aroma de los tratamientos fue más afectado por el tipo de empaque y no por la atmosfera utilizada.

Cuadro 7. Análisis sensorial para el atributo aroma.

Tratamiento	Descripción	Media±D.E*
Control	Sin empaque y sin atmósfera	4.14±0.26 ^a
BDV	Empacado en bolsa Dimex® sin Oxígeno	3.85±0.24 ^{ab}
BDCO ₂	Empacado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono	3.77±0.26 ^{ab}
BAV	Empacado en bolsa Alico® sin Oxígeno	3.58±0.26 ^b
BACO ₂	Empacado en bolsa Alico® con Dióxido de Carbono	3.58±0.26 ^b

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.2.3 Textura

Los panelistas encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la aceptación de textura (Cuadro 8). Los tratamientos BDV, BACO₂ y el control son estadísticamente iguales, esto podría estar relacionada a los resultados de los análisis físicos donde los tratamientos BACO₂ y BDCO₂ fueron los mejores con una textura mas firme al día 7, debido a que el uso de CO₂ provoca un endurecimiento en la firmeza del producto manteniendo el producto mas firme por mucho mas tiempo. El BAV fue el menos aceptado por los panelistas esto pudo estar relacionado con el análisis de textura donde el BAV tubo una textura mas blanda.

Cuadro 8. Análisis sensorial para el atributo textura.

Tratamiento	Descripción	Media±D.E*
Control	Sin empaque y sin atmósfera	4.12±0.25 ^a
BDV	Empacado en bolsa Dimex® sin Oxígeno	3.92±0.23 ^{ab}
BACO ₂	Empacado en bolsa Alico® con Dióxido de Carbono	3.75±0.25 ^{ab}
BDCO ₂	Empacado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono	3.67±0.25 ^{bc}
BAV	Empacado en bolsa Alico® sin Oxígeno	3.44±0.25 ^c

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.2.4 Sabor

Los panelistas encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la aceptación del atributo sabor (Cuadro 9). Los tratamientos BDV, BACO₂ y control fueron los tratamientos mas aceptados, y el tratamiento BAV fue el menos aceptado, esto pudo estar relacionado con la textura y liberación de agua, ya que el tratamiento BAV fue el más blando por la liberación de agua en el empaque que le proporciono un mal sabor.

Cuadro 9. Análisis sensorial para el atributo sabor.

Tratamiento	Descripción	Media±D.E*
Control	Sin empaque y sin atmósfera	3.97±0.31 ^a
BDV	Empacado en bolsa Dimex® sin Oxígeno	3.68±0.29 ^{ab}
BACO ₂	Empacado en bolsa Alico® con Dióxido de Carbono	3.63±0.31 ^{ab}
BDCO ₂	Empacado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono	3.33±0.31 ^{bc}
BAV	Empacado en bolsa Alico® sin Oxígeno	3.11±0.3 ^c

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.2.5 Aceptación General

Los panelistas encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la aceptación general de los tratamientos (Cuadro 10). Los tratamientos BDV y control fueron los más aceptados, esto podría estar relacionado a los resultados anteriores donde los panelistas evaluaron los tratamientos BDV y control como mejores en color, aroma, textura y sabor.

El tratamiento BAV fue el menos aceptado ya que presento una textura mas blanda de acuerdo a los resultados del análisis de textura y fue el menos aceptado en textura y sabor en el análisis sensorial.

Cuadro 10. Análisis sensorial para el atributo aceptación general.

Tratamiento	Descripción	Media±D.E*
Control	Sin empaque y sin atmósfera	3.81±0.27 ^a
BDV	Empacado en bolsa Dimex® sin Oxígeno	3.56±0.25 ^{ab}
BACO ₂	Empacado en bolsa Alico® con Dióxido de Carbono	3.31±0.27 ^{bc}
BDCO ₂	Empacado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono	3.17±0.27 ^{bc}
BAV	Empacado en bolsa Alico® sin Oxígeno	3.06±0.27 ^c

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los resultados del análisis microbiológico fueron los siguientes:

4.3.3 Coliformes Totales

Los resultados muestran que en el día 0 no existió diferencia significativa entre los tratamientos y los recuentos de coliformes totales estaban dentro del límite aceptados para el día de producción 100 UFC/g (Legnani y Leoni 2004; Ertuck y Picha 2005). En el día 7 los tratamientos si mostraron diferencias significativas (P< 0.05) siendo el mejor tratamiento el empackado en bolsa Dimex® con Dióxido de Carbono (BDCO₂) con los conteos mas bajos de coliformes totales, ya que según Phillips (1996), el CO₂ tiene un poder inhibitorio sobre el crecimiento de bacterias y hongos. Los tratamientos con el conteo más alto de coliformes fueron el BDV y BVA. (Cuadro 11). Al día 7 todos los tratamientos no sobrepasaron los limites establecidos 100 UFC/g (Morales 2005).

Al día 14 no se realizaron análisis de coliformes totales por que los tratamientos estaban fuera de los limites permitidos para el consumo, los empaque estaban inflados y los tratamientos presentaban exudado, perdida de firmeza y mal olor debido a la fermentación acido láctica o acética característica en las zanahorias frescas cortadas envasadas en atmósferas modificadas (Jacxsens *et. al.* 1999).

Cuadro 11. Análisis microbiológicos de coliformes totales UFC/g.

Tratamiento	Día 0 Media±D.E*	Día 7 Media±D.E*
BDCO ₂	82.22±0.53 ^{a(x)}	90.22±0.53 ^{a(y)}
BACO ₂	82.22±0.53 ^{a(x)}	93.17±0.53 ^{b(y)}
BDV	82.22±0.53 ^{a(x)}	96.86±0.53 ^{c(y)}
BAV	82.22±0.53 ^{a(x)}	98.09±0.53 ^{c(y)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

5. CONCLUSIONES

- En los análisis físicos el color del producto en términos L y a* no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero si existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tiempo, dando un producto con tonalidad anaranjado mas oscuro. Para el valor de b* no existió diferencia estadística entre tratamientos ni en el tiempo.
- En la textura existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos y en el tiempo. Dando un producto más blando en los días 7 y 14. Los mejores tratamientos al día 7 fueron los empacados en Dióxido de Carbono y el mejor tratamiento al día 14 fue el BDCO₂.
- De acuerdo a los resultados del análisis sensorial se puede concluir que para los atributos color, textura y sabor los mejores tratamientos fueron el control, BDV y BACO₂, en el atributo aroma los mejores tratamientos fueron el control, BDV y BDCO₂ y en aceptación general los mejores tratamientos fueron los control y BDV.
- El resultado del análisis microbiológico mostró que existió diferencias significativas entre tratamientos y a través del tiempo, siendo el mejor tratamiento el BDCO₂ ya que mostró niveles más bajos de crecimiento de coliformes totales en el día 7 y todos los tratamientos estaban aptos para el consumo según los limites establecidos de coliformes totales 100 UFC/g.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones posteriores utilizando diferentes tipos de sanitizantes para controlar el conteo de coliformes totales y alargar la vida útil del producto.
- Realizar análisis de concentración de gases usando el equipo de cromatografía de gases.
- Realizar otros tipos de análisis microbiológicos además de coliformes totales y determinar la vida de anaquel del producto.
- Agregar a los análisis físicos y microbiológicos un tratamiento control para poder obtener mejores resultados.

7. LITERATURA CITADA

Acevedo, L., C. Mendoza y R. Oyón. 2001. Coliformes totales, fecales y algunas enterobacterias, *Sthaphylococcus* sp. y hongos en ensaladas para perro calientes expandidas en la ciudad de Maracay, Venezuela. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51(4): 366-370.

Barry, C., J.M. Pacussi, D. O'Beirne. 2000. Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. *Journal of Food Science*. 65(4): 726-730.

Cantwell M, y Suslow. 2002. Postharvest Handling Systems: Fresh-Cut Fruits and Vegetables. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University Of California.

Castro, J., M. Rojas, M. Noguera, Y. Santos, E. Zúñiga y A. Gómez. 2006. Calidad sanitaria de ensaladas de verduras crudas, listas para su consumo (en línea). *Revista Industria Alimentaria*. 7: 9-21. Consultado el 22 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/alimentaria/JuliAgosto06/Calidad.pdf?phpMyAdmin=alj69rg0MYWn18mTYfYRyPHZ2T4>

Colomé, E. (1999) Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósfera modificada. *Alimentos, equipos y tecnología*, 5, Págs. 109-113.

Cooperhouse, H.L. (2003) State of art operations: opportunities in modified atmosphere packaging. (en línea). *FoodSafety Magazine*, octubre/ noviembre. Consultado el 30 de septiembre de 2009. Disponible en: www.foodsafetymagazine.com/issues/0310/colstate0310.htm

Ertuck E, D H Picha (2005) Microbiological quality of fresh-cut sweet potatoes. *Internatl. J. Food Sci. Technol*. 40:1-9.

Farber J.N., L.J. Harris, M.E. Parish, L.R. Beuchat, T.V. Suslow, J.R. Gorney, E.H. Garrett, F.F. Busta. 2003. Microbiological Safety of Controlled and Modified Atmosphere Packaging of Fresh and Fresh-Cut Produce. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2:142-160.

Fernández, L. 2001. La trazabilidad en la confección y el comercio hortícola. *Revista Horticultura Internacional* 1: 14-19.

Gil, M., E. Aguayo and A. Kader. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4284-4296.

González, G., S. Ruiz, H. Soto, F. Vázquez, R. Pacheco and C. Yi. 2005. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 377-383.

INFOAGRO, 2002. Taxonomía de la zanahoria. (en línea). Consultado el 2 de Octubre del 2009. Disponible en: <http://abcagro.com/hortalizas/zanahoria.asp>.

Jacxsens L, F Devlieghere, J Debevere (1999) Validation of a systematic approach to design EMA packages for fresh cut produce. *Food Sci. Technol.* 32:425-432.

Legnani O P, E Leoni (2004) Effect of processing and storage conditions on the microbiological quality of minimally processed vegetables. *Internatl. J. Food Sci. Technol.* 39:1061-1068.

Morales, G. 2005. Desarrollo de un prototipo de ensalada empacada lista para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana. Proyecto Especial del Programa Agroindustrial, Zamorano, Honduras. 42 p.

Ohlsson, T. 1994. Minimal processing preservation methods of the future: an overview. *Trends in Food Science and Technology* 5 (11): 341-344.

Piagentini, A., D. Güemes and M. Pirovani. 2003. Mesophilic aerobic population of fresh cut spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. *Journal of Food Science* 68 (2): 602- 606.

Phillips C. 1996. Modified atmosphere packaging and its affects on microbiological quality and safety of produce. *J. Food Sci. and Technol.* 31: 28-31.

Rivera, J., F. Vázquez, F. Ayala, R. Sotelo and A. González. 2005. Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. "Maradol". *Journal of Food Science* 70: s482-s489.

Rodríguez, C., Q. Guzmán, C. Casóliba y M. Coronel. 2006. Calidad microbiológica de vegetales mínimamente procesados. Experiencias en el noroeste Argentino. *Revista del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (UNSE)* 22: 99-106.

Soliva, R. and O. Martín. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. *Trends in Food Science and Technology* 14(9): 341- 353.

Shewfelt R (1994) Quality characteristics of fruits and vegetables. In: *Minimal Processing of Food and Process Optimization: An Interface*. R P Singh, F A R Oliveira (eds). CRC Press. Boca Raton FL. pp: 171-189.

Tornadijo, M^a E. y Fresno, J.M. (2004) Fundamento, tecnología y aplicaciones del envasado de los alimentos en atmósfera modificada. *Alimentación, equipos y tecnología*, 189, Págs.101-109.

8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación análisis sensorial.

Evaluación Sensorial Agroindustria

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

- Limpie su paladar con agua y galleta antes y después de cada muestra.
- Marque con una X el número según su evaluación de las muestras de acuerdo a los atributos de: color, aroma, textura, sabor y aceptación (1 significa muy desagradable, 3 significa no me gusta ni me disgusta, 5 significa muy agradable).

Muestra 911

Color

Aroma

Textura

Sabor

Aceptación

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

Muestra 211

Color

Aroma

Textura

Sabor

Aceptación

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

Muestra 277

Color

Aroma

Textura

Sabor

Aceptación

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

Muestra 122

Color

Aroma

Textura

Sabor

Aceptación

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

Muestra 133

Color

Aroma

Textura

Sabor

Aceptación

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5