

**Evaluación de tres atmósferas modificadas
con N₂ y CO₂ en el empaque para queso
cheddar en la Empresa Universitaria de
Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras**

Remigio Esteban Salazar Urvina

Honduras
Diciembre, 2006

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Evaluación de tres atmósferas modificadas
con N₂ y CO₂ en el empaque para queso
cheddar en la Empresa Universitaria de
Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras**

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

Presentado por:

Remigio Esteban Salazar Urvina

Honduras
Diciembre, 2006

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos.
Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Remigio Esteban Salazar Urvina

Honduras
Diciembre, 2006

Evaluación de tres atmósferas modificadas con N₂ y CO₂ en el empaque para queso cheddar en la Empresa Universitaria de Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras

Presentado por:

Remigio Esteban Salazar Urvina

Aprobado:

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

Julio López Cintrón. M.Sc.
Asesor

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

DEDICATORIA

A Dios por cobijarme siempre con su infinito amor.

A mis padres Remigio y Mirtha por darme todo el amor y dedicación durante todos y cada uno de los momentos difíciles de mi carrera.

A mis hermanos Mónica y Alexis que siempre han sido mis guías, fueron y serán un ejemplo a seguir para mí.

A Maribel Polanco por ser la mujer más sensacional que he conocido, a la que amo y que durante estos años ha sido mi gran amiga y novia.

A David Pazmiño por ser mi amigo incondicional y darme fuerza para seguir adelante en cada uno de mis tropiezos.

AGRADECIMIENTOS

A Josué Arias por darme su confianza y brindarme su generosa amistad.

Al Dr. Javier Bueso por compartir apoyar mis ideas y enseñarme que la vida esta llena de moralejas.

Al Dr. Raúl Espinal por ser más que un profesor, ser un amigo y verdadero colega.

Al Dr. Luís Osorio por su sincera amistad, apoyo y consejo en toda ocasión.

Al Ing. Raúl Guerrón por sus consejos y por brindarme su hombro cuando lo necesité

A todo el personal de la planta de lácteos por colaborar con este estudio.

A mis amigos Francisco Paz y José Rubio por siempre estar pendientes de mi a cada momento.

A mi abuela Piedad por darme su amor y consejos llenos de sabiduría durante todo este tiempo.

A David Castro, Mijail Enríquez, Francisco Vásquez, Luís Cano, Irene y Sofía Gavilanes por demostrarme que la amistad no tiene límites.

A mis colegas zamoranos.

RESUMEN

Salazar, R. 2006. Evaluación de tres atmósferas modificadas con N₂ y CO₂ en el empaque para queso cheddar en la Empresa Universitaria de Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, Honduras. 40 p.

La tecnología de empaque se ha desarrollado rápidamente a través de las últimas décadas, el sistema de empaque con atmósfera modificada es una alternativa para alargar la vida útil y dar un mayor valor agregado a los productos. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de queso Cheddar Zamorano bajo atmósfera modificada en el empaque. Se evaluó el efecto de tres atmósferas modificadas con N₂ y CO₂ (100% N₂, 100% CO₂ y 50% N₂ -50 % CO₂) en rancidez, color y textura durante 45 días de almacenamiento a 4 °C y 86.7% de humedad relativa. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo con el objetivo de evaluar los cambios durante el tiempo de almacenamiento, con el programa SAS[®] V8. El tratamiento con una concentración de N₂ del 100% retrasó significativamente cambios en los atributos sensoriales del queso cheddar. Se detectó un deterioro significativo en color debido a la presencia de CO₂ en el empaque. Purificar el CO₂ es una de las recomendaciones para eliminar posibles hidrocarburos volátiles presentes en el gas.

Palabras clave: atmósfera modificada, índice de peróxidos, rancidez, TBA, textura.

CONTENIDO

| | | |
|-------------------------|--|----------|
| Portadilla | | i |
| Autoría..... | | ii |
| Página de firmas | | iii |
| Dedicatoria | | iv |
| Agradecimientos..... | | v |
| Resumen | | vi |
| Contenido | | vii |
| Índice de Cuadros..... | | ix |
| Índice de Figuras | | x |
| Índice de Anexos..... | | xi |
| | | |
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | | |
| 2. | REVISIÓN DE LITERATURA | 2 |
| 2.1. | GENERALIDADES..... | 2 |
| 2.1.1. | El contenido graso dentro del envase | 2 |
| 2.1.1.1. | Oxígeno | 2 |
| 2.1.1.2. | Dióxido de Carbono | 3 |
| 2.1.1.3. | Nitrógeno..... | 3 |
| 2.2. | TÉCNICAS DE EMPAQUE..... | 3 |
| 2.2.1. | Empaque al vacío | 3 |
| 2.2.2. | Empaque con atmósfera modificada | 3 |
| 2.2.2.1. | Ley de gases Boyle-Mariot..... | 4 |
| 2.3. | RANCIDEZ EN ALIMENTOS | 4 |
| 2.3.1. | Peróxidos | 4 |
| 2.3.2. | Malonaldehídos | 5 |
| 2.4. | INFLUENCIA DE ATMÓSFERA MODIFICADA EN ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO..... | 5 |
| 2.4.1. | Concentración de gases | 5 |
| | | |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 6 |
| 3.1. | LOCALIZACIÓN | 6 |
| 3.2. | MATERIALES..... | 6 |
| 3.3. | EQUIPO | 7 |
| 3.4. | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 7 |
| 3.5. | DISEÑO DE EMPAQUE..... | 7 |
| 3.6. | ANÁLISIS SENSORIAL..... | 9 |
| 3.7. | ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS..... | 9 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.7.1. | Textura..... | 9 |
| 3.7.2. | Color..... | 10 |
| 3.7.3. | Índice de Peróxidos | 10 |
| 3.7.4. | Ácido Tiobarbitúrico (TBA) | 11 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 12 |
| 4.1. | PROCESO DE EMPACADO ATM PARA QUESO CHEDDAR..... | 12 |
| 4.2. | ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS..... | 12 |
| 4.2.1 | Índice de Peróxidos | 13 |
| 4.2.2 | Ácido Tiobarbitúrico o TBA | 14 |
| 4.2.3. | Rancidez Sensorial | 15 |
| 4.3. | COLOR | 15 |
| 4.3.1. | Escala L..... | 16 |
| 4.3.2 | Escala a..... | 16 |
| 4.3.3 | Escala b..... | 17 |
| 4.3.4. | Color en panel sensorial | 18 |
| 4.4. | TEXTURA | 19 |
| 5. | CONCLUSIONES | 20 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 21 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 22 |
| 8. | ANEXOS | 24 |

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Descripción de los tratamientos..... | 7 |
| 2. | Cambio en textura a través del tiempo | 19 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Proceso de empaçado con atmósfera modificada..... | 4 |
| 2. | Sistema de empaque | 8 |
| 3. | Empacadora al vacío de cámara simple..... | 9 |
| 4. | Pasos adicionales en flujo de procesos para empaçado ATM..... | 12 |
| 5 | Cambio del índice de peróxidos en queso Cheddar..... | 13 |
| 6 | Cambio del valor TBA a través del tiempo | 14 |
| 7 | Rancidez detectada por panel sensorial..... | 15 |
| 8 | Cambio de la luminosidad (L) a través del tiempo..... | 16 |
| 9 | Cambio de la intensidad del color rojo a través del tiempo | 17 |
| 10 | Cambio en escala b a través del tiempo..... | 18 |
| 11 | Cambio en la percepción del color a través del tiempo..... | 18 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Ficha técnica de CO ₂ utilizado en el estudio | 25 |
| 2. | Hoja de evaluación sensorial | 26 |
| 3. | Flujo de Proceso del Queso Cheddar Zamorano | 28 |

1. INTRODUCCIÓN

A inicios de 1930 se dio el primer paso para controlar la atmósfera de almacenamiento en frutas y vegetales, décadas antes se había descubierto las bondades del dióxido de carbono (CO₂) al reducir el crecimiento bacteriano en carne. Durante este tiempo surgen compañías como Whirlpool[®] y Cryovac[®] que generaron y aún generan tecnología a gran escala para mantener las características de los productos.

Cryovac[®] desarrolló el primer sistema de empaçado al vacío en 1960 el cual revolucionó la industria y el mercado de productos perecederos debido al aumento significativo de la vida útil de los alimentos: cárnicos, lácteos, frutas y vegetales. Los procesadores de productos lácteos buscaron desarrollar máquinas especiales para empaçar quesos con el propósito de controlar e inyectar gases dentro de los empaques y analizar el comportamiento de los productos bajo estas características. Paralelamente, se desarrolló la industria de los plásticos para mantener el gas o mezcla de gases dentro del empaque por un tiempo prolongado.

La administración de procesos y el desarrollo de nuevos productos son factores decisivos para una empresa que mantiene altos estándares de calidad. La empresa Universitaria de Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras deja de percibir USD 6784.522 al mes por concepto del reproceso de aproximadamente 1200 kg. de queso Cheddar, que representa un costo adicional para la planta. El desarrollo de un nuevo producto empaçado con atmósfera modificada evitaría ambos problemas desarrollando un flujo adicional al momento de corte del queso cheddar y brindando un mayor valor agregado al producto.

Este estudio buscó analizar el comportamiento del queso Cheddar Zamorano empaçado bajo atmósfera modificada, determinar la atmósfera ideal con nitrógeno y/o dióxido de carbono en el empaque para mantener sus atributos sensoriales del producto a los quince, treinta y cuarenta días de empaçado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

La vida de anaquel de un producto se ve influenciada por varios factores como técnica de empaqueo, materiales del empaque, condiciones de almacenamiento, entre otros; los cuales producen cambios en la calidad de los productos a través del tiempo, el control de estas variables dan como consecuencia un producto con mayor valor agregado.

Según Murno (2003), esto es ilustrado por el llamado "efecto barrera", que es de fundamental importancia para la preservación de alimentos dado que las barreras en un producto estable controlan los procesos de deterioro, intoxicación y fermentación no deseados.

2.1.1. El contenido grasoso dentro del envase

Los gases y sus concentraciones deben ser conocidos para cada uno de los productos, donde principalmente hay combinaciones de diferentes gases como son el dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2), y oxígeno (O_2). El dióxido de carbono es importante debido a su efecto bacteriostático sobre los microorganismos que crecen a temperaturas de refrigeración y su efecto inhibidor en la respiración del producto. El nitrógeno sirve como un gas inerte que reemplaza a otros gases reduciendo su concentración además de evitar el colapso del empaque debido al CO_2 disuelto en el producto. El O_2 inhibe el crecimiento de patógenos anaeróbicos, pero en muchos casos no extiende en forma directa la vida útil del producto (Díaz 2006).

2.1.1.1. Oxígeno

El nivel de oxígeno en el empaque puede ser afectado por muchos factores, como la solubilidad del oxígeno en la formulación, condiciones de proceso, permeabilidad del envase al O_2 , N_2 y CO_2 , rango de consumo de O_2 por los microorganismos y reacciones químicas de los alimentos (Rodríguez 1998).

2.1.1.2. Dióxido de carbono

El CO₂ disminuye los niveles de oxígeno en el empaque, lo que aumenta la vida útil. Una de las teorías propuestas para el papel del CO₂ en el envase, es de formar ácido carbónico en la superficie del alimento. Las células de la superficie disipan energía para poder mantener el pH interno, lo que produce un retardo en el crecimiento de los microorganismos (Díaz 2006).

2.1.1.3. Nitrógeno

Según Díaz (2006), el nitrógeno es un gas inerte, poco soluble en agua y en grasas. Su uso en las atmósferas modificadas es principalmente para desplazar al oxígeno logrando retrasar la oxidación y el enranciamiento. También influye en algunos microorganismos presentes en alimentos perecederos.

2.2. TÉCNICAS DE EMPAQUE

2.2.1. Empaque al vacío

Según Envapack (2006), el envasado al vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas. En el envasado al vacío, existe una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase. Por tanto, cuando el envase es rígido, como un envase metálico o de vidrio, el efecto de la diferencia de presión podría acarrear el ingreso de aire o microorganismos.

2.2.2. Empaque con atmósfera modificada

La técnica de empaque con atmósfera modificada o (MAP por sus siglas en inglés) se define como “el empackado de productos perecederos en una atmósfera que ha sido modificada y cuya composición es diferente a la del aire” (Mullan 2002).

Proceso



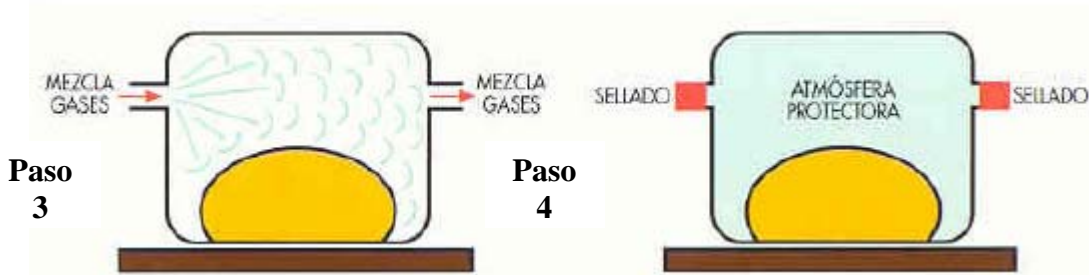


Figura 1. Proceso de empaquetado con atmósfera modificada.

Fuente: Praxair (2006).

En el paso número 1 se empaqueta el producto, en los pasos 2 y 3 se da la inyección de gas o mezcla de gases en el empaque para modificar la atmósfera del mismo y por último el sellado.

2.2.2.1. Ley de gases Boyle-Mariot

A una temperatura dada, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión. De acuerdo a esto, es posible calcular la variación de presión o volumen de un gas al hacer variar una de estas variables, usando la siguiente ecuación (Wikipedia 2006):

$$V_1 P_1 = V_2 P_2$$

2.3. RANCIDEZ EN ALIMENTOS

Cravero (2004), reporta que el deterioro oxidativo de grasas o autooxidación se da por algunos factores como exposición a temperaturas, aire y luz originando compuestos químicos como peróxidos y malonaldehído (MDA) que producen cambios perjudiciales en el alimento (pérdida del valor nutritivo, desarrollo de sabores u olores extraños) y en el organismo (deterioro de lípidos tisulares, inactivación de enzimas, destrucción de membranas e inhibición de síntesis de prostaglandinas que aumentan la coagulación de la sangre en el proceso de aterogénesis, aún en bajas concentraciones).

2.3.1. Peróxidos

Los peróxidos son producidos por el ataque del oxígeno sobre algunos componentes de los alimentos generando radicales libres que destruyen vitaminas liposolubles y reaccionan con uniones sulfhidrilo de las proteínas, reduciendo así el contenido de aminoácidos azufrados. Por otra parte, también se acelera la velocidad de “turnover” (recambio) de vitamina “E” en el organismo, lo que aumenta sus requerimientos (Cravero 2004).

2.3.2. Malonaldehídos

El malonaldehído es un dialdehído volátil generado por descomposición de hidroperóxidos, aldehídos y otros derivados carbonílicos. La susceptibilidad de las diferentes grasas a la rancidez oxidativa varía dependiendo del grado de insaturación de los ácidos grasos, presencia de metales (hierro o cobre) y disponibilidad de antioxidantes. Los factores que aceleran la oxidación son la temperatura, luz, absorción de oxígeno y cierto tipo de envases ya que ejercen influencia sobre la estabilidad de las grasas. Los efectos del consumo de grasas rancias van desde flatulencia, diarreas intensas, hasta arteriosclerosis, hipertrofia del hígado y cáncer (Cravero 2006).

2.4. INFLUENCIA DE ATMÓSFERA MODIFICADA EN ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO

Según Infoagro (2004), la mezcla proporcionada de algunos gases (N_2 y CO_2); posee las cualidades necesarias para evitar la rancidez no-enzimática, ya que evitan el contacto de O_2 en grandes cantidades con las grasas, por ser un pro-oxidante, evitando así su descomposición en otras sustancias.

La exposición prolongada del queso al ambiente da lugar al enranciamiento no enzimático, que deriva en alteraciones de las propiedades sensoriales del alimento y son resultado de la formación de algunos compuestos, tales como peróxidos y aldehídos (Kyzlink 1990).

2.4.1. Concentración de gases

Olarte y otros (2000), reportan que altas concentraciones de CO_2 en el empaque afectan la estructura y sabor debido a la alta solubilidad de éste en la fase acuosa de quesos; mientras que las mezclas gaseosas de 50% N_2 - 50% CO_2 y 60% N_2 - 40% CO_2 no afectan significativamente los atributos sensoriales de los mismos. Sin embargo atributos como textura y apariencia se ven influenciados negativamente.

El efecto sobre el crecimiento y desarrollo de hongos y sus respectivas toxinas son disminuidas considerablemente de acuerdo con Taniwaki y otros (2001), los cuales especifican que mezclas de gases con concentraciones de 40 y 20 % de CO_2 con <0.5% y 1% de O_2 , respectivamente son suficientes para inhibir considerablemente el crecimiento de estos organismos, extendiendo así la vida de anaquel del producto.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El empaqueo y análisis sensorial del producto se llevó a cabo en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) y los análisis químicos y físicos en el Centro de Evaluación de Alimentos (CEA) de Zamorano, Valle del Yeguare, FM.

3.2. MATERIALES

- Queso Cheddar Zamorano (3 meses de maduración en cámara).
- Bolsas BBT40 para vacío.
- Dióxido de Carbono (Anexo 1).
- Nitrógeno grado alimenticio.
- Mangueras de 6.35 mm de diámetro
- Mangueras de 9.525 mm de diámetro
- Abrazaderas metálicas de 9.525 mm de diámetro
- Destornilladores.
- Manómetros.
- Reactivos para análisis químicos:
 - Solución ácido – acético cloroformo relación 3:2 vol/vol respectivamente.
 - Solución saturada de yoduro de potasio.
 - Solución estándar de tiosulfato de sodio 0.1N.
 - Solución de almidón al 1%.
 - 1-butanol
 - Ácido tiobarbitúrico Sigma-Aldrich 99.5%.

3.3. EQUIPO

- Selladora al vacío de cámara simple Multivac[®].
- Espectronic 20[®] Milton Roy Company
- Colorflex HunterLab[®]
- Instron[®] (Modelo 444), Instron Corp.
- Balanza Ohaus-hand held Model HH 120.
- Autocad[®] 2000

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluaron tres atmósferas: 100% N₂, 50% N₂ – 50% CO₂ y 100% CO₂, con cuatro repeticiones en un diseño de bloques completos al azar, DCA. La estabilidad de anaquel de los quesos se evaluó con común análisis de medidas repetidas en el tiempo (0, 15, 30 y 45 días).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

| Tratamiento | Mezcla |
|-------------|--|
| Control | Vacío |
| 1 | N ₂ 100% |
| 2 | N ₂ 50% y CO ₂ 50% |
| 3 | CO ₂ 100% |

3.5. SISTEMA DE EMPAQUE

Se desarrolló un sistema de empaqueo con atmósfera modificada, en el cual se utilizó una empacadora al vacío de cámara simple Multivac[®] (Figura 3) la cual posee sólo una entrada de gas con un rango de presión de 70 kPa a 250 kPa en el puerto de entrada de flujo de gas.

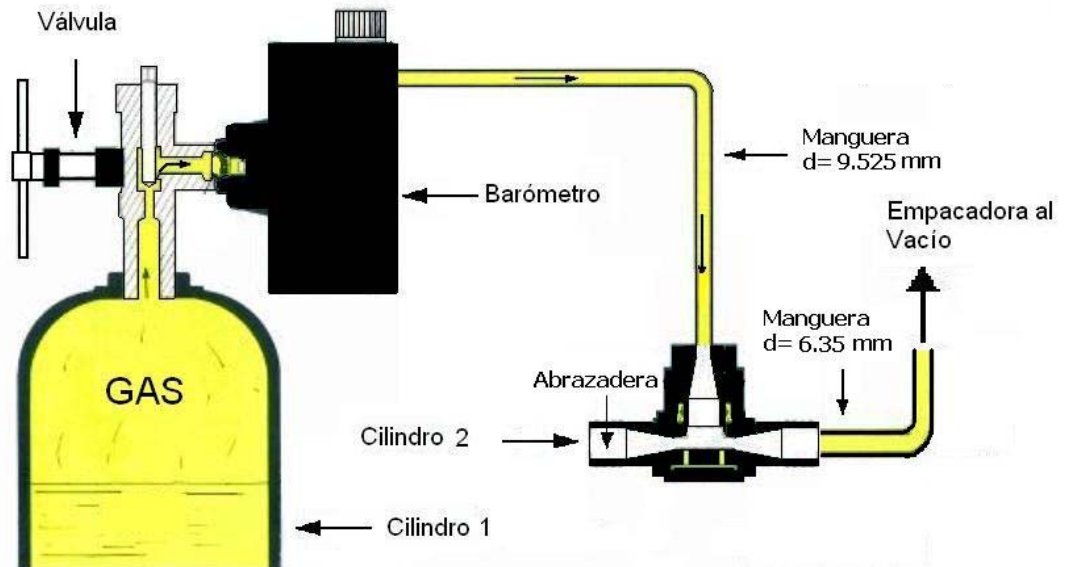


Figura 2. Sistema de empaque

El producto fue empacado en bolsas de 5 capas (LDPE, Nylon, EVOH, Nylon y LDPE) con un grosor de 0.0635 a 0.0508 mm, una permeabilidad de no más de $0.0376 \text{ cm}^3 \text{ O}_2 \times \text{mm}/654.16 \text{ cm}^2 \times \text{día} \times \text{kPa}$, a una temperatura de 27°C y bajo una presión en la selladora al vacío de cámara simple Multivac® de evacuación e inyección de gas en la bolsa de 60 kPa y 37.5 kPa respectivamente.

Se trabajó con presiones de 68.96 kPa individuales para cada tanque de abastecimiento (Figura 2) y una presión total en el sistema de 137.93 kPa para garantizar las concentraciones requeridas en el empaque.

Debido a la Ley de Boyle-Mariot, si se mantiene la presión y temperatura constantes se obtiene el mismo volumen de gas. Las bolsas con los tratamientos descritos anteriormente (Cuadro 1) fueron almacenados en el cuarto frío de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) durante 45 días, a 4°C y 86.7% HR, en bolsas negras para evitar descomposición por exposición a luz.



Figura 3. Empacadora al vacío de cámara simple.

Fuente: Airproducts (2006), Estados Unidos de América

3.6. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial de aceptación, utilizando una escala de calificación de 1 a 5. En el caso del atributo rancidez: 1 muy suave y 5 muy fuerte, y 1 se consideró pálido y 5 opaco para el atributo color (Monroy 2000). Se empleó un grupo de 10 panelistas de diferentes nacionalidades con tendencia de consumo de queso Cheddar Zamorano. Se discutió con los panelistas las metas de este proyecto, indicando método de evaluación y atributos sensoriales anuentes al estudio.

El queso Cheddar empacado a los cero días tenía de 2 a 3 meses de maduración en cámara.

Inmediatamente, la evaluación sensorial se realizó individualmente en la sala de evaluación sensorial situada en el PAID a los 0, 15, 30 y 45 días.

Se utilizaron números aleatorios para nombrar cada muestra.

- Cada cubículo contaba con el material de degustación (galletas de soda y agua como agentes neutralizantes de sabor y aroma en el paladar), lápices y hoja de evaluación con sus respectivas instrucciones.

3.7. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

3.7.1. Textura:

Utilizando el Instron® se midió la fuerza necesaria para cortar el queso. Los datos se expresaron como el promedio de tres mediciones y fueron expresados en Newtons (N).

Procedimiento:

- Encender el equipo al menos treinta minutos antes de cualquier medición
- Realizar la calibración del instrumento
- Ensamblar el accesorio necesario para la medición:

- Acople de guillotina Compression Warner Bratzer Crosshead Speed No. 2.
- Realizar tres repeticiones por cada tratamiento.

3.7.2. Color:

Utilizando el Color Flex Hunter Lab® se midieron los valores de L*, a*, b* que describen los colores de acuerdo a su oposición en un eje de tres coordenadas, tercera dimensión. L* es la claridad y el brillo, es una medida de qué tan claro u opaco es el producto; el eje de a* va del rojo al verde y el eje b* va del amarillo al azul.

Los datos se expresaron como el promedio de 3 mediciones y estarán expresados en valores de L, a y b

Procedimiento:

- Encender el aparato por lo menos media hora antes de iniciar las mediciones.
- Calibrar el equipo con los discos de acuerdo a las indicaciones del software.
- Establecer los parámetros de medición, luminosidad, observación y escala.
- Realizar 3 mediciones de color de cada producto proporcionado usando muestras diferentes. Registrar los valores L, a y b de cada medición.

3.7.3. Índice de Peróxidos:

Para la evaluación de rancidez oxidativa de lípidos se utilizó el método de índice de peróxido, que es la cantidad de peróxidos en la muestra expresada en mili equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa. Los datos se expresaron como mili equivalentes por kilogramo (mEq / kg de muestra).

Procedimiento:

- Extracción de grasa a través del método de Soxhlet.
 - Pesar aproximadamente 5 g de muestra en un erlenmeyer de 250 mL.
- Adicionar 30 mL de solución ácido acético – cloroformo y agitar hasta disolver la muestra.
- Agregar 0.5 mL de solución de KI saturada.
 - Agitar alrededor de un minuto y adicionar 30 mL de agua destilada.
 - Titular la muestra lentamente con la solución de tiosulfato de sodio 0.1 N agitando hasta que se pierda el color amarillo.
 - Adicionar 1 mL de solución de almidón y continuar la titulación agitando hasta perder el tenue color azul.
 - Si se utiliza menos de 0.5 mL de tiosulfato de sodio 0.1 N, se repite la titulación con solución al 0.01 N.
 - Correr por duplicado blancos con agua destilada, los cuales deben emplear ≤ 0.1 mL de solución de tiosulfato a 0.1N. Este valor se resta del resultado obtenido de la titulación de la muestra.
 - Realizar los cálculos del índice de peróxido con la siguiente fórmula:
- Índice peróxido (mEq peróxidos/kg) = $S \times N \times 1000 / g$ muestra

Donde,

S, es los mL de tiosulfato de sodio utilizado para titular la muestra (corregido por los blancos).

N, es la normalidad de la solución de tiosulfato usada (0.1 N ó 0.01 N).

3.7.4. Acido Tiobarbitúrico (TBA).

Para la cuantificación de productos secundarios de la rancidez oxidativa de lípidos o malonaldeídos se utilizó el método de TBA, los cuales se expresan como miligramos de malonaldeído por kilogramo de muestra.

Procedimiento:

- Pesar 200 mg de ácido 2, tiobarbitúrico y disolver en 100 mL de 1-butanol. Dejar la solución durante una noche, luego filtrar para remover sustancias insolubles; completar el filtrado a volumen de 100mL con 1-butanol.
- Pesar 0.1 g de muestra en un balón volumétrico de 25 mL.
- Disolver la muestra con un poco de 1-butanol y luego aforar a 25 mL con 1-butanol.
- Transferir 5 mL de la solución de muestra a un tubo seco, añadir 5 mL de TBA, cubrir y agitar en un Vortex[®] por un minuto.
- Poner el tubo en baño maría a 95 °C durante 2 hrs, después remover el tubo y enfriar en agua por 10 minutos hasta alcanzar temperatura ambiente.
- Medir absorbancia de la muestra con espectrofotómetro a 530 nm.
- Usar agua destilada en el tubo de referencia como blanco.
- Calcular el Valor de TBA con la fórmula:

$$\text{Valor TBA} = 50 \times (A - B) / M$$

Donde,

A, es la absorbancia de la muestra.

B, es la absorbancia del blanco (agua destilada).

M, es el peso de la muestra en mg.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROCESO DE EMPACADO ATM PARA QUESO CHEDDAR

El procesamiento de queso cheddar en la Empresa Universitaria de Industrias Lácteas de Zamorano, Honduras posee un flujo estipulado para el empacado al vacío (Anexo 3).

Los siguientes pasos fueron desarrollados durante este estudio para la maximización del proceso de empacado dentro de esta unidad productiva y el desarrollo de un nuevo producto.

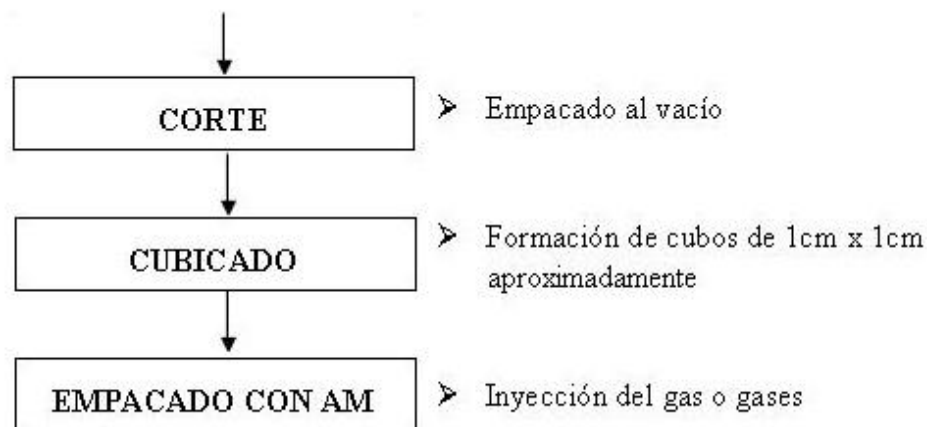


Figura 4. Pasos adicionales en flujo de procesos para empacado ATM

4.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Al día cero no se pudo evaluar el efecto de los tratamientos sobre las unidades experimentales debido a que el tiempo de exposición a la mezcla de gases no es significativo para encontrar algún cambio en el queso. Se tomó datos de los análisis del testigo como punto de partida para comprar los puntos iniciales de cada uno de los respectivos análisis físico-químicos.

4.2.1. Índice de peróxidos

Se reportó al día cero un valor promedio de índice de peróxidos de 18.58 mEq de peróxidos/kg de queso, debido a su estado de maduración de tres meses en cámara en la empresa universitaria. Ésta medida fue tomada del queso empaçado al vacío y se tomó como estándar para todos los análisis debido al corto tiempo de exposición del queso a los gases ya que no era suficiente para afectar consistentemente sus atributos. La rancidez en quesos es un factor hasta cierto punto deseado que imparte características sensoriales al producto final.

Se determinó mediante una separación de medias en cada uno de los tiempos 0, 15, 30 y 45 días con un ajuste al modelo lineal de 96.2%, un coeficiente de variación de 10.12 % y $P < 0.001$ que el control y el tratamiento con 100% de N_2 experimentaron cambios significativos en los atributos sensoriales deseados en el producto. El tratamiento con 100% de N_2 retrasó la formación de peróxidos durante los 15 y 30 días.

En los tratamientos con 50% N_2 -50% CO_2 y 100% CO_2 se presentó un aumento significativo ($P < 0.001$) en el índice de peróxidos con respecto al control, ya que se determinó que existía una interacción ($P < 0.001$) significativa entre el tratamiento y tiempo de exposición del producto a la mezcla de gases.

Los tratamientos con 50% N_2 -50% CO_2 y 100% CO_2 presentaron un comportamiento ($P < 0.001$) similar a los 15 días

La fase final de la oxidación del queso cheddar se ve representada en la Figura 5 expresada en cantidad de mEq de peróxido por kg. de muestra a través del tiempo.

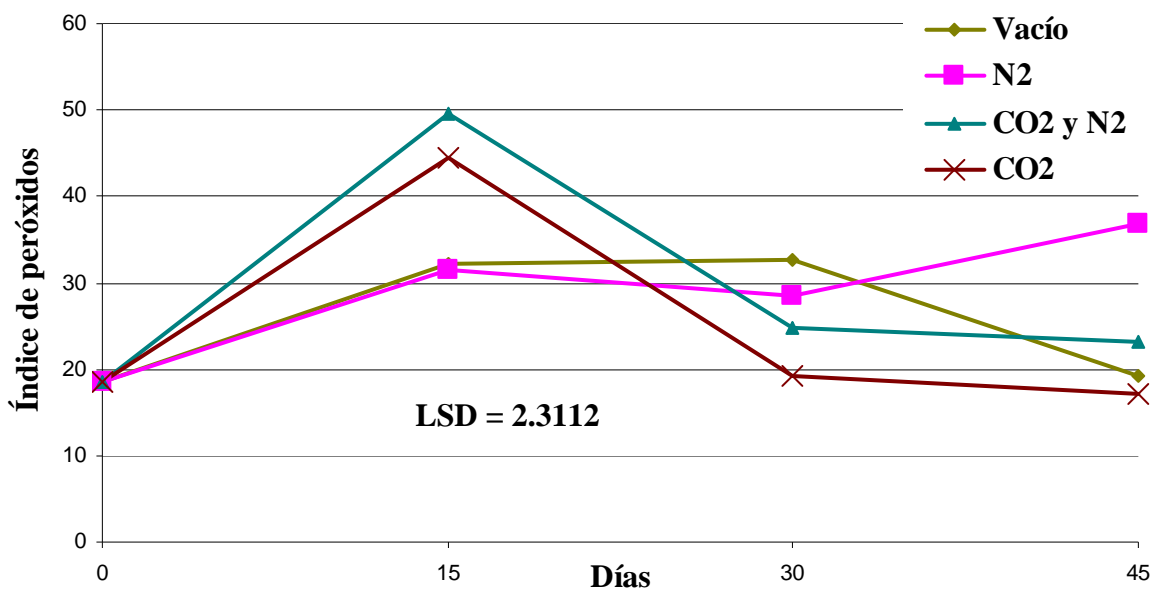


Figura 5. Cambio del índice de peróxidos en queso Cheddar

4.2.2. Ácido Tiobarbitúrico o TBA

El valor TBA promedio expresado por el control al día cero fue 0.0019 mg de malonaldehído por kg de queso, el cual fue bajo comparado con el valor obtenido por Zhang (1991), que fue de 0.05 mg de malonaldehídos por kg de queso analizado cuando este tenía aproximadamente 3 a 4 meses de maduración.

Se obtuvo un ajuste al modelo lineal de 98.2% y un coeficiente de variación de 13.25 %. El incremento en la concentración de malonaldehídos a través del tiempo en el queso empacado con 100% CO₂ fue significativo ($P < 0.001$) y acelerado con respecto al control (Figura 6).

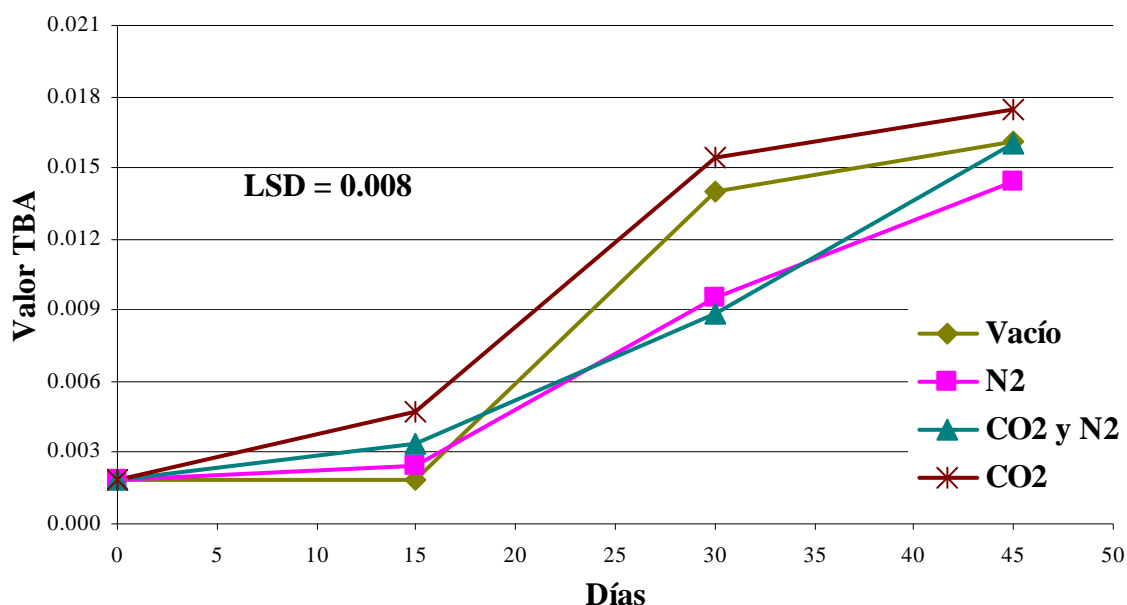


Figura 6. Cambio del valor TBA a través del tiempo

Se observó que los valores de TBA de los tratamientos se incrementaron significativamente ($P < 0.001$) a través del tiempo, mientras que el comportamiento del valor de índice de peróxidos decreció significativamente ($P < 0.001$) después de los quince días, comprobando que todos los tratamientos llegaron a la fase final de rancidez a los 45 días de estudio.

El tratamiento con 100% N₂ desarrolló la menor concentración de malonaldehídos con respecto al resto de tratamientos, lo cual indica que retrasó el enranciamiento del queso Cheddar.

4.2.3. Rancidez Sensorial.

Los panelistas detectaron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre el control y el tratamiento de 100% CO_2 a los 15 días, a su vez no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.001$) entre los tratamientos a los 30 y 45 días. Cabe recalcar que el coeficiente de variación fue del 30.72% debido al número de participantes en el panel y la falta de tiempo para capacitarlos.

Observando el comportamiento descrito por las Figuras 5 y 6 comparado con la Figura 7 se relaciona el aumento en rancidez detectado por el panel ($P < 0.001$) con los valores de TBA e índice de peróxidos en el tiempo.

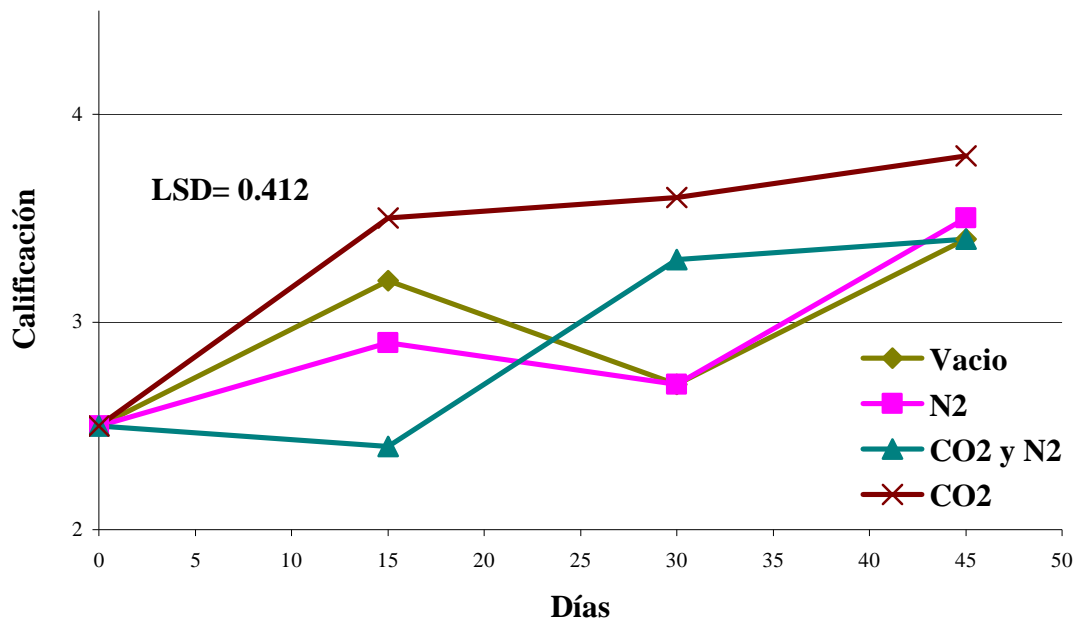


Figura 7. Rancidez detectada por panel sensorial

4.3. COLOR.

Al igual que el anterior parámetro físico, se tomó como punto de partida los valores del análisis realizado a los cero días al control ya que el tiempo de exposición del queso con el gas, no era significativo para cambiar este atributo. El color es un parámetro relacionado con la calidad de muchos aspectos de un producto tal como el ataque microbiano y rancidez de grasas.

4.3.1. Escala L.

La Figura 8 ilustra el comportamiento del queso cheddar a través del tiempo y el incremento en luminosidad durante el tiempo de estudio.

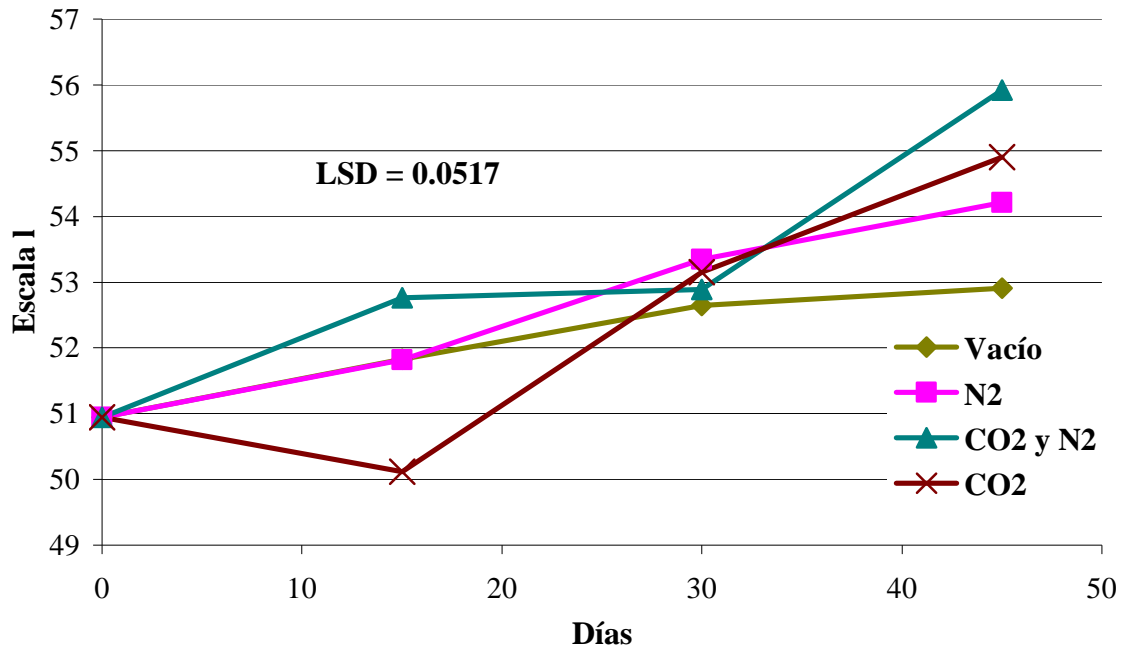


Figura 8. Cambio de la luminosidad (L) a través del tiempo.

Como resultado de un análisis de medias con una diferencia mínima significativa y un ajuste al modelo lineal de 98% y una diferencia mínima significativa de 0.0517 (Figura 8) se encontró que los tratamientos con 50% N₂-50% CO₂ y 100% CO₂ incrementaron significativamente su luminosidad durante el tiempo de almacenaje posiblemente debido a la fase final de rancidez del queso cheddar. El tratamiento que mantuvo las características a través del tiempo comparado con el control fue 100% N₂ a pesar de haber reportado diferencias significativas.

4.3.2. Escala a

En la Figura 9 se observa el decrecimiento de color rojo en el tiempo por la presencia de gases en el empaque

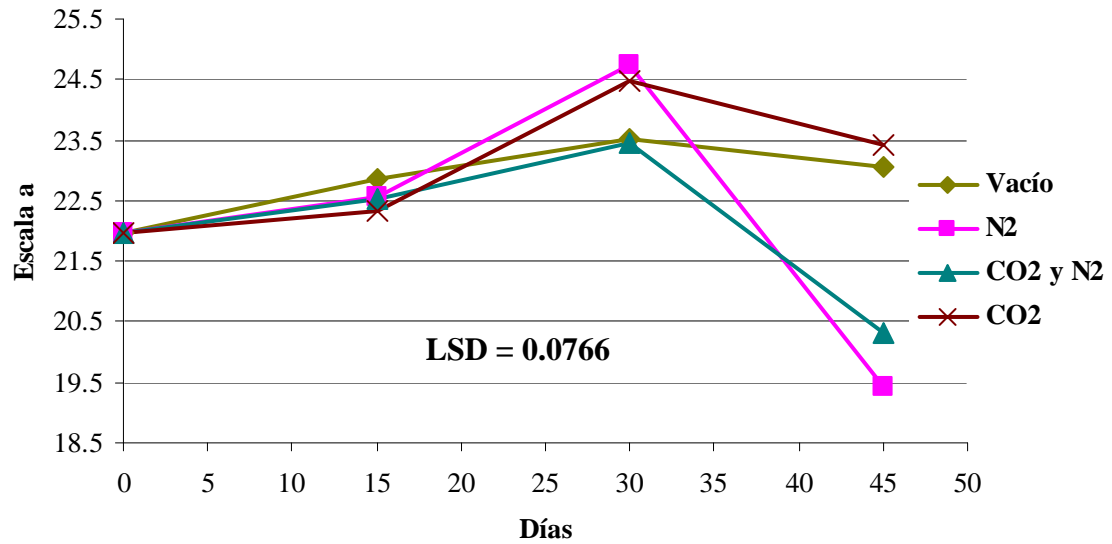


Figura 9. Cambio de la intensidad del color rojo a través del tiempo.

Mediante el uso de una separación de medias con un ajuste al modelo lineal de 98.7 % y una diferencia mínima significativa de 0.0766 entre tratamientos, se encontraron diferencias significativas en la tonalidad rojo por la presencia de un gas en el empaque. El tratamiento con 100% CO₂ retrasó el deterioro del color en la escala (a), puede ser debido a la inhibición parcial de microorganismos. El tratamiento con 100% N₂ fue el tratamiento que más deterioró el color rojo.

4.3.3. Escala b.

La Figura 10 muestra el cambio en color amarillo a través del tiempo por el efecto de un gas presente en el empaque.

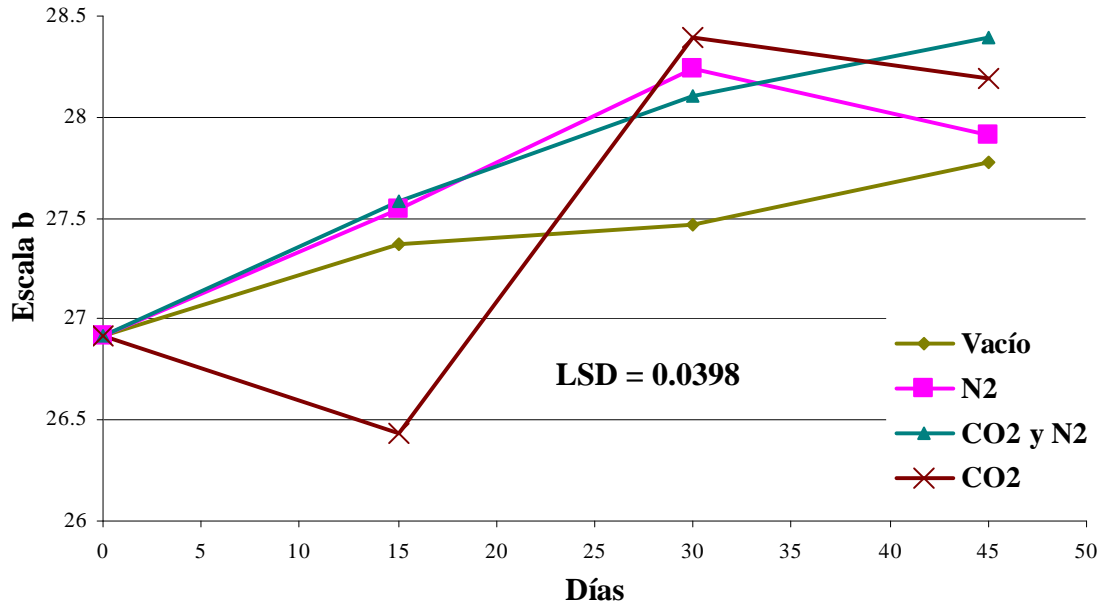


Figura 10. Cambio en escala b a través del tiempo.

Los tratamientos presentaron un efecto significativo en la tonalidad amarilla por la presencia de un gas en el empaque. El tratamiento que retrasó significativamente el deterioro del color fue la atmósfera modificada con 100% CO₂. Los tratamientos de 50% N₂-50% CO₂ y 100% N₂ afectaron negativamente la tonalidad amarilla (Figura 10) durante los 45 días de evaluación.

4.3.4. Color en panel sensorial

El panel de evaluadores fue capacitado en la detección del color estipulado por la escala

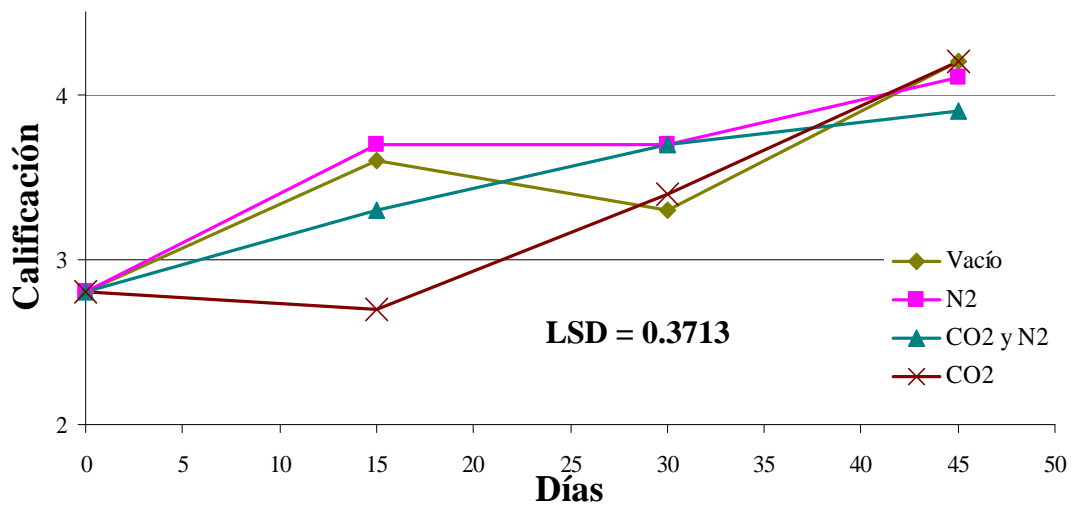


Figura 11. Cambio en la percepción del color a través del tiempo.

Los panelistas no identificaron diferencias significativas $P > 0.001$ entre tratamientos a los 0, 15, 30 y 45 días, pero si detectaron cambios significativos $P < 0.001$ entre tiempos de evaluación, posiblemente debido a que el tiempo de entrenamiento de los panelistas no fue suficiente.

Comparando el comportamiento de las Figuras 8, 9 y 10 con la Figura 11 se puede decir que los panelistas reconocieron el cambio ($P < 0.001$) negativo en color así como el descenso en la tonalidad roja (Escala a).

4.4. TEXTURA

Se registraron las condiciones iniciales y finales en textura (mediante el instrumento Instron para determinar algún cambio apreciable, por efecto del tratamiento, en las condiciones físicas del queso cheddar.

Cuadro 2. Cambio en textura a través del tiempo¹.

| Días | Fuerza (N) | Estrés (Pa) | %Deformación |
|-------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 18.0000 a | 45.000 a | 17.233 b |
| 45 | 10.5625 b | 25.000 b | 44.608 a |
| HSD | 1.0221 | 3.6251 | 5.0864 |

¹ Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Existieron diferencias significativas entre las condiciones iniciales y finales, no se identificó diferencias significativas entre tratamientos debido a la presencia de un gas en específico en el empaque.

5. CONCLUSIONES

El tratamiento con 100% de N₂ en el empaque preservó las características del queso Cheddar durante los 45 días de evaluación.

El queso Cheddar empacado con atmósfera modificada con 100% N₂ presentó el menor grado de rancidez a los 45 días de evaluación.

La rancidez del queso cheddar detectada por los panelistas aumentó significativamente durante los cuarenta y cinco días de evaluación.

El queso Cheddar empacado con 100% de CO₂ preservó el color durante el período de evaluación.

6. RECOMENDACIONES

Purificar el CO₂ antes del empaçado debido a los hidrocarburos volátiles que este puede tener.

Realizar pruebas de planta para determinar el tiempo óptimo del proceso de empaçado.

Diferenciar los recortes de queso cheddar para tener un producto estándar.

Realizar pruebas de mercado para muestrear la anuencia de compra del nuevo producto.

Realizar pruebas microbiológicas para obtener un indicador de degradación biológica del queso Cheddar.

Analizar el comportamiento con diferentes mezclas de gases que reduzcan el costo y uso de CO₂.

7. BIBLIOGRAFÍA

Airproducts. (2006). Freshline[®] Guide to Map, (en línea). Disponible en: <http://www.airproducts.co.uk/food/MAP/guide-to-MAP/MAP-machines.asp>. Accesado Agosto 10, 2006.

Cravero y otros (2004). Microorganismos Patógenos y Grasas Oxidadas en Emparedados, (en línea). Disponible en: http://www.respyn.uanl.mx/v/4/articulos/microorganismos_patogenos.htm. Accesado Septiembre 5, 2006

Díaz, I y Vidal, A. (2006). Envases Activos e Inteligentes, (en línea).Disponible en: http://www.calidadalimentaria.net/envases_inteli.php. Accesado Septiembre 25, 2006.

Envapack. 2003. Nuevas ideas para mantener fresco su producto (en línea). Disponible en: http://www.envapack.com/tipos_de_empaques_224.html. Accesadp Agosto 25, 2006.

Infoagro. 2004. Tecnología Del Envasado En Atmósferas Modificadas (en línea). Disponible en: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/ensado2.asp. Accesado Septiembre 19, 2006.

Kyzlink, V. 1990. Principles of food preservation 18 jun 2005. Czechoslovakia. Praga Chapter 1, 125p.

Monroy, L. 2000. Guía práctica del equipo de juzgamiento de productos lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana. p33

Mullan, W. M. A. 2002. Science and technology of modified atmosphere packaging. (en línea). Disponible en: <http://www.dairyscience.info/map-science.asp>. Accesado Octubre 24, 2006

Murno, H. 2003. Tecnología de Barreras. (en línea) Disponible en: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyuVFFlyZfCrGMAfA.php#superior>. Accesado Septiembre 13, 2006

Olarte, C y otros. 2000. A proposed methodology to determine the sensory quality of a fresh goat's cheese (Cameros cheese): application to cheeses packaged under modified atmospheres. *Food Quality and Preference*, Vol. 12, Issue 3, Pages 163-170

Praxair, 2006. Extendapak[®] Envasado en Atmósfera Protectora (en línea). Disponible en: [http://www.praxair.com/praxairSpain.nsf/d63afe71c771b0d785256519006c5ea1/097606bb7c75fd5885256f8e00536f2e/\\$FILE/EXTENDAPAK-WEB.pdf](http://www.praxair.com/praxairSpain.nsf/d63afe71c771b0d785256519006c5ea1/097606bb7c75fd5885256f8e00536f2e/$FILE/EXTENDAPAK-WEB.pdf). Accesado Septiembre 29, 2006

Rodríguez, M. 1998. Envasado de Alimentos Bajo Atmósfera Protectora (en línea). Disponible en: http://www.indexnet.santillana.es/rcs/_archivos/Documentos/formacionpro/envasado.pdf . Accesado Septiembre 25, 2005.

Taniwaki, M. y otros. 2001. Growth of fungi and mycotoxin production on cheese under modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology* Vol. 68, Issues 1-2, Pages 125-133

Wikipedia. 2006. Leyes de proporcionalidad en los gases. (en línea). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Gas>. Accesado Agosto 28, 2006

Zhang, D. y otros. 1991. Iron Fortification of Process Cheddar Cheese, *Journal of Dairy Science* Vol. 74, No. 2.

8. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de CO₂ utilizado en el estudio.

| Atributo | Concentración | Límites |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Pureza | 99.99% | no menos de 99.9% v/v |
| Humedad | 0.5ppm | no mas de 20 pmm v/v |
| Total de hidrocarburos volátiles | 0.2ppm | no mas de 20 ppm v/v |

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial**Panel De Evaluación Sensorial de Queso Cheddar**

Nombre _____

Fecha _____

A continuación se le presentan varias muestras de un producto. Por favor evalúe los siguientes atributos sensoriales de dicho producto usando la escala de cinco puntos.

Muestra: _____

Color**1**

Amarillo Pálido

2

Amarillo tenue

3

Amarillo

4

Amarillo oscuro

5

Amarillo Opaco

Nivel de Rancidez**1**

Muy Suave

2

Suave

3

Moderado

4

Fuerte

5

Muy Fuerte

Muestra: _____

Color**1**

Amarillo Pálido

2

Amarillo tenue

3

Amarillo

4

Amarillo oscuro

5

Amarillo Opaco

Nivel de Rancidez**1**

Muy Suave

2

Suave

3

Moderado

4

Fuerte

5

Muy Fuerte

Muestra: _____

Color**1**

Amarillo Pálido

2

Amarillo tenue

3

Amarillo

4

Amarillo oscuro

5

Amarillo Opaco

Nivel de Rancidez**1**

Muy Suave

2

Suave

3

Moderado

4

Fuerte

5

Muy Fuerte

Muestra: _____

Muestra que más le gusto: _____

Observaciones:

Muchas gracias por su valiosa colaboración en este análisis.

Anexo 3. Flujo de producción de queso Cheddar Zamorano.

