

Evaluación de dos temperaturas de ahumado y empaque en atmósferas modificadas en las propiedades físico–químicas y sensoriales del queso Cheddar

**Christian Andrés Bonilla Sánchez
Cristhiam Eugenia Gurdián Curran**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de dos temperaturas de ahumado y empaque en atmósferas modificadas en las propiedades físico–químicas y sensoriales del queso Cheddar

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

Presentado por

Christian Andrés Bonilla Sánchez
Cristhiam Eugenia Gurdián Curran

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Evaluación de dos temperaturas de ahumado y empaque en atmósferas modificadas en las propiedades físico–químicas y sensoriales del queso Cheddar

Presentado por:

Christian Andrés Bonilla Sánchez
Cristhiam Eugenia Gurdían Curran

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor principal

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

Flor Núñez Rueda, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Bonilla, C. y Gurdián, C. 2011. Evaluación de empaque en atmósferas modificadas y humo en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Cheddar Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 37 p.

El queso Cheddar es un queso duro y madurado de color amarillo claro o anaranjado con textura firme, suave y cerosa el cual desarrolla sus características organolépticas en la maduración. El ahumado es un método antiguo para la conservación de alimentos por su efecto bacteriostático y antioxidante. El objetivo general del estudio fue evaluar el efecto de empaque en atmósferas modificadas con nitrógeno y al vacío, así como dos temperaturas de ahumado, en las características físico-químicas y sensoriales del queso Cheddar Zamorano. Se utilizó un diseño experimental de BCA con arreglo factorial (3x2) y medidas repetidas en el tiempo (días 1, 15 y 30); donde se evaluaron dos temperaturas de ahumado (60 y 50 °C durante 60 minutos) y dos atmósferas de empaque (al vacío y 100% nitrógeno); seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 54 unidades experimentales. Se realizaron conteos microbiológicos y un análisis sensorial exploratorio con 12 panelistas para los atributos de apariencia, aroma, textura, acidez, sabor y aceptación general. Finalmente se realizó un análisis de preferencia con 100 personas entre los dos tratamientos más aceptados. El tratamiento más aceptado en Zamorano fue el queso Cheddar sin ahumar seguido del queso ahumado a 50 °C/60 min y empacado al vacío. En el análisis de preferencia en Tegucigalpa no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. El conteo de coliformes en todos los tratamientos y repeticiones fue menor al límite permisible por las normas de ICAITI (2002). Se recomienda desarrollar el queso Cheddar ahumado a 50 °C/60 min y empacado al vacío a un precio de venta de \$4.62 para una presentación de 440 g.

Palabras clave: Cheddarización, humo, nitrógeno.

CONTENIDO

	Portadilla.....		
	Error! Bookmark not defined.		
	Página de firmas.....		
	Error! Bookmark not defined.		
	Resumen	iii	
	Contenido.....	iv	
	Índice de Cuadros, Figuras y anexos.....	v	
1	INTRODUCCIÓN.....	1	
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3	
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9	
4	CONCLUSIONES	27	
5	RECOMENDACIONES	28	
6	LITERATURA CITADA	29	
7	ANEXOS.....	32	

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

	Cuadros	Página
1.	Diseño experimental.	8
2.	Pérdida de peso en queso Cheddar a diferentes temperaturas de ahumado	9
3.	Análisis de apariencia en el tiempo para el queso Cheddar	10
4.	Análisis de aroma en el tiempo para el queso Cheddar.	11
5.	Análisis de textura en el tiempo para el queso Cheddar.	11
6.	Análisis de acidez en el tiempo para el queso Cheddar.	12
7.	Análisis de sabor en el tiempo para el queso Cheddar.	13
8.	Análisis de aceptación general en el tiempo para el queso Cheddar.	13
9.	Análisis de las medias acumuladas para todos los tratamientos en el tiempo	15
10.	Análisis de ATECAL en el tiempo para el queso Cheddar	17
11.	Análisis de color del factor L en el tiempo para el queso Cheddar.	18
12.	Análisis de color del factor a en el tiempo para el queso Cheddar.	18
13.	Análisis de color del factor b en el tiempo para el queso Cheddar.	19
14.	Análisis de actividad de agua en el tiempo para el queso Cheddar.	19
15.	Análisis de fuerza de corte en el tiempo para el queso Cheddar.	20
16.	Correlación de Pearson entre las variables analizadas en el queso Cheddar.	21
17.	Probabilidad de los factores en el tiempo para las variables sensoriales en el queso Cheddar.	21
18.	Probabilidad de los factores en el tiempo para las variables físico-químicas y microbiológicas en el queso Cheddar.	21
19.	Efecto del factor humo sobre las variables sensoriales.	22
20.	Efecto del factor empaque sobre las variables sensoriales.	22
21.	Efecto del factor humo sobre las variables físico-químicas.	22
22.	Efecto del factor empaque sobre las variables físico-químicas.	23
23.	Efecto del factor humo sobre las variables microbiológicas.	23
24.	Efecto del factor empaque sobre las variables microbiológicas.	23
25.	Análisis de preferencia de los dos mejores tratamientos de queso Cheddar.	24
26.	Análisis de coliformes totales en el tiempo para el queso Cheddar.	24
27.	Análisis de hongos y levaduras en el tiempo para el queso Cheddar.	25
28.	Análisis de costos variables del queso Cheddar ahumado.	25

Figuras	Página
1. Flujo de procesos para la elaboración de queso Cheddar ahumado.....	5
2. Resumen del análisis sensorial exploratorio para los diferentes atributos del queso Cheddar a través del tiempo.	14
3. Cambios en los atributos sensoriales del tratamiento no ahumado y empacado al vacío a lo largo del tiempo.	15
4. Cambios en los atributos sensoriales del tratamiento ahumado a 50 °C/60 min. Y empacado al vacío a lo largo del tiempo.	16

Anexos	Página
1. Diagrama de proceso de empacado con atmósferas modificadas.....	32
2. Empacadora al vacío de cámara simple.	33
3. Sistema de empaque para empacadora simple Multivac.....	34
4. Hoja de evaluación sensorial del queso Cheddar ahumado.	35
5. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de preferencia	36
6. Etiqueta del producto terminado.....	37

1. INTRODUCCIÓN

Según Kowalski (2010), el ahumado consiste en exponer alimentos al humo que proviene de la incineración de maderas que contienen pocos alquitranes o resinas, como las del pino y otras ricas en ésteres que son de olor agradable y efecto antibiótico. En esta ocasión se utilizó material comprimido de Aliso blanco (*Alnus rhombifolia*), que no genera ningún sabor ni aroma adicional al del humo. Los compuestos activos antibacteriales en el humo son: ácidos principalmente orgánicos (incluyendo acético y propiónico), los cuales bajan el pH y destruyen las paredes celulares de la bacteria, además proporcionan compuestos fenólicos, que generan sabor y aroma característicos y son bactericidas conocidos.

Según Díaz y Vidal (2010), un alimento envasado en atmósfera modificada es un producto perecedero que ha sido sometido a condiciones de almacenamiento en una atmósfera diferente a la del aire con el propósito de reducir los rangos de respiración, proliferación microbiana y disminuir las degradaciones enzimáticas. Según Rahman (2003), la modificación de la atmósfera en el MAP implica generalmente una reducción de la concentración de O₂ y/o el aumento de la de CO₂ como bacteriostático y nitrógeno para extraer el oxígeno y humedad para prevenir el deterioro y conservar la frescura y sabor de los alimentos; incluyendo a veces etileno, etanol u otros que contribuyen a alargar la vida útil.

Las atmósferas modificadas pueden crearse pasivamente a merced de la actividad respiratoria del producto en el interior del envase o activamente mediante la inclusión de la deseada mezcla de gases. La selección de la atmósfera modificada se determina de acuerdo a tres fenómenos que interactúan entre sí; que son la respiración del producto-dependiente del estado fisiológico y la temperatura, presiones parciales del O₂ y del CO₂, humedad relativa y de la concentración de etileno; la difusión de los gases a través del producto- dependiente de la temperatura, gradiente de gases a través de la barrera y de la masa, volumen, velocidad de respiración, permeabilidad de la membrana y ruta de difusión del gas del producto; la permeabilidad del film- afectada por la temperatura, gradiente de gases del film y de la estructura, gradiente de vapor de agua, espesor y área superficial del mismo.

Debido a las necesidades de productos de calidad y exigencias de competitividad del mercado, se ha pensado en innovar el queso Cheddar convencional con el proceso de ahumado y empacado en atmósferas modificadas para proporcionar una mayor utilidad a la planta de lácteos Zamorano y extender la vida de anaquel de uno de sus productos.

Los objetivos planteados para el estudio fueron:

- Evaluar el efecto de aplicación de humo y diferentes atmósferas de empaque en las propiedades físicas-químicas del queso Cheddar Zamorano.
- Evaluar el efecto de aplicación de humo y diferentes atmósferas de empaque en las propiedades sensoriales del queso Cheddar Zamorano.
- Evaluar el crecimiento de hongos, levaduras y coliformes totales a los días 1, 15 y 30.
- Determinar los costos variables de producción del tratamiento ahumado de mayor preferencia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. Este proyecto de investigación se realizó en 4 áreas, la planta agroindustrial de innovación y desarrollo (PAID), donde se llevo a cabo la toma de datos, elaboración del queso ahumado y análisis sensorial de aceptación; el supermercado Más por Menos ubicado en la ciudad de Tegucigalpa donde se realizó en análisis de preferencia; el laboratorio de análisis de alimentos Zamorano (LAAZ), para las evaluaciones físico-químicas; y la planta de lácteos Zamorano, para las evaluaciones microbiológicas. Las áreas de Zamorano están localizadas en el departamento de Francisco Morazán, Valle del Yeguaré, 32 Km, al este de Tegucigalpa, Honduras.

Materiales

- Queso Cheddar Zamorano.
- Bradley® flavor bisquettes.
- Bolsas de empaque al vacío.
- Nitrógeno grado alimenticio.
- Manómetro.
- Mangueras de 6.35 mm de diámetro.
- Manguera de 9.53 mm de diámetro.
- Válvulas Specialty Gases.
- Materiales de laboratorio para realizar análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Materiales de laboratorio para realizar análisis sensorial.

Equipos

- Ahumador Bradley®.
- Autoclave Marketforge Sterilmatic.
- Balanza electrónica OHAUS modelo V3XW3.
- Colorflex™ HunterLab, Diffuse model, The Color Management Company®.
- Empacadora de atmosferas modificadas MULTIVAC® modelo A300/1
- Texturómetro Brookfield.
- Aqualab.
- Titulador con reactivo de NaOH (0.1N).
- Stomaker Laboratory Blender 400.

- Incubadora pequeña Precision Gravity Convection.
- Incubadora grande Precision Scientific Co. Modelo 4.
- Tanque de nitrógeno con capacidad de 41.1 kg y 3360 psi de presión.

Pruebas preliminares. Para establecer el tiempo y las temperaturas de ahumado del queso Cheddar se realizaron pruebas con temperaturas de ahumado tomando en cuenta las recomendaciones de Borjas y Colorado (2010) y el tiempo de exposición según Wendorff (2010). Se evaluaron cuatro temperaturas: 40, 50, 60 y 80 °C, por 60 minutos. Para las atmósferas de empacado se tomó como base la investigación de Salazar (2006), donde se detallan las presiones de inyección de nitrógeno y vacío, las sugerencias en el manual de procedimientos operacionales estándares (POE) de la PAID y la resistencia de las bolsas al vacío. Se midieron los rendimientos, a través del pesado de los quesos antes y después del tratamiento de ahumado. Posteriormente se realizaron degustaciones con personas que tienen un consumo elevado de lácteos, específicamente de quesos y no presentan ningún problema o predisposición a productos ahumados.

Elaboración del queso Cheddar ahumado y empacado al vacío/atmósferas modificadas con nitrógeno. Se realizaron cuatro lotes de queso Cheddar ahumado, uno destinado a pruebas preliminares, y los otros 3 se elaboraron al día 0 para cada repetición. Para el proyecto de investigación de queso Cheddar ahumado se utilizó queso Cheddar de dos semanas de maduración para todas las repeticiones. El equipo de ahumado fue regulado manualmente para determinar la temperatura, se colocaron los quesos en bandejas y se insertaron los bisquettes (3 bisquettes/hora) en el ahumador. Se colocó un recipiente con agua en la parte baja del interior del ahumador y finalmente se cerró la cámara para iniciar el proceso de ahumado controlando el tiempo con un cronómetro. El proceso de empacado se realizó en la empacadora de atmósferas modificadas MULTIVAC, tanto para la atmósfera de 100% nitrógeno como para el vacío, empleando bolsas de empaque al vacío.

El flujo de procesos para la elaboración del queso Cheddar ahumado adoptado por Bonilla y Gurdíán, se detalla en la figura 1. Dicho flujo fue implementado para la elaboración de todos los tratamientos, excepto el control, que no fue ahumado.

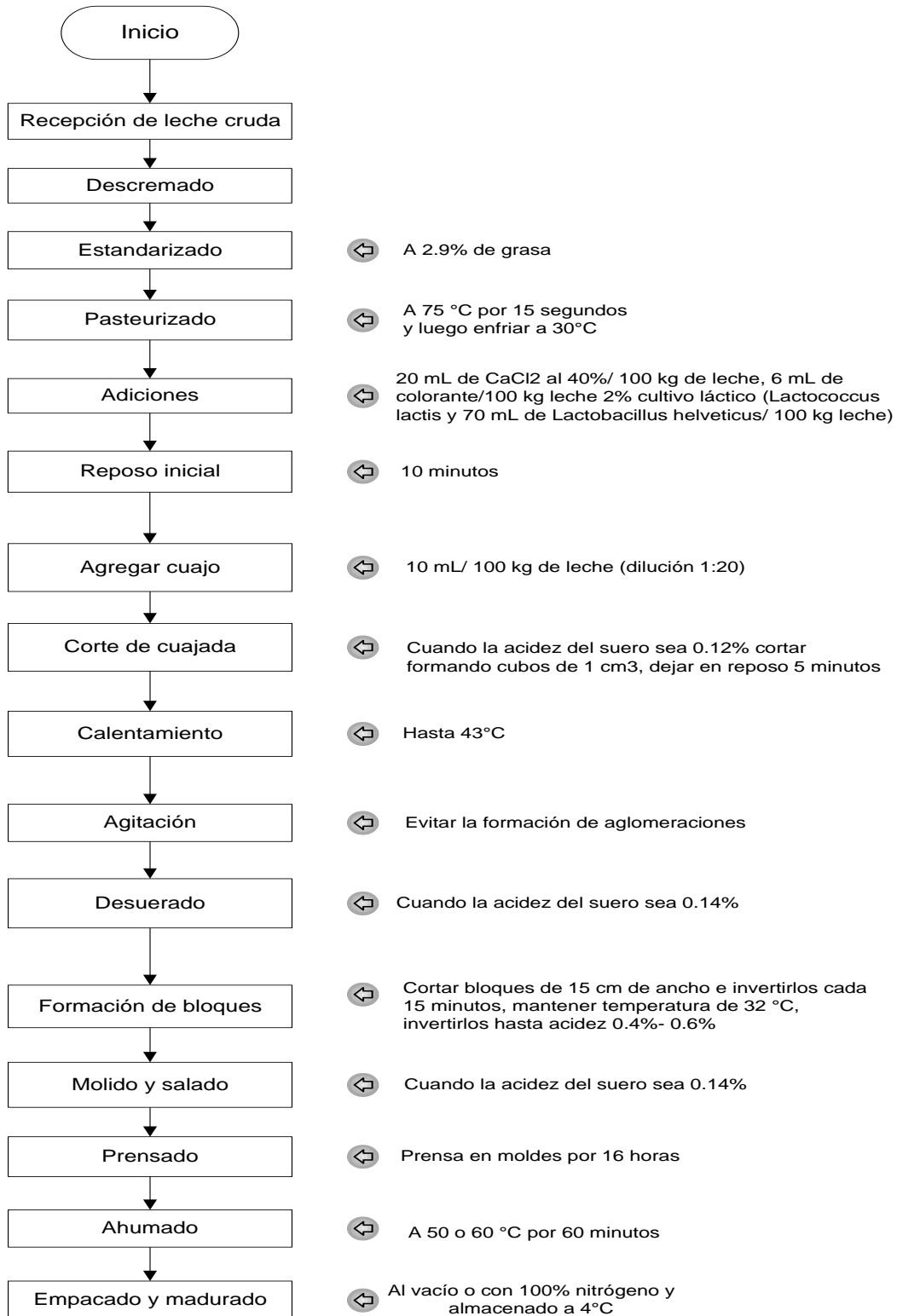


Figura 1. Flujo de procesos para la elaboración de queso Cheddar ahumado.
 Fuente: Revilla (2009). Adaptado por Bonilla y Gurdíán (2011).

Análisis sensorial de aceptación y preferencia. Se realizó un análisis sensorial exploratorio de aceptación, el cual se llevó a cabo en la planta agroindustrial de investigación y desarrollo (PAID) con un panel sensorial no entrenado conformado por 12 personas con consumo habitual de lácteos y en particular de quesos. Se evaluaron los seis tratamientos para medir los atributos de apariencia, aroma, textura, acidez, sabor y aceptación general empleando una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 la calificación sensorial más favorable y 9 la calificación sensorial más desfavorable.

Los datos obtenidos de las evaluaciones sensoriales fueron analizados a través del programa Statistical Analysis System (SAS), empleando una separación de medias Duncan ($P < 0.05$).

Los dos tratamientos más aceptados fueron evaluados posteriormente en una prueba de preferencia en el supermercado Más por Menos en Tegucigalpa, con 100 personas para escoger el tratamiento más preferido. Se registró el número de personas que preferían cada tratamiento y se evaluó la significancia de los resultados empleando la tabla de preferencia pareada de dos colas (Lawness y Heymann 1999).

Análisis físicos. Se realizaron análisis de color y textura para los 6 tratamientos a los días 1, 15 y 30.

Para el análisis de textura se utilizó el texturómetro BROOKFIELD con acople de guillotina, empleando la prueba de fuerza de corte de queso TA7, esta prueba determina la fuerza necesaria en Newtons para cortar el queso (simulando la fuerza de mordida en un análisis sensorial). Para dicha prueba los tratamientos se cortaron en cubos con dimensiones 14.5x14.9x16.5 mm (las mediciones se realizaron con el pie de rey), realizando las mediciones por triplicado y reportando el promedio para cada muestra.

Para el análisis de color se utilizó el colorímetro Colorflex HunterLab®, se determinaron los valores L^* , a^* y b^* para cada tratamiento, los cuales describen la coloración en un eje tridimensional. El valor L^* cuantifica la claridad en una escala de 0-100, donde 0 corresponde a negro absoluto (oscuro) y 100 corresponde a blanco absoluto (claridad). El valor a^* cuantifica el espectro de coloración verde al rojo, donde “-a” corresponde a verde y “+a” corresponde a rojo. El valor b^* cuantifica para el espectro azul al amarillo, siendo “-b” azul y “+b” amarillo. El colorímetro basa su funcionamiento en el principio de absorbencia de luz de un cuerpo relacionado a su concentración; ya que a mayor concentración mayor absorbancia y menor transmitancia (Bueso 2010).

Análisis químicos. Se realizaron análisis de actividad de agua mediante el método oficial de la AOAC 978.19, los cuales se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano (LAAZ) y acidez titulable como ácido láctico (ATECAL) mediante el método oficial de la AOAC 920.124, los cuales se realizaron en el laboratorio de la planta de lácteos Zamorano; los análisis se efectuaron en todos los tratamientos al día 1, 15 y 30, para posteriormente elaborar una correlación de los datos obtenidos en los análisis

químicos y en los análisis sensoriales entre acidez y ATECAL, y textura con fuerza de corte y humedad.

Correlación entre análisis sensorial y análisis físico-químico. Se realizó un análisis de correlación entre los datos obtenidos por análisis sensorial de aceptación y los obtenidos mediante análisis físico-químicos de laboratorio.

Análisis microbiológicos. Se realizaron dos análisis microbiológicos: conteo de coliformes totales y conteo de hongos y levaduras.

Conteo de coliformes totales. La siembra para el conteo de coliformes se realizó a los días 1, 15 y 30, almacenando los platos petri a 37°C. Se utilizó medio de cultivo Violet Red Bile Agar (VRBA) con técnica de vertido (pour plate) y el conteo se realizó a las 48 horas. Para los tratamientos que presentaron cero coliformes al día 1 solamente se realizó una posterior siembra al día 30. Se realizaron dos diluciones (10^{-1} y 10^{-2}) para cada tratamiento y la siembra se realizó por duplicado.

Conteo de hongos y levaduras. La siembra para el conteo de hongos y levaduras se realizó a los días 1, 15 y 30, almacenando los platos petri a temperatura ambiente (25°C). Se utilizó medio de cultivo Potato Dextrose Agar (PDA) con técnica de vertido (pour plate). y el conteo se realizó a los 5 días. Se realizaron tres diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) para cada tratamiento y la siembra se realizó por duplicado.

Diseño experimental y análisis estadístico. En el cuadro 1 se describe el diseño experimental y los tratamientos. Se evaluaron dos diferentes atmósferas de empaque: 100% nitrógeno y vacío, a una presión de inyección y evacuación de 375 y 50 milibares respectivamente para la atmósfera modificada con nitrógeno, y para el empaque al vacío la presión de inyección y evacuación son 0 y 50 mba, respectivamente. También se evaluaron dos temperaturas de ahumado (50 y 60 °C) por 60 minutos y no ahumado como control. Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial (3x2) y medidas repetidas en el tiempo a los días 1, 15 y 30, 6 tratamientos y tres repeticiones para un total de 54 unidades experimentales.

Cuadro 1. Diseño experimental.

BCA	Concentración de gases	Vacío	100% N ₂
Ahumado	No ahumado	Tratamiento 1 (Control)	Tratamiento 2
	60 °C por 60 min	Tratamiento 3	Tratamiento 4
	50 °C por 60 min	Tratamiento 5	Tratamiento 6

Los datos de los análisis sensoriales, físico-químicos y microbiológicos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) a través del programa Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.1) con una prueba de separación de medias Duncan y un análisis de correlación a través del coeficiente de Pearson con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Análisis económico. Se realizó un análisis marginal para cinco tratamientos (el control no fue analizado ya que se produce actualmente), tomando como base el costo unitario del queso cheddar zamorano y los costos variables por el proceso de ahumado en la producción. Finalmente se determinó el precio final del tratamiento más aceptado por los panelistas, adicionando los costos fijos (25% de los costos totales) en el costo total y estableciendo un 50% como margen de rentabilidad. Para determinar el costo que representa incluir al queso cheddar ahumado a la cartera de productos de la planta de lácteos zamorano se determinaron los costos de equipo y materiales adicionales para su producción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas preliminares. Las temperaturas de ahumado y el tiempo se determinaron mediante revisión de literatura (Borjas y Colorado 2010; Wendorff 2010), flujos de proceso de quesos ahumados similares al Cheddar y rendimientos obtenidos a cuatro diferentes temperaturas (40, 50, 60 y 80 °C) durante un tiempo de exposición de 60 minutos (Borjas y Colorado, 2010; Wendorff, 2010). Se decidió evaluar las temperaturas de 60 y 50 °C durante un tiempo de 60 minutos debido a que la temperatura de 40 °C no mostró intensidad suficiente de sabor ahumado y a 70 °C la apariencia de los quesos se deterioraba por completo (derretimiento excesivo). En cuanto a las atmósferas del empaque, la investigación de Salazar (2006), sugirió la implementación de la atmósfera 100% nitrógeno y combinaciones con otros gases como el CO₂, sin embargo debido a las limitaciones de presupuesto y equipo de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) se decidió implementar únicamente nitrógeno y vacío.

En las pruebas preliminares se observó que cuando se ahumaban quesos con mayor tiempo de maduración y temperatura ocurría un mayor fundido debido a la desnaturalización ocasionada por el incremento en acidez. Por ello se seleccionó el queso con 2 semanas de maduración para minimizar las pérdidas en rendimiento, principalmente grasa y humedad.

Cuadro 2. Pérdida de peso en queso Cheddar a diferentes temperaturas de ahumado.

Temperatura y tiempo de ahumado	Porcentaje de pérdida de peso (%)
40 °C/60 minutos	1.98
50 °C/60 minutos	2.86
60 °C/60 minutos	4.18
80 °C/60 minutos	6.17

Apariencia sensorial. El Cuadro 3 indica que la apariencia de los quesos sin ahumar y empacados al vacío, ahumados a 50 °C/60 min y empacados al vacío y no ahumados empacados con 100% N₂ fue la más aceptada a los días 1, 15 y 30; ya que no existió preferencia significativa de apariencia dentro de los tratamientos a lo largo del tiempo. Aunque según el análisis físico – químico de laboratorio existieron diferencias entre dichos tratamientos en color, los panelistas calificaron con igual aceptación de apariencia a dichos tratamientos. Según el análisis de correlación, no se muestra un coeficiente significativo entre la apariencia sensorial y las escalas de color (L, a* y b*). Se puede considerar que las diferencias en color eran mínimas, ya que los tratamientos en comparación son el de menor tiempo de ahumado y los no ahumado, lo cual es un punto

positivo para la conservación de la calidad en el queso Cheddar. Sin embargo no se puede obviar el hecho que el panel sensorial no estaba acostumbrado al consumo de productos ahumados y pueden encontrarse resultados diferentes si se emplea un panel más familiarizado con este tipo de productos. También se determinó que los panelistas percibieron con igual aceptación de apariencia los quesos con diferentes atmósferas de empaçado (100% nitrógeno y al vacío), las cuales conservaron el color del queso a lo largo del tiempo en cada tratamiento.

Cuadro 3. Análisis de apariencia en el tiempo para el queso Cheddar.

Apariencia	
Tratamiento	Apariencia¹ ± D.E.
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.55±1.93 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.42±1.79 ^{AB(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.06±1.52 ^{BC(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	2.90±1.39 ^{C(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	2.87±1.55 ^{C(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	2.84±1.25 ^{C(X)}
Coefficiente de variación (%)	48.47

¹ Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Aroma sensorial. En el Cuadro 4 se aprecia que el aroma del tratamiento no ahumado y empaçado al vacío fue el más aceptado. Los panelistas percibieron con igual aceptación el aroma del queso ahumado a menor temperatura y del no ahumado a lo largo del tiempo, así mismo fue igualmente aceptado el aroma del queso ahumado a menor temperatura y del ahumado a mayor temperatura. Los panelistas tuvieron menor aceptación de aroma para los tratamientos ahumados a 60 °C/60 min con respecto al control porque fueron sometidos a una mayor temperatura y los compuestos fenólicos, ácido acético y propiónico se encontraban con mayor intensidad en dichos tratamientos; además los ácidos grasos y péptidos de cadena corta tienden a oxidarse e incrementan con la temperatura de ahumado y disminución de pH. Los métodos de empaque empleados (100% nitrógeno y vacío) no influenciaron la aceptación de aroma en ninguno de los tratamientos a lo largo del tiempo (Melo y Ferrera 2010).

Cuadro 4. Análisis de aroma en el tiempo para el queso Cheddar.

Aroma	
Tratamiento	Aroma¹ ± D.E.
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.53±1.89 ^{A(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.44±1.81 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.21±1.73 ^{AB(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	3.16±1.50 ^{AB(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	3.15±1.30 ^{AB(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	2.8±01.12 ^{B(X)}
Coeficiente de variación (%)	48.80

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Textura sensorial. El Cuadro 5 muestra que la textura del tratamiento no ahumado y empacado al vacío fue la más aceptada a lo largo del tiempo. A pesar de que el análisis de textura de laboratorio reporta que no se encontraron diferencias en textura entre los tratamientos ni en el tiempo, los panelistas si percibieron menor agrado de textura en los tratamientos con mayor temperatura de ahumado con respecto al control, probablemente la pérdida de grasa y agua durante el proceso de ahumado ocasionaron un queso más seco y firme y con menor palatabilidad (Borjas y Colorado 2010).

Cuadro 5. Análisis de textura en el tiempo para el queso Cheddar.

Textura	
Tratamiento	Textura¹ ± D.E.
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	3.42±1.63 ^{A(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.40±1.54 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.35±1.61 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	3.23±1.59 ^{AB(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.23±1.65 ^{AB(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	2.90±1.35 ^{B(X)}
Coeficiente de variación (%)	44.53

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Acidez sensorial. El Cuadro 6 ilustra que los tratamientos no ahumados y empacados al vacío y ahumados a 50 °C/60 min obtuvieron una mayor aceptación de acidez a lo largo del tiempo. El Cuadro 9 indica que no hubo diferencias en acidez titulable expresada como ácido láctico (ATECAL) entre tratamientos a lo largo del tiempo, sin embargo los panelistas identificaron al tratamiento ahumado a 60 °C/60 min y empacado al vacío con

la menor aceptación de acidez, debido a que se trataba del tratamiento con mayor temperatura de ahumado que promueve mayor proteólisis e incrementa los ácidos grasos libres que dan el sabor amargo característico de los quesos; además al comparar el empaque al vacío empleado para dicho tratamiento contra el empaque con 100% nitrógeno, este último preserva mejor las características del queso Cheddar y presenta menor oxidación de las grasas que promueve la rancidez (Salazar 2006).

Cuadro 6. Análisis de acidez en el tiempo para el queso Cheddar.

Acidez	
Tratamiento	Acidez¹ ± D.E.
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.82±1.69 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.66±1.61 ^{AB(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	3.56±1.54 ^{AB(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.56±1.66 ^{AB(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	3.30±1.58 ^{B(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	3.26±1.57 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	43.34

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Sabor sensorial. El Cuadro 7 ilustra que el tratamiento que obtuvo la mejor aceptación de sabor fue el tratamiento no ahumado y empacado al vacío (P<0.05) tanto al día 1 como al día 15 y 30. La acidez no fue para los panelistas un factor determinante en el sabor de los tratamientos, ya que no se obtuvo una correlación lo suficientemente alta entre ambos atributos. Esto contradice lo encontrado en la literatura (Melo y Ferrera 2010), ya que la acidez es uno de los atributos principales a considerar cuando se trata de evaluación de sabor de productos lácteos fermentados (Osorio 2010). La evaluación sensorial del sabor tuvo un sesgo debido a la falta de experiencia de los panelistas en evaluación de productos ahumados y por fatiga sensorial (Nuñez 2010). Los panelistas tuvieron mayor aceptación del actual queso Cheddar Zamorano frente a los demás quesos ahumados en cuanto a sabor se refiere, es preciso notar que tuvo mayor aceptación el control (el cual es empacado al vacío) sobre el tratamiento no ahumado y empacado con nitrógeno, ya que cuando se emplea empaque al vacío es probable obtener un mayor enranciamiento que hasta cierto punto es deseado en los quesos madurados (Salazar 2006).

Cuadro 7. Análisis de sabor en el tiempo para el queso Cheddar.

Sabor	
Tratamiento	Sabor¹ ± D.E.
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.56±1.98 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.54±1.94 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.54±1.85 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	3.48±1.57 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	3.47±1.88 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	2.92±1.63 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	51.38

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Aceptación general sensorial. En el Cuadro 8 se observa que el tratamiento no ahumado y empacado al vacío fue el que obtuvo la mejor aceptación general (P<0.05) a lo largo del tiempo. La aceptación general se vio influenciada principalmente por la textura, sabor y acidez (Cuadro 13), atributos en los cuales el tratamiento no ahumado y empacado al vacío encabeza siempre la preferencia a lo largo del tiempo. Probablemente los panelistas a pesar de su consumo habitual de quesos, no estaban acostumbrados a consumir productos ahumados, no quiere decir que ésto signifique desagrado o predisposición, pero sería recomendable evaluar minuciosamente el queso Cheddar ahumado con un panel familiarizado con productos ahumados, ya que tratándose de un queso madurado, el aroma, sabor y acidez pueden ser muy intensos para el consumidor promedio y se acentúan aún más con el proceso de ahumado. La influencia de las características organolépticas más importantes para clases de productos sobre los otros atributos fue estudiada por Ott et al. (2000).

Cuadro 8. Análisis de aceptación general en el tiempo para el queso Cheddar.

Aceptación general	
Tratamiento	Aceptación general¹ ± D.E.
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	3.57±1.88 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	3.51±1.69 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	3.44±1.75 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	3.33±1.43 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	3.25±1.52 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	2.83±1.17 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	46.03

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

Resumen del análisis sensorial exploratorio. La Figura 2 muestra que el tratamiento no ahumado y empacado al vacío fue el mejor calificado en el análisis sensorial de todos los atributos evaluados a lo largo del tiempo. Se puede concluir que de forma acumulativa los tratamientos más aceptados del modelo experimental fueron los quesos no ahumados y empacados al vacío y los ahumados a 50 °C/60 min y empacados al vacío; los tratamientos menos aceptados fueron los ahumados a 60 °C/60 min en ambas atmósferas de empaque, probablemente porque los panelistas no estaban acostumbrados al consumo de productos ahumados, o no les agradaba el sabor intenso del humo con el amargor particular del queso Cheddar.

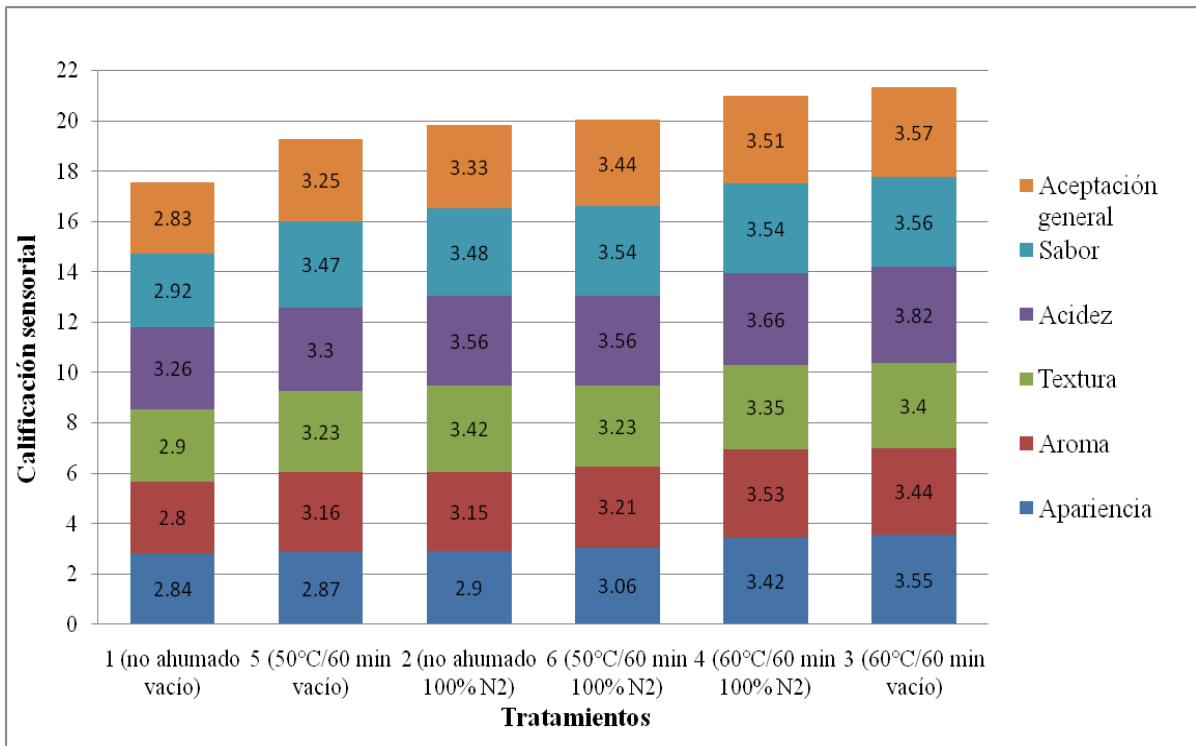


Figura 2. Resumen del análisis sensorial exploratorio para los diferentes atributos del queso Cheddar a través del tiempo.

El Cuadro 9 muestra la separación de medias para las medias acumuladas de calificaciones sensoriales de los tratamientos evaluados a través del tiempo. El tratamiento no ahumado y empacado al vacío obtuvo las mejores calificaciones acumuladas a través del tiempo sin encontrarse diferencias con los tratamientos ahumados a menor temperatura y el tratamiento no ahumado y empacado con 100% N₂. Se decidió implementar un análisis de preferencia con el control (tratamiento 1) y el tratamiento ahumado a 50 °C/60 min empacado al vacío; ya que el factor empaque no tuvo ningún efecto en las propiedades sensoriales analizadas y es más económica la alternativa de empaque al vacío.

Cuadro 9. Análisis de las medias acumuladas para todos los tratamientos en el tiempo.

Medias acumuladas	
Tratamiento	Media acumulada ¹ ± D.E
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	21.36±2.44 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	21.07±2.08 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	20.13±2.87 ^{AB(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	19.85±3.16 ^{AB(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	19.30±2.61 ^{AB(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	17.63±1.88 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	14.14

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Escala hedónica: 1= me gusta extremadamente 9= me disgusta extremadamente. Media ± D.E. Desviación estándar.

La Figura 3 muestra los cambios en la percepción sensorial del tratamiento no ahumado y empacado al vacío a lo largo del tiempo. Este tratamiento resultó ser el más aceptado por los consumidores de Zamorano. Puede observarse que las mejores calificaciones para todos los atributos sensoriales se otorgaron en el día 15, al tratarse de un queso madurado, a mayor tiempo transcurre la proteólisis y acidez incrementan al punto deseable para el consumidor, sin embargo para la mayoría de los panelistas la acidez y demás cambios que ocurren en la maduración son muy intensos para el día 30 y mínimamente percibidos al día 1.

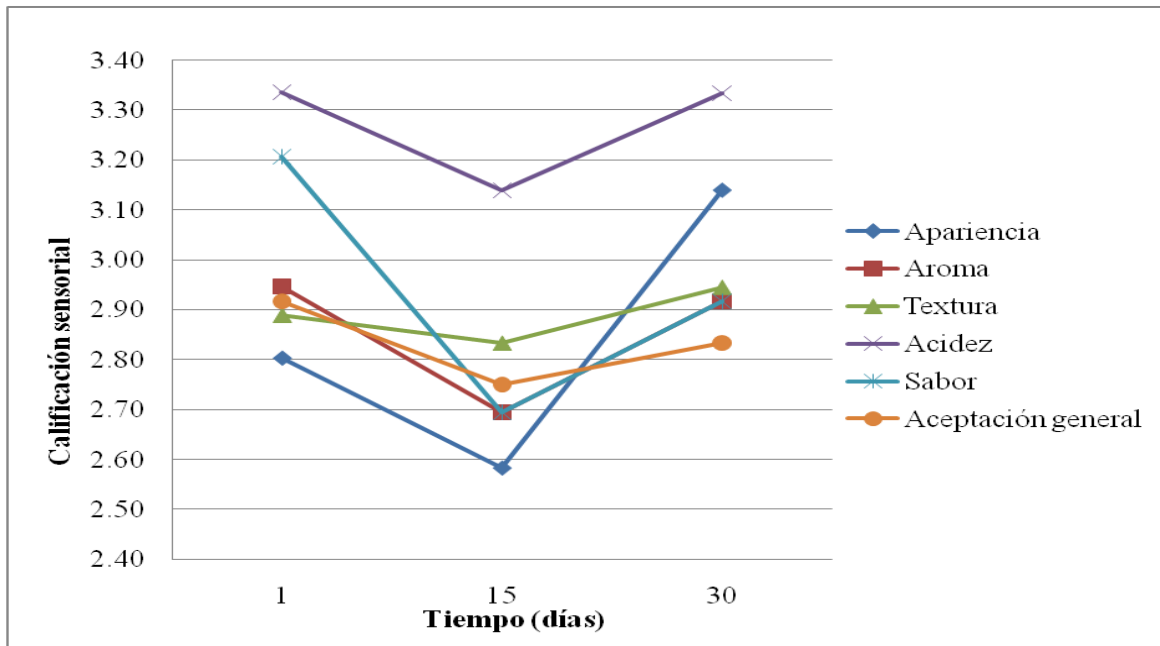


Figura 3. Cambios en los atributos sensoriales del tratamiento no ahumado y empacado al vacío a lo largo del tiempo.

La Figura 4 muestra los cambios en la percepción sensorial del tratamiento ahumado a 50°C/60 min y empacado al vacío a lo largo del tiempo. Este tratamiento resultó ser el segundo más aceptado por los consumidores de Zamorano. Puede observarse que las mejores calificaciones para los atributos sensoriales de sabor, aroma y aceptación general se otorgaron en el día 30, la textura mejor calificada fue la obtenida al día 15 y la apariencia mejor evaluada se obtuvo al día 1. Lo que indica que los atributos que incidieron mayormente en la aceptación general del tratamiento fueron el sabor y aroma agradables al día 30 dados por la degradación de los péptidos de mayor tamaño de las proteínas principalmente que proporcionan el sabor amargo característico del queso Cheddar, además que estos se degradan luego en aminoácidos libres lo que contribuye a la formación de sabores y posteriormente a la formación de compuestos volátiles. Para el atributo de apariencia me fue indicado que los panelistas prefirieron el color amarillo pardo claro que se obtuvo al día 1, y la textura fue mejor aceptada al día 15, a pesar de que los análisis de laboratorio no determinaron diferencias estadísticas de textura (fuerza de corte) entre tratamientos ($P > 0.05$).

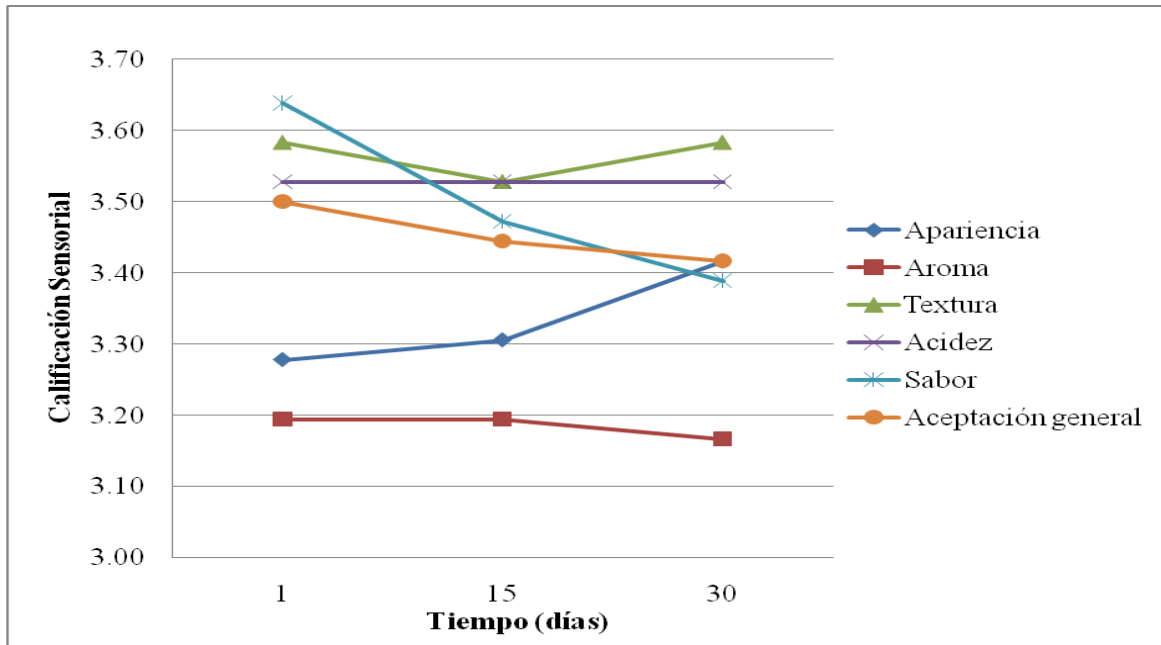


Figura 4. Cambios en los atributos sensoriales del tratamiento ahumado a 50 °C/60 min. y empacado al vacío a lo largo del tiempo.

Análisis químico de acidez (ATECAL). El cuadro 10 indica que la acidez titulable fue la misma estadísticamente al no encontrar diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos y dentro de ellos a lo largo del tiempo. Probablemente el nitrógeno (N_2) utilizado en el tratamiento 2 (no ahumado 100% N_2), 4 (60 °C/60 min 100% N_2) y 6 (50 °C/60 min 100% N_2) al extraer el oxígeno y la humedad no fue significativamente útil en la contribución del aumento lento de la acidez en el queso Cheddar ahumado y no ahumado (Rahman 2003). Al igual que el ahumado usado en los tratamientos 3 (60 °C/60 min vacío), 4 (60 °C/60 min 100% N_2), 5 (50 °C/60 min vacío) y 6 (50 °C/60 min 100% N_2) no fue un factor determinante en la disminución de la acidez de los tratamientos descritos en el tiempo, pudiendo darse por el corto tiempo de ahumado (1 hora), ya que en productos cárnicos en donde se aplica el humo como conservante se aplica de 4 a 6 horas aproximadamente (Bradley 2011). En el análisis de correlación no se encontró un coeficiente significativo entre la relación acidez (ATECAL) y la acidez sensorial, indicando que los panelistas no fueron capaces de detectar diferencias en acidez entre tratamientos y a lo largo del tiempo para el queso Cheddar ahumado y no ahumado. La acidez por lo tanto no fue un factor determinante en el cambio de textura, ya que a mayor acidez menor consistencia y mayor suavidad tendrá el queso, gracias a la desnaturalización de las proteínas (Osorio 2010).

Cuadro 10. Análisis de ATECAL en el tiempo para el queso Cheddar

ATECAL	
Tratamiento	ATECAL¹ ± D.E.
TRT 1 (no ahumado vacío)	0.21±0.03 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N_2)	0.20±0.02 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	0.20±0.02 ^{A(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	0.19±0.02 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N_2)	0.19±0.02 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N_2)	0.19±0.02 ^{A(X)}
Coeficiente de variación (%)	9.64

¹Tratamientos seguidos de igual letra (A) no son significativamente diferentes entre ellos ($P>0.05$).
 Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo ($P>0.05$).

Análisis físico de color. De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 11 y obtenidos del valor L^* del análisis de color usando el Colorflex Hunterlab, indican que el tratamiento 2 (no ahumado 100% N_2) obtuvo la media más alta lo que me indica que fue el queso más claro y el tratamiento 3 (60 °C/60 min vacío) obtuvo la media más baja para un tono más oscuro.

Cuadro 11. Análisis de color del factor L en el tiempo para el queso Cheddar.

Color L*	
Tratamiento	L ¹ ± D.E.
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	59.86±1.48 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	59.38±1.98 ^{AB(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	59.37±1.72 ^{AB(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	59.03±2.58 ^{AB(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	58.50±2.76 ^{AB(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	57.80±2.32 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	2.73

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

L*= negro a blanco.

En el cuadro 12 se detalla los resultados obtenidos de valor a* del queso Cheddar ahumado y no ahumado mediante el Colorflex Hunterlab, que determinan que el tratamiento 1 (no ahumado vacío) y 2 (no ahumado 100% N₂) obtuvieron la media más alta para un color rojo o marrón.

Cuadro 12. Análisis de color del factor a en el tiempo para el queso Cheddar.

Color a*	
Tratamiento	a ¹ ± D.E.
TRT 1 (no ahumado vacío)	31.56±1.01 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	31.30±1.68 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	30.82±1.65 ^{AB(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	30.47±1.73 ^{AB(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	29.93±1.68 ^{B(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	29.76±1.71 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	3.56

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

a*= verde a rojo.

Con respecto a los resultados del valor b* en el cuadro 13 se muestra que el tratamiento 2 (no ahumado 100% N₂) fue que obtuvo la media más alta para un color amarillo claro y el tratamiento 3 (60 °C/60 min vacío) obtuvo la media más baja para un color amarillo opaco.

Cuadro 13. Análisis de color del factor b en el tiempo para el queso Cheddar.

Color b*	
Tratamiento	b ¹ ± D.E.
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	59.20±4.42 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	58.36±2.58 ^{AB(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	56.76±3.16 ^{BC(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	55.90±3.66 ^{C(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	55.39±2.87 ^{C(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	54.89±4.06 ^{C(X)}
Coeficiente de variación (%)	3.45

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

b*= azul a amarillo.

Análisis químico de actividad de agua. El cuadro 14 indica que no existieron diferencias significativas en la actividad de agua en los tratamientos. La actividad de agua y humedad de los quesos depende principalmente de la velocidad y duración del desuerado, la cantidad de sal y nivel de pH, de hecho la sal y la acidez bajan moderadamente la actividad de agua (Inda 2000). La actividad de agua dentro de los tratamientos con el tiempo se mantuvo constante.

Cuadro 14. Análisis de actividad de agua en el tiempo para el queso Cheddar.

Actividad de agua	
Tratamiento	Actividad de agua ¹ ± D.E.
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	0.94±0.01 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	0.94±0.01 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	0.94±0.01 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	0.94±0.00 ^{A(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	0.94±0.03 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	0.93±0.03 ^{A(X)}
Coeficiente de variación (%)	1.99

¹Tratamientos seguidos de igual letra (A) no son significativamente diferentes entre ellos (P>0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Análisis de fuerza de corte. Como se muestra en el cuadro 15 no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05). Además no existieron diferencias significativas dentro de los tratamientos a lo largo del tiempo. Lo que indica que el

ahumado no fue muy pronunciado ya que la tendencia en quesos con mayor exposición al humo y temperatura, requieren de mayor fuerza de corte, debido a la formación de una capa externa elaborada por compuestos provenientes de la incineración hemi-celulosa (Borjas y Colorado 2010).

De acuerdo al análisis de correlación, no se muestra un coeficiente significativo entre la relación fuerza de corte y textura sensorial, lo que me indica que los análisis de laboratorio no encontraron diferencias en textura entre los tratamientos ni en el tiempo, por el contrario los panelistas si fueron capaces de detectar diferencias en textura entre tratamientos para el queso Cheddar ahumado y no ahumado descritos en el cuadro 5.

Cuadro 15. Análisis de fuerza de corte en el tiempo para el queso Cheddar.

Fuerza de Corte (Newton)	
Tratamiento	Fuerza de corte¹ ± D.E.
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	4.99±2.96 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	4.83±2.19 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	4.81±1.71 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	4.63±1.78 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	4.35±1.41 ^{A(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	4.34±1.38 ^{A(X)}
Coeficiente de variación (%)	30.06

¹Tratamientos seguidos de igual letra (A) no son significativamente diferentes entre ellos (P>0.05).

Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).

Correlación. El Cuadro 16 muestra los coeficientes de correlación significativos entre todas las variables sensoriales y la aceptación general y entre el sabor y acidez sensoriales. Existió una correlación media positiva entre la textura sensorial y la aceptación general, indicando que el atributo textura fue la variable que principalmente determinó la aceptación general de los panelistas. También existió una correlación baja positiva entre el sabor sensorial y la aceptación general y entre la acidez sensorial y la aceptación general, lo que nos indica que los panelistas fueron influenciados con menor intensidad por el sabor y la acidez del queso en la toma de decisión de la aceptación general, pero dichas variables influyeron significativamente más que el aroma y la apariencia. Esto debido a que uno de los efectos principales de la aplicación de humo en alimentos es el cambio en sabor y secundariamente el cambio en textura, además el sabor y acidez en productos lácteos que están dado principalmente por los compuestos acetaldehído, diacetilo, ácidos grasos volátiles y péptidos cortos han sido reconocidos como uno de los atributos más importantes a evaluar en el queso Cheddar ya que influyen fuertemente la percepción del consumidor (Expo Alimentab 2006). En resumen la textura, sabor y acidez sensoriales fueron las principales características que los panelistas tuvieron en cuenta para evaluar la aceptación general del queso Cheddar.

Cuadro 16. Correlación entre las variables analizadas en el queso Cheddar.

Variables	Correlación de Pearson	
	Coefficiente %	Probabilidad > r
Apariencia sensorial- aceptación general	49	0.0002
Aroma sensorial- aceptación general	54	<0.0001
Sabor sensorial- aceptación general	69	<0.0001
Acidez sensorial- aceptación general	65	<0.0001
Textura sensorial- aceptación general	77	<0.0001
Acidez sensorial- sabor sensorial	49	0.0002

Probabilidad de los factores humo y empaque e interacción por variable analizada.

Los Cuadros 17 y 18 indican que no se obtuvieron probabilidades significativas de la interacción de los factores humo y empaque a lo largo del tiempo en las variables sensoriales, físico-químicas y microbiológicas. Por lo tanto se puede concluir que la interacción entre los dos factores no fue determinante para establecer la aceptación.

Cuadro 17. Probabilidad de los factores en el tiempo para las variables sensoriales en el queso Cheddar.

Factor	Apariencia	Aroma	Textura	Acidez	Sabor	Acept. General
Pr>f (H)	0.0037	0.0234	0.5248	0.1264	0.1782	0.0464
Pr>f (E)	0.7745	0.2632	0.2917	0.3605	0.2299	0.1578
Pr> Blk	0.1893	0.1710	0.5191	0.5971	0.8361	0.7624
Pr>f (H*E)	0.7000	0.7651	0.2850	0.3509	0.3449	0.3255

Pr>f (H) Probabilidad del factor humo.

Pr>f (E) Probabilidad del factor empaque.

Pr>f (H1E) Probabilidad de la interacción de los factores humo y empaque.

Cuadro 18. Probabilidad de los factores en el tiempo para las variables físico-químicas y microbiológicas en el queso Cheddar.

Factor	ATECAL	L*	a*	b*	Aw	F. corte	Hongos y levaduras
Pr>f (H)	0.1818	0.0280	0.0006	<0.0001	0.5383	0.5970	<0.0001
Pr>f (E)	0.4707	0.5236	0.3860	0.7669	0.4123	0.8681	0.5680
Pr> Blk	0.5295	0.0073	0.3677	0.3093	0.1121	0.0126	0.1164
Pr>f (H*E)	0.9333	0.5993	0.9688	0.3967	0.6855	0.7419	0.6855

Pr>f (H) Probabilidad del factor humo.

Pr>f (E) Probabilidad del factor empaque.

Pr>f (H1E) Probabilidad de la interacción de los factores humo y empaque.

Aw. Actividad de agua

F. corte. Fuerza de corte

ATECAL. Acidez titulable expresada como ácido láctico.

Efecto de los factores humo y empaque sobre las variables sensoriales. En el Cuadro 19 se detalla que el factor determinante en el atributo de apariencia, aroma y aceptación general fue el humo a lo largo del tiempo. En cambio en el Cuadro 20 puede observarse que el factor empaque no tuvo efecto alguno en las variables sensoriales analizadas.

Cuadro 19. Efecto del factor humo sobre las variables sensoriales.

Factor	Variables sensoriales ¹					
	Apariencia	Aroma	Textura	Acidez	Sabor	Acept. General
Humo						
60 °C/60min	A	A	A	A	A	A
50 °C/60min	B	AB	A	A	A	AB
No ahumado	B	B	A	A	A	B

¹Variables sensoriales seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

Cuadro 20. Efecto del factor empaque sobre las variables sensoriales.

Factor	Variables sensoriales ¹					
	Apariencia	Aroma	Textura	Acidez	Sabor	Acept. General
Empaque						
Vacío	A	A	A	A	A	A
100% N ₂	A	A	A	A	A	A

¹Variables sensoriales seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.05)

El Cuadro 21 ilustra que el nivel de humo influyó a lo largo del tiempo en la tonalidad de color obtenida en el producto, obteniendo un color amarillo claro para los quesos Cheddar que no fueron ahumados y bajando de tonalidad conforme el nivel de humo aumentaba, resultando en un color pardo claro para los quesos ahumados a 50 °C y 60 minutos, y un color pardo oscuro para los quesos Cheddar ahumados a 60 °C y 60 minutos.

Cuadro 21. Efecto del factor humo sobre las variables físico-químicas.

Factor	Variables físico- químicas ¹					
	ATECAL	L*	a*	b*	Actividad de agua	Fuerza de corte
Humo						
No ahumado	A	A	A	A	A	A
50 °C/60min	A	AB	B	B	A	A
60 °C/60min	A	B	C	B	A	A

¹Variables físico-químicas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

En el Cuadro 22 se aprecia que el factor empaque no tuvo influencia en las características físico-químicas a lo largo del tiempo en el queso Cheddar.

Cuadro 22. Efecto del factor empaque sobre las variables físico-químicas.

Factor	Variables físico- químicas ¹					
	ATECAL	L*	a*	b*	Actividad de agua	Fuerza de corte
Vacío	A	A	A	A	A	A
100% N ₂	A	A	A	A	A	A

¹Variables físico-químicas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

En el Cuadro 23 puede apreciarse que el nivel de humo influyó en el conteo de hongos y levaduras a lo largo del tiempo en el queso Cheddar, ya que los quesos a los que no se les aplicó el proceso de ahumado tuvieron un conteo estadísticamente más alto (sobrepasando el nivel máximo permitido) que el de los quesos ahumados.

Cuadro 23. Efecto del factor humo sobre las variables microbiológicas.

Factor	Variables microbiológicas ¹	
	Coliformes	Hongos y levaduras
Humo		
No ahumado	A	A
50 °C/60min	A	B
60 °C/60min	A	B

¹Variables microbiológicas seguidas de letras iguales no son significativamente diferentes (P>0.05).

En el Cuadro 24 se observa que el factor empaque no tuvo influencia a lo largo del tiempo en las características microbiológicas en el queso Cheddar.

Cuadro 24. Efecto del factor empaque sobre las variables microbiológicas.

Factor	Variables microbiológicas ¹	
	Coliformes	Hongos y levaduras
Empaque		
Vacío	A	A
100% N ₂	A	A

¹Variables microbiológicas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Análisis sensorial de preferencia. De acuerdo al análisis de aceptación realizado en Zamorano (Figura 2), el análisis de preferencia se realizó entre los tratamientos no ahumados empacados al vacío y los ahumados a 50 °C/60 min empacados al vacío. El tratamiento no ahumado empacado al vacío fue el más preferido por los consumidores. Según Lawless y Heymann (1999), para una evaluación sensorial de preferencia con 100 personas es necesario que un tratamiento sea preferido como mínimo por 61 personas (Cuadro 14); como el queso no ahumado empacado al vacío fue preferido solamente por 51 personas, no existe una preferencia significativa por este tratamiento.

Cuadro 25. Análisis de preferencia de los dos mejores tratamientos de queso Cheddar.

TRATAMIENTO	Personas	Mínimo Requerido ¹
TRT 1 (no ahumado vacío)	51	61
TRT 5 (ahumado 50 °C/60 min vacío)	49	61
Total	100	

¹Número mínimo de personas que deben preferir un tratamiento (N=100 y $\alpha=0.05$).

Análisis microbiológicos. El cuadro 26 muestra el conteo de coliformes totales de los tratamientos, el cual demuestra que todos cumplieron con el parámetro de calidad microbiológica establecido por ICAITI para productos lácteos y derivados (Chiriboga 2008), ya que se reportaron conteos finales inferiores a 10 UFC de coliformes totales por gramo de muestra. Esto fue posible gracias a la implementación de las buenas prácticas de manufactura, POES (procedimientos operacionales estándares de sanitización), higiene al momento de elaboración y empaçado además de la aplicación de la técnica aséptica en el laboratorio durante los análisis microbiológicos; adicionalmente los quesos se mantuvieron almacenados a 4°C después de empaçados.

En el cuadro 9 puede observarse que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ni dentro de los tratamientos en el tiempo (no hubo interacción tiempo tratamiento); esto nos indica que la presencia de coliformes depende principalmente del manejo de los productos posterior al tratamiento térmico que destruye a los patógenos, en este caso nos referimos al proceso de pasteurización (Osorio 2010).

Cuadro 26. Análisis de coliformes totales en el tiempo para el queso Cheddar.

Coliformes totales (UFC/g) ¹	
Tratamiento	Coliformes totales \pm D.E.
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	<1.00 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumado 100% N ₂)	<1.00 ^{A(X)}
TRT 1 (no ahumado vacío)	<1.00 ^{A(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	<1.00 ^{A(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	<1.00 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	<1.00 ^{A(X)}

¹Tratamientos seguidos de igual letra (A) no son significativamente diferentes entre ellos (P>0.05).
Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).
Nivel máximo permitido es de 10 UFC/g de producto. Media \pm D.E. Desviación estándar.

El cuadro 27 indica el conteo de hongos y levaduras de los tratamientos, el cual demuestra que a excepción de los tratamientos 1 y 2 todos cumplieron con el límite permisible establecido por la norma del Codex Alimentarius (2011) para productos lácteos fermentados, el cual establece que debe contener un mínimo de 3000 UFC de cultivo

viable por gramo de producto (3.48 log UFC/g de producto). Los tratamientos que estuvieron por sobre el límite establecido fueron los tratamientos a los cuales no se les aplicó el ahumado como agente microbiológico lo cual me indica que en base a hongos y levaduras si tiene un efecto beneficioso en la vida de anaquel del queso Cheddar ahumado.

Cuadro 27. Análisis de hongos y levaduras en el tiempo para el queso Cheddar.

Hongos y levaduras (log UFC/g)¹	
Tratamiento	Hongos y levaduras ± D.E.
TRT 1 (no ahumado vacío)	3.97±1.22 ^{A(X)}
TRT 2 (no ahumador 100% N ₂)	3.92±1.31 ^{A(X)}
TRT 6 (50 °C/60 min 100% N ₂)	2.48±0.64 ^{B(X)}
TRT 4 (60 °C/60 min 100% N ₂)	2.35±0.98 ^{B(X)}
TRT 3 (60 °C/60 min vacío)	2.31±0.99 ^{B(X)}
TRT 5 (50 °C/60 min vacío)	2.00±0.67 ^{B(X)}
Coefficiente de variación (%)	27.45

¹Tratamientos seguidos de diferente letra (AB) son significativamente diferentes entre ellos (P<0.05).
Tratamientos seguidos de igual letra (X) no son significativamente diferentes en el tiempo (P>0.05).
Nivel máximo permitido es de 3.48 log UFC/g de producto. Media ± D.E. Desviación estándar.

Cuadro 28. Análisis de costos variables del queso Cheddar ahumado.

Ingredientes	Precio (L.)	Cantidad	Unidades	Costo
Costo de elaboración por libra de queso Cheddar ahumado				
Leche (estandarizada al 2.9%)	8.68	1,000.0000	L	L.44.4494
Cloruro de calcio en polvo	9.53	0.0393	Kg	L.0.0019
Cultivo láctico (<i>Streptococcus termophilus</i>)	348.24	0.1000	Unidad	L.0.1784
Cultivo helvético	153.99	0.4000	Unidad	L.0.3155
Cuajo líquido	2,167.46	0.0220	Galones	L.0.2442
Colorante para queso	1,226.67	0.0800	Galones	L.0.5027
Sal refinada	6.71	3.0000	Kg	L.0.1032
Costo de ahumado ¹	0.62	1	Lb	L.0.62
Costo total de elaboración				L.46.4153
Costo de empaque				
Bolsa plástica de empaqueado al vacío	8.00	0.0213	Unidad	L.0.0009
Costo total de empaque				L.0.0009

¹Tomado de la tesis de Borjas y Colorado, 2010.

El costo total de producir el queso Cheddar ahumado es de L. 58.04 (\$3.07), incluyendo el 25% de los costos fijos, en base al queso Cheddar tradicional este solo incluiría adicionalmente el costo del proceso de ahumado, para los tratamientos 3, 4, 5 y 6 a los cuales se les aplico el humo, todos tuvieron la exposición por un mismo tiempo de 1 hora, gastando la misma cantidad de bisquettes que fue de 3. En el costo de ahumado esta contabilizado el costo de los bisquettes y mano de obra por libra de queso Cheddar a ahumar (Borjas y Colorado 2010). La tasa de cambio usada (\$1=L. 18.89) fue actualizada hasta agosto de 2011.

Se recomienda para la venta el tratamiento 5 (ahumado a 50 °C/60 min y empacado al vacío) en una presentación de 454 g a un precio de venta de L. 87.05 (\$4.62), proporcionando un margen de ganancia del 50%.

4. CONCLUSIONES

- Los atributos sensoriales que más influenciaron la aceptación general del queso Cheddar fueron la textura, sabor y acidez. Los panelistas prefirieron el queso con mayor claridad y tonalidad más anaranjada. El humo aplicado al queso cheddar ocasionó cambios significativos en color, dando lugar a quesos más rojizos con tonalidad oscura.
- El humo aplicado al queso Cheddar Zamorano mejoró significativamente la estabilidad en anaquel en cuanto a hongos y levaduras se refiere.
- El factor empaque no tuvo efecto significativo en las propiedades físico- químicas, sensoriales y microbiológicas en el queso cheddar.
- De forma acumulativa el segundo mejor tratamiento fue el queso ahumado a 50 °C por 60 minutos y empacado al vacío, con un costo de \$ 3.07 para 454 gramos de producto. El precio sugerido para la venta de esta presentación es de \$4.62, obteniendo un margen de contribución del 50%.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar los tratamientos ahumados con un panel sensorial que consuma habitualmente productos ahumados y con potenciales consumidores en diferentes lugares o ferias en Tegucigalpa.
- Evaluar el efecto y alternativas económicas de diferentes mezclas de gases en la atmósfera modificada, incluyendo en adición al nitrógeno el CO₂.
- Comparar el efecto que tienen otras maderas (bisquettes) en los atributos sensoriales del queso Cheddar ahumado.
- Realizar un estudio de mercado para evaluar la aceptación del queso Cheddar ahumado empacado al vacío en el mercado hondureño y para determinar la intención de compra.
- Realizar un análisis económico para la producción industrial del queso Cheddar ahumado a 50 °C/60 minutos y empacado al vacío.

6. LITERATURA CITADA

Borjas, F.A; Colorado, J.O. 2010. Efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Zamorano, Honduras. 1- 30 p.

Bradley Smoker Corporation. 2010. Bradley Smoker Bisquettes. Consultado en línea el 15 de agosto de 2011. Disponible en: <http://www.bradleysmoker.com/bisquettes.asp>

Bueso, F.J. 2010. Análisis químicos de alimentos: actividad de agua. Zamorano, Honduras. 2- 16 p.

Chiriboga Arteta, A.N. 2008. Efecto de la adición de estabilizadores en el rendimiento, propiedades físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Zamorano, Honduras. 1, 11, 21- 24 p.

Codex Alimentarius. 2011. Norma para Queso Cheddar (codex stan 263). Consultado en línea el 15 de agosto de 2011. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es

Díaz, I; Vidal, A. Universidad Nacional del Quilmes. Consultado en línea el 30 de mayo del 2010. Disponible en: http://www.calidadalimentaria.net/envases_inteli.php

EUFIC (European Food Information Council). SF. Consultado en línea el 30 mayo del 2010. Disponible en: <http://www.eufic.org/page/en/faqid/what-is-modified-atmosphere-packaging-map/>

Expo Alimentab. 2006. Presentación octava feria. Chihuahua. Consultado en línea el 3 de septiembre de 2011. Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC003_metNutrert.pdf

Fresno, M; Rodríguez, V; Ruiz, M.E; Darmanin, N; Álvarez, S. 2007. Preferencia y diferenciación de quesos de cabra ahumados con diferentes productos. Archivos de Zootecnia vol. 56. Sup. 1: 713- 717 p.

Inda, AE. 2000. Optimización de rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de la quesería. Coahuila, ME. OEA. 115 p.

Kowalski, Z. 2010. Removal of Unpleasant Odorous Substances from Smoke Produced by Smoke Curing Houses. Poland. Journal of Environmental Sciences. Vol. 6 (2). 115-123 p.

Lawless, H; Heymann, H. 1999. Sensory evaluation of food. Principles and practices. USA. Aspen Publishers. 430- 440p.

Melo Guerrero, G.R; Ferrera Palma, G.A. 2010. Efecto del porcentaje de grasa y acidez final en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (*labneh*). Zamorano, Honduras. 1- 32 p.

Monroy Parada, L.G. 2003. Guía práctica del equipo de juzgamiento de productos lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 50- 55p.

Mundo Lácteo y Cárnico. 2004. Métodos de conservación en Cárnicos y Lácteos. Consultado en línea el 12 de julio del 2010. Disponible en: http://201.131.19.30/Estudios/lacteos/Aplicaciones%20T%C3%A9cnol%C3%B3gicas_queso%20chihuahua_leche_pasteurizada.pdf.

Naranjo Mora, J.C. 2008. Efecto de los probióticos *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium bifidum* en las características físico-químicas y sensoriales de queso Cheddar Zamorano. Honduras. 20- 34p.

Núñez Rueda, F.M. 2010. Evaluación sensorial. Selección y entrenamiento de panelistas. Zamorano, Honduras. 31 p.

Osorio, L.F. 2010. Ciencia y tecnología de la leche. Elaboración de quesos. Zamorano, Honduras. 28- 30 p.

Ott, A; Hugi, A; Baumgartner, M; Chaintreau, A. 2000. Sensory Investigation of Yogurt Flavor Perception: Mutual Influence of Volatiles and Acidity. Journal Agricultural Food Chemistry 48 (2): 441- 450 p.

Porciones diarias de alimentos. 2011. Consultado en línea el 9 de octubre de 2011. Disponible en: http://espanol.babycenter.com/pregnancy/nutricion/lista_alimentos/.

Rahman, M. 2003. Manual de conservación de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia S.A. 469- 482p.

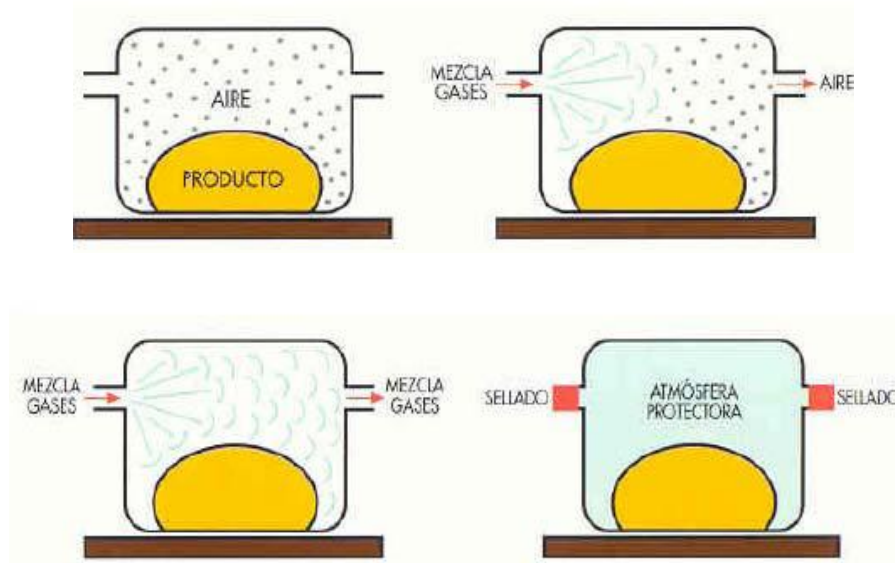
Revilla, A. 2009. Tecnología de la leche. 3 ed. Tegucigalpa, HN. Zamorano Academia Press. 230- 232 p.

Rodríguez, I. 2002. El empaque/envase con atmósfera controlada. Consultado en línea el 12 de julio del 2010. Disponible en: <http://www.envapack.com/185/>

Salazar Urvina, R.E. 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. Zamorano, Honduras. 7- 40p.

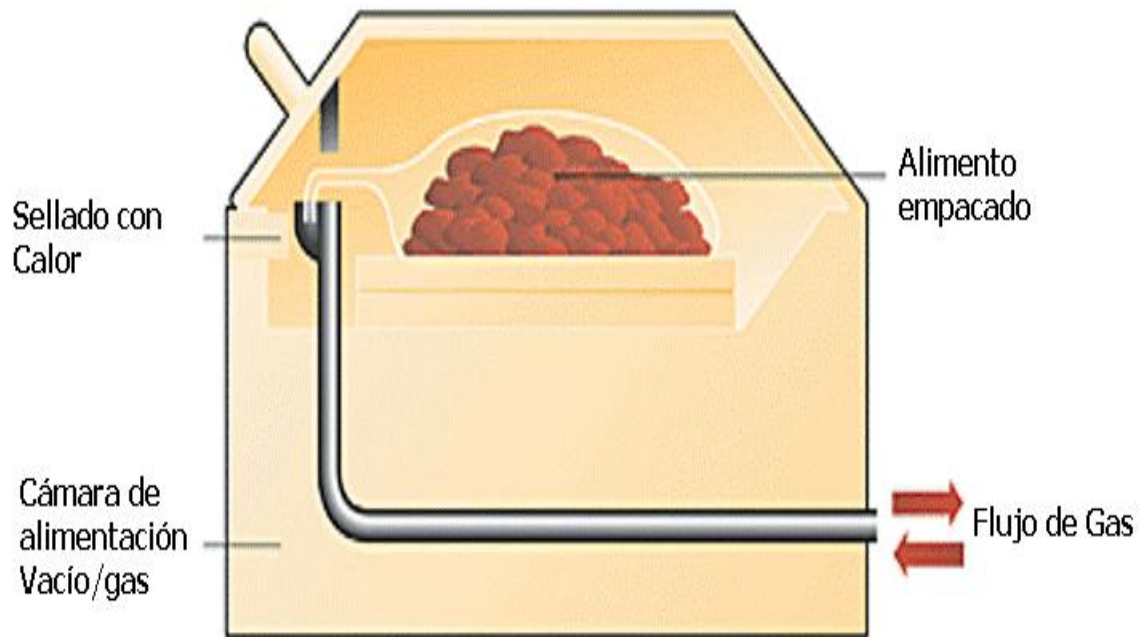
7. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de proceso de empacado con atmósferas modificadas.



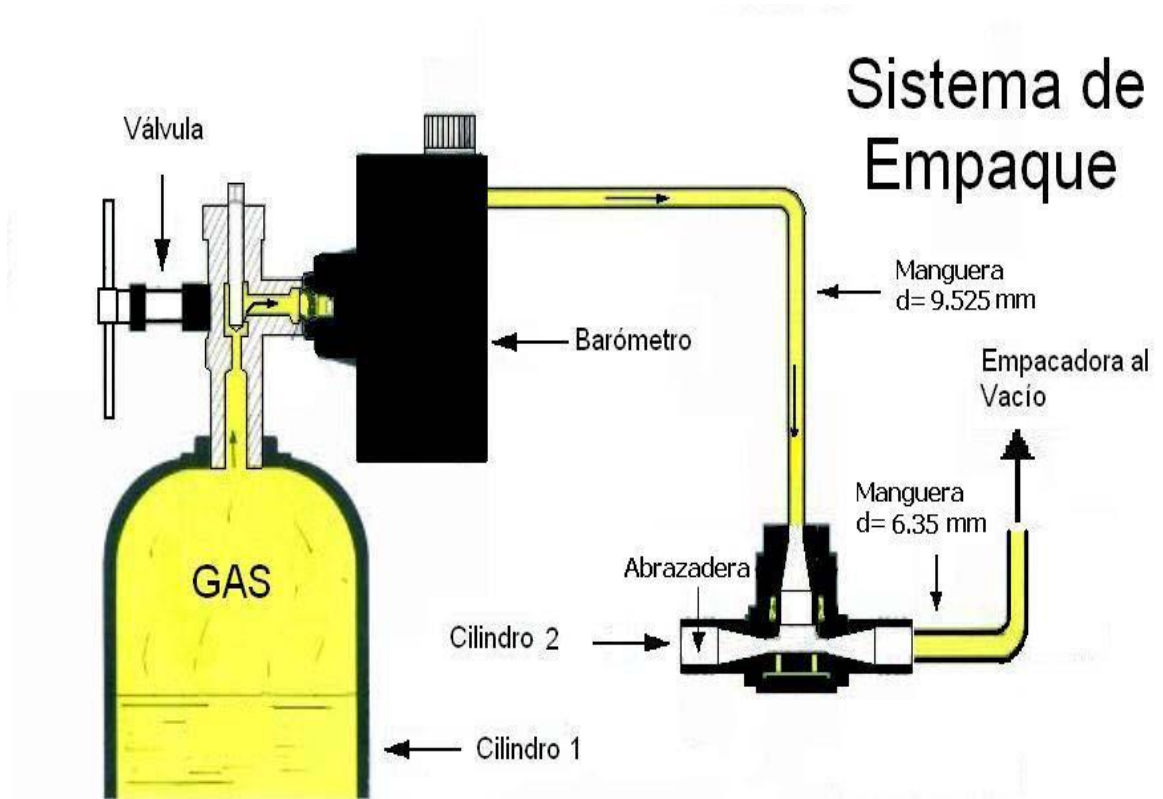
Fuente: Salazar (2006)

Anexo 2. Empacadora al vacío de cámara simple.



Fuente: Salazar (2006)

Anexo 3. Sistema de empaque para empacadora simple Multivac.



Fuente: Salazar (2006).

Anexo 6. Etiqueta del producto terminado.

