

Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar

**Helen Catalina Albizú Portillo
Marlon Fernando Ac Pangán**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para 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:

Helen Catalina Albizú Portillo
Marlon Fernando Ac Pangán

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar

Presentado por:

Helen Catalina Albizú Portillo
Marlon Fernando Ac Pangán

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor principal

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

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Ac, M. y Albizú, H. 2011. Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 29 p.

El suero de leche por su alto contenido proteico (β -lactoglobulinas y α -lactoalbúminas) es utilizado para elaborar concentrados de proteínas ideales para formar películas comestibles. El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto del recubrimiento a base de proteína de suero de leche en las características físicas, químicas y sensoriales del queso Cheddar. Se realizaron pruebas preliminares para determinar el proceso de elaboración del recubrimiento. Se utilizó un BCA con arreglo factorial 2×2 , temperatura (90 y 100°C) y porcentaje de proteína (6 y 8%) con medidas repetidas en tiempo (1, 15 y 30 días), totalizando cinco tratamientos, incluyendo el control, con tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales. Se realizaron análisis de costos, físico-químicos, microbiológicos, y análisis sensorial con 12 panelistas no capacitados. Los tratamientos obtuvieron calificaciones en un rango de: me gusta poco a me gusta moderadamente (6 a 6.75) en una escala hedónica de 9 puntos, siendo apariencia y textura los que más cambiaron en el almacenamiento. El recubrimiento no tuvo efecto sobre los atributos sensoriales. Los valores de L^* , b^* , contenido de humedad, fuerza de corte y punción no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. La interacción temperatura y proteína tuvo efecto significativo en el aumento del brillo (valor L) al día 30 y color rojo (valor a) al día 15 de almacenamiento. El costo variable del recubrimiento fue de \$ 1.53 para un bloque de queso Cheddar de 20.5 kg.

Palabras clave: Biopolímero, desnaturalización de proteínas, lácteos, vida de anaquel.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Página de firmas	ii
	Resumen	iii
	Contenido.....	iv
	Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4	CONCLUSIONES	23
5	RECOMENDACIONES	24
6	LITERATURA CITADA.....	25
7	ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Factores evaluados en el proceso de desarrollo de una película comestible.	4
2.	Diseño experimental.	5
3.	Cambios en apariencia del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*. ..	9
4.	Análisis sensorial del atributo aroma del queso Cheddar*.	9
5.	Cambios en textura del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*.	10
6.	Análisis del atributo sensorial de acidez del queso Cheddar*.	10
7.	Análisis sensorial del atributo sabor del queso Cheddar*.	11
8.	Análisis de aceptación general del queso Cheddar*.	11
9.	Cambios en valor L* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*.	13
10.	Cambios en el valor a* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	14
11.	Cambios en valor b* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	14
12.	Cambios en fuerza de corte (N) del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	15
13.	Cambios en fuerza de punción del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	15
14.	Cambios en contenido de humedad (%) del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	16
15.	Correlación de Pearson entre las variables analizadas en el recubrimiento del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.	17
16.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 1 de almacenamiento.	18
17.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 15 de almacenamiento.	18
18.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 30 de almacenamiento.	18
19.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 1 de almacenamiento.	19
20.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 15 de almacenamiento.	19
21.	Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 30 de almacenamiento.	19

22. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los atributos sensoriales del queso Cheddar.	20
23. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los atributos físico-químicos del queso cheddar con recubrimiento comestible.....	20
24. Diferencia de mínimos cuadrados de las medias para la interacción entre PC*temperatura en la variable a* de color a los 15 días de almacenamiento.....	21
25. Diferencia de mínimos cuadrados de las medias para la interacción PC*temperatura en la variable L* a los 30 días de almacenamiento de queso Cheddar.	21
26. Conteo de coliformes totales en queso Cheddar con recubrimiento comestible.....	22
27. Costos en la producción de recubrimiento comestible de proteína concentrada de suero de leche comparados con otros recubrimientos comestibles y con la bolsa plástica utilizada para empaque al vacío.	22

Figuras	Página
1. Resumen de análisis sensorial para los diferentes atributos del queso.....	12

Anexos	Página
1. Flujo de proceso de elaboración del recubrimiento a base de proteína concentrada de suero de leche.	27
2. Niveles de estructura de una proteína.....	28
3. Efecto del tratamiento térmico y pH en la Permeabilidad de Vapor de Agua de películas a base de proteína de suero de leche.	29

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha incrementado el interés por el uso de polímeros biodegradables en la formación de empaques para alimentos, lo cual se debe a los problemas de contaminación ambiental provocados por empaques elaborados a base de polietileno. Por esta razón se han desarrollado investigaciones sobre el uso de biopolímeros como proteínas, almidón, gomas, metilcelulosa, hidroximetil celulosa y combinaciones entre cada uno de ellos en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles con diferentes propiedades para utilizarlos en empaque de alimentos (Vroman y Tighzert 2009). Así como también se ha evaluado el efecto de pH, tratamiento térmico, tipo y proporción de plastificante y tiempo de degradación en las propiedades físico-químicas de cada recubrimiento para determinar la combinación de factores que permita obtener una película con propiedades deseadas de acuerdo al objetivo del mismo (Charles *et al.* 2008).

Uno de los polímeros más estudiados han sido las proteínas, las cuales son termoplásticas y formadas por diferentes tipos de aminoácidos que permiten el desarrollo de interacciones intermoleculares, que al ser combinadas con otros compuestos y desarrolladas a diferentes temperaturas permiten obtener recubrimientos con propiedades químicas y físicas diferentes (Vroman *et al.* 2009). Los recubrimientos elaborados a base de proteína de suero de leche tienen ventajas sobre recubrimientos elaborados a partir otros biopolímeros debido al excelente valor nutricional, sabor suave y capacidad de servir como medio para agregar color, sabor e ingredientes funcionales a los alimentos (Li y Chen 2000).

El suero de leche es una fuente significativa de proteínas funcionales β -Lactoglobulina (β -Lg) y α -Lactoalbúmina (α -La) principalmente. Por su alto contenido proteico, tanto los concentrados (80%) como los aislados (>90%) de proteínas de suero de leche son ideales para la formación de películas comestibles (Galiotta 2001). Sin embargo, es necesaria la previa desnaturalización de la β -Lg y la α -La, para exponer los grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S) encubiertos en el centro hidrofóbico de la estructura globular terciaria nativa de estas proteínas. La posterior formación de enlaces disulfuro intermoleculares principalmente entre unidades monoméricas de la β -Lg, promueve la generación de una red tridimensional estable (Monahan *et al.* 1993). Además se debe agregar un plastificante (glicerol o sorbitol) para disminuir la densidad y reversibilidad de las interacciones intermoleculares e incrementar la movilidad de las cadenas y en consecuencia la flexibilidad de la película (Banker 1996).

En Latinoamérica el suero de leche es un subproducto de la industria láctea el cual no tiene valor agregado a pesar de que se produce en grandes cantidades, convirtiéndose en la principal fuente de contaminación de esta industria. Además son pocas las investigaciones desarrolladas sobre la elaboración de recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche, por esta razón es importante desarrollar estudios para utilizar el suero de leche como materia prima en la elaboración de recubrimientos comestibles.

En Zamorano no se ha realizado un estudio sobre películas o recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche por lo que es importante realizar investigaciones acerca de la elaboración y efecto de recubrimientos en productos comercializados localmente.

En el desarrollo de recubrimientos a base de proteína de suero de leche intervienen diversos factores tales como: concentración de proteína, tipo de suero, porcentaje de proteína de suero concentrado, pH de la solución, tipo de plastificador y temperatura de desnaturalización, los cuales determinan las propiedades físico-químicas del recubrimiento. Además las propiedades del recubrimiento también son afectadas por el tipo de alimento, porcentaje de humedad, tiempo de almacenamiento, temperatura y humedad relativa de almacenamiento.

Por esta razón el estudio se enfocó en evaluar el efecto del recubrimiento a base de proteína de suero de leche en las características físicas y sensoriales del queso Cheddar durante el almacenamiento, siendo los objetivos del estudio:

- Evaluar el efecto de la adición de un revestimiento comestible en las características sensoriales de queso Cheddar.
- Determinar el efecto de dos temperaturas en el desarrollo del recubrimiento comestible en las propiedades físicas y químicas del queso Cheddar.
- Determinar el efecto de dos concentraciones de proteína de suero de leche en el desarrollo del recubrimiento comestible en las propiedades físicas y químicas de queso Cheddar.
- Determinar costos variables del recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se desarrolló en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano localizada en el Departamento de Francisco Morazán, 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras. El proceso de elaboración del recubrimiento comestible y los análisis físico-químicos se efectuaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) y el almacenamiento del queso Cheddar recubierto en el cuarto de maduración de la Planta de Lácteos de Zamorano.

Materiales. El principal componente utilizado para la elaboración del recubrimiento comestible fue la proteína concentrada de suero de leche (PC 80%,) elaborada por Grupo ASEAL®, sorbitol como plastificante (70%) y agua potable. Para realizar el análisis microbiológico se utilizó: medio agar rojo violeta bilis (VRBA), agua peptonada, agua destilada, platos petri, bolsas estériles, alcohol, pipetas de 1.1 ml, bulbo y mechero. Para análisis sensorial: platos, vasos, marcadores y servilletas. Los cubos de queso cheddar de 220 g fueron utilizados como unidades experimentales.

Equipo. El desarrollo del recubrimiento se realizó a nivel de laboratorio utilizando: beakers de 300 ml, termómetro electrónico Traceable® de Thomas Scientific, balanza analítica Adventurer 2140, OHAUS y hornilla eléctrica No. SP131325, Thermo Scientific. Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorios de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) utilizando el siguiente equipo: Analizador de Textura CT3 4500, Colorflex HunterLab 45/0, desecador de cristal con llave de paso para vacío, 5.8 L y horno Fisher Scientific. Para análisis microbiológicos se utilizó el laboratorio de la planta de lácteos de Zamorano, en el cual se utilizó: autoclave Market Forge STME, stomacher 400 circulator de Seward e incubadora modelo 31480-25 de Precision®.

Pruebas preliminares. Debido a que existen diversos procedimientos para la elaboración de películas comestibles, se desarrollaron pruebas preliminares en la que se realizó una evaluación de los factores: porcentaje de proteína concentrada de suero de leche, tiempo de tratamiento térmico, tipo de mezclado, temperatura y pH adecuado para el desarrollo óptimo de las características de la película y diferentes ambientes para el secado. Los niveles de los factores evaluados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores evaluados en el proceso de desarrollo de una película comestible.

Factor	Nivel
Proteína concentrada de suero de leche	1, 4, 6, 8 y 10%
Tipo de deshidratación	temperatura ambiente, refrigeración a 8°C e incubadora a 35°C
Tiempo de tratamiento térmico	10 y 35 minutos
Tipo de mezclado	mecánico y manual
Temperatura	75 , 90 y 100°C
Tipo de queso	Fresco y madurado

Fuente: Fuente: Benerjee y Chen 1997, Chae y Heo 1997, Kim y Ustunol 2001.

Análisis sensorial. Todos los tratamientos fueron evaluados a los días 1, 15 y 30 por un panel no capacitado compuesto por 12 personas con hábitos de consumo de productos lácteos. Se realizó un análisis de aceptación para determinar si el panel distinguía diferencias significativas entre los tratamientos. A cada panelista se le entregó una hoja de evaluación con una escala hedónica de nueve puntos (1= me disgusta extremadamente; 9= me gusta extremadamente) para los siguientes atributos: apariencia, aroma, textura, sabor, acidez y aceptación general. Se le proporcionó a cada panelista muestras del primer centímetro de la corteza de cada tratamiento para garantizar la presencia del recubrimiento. Cada panelista tuvo que evaluar los cuatro tratamientos y el control.

Análisis físicos. Se analizó la fuerza de corte, punción y color en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), a los días 1, 15 y 30.

Para el análisis de la fuerza de corte utilizó el Analizador de Textura CT3 4500 utilizando la sonda TA7. Las muestras de queso se cortaron en cubos de 25*30*10 mm y los resultados se midieron como el promedio de tres mediciones y se expresaron en Newtons (N).

Para el análisis de punción se utilizó el Analizador de Textura CT3 4500 utilizando la sonda TA41. Las muestras de queso se cortaron en cubos de 24*24*10 mm y los resultados se midieron como el promedio de tres mediciones y se expresaron en Newtons (N).

Para la evaluación del color se utilizó Colorflex HunterLab® evaluando los valores L*, a* y b*; siendo L* la luminosidad reflejada en un rango de +100 blanco a 0 negro. El valor a* mide en el espectro visible los colores del verde al rojo, siendo a* (-) verde y a* (+) rojo. El valor b* mide los colores del espectro que van del azul al amarillo, siendo b* (-) azul y b* (+) amarillo.

Análisis de humedad. Método AOAC 926.08. El análisis de humedad se inició con el secado de crisoles en el horno a 105°C durante 24 horas, después del secado se colocaron los crisoles en un desecador durante 30 minutos y se tomó el peso de cada uno utilizando una balanza analítica de precisión. Posteriormente se pesó 3 g de muestra de queso con recubrimiento en cada uno de los crisoles tarados y se colocaron los crisoles con muestra en el horno a 105°C durante 24 horas. Luego se retiraron los crisoles del horno y se colocaron en un desecador por 30 minutos; finalmente se tomó el peso de los crisoles y por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de humedad. Cada una de las muestras se realizó por duplicado.

Análisis microbiológicos. Este análisis se realizó en el laboratorio de la planta de lácteos de Zamorano a los 1, 15 y 30 días. Haciendo uso de técnicas de asepsia se cuantificaron coliformes totales en medio de cultivo agar rojo violeta bilis (VRBA). La técnica de siembra utilizada fue vertido. Los platos se inocularon con 1 ml de solución preparada a partir de 5g de queso diluidos en 45 ml de agua peptonada esterilizada y se incubaron invertidos con la tapa hacia abajo a 35°C durante 24 horas. El conteo de unidades formadoras de colonias que se identificaron por su color violeta intenso se realizó manualmente utilizando el método estándar.

Análisis estadístico. La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Tukey ($P < 0.05$) para determinar si existen diferencias entre los tratamientos y análisis de medidas repetidas en tiempo. Se utilizó el programa estadístico SAS® versión 9.1 como herramienta de análisis.

Diseño experimental. El diseño experimental que se utilizó fue Bloques Completos al Azar (BCA), con arreglo factorial 2×2 , siendo los factores: proteína (6 y 8%) y temperatura de desnaturalización (90 y 100°C). Además, medidas repetidas en el tiempo a los días 1, 15 y 30 para los análisis físicos-químicos, sensoriales y análisis microbiológicos. Se realizaron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos, en cada una de las repeticiones se incluyó un control el cual fue queso Cheddar sin recubrimiento, dando un total de 45 unidades experimentales.

Cuadro 2. Diseño experimental.

Temperatura de tratamiento térmico			
		90° C	100° C
Proteína concentrada de suero de leche	6%	TRT 1	TRT 2
	8%	TRT 3	TRT 4

Fuente: Estudios preliminares

Tratamientos. Se realizaron cuatro tratamientos con recubrimiento de proteína a base de suero de leche en queso Cheddar, los cuales son:

- Tratamiento 1: 220g de queso Cheddar recubierto con 6% de concentrado de proteína de suero de leche a 90°C.
- Tratamiento 2: 220g de queso Cheddar recubierto con 6% de concentrado de proteína de suero de leche a 100°C.
- Tratamiento 3: 220g de queso Cheddar recubierto con 8% de concentrado de proteína de suero de leche a 90°C.
- Tratamiento 4: 220g de queso Cheddar recubierto con 8% de concentrado de proteína de suero de leche a 100°C.

Queso Cheddar sin recubrimiento fue utilizado como control.

Análisis económico. Se realizó una comparación entre los costos directos en la elaboración de tres diferentes tipos de recubrimientos comestibles: Proteína Concentrada de suero de leche, Proteína Concentrada combinada con cera de abeja y almidón de maíz mezclado con aceite de girasol. Se seleccionaron estos dos recubrimientos ya que en el caso de Proteína Concentrada mezclada con cera de abeja reduce la permeabilidad al vapor de agua y además debido a las propiedades plastificantes que aporta la cera se requiere de menor cantidad de sorbitol al momento del desarrollo del recubrimiento (Talens y Krochta 2005). Por otro lado el almidón es ampliamente utilizado en la elaboración de recubrimientos debido a sus características y al bajo costo que posee comparado con otros ingredientes alternos (García *et al.* 2000). Cada uno de los diferentes recubrimientos comestibles incluyó el costo de una bolsa de polietileno de baja densidad ya que es necesario combinarlo para combinar las características de permeabilidad a gases de un recubrimiento con la baja permeabilidad al agua de una bolsa de polietileno. La razón por la que se realiza esta comparación es para ver el costo de utilizar una bolsa menos compleja comparada con la bolsa de empaque al vacío.

Los costos se compararon con el costo de la bolsa plástica de 20"x26" utilizada actualmente para empacar bloques de queso de 20.5 kg al vacío durante el período de maduración. El cálculo se realizó para una tanda de 25 bloques de queso Cheddar.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTUDIOS PRELIMINARES

Concentración de proteína. Se observó diferencia entre concentraciones de proteína de 1, 4 y 6% utilizando un tratamiento térmico de 75°C durante 30 minutos. La solución con 1% de proteína concentrada de suero no desarrolló viscosidad debido al bajo contenido de sólidos presentes, los tratamientos con 4 y 6% de proteína concentrada de suero formaron una solución poco viscosa con alta presencia de agregados indeseables. La presencia de grumos fue debido a que la adición del plastificante y ajuste de pH se realizaba después del tratamiento térmico. Por otro lado al utilizar concentraciones de 4, 6 y 8% a 90°C durante 30 minutos se obtuvo una consistencia viscosa deseada. Al utilizar 10% de concentrado de proteína se presentaron agregados insolubilizados en la solución.

Tratamiento térmico. Se observó diferencia en las temperaturas y el tiempo del tratamiento térmico utilizado. El tratamiento a 75°C a un pH de 6.6 formaba soluciones viscosas a 30 minutos pero con agregados indeseables. Por otra parte al utilizar 90°C durante 10 minutos se obtuvo soluciones deseadas sin presencia de agregados, pero al momento de la deshidratación las películas presentaban fracturas en la matriz debido a la baja interacción intermolecular, por esta razón se extendió el tratamiento a 90°C durante 30 minutos para lograr obtener una película uniforme.

Deshidratación de la película. La deshidratación de la película fue en un ambiente de 40% de humedad relativa y 30° C por 36 horas para las concentraciones de 6 y 8% de proteína concentrada de suero. La solución de 4% aún presentaba consistencia líquida. En incubadora a 35° C y 10% humedad relativa el tiempo fue de 24 horas (Simi y Abraham 2009). En refrigeración a 8° C y 80% de humedad relativa por 48 horas. Se utilizaron platos petri agregando 5 ml de la mezcla final para lograr películas con grosor uniforme.

Tipo de mezclado. El mezclado mecánico se realizó utilizando una mezcladora semi-industrial a velocidad 1 durante 5 minutos y velocidad 2 durante 8 minutos, la cual provocó la formación de burbujas dentro de la matriz de proteína después de la deshidratación. Por esta razón se utilizó una hornilla eléctrica con agitación a 300 rpm en la elaboración de los tratamientos para evitar la incorporación de oxígeno.

Tipo de queso. Una vez establecido el procedimiento adecuado se evaluó la funcionalidad del recubrimiento en queso crema Zamorano. Se tomaron rodajas de queso de 3 cm las cuales fueron sumergidas en ambas soluciones de proteína concentrada (6 y 8%), posteriormente se colocaron en refrigeración a 4°C para evaluar su comportamiento. Luego de 48 horas se observó presencia de color amarillo y deshidratación en la superficie del queso crema debido a que tiene un alto contenido de humedad (50%). Por estar en contacto con el ambiente del cuarto frío y los cambios que en él se generan perdió agua fácilmente generando un aspecto indeseable en el producto.

Por esta razón se realizaron pruebas con queso Cheddar ya que por ser un queso madurado el contenido de humedad es menor (40%). Para este procedimiento se utilizaron recortes de queso los cuales se sumergieron en las diferentes soluciones de proteína concentrada y se colocaron en refrigeración a 4°C por 48 horas. El resultado obtenido fue una excelente apariencia del queso sin mayor pérdida de humedad, por esta razón se utilizó queso Cheddar como unidad experimental.

El nivel de los factores y el procedimiento final utilizado para el desarrollo de los diferentes tratamientos fue: Proteína concentrada de suero de leche (6 y 8% p/p) disuelta en 200 ml de agua potable (pH neutro), sorbitol fue agregado como plastificante en proporción 1:2 (sorbitol:proteína p/p), luego la solución fue homogenizada a 30°C, 300 rpm por 20 minutos; se incrementó gradualmente la temperatura hasta alcanzar (90 y 100°C) por 30 min para lograr la desnaturalización de las proteínas (Chae y Heo 1997). Una vez realizada la mezcla los cubos de queso Cheddar de 200 g fueron recubiertos a una temperatura de 60°C mediante el uso de una brocha, los quesos recubiertos fueron almacenados a 8°C y 65% humedad relativa en el cuarto de maduración.

Proceso de elaboración. El ajuste de pH y adición de sorbitol luego del tratamiento térmico provocó la formación de agregados indeseables en la solución de proteína, por esta razón en el proceso final de elaboración se realizó agregando el plastificante antes del tratamiento térmico sin hacer ajuste de pH.

ANÁLISIS SENSORIAL

Apariencia. El Cuadro 3 muestra que no existió diferencia significativa entre tratamientos, debido a que la proteína de suero de leche se caracteriza por formar recubrimientos y películas transparentes (Li y Chen 2000); siendo esta una característica favorable ya que indica que puede utilizarse 6 y 8% de proteína concentrada de suero de leche sin generar cambios en la apariencia del producto.

La comparación de la calificación sensorial para la variable apariencia en el tiempo indica que existió un incremento significativo en el día 30 para el tratamiento 4 (8% PC y 100°C) y para el control. En el caso del control se debe a que los panelistas detectaron la disminución significativa en el color amarillo a través del tiempo, por otra parte el tratamiento 4 tuvo un incremento significativo al día 30 ya que mantuvo las características de color más estables a través del tiempo.

Cuadro 3. Cambios en apariencia del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media ¹ ± DE ²	Media ± DE	Media ± DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.19 ^{a(X)} ± 2.03	6.19 ^{a(X)} ± 1.47	6.72 ^{a(X)} ± 1.25
TRT 2 (6% PC + 100°C)	6.47 ^{a(X)} ± 2.18	6.19 ^{a(X)} ± 1.28	6.44 ^{a(X)} ± 1.53
TRT 3 (8% PC + 90°C)	6.77 ^{a(X)} ± 1.97	6.44 ^{a(X)} ± 1.31	6.91 ^{a(X)} ± 1.57
TRT 4 (8% PC + 100°C)	6.19 ^{a(Y)} ± 2.16	6.33 ^{a(XY)} ± 1.43	7.08 ^{a(X)} ± 1.44
Control	6.02 ^{a(Y)} ± 2.10	6.47 ^{a(XY)} ± 1.48	6.94 ^{a(X)} ± 1.26
Coeficiente de variación (%)	32.96	21.96	20.85

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes (P<0.05)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Aroma. El Cuadro 4 muestra que no hubo diferencia significativa entre tratamientos al igual que en el tiempo, lo cual se debe a que el recubrimiento no genera aromas que produzcan cambios negativos en el producto (Li y Chen 2000). Además el queso Cheddar posee un aroma característico fuerte por esta razón no fue detectada la presencia del recubrimiento por parte del panelista. El comportamiento mostrado es importante ya que utilizando 6 y 8% de proteína concentrada de suero las características del queso Cheddar relacionadas con aroma se mantienen.

Cuadro 4. Análisis sensorial del atributo aroma del queso Cheddar*.

Tratamiento	Aroma ± DE ²
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.44 ^a ± 1.63
TRT 2 (6% PC + 100°C)	6.47 ^a ± 1.70
TRT 3 (8% PC + 90°C)	6.63 ^a ± 1.71
TRT 4 (8% PC + 100°C)	6.75 ^a ± 1.65
Control	6.58 ^a ± 1.62
Coeficiente de variación (%)	23.68

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Textura. El Cuadro 5 indica que no hubo diferencia significativa entre tratamientos a los días 1 y 30; pero si existió diferencia al día 15 donde el tratamiento que presentó mejor textura fue el control, mientras que el tratamiento 1 fue el que obtuvo la calificación más baja. Lo anterior se explica debido a que los panelistas detectaron la menor consistencia del control y la mayor del tratamiento 1 al día 15 a pesar de que en los análisis fuerza de corte y punción no hubo diferencia significativa.

La comparación en el tiempo indica que en el día 30 existió un incremento significativo en la calificación de textura final para el tratamiento 4 únicamente. Los panelistas detectaron un menor incremento en el cambio del atributo textura a través del tiempo, lo cual se muestra en el análisis de fuerza de corte y punción.

Cuadro 5. Cambios en textura del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media ¹ ± DE ²	Media ± DE	Media ± DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.13 ^{a(X)} ±2.17	5.50 ^{b(X)} ±2.26	6.38 ^{a(X)} ±1.55
TRT 2 (6% PC + 100°C)	6.25 ^{a(X)} ±2.14	6.41 ^{ab(X)} ±1.46	6.36 ^{a(X)} ±1.43
TRT 3 (8% PC + 90°C)	6.63 ^{a(X)} ±1.83	6.00 ^{ab(X)} ±1.82	6.52 ^{a(X)} ±1.64
TRT 4 (8% PC + 100°C)	6.16 ^{a(Y)} ±2.04	6.22 ^{ab(Y)} ±1.86	6.86 ^{a(X)} ±1.58
Control	6.11 ^{a(X)} ±2.05	6.69 ^{a(X)} ±1.23	6.83 ^{a(X)} ±1.36
Coefficiente de variación (%)	32.62	29.06	23.04

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes (P<0.05)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Acidez. El Cuadro 6 muestra que no existió diferencia significativa entre los tratamientos al igual que en el tiempo debido a que el recubrimiento a base de proteína tiene un pH neutro por lo que no hubo aporte al cambio de acidez. Además el recubrimiento únicamente estaba presente en la corteza del queso. La muestra proporcionada a los panelistas fue de la corteza del queso razón por la cual al momento de la prueba sensorial la acidez percibida por los evaluadores fue la del queso Cheddar.

Cuadro 6. Análisis del atributo sensorial de acidez del queso Cheddar*.

Tratamiento	Acidez ± DE ²
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.23 ^a ±1.92
TRT 2 (6% PC +100°C)	6.41 ^a ±1.76
TRT 3 (8% PC +90°C)	6.58 ^a ±1.79
TRT 4 (8% PC +100°C)	6.48 ^a ±1.79
Control	6.50 ^a ±1.81
Coefficiente de variación (%)	22.19

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Sabor. El Cuadro 7 muestra que no existió diferencia significativa en sabor entre los diferentes tratamientos al igual que en el tiempo debido a que el concentrado de proteína de suero de leche posee un sabor delicado y ligero que no es detectado por los panelistas cuando se utiliza como aditivo o ingrediente en el producto final (Campbell 2010).

El queso Cheddar tiene un sabor fuerte característico que enmascara el sabor ligero del recubrimiento, por esta razón los panelistas no pudieron detectar cambios significativos. Esta característica presentada por el recubrimiento a base de proteína concentrada es favorable ya que el propósito es que los consumidores continúen comprando el queso Cheddar con las características que les hace elegirlo y a las que están acostumbrados.

Cuadro 7. Análisis sensorial del atributo sabor del queso Cheddar*.

Tratamiento	Sabor $\pm$ DE ²
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.24 ^a $\pm$ 1.88
TRT 2 (6% PC +100°C)	6.42 ^a $\pm$ 1.73
TRT 3 (8% PC +90°C)	6.64 ^a $\pm$ 1.82
TRT 4 (8% PC+100°C)	6.57 ^a $\pm$ 1.75
Control	6.50 ^a $\pm$ 1.71
Coeficiente de variación (%)	22.08

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Aceptación general. El Cuadro 8 muestra que no existió diferencia significativa en los diferentes tratamientos, además la aceptación evaluada en el tiempo no tuvo diferencias significativas. El recubrimiento elaborado a base de proteína de suero de leche no posee color, posee sabor ligeramente percibido por el consumidor y no aporta cambios a la acidez; razón por la cual no cambian las características del queso Cheddar permitiendo de esta manera que sea aceptado de forma similar al control. Esto es un aspecto importante cuando el propósito del recubrimiento comestible es alargar la vida de anaquel, ya que no debe aportar olor o sabor y debe ser transparente (Hang *et al.* 2006).

Cuadro 8. Análisis de aceptación general del queso Cheddar*.

Tratamiento	Aceptación general $\pm$ DE ²
TRT 1 (6% PC + 90°C)	6.22 ^a $\pm$ 1.92
TRT 2 (6% PC +100°C)	6.53 ^a $\pm$ 1.66
TRT 3 (8% PC + 90°C)	6.65 ^a $\pm$ 1.73
TRT 4 (8% PC +100°C)	6.65 ^a $\pm$ 1.74
Control	6.48 ^a $\pm$ 1.69
Coeficiente de variación (%)	22.58

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

¹Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente. ²DE=Desviación estándar

Se han realizado pocos estudios enfocados en cómo entender la actitud del consumidor acerca de las películas y recubrimientos comestibles. Sin embargo, se ha determinado que las personas no poseen conocimiento acerca de las empaques comestibles por lo tanto tienden a rechazar los alimentos cuando creen que estos recubrimientos o películas no son parte integral de los mismos. La mayoría de participantes de un estudio realizado dijo que debían de saber qué tipo de productos son adecuados para llevar un recubrimiento o película comestible y así determinar si consumirlo o no. Esto implica que el consumidor podría tener diferentes grados de aceptabilidad para los diferentes productos que se revistan (Hang *et al.* 2006).

Resumen del análisis sensorial exploratorio. La Figura 1 muestra que no existió tratamiento que fuera mejor calificado en el análisis sensorial en todos los atributos evaluados en los días 1, 15 y 30. Por esta razón se puede concluir todos los tratamientos fueron evaluados de la misma forma por los panelistas. Además, cada uno de los atributos tuvo la misma proporción en el aporte de la calificación final ya que los valores estuvieron en un rango de 6 a 6.74 para todas las características evaluadas. La razón por la que los valores no superaron la calificación de 7 fue debido a que no se realizaron cambios significativos que cambiaran las características sensoriales del queso Cheddar, lo cual se refleja en la aceptación similar en cada uno de los tratamientos. Además en la evaluación sensorial los panelistas tienden a seleccionar los valores del centro de la escala lo cual contribuye a que las calificaciones se sitúen en valores cercanos a 7.

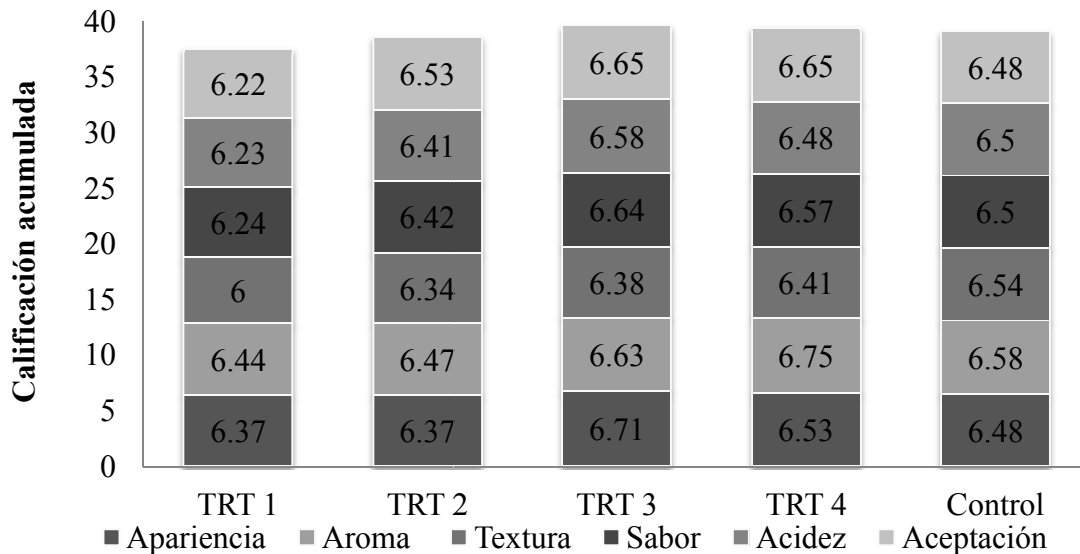


Figura 1. Resumen de análisis sensorial para los diferentes atributos del queso Cheddar con recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche. Escala: 1= me disgusta extremadamente, 9=me gusta extremadamente.

ANÁLISIS FÍSICOS

Color. El Cuadro 9 muestra que no existieron diferencias significativas entre tratamientos para el valor L^* , pero sí existieron diferencias para este valor con respecto al tiempo (1, 15 y 30 días) en el tratamiento 1. A pesar de que los recubrimientos elaborados con proteína de suero de leche son transparentes, el valor L^* va disminuyendo con el tiempo por lo que se vuelve menos brillante, esto debido a la pérdida de humedad ya que estas variables presentan una correlación alta positiva de 91.04% (Cuadro 15).

La pérdida en brillo en los recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche se va reduciendo gradualmente provocando una pérdida significativa en el almacenamiento, siendo la migración del plastificante hacia el producto una de las principales causa de reducción de brillo en los recubrimientos.

El brillo es un fenómeno de la superficie que puede ser afectado por la desigualdad en el grosor del recubrimiento, el ángulo de la luz, las propiedades intrínsecas (índice de refracción) de un material (Trezza y Krochta 2001).

Cuadro 9. Cambios en valor L^* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento*.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	62.42 ^{a(X)} $\pm$ 0.76	53.99 ^{a(Y)} $\pm$ 2.65	48.82 ^{a(Z)} $\pm$ 1.37
TRT 2 (6% PC + 100°C)	59.80 ^{a(X)} $\pm$ 1.28	52.69 ^{a(Y)} $\pm$ 0.63	50.97 ^{a(Y)} $\pm$ 0.76
TRT 3 (8% PC + 90°C)	63.85 ^{a(X)} $\pm$ 2.49	50.84 ^{a(Y)} $\pm$ 1.73	49.73 ^{a(Y)} $\pm$ 1.46
TRT 4 (8% PC + 100°C)	64.08 ^{a(X)} $\pm$ 4.01	53.22 ^{a(Y)} $\pm$ 4.48	49.26 ^{a(Y)} $\pm$ 0.50
Control	61.17 ^{a(X)} $\pm$ 1.72	50.24 ^{a(Y)} $\pm$ 0.08	50.59 ^{a(Y)} $\pm$ 0.27
Coeficiente de variación (%)	4.15	4.90	2.36

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

²DE= Desviación estándar

Los resultados obtenidos en color mostraron que no existen diferencias significativas para los valores a^* con respecto al tiempo ni entre tratamiento (Cuadro 10). Este comportamiento es similar al obtenido utilizando empaque al vacío durante el almacenamiento del queso Cheddar (Salazar 2006).

Cuadro 10. Cambios en el valor a* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	29.95 ^{a(X)} $\pm$ 1.65	30.05 ^{a(X)} $\pm$ 2.84	27.98 ^{a(X)} $\pm$ 3.05
TRT 2 (6% PC + 100°C)	32.43 ^{a(X)} $\pm$ 2.84	31.49 ^{a(X)} $\pm$ 1.97	27.49 ^{a(X)} $\pm$ 1.90
TRT 3 (8% PC + 90°C)	29.48 ^{a(X)} $\pm$ 4.14	32.72 ^{a(X)} $\pm$ 0.44	27.77 ^{a(X)} $\pm$ 0.51
TRT 4 (8% PC + 100°C)	27.09 ^{a(X)} $\pm$ 6.66	31.05 ^{a(X)} $\pm$ 1.13	28.17 ^{a(X)} $\pm$ 1.02
Control	31.05 ^{a(X)} $\pm$ 2.47	32.77 ^{a(X)} $\pm$ 0.84	27.78 ^{a(X)} $\pm$ 1.24
Coefficiente de variación (%)	12.72	5.45	6.88

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con igual letra mayúscula en la fila no son significativamente diferentes (P>0.05)

²DE= Desviación estándar

El Cuadro 11 muestra que no hubo diferencia significativa entre tratamientos para el valor b*, pero sí hubo diferencia significativa con respecto al tiempo para los tratamientos 1, 2 y el control. Debido a que el control no posee recubrimiento y los tratamientos 1 y 2 presentan el recubrimiento de menor grosor, ya que de acuerdo a la concentración de la solución de un recubrimiento así será la cantidad de material absorbido para formar la capa deseada y protectora en la superficie del alimento (Hershko *et al.* 1998). Por esta razón al tener menor concentración y grosor de recubrimiento el deterioro de color es mayor. Por otra parte, los tratamientos 3 y 4 presentaban una mayor concentración de proteína recubrimiento y por lo tanto mayor grosor; a pesar que según Trezza y Krochta 2000, a medida que el tiempo va transcurriendo los recubrimientos tienden a amarillarse poco a poco, este fenómeno no pudo observarse a 30 días.

Cuadro 11. Cambios en valor b* de color del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	56.71 ^{a(X)} $\pm$ 4.01	50.42 ^{a(XY)} $\pm$ 3.56	39.24 ^{a(Y)} $\pm$ 5.53
TRT 2 (6% PC + 100°C)	60.29 ^{a(X)} $\pm$ 4.11	48.92 ^{a(XY)} $\pm$ 4.40	42.96 ^{a(Y)} $\pm$ 5.55
TRT 3 (8% PC + 90°C)	55.58 ^{a(X)} $\pm$ 6.26	48.82 ^{a(X)} $\pm$ 4.36	40.57 ^{a(X)} $\pm$ 1.55
TRT 4 (8% PC + 100°C)	49.23 ^{a(X)} $\pm$ 2.70	49.27 ^{a(X)} $\pm$ 2.82	40.37 ^{a(X)} $\pm$ 4.38
Control	56.13 ^{a(X)} $\pm$ 4.03	48.54 ^{a(X)} $\pm$ 2.56	38.19 ^{a(Y)} $\pm$ 2.47
Coefficiente de variación (%)	12.64	6.37	9.76

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes (P<0.05)

²DE= Desviación estándar

Fuerza de corte. El Cuadro 12 muestra que no existe diferencia significativa entre la fuerza de corte para los diferentes tratamientos. Sin embargo, sí existe diferencia con respecto al tiempo indicando que a medida pasa el tiempo se requiere mayor fuerza para cortar el queso. El valor de fuerza de corte está relacionado con el contenido de humedad ya que al disminuir el contenido de agua la relación proteína:grasa es mayor lo cual provoca que la matriz de proteína del queso sea más densa y firme incrementando la fuerza necesaria para cortar el queso (Van *et al.* 2007).

Cuadro 12. Cambios en fuerza de corte (N) del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	11.33 ^{a(Y)} $\pm$ 2.79	20.73 ^{a(Y)} $\pm$ 6.49	35.82 ^{a(X)} $\pm$ 3.88
TRT 2 (6% PC + 100°C)	10.64 ^{a(Z)} $\pm$ 2.71	22.89 ^{a(Y)} $\pm$ 7.78	35.17 ^{a(X)} $\pm$ 0.78
TRT 3 (8% PC + 90°C)	9.84 ^{a(Z)} $\pm$ 2.47	22.57 ^{a(Y)} $\pm$ 7.63	36.61 ^{a(X)} $\pm$ 4.05
TRT 4 (8% PC + 100°C)	9.88 ^{a(Y)} $\pm$ 2.05	20.94 ^{a(XY)} $\pm$ 4.34	35.00 ^{a(X)} $\pm$ 4.93
Control	10.52 ^{a(Z)} $\pm$ 0.92	21.38 ^{a(Y)} $\pm$ 7.40	33.92 ^{a(X)} $\pm$ 1.14
Coeficiente de variación (%)	19.36	27.00	8.19

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes (P<0.05)

²DE= Desviación estándar

Fuerza de punción. La fuerza de punción de cada uno de los tratamientos se muestra en el Cuadro 13, en el que se puede observar que no existió diferencia estadística entre cada uno de ellos. Estos resultados respaldan lo obtenido en el análisis de contenido de humedad y fuerza de corte ya que estos están altamente correlacionados.

Cuadro 13. Cambios en fuerza de punción del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	7.94 ^{a(X)} $\pm$ 1.71	9.07 ^{a(X)} $\pm$ 1.57	14.12 ^{a(X)} $\pm$ 3.24
TRT 2 (6% PC + 100°C)	7.29 ^{a(Y)} $\pm$ 1.99	10.52 ^{a(XY)} $\pm$ 2.35	15.09 ^{a(X)} $\pm$ 0.79
TRT 3 (8% PC + 90°C)	7.41 ^{a(Y)} $\pm$ 2.05	9.28 ^{a(XY)} $\pm$ 3.36	13.87 ^{a(X)} $\pm$ 0.72
TRT 4 (8% PC + 100°C)	8.07 ^{a(Y)} $\pm$ 2.48	9.65 ^{a(Y)} $\pm$ 1.54	13.56 ^{a(X)} $\pm$ 1.43
Control	8.65 ^{a(Y)} $\pm$ 2.98	11.33 ^{a(XY)} $\pm$ 2.05	13.10 ^{a(X)} $\pm$ 1.03
Coeficiente de variación (%)	24.18	21.86	11.51

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes (P<0.05)

²DE= Desviación estándar

A pesar de que no existió diferencia estadística al finalizar los 30 días de almacenamiento sí se observó diferencia en el comportamiento. Los diferentes tratamientos empezaron con una fuerza de punción entre 7.09 a 8.07 N en el día 1 pero al llegar al día 15 fue el tratamiento 1 (6% y 90°C) el que presentó el menor valor y el control fue el que obtuvo el mayor requerimiento de fuerza de punción.

Análisis Químico: contenido de humedad. El Cuadro 14 muestra que no existe diferencia estadística significativa en el contenido de humedad de cada uno de los tratamientos, sin embargo el que presentó el mayor porcentaje fue el tratamiento 4 (8% y 100°C) para el día 1 ya que al momento de elaboración la solución utilizada presentó mayor viscosidad por lo que al formar el recubrimiento fue de mayor grosor y se adhirió en mayor proporción, transfiriendo mayor humedad al queso al día 1.

La alta pérdida de humedad en los tratamientos fue debido a que la proteína concentrada de suero de leche posee baja permeabilidad a gases pero alta permeabilidad al vapor de agua, debido a que los aminoácidos son altamente hidrofílicos y también a la adición de plastificador el cual incrementa la permeabilidad debido al rompimiento de puentes de hidrógeno entre la cadena de polímeros. Además la capacidad de barrera depende del porcentaje de concentrado de proteína de suero utilizado (Chae y Heo 1997), la cual incrementa al incrementar el porcentaje de concentrado de proteína. Otro factor determinante es el pH utilizado en el proceso de desnaturalización, siendo a un pH de 6.75 donde presenta mayor permeabilidad a vapor de agua. Por otra parte a pH menor a 6 no es posible la formación de film debido a la precipitación de las proteínas de suero, obteniéndose la permeabilidad más baja a pH 8-9 (Perez-Gago y Krochta 1999).

Cuadro 14. Cambios en contenido de humedad (%) del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 15	Día 30
	Media $\pm$ DE ²	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
TRT 1 (6% PC + 90°C)	38.12 ^{a(X)} $\pm$ 1.35	30.14 ^{a(Y)} $\pm$ 2.56	25.82 ^{a(Y)} $\pm$ 0.39
TRT 2 (6% PC + 100°C)	38.38 ^{a(X)} $\pm$ 1.20	30.34 ^{a(Y)} $\pm$ 2.53	26.13 ^{a(Y)} $\pm$ 1.09
TRT 3 (8% PC + 90°C)	38.59 ^{a(X)} $\pm$ 0.70	30.32 ^{a(Y)} $\pm$ 1.34	26.84 ^{a(Z)} $\pm$ 0.42
TRT 4 (8% PC + 100°C)	40.34 ^{a(X)} $\pm$ 3.61	31.30 ^{a(Y)} $\pm$ 0.98	26.07 ^{a(Y)} $\pm$ 0.89
Control	38.04 ^{a(X)} $\pm$ 1.85	29.25 ^{a(Y)} $\pm$ 1.63	26.33 ^{a(Y)} $\pm$ 0.53
Coefficiente de variación (%)	4.94	5.79	2.68

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

*Medias seguidas con diferente letra mayúscula en la fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

²DE= Desviación estándar

La mayor pérdida de humedad de los diferentes tratamientos se presentó en los primeros 15 días de almacenamiento debido a que el agua que se encuentra en la superficie del alimento se pierde con mayor facilidad comparada con el agua que se encuentra ligada al centro de la matriz. El tratamiento 1 fue el que presentó el menor contenido de humedad a los 30 días de almacenamiento y el tratamiento 3 presentó el valor más alto, esto debido al alto porcentaje de proteína (8%) con que fue elaborado el recubrimiento.

Correlaciones. El Cuadro 15 indica la correlación realizada entre los factores físico-químicos más relevantes. Las correlaciones entre los análisis físico-químicos con las variables sensoriales fueron bajas debido a que los panelistas no pudieron detectar diferencias en los diferentes tratamientos y las variaciones en el tiempo, esto a pesar de que sí hubo una diferencia estadística en los tratamientos entre los días 1, 15 y 30. Por otra parte entre las variables físico-químicas analizadas existió una correlación alta negativa entre humedad-fuerza de corte, lo que indica que al disminuir el contenido de humedad incrementa la fuerza de corte y lo contrario cuando el contenido de humedad es bajo. Por otra parte la correlación fuerza de corte-punción fue alta positiva lo cual indica que al incrementar una incrementa la otra en un 84.81%. Finalmente la correlación entre Humedad-Color (valor L*) fue de 91.04%, lo que indica que al incrementar la humedad incrementa el brillo del alimento.

Cuadro 15. Coeficiente de Pearson entre las variables analizadas en el recubrimiento del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Variables	Coeficiente de Pearson	
	Coeficiente %	Probabilidad
Humedad - Fuerza de corte	-91.60	<0.001
Humedad- Color (valor L*)	91.04	<0.001
Fuerza de corte-Punción	84.81	<0.001

Probabilidad de factores. Al día 1 de almacenamiento no existió efecto significativo de los factores: temperatura y proteína, así como también no se observó un efecto significativo en la interacción de estos factores (Cuadro 16). Por otra parte, al día 15 los factores por separado no tuvieron efecto significativo pero la interacción entre temperatura y porcentaje de proteína concentrada fue estadísticamente significativo (Cuadro 17). Al día 30 de almacenamiento la interacción entre los factores evaluados fue significativo únicamente en el valor L* de color. (Cuadro 18).

Para las variables sensoriales evaluadas no existió un efecto significativo en los diferentes atributos evaluados durante los 30 días de almacenamiento (Cuadro 19, 20 y 21).

Probabilidades de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Cuadro 16. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 1 de almacenamiento.

Factor	Humedad		Corte		Punción		L*		a*		b*	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	0.61	0.5674	2.38	0.1547	2.48	0.1452	2.19	0.1743	1.73	0.2374	2.44	0.1489
Temperatura	0.61	0.4579	0.41	0.5403	0.00	0.9869	0.63	0.4519	0.00	0.9802	0.25	0.6322
PC×Temperatura	0.34	0.5780	0.51	0.4956	2.78	0.1340	0.91	0.3689	2.10	0.1854	3.21	0.1110

*PC: Proteína Concentrada **P = Probabilidad

Cuadro 17. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 15 de almacenamiento.

Factor	Humedad		Corte		Punción		L*		a*		b*	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	2.09	0.1861	0.06	0.9424	2.06	0.1900	2.14	0.1804	3.6	0.0766	0.17	0.8449
Temperatura	0.9	0.3695	0.07	0.8025	1.4	0.2708	0.19	0.6745	0.03	0.8637	0.1	0.7583
PC×Temperatura	0.38	0.5535	3.19	0.1118	0.48	0.5061	2.22	0.1744	5.92	0.0410	0.36	0.5658

*PC: Proteína Concentrada **P= Probabilidad

Cuadro 18. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento al día 30 de almacenamiento.

Factor	Humedad		Corte		Punción		L*		a*		b*	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	0.66	0.5451	0.29	0.7579	1.03	0.4005	1.27	0.3324	0.02	0.9773	0.41	0.6765
Temperatura	0.29	0.602	0.3	0.6013	0.13	0.7232	2.22	0.1749	0	0.9662	0.44	0.5253
PC×Temperatura	1.58	0.2449	0.05	0.8214	0.49	0.5035	5.46	0.0477	0.16	0.6981	0.55	0.4812

*PC: Proteína Concentrada **P = Probabilidad

Probabilidades de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar durante 30 días de almacenamiento.

Cuadro 19. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 1 de almacenamiento.

Factor	Apariencia		Aroma		Textura		Acidez		Sabor		Aceptación	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	0.59	0.5448	0.51	0.6038	0.31	0.7320	0.44	0.6466	0.63	0.5347	0.76	0.4701
Temperatura	0.20	0.6577	0.24	0.6241	0.28	0.5942	0.18	0.6695	0.46	0.4995	0.10	0.7513
PC×Temperatura	1.57	0.2126	0.67	0.4144	0.74	0.3898	0.07	0.4155	1.33	0.2500	1.23	0.2681

*PC: Proteína Concentrada **P= Probabilidad

Cuadro 20. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 15 de almacenamiento.

Factor	Apariencia		Aroma		Textura		Acidez		Sabor		Aceptación	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	0.58	0.5600	0.91	0.4062	2.12	0.1229	1.04	0.3541	0.54	0.5834	0.75	0.4724
Temperatura	0.06	0.8129	0.98	0.3235	3.7	0.0559	2.18	0.1417	0.87	0.3535	2.71	0.1017
PC×Temperatura	0.06	0.7554	2.12	0.1472	1.38	0.2422	0.51	0.4760	0.19	0.6600	0.2	0.6542

*PC: Proteína Concentrada **P = Probabilidad

Cuadro 21. Probabilidad de los valores F de los factores sobre las variables sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento al día 30 de almacenamiento.

Factor	Apariencia		Aroma		Textura		Acidez		Sabor		Aceptación	
	Valor F	**P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P	Valor F	P
*PC	1.72	0.1823	0.4	0.6729	1.59	0.2608	0.22	0.8058	1.05	0.3523	0.52	0.5661
Temperatura	0.06	0.8154	0.43	0.5145	0.36	0.5467	0.38	0.5377	0.31	0.5783	0.28	0.5965
PC×Temperatura	0.88	0.3487	0.09	0.7669	0.51	0.4764	0.08	0.7793	0.31	0.5783	0.03	0.8599

*PC: Proteína Concentrada **P= Probabilidad

Efecto de la covariable tiempo en las variables físico-químicas y sensoriales del queso Cheddar con recubrimiento

El Cuadro 22 muestra que la covariable tiempo tuvo efecto significativo en los atributos sensoriales de apariencia, aroma y textura del queso Cheddar con recubrimiento comestible.

Cuadro 22. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los atributos sensoriales del queso Cheddar.

Parámetro	Valor F	Probabilidad*
Apariencia	8.45	0.0003
Aroma	3.99	0.0203
Textura	4.81	0.0092
Sabor	2.89	0.0580
Acidez	2.90	0.0574
Aceptación general	3.01	0.0518

*Probabilidad de la prueba estadística de Wilks' lambda.

El Cuadro 23 muestra que la covariable tiempo tuvo efecto significativo en las variables físico-químicas del queso Cheddar con recubrimiento comestible.

Cuadro 23. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los atributos físico-químicos del queso Cheddar con recubrimiento comestible.

Parámetro	Valor F	Probabilidad*
Contenido de humedad	278.94	<0.001
Fuerza de corte	294.04	<0.001
Fuerza de punción	38.50	<0.001
Valor L*	259.39	<0.001
Valor a*	10.60	0.043
Valor b*	5953.14	<0.001

*Probabilidad de la prueba estadística de Wilks' lambda.

El Cuadro 24 muestra las diferentes interacciones entre Proteína Concentrada (PC) y temperatura para el valor a^* de color del queso Cheddar con recubrimiento al día 15 de almacenamiento.

Cuadro 24. Diferencia de mínimos cuadrados de las medias para la interacción entre PC×temperatura en la variable a^* de color a los 15 días de almacenamiento.

PC temperatura			PC temperatura		Estimado	Error	GL	Valor t	Pr > t
0	0	vs	6	90	2.7278	0.9021	8	3.02	0.0651
0	0	vs	6	100	1.2884	0.9021	8	1.43	0.1911
0	0	vs	8	90	0.0550	0.9021	8	0.06	0.9528
0	0	vs	8	100	1.7206	0.9021	8	1.91	0.0929
6	90	vs	6	100	-1.4394	0.9021	8	-1.60	0.1492
6	90	vs	8	90	-2.6727	0.9021	8	-2.96	0.0181
6	90	vs	8	100	-1.0072	0.9021	8	-1.12	0.2966
6	100	vs	8	90	-1.2333	0.9021	8	-1.37	0.2087
6	100	vs	8	100	0.4322	0.9021	8	0.48	0.6447
8	90	vs	8	100	1.6655	0.9021	8	1.85	0.1020

El Cuadro 25 muestra las diferentes interacciones entre Proteína Concentrada (PC) y temperatura para el valor L^* de color del queso Cheddar con recubrimiento al día 30 de almacenamiento.

Cuadro 25. Diferencia de mínimos cuadrados de las medias para la interacción PC×temperatura en la variable L^* a los 30 días de almacenamiento de queso Cheddar.

PC temperatura			PC temperatura		Estimado	Error	GL	Valor t	Pr > t
0	00	vs	6	90	1.7656	0.7936	8	2.22	0.0567
0	00	vs	6	100	-0.3806	0.7936	8	-0.48	0.6444
0	00	vs	8	90	0.8556	0.7936	8	1.08	0.3124
0	00	vs	8	100	1.3311	0.7936	8	1.68	0.1320
6	90	vs	6	100	-2.1461	0.7936	8	-2.70	0.0269
6	90	vs	8	90	-0.9100	0.7936	8	-1.15	0.2846
6	90	vs	8	100	-0.4345	0.7936	8	-0.55	0.5990
6	100	vs	8	90	1.2361	0.7936	8	1.56	0.1579
6	100	vs	8	100	1.7117	0.7936	8	2.16	0.0631
8	90	vs	8	100	0.4755	0.7936	8	0.60	0.5656

Análisis microbiológico. El Cuadro 26 Muestra que los resultados obtenidos en el análisis microbiológico para coliformes totales no tuvieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que todos están dentro del máximo permitido de coliformes totales para productos lácteos.

Cuadro 26. Conteo de coliformes totales en queso Cheddar con recubrimiento comestible.

Tratamiento	Coliformes (UFC/ml)*
TRT 1 (6% PC + 90°C)	<1
TRT 2 (6% PC + 100°C)	<1
TRT 3 (8% PC + 90°C)	<1
TRT 4 (8% PC + 100°C)	<1
Control	<1

*El nivel máximo permitido es de 10 UFC/ml de producto

Análisis económico. El Cuadro 27 muestra que el costo más alto fue el del recubrimiento de proteína concentrada mezclada con cera de abeja, seguido por el recubrimiento a base de proteína concentrada de suero de leche y por último el recubrimiento elaborado a partir de almidón de maíz mezclado con aceite de girasol. Todos los recubrimientos presentaron un costo mayor al de las bolsas plásticas de 20"× 26" utilizadas actualmente, esto debido a que el costo de las bolsas es bajo debido a la compra a gran escala que se realiza comparada con los aditivos utilizados para la elaboración de los recubrimientos. Los costos fueron tomados de Sigma Aldrich (Almidón), ASEAL (Proteína), Planta de Mieles y Planta de Lácteos de Zamorano.

Cuadro 27. Costos en la producción de recubrimiento comestible de proteína concentrada de suero de leche comparados con otros recubrimientos comestibles y con la bolsa plástica utilizada para empaque al vacío.

Recubrimiento		Cantidad (kg)	Costo/ kg	Costo total (L)
Proteína Concentrada de suero de leche (80%)	Proteína	2.7	L. 190.00	L. 724.15
	sorbitol	1.35	L. 144.00	
	Bolsa LDPE 15"× 13"× 2"	20	L. 0.67 / u	
Proteína Concentrada combinada con cera de abeja	Proteína	1.35	L. 190.00	L. 782.75
	cera de abeja	1.35	L. 330.00	
	Sorbitol	0.45	L. 144.00	
	Bolsa LDPE 15"× 13"× 2"	20	L. 0.67 / u	
Almidón de maíz con aceite de girasol	Almidón de maíz	0.68	L. 152.00	L. 287.13
	Sorbitol	0.68	L. 144.00	
	Bolsa LDPE 15"× 13"× 2"	20	L. 0.67 / u	
Bolsa plástica 20"× 26" para empaque al vacío		25	L. 8.00 /u	L. 200.00

El costo por bloque de queso Cheddar de 20.5 kg es de L. 29.00, siendo el monto en dólares de \$ 1. 53.

4. CONCLUSIONES

- El recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche no tuvo efecto en las características sensoriales de apariencia, aroma, textura, sabor, acidez y aceptación general del queso Cheddar. La calificación sensorial fue en el rango de me gusta poco a me gusta moderadamente.
- La interacción temperatura y proteína del suero tuvo un efecto significativo en el aumento del brillo (valor L) al día 30 y color rojo (valor a) al día 15 de almacenamiento.
- El recubrimiento a base de proteína de suero de leche tuvo un costo de L. 29.00 para un bloque de queso Cheddar de 20.5 kg.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar rangos de temperatura y porcentaje de proteína más amplios para observar un mejor efecto.
- Utilizar sorbitol al 95% como plastificante y comparar con sorbitol al 70% en las características del recubrimiento comestible.
- Combinar la proteína de suero de leche con lípidos, carbohidratos u otro tipo de proteínas para incrementar la barrera al vapor de agua.
- Utilizar recubrimientos en diferentes productos agroindustriales como frutas y vegetales (manzanas, fresas, bananos, etc.) para diversificar los productos y alargar la vida de anaquel.
- Utilizar cera de abeja de la industria apícola combinada con proteína para mejorar las características físicas de películas y aprovechar productos derivados de otros rubros agroindustriales.
- Desarrollar un método de extensibilidad para polímeros en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano.
- Desarrollar investigaciones acerca de películas comestibles y correlacionarlos con los recubrimientos comestibles en alimentos.
- Realizar pruebas de oxidación en almendras recubiertas con empaques comestibles, así como también oxidación en manzana para determinar de forma indirecta la permeabilidad a gases.

6. LITERATURA CITADA

Banerjee, R; Chen, H. 1995. Functional properties of edible films using whey protein concentrate. *Journal of Dairy science*. 78: 1673-1683.

Banker, G. 1966. Water vapor transmission properties of free polymer. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Vol.18. 457-466.

Brewer, S; Nuñez, M. 2011. *Ingredients and Additives for Product Development*. University of Illinois. 26 p.

Campbell, R. 2010. Impact of Annatto Colorant, Different Starter Cultures, Starter Media and Starter Strains on the Flavor and Oxidative Stability of Liquid Whey and WPC. Department of Food Sciences, North Carolina State University. 98 páginas.

Chae, S; Heo, T. 1997. Production and properties of Edible Film Using Whey Protein. Department of Biological Engineering. Inha University, Inchon, Korea. 2:122-125.

Charles, O; Peter, H. 2008. *Whey processing, functionality and Health Benefits*. Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists/1st.ed. Iowa USA.

Galietta, G. 2001. Formación y caracterización de películas comestibles en base a suero de leche. Tesis de maestría en Química. Universidad de la República Oriental del Uruguay. 135p. Montevideo, Uruguay.

García, M; Martino, M; Zaritzky, N. 2000. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *Journal of Food Science*. Vol. 65, No 6.

Hang, V; Lee, C; Lee, S. 2006. Understanding consumer attitudes on edible films and coatings: Focus group findings. *Food Science and Human Nutrition Department*, University of Illinois at Urbana-Champaign. 22:353-366.

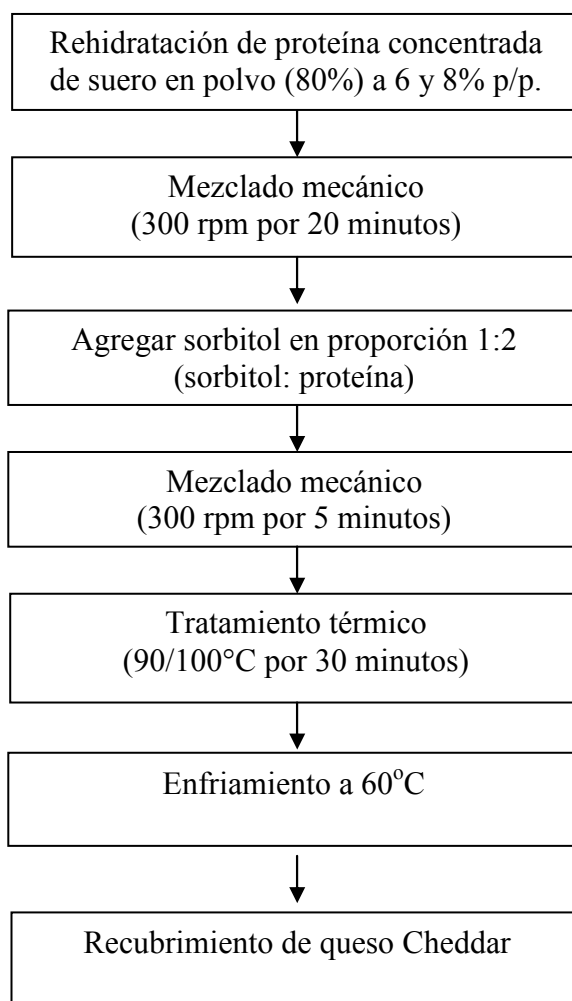
Hershko, V. 1998. Relationships between hydrocolloid coating and mushroom structure. *Journal of Food Science*. Vol. 61:769-777.

Kim, S; Ustunol, Z. 2001. Sensory Attributes of Whey Protein Isolate and Candelia Wax Emulsion Edible Films. *Journal of Food Science*. Vol. 66. No 6.

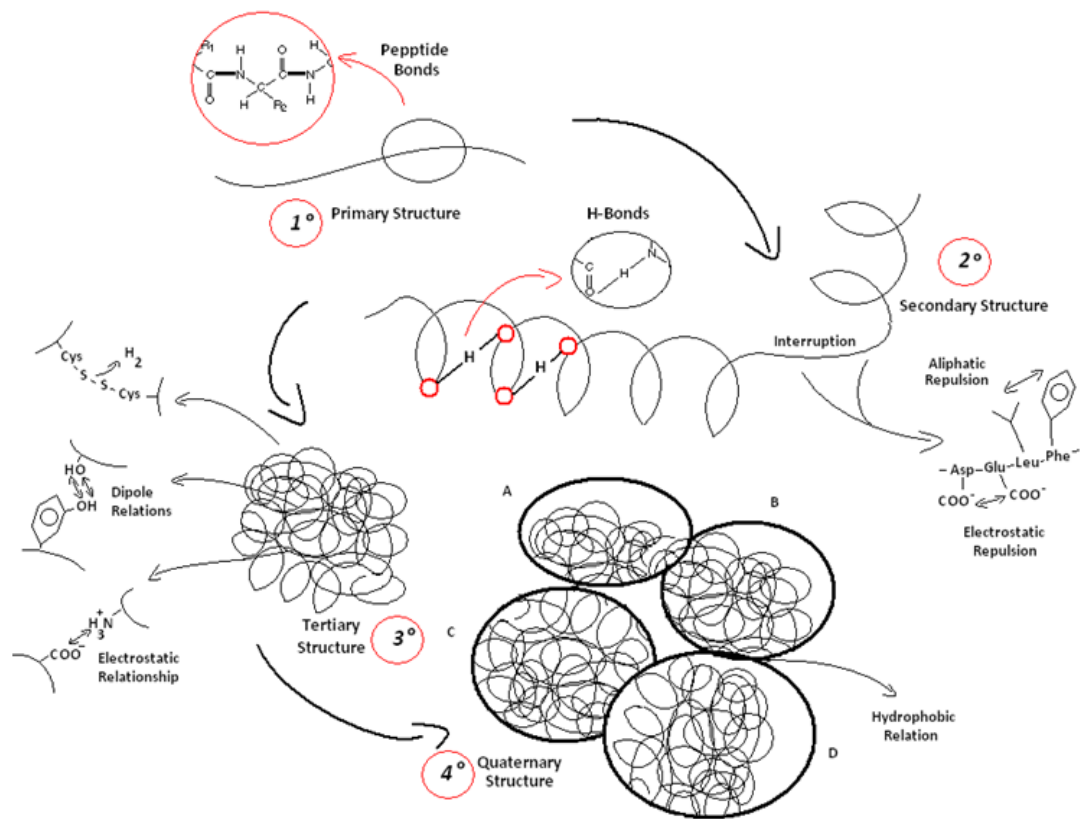
- Li, C; Chen, H. 2000. Biodegradation of Whey Protein-based Edible Films. Department of Nutrition and Food Sciences. University of Vermont, Buirlington. Journal of Polymers and the Environment.
- Monahan, F; McClement, D; Kinsella, J. 1993. Polymerization of whey protein stabilized emulsion. Journal of Food Chemistry. 41: 1826- 1829.
- Perez-Gago, M; Krochta, J. 1999. Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. Vol. 72. 3:115-120.
- 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. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Valle del Yeguáre, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 40 p.
- Simi, C; Abraham, T. 2009. Biodegradable Biocompatible xyloglucan films varios applications. Chemical Sciences and Technology Division, National Institute for Interdisciplinary Science and Technology. Thiruvananthapuram, India. 288:297–306
- Talens, P; Krochta, J. 2005. Plasticizing effects of Beewax and Carnubawax on Tensile and Water Vapor Permeability Properties of Whey Protein Films. Journal of Food Science. Vol. 70, Nr 30.
- Trezza, A; Krochta, M. 2000. Color Stability of Edible Coatings During Prolonged Storage. Journal of Food Science. Vol. 65, No. 7: 1166-1169
- Trezza, A; Krochta, M. 2001. Specular Reflection, Gloss, Roughness and Surface Heterogeneity of Biopolymer Coatings. Food Science and Technology, University of California. Vol.79. 2221-2229
- Van, D; Tunick, M., Soryal, K., Zeng, S. 2007. Proteolytic and Rheological Properties of Aging Cheddar-Like Caprine Milk Cheeses Manufactured at Different Times during Location. Dairy Processing and Products Research Unit, Eastern Regional Research Center, USDA. Journal of Food Science. 72.
- Vroman, I; Tighzert, L. 2009. Biodegradable Polymers. Materials 2. France. 2: 307-344
- I.K Greener and O. Fennema.1989. Barrier Properties and Surface Characteristics of Edible, Bilayer Films. J.Food Sci 54:1393-1399

7. ANEXOS

Anexo 1. Flujo de proceso de elaboración del recubrimiento a base de proteína concentrada de suero de leche.



Anexo 2. Niveles de estructura de una proteína



Fuente: Brewer y Nuñez (2011)

Anexo 3. Efecto del tratamiento térmico y pH en la Permeabilidad de Vapor de Agua de películas a base de proteína de suero de leche.

pH	Heat temperature	Thickness ^a (mm)	Water vapor permeability ^a (g·mm/kPa·day·m ²)
pH 6.75	75°C	0.123	36.70
	80°C	0.118	35.62
	85°C	0.120	38.12
	90°C	0.110	30.24
	95°C	0.117	28.38
pH 7	75°C	0.121	36.88
	80°C	0.114	34.08
	85°C	0.118	34.27
	90°C	0.125	32.28
	95°C	0.119	31.55
pH 8	75°C	0.122	34.45
	80°C	0.113	32.98
	85°C	0.114	32.76
	90°C	0.124	31.55
	95°C	0.114	25.58
pH 9	75°C	0.114	31.06
	80°C	0.122	30.13
	85°C	0.120	28.52
	90°C	0.109	29.82
	95°C	0.113	25.76

Fuente: Chae y Heo (1997)