

**Efecto del tiempo de ahumado y temperatura
en las características físico-químicas y
sensoriales del queso crema Zamorano**

**Francisco Antonio Borjas Guifarro
Julio Oscar Colorado Panameño**

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano

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

Presentado por:

Francisco Antonio Borjas Guifarro
Julio Oscar Colorado Panameño

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2010

Efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano

Presentado por:

Francisco Antonio Borjas Guifarro
Julio Oscar Colorado Panameño

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor principal

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

Jorge Cardona, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Borjas, F; Colorado, J. 2010. Efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 32 p.

El queso crema es un producto fresco obtenido por coagulación enzimática, desuerado y madurado a base de leche. El ahumado de alimentos es una técnica de preservación utilizada desde la antigüedad, añadiendo al producto sabor, color y aroma característicos al mismo. Actualmente en la planta de lácteos de Zamorano sólo se produce queso crema normal y con chile. El objetivo general del estudio fue evaluar el efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema zamorano. Con esta finalidad se evaluó el tiempo de ahumado de 40, 60 y 80 minutos y temperaturas de 40 y 60 °C. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial (3×2) y medidas repetidas en el tiempo al día 0 y 30, cada uno con tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales. Cada tratamiento se evaluó con un análisis sensorial de aceptación con un panel de 12 personas, relacionadas con el área de productos lácteos. Se evaluaron características de apariencia, aroma, textura, acidez, sabor, sabor amargo y aceptación general. Las características físico-químicas evaluadas fueron: textura, color, grasa, humedad y pH. Se realizó una suma de promedios acumulados de panel sensorial, el cual el valor más alto fue el del queso con un ahumado de 80 min a 60 °C, el cual contiene un 13.9% de purga en el ahumado. El contenido de coliformes totales de los tratamientos de queso ahumado fue menor a lo permitido por las normas de ICAITI (2002). Se realizó un análisis de preferencia con 100 personas entre los quesos ahumados *Zamorano*, *Bijagual* y *Palo Blanco*, resultando el queso ahumado *Zamorano*, preferido sobre los demás analizados ($P < 0.01$). Para el queso ahumado de 80 min a 60 °C el costo variable es de \$2.43/lb.

Palabras clave: Coagulación enzimática, desarrollo de nuevo producto, preservación con humo.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5 CONCLUSIONES	28
6 RECOMENDACIONES.....	29
7 LITERATURA CITADA.....	30
8 ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Compuestos del humo y sus funciones en alimentos.	5
2. Diseño Experimental.	13
3. Análisis de evaluación sensorial de apariencia de queso ahumado.....	15
4. Análisis de evaluación sensorial de aroma del queso ahumado.....	15
5. Análisis de evaluación sensorial de Acidez del queso ahumado.....	16
6. Análisis de evaluación sensorial de textura del queso ahumado.....	16
7. Análisis de evaluación sensorial de sabor del queso ahumado.....	17
8. Análisis de evaluación sensorial de sabor amargo del queso ahumado.....	17
9. Análisis de evaluación sensorial de aceptación general del queso ahumado.....	18
10. Análisis de textura del queso ahumado.....	19
11. Medición de color del queso ahumado. Valor L*.	20
12. Medición de color del queso ahumado. Valor a*.	20
13. Medición de color del queso ahumado. Valor b*.	21
14. Resumen de Análisis de Color.....	21
15. Análisis de grasa del queso ahumado.....	22
16. Análisis de humedad del queso ahumado.....	22
17. Análisis de acidez del queso ahumado.....	23
18. Rendimiento y purga del queso ahumado.	24
19. Análisis de conteo de coliformes en queso ahumado (ufc/g).....	24
20. Análisis de preferencia con productos presentes en el mercado.....	25
21. Costos variables para una tanda de 20 lb. de queso ahumado.....	25
22. Costos de la implementación de queso ahumado a línea de producción.....	26
23. Costos de producción por unidad.....	26
Figura	Página
1. Flujo de proceso del queso ahumado.....	9
2. Promedios acumulados de Aceptación al día 30.	19
Anexo	Página
1. Hoja de evaluación Sensorial de Queso Ahumado.....	32
2. Hoja de Sensorial de Preferencia de queso ahumado.....	32

1. INTRODUCCIÓN

Según Revilla (2009), el queso por definición es un producto fresco o madurado, obtenido por coagulación y desuerado; a partir de la leche entera, estandarizada, descremada o crema proveniente de algunos mamíferos. El queso crema ahumado, es un tipo de queso fresco, obtenido mediante coagulación enzimática de leche pasteurizada. En la coagulación enzimática el cuajo tiene la propiedad de romper la molécula de kappa caseína a nivel del enlace entre los aminoácidos 105-106 (fenilalanina y metionina), lo cual crea una inestabilidad de las micelas y provoca la coagulación de la leche dándose la formación de la cuajada, que al final del proceso dará origen al queso, el cual luego es sometido al proceso de ahumado en el cual es expuesto a una cámara de humo proveniente de maderas no resinosas (Wendorff, 2010).

El ahumado de alimentos es una técnica muy utilizada en la preservación de los mismos, atribuyendo ciertos aromas y sabores característicos de este tipo de técnica, la cual no sólo aporta aspectos sensoriales sino que provee una barrera más para la preservación del alimento debido a los compuestos de tipo fenoles cíclicos y derivados del benceno (Labell, 1996).

Durante el proceso de ahumado de queso crema se libera un exudado o purga debido a la temperatura que fue sometido, la temperatura de ahumado a que es expuesto el queso oscila entre 40 y 60°C, el material exudado está constituido básicamente por agua, suero salado y en menor cantidad grasa, debido a esto los sólidos presentes se concentran resultando un producto lácteo de alto valor nutritivo (Kowalski, 2010).

Después del tratamiento de ahumado, el queso adopta una superficie muy característica de color marrón, la intensidad de esta dependerá mucho del tiempo de exposición al humo. El humo utilizado para el ahumado de alimentos puede provenir de diferente material vegetativo previamente seco. El más utilizado es madera comprimida libre de resinas que puedan añadir un sabor y olores provenientes de hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos que pueden resultar tóxicos al consumidor. Además del color característico, el humo agrega un aroma y sabor muy característico del material utilizado para ahumar. En esta ocasión se utilizó material comprimido de Aliso blanco (*Alnus rhombifolia*) por no tener un sabor y aroma tan peculiar además del ya característico por el humo (Riha & Wendorff 1993).

El objetivo general de este estudio fue determinar el efecto tiempo y temperatura de ahumado en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema con el fin de obtener un nuevo producto para la planta de procesamiento de lácteos de zamorano.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El queso crema zamorano es de los productos que reporta mayor nivel de ganancia dentro de la línea quesos. Aprovechando su buena aceptación en el mercado se ha pensado elaborar queso crema ahumado como variante del mismo, el cual actualmente sólo tiene una de su presentación original que es el queso crema con chile, por tanto reflejaría mayor volumen de ventas y por ende mayor utilidad a la planta de procesamiento de lácteos en Zamorano.

1.2 ANTECEDENTES

Actualmente en Zamorano, no se han realizado estudios en la elaboración de queso ahumado. Padilla (2002), elaboró queso crema con loroco (*Fernaldia pandurata*) y Naranjo (2007) elaboró y evaluó las características físicas y sensoriales del queso crema con albahaca (*Ocimum basilicum*), comino (*Cuminum cyminum*) y tomates secos (*Solanum lycopersicum*) determinando que el tratamiento más preferido y aceptado por su sabor, aroma y apariencia fue el queso crema con 0.5% de albahaca ($P < 0.05$).

1.3 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

El desarrollo de nuevos productos es vital para la continua ganancia de una empresa, enfatizando este concepto, las plantas de procesamiento tienen que estar en constante innovación debido a la fuerte competencia y a la necesidad de cumplir con las demandas que el consumidor día con día va desarrollando.

1.3.1 Limitantes

- El presupuesto para el estudio fue limitado, lo que impidió la realización de más repeticiones para cada tratamiento.
- No se cuenta con un panel sensorial entrenado en el área de lácteos que ayude a determinar las características sensoriales ideales para el queso crema ahumado.

1.3.2 Alcances

- Realización de un nuevo producto para la planta listo para ser comercializado.
- Determinación del costo de implementar el queso crema a línea de producción.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características físico-químicas y sensoriales del queso crema zamorano.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar tres tiempos y dos temperaturas de ahumado en las características sensoriales del queso crema ahumado.
- Evaluar tres tiempos y dos temperaturas en las características físico-químicas del queso crema ahumado.
- Realizar un análisis de preferencia del mejor tratamiento evaluado sensorialmente con dos quesos ahumados comerciales.
- Determinar los costos variables de producción del queso ahumado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CONSUMO DE QUESO EN EL MUNDO

El queso es uno de los productos agrícolas más consumidos en el mundo (FAO, 2006). Según la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas, en 2004 se produjeron en el mundo más de 18 millones de toneladas. El mayor productor de queso es Estados Unidos, con un 30% de la producción mundial, seguido de Alemania y Francia. El país con mayor valor monetario de exportaciones es Francia, seguido de Alemania, que es el mayor en cuanto a cantidad (Eurostat, 2004). A pesar de ser Francia el mayor exportador, tan solo un 30% de la producción es exportada. Los países que más queso importan son Alemania, Reino Unido e Italia, respectivamente. En cuanto al consumo anual por persona, Grecia ocupa el primer puesto del ranking mundial, con 27,3 kg consumidos por habitante (FAO, 2006). Francia es el segundo consumidor mundial, con unos 24 kg por persona. En tercera posición se encuentra Italia, con 22,9 kg por persona.

2.2 AHUMADO DE ALIMENTOS

El ahumado de alimentos es una de las técnicas de conservación más antigua utilizada por el hombre desde que maneja el fuego, observando que las carnes y pescados expuestos al humo perduraban por más tiempo sin descomponerse, agregado a esto mejoras en sabor aroma y textura. Con el tiempo esta técnica fue dominada y utilizada en productos lácteos quesos madurados y frescos para alargar su vida de anaquel (Hayas, 2009).

El ahumado de alimentos tiene dos objetivos principales; el primero es brindar características únicas de sabor y aroma al alimento, en algunos casos preferibles por muchas personas sobre los mismos alimentos no ahumados. Hay diferentes maderas que pueden ser usados en este caso cada uno aporta características que diferencian los mismos. El segundo objetivo de ahumar consiste en preservar el alimento por más tiempo, aunque esto es muy discutido por la utilización de congelación y refrigeración no es una técnica muy utilizada (Rhodes, 2010).

El ahumado es un método que consiste en exponer los alimentos al humo procedentes de la incineración de maderas que contengan pocos “alquitranes o resinas” (líquido espeso, mezcla de diferentes productos de la destilación seca de la madera) como las del pino, siendo recomendadas maderas suaves y dulces, ricas en ésteres (grupo orgánico compuesto por ácido más alcohol) que son de olor agradable y efecto antibiótico, éstos son liberados al quemar las maderas y se adhieren y penetran a los alimentos,

proporcionándoles muy buen sabor y olor a la vez que son preservados de la descomposición por parte de microorganismos (Hayas, 2009).

2.3 QUÍMICA DEL HUMO

El sabor, olor y coloración del humo son generados por la descomposición térmica de los componentes de la madera. La composición de humo depende de la temperatura de pirólisis (descomposición química de materia orgánica), la cantidad de aire durante la pirólisis, el tipo de madera, el contenido de humedad de la madera y la temperatura y la humedad del aire. En el cuadro 1 se muestra una lista de los compuestos del humo provenientes de la combustión de madera y la función de estos en los alimentos. (Wendorff, 2010).

Según Labell (1996), los compuestos activos antibacterianos en el humo son ácidos principalmente orgánicos, incluyendo acético y propiónico, que bajan pH destruyendo paredes celulares de bacteria. También compuestos fenólicos, que tradicionalmente están implicados en la formación de sabor y aroma, son bactericidas conocidos.

Los componentes de humo son generados por reacciones de oxidación en la generación de humo en la pirólisis. Los componentes de humo que vienen del generador de humo están presentes en dos fases: la primera fase que se basa en la generación de partículas que contienen alquitranes, resinas, compuestos fenólicos e hidrocarburos potenciales policíclicos aromáticos, y una fase gaseosa, en la cual produce compuestos volátiles generadores de el sabor y color, algunos de estos componentes y sus funciones se detallan en el cuadro 1 (Wendorff, 2010).

Cuadro 1. Compuestos del humo y sus funciones en alimentos.

Temperatura de Combustión, °C.	Componentes de la madera	Compuestos del humo	Funciones en el alimento
200-260	Hemicelulosa	Furanos y Ácidos Carboxílicos	Coagulación de proteínas, formación de capa externa y provee algunas propiedades bacteriostáticas.
260-310	Celulosa	Grupos Carboxílicos	Reacciona para proporciona sabor a ahumado, color y caramelización.
310-500	Lignina	Fenoles y esterres fenólicos	Sabor a humo y propiedades antifúngicas.

Fuente: Wendorff (2010), adaptado por los autores.

2.4 TECNOLOGÍA DE AHUMADO

Las propiedades del alimento ahumado dependen de una tecnología de fabricación de humo. Así como las características de aroma y el sabor de productos ahumados son atribuidos dependientes de la variedad de componentes presente en el humo obtenido por combustión lenta del material vegetal, provenientes de una madera en especial (haya, aliso, cereza). Además atribuyen efectos que aumentan la calidad y la vida de almacenaje del producto causado por el tratamiento de ahumado (Kowalski, 2010).

El proceso de humo tradicional ofrece dos opciones diferentes para el proceso de ahumado: humo en caliente y humo en frío. El proceso caliente de ahumado es usado para carnes procesadas, genera los vapores de humo y descarga vapores en el lugar donde se ahúma o el horno de tratamiento a temperaturas entre 65-95°C. El tratamiento en frío es el proceso usado principalmente para ahumar el pescado, carnes blancas y quesos genera vapores de humo a una temperatura de combustión inferior, entre 15-55°C (Wendorff, 2010).

El ahumado en frío toma un más tiempo para la generación de los compuestos del humo que el ahumado en caliente y también depende de la variedad del queso en tratamiento. El ahumado en frío del queso puede ser contradictorio cuando las temperaturas de aire y la humedad son altas ya que el color superficial del queso ahumado no será uniforme, enturbiará el color marrón característico. No se debe exceder el tratamiento de ahumado ya que el sabor a humo será excesivo compuestos fenólicos pueden ser muy ásperos y amargos en el mismo. El color de humo sobre quesos ahumados es muy crítico ya que los clientes prefieren un color marrón-oro ligero contra el color de caoba oscuro tradicional presente en productos cárnicos ahumados (Riha & Wendorff, 1993).

2.5 COMPONENTES TÓXICOS EN EL HUMO

Ingerir con regularidad alimentos ahumados puede ser dañino para la salud aumentando el riesgo de contraer una gama de cánceres diferentes. Las partículas de humo que son absorbidas por los alimentos que previenen la putrefacción de los mismos son hidrocarburos, que inhiben la interrupción de las proteínas en los alimentos. Sin embargo estas mismas partículas son un irritante a nuestro sistema digestivo porque naturalmente no estamos adaptados para inhalar o consumir partículas de humo (Rhodes, 2010).

Los compuestos químicos indeseables mas encontrados en el humo son Hidrocarburos Poli-cíclicos Aromáticos (PAH). Estos son cancerígenos y pueden ser encontrados en productos ahumados. Concentración excesivas de estos compuestos en el humo son ocasionados con el aumento de temperatura de incineración del material vegetal por encima de 425°C (Sikorski, 2002). En el humo líquido también se encuentran compuestos no deseados como el benceno. Este es un compuesto cancerígeno está presente en el humo y en condensados de humo (humo líquido) (Sikorski, 2002). Otros compuestos cancerígeno y alérgenos como el formaldehído es probable esté presente en el humo, actualmente se comercializa humo líquido compuesto con NaCl, el cual le ha sido extraído los compuestos tóxicos y los aromas desagradables provenientes de Hidrocarburos Poli-cíclicos Aromáticos (Toth and Potthast, 1984).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Este proyecto de investigación se realizó en 3 áreas, la Planta Agroindustrial de Innovación y Desarrollo (PAID), para la toma de datos, elaboración del queso ahumado y análisis sensorial; el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), para las evaluaciones físico-químicas de las muestras; y el centro de comercialización de Zamorano para los análisis de preferencias, todos localizados en el Departamento de Francisco Morazán, 32 Km. al este de Tegucigalpa, Honduras.

3.2 MATERIALES Y EQUIPO

3.2.1 Materiales

- Queso crema zamorano.
- Bradley® Flavor Bisquettes.
- Bolsas de empaque al vacío.
- Materiales de laboratorio para realizar análisis físico-químico y microbiológico.
- Materiales de laboratorio para realizar análisis sensorial.

3.2.2 Equipos

- Ahumador Bradley®.
- Autoclave. Market Forge Steritmatic.
- Balanza analítica METTLER AE200.
- Centrífuga Garver Electrífugue. Modelo 224 de 60 ciclos.
- Colorflex™ HunterLab, Diffuse model, The Color Management Company®.
- Empacadora al vacío ULTRAVAC.
- Horno Isotemp Oven FS (105°C). Fisher Scientific.
- Incubador. Gravity Convection - Precision®.
- Instron Modelo 4444, Instron Corporation.
- Potenciometro. pH Meter mv/Temperature. The Oyster series. Extech Instruments.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Pruebas preliminares

Para determinar los tiempos y temperaturas de exposición del queso crema al humo, se realizaron pruebas preliminares tomando en cuenta la temperatura dentro del rango de ahumado en caliente y tiempo de exposición según Wendorff (2010) y Riha & Wendorff (1993). Posteriormente se realizaron degustaciones para determinar los tiempos y temperaturas indicados.

3.3.2 Elaboración del queso crema ahumado

Se realizaron cuatro lotes de ahumado uno para las pruebas preliminares y tres para cada una de las repeticiones. Para la elaboración del queso ahumado se tomo queso crema de un día de elaboración para estandarizar cada una de las repeticiones, luego se gradúa el ahumador a la temperatura deseada se prosigue a encender el ahumador e introducir el queso exponiéndolo por el tiempo deseado.

El proceso de elaboración del queso crema ahumado se detalla en la Figura 1.

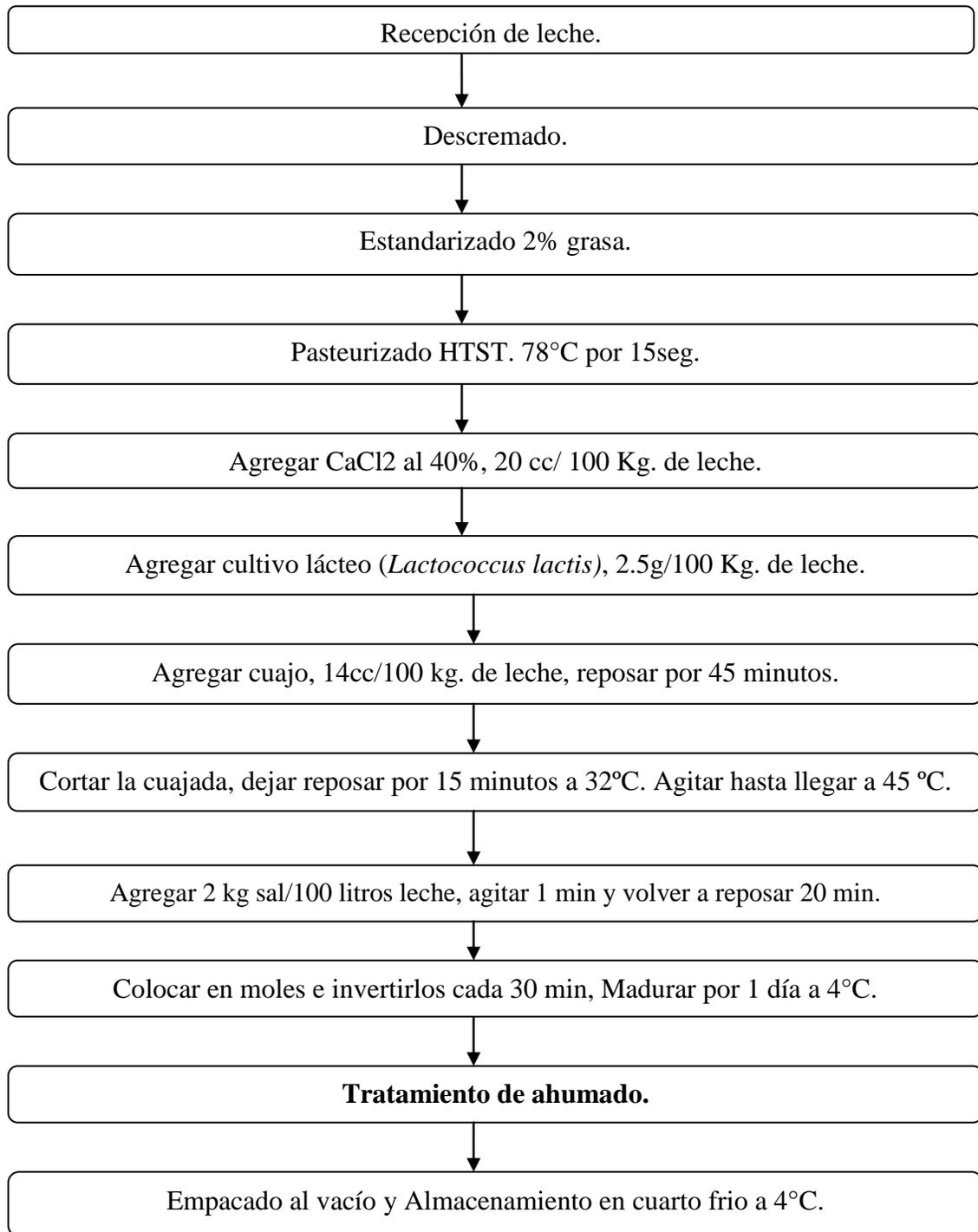


Figura 1. Flujo de proceso del queso ahumado.

3.4 EVALUACIÓN DE ANÁLISIS SENSORIAL

Los análisis sensoriales se realizaron en la planta agroindustrial de investigación y desarrollo (PAID), con un panel sensorial no entrenado pero relacionados con productos lácteos (Estudiantes de 4to. año de agroindustria que recibieron la clase de ciencia y tecnología de la leche). El análisis de preferencia se realizó en el centro de comercialización de zamorano con un total de 100 personas que consumen productos lácteos.

3.4.1 Análisis de Aceptación

Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los panelistas por un producto, midiendo cuánto les gusta o les disgusta cada uno de los atributos expuestos, es decir, el grado de satisfacción (Watts 1992).

El análisis se realizó con un panel compuesto por 12 panelistas en cada ocasión. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 5, siendo 1 lo menos aceptado y 5 lo más aceptado (Anexo 1). Las variables que se evaluaron fueron: apariencia, aroma, textura, sabor amargo, sabor, acidez y aceptación general.

3.4.2 Análisis de Preferencia

Con esta medición se compara dos o más productos, registrando cuál de ellos es el más preferido para los consumidores (Watts 1992). Además del queso ahumado *Zamorano* se utilizó queso ahumado *Bijagual* y *Palo Blanco*, estos al igual que los productos zamorano se comercializan en los supermercados *La Colonia* en Tegucigalpa.

Se evaluó el mejor de los tratamientos (determinado por evaluación sensorial) con dos productos similares ya existentes en el mercado. Se le pidió a los panelistas que ordenaran las muestras (presentadas aleatoriamente) con base en su preferencia de la más aceptada a la menos aceptada. En el anexo 2 se muestra la papeleta usada para el análisis.

Para el análisis de los datos se utilizó una tabla para 3-100 panelistas y 3-12 muestras (Newell y MacFarlane 1987).

3.5 CORRELACIÓN ENTRE ANÁLISIS SENSORIAL Y FÍSICO-QUÍMICO

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

3.6 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y PURGA

Para el porcentaje purga se obtuvo mediante el peso de las muestras antes y después de ahumado y para el rendimiento calculando kilogramos de queso ahumado obtenidos de 100 litros de leche estandarizada al 2% de grasa partiendo de que el queso crema tiene un porcentaje de rendimiento de 12.5%.

3.7 ANÁLISIS FÍSICOS

Se realizaron análisis de color y textura para todos los tratamientos al día 0 y 30, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) haciendo comparación de estos con los datos obtenidos sensorialmente.

Para los análisis de textura se utilizó el INSTRON 4444® con el acople Compression Warner Bratzer Crosshead Speed, éste es una guillotina que mide la fuerza utilizada para el corte del queso (simulando textura mediante mordida en prueba sensorial) en kN (kilo Newton). Las mediciones se realizaron utilizando cubos de queso ahumado de 2x2x4cm, realizando las mediciones por triplicado y usando el promedio de estas muestras.

Para los análisis de color se utilizó el Colorflex HunterLab®, se midieron los valores de L*, a* y b* los cuales describen coloración en ejes de tres espectros o coordenadas. El valor L* mide la claridad, en una escala de 0-100, siendo 0 oscuro absoluto (negro) y 100 claridad absoluta (blanco). El valor a* mide en el espectro de coloración verde al rojo, siendo “-a” verde y “+a” rojo. El valor b* valora del azul al amarillo, siendo “-b” azul y “+b” amarillo.

Los colorímetros se basan en el principio de absorbencia de luz de un cuerpo, esta es proporcional a su concentración, y es por eso que las sustancias más concentradas muestran una lectura más elevada de absorbencia (Ovalles, 2003).

3.8 ANÁLISIS QUÍMICOS

Se realizaron análisis de grasa, humedad mediante la metodología de “AOAC 1997” y acidez para todos los tratamientos al día 0 y 30, los cuales fueron realizados en Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), haciendo correlación de estos con los datos obtenidos sensorialmente.

3.8.1 Análisis de grasa (método Babcock AOAC 33.7.18)

Pasos para determinar la grasa:

1. Se tomó una muestra representativa del queso y se cortó en pedazos muy pequeños.
2. Se pesó nueve gramos de queso en el butirómetro para analizar la grasa en la crema.
3. Se agregó 10 cm³ de agua a 71-77°C (160-170°F).

4. Se agregó 17.5 cm³ de ácido sulfúrico y se agitó hasta que toda la muestra estuvo disuelta.
5. Luego durante cinco minutos se centrifugó la muestra y se adicionó agua a 54 - 60°C (130-140°F) hasta el cuello del butirómetro.
6. Se centrifugó por dos minutos más y se añadió agua hasta que la columna de grasa quedó en la parte graduada.
7. Finalmente se centrifugó la muestra por un minuto y se midió el porcentaje de grasa en la escala graduada del butirómetro.
8. Se realizó duplicado y se tomo promedio de ambos.

3.8.2 Análisis de humedad. AOAC 33.7.03 Método 926.08

Pasos para determinar humedad.

1. Se secó los crisoles en el horno 24 hr. A 105 °C.
2. Se colocó los crisoles en un desecador por 30 min.
3. Se pesó cada uno de los crisoles en un una balanza de precisión.
4. Se agregó 3 gr. de queso y se registro el peso exacto del queso y el crisol.
5. Se colocó los crisoles con su respectiva muestra de queso al horno a 105 °C por 24 hrs.
6. Se retiraron los crisoles del horno y se colocaron en el desecador por 30 min.
7. Se pesó el crisol y por diferencia se obtuvo el contenido de humedad de la muestra.
8. Se realizó duplicado y se tomo promedio de ambos.

3.8.3 Análisis de acidez (pH)

1. Se trituró el queso en partículas finas y se colocó en un vaso.
2. Se encendió el potenciómetro 10 min. el potenciómetro para la calibración del mismo, verificando precisión con soluciones de pH 7 y 4, ajustando temperatura.
3. Se introdujo el electrodo dentro del vaso con queso poniendo en contacto el queso al electrodo
4. Se tomó la lectura.
5. Se realizó la medición en tres puntos diferentes del mismo vaso y se toma un promedio de las tres mediciones.

3.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó análisis microbiológico de coliformes totales al día 0 y 30 para cada uno de los tratamientos, se utilizó un medio de cultivo “Violet Red Bile Agar” (VRBA) con una técnica de vertido (pour plate), el análisis se realizó en el laboratorio de la Planta de Lácteos de Zamorano.

3.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial (3×2) y medidas repetidas en el tiempo al día 0 y 30 (evaluación de vida de anaquel), 6 tratamientos y 3 repeticiones dando un total de 36 unidades experimentales, en el cuadro 2 se detallan los tiempos y temperaturas a las cuales se someten las unidades experimentales.

Cuadro 2. Diseño Experimental.

Tiempo de ahumado	Temperatura	
	40°C	60°C
40 min	TRT1	TRT4
60 min	TRT2	TRT5
80 min	TRT3	TRT6

Los resultados de los análisis sensoriales, físico-químicos y microbiológicos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) con la utilización del programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.1) con la prueba de separación de medias Tukey.

3.11 ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES

Para el análisis de costos del queso ahumado, se tomaron los costos del queso crema por unidad y los costos de ahumado por unidad. Para la determinación del costo de implementación del queso ahumado a la línea de producción se estimó los costos del equipo y materiales adicionales para su producción en la planta de productos lácteos en Zamorano.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Los tratamientos de ahumado se determinaron mediante revisión de literatura y tomando como referencia el flujo de proceso de plantas de procesamiento externas, estableciendo tiempos de 40, 60, 80 minutos y temperaturas de 40 y 60°C.

Durante las pruebas preliminares observamos que el queso crema después de días de elaborado no se puede utilizar para ahumar ya que la acidez del mismo y la temperatura de ahumado desnaturalizan la proteína provocando fundido del queso durante el ahumado por lo tanto se definió realizar un proceso continuo de ahumado después del procesado del queso crema.

4.2 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

4.2.1 Análisis Sensorial de Aceptación

Los panelistas percibieron diferencias en la aceptación del atributo de apariencia con un nivel de significancia ($P < 0.05$) los cuales se muestran en el cuadro 3, por lo contrario a los panelistas les fue indiferente los cambios de apariencia en una vida de anaquel de 30 en los tratamientos evaluados ($P > 0.05$). Como resultado el queso ahumado con 80 min a 60 °C (T6) obtuvo una media de 4.02, siendo la más alta pero sin diferencia significativa, de acuerdo a lo anterior podemos concluir que los panelistas tienen mayor aceptación de apariencia para los quesos con un tratamiento de ahumado más severo los cuales presentan una coloración más oscura debido a la mayor impregnación del humo al queso.

Cuadro 3. Análisis de evaluación sensorial de apariencia de queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Apariencia ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
	T6 - 80 min. a 60 °C	4.03±0.50 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	3.97±0.84 ^{AB(x)}	3.86±1.05 ^{AB(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.51±0.78 ^{C(x)}	3.75±0.90 ^{AB(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.86±1.08 ^{BC(x)}	3.72±0.81 ^{AB(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.78±1.00 ^{BC(x)}	3.63±0.71 ^{B(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.56±1.05 ^{BC(x)}	3.69±0.64 ^{B(x)}

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

¹ Letras iguales entre paréntesis indican similitud en el tiempo (P>0.05).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

En cuanto a la aceptación del atributo de aroma los panelistas percibieron diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05) y les fue indiferente los cambios de aroma en una vida de anaquel de 30 días. Siendo el queso con ahumado de 80 min. a 60 °C el mas aceptado con un valor de 4.02 sin que este fuese significativamente diferente a los que le siguen, dichos resultados se reflejan en el cuadro 4. Lo anterior debido a que el aroma es uno de los atributos más característicos del queso ahumado por los compuestos fenólicos incorporados al mismo y se ve reflejado en los resultados obtenidos con una tendencia de mayor aceptación sobre los quesos con un tratamiento más severo.

Cuadro 4. Análisis de evaluación sensorial de aroma del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Aroma ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
	T6 - 80 min. a 60 °C	3.83±0.91 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.50±0.85 ^{AB(x)}	3.99±0.72 ^{AB(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	3.86±0.93 ^{A(x)}	3.81±0.98 ^{ABC(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.53±1.08 ^{AB(x)}	3.77±1.07 ^{BC(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.44±0.81 ^{AB(x)}	3.61±1.05 ^{BC(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.30±1.04 ^{B(x)}	3.50±0.99 ^{C(x)}

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

¹ Letras iguales entre paréntesis indican similitud en el tiempo (P>0.05).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

En el cuadro 5 se muestra que en la aceptación del atributo de acidez no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni durante los 30 días de vida de anaquel (P>0.05). El panel sensorial determino que al día 0 y 30 el tratamiento de queso ahumado con mayor aceptación para acidez fue el de 80 min a 60 °C (T6) con valores de 3.94 y

3.80 respectivamente. Los panelistas determinaron una leve preferencia sobre los quesos con más sabor ácido agregado por los ácidos carboxílicos presentes en el humo.

Cuadro 5. Análisis de evaluación sensorial de Acidez del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Acidez ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a 60 °C	3.94±0.84 ^{A(x)}	3.80±0.79 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	3.74±0.82 ^{A(x)}	3.77±1.09 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.68±0.83 ^{A(x)}	3.66±0.76 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.68±0.86 ^{A(x)}	3.57±0.69 ^{A(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.65±0.96 ^{A(x)}	3.61±0.90 ^{A(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.63±0.98 ^{A(x)}	3.69±1.03 ^{A(x)}

¹Tratamientos seguidos de misma letra no son diferentes significativamente (P>0.05).

¹ Letras iguales entre paréntesis indican similitud en el tiempo (P>0.05).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

De acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro 6 los panelistas sí percibieron diferencias significativas en la textura entre tratamientos de queso (P<0.05); con el mismo nivel de significancia encontraron diferencias de textura durante la vida de anaquel solamente para el tratamiento con 80 min a 40 °C (T3). Como resultado la textura de los tratamientos de mayor aceptación (4.30) para el día 0 y 30 fue el de 80 min. a 60 °C (T6) sin diferencias estadísticas. Dichas preferencias reflejan una inclinación sobre los quesos con una textura más firme ocasionado por la purga liberada durante el proceso de ahumado la cual es mayor en los tratamientos antes mencionados.

Cuadro 6. Análisis de evaluación sensorial de textura del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Textura ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
T5 - 60 min. a 60 °C	3.83±0.77 ^{AB(x)}	4.13±0.99 ^{A(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	4.01±0.89 ^{A(x)}	4.30±1.01 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.28±0.21 ^{C(x)}	3.91±0.76 ^{AB(y)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.33±0.92 ^{BC(x)}	3.83±0.82 ^{AB(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.36±0.93 ^{BC(x)}	3.67±0.98 ^{B(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.89±0.71 ^{A(x)}	3.58±0.80 ^{B(x)}

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

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

En cuanto a la evaluación de aceptación del atributo de sabor los panelistas percibieron diferencias entre tratamientos de ahumado a un nivel de significancia ($P < 0.05$), siéndoles insignificantes los cambios en sabor durante una vida de anaquel de 30 días ($P > 0.05$). Según la aceptación de los panelistas el tratamiento con 80 min. a 60 °C (T6) obtuvo la media más alta (4.01) al día 30, la misma sin ser estadísticamente superior al resto de las muestras, dichos resultados se muestran en el cuadro 7. Esta preferencia se refleja por el mayor sabor a ahumado que poseen los mismos ocasionados por la pirólisis de celulosa y lignina presente en las fibras vegetales incineradas.

Cuadro 7. Análisis de evaluación sensorial de sabor del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Sabor ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a 60 °C	4.08±0.87 ^{A(x)}	4.01±0.92 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	4.01±0.89 ^{A(x)}	3.95±1.01 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.69±0.91 ^{AB(x)}	3.92±0.97 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.38±0.99 ^{B(x)}	3.79±0.95 ^{AB(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.66±1.01 ^{AB(x)}	3.75±1.05 ^{AB(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.52±1.08 ^{B(x)}	3.36±1.12 ^{B(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

El sabor amargo es una más de la características peculiares de productos ahumados producido por compuestos fenólicos e hidrocarburos. De acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro 8, los panelistas percibieron diferencias significativas en la aceptación de sabor amargo entre tratamientos de queso ahumado ($P < 0.05$); con el mismo nivel de significancia encontraron diferencias durante la vida de anaquel solamente para el tratamiento con 80 min a 40 °C (T3). El queso de 80 min. a 60 °C (T6) de ahumado obtuvo la media de aceptación más alta (4.07) al día 30 de elaborado sin ser significativa sobre los demás tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de evaluación sensorial de sabor amargo del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Sabor Amargo ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a 60 °C	3.79±0.93 ^{AB(x)}	4.07±0.98 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	3.69±0.88 ^{A(x)}	3.83±0.92 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.14±0.47 ^{C(x)}	3.58±0.61 ^{AB(y)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.34±0.76 ^{ABC(x)}	3.46±0.88 ^{AB(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.57±0.96 ^{AB(x)}	3.33±1.17 ^{B(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.31±1.04 ^{BC(x)}	3.27±0.88 ^{B(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 9 los panelistas percibieron diferencias en la aceptación general del queso ahumado a un nivel de significancia estadística ($P < 0.05$); así mismo encontraron diferencias de aceptación en una vida de anaquel de 30 en el tratamiento de 80 min a 40 °C (T3), debido posiblemente al cambio de textura del mismo. El tratamiento de 60 min. a 60 °C (T5) presenta el mayor nivel de aceptación (4.13) para el día 30.

Cuadro 9. Análisis de evaluación sensorial de aceptación general del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Aceptación General ² ±D.E.	
	Día 0	Día 30
T5 - 60 min. a 60 °C	3.97±0.81 ^{A(x)}	4.13±0.83 ^{A(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	3.83±0.91 ^{A(x)}	4.01±1.04 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	3.58±0.65 ^{AB(x)}	3.87±0.94 ^{AB(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	3.27±0.97 ^{B(x)}	3.75±0.87 ^{AB(y)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.76±0.98 ^{AB(x)}	3.69±1.04 ^{AB(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	3.56±1.15 ^{AB(x)}	3.47±1.06 ^{B(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

²Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho.

Los panelistas no percibieron diferencias significativas durante la vida de anaquel (análisis día 0 y 30) del queso ahumado entre los distintos tratamientos en lo que corresponde a los atributos de apariencia, aroma, sabor y acidez ($P > 0.05$). En cuanto a los descriptores de textura, sabor amargo y aceptación general, los panelistas si encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) sólomente para el queso de 80 min a 40 °C (T3) de ahumado.

De acuerdo a la evaluación sensorial de los atributos de apariencia, aroma, textura, sabor amargo, sabor, acidez y aceptación general para queso ahumado, se observó que el tratamiento de 80 min a 60 °C. (T6) obtuvo un valor de promedios acumulados de 28.53 de aceptación de las variables analizadas al día 30, la cual está por encima de las demás sin diferencias estadísticas dichas diferencias se describen en la figura 2.

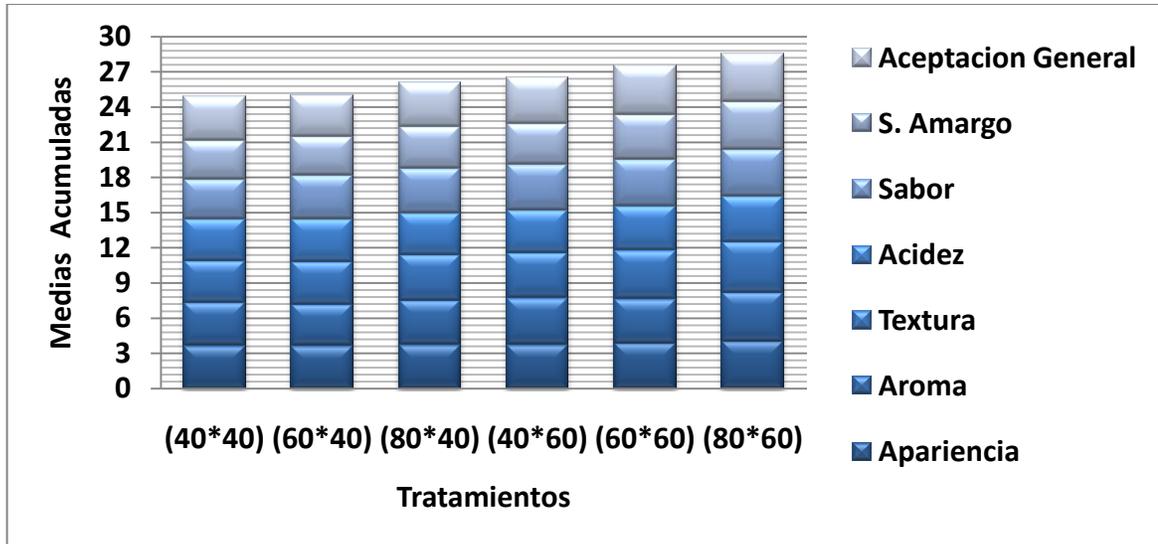


Figura 2. Promedios acumulados de Aceptación al día 30.

4.3 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.3.1 Análisis de Textura

Como se muestra en el cuadro 10 se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). El queso expuesto a un ahumado de 80 min a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T6) requiere una fuerza mayor de corte, sin tener diferencias significativas durante una vida de anaquel de 30 días ($P > 0.05$). Los tratamientos con mayor exposición al humo y temperatura de ahumado requieren mayor fuerza corte debido a que el humo se impregna en el queso formando una capa externa formada por compuestos provenientes de la incineración de la hemi-celulosa.

Cuadro 10. Análisis de textura del queso ahumado¹

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Fuerza (kN) \pm D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.024 \pm 0.001 ^{A(x)}	0.021 \pm 0.002 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.022 \pm 0.002 ^{AB(x)}	0.017 \pm 0.001 ^{B(y)}
T4 - 40 min. a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.021 \pm 0.001 ^{BC(x)}	0.016 \pm 0.002 ^{BC(y)}
T3 - 80 min. a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.020 \pm 0.002 ^{C(x)}	0.014 \pm 0.001 ^{C(y)}
T2 - 60 min. a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.017 \pm 0.003 ^{C(x)}	0.013 \pm 0.003 ^{C(x)}
T1 - 40 min. a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.017 \pm 0.003 ^{C(x)}	0.013 \pm 0.002 ^{C(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.3.2 Análisis de Color

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 11 y obtenidos de valor L* del análisis de color mediante el Colorflex, existieron diferencias significativas entre los tratamientos de queso ($P < 0.05$), determinando que el queso ahumado de 80 min a 60 °C (T6) fue más oscuro que el resto de los quesos analizados, lo anterior debido al mayor tiempo de exposición al humo provocando una coloración más oscura sin encontrar diferencias significativas durante una vida de anaquel de 30 días ($P > 0.05$).

Cuadro 11. Medición de color del queso ahumado¹. Valor L*.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Color (L*)±D.E.	
	Día 0	Día 30
T1 - 40 min. a 40 °C	78.60±1.55 ^{A(x)}	79.22±2.03 ^{A(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	77.23±3.60 ^{A(x)}	77.92±1.87 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	77.00±1.64 ^{A(x)}	75.98±2.77 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	73.85±1.77 ^{A(x)}	73.21±2.92 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	66.93±1.99 ^{B(x)}	65.95±2.17 ^{B(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	57.96±2.01 ^{C(x)}	58.64±2.03 ^{C(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

L* = negro a blanco.

En el cuadro 12 se detalla los resultados obtenidos de valor a* del queso ahumado mediante el Colorflex, que expresan diferencias significativas en los tratamientos ($P < 0.05$). El queso de 80 min a 60 °C (T6) de ahumado obtuvo el valor más alto (más rojo o marrón) sin encontrar diferencias significativas durante una vida de anaquel de 30 días. Lo anterior hace concluir que el tiempo y temperatura de ahumado tiene un efecto positivo sobre la coloración marrón del mismo.

Cuadro 12. Medición de color del queso ahumado¹. Valor a*.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Color (a*)±D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a 60 °C	7.98±2.26 ^{A(x)}	7.79±2.65 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	4.95±0.80 ^{AB(x)}	5.32±3.02 ^{AB(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	4.90±0.60 ^{B(x)}	5.20±1.85 ^{B(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	4.81±0.64 ^{B(x)}	4.53±1.25 ^{B(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	4.57±0.98 ^{B(x)}	4.08±1.58 ^{B(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	3.48±0.87 ^{B(x)}	3.20±2.86 ^{B(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

a* = verde a rojo.

Con respecto a los resultados de valor b^* muestra que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$) de igual manera durante una vida de anaquel de 30 días para todos los tratamientos, dichos resultados se ven reflejados en el cuadro 13.

Cuadro 13. Medición de color del queso ahumado¹. Valor b^* .

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Color (b^*)±D.E.	
	Día 0	Día 30
T1 - 40 min. a 40 °C	32.43±1.19 ^{A(x)}	32.98±3.79 ^{A(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	33.19±2.69 ^{A(x)}	34.26±1.21 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	34.62±1.31 ^{A(x)}	34.67±1.54 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	34.13±1.39 ^{A(x)}	34.36±1.27 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	35.21±3.70 ^{A(x)}	35.10±1.05 ^{A(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	34.67±2.73 ^{A(x)}	35.53±0.92 ^{A(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P<0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P<0.05$).

b^* = azul a amarillo.

Después de obtener los resultados físicos de color mediante Colorflex $L^*a^*b^*$ se determino que el queso con tratamiento de ahumado de 80 min. a 60 °C obtuvo una coloración marrón-oro, el cual es un color deseado para este tipo de productos según Riha & Wendorff (1993), el resumen del análisis de color se expresa en cuadro 14.

Cuadro 14. Resumen de Análisis de Color¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	$L^*\pm D.E$	$a^*\pm D.E$	$b^*\pm D.E$
T6 - 80 min. a 60 °C	63.30±2.02 ^C	9.09±2.46 ^A	36.09±1.83 ^A
T5 - 60 min. a 60 °C	65.44±2.08 ^C	6.37±1.91 ^B	35.85±2.38 ^A
T3 - 80 min. a 40 °C	70.53±2.35 ^B	6.01±0.95 ^B	35.65±1.43 ^A
T4 - 40 min. a 60 °C	70.98±2.2 ^{AB}	5.83±1.23 ^B	35.24±1.33 ^{AB}
T2 - 60 min. a 40 °C	72.72±2.74 ^{AB}	5.38±1.28 ^{BC}	35.22±1.95 ^{AB}
T1 - 40 min. a 40 °C	74.91±1.79 ^A	4.00±1.87 ^C	33.05±2.49 ^B

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P<0.05$).

4.4 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.4.1 Análisis de Grasa

El cuadro 15 se muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) en el porcentaje de grasa para el queso a diferentes tratamientos de ahumado. El queso 80 min. a 60 °C (T6) obtuvo 22.16% siendo el contenido más bajo de todos los tratamientos evaluados. Lo anterior debido a que este presenta el mayor porcentaje de purga durante el ahumado, esto debido a la temperatura y tiempo de exposición el cual tiene un efecto inverso sobre el contenido de grasa.

Cuadro 15. Análisis de grasa del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	% Grasa ± D.E.	
	Día 0	Día 30
T1 - 40 min. a 40 °C	26.67±0.57 ^{A(x)}	26.83±0.76 ^{A(x)}
T2 - 60 min. a 40 °C	26.00±1.00 ^{A(x)}	26.33±0.58 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	24.67±2.51 ^{AB(x)}	25.67±0.29 ^{AB(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	25.50±0.50 ^{A(x)}	26.50±0.50 ^{AB(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	24.66±0.57 ^{AB(x)}	25.00±1.00 ^{B(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	22.00±1.00 ^{B(x)}	22.16±1.04 ^{C(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.4.2 Análisis de Humedad

De acuerdo a los datos expresados en el cuadro 16 las variaciones en el tratamiento de ahumado si generan diferencias significativas ($P < 0.05$) en el porcentaje de humedad del queso ahumado. Obteniendo que el queso de 80 min a 60 °C (T6) de ahumado contiene el menor porcentaje de humedad sin tener diferencias significativas durante una vida de anaquel de 30 días. De acuerdo a lo anterior podemos decir concluir que el tiempo y temperatura de ahumado tiene un efecto negativo sobre el contenido de humedad del queso.

Cuadro 16. Análisis de humedad del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	% Humedad ± D.E.	
	Día 0	Día 30
T2 - 60 min. a 40 °C	48.73±0.30 ^{A(x)}	47.20±1.47 ^{A(x)}
T1 - 40 min. a 40 °C	48.96±0.85 ^{A(x)}	46.10±0.55 ^{A(x)}
T4 - 40 min. a 60 °C	45.76±3.95 ^{A(x)}	45.03±3.91 ^{A(x)}
T3 - 80 min. a 40 °C	47.46±0.70 ^{A(x)}	47.02±0.92 ^{A(x)}
T5 - 60 min. a 60 °C	41.46±0.35 ^{B(x)}	40.43±1.40 ^{B(x)}
T6 - 80 min. a 60 °C	40.86±0.83 ^{B(x)}	40.33±1.79 ^{B(x)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.4.3 Análisis de acidez (pH)

En el cuadro 17 se muestra que no hubieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos de queso ahumado para el día 0 pero si entre los del día 30, siendo para este día el queso de 40 min. a 40 °C (T1) con el pH más bajo (mas acido). Estas diferencias no fueron encontradas por el panel sensorial. Así mismo se muestra que la acidez de todos los quesos analizados fue significativamente menor durante una vida de anaquel de 30 días sin ser detectadas sensorialmente. La disminución de pH es ocasionada por el crecimiento de bacterias lácticas las cuales como parte de su metabolismo producen acido láctico.

Cuadro 17. Análisis de acidez del queso ahumado¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	pH± D.E.	
	Día 0	Día 30
T6 - 80 min. a 60 °C	5.51±0.11 ^{A(x)}	5.29±0.09 ^{A(y)}
T5 - 60 min. a 60 °C	5.60±0.10 ^{A(x)}	5.23±0.08 ^{A(y)}
T3 - 80 min a 40 °C	5.59±0.08 ^{A(x)}	5.10±0.10 ^{A(y)}
T4 - 40 min. a 60 °C	5.72±0.09 ^{A(x)}	4.96±0.06 ^{B(y)}
T2 - 60 min. a 40 °C	5.69±0.10 ^{A(x)}	4.89±0.08 ^{B(y)}
T1 - 40 min. a 40 °C	5.71±0.17 ^{A(x)}	4.85±0.10 ^{B(y)}

¹Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

¹ Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

4.5 CORRELACIÓN ENTRE ANÁLISIS SENSORIAL Y FÍSICO-QUÍMICO

4.5.1 Correlación de Apariencia y Color

Relacionando los datos obtenidos mediante las pruebas de color de $L^*a^*b^*$ y los de apariencia sensorialmente, existe una relación alta negativa de -0.86 (0.026) para los valor L^* , alta positiva de 0.89 (0.019) para los valores a^* , mientras que para el valor b^* no hubo correlación (0.20). En conclusión a mayor coloración oscura y marrón tenga el queso ahumado es mas preferido sensorialmente.

4.5.2 Correlación de Acidez y pH

Al correlacionar los datos obtenidos mediante las pruebas pH y acidez sensorialmente, no se encontró correlación entre los mismos (0.169), es decir que los panelistas no pueden definir con exactitud las diferencias de acidez encontradas en las pruebas de laboratorio.

4.5.3 Correlación de Textura con fuerza de corte, grasa y humedad

Al correlacionar los resultados obtenidos de textura sensorialmente con la fuerza de corte, grasa y humedad medido en laboratorio, se encontró una relación alta positiva de 0.84 (0.036), media negativa de -0.77 (0.048) y -0.78 (0.046) entre la aceptación de textura y

la fuerza de corte, el porcentaje de grasa y humedad respectivamente. Es decir los panelistas prefieren una textura en el queso ahumado con mayor firmeza y menor porcentaje de grasa y humedad.

4.6 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y PURGA

En cuanto a la evaluación de purga y los resultado expresadas en cuadro 18 que muestra el porcentaje de rendimiento en el ahumado del queso crema y el porcentaje de purga al día 30 de elaborados, cada uno de los tratamientos obtuvieron una tendencia de pérdida de peso o disminución del rendimiento del queso ahumado y menor purga a mayor exposición y temperatura de ahumado.

Cuadro 18. Rendimiento y purga del queso ahumado.

Tratamiento de ahumado (°C * Minutos)	TRATAMIENTO					
	1	2	3	4	5	6
	(40*40)	(40*60)	(40*80)	(60*40)	(60*60)	(60*80)
% Rendimiento en ahumado	94.3	93.5	93.2	91.3	88.8	86.1
% Purga al día 30	3.8	3.6	2.8	3.2	1.2	1.0

4.7 EVALUACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En el cuadro 19 se muestra que los resultados obtenidos en el análisis microbiológico para coliformes totales no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y que todos están dentro de la máximo permitido de coliformes totales para productos lácteos que es de es 10 ufc/g.

Cuadro 19. Análisis de conteo de coliformes en queso ahumado (ufc/g)¹.

Tratamiento de ahumado (Tiempo y Temperatura)	Coliformes (ufc/g)	
	Día 0	Día 30
T1 - 40 min. a 40 °C	≤1	8.33±2.51 ^A
T2 - 60 min. a 40 °C	≤1	6.67±2.08 ^A
T3 - 80 min. a 40 °C	≤1	5.67±1.15 ^A
T4 - 40 min. a 60 °C	≤1	7.33±3.51 ^A
T5 - 60 min. a 60 °C	≤1	5.00±1.15 ^A
T6 - 80 min. a 60 °C	≤1	4.67±1.35 ^A

¹El análisis fue realizado a una dilución de 10⁻¹.

4.7.1 Análisis Sensorial de Preferencia

En cuanto al análisis sensorial de preferencia el cual se realizó con el queso ahumado de 80 min. a 60 °C y dos quesos comerciales, en el cuadro 20 se muestra como fueron tabulados los valores de ordenamiento a cada muestra por los 100 panelistas. De acuerdo a la tabla para evolución de preferencia con 100 panelistas y tres muestras el valor crítico tabulado para diferencias significativas ($P < 0.01$) es de 42 (Newell y MacFarlane 1987). Por lo tanto las muestras de queso ahumado de *Zamorano*, *Bijagual* y *Palo Blanco* fueron significativamente diferentes entre sí. Por tanto los panelistas prefirieron el queso ahumado *Zamorano* sobre el *Bijagual* y este sobre el de *Palo Blanco*.

Cuadro 20. Análisis de preferencia con productos presentes en el mercado¹.

Muestra	Preferencia ²	Separación
Queso Ahumado <i>Zamorano</i>	273	A
Queso ahumado <i>Bijagual</i>	194	B
Queso ahumado <i>Palo Blanco</i>	133	C

¹Diferencias en preferencias > 42 son significativamente diferentes ($P < 0.01$).

²Escala de calificación: 1= menos preferido 3= más preferido.

4.8 ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES

En el Cuadro 21 se muestra el análisis de costos variables para el queso de 80 min. a 60 °C de ahumado el cual fue determinado como el más aceptado sensorialmente. Para el análisis se partió del costo de producción del queso crema zamorano.

Cuadro 21. Costos variables para una tanda de 20 lb. de queso ahumado.

Ingredientes	Precio (L)	Unidad	Cantidad	Costo (L)
Smoking Bisquettes	6.25	Bisquettes	4	25
Queso crema	45	lb	20	900
Costo Total				Lps. 925
Costo Unitario				Lps. 46.25/lb

El tratamiento mencionado anteriormente fue el **T6**, el cual tiene un tiempo de exposición al ahumado de 80 min y es sometido a una temperatura de 60°C. Este fue el tratamiento que obtuvo la mejor aceptación sensorial según los panelistas, razón por la cual se ha decidido hacerle el análisis de costos, ya que formara parte de la cartera de productos dentro de la planta de procesamiento lácteo de Zamorano.

4.9 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL QUESO AHUMADO

En el cuadro 22 se muestra el costo de implementar dentro de la ya existente línea de producción de queso crema, con la derivación de este a queso crema ahumado. El cual es una extensión de línea no existente dentro de la planta. Debido a esto no se cuenta con maquinaria ni insumos para realizar el proceso de producción y uno de los objetivos de este estudio incluye realizar un análisis económico para determinar cuánto sería la inversión para desarrollar este proyecto.

Cuadro 22. Costos de la implementación de queso ahumado a línea de producción.

Insumos	Precio (L)	Unidad	Cantidad	Costo (L)
Bradley Original Smoker BT1S1	7481.25	Maquinaria	1	7481.25
25 % c/fijos	11.76	lb	20	235.20
Costo Total				Lps. 7716.45

El cuadro 23 muestra el costo total para la producción de una libra de queso ahumado.

Cuadro 23. Costos de producción por unidad.

Costos	Precio (L)	Unidad	Cantidad	Costo (L)
Depreciación Bradley Original Smoker BT1S1	0.82	Maquinaria	1	0.82
Smoking Bisquettes	6.25	Por unidad	4	1.23
Queso crema	38.71	lb	1	38.71
Costos de ahumado	0.62	lb	1	0.62
Margen de ganancia 40%	16.55	lb	1	16.55
Costo Total Lps.				57.93
Costo Total \$.				3.04

Costos fijos calculados para una tanda de 20 lb.

Dado el resultado de esta tabla la cual fusionó las dos primeras tablas pero esta vez para determinar el costo por unidad del queso crema ahumado, el cual se podría comercializar en presentaciones de 1 libra y su costo total es de Lps. 57.93. Este costo incluyó un margen de contribución de un 40% más para la planta con el queso crema, aumentando un 10% más de la contribución a los costos fijos con el que ya contaba el queso crema Zamorano.

Se recomienda a los canales de distribución secundarios (puesto de ventas zamorano y principales supermercado de Tegucigalpa) que a este precio no se le aumente más del 30 % de margen de contribución, ya que esto nos estaría dando una desventaja competitiva en precio. Cabe recalcar que Zamorano cuenta con productos con precios similares y estos han tenido una excelente participación de mercado, por lo tanto no vemos que esto nos represente problemas en el lanzamiento de este producto, por ser nuestro mercado meta gente de alto poder adquisitivo y que se ve atraída por productos gourmet como lo es el queso crema ahumado Zamorano.

5. CONCLUSIONES

- El panel sensorial determinó que el queso crema con ahumado de 80 min a 60 °C fue el más aceptado por sus atributos de apariencia, aroma, sabor y aceptación general, sin encontrar diferencias en su textura, sabor amargo y acidez con los demás tratamientos.
- El queso con tratamiento de ahumado de 80 min. a 60 °C fue el que mostro una textura más firme y una coloración mas rojo oscuro en comparación con los otros tratamientos permaneciendo así durante una vida de anaquel de 30 días, debido a su menor porcentaje de agua y que se sometió a un tratamiento más prolongando de ahumado.
- En el parámetro de porcentaje de grasa el queso con ahumado de 80 min. a 60 °C resulto ser el de menor, de igual manera los quesos con 80 min. a 60 °C y 60 min. a 60 °C de ahumado contienen significativamente menos humedad que el resto de los tratamientos. Para el análisis químico de pH no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.
- Los tratamientos de queso expuestos a mayor temperatura de ahumado presentan mayor impregnación de humo percibido sensorialmente y análisis físico-químicos.
- El contenido de coliformes totales de los seis tratamientos estuvo por debajo de la norma establecida en queso crema (10 ufc/g).
- El costo variable para la elaboración del queso ahumado de 80 min. a 60 °C es de \$2.43/lb con un costo de implementación a la línea de producción de la planta de lácteos de \$405.70.

6. RECOMENDACIONES

- Elaborar un estudio completo para determinar vida de anaquel del queso ahumado con tratamiento de ahumado de 60 °C por 80 minutos.
- Realizar más repeticiones con ahumado en frío (20-40 °C). para mejorar rendimientos en queso.
- Realizar un estudio para el ahumado de queso, utilizando diferentes fibras vegetales para la generación de humo.
- Entrenar un grupo de panelistas para productos lácteos para la realización de análisis sensoriales más representativos en la determinación de diferencias entre productos.
- Incorporar a la línea de producción de la planta de procesamiento de lácteos zamorano el queso ahumado.

7. LITERATURA CITADA

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Methods of Analysis of the AOAC International. 3 ed. Volumen II. Maryland, EE.UU.

EUROSTAT, 2001. Milk production: slight increase in collection during 2001. En línea. Consultado 25 sep. 2010. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-NN-02-017/EN/KS-NN-02-017-EN.PDF

FAO, 2006. Perspectivas Alimentarias. Análisis de mercado mundial. Leche y productos lácteos. En línea. Consultado 25 Sep. 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/j7927s/j7927s00.htm>

Labell, F. 1996. Food safety through smoke. Prepared Foods. En línea. Consultado 10 Sep. 2010. Disponible en: http://findarticles.com/p/articles/mi_m3289/is_n12_v165/ai_18933249/

HAYAS (Colegio Las Hayas, ME). 2009. Ahumado de alimentos (en línea). Consultado 17 sep. 2010. Disponible en: <http://www.hayas.edu.mx/bach/alimentos/ahumado.html>

Kowalski, Z. 2010. Removal of Unpleasant Odorous Substances from Smoke Produced by Smoke Curing Houses. Faculty of Chemical Engineering and Technology, Institute of Inorganic Chemistry and Technology, Cracow University of Technology. Cracow, Poland. American Journal of Environmental Sciences 6 (2): 115-123, 2010

Naranjo, P. 2007. Evaluación de las características físicas y sensoriales del queso crema con albahaca (*Ocimum basilicum*), comino (*Cuminum cyminum*) y tomates secos (*Solanum lycopersicum*). Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, HN. 26p.

Newell, G.L. y MACFARLANE, J.D. 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of food science*, 52:1721.

Ovalles, F. 2003. Determinación del color (en línea). Consultado 20 jul. 2009. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/fovalles.htm>

Revilla, A. 2009. Tecnología de la leche. 5 ed. Zamorano, HN. Zamorano Academia Press. 312 p.

Riha, W. and Wendorff, W. 1993. Evaluation of color in smoked cheese by sensory and objective methods. J. Dairy Science. University of Wisconsin. Madison, WI. EE.UU. 76p.

Rhodes, J. 2010. Dangers of eating smoked food. (en línea). Consultado 25 Sep. 2010. Disponible en: <http://www.helium.com/items/1065023-dangers-of-eating-smoked-food>

Sagastume, J. 2007. Efecto del uso de estabilizadores en el rendimiento y características físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. HN. 50p.

Sikorski, Z.E., 2002. Food Chemistry-Composition, Transformation and Properties of Food. WNT, ISBN: 83-204-3210-3, pp: 578.

Toth, L. and Potthast, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. Adv. Food Res., 29: 87-158. DOI: 10.1016/S0065-2628(08)60056-7

Watts, B. 1992. Basic Sensory Methods for Food Evaluation. International development research centre. Ottawa, Ontario, CA.

Wendorff, W. 2010. Smoked Cheese. Guide for cheesemakers. Dept. of Food Science. Wisconsin Center for Dairy Research. University of Wisconsin. Madison, WI. EE.UU. 6p.

8. ANEXOS

Anexo 1 Hoja de evaluación Sensorial de Queso Ahumado.

Nombre: _____

Instrucciones: Marque con una X el círculo correspondiente a su evaluación de la muestra para cada atributo. En escala de muy agradable a muy desagradable.

Muestra: _____

	Me Desagrada Mucho	Me Desagrada	No me agrada, ni me desagrada	Me Agrada	Me Agrada Mucho
Apariencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aroma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor amargo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

.....

Anexo 2 Hoja de Sensorial de Preferencia de queso ahumado.

Instrucciones: Califique del 1 al 3 de acuerdo a su preferencia sobre los queso degustados. Siendo 3 el mas preferido y 1 el menos preferido.

Queso X _____

Queso Y _____

Queso Z _____

Gracias.

.....