

# **"APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA SOLUBLE DE AVENA EN LA ELABORACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS ALIMENTICIOS"**

**SIP 20080047**

**DIRECTORA: DRA. MARÍA ELENA SÁNCHEZ PARDO**

## **RESUMEN**

El uso de la fibra soluble de avena proporciona beneficios a la salud, ya que ayuda a regular el tránsito intestinal, ayuda a reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, además de ayudar en la atenuación de la respuesta postprandial de glucosa e insulina en la sangre.

La adición de fibra soluble de avena en el queso tipo panela tuvo la intención de mejorar el rendimiento de la leche durante para la elaboración del queso, al mismo tiempo se llevo a cabo un monitoreo para determinar la humedad retenida en comparación con un queso panela testigo (sin fibra) y un queso panela comercial. Al producto final se le realizó un análisis químico proximal, evaluación de textura y pruebas de evaluación sensorial.

La finalidad de elaborar un helado de litchi adicionado de fibra soluble de avena fue tener un producto funcional, ya que el litchi contiene potasio y niacina principalmente, además de que tiene acción hipoglucemiante, actividad antioxidante y anti cancerígena. Al producto final se le determinaron sus propiedades sensoriales.

Se llevó a cabo la elaboración de un pan dulce tipo muffin adicionado de fibra soluble de avena mediante un proceso convencional de horneado, se determinó la formulación adecuada y la resistencia de la harina; al producto final se le determinaron sus propiedades sensoriales. El queso adicionado de fibra soluble de avena retiene mayor humedad que el queso comercial (testigo), y como consecuencia no se tienen pérdidas de suero, aunque sus propiedades físicas varían respecto al testigo, es más suave, más fracturable, menos cohesivo y elástico, su peso aumento un 50% respecto al testigo y los comentarios de las pruebas sensoriales indicaron que el contenido de sal fue menor y su apariencia fue parecida a la del requesón. En la formulación de helado de litchi el resultado de la evaluación sensorial indicó preferencia de una formulación a base de 0.3 g de estabilizante, 0.6 g emulsificante y 0.75 g de fibra de avena, obteniéndose una densidad de 1.08; actividad acuosa de 1.0 y tamaño de cristal 64.08 micras. El pan con harina fuerte mostró un mejor horneado, con buen sabor, consistencia áspera al tacto y muy frágil en su manejo hubo mayor contenido de proteína en los productos adicionados con almidón y fibra soluble de avena, y en comparación con el pan no adicionado de almidón y fibra de avena, no hubo variaciones en cenizas, extracto etéreo valor energético y evaluación sensorial.

## INTRODUCCIÓN

### AVENA

La avena es un grano almidonoso comestible de la planta *Avena sativa*. Los granos de avena son altos en contenido de carbohidratos y contienen alrededor del 13% de proteína y 7.5% de grasa, son fuente de calcio, hierro, vitamina B1 y ácido nicotínico.

Existen nuevas tendencias alimentarias en relación con la reducción del colesterol: El grupo de expertos americanos del *National Cholesterol Education Program (NCEP)*, encargado de preparar las recomendaciones nutricionales para reducir los niveles de colesterol, tras revisar numerosos estudios, ha incluido por primera vez en dichas recomendaciones, el consumo de avena, por su alto contenido en *betaglucano*, un tipo de fibra soluble que reduce el colesterol. Igualmente, la *Food and Drug Administration (FDA)* americana tiene registrado el salvado de avena como el primer alimento que reduce el colesterol.

Existen cerca de un centenar de estudios internacionales que relacionan el consumo de  $\beta$ -glucano, principal componente de la avena, con la reducción del colesterol. De Groot y col. fueron los primeros en publicar que el consumo de avena daba lugar a una disminución de los niveles de colesterol en sangre.

Rispin y col. (1992), revisaron todos los estudios publicados hasta ese momento y llegaron a la conclusión de que la fibra soluble de la avena, el  $\beta$ -glucano, reducía significativamente los niveles de colesterol. De los resultados de estos estudios, se concluyó que el consumo diario de unos 3 g de fibra soluble de avena reducía el colesterol sanguíneo en unos 5.9 mg/dL en personas con niveles normales de colesterol y en 18.6 mg/dL personas con hipercolesterolemia.

De este modo, en 1999, el Departamento de Nutrición de la Escuela de Salud Pública de Harvard (Boston), realizó un meta-análisis de 67 estudios controlados

para cuantificar el efecto de fibras solubles como el  $\beta$ -glucano de la avena en la reducción de los niveles de colesterol. Los resultados demostraron que la ingesta diaria de 3 g de fibra soluble procedente de la avena reducía los niveles de colesterol gracias a su alto contenido en  $\beta$ -glucano.

En un estudio en el que sujetos con diabetes del tipo II tomaron fibra de avena, se observó, durante la fase de hospitalización, una disminución transitoria de los niveles de glucosa y de colesterol LDL en sangre en ayunas, pero no se mantuvo durante la fase ambulatoria. Se incrementó el peso de las deposiciones pero la duración del tránsito no cambió y la fibra resistió la fermentación. Por lo tanto, la fibra de avena puede aumentar la masa de las deposiciones y reducir el estreñimiento, pero no se producen los potenciales efectos beneficiosos de la fermentación. (Mazza, 2000).

### **Propiedades de la fibra de avena**

La FDA, en 1990, ha admitido recientemente que los productos de sémola de avena, salvado de avena o harina de avena puedan proporcionar un efecto benéfico para la salud sobre la base de la asociación establecida entre el consumo de dietas con alto contenido de estos productos.

- Reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (debido a que disminuye significativamente los niveles de colesterol sérico, específicamente el colesterol asociado a lipoproteínas de baja densidad (LDL), sin que cambie la fracción de colesterol asociado a lipoproteínas de alta densidad (HDL).
- Atenuación de la respuesta postprandial de glucosa e insulina en sangre.
- Reducción en un 11% el colesterol en suero en tres semanas al incluir en la dieta 140 g de avena prensada en hombres jóvenes sanos.

- Reducción del colesterol total en suero en sujetos hipercolesterolémicos hasta en un 20%, sin cambio en el colesterol asociado al HDL con el salvado de avena.
- El  $\alpha$ -glucano, componente activo de la avena, retrasa el vaciado gástrico, incrementa la duración del tránsito gastrointestinal, incrementa la viscosidad en el lumen e incrementó el espesor de la llamada capa gel o lago mucoso. (Mazza, 2000).

## **QUESO PANELA**

El rendimiento de la leche en la elaboración de quesos es muy bajo, ya que sólo se alcanza un rendimiento aproximado de un 10 %, para corregir este problema se han realizado numerosos estudios.

Dichos estudios consisten en adicionar sustancias químicas como el caseinato de calcio y distintos almidones.

El principal objetivo de este estudio fue aumentar el rendimiento de la leche en la elaboración de queso tipo panela, mediante la adición de fibra de avena, monitoreando la humedad retenida, en comparación con un queso panela testigo (sin fibra) y un queso panela comercial.

Otra problemática existente identificada en la industria láctea es la deficiente calidad sanitaria y microbiológica de la leche, para comprobar este atributo, en esta investigación se realizaron los análisis pertinentes.

Al queso tipo panela adicionado de fibra de avena se le realizó un análisis químico proximal, una evaluación de textura y pruebas de aceptación (evaluación sensorial).

El queso tipo panela adicionado de fibra de avena, además de aumentar el rendimiento de las industrias queseras, proporciona un valor agregado al producto, ya que el queso, por naturaleza propia no contiene fibra.

## HELADO DE LITCHI

El litchi es un fruto nativo de las zonas subtropicales, algunas fuentes (CIESTAAM, 1996) consideran como centro de su origen el sudeste de Asia, provincia de Cantón, en el Sur de China, otros mencionan a Vietnam del Norte. El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pertenece a la familia de las Sapindaceas, que comprende aproximadamente 140 géneros y 1,500 especies.

Existen tres subespecies de litchi (CIESTAAM, 1996):

- *Litchi chinensis* Sonn, ssp. *Chinensis* de importancia internacional
- *Litchi chinensis* Sonn, ssp. *philippensis* (Radlk.) Leenh, se encuentra en Filipinas y tiene frutos no comestibles
- *Litchi chinensis* Sonn, ssp. *javanensis* Leenh, es ocasionalmente cultivado en Indochina y en el Oeste de Java y tiene frutos similares al ssp. *chinensis*.

El litchi en México se introdujo a principios del siglo XX; su producción comercial a niveles importantes apenas data de los años 90, con la excepción de Sinaloa, que cuenta con plantaciones comerciales desde la década de los 60's.

Durante el trabajo de campo, realizado a fines de 1996, se encontró una producción a nivel comercial en siete estados de la República Mexicana, que son, en orden de importancia: Sinaloa, San Luís Potosí, Nayarit, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Baja California Sur. Existen siembras nuevas en Coahuila, Campeche, Chiapas e Hidalgo.

El fruto del litchi es una fruta de forma redonda, ovoide, acorazonada e incluso arriñonada. Su tamaño es variable según cultivares, alcanzando hasta 5 cm de largo y hasta 4 cm de diámetro.

Su principal constituyente es el agua, que representa entre el 76 y el 87% del peso de la pulpa. Su contenido de proteína es bastante bajo y usualmente comprendido entre el 0.8 y el 0.9%, pudiendo llegar a 1.5%. La pulpa contiene también cantidades insignificantes de grasas, con valores situados entre 0.5 y 1.6%. Su contenido de azúcar (azúcares reductores y sacarosa), depende según la variedad y oscila entre el 11.8 y el 20.6%. El litchi es un fruto no climatérico por lo que el contenido total de sólidos solubles no aumenta tras la recolección. La acidez es bastante irregular, registrándose valores entre 0.20 y 1.1% de acidez total. Como en la mayoría de los frutos el valor decrece conforme avanza el proceso de maduración e incluso durante el almacenaje. El valor calórico del fruto es de aproximadamente 65 calorías por cada 100 g y es una fuente apreciable de vitamina C, las cantidades difieren entre 40.2 y 90 mg consumiendo 100 g de esta fruta, se satisfacen las recomendaciones dietéticas en ácido ascórbico para adultos en los Estados Unidos de América. Contiene cantidades importantes de potasio. Carece totalmente de provitamina A y sólo algunos cultivares son buena fuente de niacina (Claridades Agropecuarias, 1996).

### **Propiedades del litchi**

- Acción hipoglucemiante de la metilenciclopropilglicina aislada de la semilla del litchi (Molde, 1989; Li, et al., 2004).
- Efecto antiinflamatorio del extracto de las hojas del litchi (Besra, et al., 1995).
- Identificación de polisacáridos presentes en el pericarpio del fruto del litchi con actividad antioxidante (Yang, et al., 2006).
- Actividad antioxidante y anticancerígena (actividades antiproliferativas, apoptóticas y antioxidantes contra diferentes células humanas de cáncer de

mama e hígado) en una variedad de pruebas en sistemas biológicos y modelos animales (Wang, 2006).

- Propiedades antiulcerantes por la administración del extracto acuoso de litchi (Reyes, 2006).
- Actividad antioxidante del pericarpio de litchi (Wang, et al., 2006)
- Actividad analgésica inducida por los extractos de semilla de litchi (García, 2007).
- Propiedades antioxidantes de las antocianinas presentes en el extracto del pericarpio del litchi, en relación a su obscurecimiento (Rivera-López, 1999).
- Actividad hepatoprotectora del extracto del fruto del litchi frente a la hepatotoxicidad inducida por Tetracloruro de carbono en ratas Albinas (Souza, et al., 2007).

### **ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN (PAN DULCE) ADICIONADO DE FIBRA SOLUBLE Y SUSTITUTO DE GRASA, APROVECHANDO LAS VENTAJAS NUTRICIAS DEL HUEVO FRESCO.**

Los productos de panificación se pueden definir como el alimento resultante de la cocción de una masa formada principalmente por harina de trigo, agua potable, sal yodada, azúcar y leudantes. Otros ingredientes que se incluyen son harinas de cereales diferentes al trigo (como puede ser harina de avena), además de grasa, leche, emulsificantes, frutas, nueces y otros. Estos productos existen en una gran variedad de tipos, que difieren en composición, forma de elaboración, características sensoriales y presentación. Todos requieren harina de trigo como base de su formulación. (Bennion, 1979).

En México, no siempre se cuenta con suficiente disposición de esta harina, ya que la producción del grano de trigo no es constante y suficiente. Bajo esta problemática diversas instituciones de nuestro país se han dedicado al estudio de

la incorporación de harinas diferentes al trigo a fin de aprovechar los recursos utilizados en la alimentación animal, como sorgo, mijo, papa, soya y avena.

## **MÉTODOS DE PANIFICACIÓN**

La importancia de las harinas en la elaboración de pan es relevante, ya que esta es esencial para la elaboración de productos horneados, y para la obtención de mejores productos debe contarse con harinas que tengan cualidades panarias, para poderlas trabajar. Para la elaboración de pan existen métodos que difieren en su proceso:

- a) El primero de ellos es esponja-masa, se lleva a cabo en dos etapas. En la primera de ellas una parte de los ingredientes se mezclan para formar la esponja, que se deja fermentar. Al término de ésta el resto de los ingredientes se adicionan a la esponja mezclándolos nuevamente para formar la masa (Desrosier, 1997).
- b) En el segundo método todos los ingredientes son mezclados hasta obtener una masa suave con un desarrollo óptimo. Este, no solo difiere del anterior en el tiempo de fermentación, si no también en el manejo que se le da a la masa durante dicha etapa, ya que ésta es sometida a boleos periódicos, durante los cuales una buena porción de bióxido de carbono se pierde, reduciendo así el volumen de la masa (Desroier, 1997)
- c) El tercer método es de masa batida, en el cuál se hace el batido de la grasa con azúcar, el cremado y posteriormente se incorpora la harina, se amasa y al agregarle leche o agua se obtiene una masa líquida, la cual no sufrirá ningún proceso de fermentación, sino que pasará directamente al horneado de los productos panificables.

## **PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN**

Los productos de panificación de estas industrias pueden clasificarse en dos grupos:

- a) Pan blanco: que se caracteriza por su bajo contenido de azúcar y grasa (denominada como masa salada) incluye el pan “español”, baguettes, bolillo, telera, pambazo, entre otros.
- b) Pan dulce: que por el contrario al anterior su nivel de azúcar y grasa es mucho mayor, por lo que son denominadas masas dulces, e incluye a una gran variedad de productos horneados de los que se conocen con nombres tradicionales como la concha, cocol, panqué, moños, madalenas, entre otros.

## **PAN DULCE**

El pan dulce se puede definir como un producto elaborado con harina de cualquiera de sus tipos, azúcar, agua potable, sal yodada, adicionada o no de grasas y/o aceites comestibles, con o sin levadura o leudante químico, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la Secretaría de Salud . (DGN, 1992).

Una encuesta realizada en nuestro país, específicamente en la zona metropolitana menciona que el pan blanco y el de dulce se consumen aproximadamente en la misma proporción, siendo ligeramente mayor para este último. La misma encuesta cita que el mayor consumo corresponde a bizcocho (59%), seguido por el hojaldre (22%), después de un grupo diverso definido como otros (13%), donde se involucran productos esponjados y pastelería, y por último y en igual proporción los denominados danés y platos (galletas) ambos con 38%. (Tejo, 1993).

## **PANQUÉ**

Es el producto que se somete a batido y horneado, preparado con harinas de cereales o leguminosas, azúcares, mantequilla, grasas o aceites, leudante y sal,

adicionada o no de huevo y leche, crema batida, frutas y otros ingredientes y aditivos para alimentos.

Los productos planos y esponjados tienen como característica común el tipo de leudante utilizado, que son agentes químicos. El primero es una masa dura, la cual es sometida a un proceso de laminado y posteriormente se corta y adorna en la forma deseada, para su posterior horneado, mientras que el segundo puede considerarse como un batido por el contenido de líquido adicionado y es necesario por su consistencia el que se hornee en moldes. La estructura final es por lo tanto bastante diferente. Para el primer caso se tiene lo que se conoce como una galleta y para el segundo se obtiene un producto sumamente esponjado y suave tanto en miga como en costra, siendo los principales de estos últimos todos los productos panquelería. (Calderón 1990).

### COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUEVO ENTERO FRESCO

LÍPIDOS		MINERALES		VITAMINAS	
Grasas totales g	11.10	Calcio mg	56.00	Retinol mcg	156.00
Colesterol mg	548.00	Fósforo mg	180.00	Ácido ascórbico mg	0.00
Saturados Totales (g)	3.35	Hierro mg	2.10	Tiamina mg	0.09
Monoinsaturados (oléico) g	4.08	Magnesio mg	12.00	Riboflavina mg	0.30
Poliinsaturados (linoléico)	1.24	Sodio mg	138.00	Niacina mg	0.10
		Potasio mg	130.00	Piridoxina mg	0.12
		Zinc mg	1.44	Ácido fólico mcg	65.00
				Cobalamina mcg	1.55

100 g de alimento crudo en peso neto.

Referencia Bibliográfica: Muñoz M., Chávez A. (1996) "Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México" Ed. Pax México. México, D.F. pp. 223.

### Composición media del huevo de gallina

Parte	Proporción del peso total (%)	Extracto seco (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Carbohidratos (%)	Sales minerales (%)
<b>Cáscara</b>	10.3	98.4	3.3 <sup>a</sup>			<b>95.1</b>
<b>Clara</b>	56.9	12.1	10.6	0.03	0.9	<b>0.6</b>
<b>Yema</b>	<b>32.8</b>	<b>51.3</b>	<b>16.6</b>	<b>32.6</b>	<b>1.0</b>	<b>1.1</b>

<sup>a</sup> Complejo proteína-mucopolisacárido



### Proteínas de la clara de huevo

Proteína	Participación en la proteína <sup>a</sup> total (%)
Ovoalbúmina	58
Conalbúmina (ovotransferrina)	13
Ovomucoide	11
Lisozima (Globulina G <sub>1</sub> )	3.5
Globulina G <sub>2</sub>	4
Globulina G <sub>3</sub>	4
Ovomucina	1.5
Flavoproteína	0.8
Ovoglicoproteína	0.5
Ovomacroglobulina	0.5
Ovoinhibidor	0.1
Avidina	0.05

<sup>a</sup> Cifras medias

### Elementos minerales del huevo.

Mineral	Clara (%)	Yema (%)
<b>Azufre</b>	0.195	<b>0.016</b>
<b>Fósforo</b>	0.018	<b>0.543 – 0.980</b>
<b>Sodio</b>	0.161 – 0.169	<b>0.070 – 0.093</b>
<b>Potasio</b>	0.145 – 0.167	<b>0.112 – 0.360</b>
<b>Magnesio</b>	0.009	<b>0.032 – 0.128</b>
<b>Calcio</b>	0.008 – 0.02	<b>0.121 - 0.262</b>
<b>Hierro</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.0053 – 0.011</b>

### Lípidos de la yema de huevo

Vitamina	Huevo entero	Clara	Yema
<b>A</b>	0.22	0	1.12
<b>Tiamina</b>	0.11	Trazas	0.29
<b>Riboflavina</b>	0.30	0.27	0.44
<b>Niacina</b>	0.10	0.10	0.10
<b>B<sub>6</sub></b>	0.12	Trazas	0.30
<b>Ác. Pantoténico</b>	1.59	0.14	3.72
<b>Biotina</b>	0.025	0.007	
<b>Ác. Fólico</b>	0.051	0.016	0.15
<b>Tocoferoles</b>	1.0	0	3.0
<b>σ-Tocoferol</b>	<b>0.46</b>		

### Composición de los ovoproductos desecados.

Componentes	Huevo entero	Clara	Yema
<b>Agua</b> <sup>a</sup>	5.0	8.0	<b>5.0</b>
<b>Grasa</b> <sup>b</sup>	40.0	Trazas	<b>57.0</b>
<b>Proteína</b> <sup>a</sup>	45.0	80.0	<b>30.0</b>
<b>Cenizas</b>	3.7	5.7	<b>3.4</b>
<b>Azúcares reductores</b> <sup>a</sup>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

a Valores máximos

b Valores mínimos

### Composición de ovoproductos congelados y de ovoproductos líquidos. (cifras en %)

Componentes	Huevo entero	Clara	Yema
<b>Agua</b>	75.3	88.0	<b>57.0</b>
<b>Grasa</b>	11	<0.03 <sup>a</sup>	<b>27.2</b>
<b>Proteína</b>	12	10.5	<b>13.5</b>
<b>Azúcares reductores</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>

Referencia Bibliográfica: Hans-Dieter B., Grosch W. (1985). "Química de los Alimentos" 2ª ed. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 434-446.

## OBJETIVOS

Objetivo General:

Emplear fibra soluble de avena en tres sistemas alimenticios funcionales conservando en la medida de lo posible sus características originales.

Objetivos Específicos:

- Elaborar y evaluar queso fresco tipo panela adicionado de fibra soluble de avena, para aumentar el rendimiento del queso.
- Caracterizar la materia prima empleada en el proceso de elaboración de queso.
- Definir la concentración óptima de fibra de avena, tomando como parámetro de estudio el contenido de humedad.

- Definir el punto crítico del proceso en el cual se incorpora la fibra de avena.
  - Evaluar el parámetro de humedad durante 8 días de almacenamiento en refrigeración (0-4 °C).
  - Procesar y evaluar la calidad de helado de litchi adicionado de fibra soluble de avena, minerales y vitaminas destinado al consumo de niños.
  - Establecer el proceso de elaboración y formulación del helado mediante un diseño de superficie de respuesta utilizando un modelo de tendencia central, estableciendo como variables de estudio: la cantidad de estabilizante, de emulsificante y de fibra de avena.
  - Evaluar el contenido de fibra cruda, vitamina C, tiamina, niacina y flavonoides en el helado funcional.
  - Caracterizar física y químicamente el helado mediante un análisis proximal de acuerdo a los métodos aprobados por la A.O.A.C.
- ❖ Desarrollar una formulación de un producto de panificación (pan dulce) adicionado de fibra soluble de avena y sustituto de grasa, que se caracterice de tener baja densidad energética, además de aprovechar las ventajas nutricias del huevo fresco.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **QUESO PANELA**

#### **I.-ELABORACIÓN DE QUESO PANELA**

##### **Ingredientes para elaborar queso panela**

En el cuadro 1 se presentan los ingredientes utilizados para la elaboración de queso panela.

**Cuadro 1. Ingredientes necesarios para elaborar queso panela.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Marca</b>
Leche	Bronca
Cuajo	Cuamex; CHR, HANSEN
Cloruro de Calcio	Reasol, Reactivos Analíticos
Sal de mesa	“La Fina”

### **Leche**

Proveniente de Técamac, estado de México.

### **Especificaciones de uso de cuajo**

A 100 litros de leche tibia de 32-35 °C se le agregaron 10 mL de cuamex, previamente diluido en 100 mL de agua libre de cloro.

La acidez y temperatura de la leche puede afectar los tiempos de coagulación, así como el contenido de Calcio presente.

El tiempo de coagulación normal fue de 30-40 minutos.

### **Cloruro de Calcio**

Se agregaron 20 g de Cloruro de Calcio por cada 100 L de leche.

### **Sal**

Se agregaron 3 g de sal por cada L de leche.

### **Queso comercial**

El queso que se utilizó para comparar la textura, fue Queso tipo Panela marca “Lala”.

## **1.1 FIBRA DE AVENA**

Las fibras utilizadas fueron “fibra de avena Oat Fiber 780” y “fibra de avena Oat Fiber 610” marca SunOpta.

En el cuadro 2 se muestran las características de las fibras de avena que se estudiaron; en el cuadro 3, se presenta su composición.

**Cuadro 2. Características de “fibra de avena Oat Fiber 610 y 780”**

<b>Características del producto “fibra de avena”</b>		
	<b>Oat fiber 780</b>	<b>Oat fiber 610</b>
Color	Ligeramente crema	De blanco a ligeramente crema
Sabor	Suave	Suave
Aroma	Neutro	Neutro
pH	5.5-7.5	6.0-7.0
Absorción de agua	590 %	450 %
<i>Distribución de tamaño de partícula a través de tamiz de:</i>		
0.30 mm	98-100 %	-
0.15 mm	85-100 %	90 % Mínimo
0.075 mm	75-85 %	70 % Mínimo

**Cuadro 3. Composición de la fibra de avena**

<b>Composición de la fibra avena por cada 100 g</b>	
Calorías	1.84
Calorías de la grasa	0.36
Grasa total	0.04 g
Saturada	0.02 g
Mono-insaturada	0.02 g
Poli-insaturada	0 g
Ácidos grasos trans	0 g
Colesterol	0 g
Sodio	530.00 mg
Carbohidratos totales	92.80 g
Fibra Dietaria	92.80 g

Fibra insoluble	92.40 g
Fibra soluble	0.40 g
Azúcares	0 g
Proteína	0 g
Vitamina A	0 UI
Vitamina C	0 mg
Calcio	145.00 mg
Hierro	3.90 mg
Magnesio	107.00 mg
Fósforo	385.00 mg
Potasio	11.10 mg
Agua	4.57 g
Cenizas	2.60 g

## 1.2- ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LECHE

Para el análisis de las propiedades físicas de la leche, se hicieron las siguientes determinaciones:

### Determinación de la densidad

#### Procedimiento

Se colocaron aproximadamente 200 mL de leche en una probeta de 250 mL, se evitó la formación de espuma. Se introdujo el lactodensímetro procurando que no se pegara a las paredes, se midió la temperatura de la muestra.

Transcurridos 30 segundos aproximadamente, se hizo la lectura en grados Quevenne, directamente en la escala del lactodensímetro.

La lectura correspondiente a la escala del lactodensímetro, está considerada para determinaciones a 15 °C, lo cual se obtiene sumando 0.2 unidades por cada °C arriba de los 15 °C y restando 0.2 unidades por cada °C abajo de los 15 °C.

## **Determinación del índice de refracción**

### **Procedimiento**

Se midieron 40 mL de leche en probeta de 50 mL, se añadieron 10 mL de sulfato de cobre, se agitó perfectamente y reposó 15 minutos, se filtró a través del papel de poro fino.

Se recogió el filtrado, que era transparente.

Se pasó el filtrado a una cuba para refractómetro y se colocó en el soporte del baño, se ajustó previamente su temperatura a 20 °C, la cual se mantuvo constante.

Se introdujo el prisma del refractómetro en la cuba, se esperó 2 minutos para igualar a la temperatura del baño y se efectuó la lectura.

La lectura obtenida proporcionó directamente los grados refractométricos.

## **1.3- ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE**

Para el análisis de las propiedades químicas de la leche se hicieron los siguientes estudios:

### **Determinación de acidez**

La prueba de la acidez titulable forma parte del examen básico de la calidad de la leche bronca. La acidez titulable mide la cantidad de álcali necesario para llevar el pH de la leche hasta 8.4 (empleando fenolftaleína como indicador); generalmente el resultado es expresado por una cantidad equivalente de ácido láctico. Con base en lo anterior, el principio de la acidez titulable es el poder de

combinación de la leche con una base. La acidez es un indicador de la calidad de la leche. Proporciona indirectamente la riqueza de la leche en sólidos no grasos, especialmente en proteínas y puede servir como indicador de actividad bacteriana en la leche, durante su transformación y en los productos lácteos.

### **Procedimiento:**

Se depositaron 9 mililitros de leche en un vaso de precipitados, se agregaron dos a tres gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con la solución de NaOH 0.1 N, hasta obtener el punto de virar a una coloración muy tenue que perduró al menos 30 segundos. Los mililitros gastados de NaOH 0.1 N multiplicados por 10, se expresan directamente en grados Dornic, y éstos a su vez, en gramos de ácido láctico.

### **Prueba de alcohol**

#### **Procedimiento:**

En un tubo de ensayo se colocaron 5 mL de la muestra homogénea y 5 mL de etanol 68 %. Se tapó el tubo.

Se mezclaron suavemente los líquidos invirtiendo el tubo 2 o 3 veces, sin agitación.

Se observó a contraluz e inclinando el tubo en varias direcciones si ha ocurrido floculación o coagulación de la mezcla.

### **Identificación de sacarosa**

#### **Procedimiento**

Se colocó en un tubo de ensayo 1 mL de leche y se agregó 5 mL del reactivo de resorcinol y se agitó. Se sumergió en baño María a ebullición durante 5 minutos.

## **Expresión de resultados**

Dependiendo el grado de intensidad, se expresó la concentración de sacarosa como positiva si se presenta una coloración desde rosa intenso hasta rojo y prueba negativa con un color café.

## **Determinación de Cloruros**

### **Procedimiento**

Se pasó cuantitativamente 10 mL de muestra a un matraz aforado de 100 mL. Se añadieron 50 mL de agua destilada, 5 mL de acetato de zinc al 20 % y 5 mL de ferrocianuro de potasio al 10 %, se mezcló, se llevó al aforo con agua destilada y se agitó.

Reposó 10 minutos y se filtró. Con este filtrado se procedió a determinar los cloruros y la lactosa. Se guardó para posterior uso en la determinación de lactosa.

Se colocó en un matraz erlenmeyer 10 mL del filtrado, medidos con pipeta volumétrica, 1 mL de ácido nítrico concentrado, 10 mL de nitrato de plata 0.1 N, medidos también con pipeta volumétrica y 1 mL de sulfato férrico amónico al 5 %, se agitó.

Se tituló con el tiocianato de potasio 0.1 N, se agitó vigorosamente, hasta la aparición de un color salmón que permaneció durante 30 segundos.

## **Determinación de grasa (Método Gerber)**

### **Procedimiento**

Se colocaron cuidadosamente 10 mL de ácido sulfúrico densidad 1.825 en el butirómetro, procurando no mojar el cuello. Se agregaron 11 mL de leche medidos con pipeta volumétrica, deslizándola por las paredes, evitando que se mezcle con el ácido y procurando no mojar el cuello del butirómetro.

Se adicionó 1 mL de alcohol isoamílico, se tapó el butirómetro fuertemente con la ayuda de la bayoneta y se envolvió con la franela, se agitó perfectamente con precaución.

Se llevó el butirómetro a la centrífuga y se hizo funcionar a 1000 – 1250 rpm, de 3 a 5 minutos. Se sacó el butirómetro y se llevó a un baño de agua a 60–70 °C durante 5 minutos, con el tapón hacia abajo.

Se hizo la lectura de la grasa separada, aumentando o disminuyendo la presión del tapón, para lograr que la parte inferior de la columna de la grasa se encuentre en una de las divisiones de la escala.

En caso de no contar con la centrífuga, después de agitar el butirómetro, se colocó con el tapón hacia abajo en un baño de agua a 75 °C durante 10 minutos, se ajustó el tapón y se tomó la lectura como se indicó en el apartado anterior.

#### **1.4.- ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE**

Para determinar el estado de la leche en cuanto a posible proliferación microbiana se hicieron las siguientes pruebas:

##### **Prueba de azul de metileno**

##### **Procedimiento**

Se colocó en tubo de ensaye estéril 10 mL de leche, se adicionó 1 mL de azul de metileno. Se tapó el tubo y se mezcló, invirtiendo de 2 a 3 veces.

Se colocaron los tubos en estufa a 37 grados centígrados durante 4 horas. Se observó el cambio de intensidad en el color de la mezcla, primera a los 30

minutos y después a intervalos de 1 hora, mezclando el contenido por inversión una vez cada hora, hasta su total decoloración.

### **Interpretación de Resultados**

El grado de contaminación de la leche dependerá del tiempo en que se presente la decoloración total del azul de metileno se aplicaron los siguientes criterios:

- 15 minutos o menos indica una leche muy contaminada
- De 15 minutos hasta 1 hora indica leche contaminada
- Entre 1 y 3 horas leche ligeramente contaminada
- Más de 3 horas leche de calidad satisfactoria

### **Prueba de la Resazurina**

#### **Procedimiento**

Se colocaron en tubo de ensaye estéril 10 mL de leche y se adicionó 1 mL de solución de resazurina. Se tapó en tubo y se mezcló invirtiendo de 2 a 3 veces el tubo.

Se llevaron los tubos a una estufa a 37 grados centígrados durante 1 hora.

Se invirtió el tubo después de 30 minutos. Pasada 1 hora se observó y anotó el cambio de color en la muestra.

### **Interpretación de Resultados**

El grado de contaminación de la muestra dependerá del color que presente la solución bajo los siguientes criterios:

- Leche excelente: no hay cambio de color
- Leche aceptable: color azul o púrpura claro
- Leche regular: púrpura claro o casi rosado

- Leche mala: no descolorida
- Leche pésima: color blanco

## **1.5- ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL QUESO**

### **Determinación de Humedad (Método del calentamiento)**

#### **Procedimiento**

Se llevó la cápsula a peso constante, colocándola en la mufla a una temperatura entre 500 a 600 °C, durante 2 horas. Se dejaron enfriar en la estufa. Entonces se colocó un trozo de papel absorbente dentro de la cápsula y se llevó a la estufa a 80-90 °C, hasta obtener su peso constante.

Se pesó de 5 a 10 g de queso sobre la cápsula a peso constante y se llevó nuevamente a la estufa hasta masa constante, cuidando que la temperatura no exceda los 80-90 °C.

Se traslado la cápsula a un desecador, se dejó enfriar durante 30 minutos y después se pesó rápidamente la muestra. La pérdida de masa corresponde al contenido de humedad del queso.

### **Determinación de Nitrógeno total (Método Kjendahl)**

#### **Procedimiento**

Se pesaron exactamente de 0.4 a 0.6 g de queso (seca o húmeda), utilizando papel libre de nitrógeno, tarado previamente. Se envolvió la muestra en el papel y se colocó en el fondo del matraz Kjendahl.

Se adicionaron 1.8 a 2 g de mezcla de catalizadores (2.5 g de sulfato de sodio más sulfato de cobre entre 0.1 y 0.3 g) y 10 mL de ácido sulfúrico

concentrado. Se tuvo cuidado de que no quedarán residuos de muestra, ni catalizadores en el cuello del matraz.

Se colocó el matraz en el digestor, se calentó suavemente al principio y después en forma enérgica hasta completar la oxidación. El punto final de la digestión se reconoce cuando la solución es de color verde transparente.

Terminada la digestión, se dejó enfriar el matraz en el mismo digestor hasta que no hubo emisión de vapores. Se añadió aproximadamente 350 mL de agua para disolver completamente la muestra. Se agregó granalla de zinc o cuerpos de ebullición y se agitó.

Se adicionó antiespumante al matraz. Se preparó el aparato de destilación, esto es, a la salida del refrigerante se adaptó un tubo de vidrio el cual debió permanecer completamente sumergido dentro de 75 mL de solución de ácido bórico al 4 % contenidos en un matraz erlenmeyer de 500 mL, el cual sirvió de receptor del destilado; se adicionó además unas gotas del indicador de Wesselow al matraz con el ácido bórico.

Se añadió al matraz de Kjendahl estratificando lentamente, 5 mL de hidróxido de sodio al 40 % por cada mL de ácido sulfúrico concentrado adicionado durante la digestión, más 10 mL de exceso por la posible carbonatación de la sosa. Evitando agitar el matraz, se conectó inmediatamente al sistema de destilación del aparato.

Se abrió la válvula del agua del sistema de enfriamiento, se encendió la parrilla y se mezcló lentamente el matraz de Kjendahl con movimientos rotatorios.

Después de recuperar un poco de destilado, el indicador viró de violeta a gris y posteriormente a verde. Se destiló aproximadamente 250 mL, entonces se levantó ligera y rápidamente la punta de la salida del refrigerante y se gotearon unas gotas del destilado, sobre una tira de papel tornasol rojo, teniendo cuidado de no tocar las paredes del tubo de salida del refrigerante.

Se destiló 250-300 mL con el fin de garantizar la recuperación de todo el amoniaco.

Para evitar que el matraz de Kjendahl hiciera succión y el destilado regresara, se retiró primero el matraz receptor y después se apagó la fuente de calor. A continuación se lavó con agua destilada el tubo del refrigerante que estuvo sumergido en el matraz con ácido bórico.

Se tituló lenta y cuidadosamente el destilado con una solución de HCl 0.1 N, hasta que se alcanzó el vire de verde a gris.

## **Determinación de cenizas**

### **Procedimiento**

Se pesaron 2 g de muestra en un crisol puesto previamente a peso constante. Se carbonizó la muestra lentamente, para evitar pérdidas por arrastre de humo y proyecciones de la muestra fuera del crisol.

Cuando el desprendimiento de humo cesó, se llevó el crisol a la mufla a una temperatura entre 500-600 °C hasta que las cenizas estuvieran libres de carbón (cenizas grises o blancas).

Se transfirió el crisol a la mufla, se enfrió paulatinamente y se llevó al desecador. Una vez alcanzada la temperatura ambiente se pesó.

## **Determinación de extracto etéreo**

### **Procedimiento**

Se llevó a peso constante el matraz del equipo Soxhlet.

Se colocó de 2 a 3 g de muestra previamente seca, en un cartucho de celulosa que contenía una pequeña porción de algodón y se colocó en el recipiente de sifón del equipo Soxhlet.

Se adicionó al matraz (peso constante) 75 mL del disolvente aproximadamente y conectarlo al refrigerante a través de la unión esmerilada. Evitando las fugas del disolvente, sellando con sumo cuidado. Se conectó el sistema de condensación a la llave del agua.

Se encendió el termostato a un nivel tal, que el disolvente permaneciera a ebullición suave. Se dejó reflujar aproximadamente 3 horas.

Posteriormente, se colocó el aire al matraz hasta que no tuviera un olor fuerte a éter y entonces se llevó a la estufa hasta peso constante.

## **1.6- ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE AVENA**

### **Capacidad de retención de agua. (CHO, 2000)**

Se pesaron 0.5 g de muestra en tubos para centrifuga de 50 mL y se agregaron 25 mL de agua desionizada.

Los tubos fueron agitados ligeramente por 24 horas a 37 °C, y luego fueron centrifugados por 1 hora a 10,000 rpm a 20 °C.

Se desechó el sobrenadante y el peso del fluido retenido fue calculado por gramo de material seco.

### **Evaluación del rendimiento y contenido de humedad de queso (Zamora, 2007)**

El rendimiento potencial de la cuajada, se estimó por duplicado por el método descrito por Macheboeuf.

Las muestras de leche previamente pasteurizada se calentaron a 32 °C y se agregó el cuajo.

Se transfirieron a tubos de 16 por 100 y se dejó cuajar por 30 minutos a 32 °C.

El cuajado se centrifugó a 5 000 rpm por 58 minutos a 10 °C.

Los cálculos se expresaron como gramos de agua retenida por 100 g de leche.

## **1.7- ANALISIS DE LA TEXTURA**

El análisis se realizó con el texturómetro marca Stable Micro Systems, modelo TA XT Plus. El cual trae consigo un software que analiza la textura, y que realiza las gráficas necesarias.

La muestra de queso se tomó con un sacabocados, con una medida de 2.5 cm de largo, por 1 cm de ancho.

Las indicaciones en el software del texturómetro fueron: en *test mode*, *compression*; *target mode*, *distance*; *distance*, 2 cm.

## 1.8-EVALUACIÓN SENSORIAL

Para conocer el grado de aceptación del queso tipo panela adicionado de fibra de avena, se utilizaron los formatos de escala hedónica de cinco puntos.

## 2.- HELADO DE LITCHI

La formulación base para la elaboración de un helado fue la siguiente:

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad en gramos</b>
Leche entera deshidratada	35 g
Sacarosa	20 g
Litchi	100 g
Agua	210 g
<b>Total</b>	<b>365 g</b>

La primera modificación a esta fórmula, fue el cambio de leche entera por leche descremada para obtener un helado con menor cantidad de grasa. De acuerdo a la clasificación de la PROFECO (2001), los helados se clasifican en: helados con un contenido de 6 – 17% materia grasa (MG) de crema de leche; helados con grasa vegetal, 7 – 10% MG y helados con leche baja en calorías 1.6 - 4.5% MG). En base a esta clasificación en este trabajo se tiene como objetivo tener un helado funcional con un % de MG de 1.6 a 4.5. Una segunda modificación, consistió en incorporar suero de leche como fuente de sólidos totales no grasos (STNG).

## 2. 1 Selección de materias primas:

- Leche fresca de vaca, parcialmente descremada pasteurizada y deshidratada por proceso de Spray Dried; adicionada del 7% de maltodextrina.
- sacarosa
- suero de leche 93-96% Sólidos No Grasos (SNG)
- emulsificante (mono y diacilgliceroles)
- estabilizante (carragenina “Carragilact”)
- fibra de avena Sun Optra
- litchi cultivar de San Luís Potosí
- agua potable

## 2.2 Diseño experimental.

Se trabajó con el programa estadístico Desing Expert, versión 7.0 con un modelo de tendencia central, se evaluaron tres variables de estudio: estabilizante (0.1 – 0.5 %), emulsificante (0.01 a 0.1%) y fibra de avena (0.5 a 1.0%); y tres variables de respuesta: densidad, tamaño de cristal de hielo y actividad acuosa. Para evaluar estadísticamente los resultados se aplicó una prueba de varianza de una sola vía al 95% de confianza ( $P < 0.05$ ), (Pedrero, 1996).

2. 3 Proceso de elaboración del helado: Preparación de la mezcla de todos los ingredientes, homogeneizado con batidora manual con una velocidad de 2, durante 5 minutos, esta mezcla se incorpora al aparato (Rvial®) para elaboración de helados, para continuar el mezclado con el aspa interna del aparato a una velocidad fija y a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  durante 20 minutos. Finalmente se almacena a  $-20^{\circ}\text{C}$  en recipientes de plástico de 1 L.

## **Evaluación de las variables de respuesta:**

a) **Densidad:** medida por el método convencional de relación de masa sobre volumen, expresada g/mL (A.O.A.C, 16021)

b) **Actividad acuosa ( $A_w$ ):** Medida en el equipo Rotronic.

c) **Tamaño de cristal de hielo:** éste tamaño de partícula esta considerado como un parámetro de calidad, con una medida entre 20-60  $\mu$  m. Se midió en un microscopio óptico (AXIOPHOT 1 Zeiss con cámara digital de alta resolución 7vs – 47 Zeiss). Las observaciones se hicieron a un aumento de 20 X.

## 2. 4 Evaluación sensorial (Pedrero, 1996)

Se realizó una prueba sensorial de preferencia, con una escala de seis puntos, en donde 1 corresponde a la menor preferencia y 6 a la mayor preferencia. Las muestras fueron presentadas en vasos desechables, codificadas con números aleatorios, conteniendo 50 g de muestra. Participaron veinte jueces semientrenados.

El cuestionario presentado fue el siguiente:

Nombre: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_

Indique con el número correspondiente el orden de su preferencia. Correspondiendo el número 1 a la menor preferencia y el número 6 a la mayor preferencia para cada muestra de helado. Favor de dar valores diferentes a cada muestra.

Muchas gracias por su colaboración.

Muestras    376        198        451        243        607        539

Preferencia    \_\_\_        \_\_\_        \_\_\_        \_\_\_        \_\_\_        \_\_\_

## **Determinación de proteínas (Método de Bradford) (Bradford, 1976)**

### Fundamento:

El azul brillante g-250 Coomassie se adhiere a la proteína, el colorante se torna rojizo o azulado y el máximo de absorción del colorante cambia de 465 a 595 nm. El cambio en la absorbancia a 595nm es proporcional a la concentración de proteína en la muestra. Es un método muy eficaz, rápido, más sensible que el método de Lowry y no existe interferencia con cationes como: potasio, sodio y magnesio.

### Método:

Se toman 100  $\mu\text{L}$  del homogeneizado y se lleva a 1,000  $\mu\text{l}$  el agua tridestilada, tomar alícuotas para proteínas y llevarlas a 100  $\mu\text{L}$  con agua (20  $\mu\text{L}$  de la dilución anterior más 80 $\mu\text{L}$ de agua tridestilada). Se prepara el blanco poniendo 100  $\mu\text{l}$  de agua, añadir 2.4 mL del reactivo. Leer absorbancia a 595 nm y preparar una curva de calibración utilizando albúmina sérica bovina (1mg/mL). Poniendo 0, 10, 15, 25, 20, 30, 35, 40, 45 y 50  $\mu\text{L}$  y completar con agua a 100  $\mu\text{L}$ .

**2.6 Análisis químico proximal:** Siguiendo la metodología del AOAC, extracto seco 15.184, cenizas 923.03, extracto etéreo, proteína 979.09 y determinación de fibra 32.01.

## **2.7 Determinación de Vitaminas**

**Determinación de Vitamina C** (Wall, 2006; Lebrón, 2006)

### **Extracción de vitamina C**

La muestra (10 g) se homogeneiza con una solución que contenga la extracción de ácido meta fosfórico (0,3 M) y ácido acético (1,4 M). La mezcla se coloca en un matraz cónico (envuelto con papel de aluminio) y se lleva a agitación orbital a 100

rpm durante 15 minutos a temperatura ambiente. La mezcla se filtra a través de un papel filtro Whatman N° 4 para obtener un extracto claro. La proporción de la muestra para la solución de extracción debe ser de 1:1. Realizar por triplicado. El estándar de ácido ascórbico se prepara por la disolución de 100 mg de ácido L-ascórbico en ácido metafosfórico (0,3 M) - ácido acético (1,4 M) solución a la concentración final de 1 mg / mL.

### **2.7.1.2 Cuantificación de ácido L-ascórbico mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC)**

Para detectar y cuantificar el ácido ascórbico se utilizó un cromatógrafo líquido modelo HP 1100 con un detector de espectrofotometría ultravioleta-visible (UV-Vis). Se inyectan 20  $\mu$ L de muestra. Se utilizó una columna de poliestireno sulfonado/ divinilbenceno (Supelcogel C-610 H) a una temperatura de 30°C. La elusión es isocrática con la fase móvil de ácido fosfórico al 0.1% (pH 2.2) y un flujo de 0.5 mL/min. La detección se realiza a una longitud de onda de 245 nm. La cuantificación se lleva a cabo mediante una curva estándar externa. La preparación de la curva estándar se realiza preparando soluciones estándar de ácido ascórbico con las siguientes concentraciones: 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm y 50 ppm. Se inyectan 20  $\mu$ L de cada estándar y se obtiene el área correspondiente a cada concentración.

### **Determinación de flavonoides (Mouming, 2007)**

#### **Extracción de flavonoides**

Para llevar a cabo la extracción del fruto, se pesan 5 g, se incorporan con 400 mL de etanol al 85% en un rotavapor, durante dos horas a 30°C. Posteriormente se filtra el extracto con papel Whatman no. 1. El residuo se vuelve a extraer y se filtra por segunda vez. Los filtrados se recombinan y se secan usando un rotavapor a 40°C. El extracto seco se redisuelve en 100 mL

de agua con 300 ml de hexano y etil acetato secuencialmente. La fracción del etil acetato se seca usando un rotavapor a 40°C, antes de la siguiente purificación.

### **Separación y purificación de flavonoides por HPLC (fase reversa).**

La fracción con etil acetato se carga a la fase reversa para cromatografía líquida de alta resolución (RPHPLC), en una columna (100\*6.4mm) de poliestireno/divinal, para el aislamiento de la epitecatequina y la proantocianidina B2 y B4. Las condiciones a manejar deben ser las siguientes: para la elución isocrática: solvente A: agua/ácido fórmico (98:2, v/v); solvente B: acetonitrilo/agua/ácido fórmico (80:19:1 v/v/v). Tiempo: 4 minutos con 3% del solvente B, después del 3 al 50% de solvente B durante 14 minutos a un flujo de 1 ml/min. Los perfiles de la RPHPLC se registran a 280 nm. La pureza de estos tres componentes debe ser mayor a 99% por los estándares de HPLC.

## **3.- PRODUCTO DE PANIFICACIÓN (PAN DULCE) ADICIONADO DE FIBRA SOLUBLE, SUSTITUTO DE GRASA Y HUEVO FRESCO.**

### **3.1 Formulación y elaboración del pan tipo “muffin “**

Para la elaboración del producto se utilizaron ingredientes comerciales informados en trabajos anteriores (Sanchez-Pardo y cols., 2007), ellos fueron: harina de trigo, mantequilla, azúcar, huevo fresco, polvo de hornear, sal común y fibra de avena.

El almidón modificado (AR4) que se utilizó fue el “StabiTex TM 06333” distribuido por Makymat S. A de C.V. Este es un almidón de maíz waxy entrecruzado E1412 (fosfato de dialmidón) que de acuerdo a su ficha técnica se recomienda para productos alimenticios tales como: aderezos para ensaladas, rellenos enlatados para pay y productos de panificación. StabiTex 06333 de acuerdo a la ficha

técnica presentada en el anexo 1 cumple con las regulaciones FDA de los Estados Unidos. La cantidad que fue empleada en la formulación es la que recomienda el fabricante: sustituyendo el 25 % de la harina por este almidón.

La formulación fue definida mediante pruebas realizadas en el laboratorio a fin de obtener un producto apto para el consumo humano con las siguientes características: bajo en grasa, buen volumen, consistencia suave, olor y sabor agradable. Dicha formulación se presenta en el cuadro 4.

**CUADRO 4 FÓRMULA PARA LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MUFFIN NORMAL Y ADICIONADO CON ALMIDÓN MODIFICADO Y FIBRA DE AVENA**

ingrediente	pan normal		pan con almidón	
	g	Proporción g/100g	G	Proporción g/100g
Harina	125	30.2	94	22.7
leche entera en polvo	10	2.4	10	2.4
azúcar glass	75	18.1	75	18.1
mantequilla	40	9.7	40	9.7
Huevo	50	12.1	50	12.1
Agua	100	24.2	100	24.2
polvo de hornear	2.5	0.6	2.5	0.6
Sal	1.3	0.3	1.3	0.3
dextrina de maíz	10	2.4	10	2.4
almidón modificado			31	7.5
Fibra de avena		0.8		

Se empleó el método de masa batida para la producción de los lotes de muffin cocidos en horno convencional sin adición y adicionados de almidón modificado, de aquí en adelante cuando se mencione “los lotes elaborados” se estará refiriendo dos condiciones: Muffin convencional normal sin almidón modificado, CN; Muffin convencional más almidón modificado y fibra soluble de avena.

La cantidad dosificada por cavidad fue de 45 g, se emplearon únicamente las cuatro cavidades de los extremos ya que se observó que durante la cocción por este proceso las cavidades centrales mostraron un cocimiento deficiente.

El proceso de producción se realizó de la siguiente manera: después de pesar los ingredientes se inició el proceso cremando la mantequilla, el azúcar glass, la sal y el polvo de hornear durante 15 minutos, posteriormente se adicionaron los ingredientes restantes y se batieron durante 5 minutos para obtener una mezcla homogénea, ésta se depositó en el mismo tipo de moldes, tanto para el horno convencional como para el horneado por microondas. El molde que se utilizó fue de silicona (TEFAL) de 6 cavidades.

### **3.2 Caracterización reológica y pruebas de panificación de harina**

Se evaluaron dos tipos de harinas a las cuales se les realizó un estudio reológico mediante un alveograma para caracterizarlas de acuerdo a su comportamiento, el equipo empleado para tal prueba fue el Alveógrafo de Chopin. El objetivo de la evaluación alveográfica fue medir la capacidad de la masa elaborada con las diferentes harinas para tolerar el estiramiento durante el proceso de mezclado y cocimiento.

Durante dicho análisis, una pieza de masa fue inflada con aire presurizado, simulando la deformación que ésta experimenta como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de fermentación o leudado.

Los resultados de esta prueba se evaluaron a través de 4 variables que fueron:

- Tenacidad (T) o resistencia al estiramiento: representada en la altura máxima de la curva en el alveograma.
- Extensibilidad (L): representada en la longitud de la curva graficada en el alveograma.

- Fortaleza o fuerza de la harina (W): representada en el área bajo la curva en el alveograma.
- Relación tenacidad / extensibilidad (T/L): indica si la masa es equilibrada.

Se clasifica como harina débil aquellas con fuerza menor a  $280 \times 10^3$  ergios. En cambio, las harinas que presentan una fuerza superior a este valor se clasifican como harinas fuertes.

### 3.3 Condiciones de horneado en forma convencional

Para el producto cocido en forma convencional se empleó el horno eléctrico de columpios Henry Simon Limited (London, Cheshire, U.K.), aplicando  $180^\circ\text{C}$  durante 35 minutos. Sólo se emplearon las 4 cavidades de los extremos, al producto final se le midió la temperatura interna mediante la inserción de un termómetro con bulbo de mercurio, la medición se realizó para cada ciclo de cocción en la parte central del pan.

### 3.4 Análisis químico proximal

Para este análisis la toma de la muestra se realizó una hora después de haber sido horneado el producto bajo las condiciones establecidas para cada proceso, la misma fue tomada de la parte central de los panes, a cada una de éstas se le determinó por triplicado y con base a las técnicas recomendadas por la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC,1995), los siguientes análisis: el contenido de humedad por el método de secado a presión reducida (44-15A), cenizas totales por el método de calcinación (08-03), extracto etéreo por el método de Soxhlet (30-10), proteínas totales por el método de Kjeldahl (46-12), y extracto no nitrogenado por cálculo aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Extracto no nitrogenado} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ extracto etéreo} + \% \text{ proteína total})$$

### 3.5 Valor energético del producto final

Para determinar el valor energético del muffin del horneado convencional (180 °C - 35 min) se realizó el cálculo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Valor energético (kcal/100g de muestra)} = 4 (\% \text{extracto no nitrogenado} + \% \text{proteína}) + 9 (\% \text{extracto etéreo})$$

Los valores fueron reportados en Kj/100 g de muestra multiplicando las kilocalorías por 4.184.

### 3.7 Evaluación sensorial

Se realizó la evaluación sensorial de los dos lotes empleando pan recién elaborado, dicha evaluación se realizó mediante una prueba hedónica de cinco puntos (Sancho, 2002), para ésta se solicitó la participación de 100 evaluadores que degustaron cada uno de los productos en días diferentes.

La edad de los participantes osciló entre 17 y 64 años, de los cuales el 26% fueron mujeres. Los datos se analizaron estadísticamente empleando el análisis bilateral de variancia por jerarquías de Friedman, para esto se asignó una escala ordinal desde menos 2 para “me disgustó mucho, pasando por cero hasta mas dos para “me gustó mucho”. Los datos fueron analizados empleando el software Minitab versión 14 (Minitab Inc. Pennsylvania, USA).

## **RESULTADOS**

### **1.- QUESO DE PANELA**

#### **1.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA LECHE**

#### **Cuadro 5. Resultados de análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche**

Determinación	Resultados	NOM-155-SCFI-2003
Densidad	$1.030 \pm 0.012$	No menor a 1.029
Acidez	$1.6 \pm 0.035$ g/L de ácido láctico	1.3 g/L como mínimo y 1.7 g/L como máximo
Grasa	$3.55 \pm 0.001$ % (35.5 g/L)	Mínimo de grasa butírica es de 30 g/L
Sólidos Totales	$117.7 \pm 0.027$ g/L	Mínimo 83 g/L
Determinación de Lactosa	$47.8 \pm 0.023$ g/L	43 g/L como mínimo y 50 g/L como máximo
pH	$6.69 \pm 0.014$	
Prueba de Alcohol	(-) <i>Negativa</i>	
Identificación de Sacarosa	(-) <i>Negativa</i>	
Determinación de Cloruros	$1.3 \pm 0.054$ g de Cloro	
Índice de Refracción	38 °R	
Prueba de Azul de Metileno	<i>Decoloración entre 1 y 3 horas</i>	
Prueba de la Resazurina	<i>Color Azul o Púrpura Claro</i>	

El cuadro 5 muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados a la leche, la cual se utilizó como materia prima en la elaboración de queso panela; así como los límites que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 “Leche, Fórmula Láctea y Producto Lácteo combinado. Denominaciones, Especificaciones Fisicoquímicas, Información comercial y Métodos de Prueba”

### Densidad

La Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 establece que la densidad de la leche entera debe ser no mínima de 1.029.

Los valores normales para México de la densidad de la leche mezclada de diferentes vacas, oscila entre 1.0275 a 1.0310 (RAMOS-CÓRDOBA, 1986)

*La leche analizada tiene una densidad de 1.030, por lo tanto, se encuentra dentro de los límites permisibles, por lo que se considera que no está adicionada de agua y no tiene un mayor nivel de desengrasado.*

## **pH**

El pH de la leche debe ser controlado desde el momento de la recolección hasta la entrega del producto, ya que es un indicador válido de sus condiciones higiénicas. El valor normal está en torno a 6.8. Valores inferiores a pH 6.8 pueden indicar una infección en el animal, que puede ser grave si el pH es inferior a 4.4. (Varnam, 1994)

*El pH de la leche analizada es de 6.69 y se encuentra dentro del intervalo de aceptación.*

La determinación del pH no es una prueba de andén y la causa principal es que el valor promedio dentro del que oscilan las leches mezcladas provenientes de varias vacas es de 6.4 a 6.9.

Cuando la leche se empieza a acidificar por proliferación bacteriana, puede modificar sólo su pH en 0.2 unidades y encontrarse todavía dentro de los límites aceptables de éste. (Ramos-Córdoba, 1986)

## **Acidez**

La Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 establece que la acidez de la leche entera debe oscilar entre 1.3 como mínimo y 1.7 como máximo.

*La leche que se analizó está dentro de los límites establecidos por la Norma, ya que tiene una acidez de 1.6 g/L de ácido láctico, por lo que no existe proliferación bacteriana que pueda modificar su acidez.*

## **Prueba de alcohol**

Las leches normales son en general estables al alcohol, por lo tanto no flocularán ante esta prueba, pero las anormales (es decir, acidificadas; con balance salino incorrecto; con exceso de albúmina, ya sea por mastitis o por ser ricas en calostro) serán inestables al alcohol y flocularán. (Ramos-Córdoba, 1986)

*La leche estudiada no presentó floculación, por lo que se considera estable para tratamientos térmicos, su balance salino es correcto, y no fue acidificada.*

### **Determinación de Lactosa**

El contenido promedio de lactosa es de 4.6 a 4.9 %, aunque puede tener variaciones extremos que oscilen entre 2.4 y 6 %, siendo las principales causas de esta diferencia la mastitis y el estado de lactancia. (Ramos-Córdoba, 1986)

*La leche analizada tiene un porcentaje de lactosa de 4.78; por lo tanto, se encuentra dentro del intervalo de la leche aceptable.*

La lactosa es el azúcar principal de la leche y se encuentra en una concentración de entre 40 y 50 g/l en la leche de vaca. (Potter, 1981)

### **Grasa**

La Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 establece que el contenido mínimo de grasa butírica es de 30 g/L.

*La leche estudiada tiene un valor de 35.5 g/L, por lo que es aceptable en cuanto al contenido de grasa butírica, además, se considera que no fue desgrasada, lo que coincide con los valores obtenidos de la densidad.*

### **Identificación de Sacarosa**

*La leche analizada resultó negativa a esta prueba, esto muestra que, no es adulterada con sacarosa.*

### **Determinación de Cloruros**

Valores normales para México son: cloruros expresados en cloro, no menos de 0.8 ni más de 1.4 g por litro. (Ramos-Córdoba, 1986)

*La leche de prueba tiene un contenido de cloruros de 1.3 g de Cloro, y con este valor, se encuentra dentro los valores permitidos.*

Esta determinación tiene importancia clínica, pues si varía de manera notable el contenido salino de la leche, indica con frecuencia, una anomalía de la glándula mamaria.

### **Prueba de Azul de Metileno**

El tiempo de la degradación de color de la leche fue de 2:40 hrs, por lo que se encuentra dentro del rango de 1 a 3 horas, lo que quiere decir, *leche ligeramente contaminada, esto es, probablemente por proliferación de algunos microorganismos mesofílicos.*

### **Prueba de la Resazurina**

*Color azul o púrpura claro: Leche aceptable*

## **1.2 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA DE FIBRA DE AVENA**

### **Cuadro 6. Capacidad de absorción de agua**

Muestra	Día 0	Día 10
	g agua/ g muestra	g agua/ g muestra
Fibra de avena	8.4728 ± 0.2884	8.4109 ± 0.1713
Caseína	4.1702 ± 0.0118	3.4072 ± 0.1798
Caseinato de Calcio	0.5553 ± 0.1355	0.3342 ± 0.0220

En el cuadro 6 se nota claramente que la capacidad de absorción de agua de la fibra de avena es más alta que la Caseína y el Caseinato de Calcio.

### 1.3 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE QUESO TIPO PANELA

**Cuadro 7. Resultados del análisis químico proximal de queso panela comercial, queso panela testigo y queso tipo panela con fibra de avena**

Determinación	Resultados					
	Queso comercial		Queso Testigo		Queso con fibra	
	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.	B.H.	B.S.
Humedad (%)	56.67 ± 0.047		54.17 ± 0.215		67.46 ± 0.444	
Cenizas (%)	3.54 ± 0.018	6.25 ± 0.037	1.39 ± 0.048	1.99 ± 0.063	1.54 ± 0.108	2.28 ± 0.146
Proteína (%)	18.14 ± 0.178	32.01 ± 0.286	15.38 ± 0.267	22.03 ± 0.297	15.83 ± 0.177	23.46 ± 0.416
Grasa (%)	20.26 ± 1.142	35.76 ± 1.986	12.69 ± 0.164	36.06 ± 0.176	11.73 ± 0.211	36.05 ± 0.157

En el cuadro 7 se muestran los resultados obtenidos de hacer el análisis químico proximal al queso tipo panela comercial (Lala), al queso testigo, y al queso adicionado con fibra de avena.

El queso con fibra contiene una mayor cantidad de agua.

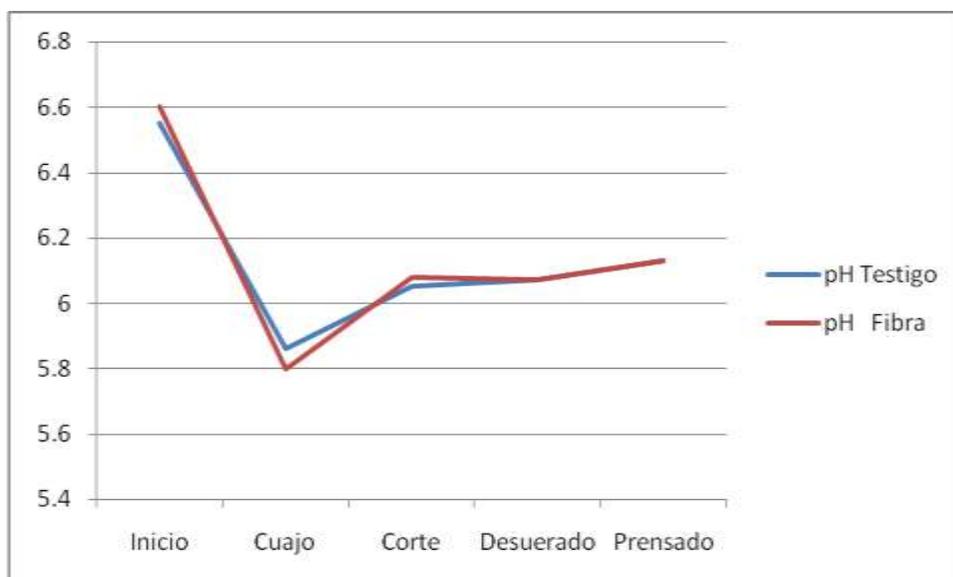
El queso comercial tiene un valor más alto en el porcentaje de proteínas, esto se debe principalmente a que en los quesos comerciales es común que se incremente la producción mediante la adición de caseínatos de calcio.

En cuanto a la grasa, resultó similar para los 3 tipos de queso.

#### 1.4 CURVAS DE PH COMPARATIVAS DE QUESO TESTIGO Y QUESO CON FIBRA.

**Cuadro 8. Comparación de pH de queso testigo y queso con fibra**

Etapa	pH Testigo	pH Fibra
Inicio	6.55	6.6
Cuajo	5.86	5.8
Corte	6.05	6.08
Desuerado	6.07	6.07
Prensado	6.13	6.13



**Figura 1. Curvas comparativas de pH de queso con fibra de avena y queso testigo**

Como se muestra en el cuadro 8 y en la figura 1, los valores de pH del queso testigo, y del queso con fibra de avena no muestran diferencias

importantes, esto significa que, la fibra no afecta el proceso de acidificación de la leche durante la elaboración de queso tipo panela.

## 1.5 COMPARACIÓN DE FIBRA DE AVENA 780 Y 610

**Cuadro 9. % de humedad en el día 0**

% Humedad en el día 0. Fibra 610.		% Humedad en el día 0. Fibra 780.	
Muestra	% Humedad	Muestra	% Humedad
Testigo	65.35 ± 0.1815 <sup>a</sup>	Testigo	65.13 ± 0.145 <sup>a</sup>
5 g	64.24 ± 0.1659 <sup>a</sup>	5 g	66.99 ± 0.470 <sup>a</sup>
10 g	66.31 ± 0.0945 <sup>a</sup>	10 g	68.09 ± 0.140 <sup>a</sup>
15 g	64.79 ± 0.5805 <sup>c</sup>	15 g	72.73 ± 0.380 <sup>c</sup>
20 g	66.29 ± 0.7014 <sup>b</sup>	20 g	71.85 ± 0.225 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras desiguales, indican diferencia. Análisis estadístico ANOVA.

**Cuadro 10. % de humedad en día 8**

% Humedad en el día 8. Fibra 610.		% Humedad en el día 8. Fibra 780.	
Muestra	% Humedad	Muestra	% Humedad
Testigo	53.34 ± 0.120 <sup>a</sup>	Testigo	62.44 ± 0.485 <sup>a</sup>
5 g	53.29 ± 0.040 <sup>a</sup>	5 g	63.14 ± 0.325 <sup>a</sup>
10 g	55.30 ± 0.275 <sup>a</sup>	10 g	63.87 ± 0.740 <sup>a</sup>
15 g	57.02 ± 0.010 <sup>c</sup>	15 g	68.56 ± 0.715 <sup>c</sup>
20 g	58.31 ± 0.615 <sup>b</sup>	20 g	68.63 ± 0.030 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras desiguales, indican diferencia. Análisis estadístico ANOVA.

**Cuadro 11. % de humedad en el día 12**

% Humedad en el día 12. Fibra 610.		% Humedad en el día 12. Fibra 780.	
Muestra	% Humedad	Muestra	% Humedad
Testigo	52.38 ± 0.125 <sup>a</sup>	Testigo	52.49 ± 0.160 <sup>a</sup>
5 g	52.59 ± 0.015 <sup>a</sup>	5 g	55.41 ± 1.899 <sup>a</sup>
10 g	54.71 ± 0.256 <sup>a</sup>	10 g	59.65 ± 0.205 <sup>a</sup>
15 g	55.96 ± 0.894 <sup>c</sup>	15 g	67.49 ± 0.445 <sup>c</sup>
20 g	56.01 ± 0.012 <sup>b</sup>	20 g	65.64 ± 0.370 <sup>b</sup>

a,b,c. Letras desiguales, indican diferencia. Análisis estadístico ANOVA.

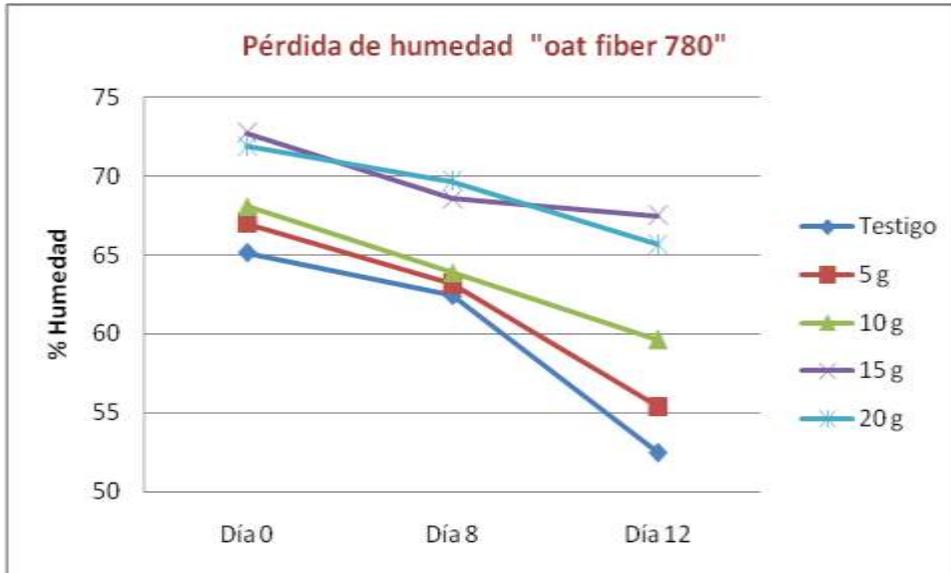


Figura 1. Pérdida de humedad de queso con distintas concentraciones de fibra de avena “oat fiber 780”

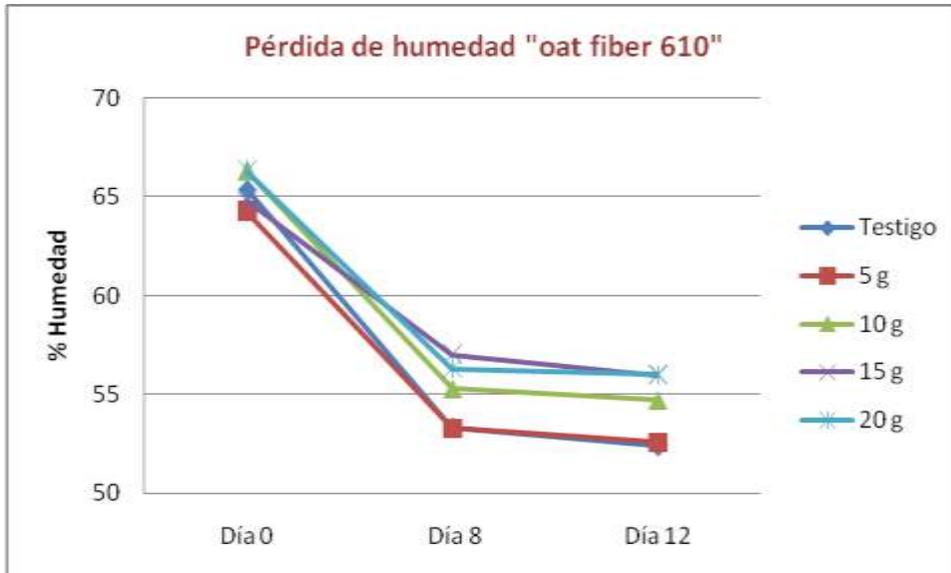
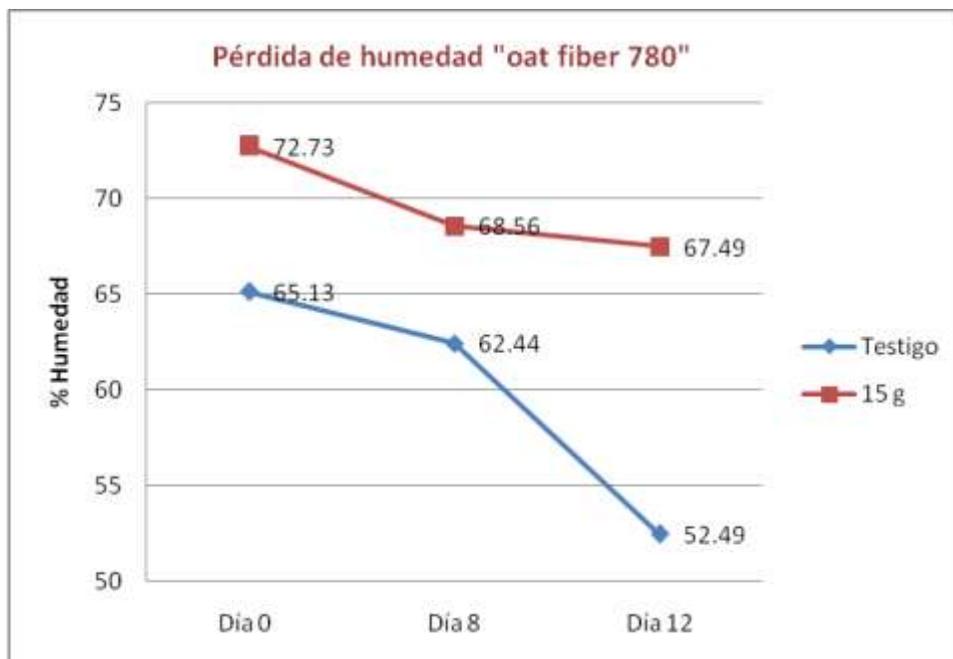


Figura 2. Pérdida de humedad de queso con distintas concentraciones de fibra de avena “oat fiber 610”



**Figura 2. Pérdida de humedad de queso con fibra de avena “oat fiber 780” (15 g) en comparación con el queso testigo**

En los cuadros 10, 11 y figura 1, se muestra que, el queso testigo (que no contiene fibra) tiene pérdidas considerables de suero durante 12 días de almacenamiento. En contraste, el queso con fibra tiene un mayor contenido de humedad desde su elaboración (día 0), la cual no pierde durante los 12 días de almacenamiento.

Como se muestra en el cuadro 11 y 12, la fibra que absorbe más agua y la retiene durante 12 días de almacenamiento en refrigeración, es la fibra 780 y la concentración que tiene mejores resultados es la de 15 g de fibra/ litro de leche, de acuerdo al análisis estadístico.

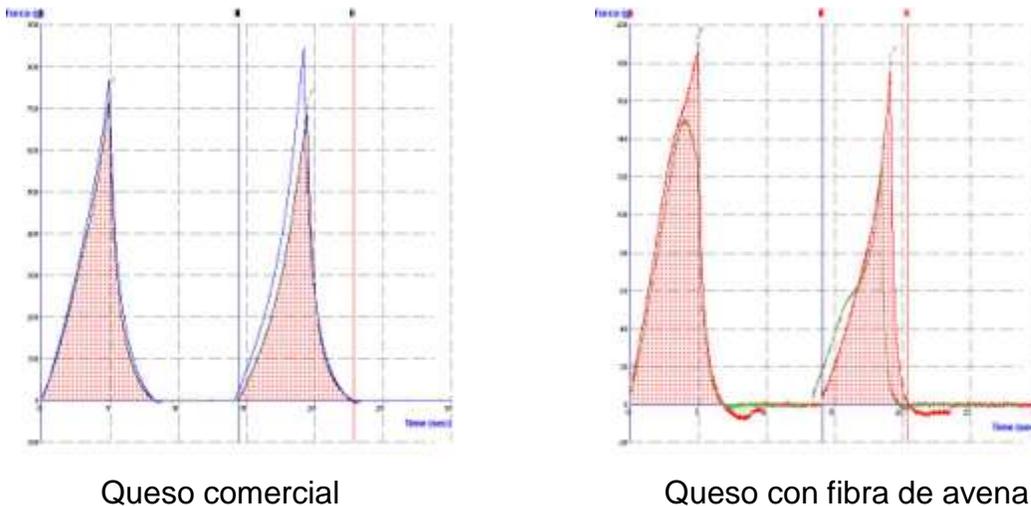
**Cuadro 12. Evaluación del rendimiento y contenido de humedad de queso**

Muestra	Peso cuajada	% Humedad
Testigo	2.8128 ± 0.001	57.855 ± 0.003
Fibra	3.8654 ± 0.021	69.997 ± 0.042

La fibra de avena en el producto logró aumentar 50 % más peso en comparación con queso testigo, y aumentar un 12 % el contenido de humedad.

## 1.6 ANÁLISIS DE TEXTURA

### Día 1



**Figura 2. Curvas de textura de queso comercial de queso con fibra de avena; día 1.**

**Cuadro 13. Resultados de textura; en el día 1**

Prueba	Fuerza	Dureza	Fracturabilidad	Cohesividad	Gomosidad	Elasticidad
	g	g	G			
Queso comercial	765.96 ± 79.85	742.74 ± 26.96	-	0.482 ± 0.014	358.35 ± 23.06	0.9315 ± 0.05
Queso fibra	151.24 ± 24.661	168.342 ± 17.641	9.54 ± 0.252	0.385 ± 0.015	65.105 ± 9.343	0.627 ± 0.04

El cuadro 13 hace notar los resultados obtenidos de la prueba de textura, la cual se midió al día siguiente de la elaboración del queso, se hizo una comparación entre el queso adicionado con fibra y un queso comercial (Marca Lala), para poder hacer una comparación.

**Dureza.** El queso comercial es más duro ( $742 \pm 26.96$ ) que el queso con fibra ( $168.342 \pm 17.641$ ), probablemente porque el queso con fibra de avena tiene una cantidad más alta de agua que el queso comercial.

**Fracturabilidad.** El queso comercial no se quiebra, mientras que el queso con fibra se rompe con una fuerza de 9.54 g, por consecuencia de su alto contenido de agua, y las distintas condiciones de prensado de ambos quesos.

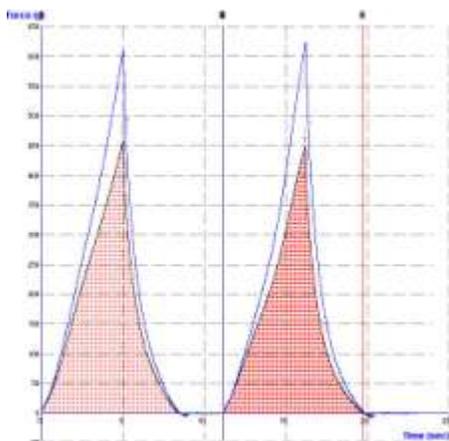
**Cohesividad.** El queso testigo es más cohesivo que el queso con fibra, esto quiere decir que, resiste más a la deformación antes del quiebre, que el queso adicionado de fibra de avena.

**Gomosidad.** Por consecuencia de que el queso comercial tiene mayor dureza que el queso con fibra, la gomosidad también es mayor.

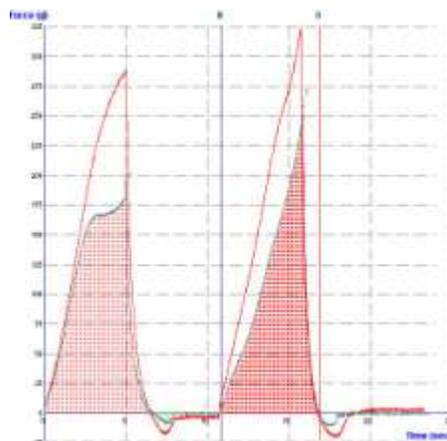
**Elasticidad.** El queso comercial es más elástico que el queso con fibra. El queso comercial recupera más altura entre la primera y segunda compresión que el queso con fibra de avena.

#### Textura Día 4

Queso comercial



Queso con fibra



### Figura 3. Curvas de textura de queso comercial y de queso con fibra de avena; día 4

El cuadro 15 y la figura 3 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de textura, la cual se midió a los 4 días siguientes de la elaboración del queso, se hizo una comparación entre el queso adicionado con fibra y un queso comercial (Marca Lala), para poder estudiar su comportamiento

#### Cuadro 14. Resultados de textura; en el día 4

Prueba	Fuerza	Dureza	Fracturabilidad	Cohesividad	Gomosidad	Elasticidad
	G	G	G			
Queso comercial	538.075 ± 175.254	535.231 ± 75.999	9.576	0.486 ± 0.006	260.68 ± 80.274	0.9465 ± 0.0225
Queso fibra	287.938 ± 35.857	235.556 ± 107.212	9.432	0.4915 ± 0.013	116.1165 ± 27.877	0.967 ± 0.025

**Dureza.** El queso comercial es 200 % más duro que el queso con fibra, pero la dureza del queso con fibra aumentó con el transcurso del tiempo, probablemente porque el agua que retiene la fibra de avena está más ligada.

**Fracturabilidad.** La fuerza del primer quiebre significativo de la curva de los dos tipos de quesos es similar.

**Cohesividad.** EL queso con fibra de avena en el día 4 es más cohesivo, es decir, que ahora resiste más a la deformación antes del quiebre, que el queso testigo. El queso con fibra de avena es más resistente que el queso comercial en el día 4.

**Gomosidad.** La gomosidad es directamente proporcional a la dureza, por lo tanto, el queso comercial tiene un valor más alto en este parámetro.

**Elasticidad.** El queso con fibra de avena ahora es más elástico que el queso comercial. Con el paso del tiempo, el queso con fibra de avena se tornó más elástico, que cuando estaba recién elaborado.

## **1.7 EVALUACIÓN SENSORIAL**

Se elaboró una prueba afectiva para observar el grado de aceptación que evaluadores (jueces no entrenados) presentaban.

Los resultados se muestran en la figura 4.

A cada una de las categorías se les asignó diferentes valores, siendo 5 para “me gusta mucho”, y descendiendo hasta un valor de 1 para “me disgusta mucho”

Como se muestra en la figura 4, el queso tipo panela adicionado de fibra de avena tuvo una gran aceptación.

Para la categoría “me gusta ligeramente”, los críticos expresaron que le faltaba sal y un poco de sabor.

Para la categoría de “me disgusta ligeramente”, los jueces expresaron que sentían partículas extrañas no peculiares en queso panela (grumos), y que le faltaba sabor.



**Figura 4 . Resultados de evaluación sensorial**

En general, como se muestra en la figura 5, al 70% de los jueces les gustó mucho el queso tipo panela adicionado de fibra de avena, al 26% del jurado les gustó ligeramente, al 1% ni les gustó ni les disgustó, al 3% les disgustó ligeramente, y para la categoría de “me disgusta mucho” no hubo alguno. Los comentarios, en general fueron que al producto le faltaba un poco de sal, y que parecía requesón.



**Figura 5. Resultados de la prueba de aceptación de queso tipo panela adicionado de fibra de avena**

## 2.- HELADO DE LITCHI

En las veinte formulaciones derivadas del diseño experimental se llevo a cabo la evaluación de las variables de respuesta: densidad, actividad acuosa y tamaño de cristal de hielo. En el cuadro 15 se presentan los resultados obtenidos para las veinte formulaciones, en este cuadro se puede apreciar que los valores para densidad y actividad acuosa son muy semejantes para todas las formulaciones y únicamente el tamaño de cristal de hielo presentó variaciones de entre 42 a 101  $\mu\text{m}$ . Lo que pone de manifiesto que la incorporación de estabilizante, emulsificante y fibra de avena no incide en los parámetros de densidad y actividad acuosa. Después de realizar el análisis estadístico (tabla 2) se encontró que efectivamente el tamaño de cristal de hielo presentó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), encontrando el valor mayor de 101.62  $\mu\text{m}$  para la formulación que tiene la menor cantidad de fibra, emulsificante y de estabilizante (formulación 1). En el cuadro 15 también se puede apreciar que el modelo de tendencia central aplicado en el diseño experimental, dio como resultado seis formulaciones iguales. El modelo proporcionó corridas en las que los valores de las variables de estudio estaban fuera de los intervalos establecidos, como son las formulaciones de la 9 a la 14.

**Cuadro 15. Formulaciones obtenidas por Desing Expert**

Formula	Corrida	Estabililizante	Emulsificante	Fibra de avena	Densidad	Actividad de agua (A <sub>w</sub> )	Tamaño de cristal (μm)
17	1	0.30	0.06	0.75	1.06	1.000	70.740
2	2	0.50	0.01	0.50	1.05	0.998	77.170
<b>15</b>	<b>3</b>	<b>0.30</b>	<b>0.06</b>	<b>0.75</b>	<b>1.08</b>	<b>1.000</b>	<b>65.080</b>
9	4	-0.04	0.06	0.75	1.07	0.999	48.640
12	5	0.30	0.13	0.75	1.07	1.000	42.670
11	6	0.30	-0.02	0.75	1.08	0.993	42.220
6	7	0.50	0.01	1.00	1.06	0.998	66.210
16	8	0.30	0.06	0.75	1.07	0.999	43.410
18	9	0.30	0.06	0.75	1.06	1.000	62.470
19	10	0.30	0.06	0.75	1.06	1.000	57.430
4	11	0.50	0.10	0.50	1.04	1.000	55.220
3	12	0.10	0.10	0.50	1.06	0.998	69.190
7	13	0.10	0.10	1.00	1.07	1.000	65.530
8	14	0.50	0.10	1.00	1.07	0.998	81.390
13	15	0.30	0.06	0.33	1.08	0.999	72.890
20	16	0.30	0.06	0.75	1.07	1.000	54.830
5	17	0.10	0.01	1.00	1.07	1.000	78.170
10	18	0.64	0.06	0.75	1.07	0.998	69.380
14	19	0.30	0.06	1.17	1.05	1.000	70.980
1	20	0.10	0.01	0.50	1.06	0.995	101.62

Cuadro 16. Datos obtenidos de la prueba de varianza de una sola vía.

Variable de respuesta	Valor de $p^*$	Comparativo	Significancia
Densidad $g/cm^3$	0.439	$> 0.05$	No hay diferencia significativa
$A_w$	0.456	$> 0.05$	No hay diferencia significativa
Tamaño de cristal ( $\mu m$ )	0.002	$< 0.05$	Hay diferencia significativa

### Evaluación Sensorial

Las formulaciones seleccionadas (1, 3, 4, 6, 8 y 15) para llevar a cabo la evaluación sensorial, fueron aquellas cuyas variables de estudio estaban dentro de los intervalos establecidos, la formulación del punto central y las que durante el tiempo de almacenamiento fueron estables. En la figura 6 se pueden observar los resultados obtenidos.

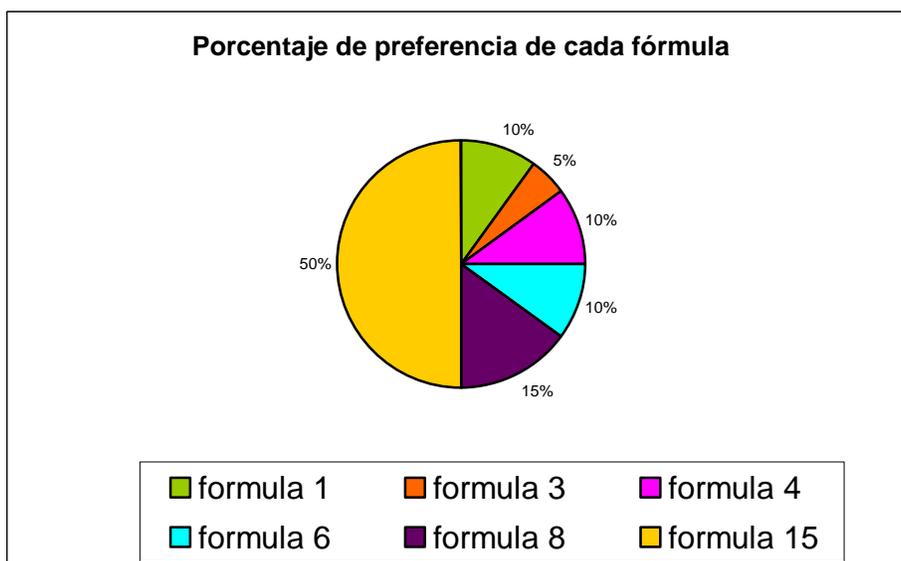


Figura 6. Resultado de la evaluación sensorial que indica los porcentajes de preferencia de cada fórmula.

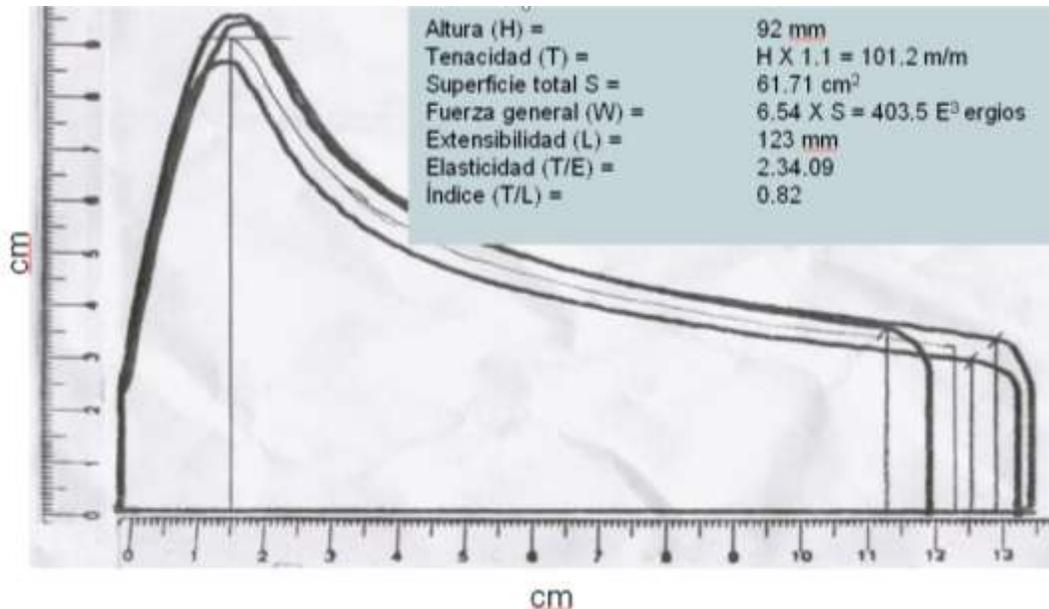
La formulación 15 fue preferida por el 50% de los jueces, seguida por la formula 8 con solamente el 15%, 6, 4 y 1 con una preferencia del 10% cada una y finalmente la formula 3 preferida solo con un 5%.

### **3.- PRODUCTO DE PANIFICACIÓN (PAN DULCE) ADICIONADO DE FIBRA SOLUBLE, SUSTITUTO DE GRASA Y HUEVO FRESCO.**

#### **3.1 Análisis de harina y pruebas de panificación**

El análisis alveográfico indicó que las harinas son de dos tipos diferentes. Una que se clasificó como “fuerte”, con una fuerza general de  $403 \times 10^3$  ergios y otra “débil” con una fuerza general de  $120 \times 10^3$  ergios, con los dos tipos de harina se realizaron pruebas de panificación para determinar el tipo que se uso para todas las pruebas subsecuentes.

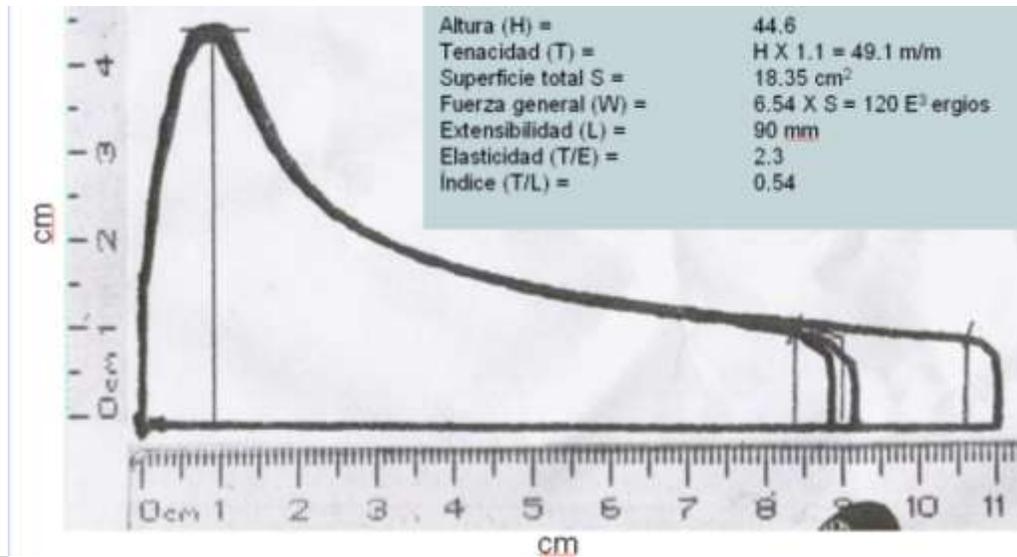
En la figura 7 se muestra el alveograma para la harina fuerte, el muffin elaborado con ésta presentó un desarrollo durante el horneado estable (no se desbordó del molde) el producto final tuvo un volumen de  $90 \text{ cm}^3$ , se adhirió ligeramente al molde y su grano fue cerrado, con buen sabor y suave al tacto. El producto fue firme al manejo.



Fuerza general (W)=	403.5 X10 <sup>3</sup> ergios.
Humedad=	12.5 g/100 g de muestra
Proteína=	13.22 g/100 g de muestra

**FIGURA 7 CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LA HARINA “FUERTE” EMPLEADA EN LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MUFFIN**

En la figura 8 se muestra el alveograma de la harina débil, el pan elaborado con ésta presentó un desarrollo inestable durante el horneado al desbordarse del molde cuando se aplicó el segundo ciclo de potencia (100%), el volumen final del producto fue de 100 cm<sup>3</sup>, se adhirió en mayor proporción que el producto obtenido por harina fuerte, tuvo buen sabor, su consistencia fue áspera al tacto y muy frágil en su manejo.



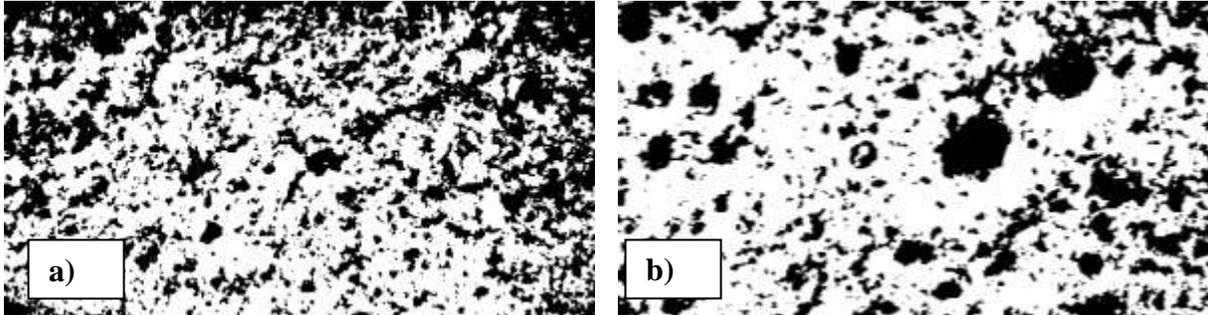
Fuerza general (W) =	120X10 <sup>3</sup> ergios.
Humedad=	12.6 g/100 g de muestra
Proteína=	10.48 g/100 g de muestra

**FIGURA 8 CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LA HARINA “DÉBIL” EMPLEADA EN LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MUFFIN**

Los datos obtenidos coincidieron con los trabajos de Wilderjans y cols. (2008), quienes trabajaron con formulaciones reconstituidas de almidón-proteína y horneadas en forma convencional concluyendo que altos contenidos de gluten imparten mayor volumen así como miga más cerrada y homogénea en el producto final, esto debido a la formación celdas con paredes más firmes y resistentes al colapso antes y después del horneado, además de la influencia de la fibra soluble de avena.

En la figura 9 se muestra la miga de los productos obtenidos en las pruebas funcionales, en ésta se puede observar la diferencia de la estructura de la miga siendo más uniforme en el pan elaborado con harina fuerte, la miga de la harina

débil se presentó apelmazada observándose como zonas claras, además fue menos homogénea.



**FIGURA 9 MIGA DE PAN TIPO “MUFFIN” ELABORADO CON LAS DOS HARINAS**

a) harina fuerte miga, más cerrada (puntos oscuros) y homogénea; b) harina débil miga más abierta y apelmazada (puntos claros)

Las propiedades de la harina empleada influyeron en las características del producto final, especialmente el contenido de almidón, fibra soluble de avena y la cantidad de proteína que estuvieron presentes dieron como resultado cambios estructurales, en el caso de la harina fuerte, estos componentes y sus interacciones participaron en la formación de una matriz más resistente que soportó el desarrollo del producto y repercutió en una miga más homogénea y con celdas más pequeñas. En productos con alto contenido de grasa y azúcar, el desarrollo del gluten durante el mezclado es limitado (Wilderjans, 2008). Sin embargo, la formulación establecida en este trabajo tuvo bajo contenido de grasa, por lo que fue factible el desarrollo de gluten por el trabajo mecánico impartiendo al producto mayor consistencia.

Dadas las características de los productos obtenidos se determinó emplear harina fuerte en la elaboración de los productos a evaluar en esta investigación.

### **CUADRO 17 CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LA COCCIÓN DE PAN TIPO MUFFIN EN HORNO CONVENCIONAL**

HORNO	CICLO DE HORNEADO	FACTOR	CONDICIÓN ÓPTIMA	TEMPERATURA INTERNA (o C)*
Eléctrico	Único	Temperatura o C	180	85 ± 1
		Tiempo (s)	2100	

\*Tomada en la parte central del producto al momento de salir del horno.

Promedio de cuatro mediciones ± desviaciones estándar

Las condiciones obtenidas por optimización numérica en el software Desing expert tuvieron una deseabilidad del 0.977 lo que implica un cumplimiento elevado de los criterios establecidos.

### **3.2 Características físicas del producto**

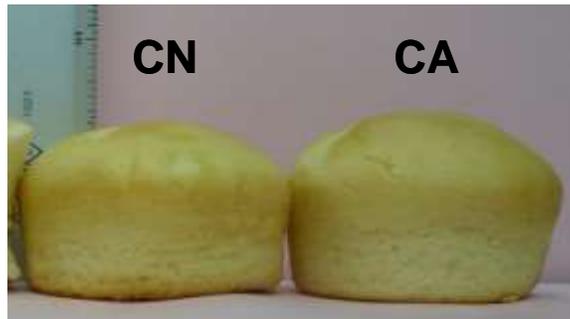
En el cuadro 18 se muestra la comparación de las características que presentaron los productos elaborados bajo las condiciones óptimas en horno convencional.

### **CUADRO 18 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE PRODUCTO RECIEN ELABORADO EN HORNO CONVENCIONAL.**

Característica	Convencional Normal (CN)	Convencional Almidón (CA) y fibra de avena
Peso del producto (g)	40.6 ± 0.95	41.5 ± 0.6
Volumen del producto (cm <sup>3</sup> )	88.4 ± 5.58	89.6 ± 5.16
Pérdida de peso por horneado (g/100g)	9.8 ± 2	7.8 ± 1
Humedad (g/100g)	36.2 ± 0.3	36.4 ± 0.07
Densidad	0.460 ± 0.02	0.464 ± 0.02
Aw	0.929 ± 0.005	0.929 ± 0.004
Luminosidad	82.80 ± 0.3	82.82 ± 0.3

Promedio de seis determinaciones independientes  $\pm$  desviación estándar

En la figura 10 se presenta la fotografía de los productos obtenidos en condiciones óptimas, se pueden observar las diferencias con relación al tamaño del producto. Se presentó una disminución de humedad promedio de 13.5 g/100g de pan, este efecto se observa en el cuadro 19, los datos coinciden con lo informado por Sumnu y Sahin (2005).



**FIGURA 10 PRODUCTOS OBTENIDOS EN CONDICIONES ÓPTIMAS DE HORNEADO**

CN y CA: horneados en horno eléctrico sin y con adición de fibra de avena, desarrollaron menor volumen y más color

La actividad de agua alta en el producto de horno convencional lo que se reflejó a su vez en mayor contenido de humedad coincidiendo con Sánchez-Pardo (2006) quien informó una humedad 23.11 g/100g para producto de horno convencional. Así mismo, informó una pérdida de humedad de 6.7 g/100g de pan durante 8 días de almacenamiento reafirmando lo obtenido para pan tipo muffin.

**CUADRO 19 CONTENIDO DE HUMEDAD (g/100g) DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Tiempo (días)	PRODUCTOS
---------------	-----------

	CN	CA
0	36.19±0.30	36.37±0.07
5	31.59±0.50	32.00±0.40
10	26.99±0.36	27.63±0.56
15	22.39±0.02	23.26±0.38

Promedio de tres muestras independientes  $\pm$  desviación estándar. CN: convencional normal, CA: convencional con almidón modificado y fibra de avena.

### 8.5 Análisis químico proximal

Existió diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el contenido de proteína entre los productos adicionados con almidón modificado y fibra de avena, y los normales siendo más alto en estos últimos, dado que el almidón Stabitex 06333 tiene un bajo contenido de proteína (0.2 g/100g.) en comparación con el que tiene la harina (13.22 g/100g), su incorporación tiene un efecto diluyente de esta fracción. Esta sustitución se vio reflejada en un aumento de 3 g/100g de extracto no nitrogenado en ambos productos adicionados con STABITEX.

En el análisis de extracto etéreo, así como en el de cenizas, no se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los productos elaborados ya que en todos los casos se empleó la misma formulación.

La diferencia en valor energético para ambos productos no fue significativa cuando se tomaron los valores libres de humedad. Sin embargo, cuando se consideró el producto en base húmeda que es la forma como se ingiere el producto, los valores energéticos difirieron en forma significativa, esto por el mayor contenido de humedad en los convencionales. Lo cual en productos recién horneados los hace menos calóricos, pero al pasar el tiempo durante el almacenamiento la pérdida de humedad referida en el cuadro 19 igualó dicho contenido energético.

**CUADRO 20: ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL Y VALOR ENERGÉTICO PARA LOS PROCESOS DE COCCIÓN DEL PAN TIPO MUFFIN**

Análisis	Convencional Normal (CN)		Convencional Almidón y fibra soluble de avena (CA)	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad g/100g	36.2±0.3	-----	36.4±0.07	-----
Proteínas g/100g	7.4±0.05	11.7±0.07	6.3±0	9.9±0.01
Extracto Etéreo g/100g	10±0.21	15.6±0.31	9.8±0.08	15.4±0.11
Cenizas g/100g	1.2±0	1.8±0.01	1.1±0.01	1.8±0.01
Extracto no nitrogenado g/100g	45.2	70.9	46.4	72.9
Valor energético (Kj/100g)	1256.9	1969.8	1251	1956.6

Los datos se refieren al promedio obtenido de tres determinaciones realizadas por cada producto ± desviación estándar

## 8.6 Evaluación sensorial

En el cuadro 21 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de evaluación sensorial de 5 puntos para los lotes evaluados por 100 jueces no entrenados.

El análisis estadístico mostró un valor para la prueba de Friedman de 2.16 que corresponde a una probabilidad de 0.54 lo que indicó que no existió diferencia significativa entre el nivel de agrado de los jueces.

**CUADRO 21: NIVEL DE AGRADO DE LOS PRODUCTOS EVALUADOS**

<b>Nivel de agrado</b>	<b>Convencional normal (CN)</b>	<b>Convencional almidón y fibra soluble de avena (CA)</b>
Me gustó mucho	47	49
Me gustó ligeramente	46	43
Ni me gustó ni me disgustó	7	8
Me disgustó ligeramente	0	0
Me disgustó mucho	0	0

No se encontró diferencia significativa entre los cuatro lotes evaluados por la prueba de Friedman ( $P=0.54$ )

## **CONCLUSIONES**

### **1.- QUESO PANELA**

- La leche analizada, la cual sirvió de materia prima, resultó ser de calidad satisfactoria por los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos, y microbiológicos.
- La leche que se estudió se encontró dentro los límites permitidos de todos los parámetros establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 “Leche, Fórmula Láctea y Producto Lácteo combinado. Denominaciones, Especificaciones Fisicoquímicas, Información comercial y Métodos de Prueba”, por lo tanto, la leche es de buena calidad.

- Para saber si la fibra de avena alteraba el proceso de acidificación de la leche, se hicieron unas curvas comparativas, las cuales no mostraron diferencias, por lo tanto, la fibra de avena no afecta el proceso de acidificación de la leche durante la elaboración de queso tipo panela.
- La fibra que absorbe mayor cantidad de agua desde la elaboración, y retiene mayor cantidad de ésta hasta 12 días de almacenamiento, es la fibra “oat fiber 780”, cuya concentración óptima de fibra de avena es de 15 g de fibra por 1 litro de leche.
- Se logró aumentar el rendimiento de queso, ya que se redujo la pérdida de suero que se presenta normalmente durante el almacenamiento.
- En cuanto a los análisis de la textura, en el día 1, el queso comercial es más duro, más gomoso y se quiebra con mayor facilidad que el queso con fibra.
- En el día 4, el queso comercial es más duro y más gomoso que el queso con fibra; y el queso con fibra ya no se rompe, resistiendo más a la compresión del texturómetro. El queso con fibra de avena es más resistente que el queso comercial en el día 4.
- El queso con fibra tiene una mayor cantidad de agua, mientras que, el queso comercial tiene un valor más alto de proteínas, esto se debe principalmente a que en los quesos comerciales es común que se incremente la producción mediante la adición de caseínatos de calcio.
- Por otro lado, en los análisis de capacidad de absorción de agua de la fibra de avena, en comparación con otros compuestos (caseína y caseinato de calcio), la fibra de avena tiene una absorción mayor de agua, la cual no pierde con el transcurso del tiempo.

- La fibra de avena en el producto logró aumentar 50 % más peso, en comparación con queso testigo, y aumentar un 12 % el contenido de humedad.
- En cuanto a la prueba afectiva (evaluación sensorial), el queso tipo panela adicionado de fibra de avena tiene una gran aceptación, el 70 % del jurado opinó que le gustaba mucho. Por otro lado, sólo el 3 % opinó que le disgustaba ligeramente.
- El producto fue agradable para el jurado, por lo que, se cree que será aceptado por los potenciales consumidores.
- Es factible aumentar el rendimiento del queso tipo panela mediante la adición de fibra de avena, ya que, ésta absorbe y retiene mayor contenido de agua lo que le da un valor agregado al producto final.

## **2.- HELADO DE LITCHI**

- Con la evaluación de tamaño de cristal de hielo y la evaluación sensorial fue posible seleccionar la formulación siguiente para el desarrollo del helado funcional.
- La formulación del helado seleccionada tiene los siguientes valores: 0.30 % de estabilizante, 0.06% de emulsificante y 0.75 % de fibra de avena.
- El tamaño de cristal de la formulación del helado seleccionado es de 65  $\mu$  m, por lo que le corresponde una textura gruesa.
- El análisis microbiológico indicó que el helado de litchi elaborado es un alimento inocuo elaborado bajo las prácticas sanitarias correctas.
- La cantidad de inóculo de 3.44 mL en 250 mL de helado permitirá obtener una concentración de  $10^8$  microorganismos probióticos viables en el helado funcional.

### **3.- PRODUCTO DE PANIFICACIÓN (PAN DULCE) ADICIONADO DE FIBRA SOLUBLE Y SUSTITUTO DE GRASA, APROVECHANDO EL VALOR NUTRITIVO DE HUEVO FRESCO.**

- No existió diferencia en la percepción de sabor entre los productos con y sin la adición de almidón modificado y fibra soluble.
- El valor energético de los productos recién elaborados fue mayor para los producidos por microondas debido a su baja concentración de humedad. Sin embargo, los valores fueron similares después de 15 días de almacenamiento por la pérdida de humedad que experimentaron los panes de horno convencional durante ese periodo.
- El huevo fresco le aportó una excelente funcionalidad a la estructura del panqué, sin dejar de apreciar el aporte nutritivo que le proporciona.

## **IMPACTO**

### **1.- QUESO PANELA**

Los beneficios que otorgará el presente trabajo son estudiar el comportamiento del queso tipo panela mediante la adición de fibra insoluble de avena, y con esto, aumentar el rendimiento de la industria quesera, evitando pérdidas por el desuerado que se presenta durante el almacenamiento; lo que beneficiaría económicamente a las empresas o las personas que se dedican a la elaboración de quesos.

### **2.- HELADO DE LITCHI**

El mercado mexicano procesa 50,000 latas de litchi al año, equivalentes a una producción de 23 t de fruta fresca, que teóricamente se puede obtener de una superficie de 6 hectáreas. Estos datos ilustran que el mercado de litchi procesado,

es realmente marginal en México, ya que en otros países como Filipinas, el consumo es de unas 106 t, ó consumos mayores como en Malasia con 2,514 t. Las tendencias generales indican que un sinnúmero de factores afecta la demanda y con ello el comercio del litchi procesado, siendo los principales: el ingreso de los consumidores, precio del producto, precio y disponibilidad de productos sustitutos y preferencias de los consumidores.

Con base a los datos anteriormente mencionados, este trabajo se plantea obtener un helado funcional, a base de litchi, y así contar con una alternativa más de consumo de este fruto, aprovechando los beneficios de las propiedades nutraceuticas que éste ofrece, principalmente el aporte de vitamina C (como un agente antioxidante); con la funcionalidad de la fibra de avena.

### **3.- PRODUCTO DE PANIFICACIÓN (PAN DULCE) ADICIONADO DE FIBRA SOLUBLE Y SUSTITUTO DE GRASA, APROVECHANDO EL VALOR NUTRITIVO DEL HUEVO FRESCO.**

Sin cambiar las características sensoriales del producto y la calidad panadera, se demostró que la incorporación que la fibra de avena al panqué contribuirá con un incremento en las propiedades funcionales y nutricias de este tipo de productos. Es importante resaltar que el huevo fresco le proporcionó ventajas funcionales al panqué, dando la formación excelente de su estructura, así como del aporte nutritivo natural que beneficiaría a los consumidores.