

**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN BASE PARA PRODUCTOS HORNEADOS CON
ADICIÓN DE UN BIOPOLÍMERO**



NANCY PAOLA ESCOBAR MORENO

Código 107448

**Trabajo de grado para optar por el Título de Especialista en Ciencia y Tecnología de
Alimentos**

Dirigido por:

OLGA PATRICIA COBOS DE RANGEL

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
BOGOTÁ D.C. 2010**

DEDICACION

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia por ser quienes me han dado todas las herramientas para ser una persona completa y feliz.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a Dios y a la Virgen Santísima por darme la salud suficiente para desarrollar y culminar este trabajo el cual recopila no solamente mi esfuerzo sino el de muchas personas interesadas en la ciencia y el desarrollo.

Agradezco a mis papás y a mi hermano Yecid por su compañía, su amor, su comprensión y sobre todo por mostrarme cual era el camino a seguir en mis momentos difíciles. Agradezco el apoyo que me dieron desde el comienzo hasta el final de este proyecto.

Agradezco a mi hermana Rocío quien me enseñó con sus sabios consejos a ser fuerte y a salir victoriosa de los momentos difíciles y quién me ha dado todo su amor y su apoyo en los momentos de duda y cansancio.

Agradezco encarecidamente a mi directora de tesis, Dra. Olga Cobos de Rangel, quien fue mi guía durante todo este proceso, gracias por su apoyo e interés y por permitirme desarrollar este trabajo en torno a la excelencia que cultiva en cada uno de sus estudiantes.

Agradezco también al compañero, Diego Rojas quien trabajó conmigo en la primera parte de este trabajo y quien me enseñó muchas cosas nuevas y aportó muy buenas ideas desde su perspectiva de Químico farmacéutico.

Agradezco también a cada una de las personas del grupo de Biopolímeros y Funcionales del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional, a la Doctora Sonia Ospina, al Ingeniero Gustavo Buitrago, al Ingeniero Yhon Florez, por el voto de confianza que tuvieron conmigo al permitirme unirme a su grupo para compartir diferentes experiencias investigativas y al darme las herramientas físicas e intelectuales para hacer este trabajo.

Agradezco al Ingeniero Néstor Algecira, por su comprensión y por apoyarme académica y personalmente en toda mi formación como especialista.

Agradezco también al departamento de Nutrición por permitirme usar sus instalaciones, a las auxiliares de sus laboratorios por su colaboración y a los estudiantes de Nutrición y Dietética de la línea de profundización en Alimentos para Regímenes Especiales, por compartir conmigo varias de sus conocimientos e ideas innovadoras. Agradezco finalmente a la Universidad Nacional de Colombia, a la Facultad de Medicina y a la Facultad de Ciencias por permitirme comprender en sus aulas la responsabilidad que tengo al ser una de sus egresadas.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	3
DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN BASE PARA PRODUCTOS HORNEADOS CON ADICIÓN DE UN BIOPOLÍMERO	8
DEVELOPMENT OF THE BASE FORMULATION FOR BAKED PRODUCTS WITH ADDITION OF A BIOPOLYMER.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. JUSTIFICACIÓN	12
1.1 Situación Nacional sobre consumo de fibra dietaria	12
2. OBJETIVOS.....	15
3. MARCO TEORICO.....	16
3.1 ALIMENTOS FUNCIONALES.....	16
3.1.1 TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES.....	17
3.2 FIBRA DIETARIA	18
3.3 GENERALIDADES DEL BIOPOLIMERO	20
4. METODOLOGIA	22
4.1 Pruebas preliminares	22
4.1.1 Fase 1: Índice de dispersabilidad:	23
4.1.2 Fase 2: Capacidad de hinchamiento y retención de agua:.....	24
4.1.3 Fase 3: Capacidad de retención de aceite:.....	25
4.2 Elaboración de los productos horneados.....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1. Etapa1: Pruebas Preliminares	28
5.1.1 Determinación del índice de dispersabilidad (SOL)	28
5.1.2 Capacidad de hinchamiento, retención de agua y aceite:	33
5.2. Etapa 2: Elaboración de productos horneados.....	36
5.1.1. Determinación de formulaciones base:.....	36
5.1.1.1 Formulación base de galletas de avena: Para	37
5.1.1.2. Formulación base de minicakes:	37
5.1.2. Determinación de temperaturas de horneado:.....	37
5.1.2.1. Evaluación de la estabilidad térmica del biopolímero y de las formulaciones a las que se incorporó.....	37
5.1.3 Ensayos de formulaciones con diferentes concentraciones de BILAC® ...	44
5.1.3.1. Diferentes concentraciones de BILAC® en Galletas de Avena.....	44
5.1.3.1.1. Análisis sensorial muestra final de galletas.....	45
5.1.3.1.1.1. Preferencia	45
5.1.3.1.1.2 Textura:	46
5.1.3.1.1.3 Color:	46
5.1.3.1.1.4. Sabor	47
5.1.3.1.1.5. Aroma	47
5.1.3.2. Diferentes concentraciones de BILAC® en Minicakes	48
5.1.3.2.1. Análisis sensorial muestra final de minicakes.....	49

5.1.3.2.1.1. Preferencia	49
5.1.3.2.1.2. Textura	50
5.1.3.2.1.3. Color	50
5.1.3.2.1.4. Sabor	51
5.1.3.2.1.5. Aroma	51
5.1.3.2.2 Análisis de Galletas de Avena y Minicakes como alimentos funcionales	53
5.1.3.3. Análisis proximal de los productos	54
CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	59
ANEXOS	61
ANEXO 1. Formulación Minicakes.....	61
ANEXO 2. Formulación galletas de avena.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Challenges related to the composition of functional food</i>	17
Tabla 2. <i>Recomendaciones de la ingesta total de fibra dietaria o dietética</i>	20
Tabla 3. <i>Determinación del Índice de Dispersabilidad del Bilac® al 5% a distintas temperaturas en dispersiones de agua destilada, agua potable, leche entera, leche descremada y mezcla agua-leche (50/50)</i>	23
Tabla 4. <i>Determinación de Capacidad de hinchamiento del Bilac al 5% en agua a distintas temperaturas</i>	24
Tabla 5. <i>Determinación de la capacidad de retención del Bilac® al 5% en agua y en aceite</i>	25
Tabla 6. <i>Orden de pasos para añadir el BILAC® en cada preparación</i>	26
Tabla 7. <i>Pesos reportados para las muestras de leche entera:</i>	29
Tabla 8. <i>Pesos reportados para las muestras de leche descremada:</i>	29
Tabla 9. <i>Para la mezcla Leche entera/Agua (50/50)</i>	29
Tabla 10. <i>Índice de dispersabilidad al 5% BILAC®</i>	31
Tabla 11. <i>Índice de dispersabilidad al 5% Inulina Comercial</i>	32
Tabla 12 <i>Hinchamiento del BILAC 5% en agua destilada</i>	34
Tabla 13 <i>Capacidad de retención del BILAC® en agua y aceite</i>	34
Tabla 14. <i>Hinchamiento de la Inulina en agua potable a distintas temperaturas</i>	35
Tabla 15. <i>Capacidad de retención de Inulina en agua y aceite de cocina a distintos tiempos y a temperatura ambiente (18°C)</i>	36
Tabla 16. <i>Porcentaje de preferencia para Galletas de avena</i>	45
Tabla 17. <i>Análisis de Textura para Galletas de Avena</i>	46
Tabla 18. <i>Análisis de Color para Galletas de Avena</i>	46
Tabla 19. <i>Análisis de sabor para Galletas de Avena</i>	47
Tabla 20. <i>Análisis de Aroma para Galletas de avena</i>	47
Tabla 21. <i>Comparación de masas utilizadas para minicakes</i>	48
Tabla 22. <i>Porcentaje de preferencia para minicakes.</i>	49
Tabla 23 <i>Análisis de Textura para Minicakes</i>	50
Tabla 24. <i>Análisis de Color para Minicakes</i>	50
Tabla 25. <i>Análisis de Sabor para Minicakes</i>	51
Tabla 26. <i>Análisis de Aroma para Minicakes</i>	51
Tabla 27. <i>Pruebas realizadas para determinar formulación base en minicakes.</i>	52
Tabla 28. <i>Pruebas realizadas para determinar formulación base en galletas de avena</i> ...	53
Tabla 29. <i>Análisis proximal de galletas de avena</i>	54
Tabla 30. <i>Análisis proximal de minicakes</i>	55
Tabla 31. <i>Resultados de los análisis de Laboratorio Microbiológico para Galletas de avena</i>	55
Tabla 32. <i>Resultados de los análisis de Laboratorio Microbiológico para Minicakes</i>	56

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. BILAC® disperso en agua después de distintos lapsos de tiempo...	30
<i>Ilustración 2. TGA para Bilac® seco.</i>	38
<i>Ilustración 3. DSC para Bilac® seco</i>	39
<i>Ilustración 4. Termograma DSC bilac 10 y 20%humedad.</i>	380
<i>Ilustración 5. Termograma DSC de la masa con la que se elaboraron galletas de avena.</i>	38
1	
<i>Ilustración 6. Termograma DSC de la mezcla de Bilac 3%, agua, harina y margarina para galletas</i>	38
<i>Ilustración 7.. Termograma DSC de la masa con la que se elaboraron los minicakes</i>	38
<i>Ilustración 8. Termograma DSC de la mezcla de Bilac 3%, agua, harina y margarina para minicakes.</i>	38
<i>Ilustración 9. Galletas de avena con diferentes concentraciones de BILAC®</i>	44
<i>Ilustración 10. BILAC® Patrón de referencia de Minicakes.</i>	54
<i>Ilustración 11. Minicakes con diferentes adiciones de Bilac®.</i>	54

DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN BASE PARA PRODUCTOS HORNEADOS CON ADICIÓN DE UN BIOPOLÍMERO

RESUMEN:

Se evaluó el comportamiento del biopolímero BILAC® en diferentes matrices alimentarias para luego desarrollar, diferentes formulaciones para productos horneados con la adición de este. Previamente se evaluaron diferentes características físicas determinando principalmente su dispersabilidad, su capacidad de retención, sus condiciones de hidratación entre otras; para la definición de los tipos de producto a elaborar se ensayaron diferentes formulaciones correspondientes a productos de panadería, galletas de avena y minicakes, con el fin de establecer aquellas que por porción aportaran la mayor concentración del biopolímero, conservando en lo posible las características sensoriales estándar de cada producto. El ajuste de las formulaciones y la elaboración de productos se realizaron a nivel de laboratorio experimental teniendo en cuenta la caracterización física y los resultados obtenidos por calorimetría diferencial de barrido referentes a la estabilidad térmica del biopolímero en diferentes condiciones. Los productos de panadería que presentan las mejores características, según las pruebas de preferencia, fueron los correspondientes a una adición del 4% de BILAC.

PALABRAS CLAVE

- Fibra soluble
- Alimentos funcionales
- Nutrición
- Biopolímeros.

DEVELOPMENT OF THE BASE FORMULATION FOR BAKED PRODUCTS WITH ADDITION OF A BIOPOLYMER

ABSTRACT

It was evaluated the behavior of the biopolymer BILAC® in different food counterfoils then to develop, different formulations for products baked with the addition of this one. Before different physical characteristics were evaluated determining principally his solubility, his capacity of retention, his conditions of hydration between others; for the definition of the types of product to elaborating they tested different formulations corresponding to products of bakery, oat cookies and minicakes, in order established those that for portion were contributing the major concentration of the biopolymer, preserving the sensory characteristics standard of every product.

The adjustment of the formulations and the production of products were realized to level of experimental laboratory bearing in mind the physical characterization and the results obtained by Differential Scanning Calorimetry (DSC) relating to the thermal stability of the biopolymer in different conditions. The products of bakery that present the best characteristics, according to the tests of preference, were the correspondents to an addition of 4 % of BILAC®.

KEYWORDS:

- Soluble Fiber
- Functional Food
- Nutrition
- Biopolymers.

INTRODUCCIÓN

La principal función de la dieta diaria es aportar los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas. Cada día existen más pruebas científicas que indican que ciertos alimentos, así como algunos de sus componentes tienen efectos beneficiosos, gracias al aporte de los nutrientes básicos y al mejoramiento de ciertas condiciones fisiológicas.¹ En la actualidad, los investigadores han unido los conocimientos básicos de la nutrición y la tecnología con miras a mejorar la disponibilidad de algunos nutrientes y sustancias propias de los alimentos las cuales proporcionan beneficios bioquímicos, fisiológicos y nutricionales. Por esta razón, las investigaciones han pasado a centrarse más, en la identificación de componentes biológicamente activos en los alimentos, que ofrezcan la posibilidad de mejorar estas condiciones, así como de reducir en cierta medida el riesgo a contraer enfermedades. En esta medida, se ha descubierto que muchos productos alimenticios tradicionales, como las frutas, las verduras, la soya, los granos enteros (Trigo, Avena, Centeno, etc.) y la leche contienen componentes que pueden resultar beneficiosos para la salud.² Además de esto, se están desarrollando nuevas tecnologías y se ha modificado la composición de algunos alimentos para que se amplíe la disponibilidad de aquellos componentes beneficiosos que representan convenientes efectos para la salud.³

Entre los componentes biológicamente activos que se encuentra la fibra dietaria cuya ingesta ha demostrado tener este tipo de efectos benéficos, enmarcados en efectos fisiológicos que ayudan a prevenir en cierta medida algunas enfermedades metabólicas importantes, como el sobrepeso, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer colorrectal entre otros⁴.

Adicionalmente, en Colombia se ha despertado un reciente interés por el tema de los alimentos funcionales y es así como la academia y los centros de investigación, han consolidado grupos de trabajo en el tema.⁵

Específicamente, en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia se ha venido trabajando en la obtención de biopolímeros por tecnología enzimática, método por el cual se obtuvo un nuevo biopolímero (BILAC®) el cual actúa como fibra soluble y ha sido evaluado en aplicaciones de productos

¹ ARAYA 2003.

² LOPEZ J. 2006

³ RODRÍGUEZ R. et al 2006

⁴ THEUWISSEN E. et al. 2008

⁵ SARMIENTO L. 2006.

farmacéuticos y alimentarios, desarrollando de esta manera investigaciones enfocadas a sus efectos bioquímicos y nutricionales.

Para evaluar su comportamiento al ser incorporado a diferentes alimentos se hace necesario desarrollar formulaciones en diferentes matrices alimentarias facilitando el desarrollo de nuevos productos adicionados con el biopolímero.

1. JUSTIFICACIÓN

Estudios han demostrado que el aumento en la ingesta de fibra dietaria, particularmente de tipo soluble, mejora el control de la glicemia, disminuye la hiperinsulinemia y las concentraciones plasmáticas de lípidos en los diabéticos tipo II, lo que confiere un perfil idóneo de protección cardiovascular⁶. Por otro lado, el uso de fibra soluble, aumenta la actividad gastrointestinal, lo que conlleva a la disminución de problemas como el cáncer de colon, además de otras enfermedades de diversas causas. Un análisis combinado de 13 estudios prospectivos de cohorte, con 725.628 personas con un seguimiento de 6 a 20 años, llegó a la conclusión que la fibra dietaria se asoció inversamente con el riesgo de cáncer colorrectal en el análisis ajustado por edad.⁷

Adicionalmente, otros autores han demostrado que una mayor ingesta de fibra se asocia con un menor índice de masa corporal (IMC) en hombres y mujeres, lo cual muestra que el consumo de fibra puede ayudar a controlar el peso corporal y a prevenir la obesidad⁸.

Ahora bien, la evidencia refleja una relación inversa entre el consumo de fibra y la prevalencia de enfermedades crónicas. Para muchos organismos de todo el mundo, incluidos la Asociación Británica de Diabetes (BDA), Canadian Diabetes Association (CDA), la Asociación Europea para el Estudio de la Diabetes (EASD), las recomendaciones nutricionales para el manejo de la Diabetes Mellitus deben incluir en sus protocolos el aumento de la ingesta de fibra dietaria⁹. Muchas de estas organizaciones también han recomendado la ingesta de alimentos con bajo Índice Glicémico (IG) dentro de los cuales, los de bajo y medio IG son aquellos que utilizan adición de fibra como por ejemplo, el salvado de diferentes fuentes, los cereales como la avena, las legumbres y las frutas enteras principalmente. Por lo tanto, mediante la ingestión de una dieta rica en fibra se pretende reducir los efectos indeseables del bajo consumo.

1.1 Situación Nacional sobre consumo de fibra dietaria

Según la Encuesta Nacional de la situación Nutricional en Colombia ENSIN 2005, en Colombia sólo 6,1% de los individuos tuvo bajo riesgo de deficiencia en el consumo de fibra. Los grupos de edad con menor riesgo de deficiencia fueron los de 9 a 13 y de 14 a 18 años de edad en ambos sexos, y las mujeres tuvieron un

⁶ JENKINS D. et al. 2004

⁷ PARK et al, 2005

⁸ APPLEBY et al 1998

⁹ ANDERSON et al. 2004

consumo mayor de fibra dietaria. El nivel 1 del SISBÉN presentó la menor proporción de individuos con bajo riesgo. Se destacan con mejores consumos las subregiones de Antioquia sin Medellín y Caldas, Quindío y Risaralda. La región Pacífica muestra la prevalencia más baja.¹⁰

Sin embargo, los Indicadores básicos de salud para Colombia en el 2008 señalan que el 4.2 por ciento de los hombres y el 6.1 por ciento de las mujeres en el país mueren por diabetes Mellitus. Lo que posiciona este desorden metabólico como la cuarta causa de muerte por enfermedad crónica.¹¹ Por otro lado, en 21 países de Latinoamérica, es decir aproximadamente 500 millones de habitantes, se reportaron 15 millones de casos de Diabetes mellitus y se espera que en los próximos 10 años esta cifra incremente llegando hasta unos 20 millones de casos.¹²

Por su parte, la prevalencia en zonas urbanas oscila entre 7 y 8%, mientras en las zonas rurales es apenas del 1 al 2%. En Colombia, la Diabetes mellitus es la quinta causa de muerte en el hombre entre 45 a 64 años y la tercera en la mujer de la misma edad. En particular, enfermedades metabólicas como la Diabetes mellitus tipo II (DM), son difícilmente controladas por el organismo y es necesario su tratamiento partiendo desde la educación, la dieta, el ejercicio y finalmente la utilización de medicamentos potentes para controlar el incremento de azúcar en la sangre¹³.

De la misma manera, la Encuesta Nacional de salud del 2007, reflejó que el 6% de las personas de edad adulta refiere que alguna vez se le ha diagnosticado por un médico que padece de colon irritable. También el 6% que el diagnóstico se le hizo antes de cumplir los 18 años de edad. El 48% dice que en el último año ha recibido algún tipo de tratamiento por esta causa.¹⁴

Por estas razones, se hace necesario desarrollar tecnológicamente ciertas modificaciones a la composición de algunos alimentos, con el fin de mejorar la disponibilidad de compuestos benéficos para la salud, o con el fin de disminuir la proporción de aquellos agentes nutricionales o no nutricionales que puedan desempeñar un papel, ya sea como factores de riesgo o como factores desencadenantes de complicaciones para alguna enfermedad. Luego, el

¹⁰ ENSIN 2005.

¹¹ INDICADORES BÁSICOS EN SALUD 2008

¹² ALAD, 2002

¹³ MARIN, 2005

¹⁴ ENCUESTA NACIONAL DE SALUD 2007

desarrollo de los alimentos funcionales debe hacerse mediante un ejercicio que abarque el análisis en contexto para que de esta forma la producción de alimentos funcionales sea una herramienta clave en la solución de problemas epidemiológicos propios de la comunidad en la que se desarrollan.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL: Desarrollar la formulación de alimentos funcionales tipo derivados de cereal que emplean el biopolímero BILAC ® como fuente de fibra soluble.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Evaluar el comportamiento del biopolímero al ser adicionado a matrices líquidas y sólidas.

Establecer las formulaciones que aporten mayor cantidad del biopolímero y que a la vez permitan mantener la calidad sensorial del producto.

Evaluar sensorialmente la aceptabilidad de los productos de panadería con adición de fibra seleccionados.

3. MARCO TEORICO

3.1 ALIMENTOS FUNCIONALES

Mantener una buena salud depende de diferentes variables, entre las cuales una de las más influyentes es el estilo de vida. Dentro de esta hay varios factores condicionantes como la dieta, el ejercicio y el consumo de sustancias como el alcohol y los medicamentos.

En aras de mantener una dieta saludable para contribuir al mejoramiento de la salud, la sociedad no sólo ha recurrido al aumento en el consumo alimentos naturales sino también a un mejoramiento tecnológico de los alimentos, enfocado principalmente en algunas modificaciones en su composición. Tales alimentos presentan desafíos únicos y difíciles para la comunidad científica pues la composición de los alimentos debe estar ajustada a las verdaderas necesidades nutricionales y alimentarias analizadas dentro de cada contexto.

De esta manera, han surgido entonces los denominados alimentos funcionales, los cuales, combinados con un estilo de vida sano pueden contribuir al mejoramiento de la salud.¹⁵

Los alimentos funcionales fueron descritos por Roberfroid (1999) como "alimento similar en apariencia a los alimentos convencionales que se destina a su consumo como parte de una dieta normal, pero el cual se ha modificado para que sus funciones fisiológicas vayan más allá de la simple provisión de nutrientes". Más sencillamente, los alimentos funcionales son alimentos que pueden proporcionar beneficios para la salud más allá de la nutrición básica. Los alimentos funcionales pueden surgir de un deseo de proporcionar beneficios adicionales a los consumidores con el objetivo de mejorar la nutrición y la salud.

En ese sentido, es donde los sectores académicos y de investigación deben establecer la evidencia científica de los efectos en la salud. Esta evaluación debe abarcar el estudio de las funciones orgánicas afectadas por el alimento funcional, incluyendo su papel en el mantenimiento de la salud o en la prevención de enfermedades, la identificación y validación de los biomarcadores, así como estudios de causa-efecto donde se evalúe la seguridad y la dosis.

¹⁵ LOPEZ J. 2006

Por esto mismo, una de las preocupaciones nutricionales con los alimentos funcionales es la posibilidad de excesos de consumo de algunos nutrientes, algunos de los cuales pueden tener propiedades nocivas. Mientras que en algunos casos, los alimentos funcionales pueden ser convenientes para aumentar la ingesta de determinados nutrientes, también podría ser que al mejorar el contenido de nutrientes, haya una posible reducción de la variedad en la dieta de los consumidores ya que podrían llegar a consumir una menor cantidad de alimentos para satisfacer sus necesidades nutricionales.¹⁶

Por lo mismo, tanto investigadores como consumidores deben tener claro que la variedad en la dieta es esencial, y los alimentos funcionales pueden contribuir a ella sin dejar de lado el consumo de una alimentación natural y suficientemente variada. Esto favorece el surgimiento de un nuevo campo de investigación en donde especialistas en nutrición y en ciencia y tecnología de alimentos trabajen conjuntamente en la formulación de nuevos productos que permitan proponer ideas innovadoras y verdaderamente aplicables.

3.1.1 TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES

Dentro del mercado son cada vez más los alimentos funcionales existentes, estos se han venido desarrollando según las necesidades nutricionales y fisiológicas de las comunidades y sus tipos pueden variar según el objetivo de su uso.

Spence (2006) propone una clasificación del tipo de modificaciones que se pueden aplicar a los alimentos, la cual se resume en la Tabla 1.

Tabla 1 ***Challenges related to the composition of functional food.***

Productos Fortificados	Aumento en el contenido natural de nutrientes
Productos Enriquecidos	Adición de nuevos nutrientes o componentes que normalmente no se encuentran en un alimento en particular
Productos modificados	Reemplazo de algunos componentes existentes por otros componentes beneficiosos
Productos mejorados	Cambios en las materias primas que han alterado la composición de nutrientes

Adaptado de: SPENCE J.T. Challenges related to the composition of functional food. Journal of Food Composition and Analysis 19 (2006).

¹⁶ SPENCE J.T. 2006

3.2 FIBRA DIETARIA

Uno de los compuestos bioactivos más investigados es la fibra dietaria. Recientes investigaciones han demostrado que esta la ingesta de este compuesto combinado con factores como el estilo de vida puede favorecer la prevención y manejo de ciertas enfermedades de índole metabólico, como la Diabetes Mellitus, el sobrepeso, las enfermedades cardiovasculares, entre otros. Se considera que su consumo suficiente mejora el tránsito intestinal, disminuye el riesgo de estreñimiento, de diverticulosis y de cáncer de colon; además, se ha asociado con menor índice glucémico de los alimentos y disminución del colesterol sanguíneo. Los principales alimentos fuentes de fibra dietaria son los productos integrales, las frutas, las verduras, las leguminosas y la avena, entre otros.¹⁷

En 2008, la Comisión del Codex sobre Nutrición y Alimentos para Regímenes Especiales (CCNFSDU) definió la fibra dietética como polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizadas por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos y pertenecen a las tres categorías siguientes:

- 1) Polímeros de carbohidratos comestibles que ocurren naturalmente en los alimentos que se consumen
- 2) Polímeros de hidratos de carbono, que han sido obtenidos a partir de materias primas en los alimentos por medios físicos, enzimáticos o por medios químicos y que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas por las autoridades competentes
- 3) Polímeros de carbohidratos sintéticos, que han demostrado tener efectos fisiológicos de beneficio para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas a las autoridades competentes¹⁸

Ahora bien, en Colombia la resolución 288 de 2008 del Ministerio de la Protección Social, *Por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano define la Fibra dietaria como “los carbohidratos y lignina, que no son*

¹⁷ KENDALL C. 2010.

¹⁸ CUMMINGS et al. 2009

hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal de los humanos. La fibra dietaria puede ser soluble o insoluble¹⁹

Sin embargo, actualmente la definición más válida es la definición de las *“Recomendaciones de Ingesta y energía de nutrientes para la población Colombiana” ICBF 2009*:

“La fibra total es la combinación de la fibra dietaria o dietética, el carbohidrato comestible, no digerible y la lignina que existen naturalmente en los alimentos vegetales y la fibra funcional que se refiere a la fibra aislada, extraída o sintética que han probado tienen beneficios para la salud”. Entonces:

- 1) la fibra dietética (incluye el trigo y el salvado de avena)
- 2) la fibra funcional (el almidón resistente)
- 3) la fibra total, que es de la suma de la fibra dietética y funcional

No obstante, aunque los términos de fibra soluble e insoluble no se mencionan casi en la actualidad, es preciso hacer la diferenciación de estos dos términos. La Fibra soluble es la fracción de la fibra dietaria soluble en agua, formada por parte de las hemicelulosas, pectinas o sustancias pécticas, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas, oligosacáridos no digeribles y polisacáridos modificados.²⁰ Así mismo, se ha encontrado en diversas investigaciones que la fibra soluble contribuye a estabilizar en pacientes diabéticos niveles de colesterol y azúcar en sangre, además de contribuir con la reducción en el riesgo cardiovascular.²¹

Por otro lado, la Fibra insoluble es la fracción de la fibra insoluble en agua, está constituida principalmente por celulosa, gran parte de la hemicelulosa y lignina.

En las *Recomendaciones de Ingesta y Energía de Nutrientes para la Población Colombiana*, la recomendación de fibra se ha determinado según el grupo etéreo, el género y las calorías promedio consumidas por cada grupo como se resume en la Tabla 2.

¹⁹ RESOLUCION 288 DE 2008. Ministerio de la protección Social

²⁰ RECOMENDACIONES DE INGESTA Y ENERGÍA DE NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN COLOMBIANA” ICBF 2009

²¹ TUNGLAND, 2002

Tabla 2. Recomendaciones de la ingesta total de fibra dietaria o dietética

PERIODOS DE LA VIDA	Recomendaciones (g/1000 kcal) [g/d]b	
	HOMBRES	MUJERES
0 - 6 MESES	NDd	NDd
7 - 12 MESES	NDd	NDd
1 - 3 AÑOS	14 (19)	14 (19)
4 - 8 AÑOS	14 (25)	14 (25)
9 - 13 AÑOS	14 (31)	14 (26)
14 -18 AÑOS	14 (38)	14 (26)
19 – 30 AÑOS	14 (38)	14 (25)
31 – 50 AÑOS	14 (38)	14 (25)
51 – 70 AÑOS	14 (30)	14 (21)
>> 70 AÑOS	14 (30)	14 (21)
GESTACIÓN		14 (28)
14 -18 AÑOS		14 (28)
19 - 50 AÑOS		
LACTANCIA		
14 -18 AÑOS		14 (29)
19 - 50 AÑOS		14 (29)

Tomado de:

Recomendaciones de Ingesta y energía de nutrientes para la población Colombiana. ICBF 2009

Los valores entre paréntesis son ejemplos del total de g/d de la fibra, que se calculó a partir de los g/1000 kcal multiplicado por la mediana de la ingesta de energía.

NDd: No determinado

3.3 GENERALIDADES DEL BIOPOLIMERO

En el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia se ha venido trabajando en la obtención de biopolímeros por tecnología enzimática, y fruto de este desarrollo se obtuvo un nuevo biopolímero, BILAC® el cual está en proceso de patentamiento. Esta patente protege el proceso, el producto y algunos usos del mismo. El proceso productivo se ha desarrollado a nivel de laboratorio y planta piloto y se han estandarizado las operaciones unitarias que lo conforman, hasta este nivel. Es un polímero natural obtenido por vía enzimática a partir de una cepa nativa no modificada genéticamente; este microorganismo corresponde a una bífidobacteria catalogada como GRAS (Generally Recognized As Safe) y ha sido obtenido por tecnología de enzimas empleando como sustrato sacarosa y una glucosiltransferasa obtenida por fermentación a partir de un microorganismo nativo colombiano; el biopolímero está compuesto en más de 90% por fibra soluble; se trata de un polímero compuesto por unidades de glucosa unidas por enlace alfa 1-6, tipo dextrana, que presenta características tales como alta dispersabilidad en

agua e incremento de la viscosidad de las soluciones a altas concentraciones de polímero. Por otra parte se ha demostrado en pruebas in vivo en animales que no posee propiedades tóxicas, aún a concentraciones muy altas, por lo cual por lo cual presenta una potencialidad importante de uso en el campo de alimentos funcionales.

Bilac ® es un producto promisorio en el campo de las industrias Química Farmacéutica y de Alimentos que por sus propiedades fisicoquímicas y estructurales, presenta aplicaciones potenciales como: agente viscosante, hidrogelificante, formador de cápsulas, estabilizante, aportador no calórico de fibra dietaria en alimentos y polímero formador de películas protectoras de frutas. Es un producto biotecnológico completamente biodegradable e inocuo que ha sido obtenido empleando tecnologías limpias de producción. Teniendo en cuenta las características del biopolímero se han venido desarrollando diferentes ensayos orientados a evaluar las posibles aplicaciones del biopolímero entre las cuales se considera el desarrollo de alimentos funcionales con su incorporación.

4. METODOLOGIA

El presente trabajo se llevará a cabo en dos etapas, en la primera se realizarán pruebas preliminares en diferentes matrices líquidas para determinar del comportamiento físico del biopolímero. Esta etapa, a su vez, cuenta con varias fases, en las que se desarrollarán diferentes pruebas para determinar índice de dispersabilidad, capacidad de hinchamiento y retención de agua y retención de aceite.

Luego de analizar el comportamiento del biopolímero se desarrollará una segunda etapa, en la cual se pretende obtener dos productos de panadería con adecuadas características físicas y organolépticas que faciliten el consumo del biopolímero en la población humana. Paralelo a ello se participará en pruebas de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) realizados para determinar las temperaturas de horneado con las cuales se debe trabajar el desarrollo de los dos productos horneados finales.

Finalmente a los productos finales obtenidos, se les realizarán pruebas de aceptabilidad sensorial, análisis microbiológicos y análisis proximal.

4.1 Pruebas preliminares

Las pruebas experimentales a nivel del laboratorio se realizaron con el fin de evaluar el comportamiento del biopolímero al ser adicionado a matrices líquidas y sólidas. Se realizaron pruebas de dispersabilidad, capacidad de retención de agua y capacidad de hinchamiento, tanto para el BILAC®, como para inulina comercial. Estas pruebas se realizaron en las Instalaciones del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional.

Las materias primas empleadas para estas pruebas fueron:

- Biopolímero BILAC® suministrado por el Instituto de Biotecnología
- Leche entera pasteurizada y descremada
- Agua destilada
- Inulina Comercial
- Aceite de cocina

Los equipos utilizados en estas pruebas fueron: Balanza analítica, termómetro, baño termostático, tubos Falcon, cajas de Petri, centrifuga SORVALL®, nevera.

4.1.1 Fase 1: Índice de dispersabilidad: Con el fin de determinar la cantidad de biopolímero Bilac que se dispersa en un medio acuoso se empleará una modificación del método de Leach, Mc Cowen y Schoch (1959) utilizado para determinar el índice de dispersabilidad (SOL) en dispersiones de almidón²². Se trabajaron los siguientes medios dispersantes: Agua, Agua-Leche y Leche descremada y Leche entera. Para este método se realizó la metodología resumida en la Tabla 3:

Tabla 3. Determinación del Índice de Dispersabilidad del Bilac® al 5% a distintas temperaturas en dispersiones de agua destilada, agua potable, leche entera, leche descremada y mezcla agua-leche (50/50)

- Pesar varios tubos para centrifugación secos y limpios
- Medir 10 ml del líquido y colocarlos en un tubo para centrifugación. Pesar el tubo con el contenido.
- Pesar alrededor de 0.5 g del Bilac seco e introducirlos en tubo de centrifuga que contiene el líquido de dispersión.
- Agitar un poco el tubo hasta conseguir que el sólido quede totalmente mojado y sumergido dentro del líquido
- Realizar lo anterior con otros tubos de centrifuga con el mismo volumen de agua y someter cada tubo tapado durante 30 min a temperaturas de 4°C, 20°C, 40°C, 70°C, y 90°C en baño de agua termostático. Realizarlo por duplicado.
- Una vez transcurrido el tiempo para cada tubo, someterlo a centrifugación por 15 min a 3000 rpm
- Separar cuidadosamente el sobrenadante del sedimento colocándolo en media caja de Petri, previamente pesada.
- Colocar cada caja con los sólidos secos del sobrenadante en desecador y dejar un momento en reposo
- Colocar cada caja que contiene el sobrenadante a secar en estufa de vacío por 15 horas a 60°C
- Pesar cada caja de Petri que contiene los sólidos secos del sobrenadante hasta peso constante
- Por diferencia con el peso de la caja de Petri vacía, determinar el peso de los sólidos solubles en el sobrenadante.
- Con el dato de los sólidos secos solubles en el sobrenadante y los datos de temperatura, se promedian cada uno de los resultados obtenidos por duplicado y se obtiene la gráfica de índice de dispersabilidad del biopolímero vs. Temperatura para cada dispersión elaborada

²² MANDALA, 2003.

El índice de dispersabilidad se calculó como el porcentaje de masa de sólidos solubles secos en el sobrenadante con respecto a la masa total de sólidos que fue adicionada inicialmente para preparar la dispersión.

$$SOL = (Ws / Wo) \times 100$$

Donde, *SOL*= Índice de dispersabilidad, *Ws* = Peso de los sólidos solubles (g), *Wo* = Peso de la masa inicial seca adicionada.

Con este método se pudo determinar la dispersabilidad del biopolímero a partir de la masa de sólidos que lograron solubilizarse y la cantidad de líquido en el cual se dispersaron, retirando previamente la humedad inicialmente contenida en el biopolímero.

4.1.2 Fase 2: Capacidad de hinchamiento y retención de agua: Consiste en la propiedad de absorber o atrapar agua. Entre las fracciones de fibra con mayor capacidad de retención de agua tenemos las pectinas, los mucílagos y hemicelulosas. En los alimentos horneados, la alta capacidad de hidratación de una fibra permite la conservación de la frescura y suavidad por un tiempo más prolongado y dependiendo de la capacidad de retención, el alimento presentará variaciones en cuanto su adhesividad, capacidad de formación de conglomerados y el rendimiento. Esta propiedad está definida como la cantidad de agua en gramos que puede ser retenida por gramo de muestra. Para su determinación, se realizó la metodología descrita en la tabla 4.

Tabla 4. Determinación de Capacidad de hinchamiento del Bilac al 5% en agua a distintas temperaturas

- Pesar 0.5 gramos de muestra y se colocan en un tubo de ensayo al cual se adicionó un exceso de agua de 5 ml con agitación.
- A continuación se centrifuga el tubo por 15 min a 3000 rpm (revoluciones por min).
- Finalmente, se retira el sobrenadante y se pesa el sedimento.
- Para los tubos que contenían como líquido agua del procedimiento anterior, ahora, con el peso de los sólidos secos solubles y el peso inicial de Bilac que se tomó para cada tubo, por diferencia se determina el peso de sólidos secos que quedaron en el sedimento..
- Con el peso del sedimento hidratado y de los sólidos secos del sedimento, por división entre estos valores obtenemos el hinchamiento para cada muestra de sedimento

4.1.3 Fase 3: Capacidad de retención de aceite: Esta tiene un valor alto para las fibras con alto contenido de lignina y pectinas. Una elevada capacidad de retención de grasa mejora la textura de los productos, mientras que una baja retención reduce la sensación grasa, por ejemplo, en los productos freídos. De manera análoga como la capacidad de retención de agua, esta se define como la cantidad de aceite o grasa en gramos que puede ser retenida por 1 gramo de muestra y su determinación se realiza del mismo modo como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Determinación de la capacidad de retención del BILAC® al 5% en agua y en aceite

- Secar aprox. 10 g de BILAC® en estufa al vacío a 60°C por 15 horas. Colocar en desecador. Pesar el contenido hasta peso constante
- Pesar varios tubos para centrifugación secos y limpios
- Medir 10 ml del respectivo líquido y colocarlos en un tubo para centrifugación. Pesar el tubo con el contenido
- Dejar cada tubo de centrífuga con su contenido tapado y en reposo hasta el tiempo que este señalado para cada uno (5, 30 min, 1, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 42 y 48 horas).
- Pesar alrededor de 0.5 g del BILAC® seco e introducirlos en el tubo de centrífuga que contiene el líquido de dispersión. Agitar un poco el tubo hasta conseguir que el sólido quede totalmente mojado y sumergido dentro del líquido
- Una vez completado el tiempo, someter cada tubo a centrifugación 15 min a 3000 rpm y luego retirar cuidadosamente el sobrenadante, dejando sólo el sedimento húmedo.
- Pesar cada tubo que contiene el sedimento y por diferencia con el peso de cada tubo vacío sacar el peso del sedimento que retiene el respectivo líquido (agua o aceite).
- Determinar la capacidad de retención o hinchamiento del BILAC® dividiendo el peso del sedimento húmedo sobre el peso de sedimento seco. Graficar el hinchamiento o capacidad de retención vs. tiempo en minutos.

4.2 Elaboración de los productos horneados. Para la definición de los tipos de producto a elaborar se ensayaron diferentes formulaciones correspondientes a productos de panadería con el fin de establecer aquellas que por porción aporten la mayor concentración del biopolímero, conservándose en lo posible las características sensoriales estándar.

Se emplearon diferentes cantidades de biopolímero por porción (3, 4,5 y 7% de BILAC®), teniendo como referencia los niveles de adición de compuestos bioactivos de naturaleza similar (Inulina) y los valores reportados en diferentes trabajos. El ajuste de las formulaciones y elaboración de los productos se realizó a nivel de laboratorio experimental. La incorporación de BILAC® se trabajó en galletas de avena y minicakes. Estas pruebas se realizaron en las Instalaciones del laboratorio de Nutrición en la facultad de Medicina de la Universidad Nacional y las materias primas empleadas fueron:

Biopolímero BILAC® suministrado por el Instituto de Biotecnología

Ingredientes propios de cada preparación como Harina de trigo, avena en hojuelas, margarina, azúcar, huevos, sal, polvo de hornear, etc.

Los equipos utilizados en estas pruebas fueron: Balanza, estufas, horno eléctrico, nevera. Las Formulaciones utilizadas se pueden revisar en el anexo 1 y 2.

Con el fin de determinar la cantidad de biopolímero BILAC® que podría incorporarse a los productos horneados y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos preliminares, se utilizaron diferentes concentraciones, las cuales se añadieron a cada preparación en masa seca. En la tabla 6 se resume el orden de pasos para utilizar el BILAC® en las galletas y los minicakes:

Tabla 6. Orden de pasos para añadir el BILAC® en cada preparación

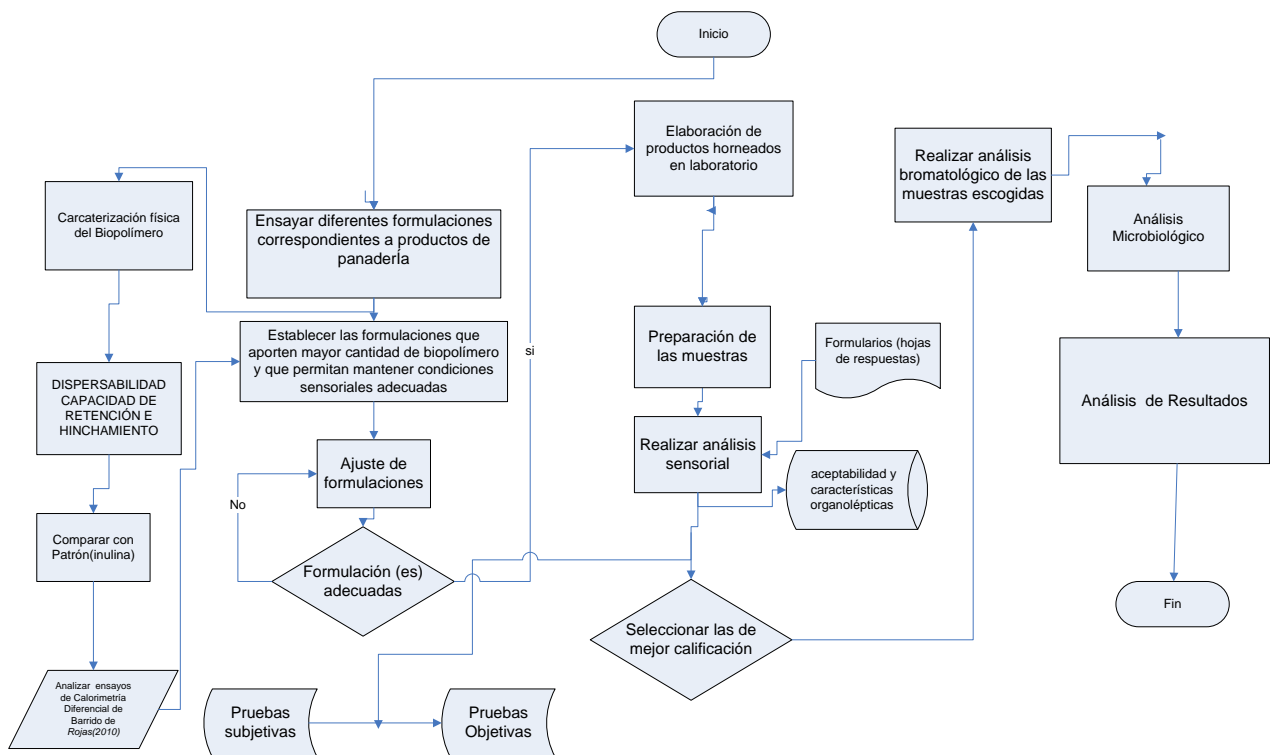
- Ensayar diferentes formulaciones base para obtener la formulación patrón
- Calcular con base en el total de ingredientes, el 3, 4, 5 y 7% de BILAC® para ser añadido en la preparación
- Mezclar los ingredientes en seco (harina, polvo de hornear, sal) y a esta mezcla añadir el BILAC®
- Añadir a esta mezcla los alimentos con alto porcentaje de humedad ya mezclados con anterioridad (azúcar, margarina, huevos)
- Añadir el resto de ingredientes propios de cada producto.
- Llevar a horneado

Luego de obtener la formulación patrón se procederá a realizar la evaluación sensorial de manera subjetiva entre panelistas no entrenados mediante evaluación por preferencia a fin de establecer, primero, su aceptabilidad y segundo, las

características organolépticas del producto, seleccionando las que presenten las mejores calificaciones. Se realizarán pruebas subjetivas.

Adicional al proceso anterior se elaborarán los respectivos cálculos, a partir de las formulaciones obtenidas, para elaborar mezclas de harina, BILAC®, margarina y agua; manteniendo las proporciones de las masas utilizadas para hacer cada producto a las cuales se les realizaron pruebas de Calorimetría diferencial de barrido para analizar la estabilidad del BILAC® según los aumentos de temperatura. Estos resultados se compararán con estudios de calorimetría hechos recientemente para el BILAC® por Rojas (2010) para determinar las temperaturas de horneado óptimas para los productos a realizar.

DIAGRAMA 1. METODOLOGIA GENERAL



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las etapas de la investigación; en primer lugar se presentan los resultados obtenidos en la determinación del comportamiento físico del biopolímero BILAC® en varios medios de dispersión: agua destilada, agua potable, leche entera, leche descremada y mezcla agua-leche (50/50), modificando la temperatura y tiempo de adición del polímero, posteriormente se presentan los resultados del proceso realizado en la segunda etapa de la investigación para el desarrollo de dos productos de panadería con adición del biopolímero.

5.1. Etapa1: Pruebas Preliminares

5.1.1 Determinación del índice de dispersabilidad (SOL)

$$\text{SOL} = (W_s / W_o) \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde, SOL= Índice de dispersabilidad

W_s = Peso de los sólidos solubles (g),

W_o = Peso de la masa inicial seca adicionada (g).

Para el caso de las muestras que contienen leche, el índice de dispersabilidad estará dado por:

$$\text{SOL} = \frac{\text{Peso de los sólidos solubles (del Bilac y de la leche)}}{\text{(Peso muestra de leche} \times (\% \text{ sólidos de la leche)} + \text{Peso Bilac adicionado)}} \quad (\text{Ec. 2})$$

(Peso muestra de leche x (% sólidos de la leche) + Peso Bilac adicionado)

Para cada muestra de leche se calcularon los sólidos presentes en esta, tal y como lo muestran las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7. Pesos reportados para las muestras de leche entera:

Peso de la muestra de leche Inicial (g)	Peso de la muestra de leche seca	% de sólidos presentes en la leche
10.0174	1.2121	12.10
10.1160	1.2190	12.05
9.9817	1.2108	12.13
	PROMEDIO	12.09

Tabla 8. Pesos reportados para las muestras de leche descremada:

Peso de la muestra de leche Inicial (g)	Peso de la muestra de leche seca	% de sólidos presentes en la leche
10.1038	0.9024	8.93
9.8114	0.0895	8.95
10.0280	0.9035	9.01
	PROMEDIO	8.96

Tabla 9. Para la mezcla Leche entera/Agua (50/50)

Peso de la muestra de leche/agua Inicial (g)	Peso de la muestra de leche/agua seca	% de sólidos presentes en leche/agua
9.7236	0.5883	6.05
9.6315	0.5789	6.01
9.6548	0.5889	6.10
	PROMEDIO	6.05

De este modo, con el peso de las muestras de leche, multiplicándolas por el porcentaje promedio de sólidos contenidos en estas podemos obtener la cantidad de sólidos contenidos en cada muestra de leche y utilizar este dato en la Ec. 2 para obtener el índice de dispersabilidad (SOL).

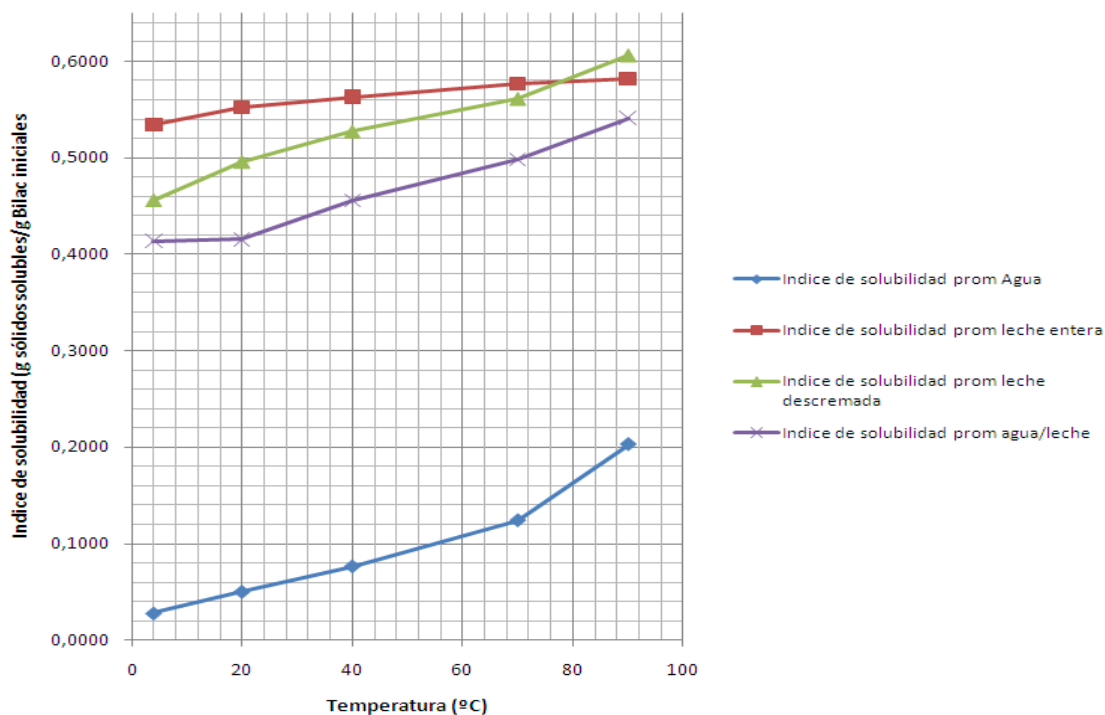


Ilustración 1. BILAC® disperso en agua después de distintos lapsos de tiempo

Análisis

Como lo muestra la tabla 10 y de acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación del índice de dispersabilidad, capacidad de hinchamiento y retención del Bilac en dispersiones al 5% de agua destilada y potable, leche entera y descremada, mezclas de agua/leche entera (50/50) y aceite, se encontró que para las dispersiones tanto en agua destilada como en agua potable, el comportamiento es muy semejante siendo ligeramente mayor el índice de dispersabilidad e hinchamiento para las dispersiones de BILAC® en agua destilada con respecto a las del agua potable, posiblemente debido a alguna interferencia que tiene el biopolímero en dispersión con los iones presentes en el agua potable como cloro y magnesio. Las dispersiones de BILAC® en agua evidenciaron un índice de dispersabilidad menor que las dispersiones con inulina en la cual se observa dispersión por encima de un 80% en bajas temperaturas, a 90°C se observa un valor cercano al 90%. El BILAC® bajo estas condiciones presentó una dispersión del 20%.

Tabla 10. Índice de dispersabilidad al 5% BILAC®

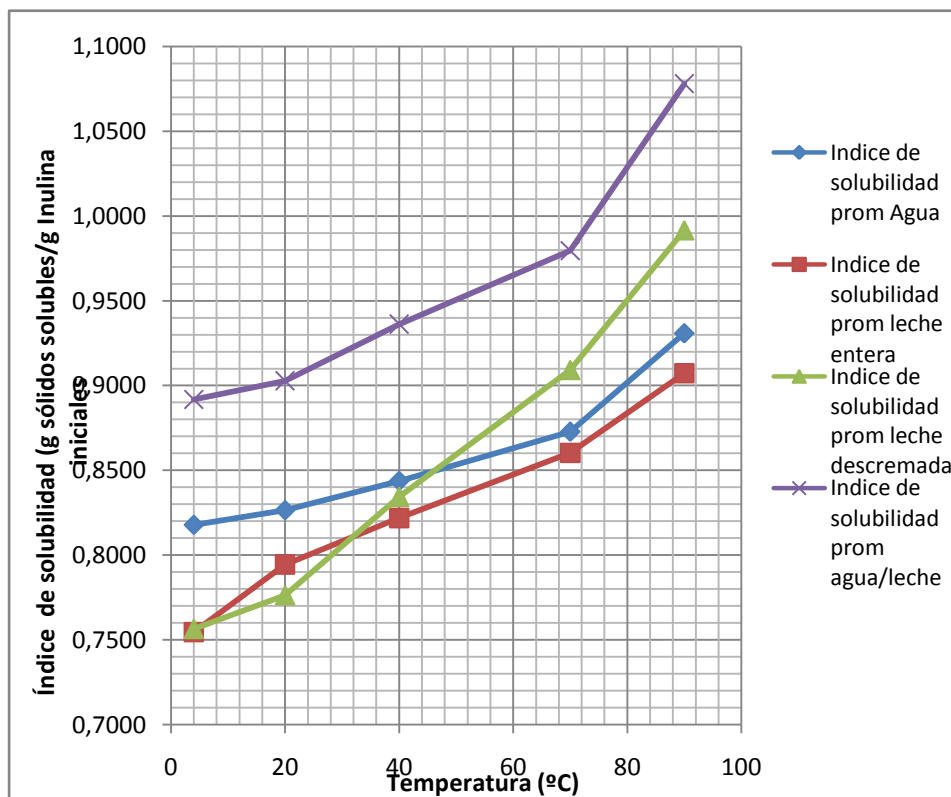


Para las dispersiones en leche entera, leche descremada y mezclas de agua/leche entera (50/50), las cuales se caracterizan por tener fases dispersantes constituidas por emulsiones de aceite/agua (o/w), reportan valores de índice de dispersabilidad mucho más altos que los vistos en los índices de dispersabilidad para el agua, ya que en estas muestras están contenidos los sólidos de la leche.

De esta manera a medida que la cantidad de sólidos solubles disminuye entre las distintas fases dispersantes (12.09 % para la leche entera, 8.96 % para la leche descremada y 6.05 % para las mezclas de agua/leche) el comportamiento de las gráficas va tomando cada vez más un comportamiento más exponencial y más semejante al visto en las muestras de agua. Se observa entonces, que con el aumento en la proporción de agua en las muestras que contienen leche (siendo mayor para la mezcla agua/leche, luego la leche descremada y la menor en la leche entera) aumenta la cantidad dispersada de BILAC® y es aún mayor con el aumento de la temperatura. Esto es coherente con lo reportado en trabajos anteriores que indican que el BILAC® es prácticamente insoluble en medios oleosos y/o muy poco polares, y de ahí que no se vea muy favorecida su dispersabilidad en leche entera, la cual contiene la mayor proporción grasa en comparación con el resto de fases dispersantes.

Por otro lado, la inulina muestra un comportamiento diferente, tal y como se ve en la Tabla 11, las dispersiones de Inulina en agua potable mostraron una facilidad de dispersión muchísimo mayor que las dispersiones de Bilac, observándose que desde la primera temperatura (4°C) este se dispersó por encima de un 80% y al llegar a la máxima temperatura de ensayo (90°C) esta alcanzó a tener un poco más del 90% en dispersión mientras el Bilac tan solo alcanzó a dispersarse en un 20% en este medio dispersante.

Tabla 11. Índice de dispersabilidad al 5% Inulina Comercial



Las muestras de Inulina en los medios de leche entera, leche descremada y mezclas agua-leche (50%/50%) sometidas a las mismas temperaturas crecientes como las muestras en agua mostraron fácil dispersión, pero al igual que el BILAC®, su índice de solubilidad fue menor que en el agua, ya que en las curvas de las muestras de leche no se descartaron la cantidad de sólidos solubles presentes en estas inicialmente. De este modo, a medida que disminuyen la cantidad de sólidos solubles y la cantidad de grasa presentes en las muestras de leche y aumentaba la cantidad de agua disponible en estos medios de dispersión la facilidad de dispersión la inulina se incrementaba.

5.1.2 Capacidad de hinchamiento, retención de agua y aceite:

La determinación de la Capacidad de hinchamiento, retención de agua y aceite fueron realizados tanto para BILAC® como para Inulina Comercial con miras a mantener la inulina como patrón de referencia para analizar el comportamiento del biopolímero. Estas determinaciones se realizaron con las ecuaciones referenciadas a continuación:

Determinación de la Capacidad de retención (RC) en agua

$$RC = (W_{sh} / W_o) \times 100$$

Donde, RC = Capacidad de retención

W_{sh} = Peso del sedimento hidratado (g)

W_o = Peso de la masa inicial seca adicionada (g)

Determinación del Hinchamiento (SP) en agua

$$SP = (W_{sh} / W_{ss}) \times 100$$

Donde, SP = Hinchamiento en agua

W_{sh} = Peso del sedimento hidratado (g)

W_{ss} = Peso del sedimento seco (g)

Como lo muestra la Tabla 12, en la determinación de la capacidad de retención e hinchamiento del BILAC® a través del tiempo y en medios dispersantes de agua (destilada y potable) y aceite, de modo análogo a lo ocurrido a distintas temperaturas, estos van aumentando hasta alcanzar su valor de retención máxima y finalmente disminuyen por efecto de la dispersión del BILAC® en el medio. Es de aclarar que el método por secado no garantiza la evaporación del aceite en las condiciones que fueron definidas para las muestras (60°C por 15 horas), motivo por el cual no se pudo determinar el hinchamiento en aceite.

Se aprecia también que la mayor capacidad y velocidad de retención en el tiempo se da en el agua al comportarse este biopolímero como un polímero hidrófilo y al ver que alcanza su máximo de retención a las 12 horas aprox. (722 min) en comparación con el aceite a las 36 horas aprox. (1262 min). Estos resultados confirman una vez más que la dispersión del BILAC® se facilita mucho más en

medios acuosos que en medios oleosos. (Tabla 13). De hecho, en las dispersiones en medios oleosos se observa que el aceite dificulta la aglutinación y el hinchamiento del BILAC®, observándose los sedimentos centrifugados de estas preparaciones con aspecto terroso o como gránulos lubricados.

Tabla 12 Hinchamiento del BILAC 5% en agua destilada

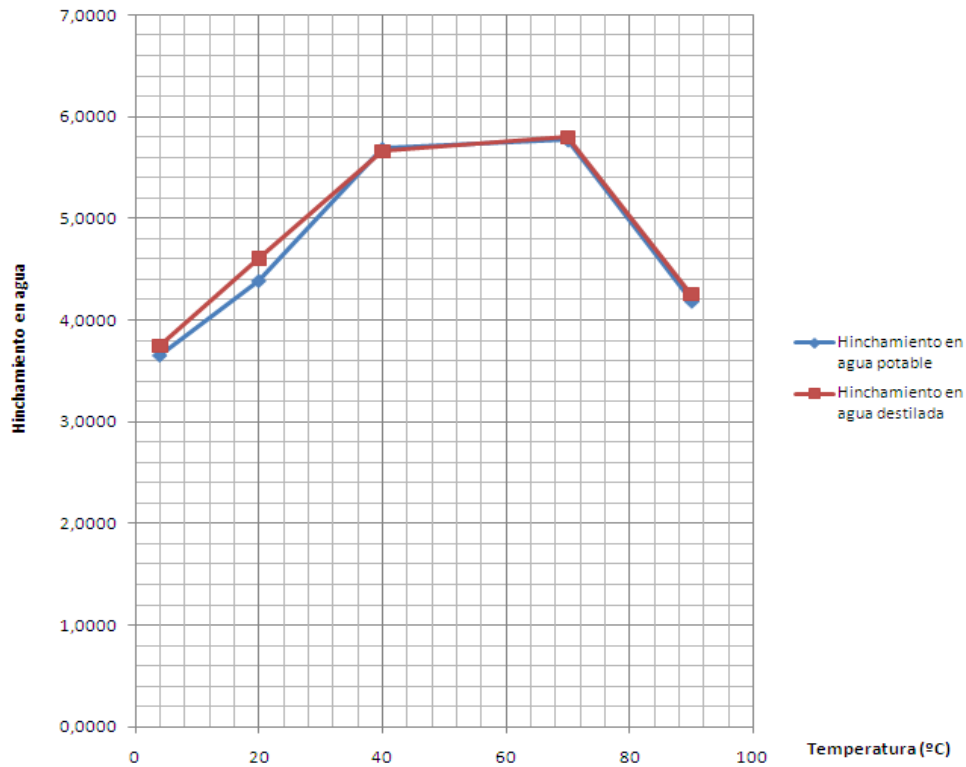
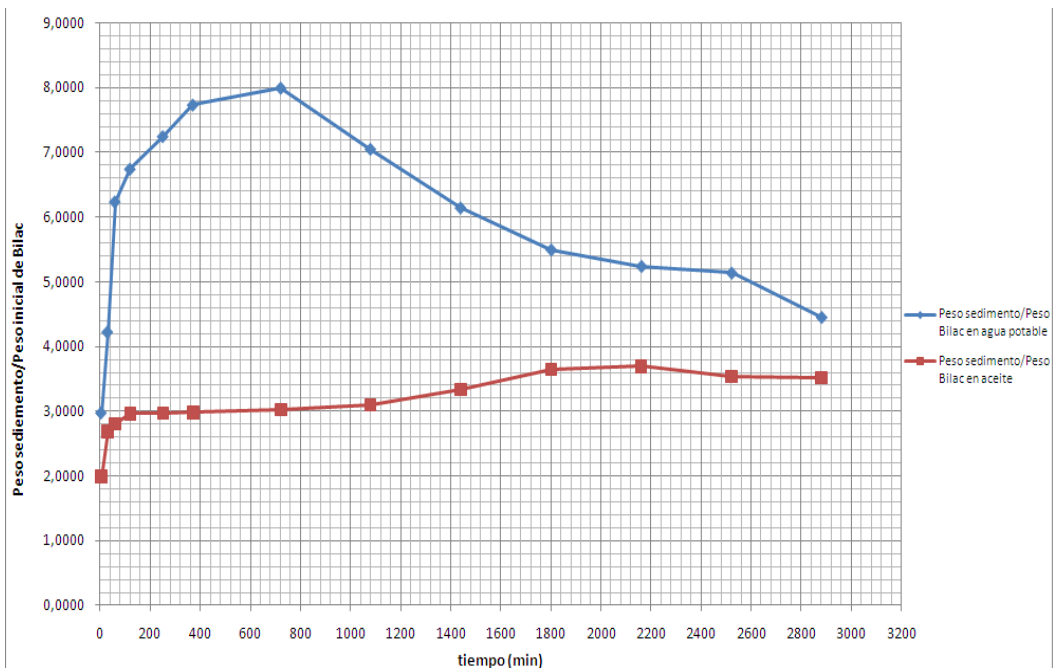
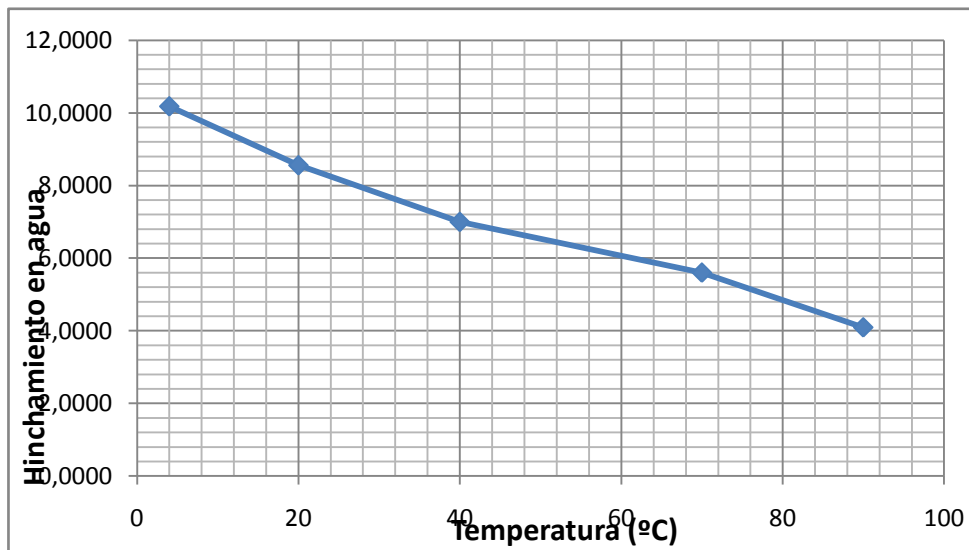


Tabla 13 Capacidad de retención del BILAC® en agua y aceite



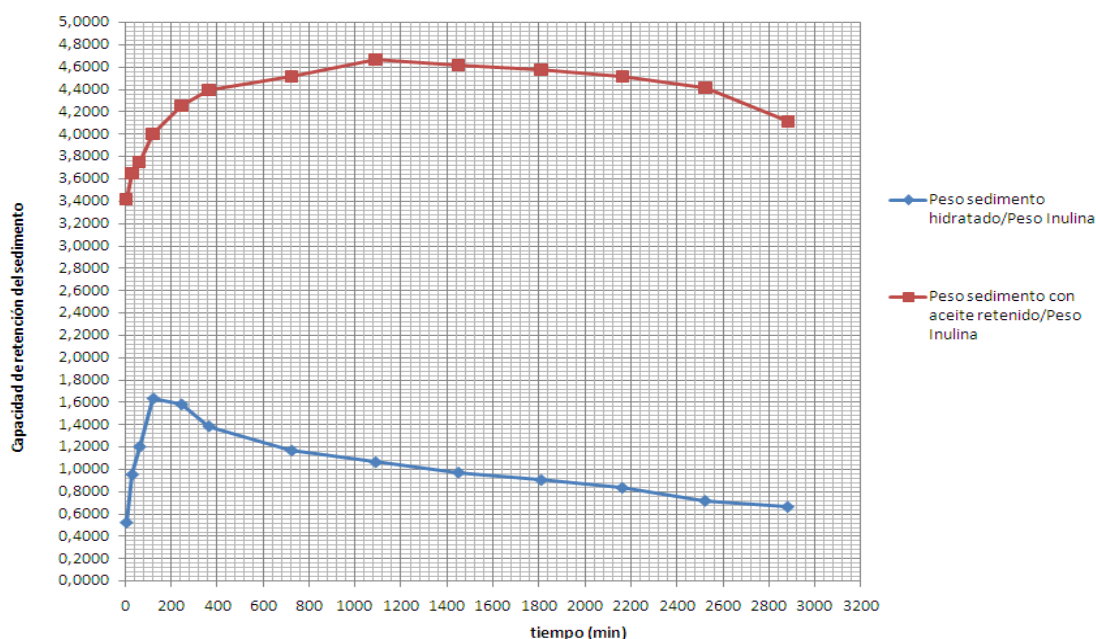
Sin embargo, al comparar las tablas 12 y 14 se observa que la inulina inicia su dispersión a baja temperatura (4°C) en donde a su vez alcanza el mayor valor de hinchamiento, a diferencia del BILAC® que alcanzó su máximo valor de hinchamiento a 70°C; y luego de alcanzar esta temperatura si empezó su completa dispersión.

Tabla 14. Hinchamiento de la Inulina en agua potable a distintas temperaturas



Por otro lado, y como lo muestra la Tabla 15, la mayor capacidad de retención para la Inulina en agua se observó a los 120 min (2 horas), y después de este tiempo, ésta empieza su proceso de dispersión con mayor facilidad. En aceite, la Inulina mostró su mayor capacidad de retención luego de los 1080 min (aproximadamente a las 18 horas), siendo muchísimo más difícil su dispersabilidad en aceite que en agua, como se esperaba, pero su capacidad de retención, mayor en este último medio.

Tabla 15. Capacidad de retención de Inulina en agua y aceite de cocina a distintos tiempos y a temperatura ambiente (18°C)



Cabe notar que en estos ensayos no se evaluó el efecto de la agitación en la dispersabilidad de estas preparaciones.

5.2. Etapa 2: Elaboración de productos horneados

En esta etapa se desarrollaron dos productos de panadería, con el propósito de obtenerlo como un vehículo para el biopolímero BILAC®, por medio del desarrollo de varias pruebas preliminares y ensayos finales con aquellas que toleren mayor cantidad de polímero adicionado en su formulación sin afectar sus características sensoriales. Los resultados a continuación muestran el comportamiento del biopolímero BILAC® en productos de panadería como lo son galletas de avena y minicakes. Estos productos se obtuvieron ensayando varias concentraciones del biopolímero BILAC®.

5.1.1. Determinación de formulaciones base: Las formulaciones base se obtuvieron mediante ensayos con diferentes productos de panadería como galletas, minicakes, almojábanas, muffins, entre otros. En los ensayos se evidenció que las galletas de avena y minicakes eran preparaciones fáciles de modificar, pues era fácil alcanzar una textura uniforme y que cumplieran a su vez con condiciones de alta calidad sensorial.

5.1.1.1 Formulación base de galletas de avena: Para la formulación base de galletas de Avena se realizaron modificaciones a recetas caseras, principalmente en cuanto al contenido de grasa, pues al ensayar las recetas caseras estas presentaban en el producto final una sensación grasosa por lo que se disminuyó el contenido de mantequilla en la preparación patrón. También se tornó un poco insípida, por lo que también se modificó la cantidad de uvas pasas que se agregaban a la preparación.

5.1.1.2. Formulación base de minicakes: Para la formulación base de minicakes se realizaron modificaciones a recetas caseras, principalmente en cuanto al contenido de humedad, pues al ensayar las recetas caseras estas presentaban en el producto final una textura un poco seca, por lo que se aumentó la cantidad de huevo agregado a la preparación. También se realizaron modificaciones para obtener un centro de chocolate más sólido, por lo que se añadió crema de leche a este para darle más estabilidad.

5.1.2. Determinación de temperaturas de horneó:

Por otro lado, las temperaturas de horneó que se utilizaron se determinaron mediante pruebas de Calorimetría diferencial de barrido realizadas a:

Muestras de BILAC® con diferente porcentaje de humedad

Mezclas que contenían BILAC®, margarina, harina y agua en proporciones similares a la masa usada para la elaboración de los productos.

La masa utilizada para la elaboración de los productos finales (galletas de avena y minicakes)

5.1.2.1. Evaluación de la estabilidad térmica del biopolímero y de las formulaciones a las que se incorporó

En principio, se realizó un análisis termogravimétrico (TGA), el cual es una técnica que mide la variación de masa en un compuesto en función de la temperatura. Las variaciones de temperatura no siempre implican un cambio en la masa de la muestra; existen sin embargo cambios térmicos que sí se acompañan de un cambio de masa, como la descomposición, la sublimación, la reducción, la absorción y la vaporización. Este TGA se realizó con el fin de observar el comportamiento general y la estabilidad térmica del Bilac® a elevadas temperaturas (hasta los 500°C), y como lo registra la Ilustración 2, el Bilac® solo resiste temperaturas que no van más allá de los 300°C, pues se evidenció que a los 293°C se presenta un descenso en la curva consecuente a la pérdida de masa que se generan durante la descomposición de la muestra. Con este resultado,

se definió la temperatura máxima de trabajo (300°C) para los ensayos que siguen por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).

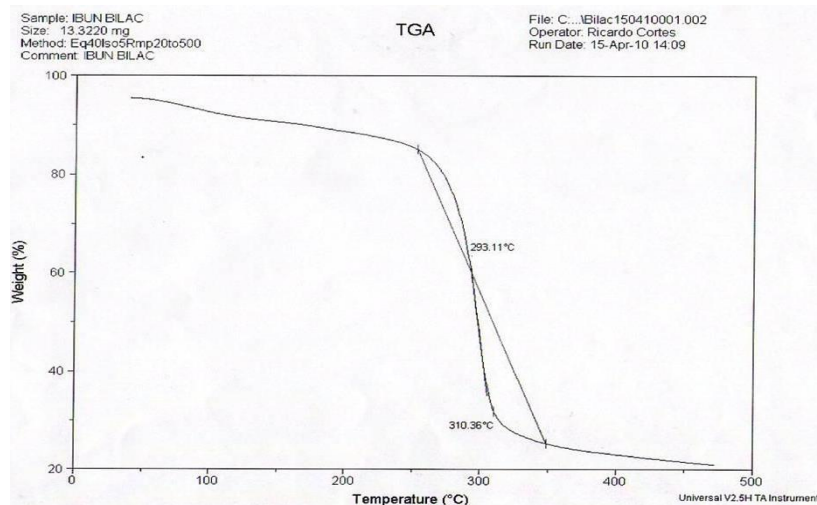


Ilustración 2. TGA para Bilac® seco.

Para las pruebas de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) se tomaron 2 muestras por cada producto (galletas de avena y minicakes), en la primera prueba se preparaba una mezcla de BILAC® con agua, harina y margarina; mientras que en la segunda prueba se realizaba DSC a una muestra tomada de la masa con la que elaboraba el producto final, es decir con los demás ingredientes de la preparación patrón.

Los termogramas obtenidos por DSC para las muestras de BILAC® con contenidos de humedad de 0% (ilustración 3), 10% y 20% (ilustración 4) indican que el biopolímero en estado puro y seco presenta una temperatura de transición vítrea de 58.06°C, una temperatura máxima de fusión de 182.80 °C y se descompone a finalmente a los 277.05°C y a medida que aumenta el contenido de humedad, la temperatura de transición vítrea disminuye mientras la de fusión aumenta, indicando que el agua tiene un efecto plastificante y estabilizante sobre la masa de biopolímero.

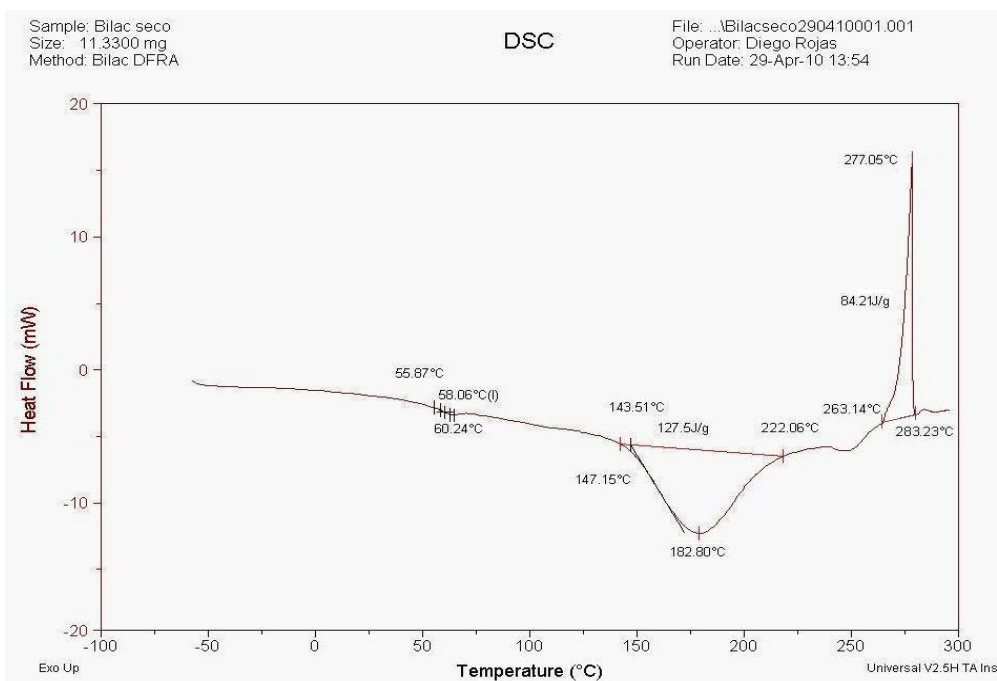


Ilustración 3. Termograma DSC BILAC seco*

**Tomado De Resultados Preliminares de pruebas de Calorimetría diferencial de barrido Por Diego Rojas Estudiante De Química Farmacéutica de La Universidad Nacional De Colombia*

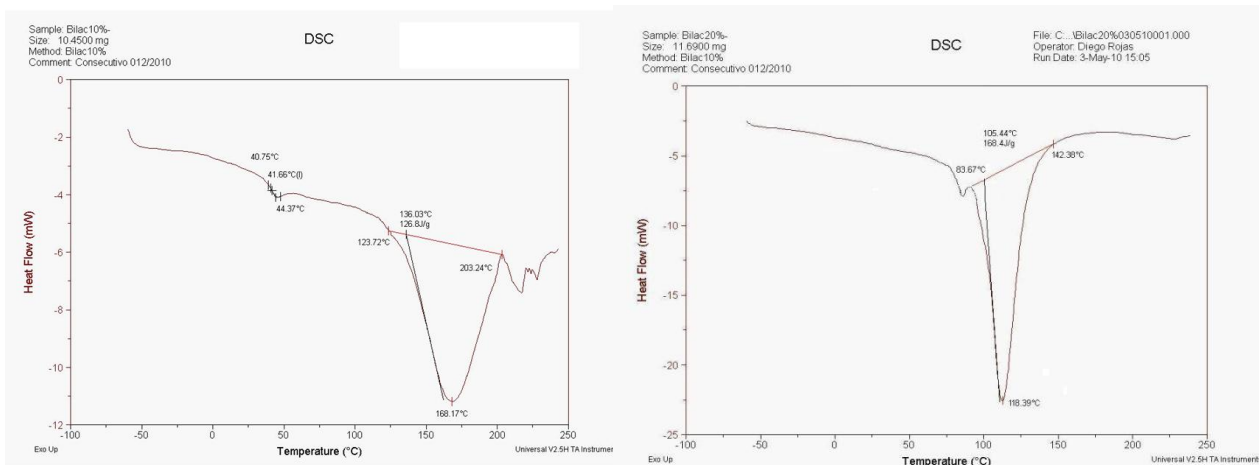


Ilustración 4. Termogramas DSC BILAC 10 y 20% de humedad

Dicho efecto que tiene el agua al igual que otros polioles, se debe a que cuando ocurre el paso del estado amorfo del biopolímero (en el cual las cadenas poliméricas que constituyen la estructura del sólido se encuentran distribuidas en un orden aleatorio) al estado semi-cristalino, (en donde, cierto porcentaje de la cantidad total del sólido en sus cadenas poliméricas, sufre una transición y conforma una estructura mucho más ordenada), las moléculas de agua actúan insertándose entre tales cadenas poliméricas, y por el hecho de ser un compuesto de carácter polar, establece interacciones por puentes de hidrógeno con los grupos polares de la estructura polimérica, pasando el biopolímero de ser de carácter duro y quebradizo a una estructura mucho más flexible y elástica, debilitándose las interacciones intermoleculares entre las cadenas poliméricas, con lo cual la transición vítrea y la fusión se presentan a menores temperaturas. Las moléculas de agua, además, confieren un efecto de “protección térmica” que protege al biopolímero de la acción del calor, aumentando el tiempo y la temperatura a la que suele descomponerse, por lo cual, en los termogramas de las muestras con humedad, ya no se evidencian los picos de los procesos exotérmicos de descomposición.

Al comparar los termogramas se evidencia que la estabilidad térmica varía con los ingredientes que acompañan al biopolímero en la preparación.

El termograma de la muestra de galleta (Ilustración. 5) indica que la mezcla con adición de Bilac[®], no muestra el evento de descomposición del biopolímero (el

cual se registro entre 263°C y 283°C). De la misma forma en la endoterma ensanchada se ven los fenómenos de gelatinización, pérdida de birrefringencia del almidón de la harina y la fusión del Bilac[®]. El termograma DSC para el control de galleta con Bilac[®] al 3% (Ilustración 6) comparado con el de la muestra de galleta da evidencia de que el Bilac[®] en mezcla con tan solo harina, margarina y agua, presenta una temperatura de fusión menor que en la mezcla total y por lo tanto, el Bilac[®] presenta mayor estabilidad térmica en cuanto se incluyan más ingredientes en la formulación del alimento horneado ya que entre estas temperaturas, el biopolímero está finalizando su fusión, de lo cual puede inferirse que, los componentes de cada preparación proporcionan una mayor estabilidad al BILAC[®].

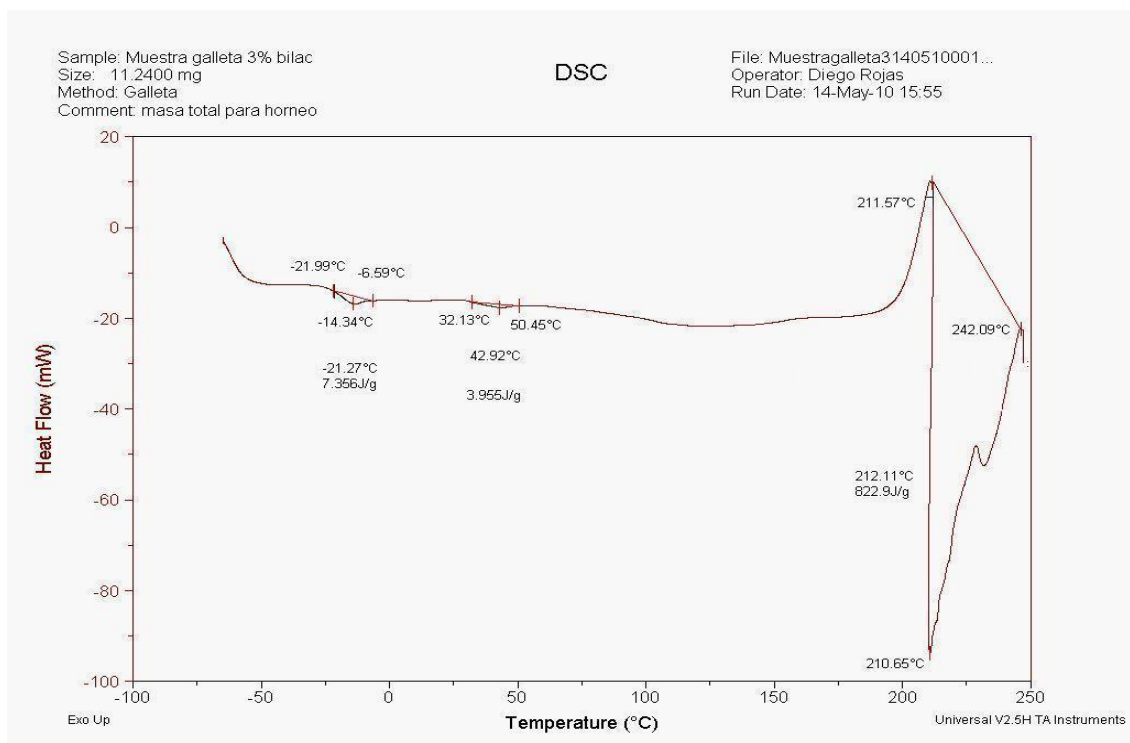


Ilustración 5. Termograma DSC de la masa con la que se elaboraron galletas de avena*

*Tomado De Resultados Preliminares de pruebas de Calorimetría diferencial de barrido Por Diego Rojas Estudiante De Química Farmacéutica de La Universidad Nacional De Colombia

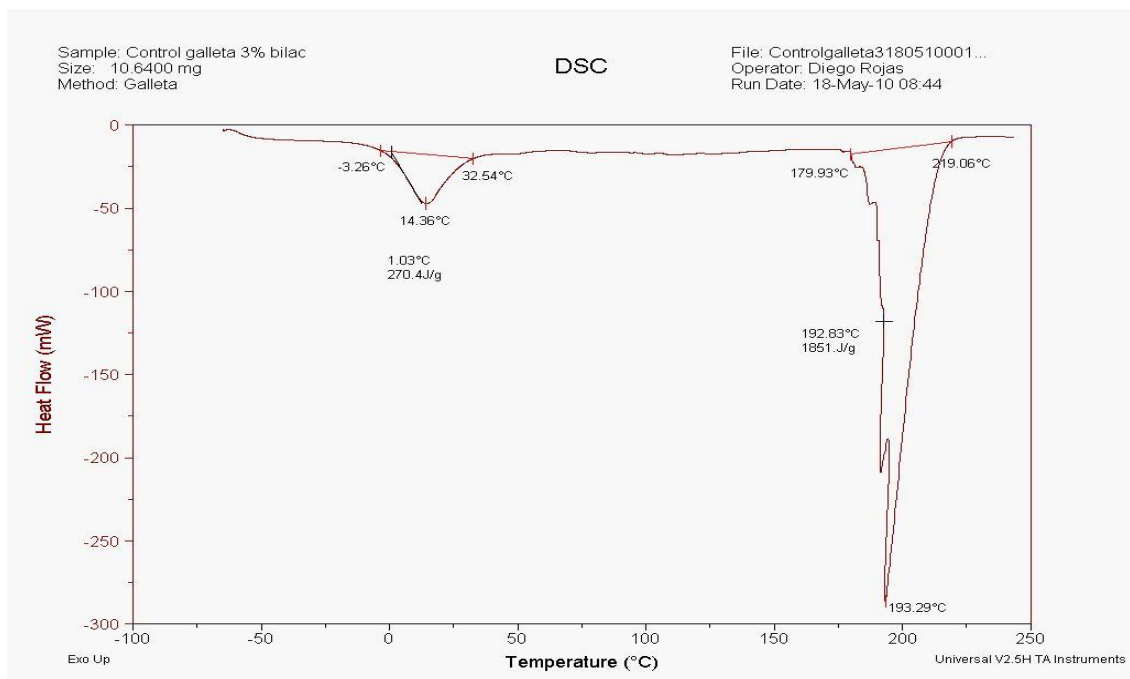


Ilustración 6. Termograma DSC de la mezcla de Bilac 3%, agua, harina y margarina para galletas*.

*Tomado De Resultados Preliminares de pruebas de Calorimetría diferencial de barrido Por Diego Rojas Estudiante De Química Farmacéutica de La Universidad Nacional De Colombia

Los termogramas que corresponden para la muestra y el control de minicakes (ilustraciones 7 y 8) con el mismo porcentaje adicionado de BILAC® evidenciaron un comportamiento similar al de las galletas, pues los picos para los procesos endotérmicos de fusión de los ingredientes se dan a temperaturas más altas para la muestra de masa del minicake que para la mezcla de agua, Bilac®, harina y margarina que simulaba la masa del mismo.

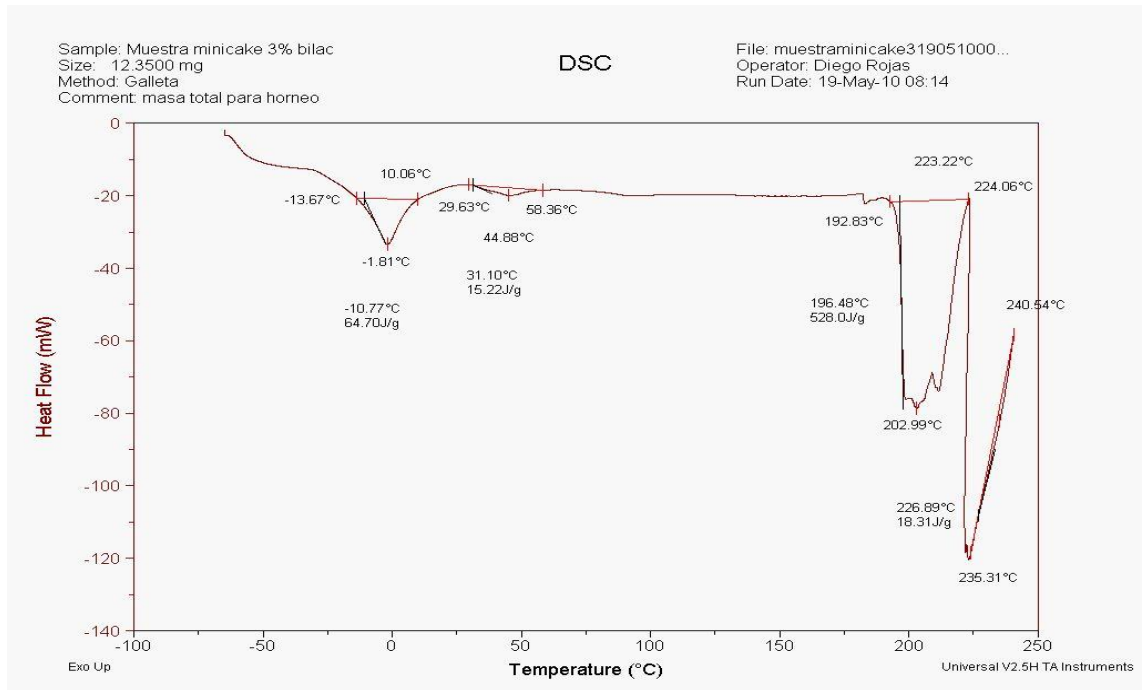


Ilustración 7. Termograma DSC de la masa con la que se elaboraron los minicakes*

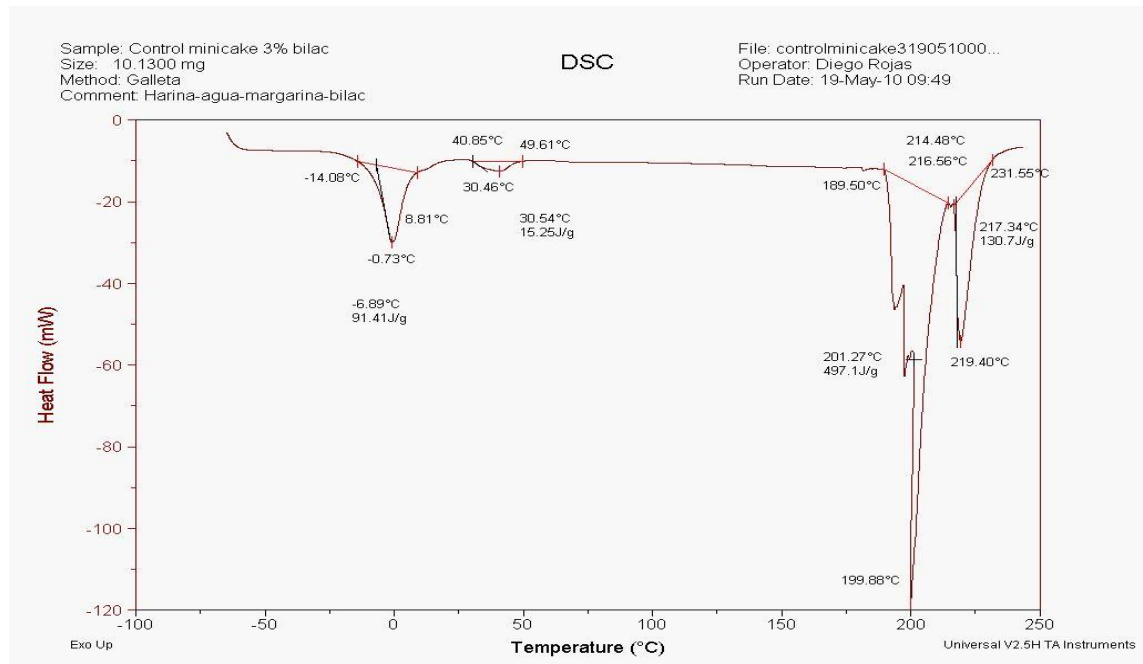


Ilustración 8. Termograma DSC de la mezcla de Bilac 3%, agua, harina y margarina para minicakes.*

*Tomado De Resultados Preliminares de pruebas de Calorimetría diferencial de barrido Por Diego Rojas
 Estudiante de Química Farmacéutica de La Universidad Nacional De Colombia

De esta manera se determinó que las temperaturas de horneado deberían mantenerse por debajo de los 190 °C para mantener la estabilidad del BILAC® en el producto. Para galletas se manejaron temperaturas de horneado de: 137°C. Por 30'. Y para Minicakes 160° C por 40'.

5.1.3 Ensayos de formulaciones con diferentes concentraciones de BILAC®

Luego de establecer la estabilidad térmica del biopolímero se procedió a ensayar diferentes formulaciones base para diferentes productos horneados con el fin de establecer un patrón que cumpla con unos estándares de calidad sensorial. Se estableció formulación patrón en dos productos de panadería: Minicakes y galletas de avena mediante diferentes ensayos. Se elaboraron los productos con esta formulación y con adición de BILAC® en concentraciones de 3, 4, 5 y 7 %. Finalmente y luego de realizar pruebas de aceptabilidad sensorial entre diferentes consumidores, los productos con adición de un 4% de BILAC® fueron los más aceptados.

5.1.3.1. Diferentes concentraciones de BILAC® en Galletas de Avena

Se elaboraron Galletas de avena con la formulación patrón y luego se adicionó BILAC® en concentraciones de 3, 4, 5 y 7 %.



En cuanto a la consistencia de las masas, esta cambiaba a medida que iba aumentando la cantidad de BILAC®, pues el biopolímero le confiere a la masa una textura más dura y difícil de amasar. Sin embargo, como se ve en la Ilustración 9, al realizar el horneado, se observó que aquellas galletas con adición de BILAC® presentaban mejor apariencia que el patrón.

Ilustración 9. Galletas de avena con diferentes concentraciones de BILAC®

Al observar las diferencias en las masas, se optó por modificar la humedad de la masa que tenía 4%, mediante el aumento de la cantidad de huevo a adicionar en la preparación. De esta manera se ajustó la formulación de las galletas y se procedió a realizar el análisis sensorial de diferentes muestras con diferentes contenidos de BILAC®.

En cuanto a las preparaciones con concentraciones iguales o mayores al 5%, no se optó por modificar su humedad pues el BILAC® enmascaraba demasiado su

sabor y modificaba su textura de tal manera que era la adición de más huevo o agua para modificar la humedad resultaba inoficioso.

5.1.3.1.1. Análisis sensorial muestra final de galletas

Se elaboraron las muestras finales y se procedió a realizar el análisis sensorial con 20 panelistas, estudiantes de la facultad de medicina de la Universidad Nacional, con edades entre 18 y 25 años. Donde las muestras se marcaron con una letra diferente cada una y los panelistas no tenían conocimiento de la adición de fibra al producto. No hubo distinción por género. Los resultados del análisis sensorial se presentan a continuación, teniendo en cuenta el porcentaje de preferencia.

Donde:

D: CONTIENE 3% BILAC®

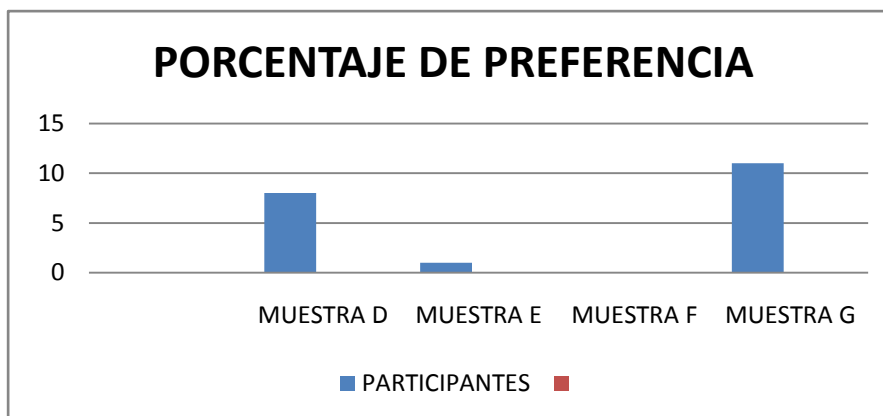
E: CONTIENE 5% BILAC®

F: CONTIENE 7% BILAC®

G: CONTIENE 4% BILAC®

5.1.3.1.1.1. Preferencia

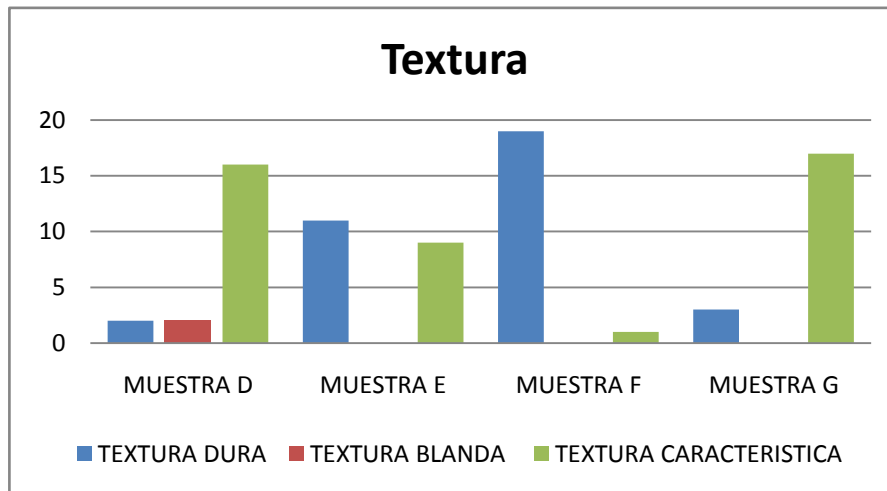
Tabla 16. Porcentaje de preferencia para Galletas de avena



En cuanto a la preferencia el 55% de los panelistas prefirieron la muestra G mientras que el 40% se inclinó por la muestra D mostrando así que las muestras con más del 5% de BILAC no son aceptadas por el público consumidor. Adicional a esto ningún panelista prefirió la muestra F.

5.1.3.1.1.2 Textura:

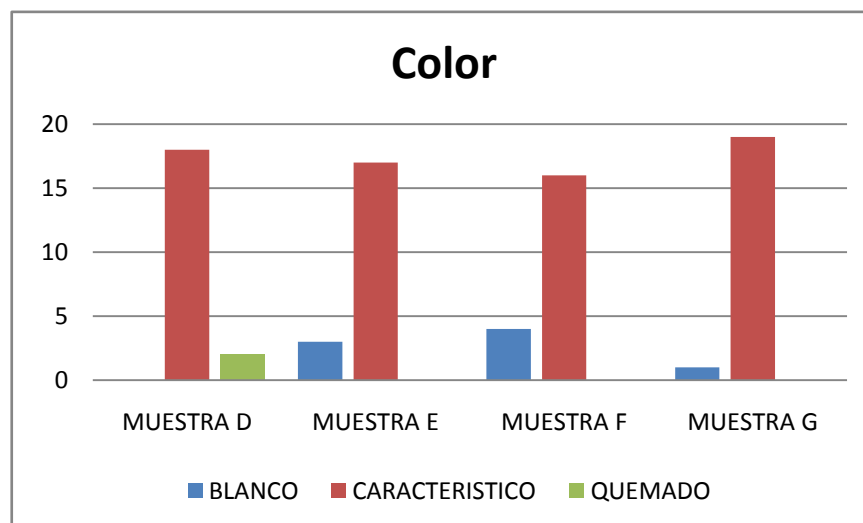
Tabla 17. *Análisis de Textura para Galletas de Avena*



Como se registra en la Tabla 17, la mayoría de los panelistas (85%) determinaron que la textura más característica es la de la muestra G. En cuanto a la textura de la muestra F la mayoría de los panelistas la catalogaron como dura comparada con el patrón.

5.1.3.1.1.3 Color:

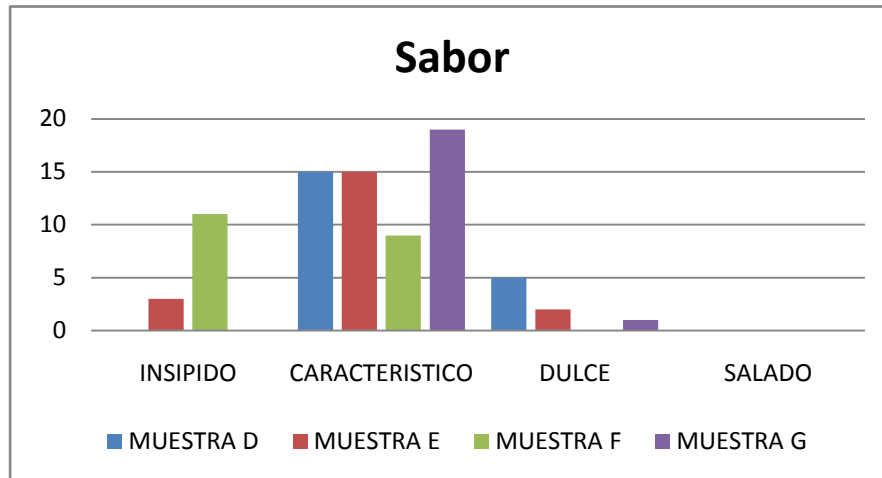
Tabla 18. *Análisis de Color para Galletas de Avena*



Todas las muestras fueron catalogadas por la mayoría de los panelistas como aceptables en cuanto al color (Tabla 18). Sin embargo, nuevamente la muestra F fue la que menor aceptabilidad tuvo, ya que el color que se evidenciaba dentro del producto era un poco blancuzco en comparación con las demás muestras.

5.1.3.1.1.4. Sabor

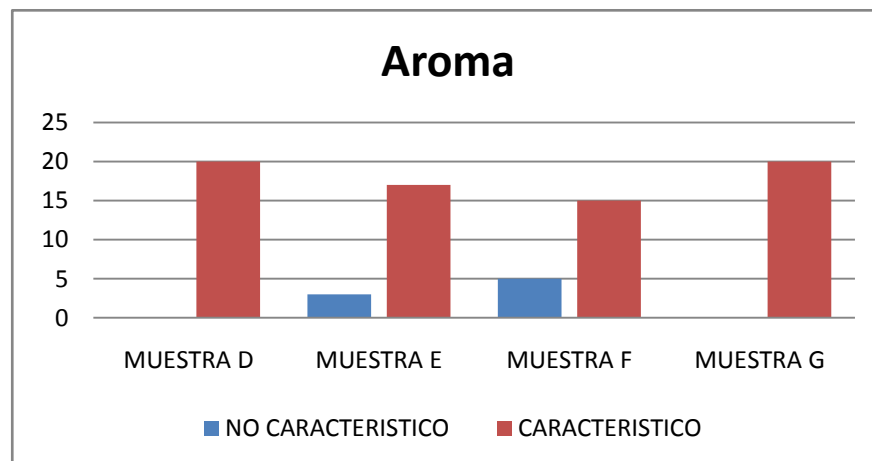
Tabla 19. Análisis de sabor para Galletas de Avena



Como lo registra la tabla 19, los panelistas determinaron que la muestra G era la más aceptada en cuanto a sabor comparada con el patrón. Adicional a esto la muestra D (3% de BILAC®) fue catalogada por algunos panelistas como dulce. Ninguna de las muestras fue catalogada como salada.

5.1.3.1.1.5. Aroma

Tabla 20. Análisis de Aroma para Galletas de avena



En cuanto al aroma, la muestra D y la muestra G no fueron catalogadas por ningún panelista como no características. Sin embargo el 25% de los panelistas catalogaron la muestra F como no característica. Lo cual hace percibir que el BILAC® no enmascara en gran medida el aroma específico de este producto.

5.1.3.2. Diferentes concentraciones de BILAC® en Minicakes

Se elaboraron Minicakes con la formulación patrón y luego se adicionó BILAC® en concentraciones de 3, 4, 5 y 7 %.

En cuanto a la consistencia de las masas, esta cambiaba notablemente a medida que iba aumentando la cantidad de BILAC®, pues el biopolímero le confiere a la masa una textura más dura y difícil de amasar, y en comparación con las galletas de avena, por la dureza que presentaban las masas con 5 y 7% de BILAC®, esta masa era más difícil de incorporar a los moldes. Así, pues, al comparar las masas con diferentes adiciones de BILAC®, se evidenció que los mayores cambios sensoriales se observan más en los minicakes que en las galletas de avena, pues el manejo de las masas para preparar galletas era fácil y casi independiente de la concentración de BILAC®, mientras que para los minicakes el proceso de amasado se dificultó puesto que se presenta una textura seca que aumenta considerablemente conforme aumenta la concentración de BILAC® en la misma. Por lo mismo, a continuación en la tabla 21 se comparan los principales cambios que el BILAC® genera sobre la masa utilizada para minicakes. **Tabla 21. Comparación de masas utilizadas para minicakes**

PATRON	3% BILAC	5%BILAC	7%BILAC
			
<ul style="list-style-type: none"> -Masa fácil de amasar -Se moldea fácilmente -Tiene alta humedad -Presenta aroma característico 	<ul style="list-style-type: none"> -Masa un poco más uniforme -Presenta algunos grumos -Con el tiempo se torna un poco dura 	<ul style="list-style-type: none"> -Masa difícil de amasar - Es demasiado compacta y presenta grumos 	<ul style="list-style-type: none"> Masa demasiado dura y seca, cambia su aroma y por ser más compacta es difícil de incluir en los moldes de minicakes. -Presenta poca humedad

5.1.3.2.1. Análisis sensorial muestra final de minicakes

Se elaboraron las muestras y se procedió a realizar el análisis sensorial con 20 panelistas, estudiantes de la facultad de medicina de la Universidad Nacional, con edades entre 18 y 25 años. Donde las muestras se marcaron con una letra diferente cada una y los panelistas no tenían conocimiento de la adición de fibra al producto. No hubo distinción por género. Los resultados del análisis sensorial se presentan a continuación, teniendo en cuenta el porcentaje de preferencia.

Donde:

D: CONTIENE 3% BILAC®

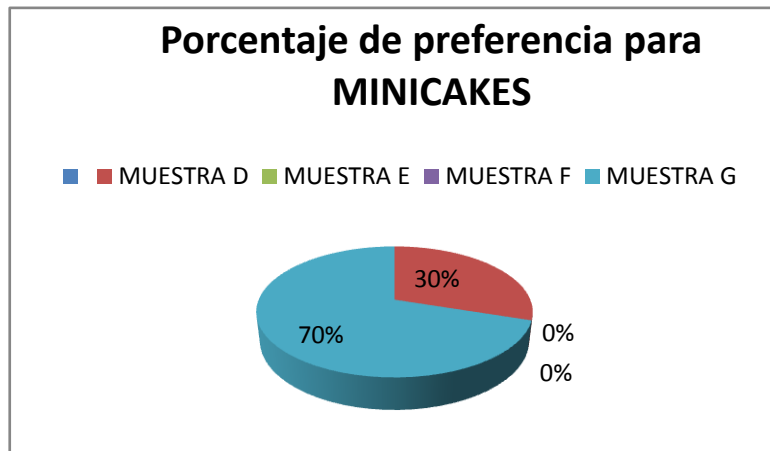
E: CONTIENE 5% BILAC®

F: CONTIENE 7% BILAC®

G: CONTIENE 4% BILAC®

5.1.3.2.1.1. Preferencia

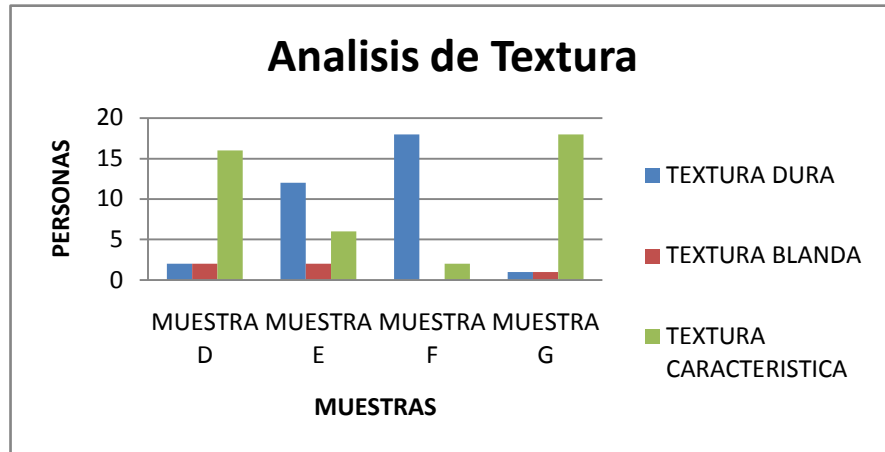
Tabla 22. Porcentaje de preferencia para minicakes.



Como lo muestra la gráfica 22, el grado de aceptabilidad de las tres muestras es bastante diferente, lo cual sugiere que aquellas muestras que fueron adicionadas con el biopolímero en más del 5% no son aceptadas por los consumidores. En el caso de la muestra G (4% de BILAC), el 70% de los participantes lo calificaron como el más aceptado entre todas las muestras. Finalmente, para la muestra D (3% BILAC), le fue otorgado algún grado de aceptabilidad por el 30% de los participantes.

5.1.3.2.1.2. Textura

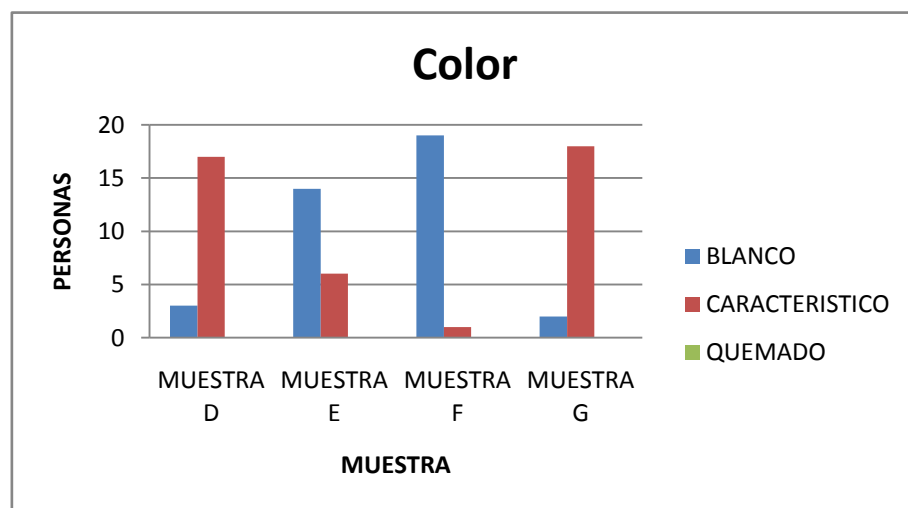
Tabla 23 Análisis de Textura para Minicakes.



En la tabla 23 se evidencia como la mayoría de los participantes (90%) catalogaron la muestra G (4%), como aquella con la textura más característica. Sin embargo la misma cantidad de participantes catalogaron la muestra F como una muestra con textura dura y por ende con baja aceptabilidad.

5.1.3.2.1.3. Color

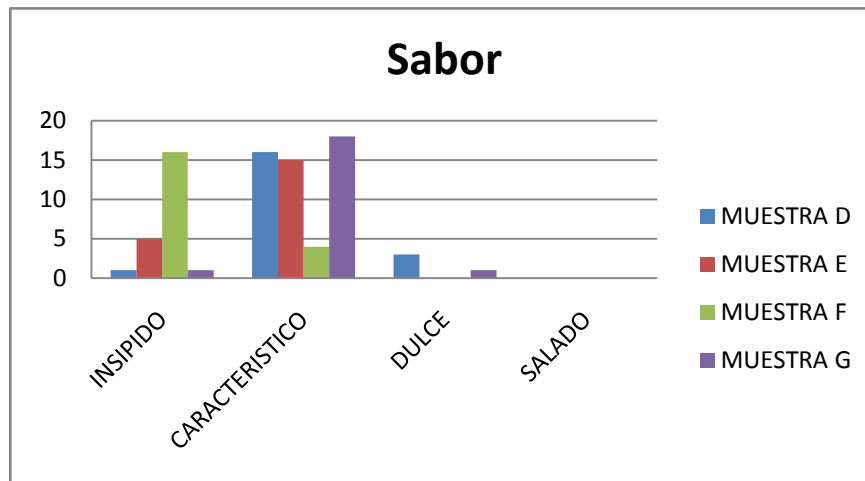
Tabla 24. Análisis de Color para Minicakes



La mayoría de los participantes catalogaron la muestra F (7 %) como una muestra con color blanco y en las observaciones referían que su color se asemejaba al de un alimento crudo. Mientras tanto el 90% de los participantes catalogó la muestra G como aquella que presentaba un color característico. También el 85% catalogó que el color de la muestra D era aceptable para este producto. (Tabla 24).

5.1.3.2.1.4. Sabor

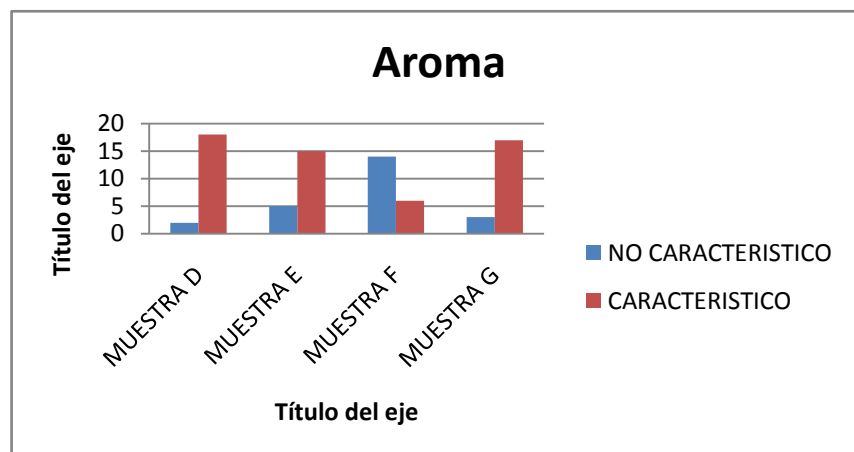
Tabla 25. Análisis de Sabor para Minicakes



La tabla 25 muestra que las muestras G y D fueron las más aceptadas en cuanto a sabor, mientras que la muestra F, fue catalogada como insípida. Ninguna muestra fue catalogada como salada, mientras que la muestra D fue la única catalogada como dulce por 3 asistentes.

5.1.3.2.1.5. Aroma

Tabla 26. Análisis de Aroma para Minicakes



En cuanto al aroma (Tabla 26), todas las muestras fueron catalogadas por la mayoría de panelistas como características en cuanto al aroma excepto la muestra F, que con un 70% fue catalogada como no característica.

Finalmente la muestra con mayor aceptación a nivel sensorial en el panel no entrenado fue la muestra G la cual contenía un 4% de adición de BILAC®

Las pruebas y ajustes realizados para determinar la formulación final y las evaluaciones sensoriales de los dos productos anteriormente descritos, se resumen de manera cualitativa en la tabla 27 y 28. Adicionalmente se describe la cantidad de BILAC® aportada por porción de cada uno de los productos elaborados.

Tabla 27. Pruebas realizadas para determinar formulación base en minicakes.

	PRUEBA A	PRUEBA B	PRUEBA C PATRON FINAL Formulación para elaborar 8 minicakes de 63 g. aprox. c/u	(Formulación para elaborar 2 minicakes de 63 g. aprox. c/u) Porción: 63 g			
				PRUEBA D BILAC 3%	PRUEBA E BILAC 5 %	PRUEBA F BILAC 7%	PRUEBA F BILAC 4%
AZUCAR	80(g)	80(g)	80(g)	20(g)	20(g)	20(g)	20(g)
MARGARINA	125 (g)	125 (g)	125 (g)	31.5 (g)	31.5 (g)	31.5 (g)	31.5 (g)
HARINA DE TRIGO	125 (g)	125 (g)	125 (g)	31.5(g)	31.5(g)	31.5(g)	31.5(g)
POLVO DE HORNEAR	1 (g)	0.5 (g)	0.5 (g)	0.125 (g)	0.125 (g)	0.125 (g)	0.125 (g)
SAL	2(g)	4.5(g)	4.5(g)	1.125(g)	1.125(g)	1.125(g)	1.125(g)
HUEVOS	100 (g)	150(g)	150 (g)	37.5(g)	37.5(g)	37.5(g)	37.5(g)
VIRUTA DE CHOCOLATE	300 (g)	200(g)	75.6(g)	18.9(g)	18.9(g)	18.9(g)	18.9(g)
CREMA DE LECHE	-	-	37.8 (g)	9.45 (g)	9.45 (g)	9.45 (g)	9.45 (g)
ESENCIA DE VAINILLA	-	2 (g)	-	-	-	-	-
BILAC	-	-	-	4.5 (g)	7.5(g)	10.5(g)	6.0 (g)
RESULTADOS PRUEBAS SENSORIALES	-Sabor un poco insípido -Textura suave -sabor agradable -núcleo de chocolate es demasiado blando y se precipita al fondo del minicake	-sabor agradable -Textura suave	-sabor agradable -Textura suave -color dorado en la superficie, más claro al fondo en el interior	-sabor característico del producto -Textura suave -color similar al patrón -buena aceptabilidad sensorial	-sabor más suave que el del patrón - color más dorado -textura un poco más compacta sin embargo es agradable	-sabor insípido -color poco uniforme. -la textura compacta	sabor característico del producto -Textura suave -color similar al patrón
Gramos de BILAC® aportados por porción				1.9 (g)	3.1 (g)	4.4 (g)	2.5 (g)
% cubrimiento de la IA* de fibra	PREESCOLARES (19 g/día)			10	16.3	23.1	13.2
	ESCOLARES (25 g/día)			7.6	12.4	17.6	10.0

*IA: INGESTA ADECUADA

Tabla 28. Pruebas realizadas para determinar formulación base en galletas de avena

	PRUEBA A	PRUEBA B: PATRON FINAL	(Formulación para elaborar 10 galletas de 17 g. aprox. c/u). Porción 34g (2 unidades)			
			PRUEBA C (.3%)	PRUEBA D (5%)	PRUEBA E (7%)	PRUEBA F (4%)
MARGARINA	115 (g)	90(g)	22.5(g)	22.5(g)	22.5(g)	22.5(g)
AZUCAR MORENA	186 (g)	186(g)	46.5(g)	46.5(g)	46.5(g)	46.5(g)
HUEVO	100(g)	100(g)	25(g)	25(g)	25(g)	35(g)
AVENA EN HOJUELAS	135 (g)	130(g)	32.5(g)	32.5(g)	32.5(g)	32.5(g)
HARINA DE TRIGO	120(g)	136(g)	34(g)	34(g)	34(g)	34(g)
POLVO DE HORNEAR	10 (g)	12 (g)	3 (g)	3 (g)	3 (g)	3 (g)
UVAS PASAS	30 (g)	50(g)	25(g)	25(g)	25(g)	25(g)
BILAC	-	-	5.6 (g)	9.4(g)	13 (g)	7.5 (g)
RESULTADOS PRUEBAS SENSORIALES	-Sabor: agradable -Consistencia muy blanda, no característico del producto -Sensación grasosa	-Sabor: agradable -Consistencia compacta característica del producto -Olor agradable -Color dorado	Sabor: característico -Textura característica -Olor agradable y característico -color dorado	Sabor: característico -Textura firme de calidad aceptable -Olor agradable y característico -color ligeramente pálido	Sabor: insípido -Textura dura -Olor agradable y característico -color muy pálido	Sabor :característico -Textura característica -Olor agradable y característico -color dorado
Gramos de BILAC® aportados por porción			1.01 (g)	1.69(g)	2.34 (g)	1.35 (g)
% cubrimiento de la IA* de fibra	PREESCOLARES (19 g/día)	5.3	8.8	12.3	7.1	
	ESCOLARES (25 g/día)	4.0	6.8	9.36	5.4	

5.1.3.2.2 Análisis de Galletas de Avena y Minicakes como alimentos funcionales

Luego de haber obtenido las pruebas con adición del 4 % de BILAC® como las más aceptadas se analizó la cantidad de BILAC® aportada por porción y el porcentaje de cubrimiento de la Ingesta Adecuada teniendo en cuenta la Recomendación actual de fibra para la población Colombiana. Este porcentaje de cubrimiento se analizó principalmente para la población preescolar y escolar y se determinó que los minicakes pueden definirse como un “alimento funcional” puesto que una porción (1 minicake de 63 gramos aproximadamente) aporta más del 10% de la recomendación para estos grupos etáreos.

De forma similar al analizar las tablas 27 y 28, la cantidad de BILAC® aportada por una porción de galletas (2 unidades de aproximadamente 17 gramos cada una), se evidencia un aporte importante de fibra, sin embargo en este caso este aporte es menor del 10 % para el caso de preescolares y escolares. No obstante, al compararlo con otros derivados de cereales, y al tener en cuenta los hábitos de consumo de alimentos fuente de fibra en la población colombiana, el aporte de fibra de estas galletas de avena es importante para la adecuación de una dieta de cualquier grupo etáreo.



Ilustración 10. Patrón de referencia de Minicakes

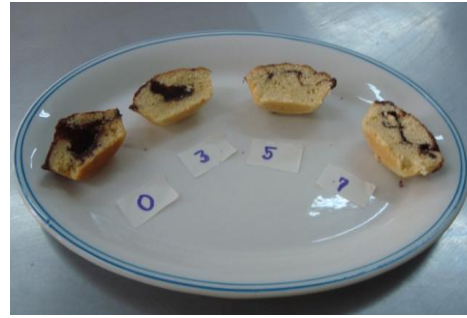


Ilustración 11. Minicakes con diferentes adiciones de Bilac®.

5.1.3.3. Análisis proximal de los productos: a los productos seleccionados obtenidos de la formulación base con adición del biopolímero se les realizó el respectivo análisis proximal el cual se resume en las Tablas 29 y 30. Este incluye el determinación de calorías, proteínas, grasa, carbohidratos, cenizas, humedad, y fibra cruda

Tabla 29. Análisis proximal de galletas de avena

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO
Proteína % m/m	6.8	Kjeldahl
Grasa % m/m	12.5	Hidrólisis y extracción
Humedad % m/m	3.8	Secado en estufa
Cenizas % m/m	1.8	Incineración
Carbohidratos % m/m	74.1	Cálculo por diferencia
Fibra % m/m	1.0	Hidrólisis acida, alcalina, secado y calcinación
Kilocalorías / 100g.	436	Cálculo

Tabla 30. Análisis proximal de minicakes

ANALISIS	RESULTADO	MÉTODO
Proteína % m/m	7.0	Kjeldahl
Grasa % m/m	31.8	Hidrólisis y extracción
Humedad % m/m	21.3	Secado en estufa
Cenizas % m/m	1.9	Incineración
Carbohidratos % m/m	37.7	Cálculo por diferencia
Fibra % m/m	0.3	hidrólisis acida, alcalina, secado y calcinación
Kilocalorías / 100g.	465	Cálculo

5.1.3.4. Análisis microbiológico de los productos:

A continuación del análisis bromatológico, se determinaron las características microbiológicas de los productos mediante las siguientes pruebas reportadas en la Tabla 31. Se determinó que los productos estaban dentro de los índices de calidad microbiológica.

Tabla 31. Resultados de los análisis de Laboratorio Microbiológico para Galletas de avena

ANALISIS	MÉTODO	RESULTADOS	*VALOR DE REFERENCIA
Coliformes Totales ufc/g	NMP INVIMA N° 13	<3	7-11
Coliformes Fecales ufc/g	NMP INVIMA N° 14	<3	<3
Mesófilos ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 2	180	10000-30000
Mohos y levaduras ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 7	<10	100-200
Estafilococo Cuagulasa(+) ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 8	<100	<100

Tabla 32. Resultados de los análisis de Laboratorio Microbiológico para Minicakes

ANALISIS	MÉTODO	RESULTADOS	*VALOR DE REFERENCIA
Coliformes Totales ufc/g	NMP INVIMA N° 13	<3	7-11
Coliformes Fecales ufc/g	NMP INVIMA N° 14	<3	<3
Mesófilos ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 2	100	10000-30000
Mohos y levaduras ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 7	<10	100-200
Estafilococo Cuagulasa(+) ufc/g	Recuento placa INVIMA N° 8	<100	<100

*Valores tomados de Decreto 11488 del 87 e INVIMA

CONCLUSIONES

1. Las mejores condiciones de dispersión del BILAC® se observa a altas temperaturas (90°C) y su mayor capacidad de retención e hinchamiento se observa alrededor de los 70°C.
2. En las muestras que contenían leche, se obtuvo la mayor dispersión del biopolímero en condiciones de 90°C y con las muestras que contenían mayor proporción de agua en la fase dispersante, es decir, en las mezclas de agua/leche 50/50.
3. En el tiempo, las mejores condiciones de dispersión, capacidad de retención e hinchamiento se tuvieron con las muestras de BILAC® en agua aproximadamente a las 12 horas (722 min).
4. Las mejores condiciones de dispersión de la Inulina se dan a elevada temperatura (90°C) y en las muestras con mayor contenido de agua (mayor en agua potable, mezcla agua-leche, leche descremada y la menor en leche entera)
5. El mayor valor de hinchamiento en agua para la Inulina se obtuvo a 4 °C, puesto que a mayores temperaturas este ya empieza a encontrarse en dispersión.
6. Con respecto a la capacidad de retención en el tiempo, la Inulina muestra una mayor capacidad en aceite que agua, ya que en medios acuosos, la Inulina se dispersó con gran facilidad, dejando poco sedimento luego de la centrifugación.
7. En la determinación de la capacidad de retención con respecto al tiempo, la mejor capacidad de retención se obtuvo con las muestras de Inulina en aceite aproximadamente a las 18 horas (1090 min) y en agua a las 2 horas (122 min).
8. La incorporación de BILAC® en los productos horneados debe realizarse en mezcla con los ingredientes secos debido a los cambios que este pueda generar sobre la homogeneidad de la masa. Las matrices con baja humedad son las más apropiadas para la adición del Biopolímero BILAC®.

9. La elaboración de productos horneados adicionados con BILAC® deben manejarse a temperaturas menores de 200 °C para conservar su estabilidad.
10. La adición de BILAC® a productos de panadería confiere una textura suave y esponjosa, sin embargo a mayor concentración tiende a formar consistencias compactas y a la vez enmascara el sabor característico del producto.
11. La adición de BILAC® al 4% es la más recomendada para productos horneados ya que sus características sensoriales se modifican en menor grado.
12. La adición de BILAC® al 4 % permite que el Minicake aporte una cantidad de fibra que cubra la Ingesta adecuada (IA) de la población preescolar y escolar por encima del 10%. El cubrimiento de las galletas de avena es alrededor de 5.4 – 7.1%, condición que permite establecer el descriptor para el rotulado del producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARAYA H., LUTZ M. Alimentos funcionales y saludables. *Rev. chil. nutr.* 2003; 30(1): 8-14.
2. LOPEZ J. Los alimentos funcionales: importancia y aplicaciones. innovación y desarrollo de nuevos productos. escuela agrícola panamericana zamorano.
3. RODRIGUEZ R., JIMENEZ A. , FERNANDEZ J., GUILLÉN R., HEREDIA A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 17 (2006) 3–15.
4. THEUWISSEN E., MENSINK R. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior* ; 2008; 94 285–292
5. SARMIENTO R. Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *Revista ORINOQUIA*.2006; 10 (1): 16-23.
6. JENKINS D., MARCHIE A., AUGUSTIN., ROS E., KENDALL C. Viscous dietary fibre and metabolic effects. *Clinical Nutrition Supplements*; 2004; 1 39–49
7. PARK, Y., HUNTER, D. J., SPIEGELMAN, D., BERGKVIST, L., BERRINO, F., VAN DEN BRANDT, P. A., et al. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Medical Association*; 2005; 294(22), 2849–2857.
8. APPLEBY, P. N., THOROGOOD, M., MANN, J. I., & KEY, T. J. Low body mass index in non-meat eaters: the possible roles of animal fat, dietary fibre and alcohol. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*;1998; 22(5), 454–460.
9. ANDERSON, J. W., RANGLES, K. M., KENDALL, C. W., & JENKINS, D. J. Carbohydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a quantitative assessment and meta-analysis of the evidence. *Journal of the American College of Nutrition*; 2004; 23(1): 5–17.

10. ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL EN COLOMBIA ENSIN 2005
11. INDICADORES BÁSICOS EN SALUD 2008
12. ALAD. Guías para el diagnóstico y manejo de la diabetes Mellitus tipo 2 con medicina basada en evidencia. *Rev. Asociación Latinoamericana de Diabetes*; 2002; Supl. 1.
13. MARIN, M.H. Actualización en el diagnóstico y manejo de la diabetes Mellitus. *Universidad tecnológica de Pereira*. 2005.
14. ENCUESTA NACIONAL DE SALUD 2007
15. LOPEZ J. Ob cit
16. SPENCE J.T. Challenges related to the composition of functional foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19:S4–S6
17. KENDALL C., ESFAHANI A., JENKINS D. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 2010; 24; 42–48
18. CUMMINGS, J. H., MANN, J. I., NISHIDA, C., & VORSTER, H. H. Dietary fibre: an agreed definition. *Lancet*. 2009; 373(9661), 365–366
19. RESOLUCION 288 DE 2008. Ministerio de la protección Social
20. RECOMENDACIONES DE INGESTA Y ENERGÍA DE NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN COLOMBIANA ICBF 2009
21. TUNGLAND, B.C; MEYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2002. Vol. 3.
22. MANDALA I. G.; BAYAS E. Efecto de la goma Xanthana sobre el hinchamiento, la dispersabilidad y la viscosidad de dispersiones de almidón de trigo. *Food Hydrocolloids*. 2003.

ANEXOS

ANEXO 1. Formulación Minicakes

Ingredientes	Procedimiento para elaborar 8 minicakes de 65 g. aprox. Cada uno
Azúcar 80 g. Margarina 125 g. Harina de Trigo 125 g. Polvo de Hornear 0.5 g. Sal 4.5 g. Huevos 150 g. Viruta de Chocolate 75.6 g. Crema de leche 37.8 g.	<ul style="list-style-type: none">• Batir el azúcar con la mantequilla hasta obtener consistencia cremosa• Aparte mezclar harina de trigo, polvo de hornear, sal, y BILAC® en cantidad deseada.• Adicionar huevos a la mantequilla y mezclar.• Incorporar harina y demás ingredientes secos.• Batir hasta obtener una mezcla brillante.• Verter en los moldes hasta la mitad.• Agregar mezcla de chocolate fundido con crema de leche en el centro• Rellenar el molde casi hasta el borde• Espolvorear algo de viruta de chocolate sobre cada minicake.• Refrigerar por 30 min.• Hornear

ANEXO 2. Formulación galletas de avena

Ingredientes	Procedimiento para elaborar 10 galletas de 17 g. aprox. Cada una
Azúcar Morena 46.5 g. Margarina 22.5 g. Harina de Trigo 34 g. Polvo de Hornear 3 g. Uvas pasas 25 g. Huevos 35 g. Avena en Hojuelas 32.5g.	<ul style="list-style-type: none">• Batir con batidora eléctrica lo huevos, la mantequilla y el azúcar, hasta obtener consistencia cremosa.• Añadir harina, polvo de hornear y BILAC®, previamente cernidos.• Revolver• Agregar la avena y revolver• Añadir las unas y revolver• Con ayuda de una cuchara colocar en bandejas enmantequilladas bolitas de masa con suficiente espacio de separación entre sí.• Hornear• Dejar enfriar para retirar de la bandeja