Evaluación Del Comportamiento De La Fibra Soluble Como Compuesto Bioactivo, Adicionada En Productos Horneados De Panadería Y Bizcochería

Nancy Paola Escobar Moreno

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá, Colombia

2012

Evaluación Del Comportamiento De La Fibra Soluble Como Compuesto Bioactivo, Adicionada En Productos Horneados De Panadería Y Bizcochería

Nancy Paola Escobar Moreno

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

Olga Patricia Cobos de Rangel ND. MSc.

Línea de Investigación:

Nutrición y Alimentos Funcionales

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Biopolímeros y Funcionales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá, Colombia

2012

“A Dios, por la oportunidad. A mis Padres y a mis hermanos por ser el motor que mueve mis alas ”

“En dos palabras puedo resumir

cuanto he aprendido acerca de la vida:

Sigue adelante” ***Robert Frost***

Agradecimientos

Agradezco enormemente a Dios y a la Virgen Santísima por darme la salud y las bendiciones necesarias para desarrollar y culminar este trabajo el cual recopila no solamente mi esfuerzo sino el de muchas otras personas.

Agradezco a mis papás y a mi hermano Yecid por su compañía, su amor, su comprensión y sobre todo por el apoyo que me dieron desde el comienzo hasta el final de este proyecto

Agradezco a mi hermana Rocío quien me enseño a ser fuerte. Gracias por enseñarme a exigirme a mi misma cada día. Gracias a ella por darme todo su amor y su apoyo en los momentos de debilidad, incertidumbre y cansancio.

Agradezco encarecidamente a mi directora de tesis, Dra. Olga Cobos de Rangel, quien fue mi guía, 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 y colegas.

Agradezco también a la profesoras María del Pilar Jiménez Domínguez, Soledad Hernández y Orianna Díaz Salcedo por todos los aportes realizados y enseñanzas durante todo este tiempo.

Agradezco también a mis compañeros y amigos Luis Carlos y Jenifer Garay quienes trabajaron conmigo y quienes me enseñaron muchas cosas no sólo académicas sino también personales.

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 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, 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 ser parte de ellas.

Tabla de contenido

RESUMEN 15
ABSTRACT 17
INTRODUCCIÓN 19

1. MARCO CONCEPTUAL 23

1.1 DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTICOS CON FIBRAS AISLADAS O FUNCIONALES COMO ESTRATEGIA PARA AUMENTAR EL CONSUMO DE FIBRA 23
1.2 IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE FIBRA Y SU PAPEL COMO COMPUESTO BIOACTIVO EN LA SALUD HUMANA 26
1.2.1 Contexto Epidemiológico 26
1.2.2. CONCEPTO DE FIBRA Y RECOMENDACIONES ESTABLECIDAS 28
1.2.2.1 PATRONES ALIMENTARIOS DEL CONSUMO DE FIBRA EN COLOMBIA 30
1.3 CARACTERIZACIÓN DEL BIOPOLÍMERO BILAC® COMO FUENTE DE FIBRA SOLUBLE: CARACTERIZACIÓN Y APLICACIONES EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS 33
1.3.1. ESTRUCTURA Y PESO MOLECULAR 34
1.3.2 COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO 35
1.3.2.1 ESTABILIDAD DEL BIOPOLÍMERO 35
1.3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA 35
1.3.3. APLICACIONES DEL BIOPOLÍMERO BILAC® EN EL DESARROLLO DE ALIMENTOS 36
1.3.4. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS DE PANADERÍA Y BIZCOCHERÍA QUE PERMITEN LA INCLUSIÓN DE FIBRA SOLUBLE 38
1.4. GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DE TEXTURA 42
1.4.1. INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HARINAS SOBRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LAS MASAS ADICIONADAS CON BILAC® 45

2. METODOLOGIA 46

2.1. PRIMERA ETAPA 47
2.2 SEGUNDA ETAPA: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOACTIVO SOBRE LA RESPUESTA GLUCÉMICA E ÍNDICE GLUCÉMICO DE LOS PRODUCTOS ADICIONADOS CON BILAC®: 47

3. RESULTADOS DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANADERÍA Y BIZCOCHERÍA ADICIONADOS CON BILAC® 51

3.1. RESULTADOS: DESARROLLO DE FORMULACIONES BASE 51
3.1.1. PRODUCTOS DE PANADERÍA 51

3.1.1.1. Trencitas de queso 51
3.1.1.2. Palitroques de Ajonjolí 53
3.1.1.3 Análisis de resultados 54
3.1.2. Productos de bizcochería: Galletas 55
3.1.2.1. Galletas de pimienta 55
3.1.2.2. Galletas de avena 56
3.1.2.3.1. Galletas de canela 57
3.1.2.4. Galletas caseras 58
Análisis de resultados 58
3.2 Inclusión De Biopolímero Bilac® En Formulaciones Desarrolladas 59
3.2.1. Características físicas de las masas húmedas y producto final con la Inclusión de fibra 60
3.2.1.1. Inclusión de BILAC® en productos de panadería: trencitas de queso y palitroques de ajonjolí 60
3.2.1.1.1. Análisis de resultados 61
3.2.1.2. Inclusión de fibra en productos de bizcochería: galletas de avena, caseras, de canela y pimienta 64
3.2.1.2.1 Inclusión de BILAC® en Galletas 64
3.2.1.2.2. Análisis de resultados 66
3.3. Parámetros Reológicos y Texturales de Productos Horneados Adicionados Con Bilac® Como Fuente De Fibra Soluble 70
3.3.1. Parametros texturales para productos adicionados con Fibra 70
3.3.1.1. Análisis de perfil de textura TPA 70
3.3.1.2. Análisis de resistencia al quiebre e Índice de fracturabilidad 71
3.2. Resultados 73
3.2.1. Resultados Perfil de Textura para Masas Húmedas (TPA) 73
3.2.1.1. Análisis de resultados TPA para trencitas de queso 73
3.2.2. Resultados parámetros texturales en producto terminado. 75
3.2.2.1. Análisis de Resultados parámetros texturales en producto terminado 76
3.3 Análisis Sensorial De Alimentos Horneados De Panadería Adicionados Con Bilac® Como Fuente De Fibra Soluble. 79
3.3.1 Principio: 79
3.3.2 Condiciones experimentales 80
3.3.3. Resultados análisis sensorial para panecillos de queso 81
3.3.4. Resultados análisis sensorial de galletas caseras 83
3.3.4.1. Análisis de resultados análisis sensorial Galletas caseras 83
3.3.5.1. Análisis de resultados análisis sensorial Galletas de avena 85
3.4 Relación entre análisis instrumental y sensorial 87

4. EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE EL ÍNDICE GLUCÉMICO Y LA RESPUESTA GLUCÉMICA EN ADULTOS SANOS, DE PRODUCTOS ADICIONADOS CON BILAC® COMO FUENTE DE FIBRA SOLUBLE. 89

4.1. Fundamento 89
4.2 Metodología 90
4.2.1 Desarrollo de productos adicionados con Bilac® como fuente de fibra soluble 90
4.2.2 Diseño metodológico para intervención 92

4.2.2.2. PROTOCOLO Y DISEÑO DEL ESTUDIO 93
4.2.2.3 TRATAMIENTOS 98
4.2.2.3.1. PRUEBAS BIOQUÍMICAS Y MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO 98
4.2.2.3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 99
4.3. RESULTADOS 100
4.3.1 Caracterización de los participantes 100
4.3.1.1. EDAD, GÉNERO Y NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA 100
4.3.1.2 ESTADO DE SALUD 101
4.3.2. Respuesta glucémica e índice glucémico (IG) 104
4.3.2.2. ÁREAS BAJO LA CURVA DE LA RESPUESTA GLUCÉMICA. 107
4.3.2.3. ÍNDICE GLUCÉMICO 111
4.4. DISCUSIÓN 115
CONCLUSIONES 118
RECOMENDACIONES 119
BIBLIOGRAFÍA 120
ANEXOS 125

Lista de Tablas

Tabla 1. Recomendaciones de Ingesta de Fibra para la Población Colombiana 30
Tabla 2. Composición química biopolímero Bilac® 36
Tabla 3. Relación de concentraciones de fibra soluble adicionada con cambios en características reológicas de las masas de panadería y bizcochería 45
Tabla 4. Ensayos para obtención de formulación base. Trencitas de queso 52
Tabla 5. Ensayos para la obtención de la formulación base de palitroques de ajonjolí 53
Tabla 6. Ensayos para la obtención de la formulación base de galletas de avena 56
Tabla 7.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas de avena 56
Tabla 8.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas de Canela 57
Tabla 9.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas Caseras 58
Tabla 10.Peso establecido por porción para los productos de panadería desarrollados 60
Tabla 11.Ajustes de ingredientes en la formulación para trencitas de queso adicionadas con Bilac® 61
Tabla 12.Ajustes de ingredientes para Palitroques de Ajonjolí adicionados con Bilac® .. 61
Tabla 13.Pesos promedio para productos de bizcochería 64
Tabla 14.Ajustes de ingredientes para galletas de avena adicionadas con Bilac® 64
Tabla 15. Ajustes de ingredientes para galletas de avena adicionadas con Bilac® 65
Tabla 16. Ajustes de ingredientes para galletas de canela adicionadas con Bilac® 65
Tabla 17. Ajustes de ingredientes para galletas de pimienta adicionadas con Bilac® 66
Tabla 18 Resultados TPA para masas húmedas (trencitas de queso) 73
Tabla 19.Parámetros texturales en productos horneados: dureza 75
Tabla 20.Parámetros texturales en productos horneados: fracturabilidad 76
Tabla 21.RESULTADOS ANOVA TRENCITAS DE QUESO 81
Tabla 22.RESULTADOS ANOVA GALLETAS CASERAS 83
Tabla 23.RESULTADOS ANOVA GALLETAS DE AVENA 85
Tabla 24.Formulación de las trencitas de queso modificadas con base en los resultados del método de Goñi *et al*. (1997) para obtener un aporte de 50 g de carbohidratos disponibles 91
Tabla 25.Resultados de exámenes de laboratorio clínico de base realizadas a los participantes 101
Tabla 26.Variables e índices antropométricos de los participantes, según género. 102
Tabla 27.Aporte de energía y macronutrientes del Global recordatorio de 24 horas según género, participantes en el ensayo biológico. 104
Tabla 28.Concentraciones concentraciones de glucosa del alimento estándar, control y adicionado con 5 y 10 g de fibra soluble 105
Tabla 29.Comparación del efecto sobre la glicemia sérica de la adición de dos dosis de fibra soluble mediante la estadística t* 107
Tabla 30.Resumen estadístico descriptivo del Área bajo la curva de respuesta glucémica después del consumo de Pan Blanco y alimento estudio con diferentes niveles de adición de fibra 108
Tabla 31.Exclusión de datos atípicos en el resumen estadístico del Área bajo la curva de respuesta glucémica después del consumo de pan blanco y tratamientos. 108

Tabla 32.Análisis de resultados de las áreas bajo la curva (iAUC) de la respuesta glucémica con el pan blanco y los tratamientos con diferentes niveles de adición de fibra, utilizando el método de Tukey..... 110
Tabla 33.Pruebas de significancia, medianas del iAUCglucosa utilizando la estadística t en muestras pareadas y método de Wilcoxon, con y sin datos atipicos 111
Tabla 34.Resumen estadístico del Índice glucémico del alimento control y los adicionados con 5 y 10 g de fibra soluble..... 112
Tabla 35. Efecto de la adición de fibra soluble a un producto de cereal horneado sobre el índice glucémico, con y sin exclusión de datos atípicos, mediante las estadísticas t y Wilcoxon..... 114
Tabla 36.Análisis de resultados del indice glucemico (IG) de los tratamientos con diferentes niveles de adición de fibra, utilizando el método de Tukey. 114

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura molecular de Bilac®. 34
Ilustración 2. Curva obtenida en un perfil de textura..... 44
Ilustración 3. Formas de presentación de trencitas de queso 53
Ilustración 4. Masa húmeda y producto terminado Trencitas de queso: 10 g de Bilac®.. 63
Ilustración 5. Masa Húmeda y producto terminado. Palitroques con 10 g de Bilac 63
Ilustración 6. Masas de galletas de avena con adición de Bilac® (10 g) vs Patrón (0 g) .. 67

Resumen

Se evaluó el comportamiento del biopolímero BILAC® en matrices alimentarias sólidas para desarrollar diferentes formulaciones de productos horneados de panadería (trencitas de queso) y bizcochería (galletas de avena y galletas caseras) con adición de fibra. De manera simultánea se evaluaron las diferentes características reológicas de las masas y sus características sensoriales determinando principalmente su aceptabilidad. Para la definición de los tipos de producto a elaborar se ensayaron diferentes formulaciones con el fin de establecer aquellas que por porción aportaran la mayor concentración del biopolímero, conservando en lo posible las características sensoriales de cada uno. Las características reológicas de los productos se vieron modificadas desde la adición de 7,5 g de fibra por porción. Sin embargo, el análisis sensorial evidenció aceptación por parte de los consumidores hacia los productos con contenidos de hasta 10 g de fibra por porción. Los productos obtenidos pueden catalogarse como “excelente fuente de fibra”. Paralelamente se realizó en un estudio Biológico con 20 adultos sanos para determinar el potencial efecto del biopolímero sobre la respuesta y el índice glucémico suministrando los productos de panadería con diferentes niveles de adición de fibra soluble (0, 5 y 10 g por porción) y pan blanco como alimento de referencia. El consumo de un producto de panadería adicionado con 10 g de fibra soluble resultó en una ligera reducción en la concentración de glucosa a los 60 minutos postprandiales, en el área bajo la curva y en el índice glucémico; sin embargo esta reducción no fue estadísticamente significativa. El producto horneado desarrollado como vehículo de inclusión del compuesto en estudio permitieron adiciones hasta de 10 gramos de fibra, siendo estos los que presentaron mejores resultados en el control de la respuesta glucémica en individuos sanos, su consumo ocasionó mínimas molestias gastrointestinales durante la aplicación de las pruebas y disminuyó la sensación de hambre en mayor magnitud en hombres, con el consumo de 10 g.

Palabras clave: Fibra soluble, Alimentos funcionales, Índice glucémico, Biopolímero

Abstract

BILAC ® biopolymer was evaluated in solid food matrices to develop different formulations baked bakery products (cheese sticks) and biscuits with high added fiber. Simultaneously were evaluated various rheological characteristics of the masses and their sensory characteristics largely determine their acceptability. For the definition of the product types to develop different formulations were tested in order to establish those that provide the greatest portion of the biopolymer concentration, keeping as much as possible standard sensory characteristics of each.

Parallel study was conducted in 20 healthy adults Biological to determine the potential added products BOUT response and glycemic index. The supplied products containing different addition levels of soluble fiber (0, 5 and 10 g per portion) and white bread as the reference food. The use of a bakery product added with 10 g of soluble fiber resulted in a slight reduction in the concentration of glucose at 60 min postprandial in the area under the curve and on the glycemic index, however this reduction was not statistically significant . The baked product developed as a means of inclusion of the test compound showed high acceptability, minimal discomfort caused gastrointestinal consumption during test application and hunger decreased to a greater extent in men, with the consumption of 10 g.

The results of the study led to the conclusion about the potential benefits of incorporating Bilac ® biopolymer as a source of fiber in foods, obtaining high-quality technology products that contribute to postprandial glycemic control and the maintenance of good health. Bakery products allowed additions up to 10 grams of fiber, which are the best results in that the presented control glycemic response in healthy individuals.

Keywords: soluble fiber, functional foods, glycemic index, Biopolymer.

Introducción

Las enfermedades crónicas, también conocidas como enfermedades no transmisibles (ENT) -principalmente la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer representan la mayor causa de muerte prematura y de discapacidad en la mayoría de los países de las Américas. Estas enfermedades comparten factores de riesgo comunes que incluyen el tabaquismo, la inactividad física, el uso no controlado del alcohol y la dieta no saludable. Las ENT se pueden prevenir y controlar a través de cambios en el estilo de vida, políticas públicas e intervenciones de salud, y requieren un abordaje intersectorial e integrado (OMS, 2011). En Colombia, la tasa de mortalidad por diabetes en personas de 45 y mas años, según los indicadores básicos de salud 2011, fue del 66,4 por 100.000 habitantes y constituyó la cuarta causa de defunción en hombres mayores de 65 y en mujeres mayores de 45 años.(IBS, 2011).

Algunos autores 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 hacia la diabetes y otras enfermedades (Jenkins. *et al*. 2004). 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 crónicas. 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 (Park *et al*, 2005).

Es así como algunas asociaciones gubernamentales de salud (Asociación Latinoamericana de Diabetes ALAD 2005) proponen que, uno de las estrategias preventivas que debe incluirse dentro de la promoción de la salud y la prevención de la enfermedad, es el manejo de los hábitos alimentarios saludables, en los que el consumo frecuente de alimentos fuente de fibra, como frutas, verduras y cereales integrales es clave para la prevención de enfermedades crónicas. En este contexto, las organizaciones gubernamentales de salud de hoy también se cuestionan sobre qué actividades permitirán influir en la calidad de los alimentos disponibles, que ayuden de manera sinergista no sólo a aportar los nutrientes que demandan los consumidores, sino a otros

beneficios fisiológicos y metabólicos que finalmente contribuyan a la prevención de estas enfermedades.

Por lo mismo, a esta situación no resulta ajeno el papel que cumple la industria, la investigación y la biotecnología; pues cada vez es más necesario el desarrollo de nuevos productos que permitan, junto con el aumento en el consumo de alimentos naturales fuente de fibra, cumplir con los aportes recomendados de fibra total que, según las *Nuevas Recomendaciones de Calorías y Nutrientes para la población Colombiana* (ICBF, 2009) son en promedio 28 g/día. Para contribuir al alcance de esta meta, y de acuerdo con Jenkins *et al*., (2002) y Ostman *et al*., (2006) citados por Marangoni y Poli (2008), se ha propuesto la inclusión de fibras aisladas en productos de consumo masivo, que finalmente permitirían el control del índice glucémico de estos alimentos y por ende un beneficio metabólico preventivo y de control para los individuos que lo consuman.

Así las cosas, el desarrollo de alimentos adicionados con altas cantidades de fibra, que permitan otorgarles el descriptor de la normatividad vigente de alimentos *"altos en…"* o "*excelente fuente de…"* se hace importante en el contexto Colombiano, contribuyendo no sólo a mejorar la disponibilidad de alimentos fuente de fibra que brinden beneficios adicionales al consumidor, sino también al desarrollo de la industria alimentaria local. Para lograrlo, es indispensable no sólo conocer sus demandas nutricionales sino también sus hábitos alimentarios, que permitan determinar las posibles matrices alimentarias que sirvan de vehículo para la incorporación de fibra soluble.
En este sentido, y teniendo en cuenta a Schaafsma y Kok (2005) citados por Peressini y Sensidoni (2009), el mercado mundial para alimentos y bebidas funcionales, es dominado por tres segmentos principales: productos funcionales de panadería y snacks (18%), productos lácteos (23%) y las bebidas funcionales (59%). Sin embargo, para el caso Colombiano, tal y como lo evidencia la *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia* ENSIN 2010, se observa que un 76,1% de la población Colombiana refiere un consumo diario de alimentos derivados de cereal (pan, arepa y galletas) mientras que para lácteos el consumo diario es de un 48,7%; lo cual indica que los derivados de cereal son alimentos de consumo masivo y de gran importancia en el aporte nutricional a nivel nacional. Por lo anterior, la definición del tipo de matrices alimentarias, en las cuales se incorpora la fibra soluble se hace importante, en la medida

en que, no depende únicamente de las condiciones fisicoquímicas y tecnológicas del producto sino también del nivel de consumo que este tenga dentro de la población.

Adicional a la información anterior se hace necesario evaluar las fuentes alternativas de fibra aislada disponibles, así como los efectos bioactivos de las mismas. En este caso particular, el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia, ha desarrollado el Biopolímero Bilac®, obtenido por tecnología de enzimas, a partir de una cepa nativa no modificada genéticamente; este microorganismo ha sido catalogado como GRAS (Generally Recognized As Safe) y se obtuvo por tecnología de enzimas empleando como sustrato sacarosa. Bilac® se caracteriza por su alta concentración de fibra soluble y su potencial uso como prebiótico. En trabajo colaborativo con el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina, se han adelantado trabajos experimentales en el Laboratorio de Alimentos y Nutrición con el fin de evaluar el desarrollo de productos adicionados con este biopolímero como fuente de fibra funcional; así como los efectos fisiológicos y metabólicos del mismo

No obstante, para poder obtener productos adicionados con el biopolímero Bilac ® que sean fuente de fibra soluble, ha sido necesario el desarrollo de trabajos de investigación tendientes a evaluar el comportamiento de este biopolímero en matrices alimentarias de diferente composición química y física con niveles de adición variables. Trabajos anteriores como los de Chiriví y Perdomo (2009) y Escobar (2010), permiten observar que el biopolímero presenta un comportamiento diferenciado según la matriz alimentaria donde se trabaje. De manera particular en estos trabajos se sugiere que el Biopolímero no se emplee en matrices líquidas, dado que, para su dispersabilidad se requiere adición de solutos (sacarosa) al medio o cambios de pH o de temperatura (mayores a 70°C), lo que generaría que el vehículo para su adición fuese un producto alimentario con un importante aporte de carbohidratos simples a la dieta y unas características sensoriales de difícil aceptación, lo cual hace a la matriz líquida, no apta para la incorporación de cantidades significativas del biopolímero, que representen a su vez, un impacto funcional deseado en el consumidor. Estos trabajos también sugieren un mejor comportamiento del Biopolímero Bilac® en matrices sólidas, donde los análisis sensoriales permiten verificar una buena aceptación de productos de panadería y bizcochería por parte de los consumidores. De la misma manera Escobar (2010) y Rojas (2010) han reportado que Bilac®, mantiene sus características fisicoquímicas a altas temperaturas, lo cual lo hace apto para productos alimentarios sólidos sometidos a calentamiento u horneo. No obstante, al evaluar otras características fisicoquímicas –capacidad de hinchamiento,

índice de dispersabilidad, entre otros- donde se constata un comportamiento hidrofílico de este compuesto, se hace necesario evaluar el impacto de su adición en otras matrices alimentarias. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, el presente trabajo se direccionó a Evaluar el comportamiento de la fibra soluble como compuesto bioactivo adicionada en productos horneados de panadería y bizcochería. Específicamente se evaluaron los efectos de la adición de fibra en diferentes concentraciones sobre los productos horneados desarrollados, estableciendo las proporciones del biopolímero (Bilac®) a adicionar en cada producto. Seguidamente se determinaron las características fisicoquímicas y sensoriales de estos, y finalmente se evaluó el efecto de la adición de fibra sobre el índice glucémico en humanos mediante la realización de un ensayo biológico.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Desarrollo de productos alimenticos con fibras aisladas o funcionales como estrategia para aumentar el consumo de fibra

Tanto académicos como organizaciones mundiales que trabajan en pro de la salud se han referido a la importancia del consumo recomendado de fibra en la alimentación como mecanismo preventivo y de control en enfermedades crónicas como Diabetes, hipercolesterolemia, Síndrome metabólico, Obesidad, ente otros. (Jenkis, 2008; ALAD, 2006). Para lograr este objetivo se ha sugerido incrementar el consumo de alimentos fuente, sin embargo, el contexto Colombiano se presentan deficiencias en el consumo de alimentos fuente. En esta medida las estrategias se hacen cada vez más multidisciplinares, pues el objetivo de aumentar el consumo de fibra en la población debe manejarse desde diferentes escenarios. Como primera medida están las políticas públicas en promoción de la salud y prevención de la enfermedad que tienen como objetivo llegar de manera directa a los consumidores con campañas masivas y estrategias de educación alimentaria y nutricional para hacer énfasis en los beneficios del consumo de los alimentos naturales fuente de este compuesto bioactivo. Sin embargo, tales estrategias no resultan suficientes para este contexto, pues como se describe en la Encuesta Nacional de la Situación Alimentaria y Nutricional ENSIN 2010 factores como la disponibilidad de estos alimentos, la cultura y la economía influyen en los hábitos alimentarios. Es así como se deben optar también estrategias adicionales como el desarrollo de alimentos con alto contenido de fibra, especialmente alimentos de consumo masivo.

En este sentido, algunos autores como Casiraghi y col (2006) proponen el desarrollo de productos enriquecidos con fibra como estrategia para contribuir al aumento en su consumo. Casiraghi propone la elaboración de galletas de dulce y de sal preparadas con harina de cebada enriquecida con β–glucano al 8.5%. Por su parte, Behall (2006) propone el desarrollo de *muffins* con distintos niveles de almidón resistente y de β–glucano hasta en un 5%. También Baixauli (2007) demuestra que la incorporación de almidones resistentes en un 10% permite obtener productos de panadería con características sensoriales aceptables.

De la misma manera otros autores (Jenkis, 2010; Wolever, 1986; Murakami 2007) han propuesto la adición de fibra en productos de consumo masivo como galletas, logrando

finalmente encontrar beneficios para la salud humana, pues al permitir la inclusión de importantes cantidades de fibra se logrará también obtener sus potenciales beneficios.

Puede abordarse, por ejemplo, el trabajo de Matos- Chamorro y cols. (2005) donde se profundiza en la importancia del aprovechamiento de los residuos de vegetales y frutas como medio para la extracción de fibras alimentarias; entre ellas se tienen los residuos de la industria de jugo de naranja (Tamayo y Bermúdez, 1998) y maracuyá. Jiménez y otros (citados por Sánchez 2005,) analizaron la cáscara de guayaba, llegando a la conclusión que ésta puede ser un excelente ingrediente de alimentos, pues combina las propiedades de la fibra dietética y el beneficio de los componentes antioxidantes presentes, entre ellos la vitamina C y E, así como compuestos fenólicos y carotenoides. El bagazo de caña de azúcar (Sangnark y Noomhorm, citado por Sánchez 2005), la cascarilla del cacao y del frijol lima (*Phaseoluslunatus*) (Betancur y otros, citado por Sánchez 2005), son otros residuos que se han analizado.

Por otro lado, la obtención de fibras aisladas depende del tipo de fibra que se quiera extraer. Las fibras solubles están generalmente compuestas de un único tipo de polímero. Los procedimientos de obtención de las fibras solubles están fundamentados, en general, en una extracción en medio liquido, basada en las diferentes solubilidades de los compuestos, seguida de etapas de purificación por filtración y de precipitación en presencia de alcohol o de sales. Por último, la obtención se termina con un secado y un triturado. Las pectinas altamente metiladas se extraen, por ejemplo, con un acido diluido en caliente, luego se prensan, se filtran y se precipitan con alcohol (Matos- Chamorro y cols., 2005)

La inulina, por ejemplo, se puede obtener a partir de la achicoria, del ajo, de la patata por simples extracciones acuosas; el extracto acuoso, después de ser purificado, se concentra y se seca para dar la inulina. Los oligosacáridos de grado de polimerización variado se obtienen bien por síntesis a partir de la sacarosa o bien por la hidrólisis controlada de la inulina, estos se conocen como fructooligosacáridos –FOS-. (Baghurst, 1996, citado por Ramírez, 2009).

En cuanto a la fibra insoluble, los métodos para su obtención involucran operaciones como trituración para disminuir su tamaño de partícula; lavado para eliminar carga microbiana, residuos y azúcares simples; filtración y secado para prolongar su vida útil y, finalmente, la molienda y el envasado. Actualmente también se usa la extrusión, autoclave e hidrólisis en medios ácidos o alcalinos, que se aplican en fuentes con alto

contenido de fibra dietética insoluble con el fin de hidrolizar parte de esta fracción para obtener una mejor relación fibra dietética soluble e insoluble (López, 2007).

Así mismo numerosos estudios relacionan los efectos sobre la salud producidos por la adicion de fibra a diferentes matrices alimentarias. Así las cosas, se han revisado algunos estudios biológicos en dónde autores como, Davidson et al. (1998), Flamman, et al. (2006) demostraron que la incorporación de inulina en chocolates y edulcorantes y de goma guar en barras crujientes respectivamente tiene un efecto en la disminución de algunas fracciones metabólicas. En el primer caso se evidenció una disminución estadísticamente significativa en las fracciones de Colesterol LDL (-14,4%) y Colesterol total (-8,7%). Mientras que en el segundo los cambios significativos se vieron en la glucosa postprandial, insulina y péptido C en sujetos con diabetes tipo 2.

Por su parte, Behall et al. (2007) evidenciaron mediante la administración de panes con cantidades adicionadas de almidones resistentes y betaglucanos que hay una mayor reducción de la respuesta glucémica por el consumo combinado de almidón resistente y otras fibras. También se observó que la fibra soluble parece tener un mayor efecto sobre la insulina postprandial, y el almidón resistente sobre la reducción de la glucosa.

Por su lado, Jenkins (2008), evaluó el efecto reductor sobre la glucemia postprandial de una mezcla de fibras de alta viscosidad (10 g aprox.) adicionada a una merienda a base de almidón demostrando que esta redujo de manera significativa el índice glucémico y de manera similar, tanto en sujetos sanos como en diabéticos tipo2.

Por otra parte, Varios estudios *ad libitum* realizados en sujetos no diabéticos han sugerido un efecto beneficioso de dietas con bajos índice glucémico IG sobre los porcentajes de masa grasa (Bouche et al., 2002 citado por Murakami et al., 2007) y el peso corporal, en comparación con la dieta de IG alto, aunque otros ensayos realizados en pacientes con diabetes tipo II no han encontrado diferencias en el cambio de peso corporal entre dietas altas en IG comparados con las de bajo IG (Heilbronn et al, 2002;. Jimenez-Cruz et al, 2003., Rizkalla et al., 2004 citados por Murakami et al., 2007).

De este modo, otros autores han comenzado a considerar la inclusión de fibras aisladas en alimentos de consumo masivo, una necesidad, ya que se ha evidenciado que su consumo junto con el consumo de alimentos naturales fuentes de fibra, contribuyen de manera importante al control de fracciones metabólicas que influyen en la prevención y manejo de enfermedades crónicas de alta prevalencia en la población. (Peressini , 2009; Baixauli, 2007).

1.2 Importancia del consumo de fibra y su papel como compuesto Bioactivo en la salud humana.

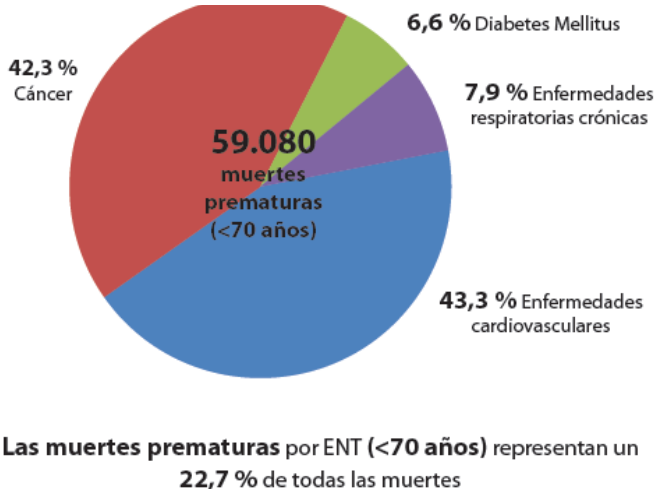
1.2.1 Contexto Epidemiológico

La Asociación Latinoamericana de Diabetes (ALAD, 2006) señala que Latinoamérica (LA) incluye 21 países con casi 500 millones de habitantes y se espera un aumento del 14% en los próximos 10 años. Existe alrededor de 15 millones de personas con Diabetes Mellitus (DM) en LA y esta cifra llegará a 20 millones en 10 años, mucho más de lo esperado por el simple incremento poblacional. Este comportamiento epidemiológico probablemente se debe a varios factores entre los cuales se destacan la raza, el cambio en los hábitos de vida y el envejecimiento de la población.

Junto con la DM en LA hay alta prevalencia a enfermedades de tipo crónico, las cuales según La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2011), son conocidas como Enfermedades No trasmisibles ENT, dentro de ellas se encuentran el cáncer, las dislipidemias, las enfermedades cardiovasculares, entre otras que se caracterizan por ser tener factores de riesgo multicausales, algunos de estos se pueden disminuirse manteniendo hábitos de vida saludables, dentro de los cuales los hábitos alimentarios cumplen un papel determinante en la prevención y control de estas entidades.

En el contexto Colombiano, las enfermedades crónicas se han catalogado como el grupo de enfermedades que han generado la mayor cantidad de defunciones en los últimos años con una tasa de 560.0 por 100.000 habitantes, estando por encima de las defunciones por neoplasias y muertes violentas con tasas de 338.98 y 157.53 respectivamente (IBS, 2011). Las principales enfermedades crónicas han generado un importante número de muertes prematuras en los últimos años, su incidencia se resume en la figura 1.

Figura 1. Incidencias de muerte prematura en Colombia por enfermedades crónicas



Tomado de: Perfiles de país. Enfermedades crónicas no trasmisibles. OPS 2011.

Esta situación ha generado que las enfermedades crónicas no trasmisibles sean una prioridad de salud pública y por ende deban adoptarse medidas para su atención, control y prevención en donde se prioricen las intervenciones sobre el consumo de alimentos dada su relación con la obesidad y demás enfermedades de este tipo (Ley 1355 de 2009). Adicionalmente, el informe técnico de la OMS sobre nutrición, el régimen alimentario y la prevención de enfermedades crónicas, destaca el hecho que las enfermedades crónicas son prevenibles y que los riesgos empiezan en el útero y continúan hasta la vejez. De ahí la importancia que las recomendaciones relativas al régimen alimentario y la nutrición se basan en un enfoque de ciclo de vida. (ENSIN, 2010).

En este sentido, y teniendo en cuenta a la alimentación como uno de los principales ejes de prevención y control, 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 contribuir en cierto grado a reducir el riesgo a contraer estas enfermedades. En esta medida, se ha establecido que muchos productos alimenticios tradicionales, como las frutas, las verduras, las leguminosas, los granos enteros (Trigo, Avena, Centeno, etc.) y la leche contienen componentes que pueden resultar beneficiosos para la salud (Rodríguez *y cols*. 2006). Además de esto, se están desarrollando nuevas tecnologías y se ha modificado la composición de algunos

alimentos para que se amplíen los efectos de aquellos componentes beneficiosos que representan convenientes efectos para la salud.

Dentro de los compuestos que han sido estudiados en los últimos años y al cual se le han otorgado propiedades benéficas para la salud, se resalta la fibra dietaria cuyo aumento en la 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 (Chandalia, *et al.* 2000), las enfermedades cardiovasculares, el cáncer colorrectal entre otros (Theuwissen*et al* 2008).

1.2.2. Concepto de fibra y recomendaciones establecidas

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF en las Nuevas Recomendaciones de Calorías y Nutrientes para población Colombiana RIEN (2009) refiere que "…la fibra es un constituyente no nutritivo presente principalmente en la pared celular de los tejidos vegetales de leguminosas, cereales, frutas y verduras. Aunque no es hidrolizado ni absorbido, ejerce efectos fisiológicos benéficos para el ser humano contribuyendo a reducir el riesgo de estreñimiento, enfermedad cardiovascular, obesidad y diabetes".

Según las RIEN (2009) existen numerosas definiciones en relación con el término fibra; algunas se basan en uno o varios métodos analíticos empleados para aislarlas del tejido y otras en sus efectos fisiológicos. Por ejemplo, en los Estados Unidos fibra se define con base en diferentes métodos analíticos aceptados por la Asociación Oficial Internacional de Químicos Analíticos (AOAC), en los cuales se aíslan carbohidratos no digeribles de animales y plantas; mientras que en países como Canadá la definición de fibra involucra solo carbohidratos no digeribles de origen vegetal. Entre tanto, en Colombia la resolución 333 de 2011 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 o dietética como "carbohidratos, análogos de carbohidratos y lignina, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal de los humanos. La fibra dietaria puede ser soluble o insoluble". En dicha norma, los valores referencia estipulados para fibra son de 25 gramos por cada 2000 calorías, estos pueden aumentar o disminuir teniendo en cuenta las calorías que se necesiten, la cantidad fibra debe expresarse en gramos por porción del alimento y en porcentaje del valor de referencia (%VD). La cantidad de fibra dietaria debe expresarse con el número de gramos de fibra dietaria más cercano a la unidad en una porción del alimento. La declaración de fibra dietaria no es obligatoria para

alimentos que contienen menos de 1 g de fibra dietaria por porción. Si la fibra no se declara deberá figurar al final de la Tabla de Información Nutricional la expresión “No es una fuente significativa de fibra”. Cuando se haga una declaración de propiedades nutricionales respecto de la fibra dietaria debe indicarse la cantidad de sus fracciones soluble e insoluble. En cuanto a los *Términos o descriptores permitidos para las declaraciones de propiedades relacionadas con el contenido de nutrientes, debe tenerse en cuenta que el descriptor “ Alto” se refiere a que* por porción declarada en la etiqueta, el alimento debe contener 20% ó más del valor de referencia de fibra. Por su parte, la declaración “Buena fuente de fibra” refiere que por porción declarada en la etiqueta el alimento contiene 10% al 19% del valor de referencia.

No obstante, actualmente la definición más valida a nivel Nacional es la definición consignada en el documento referido anteriormente “Recomendaciones de Ingesta y Energía de nutrientes para la población Colombiana” ICBF 2009, en donde al observar la diversidad de definiciones que se pueden encontrar, se establece que la fibra dietaria está constituida por la lignina y los carbohidratos no digeribles de las plantas presentes en los alimentos los cuales están compuestos, generalmente, por una mezcla de polisacáridos que forman parte integral de la pared celular de las plantas o de su estructura intercelular; esto indica que la matriz tridimensional de las plantas es responsable de algunas de las propiedades fisicoquímicas que se atribuyen a este tipo de fibra. Estos componentes de los tejidos vegetales se consideran *fibra dietaria* si las células de la planta y sus interrelaciones tridimensionales permanecen intactas.

Por su parte, la *fibra funcional* involucra todos los carbohidratos no digeribles que se aíslan o extraen empleando métodos químicos, enzimáticos o extractos acuosos. Este tipo de fibra incluye los oligosacáridos y los polisacáridos obtenidos sintéticamente o aislados de fuentes naturales con o sin modificación. La fibra total es en conclusión, la sumatoria de la fibra dietaria y la fibra funcional.

Sin embargo, y aunque los términos de fibra soluble e insoluble se mencionan de manera limitada en la actualidad, es preciso retomar la diferenciación que hace el *Codex Alimentarius* (2008) 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. 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.

Por lo anterior, se puede inferir que hay un consenso ~~es~~ en el reconocimiento de sus propiedades como compuesto bioactivo y en la importancia de su inclusión en la alimentación humana. Por tal razón se ha establecido una *Ingesta adecuada* de 14 g/ 1000 calorías consumidas, lo cual generaría las recomendaciones por grupo etáreo que se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Recomendaciones de Ingesta de Fibra para la Población Colombiana

	Recomendaciones (g/1000 kcal) [g/d]b	
PERIODOS DE LA VIDA	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

1.2.2.1 Patrones alimentarios del consumo de fibra en Colombia

Ahora bien, 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 dietaria (ALAD,2006. American Diabetes Association ADA, 2011). 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. Sin embargo, al evaluar los patrones alimentarios de la Población Colombiana, la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia ENSIN 2005 demostró que, solo el 6% de los individuos presentan un consumo de fibra superior a la ingesta adecuada establecida, acompañado de un consumo de frutas y hortalizas menor en comparación con otros grupos de alimentos.

Adicional a esto, en la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia ENSIN 2010 se reflejó un comportamiento similar en varios grupos etáreos, pues se encontró que el consumo de frutas y verduras, que debería darse diariamente en la dieta de infantes a partir del sexto mes, fue escaso.

En el consumo de frutas enteras, se identificó que, aunque el 87,2% de los colombianos consume frutas enteras en un mes regular, sólo el 27,7% lo hace diariamente. Sin embargo, solo el 18,3% de quienes realizan esta práctica, las consume de 3 a 4 veces. Adicionalmente, se observa que con respecto al consumo diario, es menor progresivamente a mayor edad al pasar de 34,9°% en niños de 5 a 8 años a 22,5% en adultos de 31 a 50 años. Lo que refiere que este último grupo etáreo podría tener consumo de fibra menores a la recomendación diaria establecida.

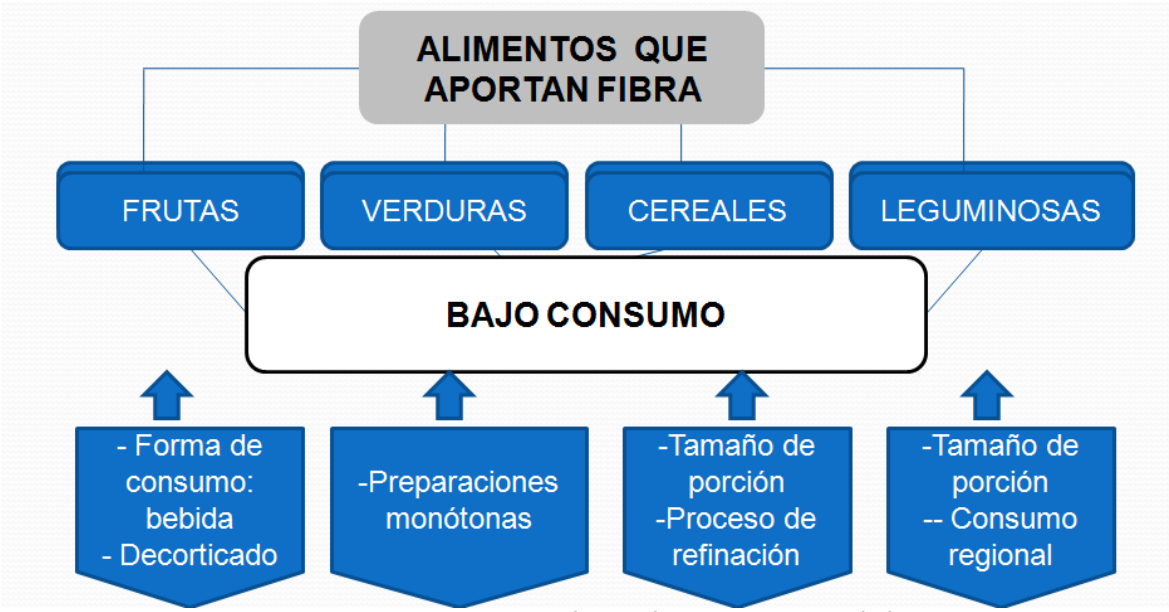
Para el caso de verduras y hortalizas, el consumo en Colombia es bajo, tanto para cocidas como crudas. En los niños más pequeños se tiene un consumo diario de 10,3% en verduras cocidas, en los niños de 14 a 18 años es de 6,5% y en el grupo de 51 a 64 años es de 14%. El consumo es mayor en la población mayor de 18 años. No obstante el consumo se refiere como semanal más no como diario lo que tiene como consecuencia el bajo aporte de fibra mediante el consumo de este grupo de alimentos.

Según la misma encuesta ENSIN 2010, el no consumo habitual de frutas y verduras podría responder a factores como la disminución de la elaboración casera de comidas infantiles y su reemplazo por comidas procesadas comerciales; a la falta de esta costumbre en la dieta colombiana, y la creencia en la falta de higiene e inocuidad de frutas y verduras.

En cuanto a otros alimentos con aportes importantes de fibra, la ENSIN 2010 refleja que el consumo de leguminosas en Colombia, no es diario sino semanal (74,2%), y solo un 15,9% de la población refirió un consumo diario. Adicionalmente, por grupos de edad, el grupo de 51 a 64 años presentó un menor consumo en cada una de las frecuencias (mensual, semanal y diario). El mayor consumo diario se presentó en el grupo de 19 a 30 años pero es sólo de un 18,6%. Esto permite inferir que el consumo de fibra en algunos grupos de edad es escaso si se compara con las recomendaciones establecidas para un día, afectando directamente el consumo de sus nutrientes y de fibra dietaria. De la misma manera se encontró que por regiones, la mayor proporción de consumo diario de leguminosas, se presenta en la región Central (24,9%) seguida de la oriental (19,2%), Amazonía y Orinoquía (17,7%), Bogotá (14,4%), Pacifica (10,7) y Atlántica (6,2%). El mayor consumo semanal se da en las regiones Pacífica, Amazonía y Orinoquía, y Atlántica, con unas proporciones de 82,6%, 76,9% y 76,3% respectivamente, lo cual sugiere un consumo de fibra bajo pero dependiente de las tradiciones y disponibilidad en cada zona del país.

Más bajo aún, resulta el consumo de cereales integrales, pues en Colombia, se observó que tan sólo el 19,3% consume en un mes regular este tipo de alimentos. Aunque es baja la proporción de consumo diario, esta frecuencia es mayor a mayor edad, 2,3% (5 a 8 años) a 11,3% (51 a 64 años). Por lo cual, teniendo en cuenta esta frecuencia de consumo puede estipularse que el aporte de fibra de los cereales integrales a la dieta promedio es bajo. Estos y otros factores que pueden limitar en el consumo de fibra en Colombia, se resumen en la Figura 2.

Figura 2. Factores que podrían limitar el consumo de fibra en el contexto Colombiano



Esquema creado por el autor para este trabajo

Como se observa en la figura 2, el bajo consumo de fibra es multicausal, demostrando que tanto los hábitos alimentarios ya sea a nivel individual o según las costumbres en contexto regional, como la disponibilidad de alimentos resultan factores determinantes a la hora de cumplir con las recomendaciones establecidas de consumo para este compuesto.

Por todo lo anterior, es importante identificar nuevas alternativas de consumo fibra tanto dietaria como funcional que permitan la disponibilidad y el acceso a fuentes de fibra total, con miras a aumentar el consumo teniendo en cuenta las recomendaciones diarias establecidas para la población colombiana.

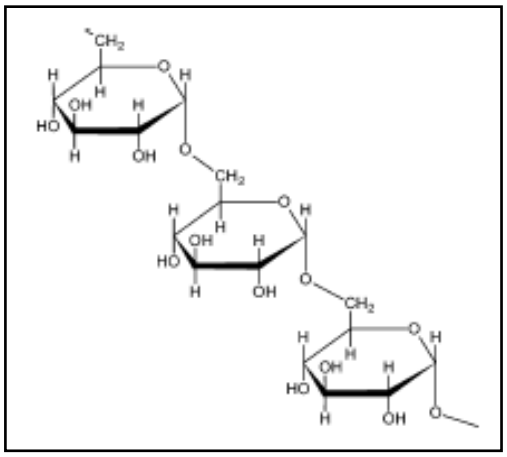
1.3 Caracterización del Biopolímero Bilac® como fuente de fibra soluble: Caracterización y aplicaciones en el desarrollo de productos alimenticios

El Biopolímero Bilac® es un compuesto de fibra soluble desarrollado y patentado por el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia y el cual será la base de estudio de este trabajo. Este ha sido obtenido por tecnología enzimática. 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.

1.3.1. Estructura y peso molecular

Ha sido producido por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* cepa IBUN 91.2.98, con actividad dextran sacarasa, está formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces alfa 1-6, tipo dextrana y posee un peso molecular de 850KDa. La síntesis de dicho polímero implica la transferencia de grupos glucosil, provenientes de la hidrólisis de la sacarosa a un aceptor como la misma glucosa y la obtención de fructosa libre como subproducto. La producción de la glucosiltransferasa es inducida por la presencia de sacarosa en el medio de fermentación, la cual se utiliza como única fuente de carbono para el crecimiento del microorganismo. Este microroorganismo se ha catalogada como GRAS (GenerallyRecognized 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 aproximadamente en un 90% por fibra soluble. Bilac® 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. (Ospina, 2010).

Ilustración 1. Estructura molecular de Bilac®.



Algunas de sus potenciales aplicaciones del Bilac® son: como agente viscosante, estabilizante, emulsificante, gelificante, posee cualidades para formar películas que pueden ser usadas en la manufactura de cápsulas farmacéuticas y en la elaboración de empaques biodegradables o empaques comestibles. La implementación de tecnologías limpias y el desarrollo de procesos productivos permiten el uso de BiLac® en un amplio rango de aplicaciones y lo colocan en ventaja competitiva frente a otros biopolímeros debido a su cantidad de fibra soluble. de origen vegetal (almidón, pectina, celulosa, goma guar), de origen marino (Carragenina y alginato) y de origen microbiano (glucanos, fructanos, goma xanthan, gellan y pullulan) que son utilizados actualmente en la industria.

1.3.2 Comportamiento Fisicoquímico

Las soluciones de Bilac® son pseudoplásticas, esto es, a medida que aumenta la velocidad de cizalla la viscosidad disminuye; no presenta comportamiento tixotrópico, porque al someter la solución a un alto esfuerzo de corte, una vez se suspende la viscosidad vuelve a su estado inicial sin alterar las propiedades reológicas. Se evidencia una relación directa entre la concentración de Bilac® y la viscosidad de la solución. En cuanto a la compatibilidad con otros biopolímeros y plastificantes Bilac® es compatible con biopolímeros solubles en agua, formando mezclas homogéneas con pectina cítrica, goma guar, goma tragacanto, goma gellan, entre otros hidrocoloides de grado alimenticio. En algunos casos se forman geles débiles por el efecto de la sinergia entre los hidrocoloides. El sinergismo con la goma gellan genera la formación de un gel al incrementar la temperatura de la solución en presencia de sales divalentes. El gel se forma con concentraciones de goma gellan inferiores al 1.2% (p/p) y la fuerza del gel varía de acuerdo con la concentración de la sal y de la goma gellan. (IBUN, 2005)

1.3.2.1 Estabilidad del Biopolímero

Una solución de Bilac® con una concentración de 10 g/L presenta un valor de pH de 6.6 (22ºC). El biopolímero es muy estable a diferentes condiciones de pH, tanto ácidas como alcalinas. La estabilidad térmica de Bilac® es superior a muchos otros polisacáridos solubles en agua, mantiene su integridad química y física hasta alcanzar una temperatura de 180 ºC, donde presenta su punto de descomposición. Las propiedades fisicoquímicas y reológicas de Bilac® no se afectan al ser sometido a esterilización, refrigeración o al almacenarse a temperatura ambiente. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad indica que al incrementar la temperatura de las soluciones de Bilac® se disminuye la viscosidad (IBUN, 2005).

1.3.2 Composición Química

La composición química del biopolímero Bilac® se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química biopolímero Bilac®

Componente	%	Método de análisis [a]
Agua	9.96	A.O.A.C. 932.12 Gravimetria
Proteína	1.42	A.O.A.C. 920.152 Kjeldahl
Minerales	1.51	A.O.A.C. 940.26
Fibra dietaria total (FDT)	86.17	A.O.A.C. 985.29
Fibra dietaria insoluble (FDI)	1.37	A.O.A.C. 1991.42
Fibra dietaria soluble (FDS)	84.79	FDT – FDI = FDS.

(IBUN, 2005)

1.3.3. Aplicaciones del Biopolímero Bilac® en el Desarrollo de Alimentos.

Teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas del Biopolímero Bilac® se han desarrollado algunos estudios con miras a caracterizar el comportamiento del mismo en diferentes medios para poder establecer las posibles matrices alimentarias en las que se pueda incluir como fuente de fibra. El primer acercamiento a la caracterización del comportamiento en matrices alimentarias fue el estudio de Chiriví y Perdomo (2009), en donde se pudo establecer que el biopolímero Bilac® no es soluble en agua pura. Sin embargo, este presenta mejor dispersión en matrices liquidas adicionadas con sacarosa si se tiene una relación de 2:1 de sacarosa y polímero respectivamente. Estos resultados parciales permitieron inferir su limitado empleo en matrices líquidas.

También observaron, adicionalmente, que la dispersión del biopolímero es facilitada por el calentamiento, el cual produjo también un importante incremento en la viscosidad proporcional a la concentración. La hidratación del biopolímero en agua es tardía y su dispersión mejoró a mayor tiempo de contacto.

Escobar (2010) y Rojas (2010) realizaron pruebas de capacidad de hinchamiento e índice de solubilidad donde se pudo determinar, entre otras cosas, que Bilac® requiere temperaturas mayores a 70°C para alcanzar su máxima capacidad de hinchamiento. También se evidenció un índice de dispersabilidad de 20% demostrando así una menor solubilidad si se compara con otras fibras que se encuentran en el mercado como la

inulina caracterizada por índices de solubilidad cercanas al 90%. De esto puede inferirse que se comporta como un polímero hidrofílico por lo cual tuvo un mejor comportamiento en los medios acuosos que en los oleosos. Posteriormente, se realizaron pruebas de estabilidad térmica del biopolímero solo y del biopolímero incluido en masas de productos horneados de panadería, mediante pruebas de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), demostrando que este presenta una temperatura de descomposición cercana a los 200°C, por lo cual se sugiere someter los productos desarrollados con inclusión de Bilac® a temperaturas de cocción por debajo de los 190°C.

Luego de conocer las condiciones para el manejo de Bilac® en el desarrollo de productos alimenticios, Escobar (2010) desarrolló matrices solidas, específicamente productos de galletería (galletas de avena) y bizcochería (minicakes) con inclusiones de Bilac® aceptadas sensorialmente de hasta 2,5 y 1,4 gramos por porción respectivamente para cada producto, demostrando de esta forma que los minicakes desarrollados pueden definirse como un alimento "*buena fuente de fibra*" ya que una porción aporta más del 10% de la recomendación de fibra establecida para los grupos etáreos preescolar y escolar. En el caso de las galletas se estableció que aunque no aportaban más del 10% sino un 7% aproximadamente, si se comparaban con otros alimentos disponibles en el comercio, estas resultaban ser un producto con un aporte importante de fibra que contribuía al alcance de las recomendaciones establecidas.

Paralelo al desarrollo de estos productos alimenticios, Avendaño (2010), realizó una prueba preliminar en la que se elaboraron pellets de comida para roedores con el fin de incluir estos productos en un primer ensayo biológico con estos animales para determinar el efecto de la inclusión del biopolímero en algunas fracciones metabólicas. El anterior ensayo no logró demostrar la acción protectora del biopolímero sobre los niveles de glucosa en sangre en roedores, en las concentraciones utilizadas; tampoco se puede afirmar categóricamente que este tenga una capacidad hipolipemiante en estos animales, pues aunque presentó una reducción en los niveles de colesterol y triglicéridos en comparación con aquellos que no lo consumieron, tal diferencia no fue significativa (Avendaño, 2009), por lo que sugieren realizar trabajos posteriores aumentando la concentración del polímero. Por otro lado, y de manera no menos importante, se han realizado ensayos preliminares de fermentabilidad *in vivo*, en los cuales se pudo establecer que el consumo de 5 g de Bilac® genera una producción variable de ácido propiónico reconocido por su efecto sobre el perfil lipídico con reducción de triglicéridos y

colesterol. Sugiriendo de esta forma que un aumento en su dosis o en la frecuencia de consumo mejore tales efectos (Vives, 2010; Pérez, 2012).

Otros estudios que se adelantan en el campo de las industrias química y farmacéutica sugieren que por sus propiedades fisicoquímicas y estructurales, presenta aplicaciones potenciales como: agente viscosante, hidrogelificante, formador de cápsulas, estabilizante y polímero formador de películas protectoras de frutas.

1.3.4. Características de productos de panadería y bizcochería que permiten la inclusión de fibra soluble

El pan es un producto alimenticio de consumo generalizado resultante de la fermentación y horneo de una mezcla básica de harina de trigo, agua, sal y levadura, que puede contener otros ingredientes y/o aditivos permitidos por la legislación vigente (NTC 1363). Como lo describe Díaz, (2011) citando a Mohd Jusoh, *et al.* (2009), es una matriz alimenticia compleja formada por una fase gaseosa dispersa en una fase sólida con dos estructuras diferentes: la miga y la corteza. La corteza es la superficie dorada que se forma por la reacción de Maillard y caramelización durante el horneo y tiene varias funciones importantes en sus propiedades, definiendo el producto según su grosor y dureza. La miga es la parte interna, blanca y esponjosa que se forma por la retención de gas producido en la fermentación debido al comportamiento viscoelástico de la masa conferido por la presencia de gluten.

Por su parte, la bizcochería abarca productos diversos. (Sai y Haridas, 2002). Dentro de estos se encuentran las galletas, las cuales son productos obtenidos mediante el horneo apropiado de una masa (liquida, sólida o semisólida), formada del amasado de derivados de trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para consumo humano (ICONTEC, 2007). Estos productos constituyen una de las alternativas de consumo de cereales, junto con las pastas alimenticias y el pan, diferenciándose de estos en que raramente hacen parte de una comida principal pero usualmente se consumen como snacks a cualquier hora del día (Manley, 2001; citado por Díaz, 2011).

La función general que ejercen los diferentes ingredientes dentro de estas matrices alimentarias, permite identificar los posibles cambios del producto generados por la modificación en los mismos:

a. Harina

En Colombia, según la Norma Técnica Colombiana NTC 267 se define Harina o Harina de trigo, al principal producto obtenido de la molienda la obtenida de la molienda y cernido del endospermo y capas internas del pericarpio de granos de trigo común *Triticumaestivum L*., o trigo ramificado, *Triticumcampactus Host.,* o mezcla de ellos, con el fin de obtener un tamaño de partícula determinado.

La calidad de la harina depende también de la variedad y tipo de trigo, del tipo de proceso, de los tipos de aditivo agregados, así como del contenido de cenizas, contenido de proteínas y calidad del gluten. Es claro que la funcionalidad del gluten es central para la calidad del pan, pues en la mezcla y amasado de trigo la estructura tridimensional formada por este es fundamental para las características reológicas, de textura y distribución de la miga (Hüttner E.K. y Arendt E.K., 2010; Lamacchia C., et al., 2010 citados por Díaz 2011). La habilidad del gluten de expandirse, debido a la presión interna de los gases tales como aire, vapor o dióxido de carbono, se combina con la elasticidad de la glutenina y la fluidez de la gliadina (Conforti, 2006).

En el caso de las galletas, la calidad de la harina está relegada a un segundo plano pues la presencia de grasa impide la formación del gluten al disminuir la hidratación de la harina y la presencia de cristales de azúcar interfiere en el proceso de gelatinización del almidón, por tanto la contribución de la matriz de gluten y la gelatinización de almidón para formar una estructura rígida es mucho menos aparente. Generalmente se utiliza en su producción harina con pobre calidad de gluten, pues al no ser un producto fermentado altos contenidos de gluten ocasionan la obtención de galletas de menor peso, densidad y dureza (Pareyt , et al., 2008 citado por Díaz, 2011). La amplia variación en los contenidos de azúcar, grasa y harina en las diferentes formulaciones y la diferente calidad de la harina empleada ocasionan que un tipo de harina que es ideal para cierta galleta puede no serlo para otra, por lo que se pueden observar problemas en el control de las dimensiones y densidad de las galletas, variaciones en la textura y la apariencia superficial, o masas muy pegajosas o demasiado consistentes (Fustier P., et al., 2009 citado por Díaz, 2011).

b. Agua

El agua es el segundo componente mayoritario y es el que hace posible el amasado de la harina pues al hidratar las proteínas facilita la formación del gluten, y su presencia es

necesaria además para el desarrollo de las levaduras. El nivel de adición de agua es crítico porque confiere a la masa características reológicas que la hacen apropiada para el procesamiento (Cauvain S.P., 2003 citado por Díaz 2011). El agua solubiliza la sal y el azúcar y ayuda a dispersar las células de la levadura a través de la harina. También sirve como medio para transportar alimento a la levadura a través de las membranas celulares. El agua es necesaria para la hidrólisis del almidón y de la sacarosa. El agua hidrata el almidón y la proteína de la harina y es esencial para el desarrollo del gluten a medida que la masa se manipula. Aunque la hidratación de los constituyentes de la harina es esencial, también lo es la presencia del agua libre. El agua libre en la masa influye en su extensibilidad. Si es mucha la masa es pegajosa y muy suave; si es poca, se hace dura y se resiste al estiramiento. La consistencia de las masas influye en el grado en que las capas de gluten alrededor de las burbujas de gas resisten la presión del dióxido de carbono acumulado durante la fermentación y la presión de los gases expandidos durante el horneado. El volumen del pan y la textura del migajón también se ven afectados. El agua es esencial para la gelatinización del almidón cuando se hornea la masa y el vapor que proporciona, contribuye a la expansión en el horno.

c. Levadura

La levadura para el pan está compuesta de células de cepas selectas del microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*. Las células de levadura fresca y activa se encuentran en el mercado como tortas comprimidas o como pastillas secas. La levadura se incluye en la masa del pan debido a que, como las células metabolizan los azucares fermentables, bajo las condiciones anaeróbicas que prevalecen en la masa., producen bióxido de carbono como producto de desecho. Este producto de desecho del metabolismo de las células de levadura se utiliza en la masa como leudante. La reacción global principal ignorando un número de pasos intermedios para la producción de CO2 con la glucosa como azúcar, se puede expresar con la ecuación de Gay-Lussac:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Las células de levadura no sólo producen bióxido de carbono que infla la masa, sino también (y mediante una vía bioquímica secundaria) substancias que modifican la elasticidad, la adhesividad y las propiedades de flujo de la masa. Todo esto contribuye en la forma en que se comporta la masa.

d. Grasa

Algunos autores (Charley, 2009) señalan que agregar grasa a la masa es opcional, ya que pueden realizarse panes con buena calidad sin su inclusión. La grasa hace que el producto sea más suave y la cubierta se tueste mejor. El aumento del volumen en el pan cuando se incluye la grasa, se atribuye a los orificios hechos por la grasa en las paredes de la masa alrededor de las células de gas. Esto hace que se puedan expander más antes de romperse y perder el bióxido de carbono. Para este propósito, las grasas solidas resultan superiores que la grasa líquida, sin embargo a nivel nutricional esto abarca un aumento en el aporte de grasas saturadas.

e. Azúcar

El azúcar se incluye principalmente a la masa para pan, como fuente de sustrato fermentable. La harina contiene solo una pequeña parte de sacarosa. Durante los primeros minutos después de haberse mezclado la masa, una alto porcentaje de la sacarosa de hidroliza a azúcar invertido. En ausencia de azúcar agregada, la producción de bióxido de carbono por las células de levadura se limita y se retarda, dependiendo la hidrólisis del almidón en la harina, de las amilasas. Los azúcares reducidos que permanecen en la masa cuando se lleva al horno, ayudan en el tostado (o dorado) y también al sabor del producto.

En las galletas el contenido de azúcar ejerce influencia en la dureza, crocancia, color y volumen. El tamaño de partícula del azúcar puede tener un efecto significativo en la expansión durante el horneo. Cuando las partículas son más finas la masa se expande más. Como generalmente el agua en la mezcla es insuficiente para solubilizar el azúcar, el tamaño de los cristales no disueltos también afecta la palatabilidad. Los cristales grandes resultan en productos más crocantes y fracturables y los cristales pequeños en galletas suaves (Manley D., 200. Citado por Díaz 2011). Finalmente, algunos autores sostienen que durante el horneo la recristalización en la superficie de la galleta causa el típico patrón de fractura (Pareyt B., et al., 2009).

La caracterización de las propiedades reológicas puede predecir el comportamiento del producto de panificación o de galletería en el procesamiento real. Además, las características viscoelásticas, se correlacionan con la calidad de los productos. En este sentido, es necesario reconocer algunas generalidades del parámetro evaluado y la importancia del análisis instrumental para su caracterización.

1.4. Generalidades Sobre el Análisis de Textura

La textura es una mezcla de los elementos relativos a la estructura del alimento y a la manera por la cual están relacionados con los sentidos fisiológicos. (Szczesniak, 1963; citado por Roudot, 2004). Tal y como lo describe Roudot (2004), la textura de los alimentos no tiene definición exacta, precisa y satisfactoria, sin embargo, se puede decir que posee las siguientes características:

- Se trata de un grupo de propiedades físicas que derivan de la estructura del alimento;
- Están relacionadas con la mecánica y la reología;
- No se trata de una propiedad sino de un conjunto de propiedades
- No está directamente relacionada con el olor o el gusto

La terminología está poco desarrollada, en particular los términos: dureza, cohesión, viscosidad, elasticidad, adhesión. De este modo, el problema terminológico no se plantea tanto a nivel de existencia de palabras aptas para describir tal o cual característica de la textura, sino más bien al nivel de su definición precisa. No obstante, actualmente existen diversos análisis instrumentales que permiten reconocer las características ya mencionadas. Dentro de estos, se ha reconocido al perfil de textura (TPA) como aquella herramienta basada en el reconocimiento de la textura como una propiedad multiparamétrica. En efecto, se sabe que es difícil hacer modelos para una textura alimentaria real a partir de una sola medida, tanto si es organoléptica como instrumental. En consecuencia, ha parecido lógico caracterizar la textura de un alimento a partir de varias medidas. Hecha esta constatación, la evaluación multivariante de textura se ha desarrollado, según autores como Roudot, (2004), en dos direcciones principales: el análisis sensorial y el análisis instrumental, con el perfil de textura. A estos dos métodos conviene añadir métodos estadísticos que permitan relacionar y analizar los resultados de ambos orígenes.

Las técnicas instrumentales para estudiar el comportamiento reológico de los alimentos pueden clasificarse como fundamentales, empíricas o imitativas de acuerdo al tipo de información obtenida de la prueba. Las pruebas fundamentales determinan una o más constantes físicas dependientes de la tensión o del esfuerzo y por tanto son parámetros bien definidos reológicamente, pero están limitadas en que las matrices alimenticias no siempre exhiben un comportamiento homogéneo de tipo newtoniano, plástico o pseudoplástico bien definido. Las pruebas empíricas miden

parámetros pobremente definidos en términos reológicos pero más cercanos a las propiedades de interés, están limitadas por la pobre definición de la propiedad medida, la ausencia de patrones y el limitado número de productos en los que un determinado test es efectivo. Las pruebas imitativas buscan reproducir las operaciones mecánicas aplicadas por los humanos en la evaluación sensorial, pueden presentar las mismas limitaciones de las pruebas empíricas pero al medir el comportamiento de los alimentos durante el consumo muestran la mayor correlación con la evaluación sensorial (TE32, 2005)

El análisis instrumental de textura se ha desarrollado mayoritariamente con pruebas imitativas, que explican la forma en que los alimentos se deforman y fracturan en la boca. El texturómetro es un instrumento de medida que puede configurarse de diferentes maneras de tal forma que brinda respuestas en forma de curvas de fuerza contra distancia o tiempo (ilustración 2). Básicamente consta de un brazo dotado de una celda de carga capaz de medir fuerzas de magnitud muy pequeña, que se mueve hacia o desde la muestra, interactuando con esta por medio de una sonda. El texturómetro permite realizar pruebas imitativas de varios tipos de acuerdo a la acción involucrada. En general la geometría de la sonda y la dirección del esfuerzo definen el tipo de prueba. Pueden realizarse pruebas de compresión, punción, penetración, corte, extrusión, tensión, fractura, doblado y adhesión. La selección de la prueba adecuada depende de las características de la muestra, la propiedad que se pretende medir, la disponibilidad de muestra y la exactitud requerida. Las características mecánicas de la textura que pueden medirse instrumentalmente con el texturómetro se clasifican en parámetros primarios como dureza, cohesividad, elasticidad y adhesividad y parámetros secundarios o derivados como fracturabilidad, gomosidad o masticabilidad. El significado físico de cada parámetro y su relación con las características propias de cada muestra hacen más o menos importante su medición en determinadas matrices. (Díaz, 2011)

Actualmente, este perfil de textura se efectúa en analizadores de textura universales, que, entre otras cosas, permite la variación continua de la velocidad en el momento máximo de la deformación, para aproximarse más a un ensayo imitativo; así la posibilidad de efectuar un análisis inmediato de la curva obtenida es una ventaja apreciable en este método. Tal curva obtenida, (ver ilustración 2) ha sido utilizada

para definir varios parámetros de textura del alimento estudiado, bien por la medida directa o por cálculo de superficies, obteniendo así ocho parámetros principales:

-Fracturabilidad, que corresponde a la fuerza necesaria para la primera ruptura (pico 1) Las unidades son kg, g o N. No todos los productos poseerán fracturabilidad.

-Dureza, también llamada firmeza, es el valor de la fuerza máxima obtenida después de la primera compresión (pico 2);

-Adherencia, o adhesividad, que corresponde al área de la curva situada bajo el eje de abscisas, es el trabajo necesario para despegar el producto de la placa de compresión (A3). Esta está dada en una gráfica de fuerza vs tiempo. Las unidades de medida pueden ser kg/ s, g/s o N/s ;

-Cohesividad, mide la fuerza de los enlaces internos del producto, se obtiene como el cociente entre el área del segundo pico y el área del primer pico (A4/A5);

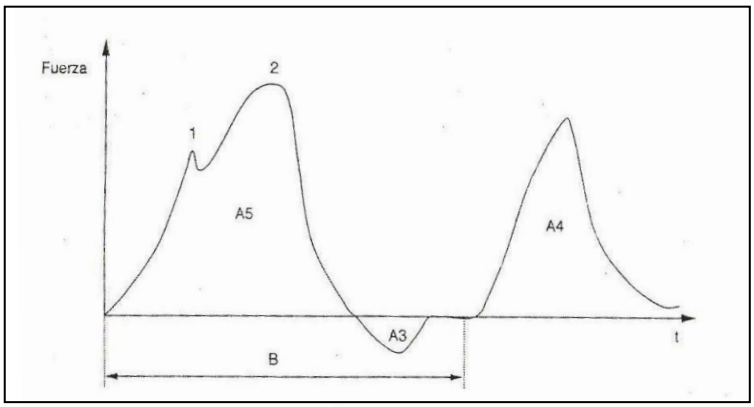
-Elasticidad es la diferencia entre la distancia B medida entre el contacto inicial y el contacto de la segunda masticación, y la misma medida C efectuada sobre un material inelástico (B-C);

-El carácter frágil, que no se mide directamente sino que se evalúa a partir de la forma de los picos;

-El carácter masticatorio es el producto de dureza*cohesión*elasticidad;

-El carácter gomoso es el producto dureza*cohesión (Roudot, 2004)

Ilustración 2. Curva obtenida en un perfil de textura



Tomado de: Roudot (2004). Reología y análisis de la textura de los alimentos. Ed. Acribia

1.4.1. Influencia De La Adición De Harinas Sobre Parámetros Reológicos De Las Masas adicionadas con Bilac®

Algunos autores refieren cambios importantes en las masas de productos de panadería luego de la adición de compuestos que aportan fibra soluble. Estos cambios están relacionados con las concentraciones en la adición de fibra.

Tabla 3. Relación de concentraciones de fibra soluble adicionada con cambios en características reológicas de las masas de panadería y bizcochería

Perissini et al (2009)	La adición de inulina en un rango de 2,5 a 7%, se relaciona con cambios en la viscoelasticidad de las masas. Sin embargo este cambio depende del tipo y la cantidad de fibra utilizada. Los cambios radican en la absorción de agua, la dureza de la miga y el volumen de los productos. Sin embargo, todos tuvieron una buena aceptabilidad sensorial.
De La Llave (2004)	La adición de fibra soluble en masas panarias, al 1,2% genera cambios deseables en las masas, aumentando su viscoelasticidad, capacidad de absorción de agua y extensibilidad, sin embargo a concentraciones mayores de 2% genera características indeseables, tornando las masas demasiado pegajosas y poco manejables.
Baixalui(2007)	La adición de almidón resistente (AR) modifica el comportamiento reológico de la masa cruda. Al aumentar la concentración de AR, la viscosidad aparente de la masa cruda disminuye lo que indica una estructura menos compleja. También se produce un descenso en la componente elástica de la respuesta dinámica atribuible a un efecto de dilución de las proteínas de la harina de trigo.

La adición de fibra soluble modifica el comportamiento reológico de la masa cruda. Al aumentar la concentración de esta, la viscosidad aparente de la masa cruda varía. También se produce un descenso en la componente elástica de la respuesta dinámica atribuible a un efecto de dilución de las proteínas de la harina de trigo (Baixauli, 2007). Es importante entonces reconocer en qué grado la adición del biopolímero Bilac® permite obtener en las masas panarias características sensoriales aceptables, similares a las de un producto de panadería tradicional.

2. METODOLOGIA

El presente trabajo se llevó a cabo en 2 etapas, en la *primera etapa* se realizaron pruebas preliminares en diferentes matrices sólidas de panadería y bizcochería para determinar el comportamiento físico del biopolímero Bilac® como fuente de fibra soluble. Esta etapa, a su vez, incluyó el desarrollo de diferentes pruebas para establecer los productos, y los posibles niveles de adición de fibra para incluir en cada uno de ellos.

Se estandarizaron los productos patrón y se ensayaron diferentes niveles de inclusión de fibra observando los cambios que generaba esta inclusión sobre cada producto. Se realizaron los respectivos ajustes en su formulación para finalmente determinar los productos que permitieron mayor inclusión de fibra.

Posteriormente se procedió a la evaluación instrumental y caracterización física de los productos adicionados con los mayores niveles de adición de biopolímero. Las pruebas instrumentales se realizaron mediante análisis de textura. La evaluación sensorial se desarrolló mediante un panel de 80 consumidores con aplicación de escala hedónica de 5 puntos.

En la *segunda etapa*, se evaluó el potencial bioactivo sobre la respuesta glucémica e índice glucémico de los productos adicionados con Bilac®. Para este estudio se diseñó un ensayo clínico aleatorizado cruzado simple ciego con la selección de 20 participantes de ambos sexos y mismo rango de edad, a quienes se le realizó examen médico, anamnesis alimentaria, valoración nutricional y pruebas bioquímicas para evaluar los criterios de inclusión. Se suministraron 50 g de carbohidratos disponibles mediante el desarrollo de un producto de panadería especifico para el estudio, cuya matriz permitiera la inclusión de fibra sin afectar de manera importante sus características organolépticas (panecillos de queso) con diferentes niveles de adición de biopolímero (0, 5 y 10 g por porción) y pan blanco como alimento de referencia. A continuación se describen los métodos y procedimientos aplicados para cada fase:

2.1. Primera Etapa

i. Laboratorio experimental: Ensayos preliminares cualitativos sobre comportamiento de Bilac® en matrices líquidas y sólidas; Determinación de tipo de matriz para el desarrollo de productos patrón, inclusión de Bilac® en diferentes productos de panadería y bizcochería con diferentes niveles de adición y ajustes a productos adicionados con diferentes niveles de biopolímero:

ii. Análisis instrumental de textura: empleando el texturómetro TA.TX plus (Stable Micro Systems, UK) y el Software Exponent se realizó el perfil de textura TPA, analizando los parámetros de adhesividad, Cohesividad, dureza, elasticidad y resiliencia para las masas húmedas. Para producto terminado se determinaron índices de fracturabilidad y dureza. Se realizó el respectivo análisis estadístico mediante análisis de varianza utilizando el método de Tukey y de LSD para la comparación de las medias. ($p<0.05$ y $p< 0.01$ respectivamente) Para la evaluación estadística se aplicó STATISTIX® 8.

iii. Evaluación sensorial: prueba de aceptabilidad, mediante panel de consumidores (n=80) con aplicación de escala hedónica de 5 puntos para cada producto. Esta se realizó paralelamente al desarrollo de productos con diferentes niveles de adición de fibra. Los parámetros evaluados fueron: sabor, color, aroma y textura. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA de una vía) con verificación mediante grupos homogéneos, con un nivel de confianza del 95 % ($p<0.05$). Para la evaluación estadística se aplicó STATISTIX® 8.

2.2 Segunda etapa: Evaluación del potencial bioactivo sobre la respuesta glucémica e índice glucémico de los productos adicionados con Bilac®:

i. *Fase preliminar*:

a. Evaluación médica: examen médico general, pruebas diagnósticas de laboratorio analizadas mediante química seca (cuadro hemático, parcial de orina -analizado mediante tiras reactivas para la determinación simultánea

semicuantitativa de diez parámetros químicos de la orina para uso de diagnóstico in vitro- y perfil lipídico, prueba de tolerancia oral a la glucosa PTOG), reconocimiento de factores de riesgo cardiovascular.

b. Valoración nutricional: Antropometría, estimación de la ingesta dietética realizada mediante anamnesis alimentaria utilizando la técnica de global recordatorio de 24 horas en una ocasión junto con frecuencia de consumo de alimentos según agrupación definida en las guías alimentarias para la población colombiana (ICBF, 2000)

ii. Fase preparatoria

a. Toma de nuevas mediciones bioquímicas basales:

-Prueba de tolerancia oral a la glucosa. Mediante flebotomía antes y después de la Ingestión oral de 75gr de glucosa diluida en 300 mL de agua. Se realizó toma de muestra sanguínea por venopunción a los 120 minutos post-carga para determinar los valores de glicemia.

-Cuadro hemático, realizado mediante la técnica de flebotomía y determinación por química seca. Se determinó mediante Impedancia Eléctrica en el equipo PENTRA 80

-Perfil lipídico obtenido por flebotomía. Fue determinado por química secacon el equipo Reflotron® Plus (ROCHE)®

iii. Fase experimental: (Wolever, 2008)

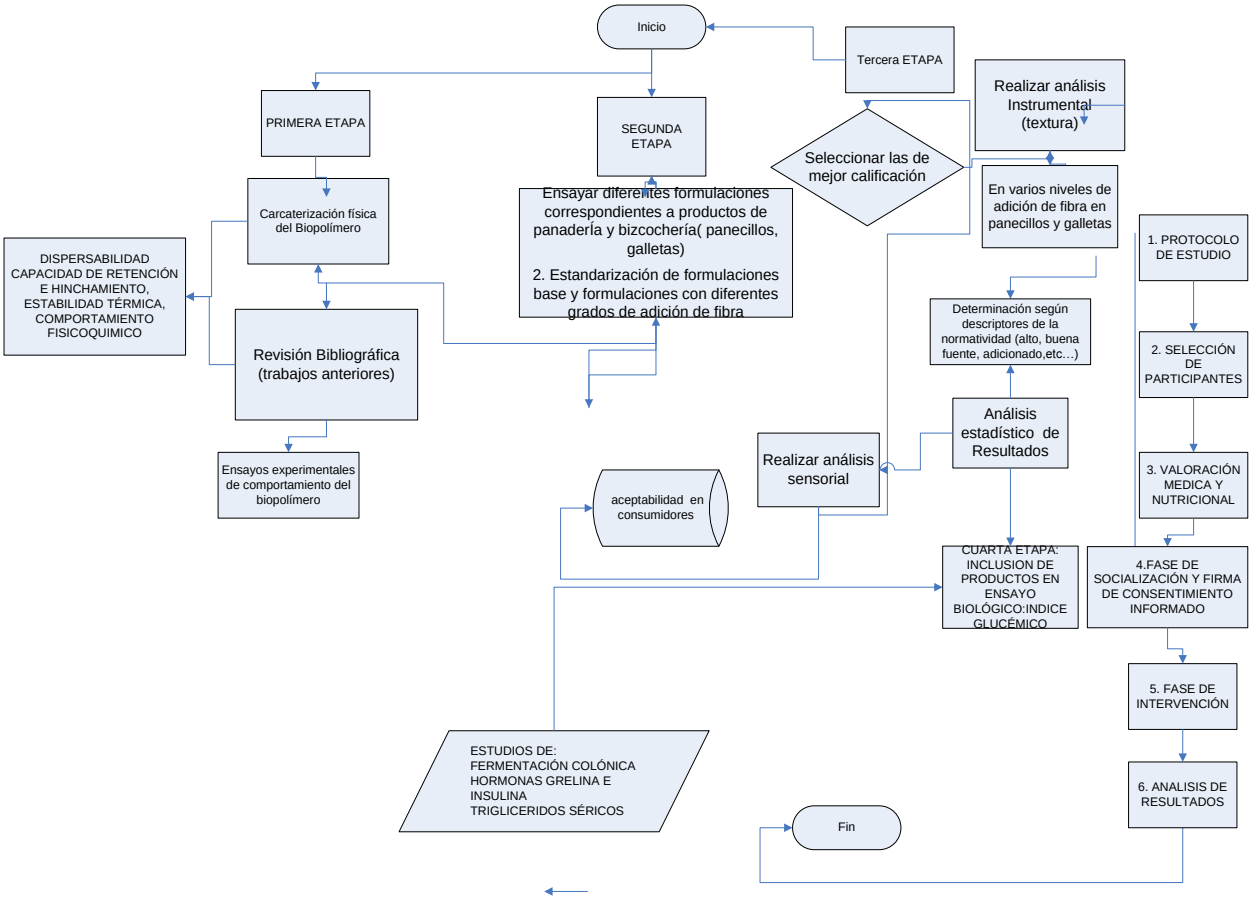
a. Glucometrías mediante la técnica de punción capilar mediante el uso del glucómetro Glucómetro Accu- CheckPerforma (casa comercial ROCHE)®y tiras reactivas por química seca cumpliendo la norma ISO 15197. Durante las 4 intervenciones, las glucometrías se realizaron en estado de ayuno, 15´, 30´, 45´, 60´, 90´ y 120´ minutos posteriores a la ingesta del pan blanco o alimento estudio. Todas las mediciones se hicieron por duplicado.
b. Cálculo del índice glucémico: Por formula, relación del area bajo la curva para 50g de carbohidrato del alimento estudio sobre la obtenida para el pan blanco, según metodología sugerida por (Arteaga, 2007., Wolever, 2008)
c. Análisis estadístico: La información recolectada sobre las características de los participantes y sus datos basales, resultados de las mediciones bioquímicas en cada prueba y aceptabilidad del alimento estudio, se consignó de forma manual en

los formatos diseñados previamente y en formato digital. La base de datos se elaboró en hojas de cálculo (Excel) y los análisis estadísticos se realizaron en R y Excel 2010.

Los valores de las variables bioquímicas se expresaron en promedio y desviación estándar, mediana y valores mínimos y máximos. La evaluación analítica de los resultados, se realizó mediante la estadística t-student para comparar medias poblacionales (paramétrica) y la estadística de Wilcoxon (no paramétrica) para evaluar las medianas poblacionales.

Las comparaciones entre el alimento control y las dos intervenciones para evaluar la hipótesis de igualdad de medias, se analizaron con el método Tukey y el método de Dunnett, La evaluación de las hipótesis de comparación de medias y de medianas se contrasta con un nivel de confianza del 95%.

Figura 3. DIAGRAMA DE FLUJO ESTABLECIDO PARA INVESTIGACIÓN



3. RESULTADOS DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANADERÍA Y BIZCOCHERÍA ADICIONADOS CON BILAC®

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de los productos de panadería y bizcochería obtenidos de una formulación patrón, sin inclusión del biopolímero. Se seleccionaron diferentes formulaciones de productos las cuales fueron elaboradas en el laboratorio de alimentos del Departamento de Nutrición obteniéndose, previa evaluación, la formulación patrón, la cual correspondió a aquella cuyo producto presentó las mejores características organolépticas. A partir de esta formulación se realizaron los ajustes requeridos, según el caso, para obtener la formulación base a partir de la cual se proyectó la inclusión de diferentes niveles de adición de fibra.

3.1. RESULTADOS: DESARROLLO DE FORMULACIONES BASE

Se elaboraron tanto productos de panadería como de bizcochería.

3.1.1. Productos de panadería

Los productos de panadería, son productos alimenticios resultantes de la fermentación y horneo de una mezcla básica de harina de trigo, agua, sal y levadura, que pueden contener otros ingredientes y/o aditivos permitidos por la legislación vigente. (NTC1363)
En este trabajo, los productos de panadería desarrollados fueron trencitas de queso y palitroques de ajonjolí.

3.1.1.1. Trencitas de queso

Producto elaborado a partir de harina de trigo y grasa, con adición de queso. La masa húmeda de este producto se caracterizó por ser una masa flexible, sin grumos y con aroma característico. El producto horneado se caracterizó por tener un color dorado uniforme, por una corteza delgada y por ser un producto de baja humedad. Presentó una textura crujiente y un aroma característico (sabor a queso). En la tabla 4 se presenta la formula patrón y la modificación en la proporción de ingredientes para obtener la formulación base empleada en el desarrollo del producto final. Las modificaciones señaladas en la tabla 4 se realizaron a nivel de laboratorio experimental; los ajustes se realizaron teniendo en cuenta los parámetros sensoriales observados por los

investigadores y un grupo pequeño de consumidores, quienes colaboraban en la caracterización de los productos elaborados y de los respectivos ensayos para su ajuste.

Tabla 4. Ensayos para obtención de formulación base. Trencitas de queso

Nombre	**Formulación 1 (Patrón inicial)**	**ajuste 2 (Ajuste parcial)**	**ajuste 3 (Ajuste parcial)**	**Ajuste Final 4 (formulación base)**
	%	**%**	**%**	**%**
Harina de trigo	100	100	100	100
Queso	26	35	45	52
Sal	3	2	2	2
Levadura seca	2	2	3	2
Aceite	40 (margarina)	20	20	20
Agua	36	40	40	46
Huevo (brillo)	11	11	11	11
Especias	0	2	3	0
Parámetros Sensoriales				
COLOR	Dorado característico	Dorado característico	Dorado característico	Dorado característico
TEXTURA Y APARIENCIA	Duro. Áspero Grasosa en la superficie	Ligeramente duro. Compacto Seco	Ligeramente duro. Crujiente Seca	Crujiente. Característica
AROMA	Poco perceptible	Poco perceptible	Característico	Característico: aroma a queso
SABOR	No característico	Poco perceptible	Característico	Característico: sabor a queso

A esta formulación se le realizaron ajustes relacionadas con el tipo de grasa a utilizar y con la cantidad de queso con el objetivo de potencializar su sabor y mejorar sus características organolépticas.

Para este producto, se evaluaron diferentes formas de presentación, dentro de las cuales se plantearon palitos, tornillos y trenzas. Estas formas de presentación evidenciaron comportamientos diferentes en el momento del horneo. Específicamente los palitos y los tornillos representaban una cocción heterogénea con bordes demasiado tostados y frágiles. Por lo tanto se estableció como patrón aquella que mostrará un mejor comportamiento durante el horneo, específicamente aquella forma que permitiera una cocción y dorado uniforme. La forma de presentación establecida para la formulación patrón fue la trenza de queso ya que permitió mantener no sólo la uniformidad de la

cocción sino también permitió mantener más uniformidad en los tamaños del producto final. Estas formas se presentan en la ilustración 3.

Ilustración 3. Formas de presentación de trencitas de queso

3.1.1.2. Palitroques de Ajonjolí

Un segundo producto desarrollado en esta etapa fueron palitroques de ajonjolí, los cuales se estandarizaron con los ensayos de formulación resumidos en la tabla 5.

Los productos desarrollados en la formulación 1, se caracterizaron por presentar un sabor neutro y una textura ligeramente dura. Las modificaciones señaladas en la tabla 5 se realizaron a nivel de laboratorio experimental.

Tabla 5. Ensayos para la obtención de la formulación base de palitroques de ajonjolí

Nombre	**Formulación 1 (Patrón)**	**Ajuste 2 (Ajuste parcial)**	**Ajuste 3 (Formulación base)**
	%	**%**	**%**
Harina de trigo	100	100	100
Sal	2	4	4
Aceite	7	14	14
Levadura instantánea	1	1	2
Agua	50	68	68
Ajonjolí	10	10	10
Parámetros sensoriales			
Color	Dorado característico	Dorado característico	Dorado característico
Textura y apariencia	Dura, seca, compacta. Poco crujiente	Ligeramente . Crujiente y Compacta .Seca	Característica Crujiente. Seca.

Aroma	Característico	Característico	Característico
Sabor	Neutro. Poco perceptible.	Característico. Ajonjolí	Característico: ajonjolí

3.1.1.3 Análisis de resultados

Según los resultados reportados en las tablas 4 y 5 y teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normatividad vigente (ICONTEC, 2005) relacionados con la clasificación de panes según la textura, las trencitas de queso y los palitroques de ajonjolí pueden clasificarse como pan tostado, caracterizado por un nivel de fragilidad moderado, bajo contenido de humedad y estructura crocante. Según el parámetro de sabor las trencitas de queso se clasificaron como pan de sal, debido a que la formulación establecida contiene 2% de sal ubicándolo en el rango de no menos del 1,5 y no más del 2,5% establecido en dicha norma.

Las anteriores características se generan gracias a las transformaciones que experimenta la masa por la temperatura del horno, comprendiendo una evaporación del alcohol fermentado y parte del agua. También se genera una dilatación de la masa por acción del vapor de agua, del aire y del CO_2 lo que produce el carácter poroso de la miga. En la corteza, la temperatura elevada produce además de la hidrólisis del almidón en dextrina y maltosa, un pardeamiento producido por la reacción de Maillard, a la que se debe el sabor característico y color oscuro de la corteza.

Dada la importancia de los parámetros nutricionales como sensoriales también se optó por realizar cambios en la naturaleza de algunos ingredientes debido al objetivo del desarrollo de estos productos, enmarcado en la alimentación saludable. Por esta razón, en las trencitas de queso se disminuyó la cantidad de grasa y se sustituyó la margarina por aceite vegetal, teniendo en cuenta que el aporte de ácidos grasos saturados para este tipo de productos debe ser bajo (ALAD, 2005). La proporción de queso y agua en este producto se aumentó teniendo en cuenta principalmente la textura de los productos y la percepción del sabor. Tales modificaciones dieron origen a una modificación favorable en el aroma.

Sin embargo, en la elaboración de los palitroques de ajonjolí se observó una masa dura, seca y poco flexible. Los ajustes realizados para este caso se basaron en el aumento en las proporciones de aceite y agua, lo que permitió obtener un producto crujiente y de sabor característico.

La temperatura de horneo para estos dos productos fue de 125°C, teniendo en cuenta estudios anteriores de estabilidad térmica del biopolímero (Rojas, 2010; Escobar 2010).

3.1.2. Productos de bizcochería: Galletas

La Bizcochería abarca un diverso número de productos caracterizados por sus masas dulces y con la participación de ingredientes variados que interactúan entre sí. La mayoría de las formulaciones contienen tres componentes principales; harina, azúcar y grasa, así como otros componentes en menor proporción. Los cambios realizados en estos componentes tienen efectos importantes en la calidad final de los productos. (Manley, 1996 y Wehrle, 1999 citados por O'Brien 2003). En este sentido, y teniendo en cuenta el bajo contenido de humedad de las galletas, y la facilidad para variar la proporción de sus ingredientes en este trabajo se desarrollaron varios tipos de galletas con diferentes niveles de adición del Biopolímero Bilac®. Las formulaciones base se obtuvieron mediante ensayos con diferentes tipos de galletas. De acuerdo a ICONTEC (2005), las formulaciones elaboradas son de tipo salado (galletas de pimienta), dulce (galletas de canela y caseras) y cubiertas (galletas de avena con uvas pasas). Los porcentajes de participación de ingredientes se basaron en la normatividad vigente (NTC 1241, ICONTEC, 2007). Sin embargo, estos se modificaron según los parámetros sensoriales observados durante el desarrollo de la formulación base.

3.1.2.1. Galletas de pimienta

Se seleccionó una formulación base que adicional a los ingredientes tradicionales harina, grasa, leudante) aportara otros que permitieran una mayor densidad nutricional (huevo, leche). Se resalta que la formulación patrón incluye el aceite, en lugar de grasa saturada.

El producto horneado se caracterizó por tener un color crema uniforme, de baja humedad. Presentó una textura crujiente y un sabor característico (sabor a pimienta). En la tabla 6 se presenta la formulación patrón y la modificación en la proporción de ingredientes para obtener la formulación base.

Los ajustes en la formulación patrón de esta galleta se realizaron principalmente en la proporción de aceite, leche, huevo, levadura y especias, (tabla 6), y se basaron en la textura poco crocante del producto y la apariencia grasosa en la superficie; los resultados de los parámetros evaluados se describen a continuación:

Tabla 6. Ensayos para la obtención de la formulación base de galletas de avena

Nombre	Formulación 1 (Patrón)	Ajuste 2 (ajuste parcial)	Ajuste 3 (Formulación base)
	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100
Aceite	47	43	30
Agua	38	30	30
Leche	25	25	10
Fécula de maíz	18	18	18
Huevo	18	18	18
Azúcar	5	8	8
Levadura seca	6	6	1
Pimienta	3	3	2
Sal	4	4	3
Parámetros sensoriales			
Color	Crema Característico	Crema Característico	Crema característico
Textura y apariencia	Seca, blanda, poco crujiente	Ligeramente crujiente,	Crujiente, característica
Aroma	Característico	Característico	Característico
Sabor	Picante y salado	Picante y salado	Característico

3.1.2.2. Galletas de avena

Se seleccionó esta matriz por la inclusión de avena, cereal que además de su importante valor nutritivo, aporta fibra soluble e insoluble natural y le confiere un sabor característico tradicional al producto final.

En la tabla 7 se resumen los ajustes a la formulación patrón para obtener la formulación base de las galletas de avena.

Tabla 7.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas de avena

Nombre	Formulación 1 (Patrón)	Ajuste 2 (ajuste parcial)	Ajuste 3 (Formulación base)
	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100
Harina de avena	-	11	11
Avena en hojuelas	45	34	34
Azúcar morena en polvo	66	61	61
Aceite	30 (margarina)	40	40

Polvo de hornear	3	4	4
Uvas pasas molidas	20	26	33
Huevo	46	46	46
Agua	25	32	32
Parámetros sensoriales			
Color	Característico: dorado uniforme	Característico: dorado uniforme	Característico: dorado uniforme
Textura y apariencia	Desmoronable Muy seca .Superficie grasosa.	Característica: Ligeramente Crocante y Seca	Característica: ligeramente crocante y Seca
Aroma	Suave	Suave poco perceptible	Característico: aroma a uvas
Sabor	Ligeramente dulce	Característico: avena	Característico: avena

3.1.2.3.1. Galletas de canela

Este producto presenta como ingrediente base la harina de trigo con la adición de una especie aromática tradicional como lo es la canela. En la tabla 8 se resumen las ensayos preliminares de diferentes formulaciones para obtener la formulación base de las galletas de canela

Tabla 8.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas de Canela

Nombre	**Formulación 1 (Patrón)**	**Ajuste 2 (ajuste parcial)**	**Ajuste 3 (ajuste parcial)**	**Ajuste 4 (Formulación base)**
	%	**%**	**%**	**%**
Harina de trigo	100	100	100	100
Agua	20	20	20	34
Leche	20	34	34	34
Aceite	15 (margarina)	10	10	10
Huevo	-	5	11	11
Azúcar	45	38	38	38
Levadura seca	6	6	6	6
Canela en polvo	2	3	3	3
Esencia	-	20	20	27
Parámetros sensoriales				
Color	Característico: café	Característico: café	Característico: café	Característico: café
Textura y apariencia	Dura, compacta. Rugosa Superficie grasosa.	Dura, Compacta. Lisa. Seca	Ligeramente dura. Compacta. Lisa.	Característica
Aroma	Poco perceptible.	Característico	Característico	Característico
Sabor	Poco perceptible Dulce	Característico	Característico	Característico

3.1.2.4. Galletas caseras

Las galletas caseras, al igual que las de canela son elaboradas 100% con harina de trigo, presentando un sabor neutro el cual se acentúa ligeramente con la adición de una especie saborizante y aromatizante como lo es la vainilla. En los ensayos se evidenció que este producto presentó el mejor comportamiento en características sensoriales al realizar las modificaciones en su formulación comparada con las demás galletas; En la tabla 9 se resumen las ensayos preliminares para obtener la formulación base de las galletas caseras.

Tabla 9.Ensayos para obtención de formulación base de Galletas Caseras

Nombre	**Formulación 1 (Patrón)**	**Ajuste 2 (Formulación base)**
	%	**%**
Harina de trigo	100	100
Azúcar	40	50 (azúcar pulverizada)
Aceite	60 (margarina)	53
Huevo	43	43
Polvo de hornear	2	4
Esencia de vainilla	4	7
Parámetros sensoriales		
Color	Característico: dorado uniforme	Característico: dorado uniforme
Textura y apariencia	Compacta. Superficie grasosa	Característica: grano fino y compacto. Crujiente
Aroma	Suave	Característico : vainilla
Sabor	Insípido	Característico: sabor a vainilla

Análisis de resultados

El comportamiento de las galletas de pimienta evidenció una masa blanda de difícil manejo, un sabor ligeramente salado y picante, por lo cual las cantidades de aceite, agua leche y levadura se disminuyeron y se ajustaron los ingredientes que confieren en mayor grado, el sabor. Estos cambios permitieron alcanzar característica de crujiente. Las galletas de avena se caracterizaron por presentar una textura variable según la proporción del cereal y el agua. Los principales ajustes en esta formulación se relacionaron con el cambio de margarina por aceite, para disminuir la cantidad de grasas

saturadas y la incorporación combinada de harina de trigo y harina de avena para mejorar la textura de la formulación patrón. Se aumentó la cantidad de uvas pasas como mecanismo para potenciar el sabor y aroma y para mejorar el aporte de fibra natural.

Por su parte, las galletas de canela se caracterizaron por presentar la mayor proporción de ingredientes en su formulación. Al igual que los demás productos desarrollados, se realizó modificación en el tipo de grasa y disminución de la proporción de grasa y azúcar lo cual dio como resultado un producto con sabor y aroma característicos. También se aumentó la cantidad de agua y de leche para mejorar la textura específicamente disminuir la fuerza de la masa haciéndola más extensible.

Para las galletas caseras, se realizaron ajustes adicionales al tipo de grasa y proporción de azúcar para aumentar la cohesividad de su estructura contribuyendo a la obtención de una textura crujiente. El sabor se mejoró mediante el aumento en la cantidad de esencia. Todos los tipos de galletas se caracterizaron por presentar una muy baja humedad.

3.2 Inclusión De Biopolímero Bilac® En Formulaciones Desarrolladas

Después de la obtención de las formulaciones base de cada uno de los productos de sal o de dulce, se realizaron los respectivos ensayos con adición de diferentes cantidades de biopolímero por porción, teniendo en cuenta los resultados reportados en trabajos anteriores (Chiriví, 2009; Escobar, 2010; Pérez, 2011) relacionados con la incorporación del biopolímero en matrices alimentarias. Las concentraciones de Bilac se establecieron en un rango entre 2 y 10 gramos por porción, proyectando alcanzar un cubrimiento del valor de referencia para fibra mínimo del 10%. Se estandarizaron cada una de las formulaciones, evaluando el comportamiento del biopolímero producido por la interacción de este con los ingredientes que la conforman en las respectivas masas. La máxima adición del biopolímero por porción se estableció, teniendo en cuenta los posibles efectos secundarios del consumo de fibra, relacionados con sintomatologías a nivel gastrointestinal, reportadas en estudio previo (Pérez, 2011).

En términos generales los resultados obtenidos permiten evidenciar que con la adición de las diferentes concentraciones de fibra se observaron cambios importantes en el comportamiento de las masas húmedas tornándose, en una textura de difícil manejo, con una tendencia a ser más compacta, y menos húmeda al tacto, proporcional al incremento

del biopolímero. Esto se relaciona con los resultados reportados por García y Pacheco (2007), donde refieren que la alta absorción de agua encontrada en la mezcla para formar la masa para elaborar las galletas, puede estar relacionada con la capacidad de los gránulos de almidón de formar una red, que se encuentra asociada al contenido de grasa, proteínas y fibra en la matriz del alimento, resultando su afinidad en un alto rendimiento de masa. Aunque, a su vez esto es indicativo de que existe una baja relación de adhesividad-cohesividad de la masa, lo cual , en alta proporción, se considera limitante para la formación de estructuras moldeadas y para obtener galletas de textura crocantes y crujientes. (Canett et al., 2004; Escobar, Estévez y Guiñez, 2000; Fustier et al., 2007; Ho, Hwa y Sun, 2005 citados por García y pacheco, 2007).

3.2.1. Características físicas de las masas húmedas y producto final con la Inclusión de fibra

Luego de obtener las respectivas formulaciones base de estos productos, y con el fin de establecer la cantidad de Bilac® a adicionar se procedió a determinar el peso de la porción para cada uno de los productos para lo cual se consideraron principalmente dos aspectos, el primero los pesos (g) establecidos para derivados de cereales (Res. 333/11) y el segundo la densidad de los productos finales. El peso por porción determinado para los productos seleccionados se relaciona en la tabla 10.

Tabla 10.Peso establecido por porción para los productos de panadería desarrollados

Producto	Gramaje	Unidades por porción
Trencitas de queso (panecillos)	48 g aprox.	3 unidades de 16 g aprox. c/u
Palitroques de ajonjolí	28 g aprox.	4 unidades de 7 g aprox. c/u

3.2.1.1. Inclusión de BILAC® en productos de panadería: trencitas de queso y palitroques de ajonjolí

Como primer producto horneado de panadería se desarrolló la formulación base de trencitas de queso. Los niveles de incorporación fueron establecidas en 2.5, 5, 7.5 y 10 gramos de Bilac® por porción. Las formulación base ajustada para cada concentración de fibra adicionada se resumen en la tabla 11.

Tabla 11.Ajustes de ingredientes en la formulación para trencitas de queso adicionadas con Bilac®

Nombre	Formulación Base	2,5 g de Bilac® por porción	5 g de Bilac® por porción	7,5 g de Bilac® por porción	10 g de Bilac® por porción
	%	%	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100	100	100
Queso	52	52	52	52	52
Sal	2	2	2	2	3
Levadura seca	2	2	2	2	2
Aceite	20	20	20	20	20
Agua	46	46	46	46	52
Huevo (brillo)	Cantidad suficiente	Cantidad suficiente	Cantidad suficiente	Cantidad suficiente	Cantidad suficiente
Bilac® %	0	8	16	24	32

Como segundo producto horneado de panadería se desarrolló la formulación base de Palitroques de ajonjolí. Las concentraciones utilizadas en este producto fueron ajustadas al no permitir la matriz alimentaria incorporación de cantidades mayores a 5 g. Los niveles de incorporación fueron establecidas en 2, 3, 4 y 5 gramos de Bilac® por porción. Las formulación base ajustada para cada concentración de fibra adicionada se resumen en la tabla 12.

Tabla 12.Ajustes de ingredientes para Palitroques de Ajonjolí adicionados con Bilac®

Nombre	Formulación Base	2,0g de Bilac® por porción	3g de Bilac® por porción	4 g de Bilac® por porción	5 g de Bilac® por porción
	%	%	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100	100	100
Sal	4	4	4	4	4
Aceite	14	14	14	14	14
Levadura	2	2	2	2	2
Agua	68	68	68	68	68
Bilac %	0	13,5	20,2	27	34

3.2.1.1.1. Análisis de resultados

Durante el horneo no se presentaron cambios en la superficie de los productos. Para todos los niveles de adición, los productos finales se caracterizaron por ser productos crujientes de baja humedad, con sabor y aroma característicos. Los dos productos adicionados con fibra presentaron una menor humedad perceptible al tacto a medida que se aumentaban las concentraciones de Bilac® adicionadas. La masa de los productos patrón se caracterizó por ser flexible, lo cual permitió un fácil amasado. A su vez, se

caracterizaba por ser homogénea, lisa y por presentar un aroma característico. Características similares se observaron en la masa adicionada con 2,5 gramos de Bilac®. Sin embargo, en las masas adicionadas con 5 y 7,5 gramos de fibra de las trencitas de queso se pudo establecer que el aumento en la cantidad de fibra generó masas más compactas y por ende menos flexibles y de difícil amasado. Estas características se observaron en mayor proporción en las masas adicionadas con 7,5 y 10 gramos de Bilac®, siendo esta última la única masa que presentaba pequeños grumos en el momento del amasado, los cuales tendieron a desaparecer con el incremento de agua en la formulación. Por su parte la masa de los palitroques de ajonjolí no permitió una inclusión de fibra mayor al 5% ya que la poca flexibilidad y poca humedad perceptible al tacto daban como resultado una masa de difícil manejo.

Los tiempos de horneo fueron similares para todos los tratamientos, entre 30 a 35 minutos a una temperatura de 125°C. Esta temperatura se estableció teniendo en cuenta trabajos anteriores de estabilidad térmica de este compuesto en productos alimenticios (Análisis termogravimétrico TGA y análisis de calorimetría diferencial de Barrido DSC) (Escobar, 2010. Rojas, 2010) donde se establecen temperaturas de descomposición para Bilac® en productos de panadería por encima de 180°C.

En cuanto a los productos terminados, específicamente aquellos con inclusión de Bilac® demostraron tener el menor porcentaje de merma (23% vs 22% y 22% vs 24% para trencitas y palitroques respectivamente), presumiblemente por la retención de agua causada por la adición progresiva de fibra, lo cual puede atribuirse a las características químicas de Bilac® que permiten que haya un efecto plastificante en el producto -es decir, confiere la capacidad de deformarse sin romperse- y por ende disminuir la cantidad de agua disponible que podría evaporarse durante el horneo. Esto se relaciona con el fenómeno descrito por autores como Kim *et al* (1996) y Franck (2002) quienes han demostrado que la adición de fibra en productos alimenticios, como yogurt y productos horneados, mejora la estabilidad y firmeza en el caso de los geles y en el caso de las masas panarias puede llegar a ser sustituto de grasas gracias a la plasticidad que confiere. Por su parte, Cobos (2003) ha demostrado que esta propiedad plastificante, observada específicamente con inulina, fue más notoria a concentraciones superiores del 30%, lo que sugiere que los niveles de humedad del medio donde se adicione la fibra debe ser controlado para no causar, en el caso de las estas masas, efectos indeseables en la textura. Lo anterior reafirma la probabilidad de obtener mejores resultados cuando se trabajan matrices alimentarias solidas de baja humedad.

En este sentido, la adición del biopolímero en los palitroques generó un aumento en la dureza de los productos de manera significativa. Por lo tanto la mayor concentración de fibra que fue posible adicionar a los productos fue de 5 gramos de Bilac® (que aportan 4,2 g de fibra soluble) por porción, correspondiendo al 18% del valor referencia. (Res. 333/11)

En cuanto a las trencitas de queso estas permitieron una adición de 10 gramos de Bilac® (que aportan 8.5 g de fibra soluble) por porción, según lo cual, podrían denominarse "excelente fuente de fibra", ya que aportan más del 20% del valor de referencia.

Ilustración 4. Masa húmeda y producto terminado Trencitas de queso: 10 g de Bilac®

Ilustración 5. Masa Húmeda y producto terminado. Palitroques con 10 g de Bilac

3.2.1.2. Inclusión de fibra en productos de bizcochería: galletas de avena, caseras, de canela y pimienta.

Los pesos de las porciones establecidas para galletas se resumen a continuación

Tabla 13.Pesos promedio para productos de bizcochería

Producto	Peso (g)	Unidades por porción
Galletas de avena	37,6 g aprox.	3 unidades de 12.5 g aprox. c/u
Galletas Caseras	32,5 g aprox.	3 unidades de 10,7 g aprox. c/u
Galletas de Canela	37,6 g aprox.	3 unidades de 12,5 g aprox. c/u
Galletas de Pimienta	71.1 g aprox.	4 unidades de 17.7 g aprox. c/u

3.2.1.2.1 Inclusión de BILAC® en Galletas

En primer lugar se elaboraron Galletas de avena y galletas caseras con la formulación patrón y luego se adicionó BILAC® en concentraciones de 2.5, 5, 7.5, y 10 g por porción. La cantidad de agua se aumentó en las concentraciones de 7 y 10 gramos de Bilac en 3 y 5% respectivamente respecto a la formulación base. Los demás ingredientes se mantuvieron sin cambios. Los respectivos ajustes a cada nivel de adición de fibra en cada producto se resumen en la tabla 14 y 15.

Tabla 14.Ajustes de ingredientes para galletas de avena adicionadas con Bilac®

Nombre	**Formulación Base**	**2,5 g de Bilac® por porción**	**5 g de Bilac® por porción**	**7,5 g de Bilac® por porción**	**10 g de Bilac® por porción**
	%	**%**	**%**	**%**	**%**
Harina de trigo	100	100%	100%	100%	100%
Harina de avena	11	11	11	11	11
Avena en hojuelas	34	34	34	34	34
Azúcar morena en polvo	61	61	61	61	61
Aceite	40	40	40	40	40
Polvo de hornear	4	4	4	4	4
Uvas pasas molidas	33	33	33	33	33
Huevo	46	46	46	46	46
Agua	32	32	32	35	37

Bilac® %	0	20	40	60	80

Tabla 15. Ajustes de ingredientes para galletas de avena adicionadas con Bilac®

Nombre	Formulación Base	2,5 g de Bilac® por porción	5 g de Bilac® por porción	7,5 g de Bilac® por porción	10 g de Bilac® por porción
	%	%	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100	100	100
Azúcar en polvo	50	50	50	50	50
Aceite	53	53	53	53	53
Huevo	43	43	43	43	43
Polvo de hornear	4	4	4	4	4
Esencia de vainilla	7	7	7	7	7
Bilac® %	0	16,8	33,7	50,6	67,5

Posteriormente se elaboraron Galletas de canela con la formulación patrón y con concentraciones de 2.5, 5 y 7.5 de Bilac® por porción. En esta matriz el nivel máximo de adición fue 7.5 gramos ya que con concentraciones mayores el producto obtenido no era característico. Los ajustes para cada nivel de adición se resumen en la tabla 16.

Tabla 16. Ajustes de ingredientes para galletas de canela adicionadas con Bilac®

Nombre	Formulación Base	2,5 g de Bilac® por porción	5 g de Bilac® por porción	7,5 g de Bilac® por porción
	%	%	%	%
Harina de trigo	100	100	100	100
Agua	34	34	34	34
Leche	34	34	34	34
Aceite	10	10	10	3
Huevo	11	11	11	11
Azúcar	38	38	38	38
Levadura seca	6	6	6	3
Canela en polvo	3	3	3	3
Esencia	27	27	27	27
Bilac® %	0	12,5	25	37,5

Como último producto se desarrolló la formulación base de Galletas de pimienta (galletas de sal). Se les adicionó Bilac® en diferentes concentraciones para determinar aquella que

permitiera obtener productos con condiciones similares de calidad tecnológica comparadas con el patrón. El nivel máximo de adición fue 5 gramos de Bilac® (4,2 g de fibra soluble) por porción ya que con concentraciones mayores el producto no era característico. Las proporciones de cada ingrediente se mantuvieron sin cambios. Las formulaciones estandarizadas para cada concentración de fibra adicionada se resumen en la tabla 17.

Tabla 17. Ajustes de ingredientes para galletas de pimienta adicionadas con Bilac®

Nombre	**Formulación Base**	**2,0g de Bilac® por porción**	**3,0 g de Bilac® por porción**	**4,0 g de Bilac® por porción**	**5,0 g de Bilac® por porción**
	%	**%**	**%**	**%**	**%**
Harina de trigo	100	100	100	100	100
Aceite	30	30	30	30	30
Agua	30	30	30	30	30
Leche	10	10	10	10	10
Fécula de maíz	18	18	18	18	18
Huevo	18	18	18	18	18
Azúcar	8	8	8	8	8
Levadura seca	1	1	1	1	1
Pimienta	2	2	2	2	2
Sal	3	3	3	3	3
Bilac® %	0	10	15	20	25

3.2.1.2.2. Análisis de resultados

Los diferentes niveles de adición de fibra generaron modificación principalmente en la proporción de agua, teniendo en cuenta que la propiedad funcional de las harinas relacionada con la capacidad de absorción de agua para formar la masa a utilizar en la elaboración de la galleta se incrementa por la presencia de fibra soluble, requiriéndose la adición de mayor cantidad para suavizarla y contribuir a mejorar la textura final del producto

Las galletas de avena y caseras presentaron un comportamiento similar en cuanto a la consistencia de las masas la cual fue de fácil manejo hasta la incorporación de 5,0 gramos por porción, a partir de esta concentración se observó que las masas se tornaban ligeramente secas y arenosas a medida que aumentaba la adición de biopolímero (Ilustración 10); sin embargo sus matrices permitieron la incorporación del biopolímero hasta 10g por porción.

En la ilustración 6 permite visualizar los cambios en las masas de galletas de avena adicionadas con Bilac®. En la ilustración 7, se compara la masa patrón de galletas caseras (izquierda) con la masa adicionada con 7,5 gramos del biopolímero (derecha) demostrando que esta última se mostraba más compacta. (Ilustración 6).

Ilustración 6. Masas de galletas de avena con adición de Bilac® (10 g) vs Patrón (0 g)

Ilustración 7. Masa húmeda de Galleta caseras: Patrón vs. Adición de 7,5 gramos por porción

Ilustración 8. Galletas caseras con diferentes adiciones de Bilac®

Contrariamente a los demás productos, las galletas de canela presentaron una textura en el producto final suave, blanda y aspecto grasoso en la superficie (ilustración 9), lo cual dificulto la incorporación de Bilac® en cantidades superiores a 5 gramos por porción. Es posible que este comportamiento pueda ser debido a la proporción y naturaleza de los ingredientes en la formulación, pero específicamente a la combinación de una alta proporción de líquido y un alto efecto plastificante del biopolímero lo cual podría afectar la distribución uniforme de la grasa en la matriz, haciendo que esta se retenga en la superficie, generando el comportamiento expuesto anteriormente.

Por lo anterior, para mejorar textura se modificó el agente leudante y la proporción de grasa. Esto se relaciona con algunos resultados de autores como De la Llave (2004), quien demuestra en sus ensayos que la adición de fibra a algunas masas panarias con diferentes proporciones de ingredientes, podría aumentar su viscolelasticidad al superar un 2% de adición y por ende generar que las masas se tornen demasiado blandas.

Ilustración 9. Masa húmeda y galletas de canela con adición de 7,5 gramos de Bilac

Las galletas de pimienta se caracterizaron por presentar masas difíciles de manejar por el cambio en la textura de la masa proporcional al incremento en la adición de polímero. Tales dificultades se observaron con nieves de adición por encima de 2,5 g de fibra por porción. La masa se caracterizaba por ser áspera y granulosa a medida que aumentaba la adición de biopolímero (Ilustración 10). Debido a estas dificultades no fue posible adicionar más que 5,0 gramos de fibra por porción tal y como se observó en los palitroques de ajonjolí.

El porcentaje de merma de los productos de bizcochería estuvo entre el 16 y 14% sin embargo las galletas de canela presentaron un porcentaje de merma mayor (26%).

Ilustración 10. Masa húmeda y producto terminado. Galletas de Pimienta con adición de Bilac® (5 g por porción).

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, y los descriptores permitidos relacionados con los aportes de fibra, puede catalogarse a las galletas de avena, las galletas caseras y las galletas de canela con el descriptor “excelente fuente de fibra”, teniendo en cuenta que el nivel de adición supera el 20% de los valores referencia. Por otro lado, al no permitir inclusiones de más del 5 g de fibra por porción, las galletas de pimienta podrían catalogarse con el descriptor “buena fuente de fibra” ya que no supera el 19% del valor de referencia.

Así las cosas, y teniendo en cuenta las recomendaciones nutricionales establecidas para la población (14 g/1000 cal), puede inferirse que el consumo de estos productos contribuye de manera importante a mejorar el porcentaje de adecuación en el consumo de fibra generando a su vez importantes beneficios de índole nutricional.

Dado el desarrollo de los anteriores productos, se procedió a seleccionar aquellos que por porción aportaran mayor cantidad de Biopolímero. Las trencitas de queso, galletas de avena y galletas caseras, con adición de 10 gramos de Bilac® por porción fueron los productos que presentaron las mejores características.

Con el objetivo no solo de caracterizar algunos parámetros físicos y organolépticos del producto final, sino que con base en los resultados obtenidos, ajustar la formulación de cada uno de los productos seleccionados, se procedió a realizar pruebas de análisis instrumental y sensorial los cuales se presentan a continuación.

3.3. Parámetros Reológicos y Texturales de Productos Horneados Adicionados Con Bilac® Como Fuente De Fibra Soluble

Tras haber estandarizado los productos adicionados con Bilac® se seleccionaron los productos que permitieron la mayor proporción de adición (10 gramos por porción): Trencitas de queso, galletas de avena y galletas de pimienta.

Se procedió a evaluar sus características tecnológicas a nivel de textura, pues los principales cambios detectados durante al estandarización, tanto en las masas húmedas como en el producto terminado, fueron aquellos relacionados con este parámetro.

Los parámetros evaluados fueron:

1. Pruebas de TPA y las pruebas de determinación de dureza e índice de fracturabilidad: para masa húmeda de trencitas de queso
2. Pruebas de fracturabilidad y dureza. Para los tres productos terminados.

3.3.1. Parametros texturales para productos adicionados con Fibra

Para determinar las características texturales de los productos desarrollados adicionados con fibra, se procedió a realizar pruebas instrumentales descritas con anterioridad a las masas húmedas de las trencitas de queso, y todos los productos terminados luego del horneo (galletas de avena y galletas caseras, y trencitas de queso). Para estas pruebas se adicionó Bilac® en los niveles: 0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10 gramos a los productos. Para estas pruebas no se hicieron modificaciones en los contenidos de agua entre cada una de las muestras ya mencionadas, ya que lo que se quería observar era la influencia de la adición sobre la calidad de la textura para finalmente determinar la cantidad máxima de adición de biopolímero que permitiera obtener un producto similar al testigo (sin adición de fibra) en cuanto a sus características texturales.

3.3.1.1. Análisis de perfil de textura TPA

Este análisis se realizó únicamente para las trencitas de queso teniendo en cuenta que de los productos seleccionados son los únicos que presentan una masa completamente homogénea y flexible, lo que permitía una compresión ideal por parte del instrumento de análisis. De manera contraria, las masas húmedas de las galletas se caracterizaban por presentar poca flexibilidad y la incorporación y distribución de ingredientes como las hojuelas y las uvas hacían de las galletas de avena un producto difícil de analizar en

términos de condiciones homogéneas entre las muestras. Lo anterior se relaciona con lo reportado en los trabajos de Gens y Van Vliet (1999), citados por O'Brien *et al* (2003) en donde se estipula que la resistencia a la ruptura o fracturabilidad es un parámetro más importante, que el análisis de masas húmedas con TPA, para caracterizar la calidad de las galletas en general.

Por razones anteriormente descritas, sólo se realizó TPA a masas húmedas de trencitas de queso analizando 10 muestras con diámetros y pesos similares. Este análisis de textura de las masas se realizó usando el texturómetro TA.TX plus (*Stable Micro Systems, UK*) para someter a compresión simple en dos ciclos con 5 seg de reposo a bolitas de masa de aproximadamente 10g, con la sonda P/75 (cilindro de 75 mm de diámetro) a una velocidad de 5mm/seg hasta una deformación del 50%. Las anteriores condiciones se establecieron luego del análisis de resultados de pruebas preliminares realizadas con diferentes porcentajes de deformación. Los parámetros analizados se determinaron mediante el análisis de las curvas obtenidas, empleando el Software *Exponent.*

Ilustración 11. Texturómetro TA.TX plus. Prueba TPA.

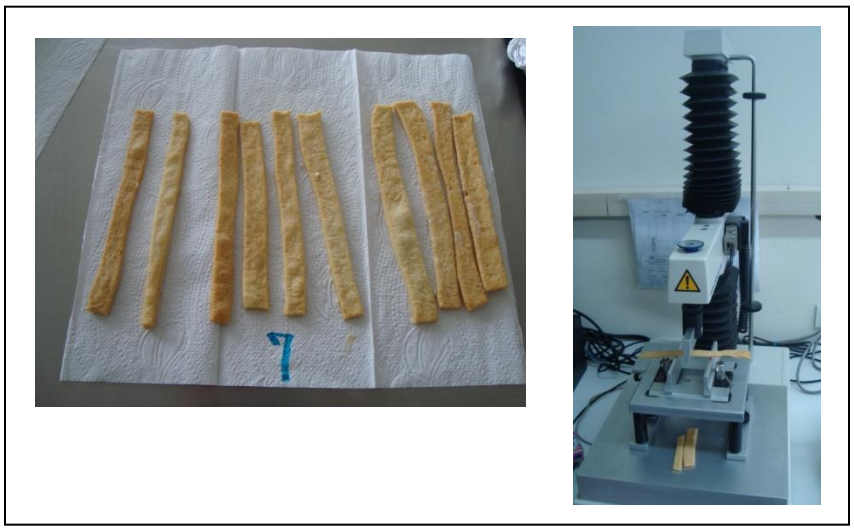
Para este análisis se utilizaron 10 muestras para cada uno de los niveles de adición sugeridos con anterioridad. Se manejaron formulaciones con el mismo contenido de humedad y con la adición de las mismas cantidades de ingredientes (O'Brien *et al.*, 2003). Se obtuvieron datos de los siguientes atributos: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad, resiliencia. Sin embargo algunos de ellos no se tuvieron en cuenta, debido a que se estaban trabajando masas húmedas. Los atributos descartados fueron: masticabilidad y gomosidad teniendo en cuenta que estos parámetros son para alimentos semisólidos ya terminados es decir, son atributos que se relacionan con los reconocidos en análisis sensorial.

3.3.1.2. Análisis de resistencia al quiebre e Índice de fracturabilidad

Se determinó la dureza (resistencia al quiebre) y la fracturabilidad de productos horneados (galletas y trencitas de queso) empleando el texturómetro TA.TX plus (*Stable Micro Systems, UK –ilustración 12-*). Para ambos productos se dispusieron las muestras en la plataforma de doblado en tres puntos HDP/3PB, con una separación de 40 mm. Las muestras fueron sometidas a compresión a una velocidad de 3,00 mm/seg. Los

parámetros dureza y fracturabilidad se obtuvieron del análisis de las curvas obtenidas, fuerza vs. tiempo, con el software *Exponent.* Todas las galletas (avena y caseras) tuvieron los mismos tamaños, los cuales se determinaron con ensayos preliminares en el mismo instrumento de medición. En el caso de las trencitas de queso, aunque tenían el mismo tamaño, el momento del doblado se vio afectado por la sobreposición de la masa que se realiza para obtener la forma de trenza en este panecillo. Por lo tanto se dispuso a realizar las pruebas de fracturabilidad y dureza en la misma masa del panecillo horneada en las mismas condiciones de temperatura pero sin trenzar para disminuir la variabilidad en los datos afectados por el grosor del punto de quiebre en el producto trenzado.

Ilustración 12. Pruebas de fracturabilidad y dureza para trencitas de queso.



Los datos de análisis de textura e índices de fracturabilidad y dureza fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con una y utilizando el método de Tukey y de LSD para la comparación de las medias. ($p<0.05$ y $p< 0.01$ respectivamente) Para la evaluación estadística se aplicó STATISTIX® 8.

Los resultados del análisis instrumental realizado a cada uno de los productos con mayor adición de fibra (panecillos de queso, galletas caseras y galletas de avena adicionados hasta con 10 gramos de Bilac®) se presentan a continuación.

3.2. Resultados

3.2.1. Resultados Perfil de Textura para Masas Húmedas (TPA)

Tabla 18 Resultados TPA para masas húmedas (trencitas de queso)

PARAMETRO ESTADISTICO	PARAMETRO TEXTURAL				
	Adhesividad	**Cohesividad**	**Dureza**	**Elasticidad**	**Resiliencia**
N	50	50	50	50	50
F	2,37	0,53	2,37	0,27	0,85
P	0.0670	0,7121	0,0663	0,8964	0,5018
CV	-23.40	8,09	14,66	12,01	12,28
G. Mean	-20.945	0,4365	385.31	0,4177	0,0628
GRUPOS HOMOGENEOS TUKEY p<0.01	A A A A A	A A A A A	A A A A A	A A A A A	A A A A A
ALFA	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**
VALOR CRITICO	4,890	4,890	4,890	4,890	4,890
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN	7,5796	0,0546	87,373	0,0776	0,0119
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	NO	NO	NO	NO	NO
GRUPOS HOMOGENEOS LSD p<0.01	A AB AB AB B	A A A A A	A AB AB AB B	A A A A A	A A A A A
ALFA	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**
VALOR CRITICO	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN	5,8957	0,0425	67,962	0,0603	9,280
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SI	NO	SI	NO	NO

3.2.1.1. Análisis de resultados TPA para trencitas de queso

En la tabla 18 se muestran los resultados del perfil de textura TPA para masas húmedas de trencitas de queso. En cuanto a la *adhesividad,* este parámetro mostró un comportamiento variable, según el nivel de adición de fibra en las trencitas de queso. Al realizar la comparación entre medias mediante el método de Tukey ($p<0.01$) no se notaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo al hacer la

comparación de muestras mediante el método LSD se observó que la muestra sin adición de fibra se mostró diferente de las demás muestras, no obstante las muestras con adiciones de 2.5, 5 y 7.5 gramos de fibra se notaron iguales. Adicionalmente la muestra con adición de 10 gramos de fibra mostró características diferenciadas de las otras muestras y fue la que se diferenció completamente del testigo; lo cual sugiere el nivel de adición de 7,5 gramos como la adición máxima de fibra que permite mantener esta característica sin cambios significativos.

Por su parte la *Cohesividad* no mostró ningún cambio referente a la adición de fibra. Al comparar tanto los valores p como la comparación de medias por los dos métodos (Tukey y LSD $p<0.01$) no se encontraron diferencias significativas, demostrando que la adición de fibra soluble no modifica significativamente este parámetro en las masas húmedas de las trencitas de queso.

De manera análoga a la *adhesividad*, la *dureza* mostró diferencias significativas entre el producto sin adición de fibra y los adicionados con 2.5, 5 y 7,5 gramos de Bilac®. Se evidenció también que la adición de 10 gramos de Bilac® genera cambios significativos si se comparan con los no adicionados, los cuales influyen en la fuerza máxima necesaria durante el primer ciclo de compresión. Al analizar los datos puede observarse también que las muestras que se notan iguales tienen algunas características tanto del patrón como de aquellas con mayor adición de biopolímero pues como se nota en la agrupación de Tukey y de LSD se observa que están son agrupadas como AB lo que quiere decir que aunque hay diferencias significativas, este grupo tiene algunas características similares en sus masas. Los anteriores resultados pueden explicarse mediante el efecto de Bilac® sobre el contenido de humedad del producto, si se tiene en cuenta que este tiene la propiedad de atrapar el agua y el contenido de esta puede provocar modificaciones en las interacciones intermoleculares de los constituyentes de las masas y en la redistribución del agua generando una organización diferenciada entre los gránulos de almidón. Algunos autores como Zimeri y Kokini (2003), citados por Perissini (2009) refieren que este cambio en las propiedades viscoelásticas de la masa dependen también del grado de polimerización de los tipos de fibra adicionada. Sin embargo esta variable no se tuvo en cuenta en esta investigación pero podría ser evaluada en trabajos posteriores. Por su parte, Baños (2007) citado por Flores (2010) en sus trabajos de adición de fibra soluble menciona que los valores del trabajo de adhesión también se incrementan considerablemente al ir aumentando el porcentaje de fibra. Por las anteriores razones en

el desarrollo de productos adicionados con fibra fue necesaria la adición extra de cantidades de agua para ajustar la consistencia de la masa hasta un nivel comparable a la de los productos sin adición de Bilac®.

Para los parámetros de *Elasticidad y resiliencia* no se encontraron diferencias significativas por ninguno de los métodos estadísticos utilizados. Sin embargo, teniendo en cuenta las características observadas durante el trabajo de estandarización en el laboratorio, pudo determinarse que si hay cambios que aunque no son estadísticamente significativos, deben mencionarse, pues las masas se observaron menos elásticas con los mayores niveles de adición de Bilac®. Al respecto Park et al., (1997), citado por Baños-Espinola (2008) mencionan que la masa para pan elaborada con 5% de fibra de *Physillium* presentó dificultad especialmente el mezclado y amasado.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se procedió a realizar el análisis instrumental para determinar *dureza e índice de fracturabilidad* para producto terminado, es decir después del horneo, para trencitas de queso, galletas de avena y galletas caseras teniendo en cuenta que estos fueron los productos que permitieron mayor adición de fibra. Esto con el fin de poder tener criterios similares de comparación entre estos resultados y los resultados posteriores obtenidos en el análisis sensorial. En este sentido, Roudot (2004) refiere que, es necesario tener cuidado en no considerar los resultados más que en el marco de las comparaciones y como relativo, ya que las relaciones entre los métodos organolépticos y criterios instrumentales no son lineales.

3.2.2. Resultados parámetros texturales en producto terminado.

Los resultados de las tablas 19 y 20 refieren el análisis de varianza y la agrupación de medias para los parámetros de dureza y fracturabilidad para las muestras de trencitas de queso y galletas de avena y caseras.

Tabla 19.Parámetros texturales en productos horneados: dureza

PARAMETRO ESTADISTICO	PARAMETRO TEXTURAL: Dureza		
	Trencitas de queso	**Galletas de avena**	**Galletas caseras**
N	50	50	50
F	3,20	31,11	6,31
P	0,0213	0,0000	0,0006
CV	37,29	24,46	40,44

G. Mean		650,69	8192,1	6107,3
GRUPOS HOMOGENEOS TUKEY p<0.05	**0**	B	B	A
	2,5	AB	A	AB
	5	AB	B	C
	7,5	AB	B	BC
	10	A	B	BC
VALOR CRITICO		4,019	4.040	4,067
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN		308,37	2698,2	3551,3
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA		SI	SI	SI

Tabla 20.Parámetros texturales en productos horneados: fracturabilidad

PARAMETRO ESTADISTICO		**PARAMETRO TEXTURAL: Fracturabilidad**		
		Trencitas de queso	**Galletas de avena**	**Galletas caseras**
N		50	50	50
F		10,39	20,34	2,41
P		0,0000	0,0000	0,0677
CV		18,82	25,90	33,84
G. Mean		0,5420	0,8831	0,6701
GRUPOS HOMOGENEOS TUKEY p<0.05	**0**	A	A	AB
	2,5	A	B	A
	5	AB	C	AB
	7,5	B	C	AB
	10	B	C	B
VALOR CRITICO		4,019	4,040	4,067
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN		0,1296	0,3079	0,3260
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA		SI	SI	SI

3.2.2.1. Análisis de Resultados parámetros texturales en producto terminado

Trencitas de queso: Al evaluar los resultados obtenidos para el parámetro de *dureza* no se observa diferencias significativas entre los productos con adiciones de 2.5, 5 y 7.5 Por el contrario, los productos sin adición de Bilac® si mostraron diferencias significativas al compararse con adicionados con 10 gramos. Estos resultados reflejaron que la incorporación de Bilac® genera cambios importantes en la dureza del producto terminado pero que a su vez esas diferencias pueden catalogarse como similares en adiciones hasta de 7,5 gramos por porción.

En cuanto a la *fracturabilidad* se evidenció un cambio inverso, es decir, se evidenció que la *fracturabilidad* disminuía a medida que se aumentaba la adición de fibra. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas entre los productos sin adición de fibra y

aquellos adicionados con 2,5 gramos para el parámetro de *fracturabilidad*; mientras que aquellos con adiciones de 7,5 y 10 gramos se mostraron con diferencias estadísticamente significativas si se comparan con los grupos ya mencionados. Lo anterior sugiere que la incorporación de fibra en los productos modifica su *dureza y fracturabilidad* presumiblemente por su propiedad hidrofílica que hace que se atrape el agua de los productos, modificando de esta manera la interacción molecular de los ingredientes, en este sentido, podría decirse que la incorporación de fibra provocaría cambios en la *dureza, fracturabilidad* del producto final. Por esto mismo se podría sugerir un aumento en la adición de agua a la formulación base para tratar de obtener productos similares al testigo. Sin embargo, teniendo en cuenta las características sensoriales del producto este comportamiento resultaría importante y favorable porque una de sus propiedades deseables es que sea crujiente, lo cual haría pensar que esa disminución en la fragilidad podría mejorar en cierta proporción la percepción sensorial de este producto.

Galletas de avena: Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los productos sin adición de fibra (grupo A) y aquellos adicionados con cualquier cantidad de esta (Grupo B). Los datos refieren que la *dureza* es similar entre todos los grupos con adición de fibra, esto demuestra que el aumento en la incorporación de fibra para este producto, no presenta cambios importantes en la dureza entre aquellos productos adicionados y por ende se sugiere al igual que con las trencitas, un aumento en el contenido de agua de los mismos para conseguir una similitud entre los productos adicionados con Bilac® y el patrón. En cuanto al índice de fracturabilidad se observó que aquellos productos sin adición de fibra mostraban mayor fracturabilidad y aquellos con adición de 2.5 gramos mostraban una fracturabilidad intermedia diferenciándose tanto del testigo, como de aquellos adicionados con 5, 7.5, y 10 gramos. Por lo tanto podría sugerirse la adición de 10 gramos como la adición máxima de fibra que permite tener una textura aceptable en galletas de avena, sin embargo este debe validarse en el análisis sensorial. Los cambios observados pueden ser atribuidos a los cambios de humedad dados por el atrapamiento de la misma por parte del biopolímero adicionado que no permite que el contenido de agua luego del horneo sea el mismo para todos los productos, ya que este atrapamiento de agua sería mayor en los productos con más adición de Bilac®. Adicionalmente se debe tener en cuenta que la avena adicionada en este producto también atrapa parte de la humedad y favorece tal fenómeno. Lo anterior, teniendo en cuenta que los gránulos de almidón son relativamente impermeables al agua. Esto puede ser debido a, en parte, a los lípidos y a la proteína que se encuentran en la

superficie de los gránulos probablemente derivados de la pared celular vegetal (Greenwood, 1976; citado por Stanley, 1998). Durante el horneo cuando lo gránulos de almidón se hinchan y gelatinizan, su contenido de hidrata lo que causa que estos sean el constituyente que puede absorben agua en los productos horneados. Adicionalmente la cantidad de betaglucanos presentes en la avena muestran un comportamiento reológico caracterizado por la formación de redes intermoleculares que favorecen la gelación, razón por la humedad contenida en las galletas puede verse modificada y por lo tanto también su textura. De hecho, los β-glucanos se pueden utilizar como agentes espesantes para modificar la textura y la apariencia en las formulaciones alimenticias y también como sustituyentes de la grasa en el desarrollo de alimentos bajos en calorías. De hecho, las fracciones ricas en β-glucanos de cereales o β-glucanos purificados se han incorporado con éxito a productos como los cereales de desayuno, pasta, fideos y bollería, así como carne y otros productos de uso diario (Anonymous, 2003; Cavallero et al., 2002;citados por Rivero, 2012).

En el caso de las galletas caseras se evidenció un comportamiento muy diferenciado en términos de dureza. Se observó que hay diferencias significativas entre los tratamientos. Aquel grupo más cercano estadísticamente al testigo fue el adicionado con 2.5 gramos de fibra. Sin embargo los grupos con adiciones de 7.5 y 10 gramos se notaron como iguales entre sí, lo cual sugiere que la incorporación por encima de 7.5 gramos generaría cambios similares si esta cantidad de fibra adicionada se aumentara. Estadísticamente, la dureza para este producto, presentó los más valores elevados para los coeficientes de variabilidad de las evaluaciones realizadas, estos altos valores pueden generarse por la irregularidad presentadas en la superficie de las galletas. Esto representa un error de una variable conocida no controlable (López, 1994). El error se relaciona principalmente con las bolsas de aire presentes en ambas galletas, debido a que su posición es irregular en cada unidad de galleta fabricada. Las bolsas de aire son las que impiden un contacto perfecto entre las galletas y el instrumento de presión para provocar su flexión. Estas burbujas de aire producen una distorsión para el parámetro de fracturabilidad, ya que debido a que las fuerzas que éstas oponen alteran la pendiente de la curva en su parte ascendente, produciendo la aparición de máximos que puedan inducir a error en la interpretación de la curva (Gaines, 1994). También influye la pequeña zona de aplicación de fuerza sobre la galleta en comparación al área total. Al ser un eje longitudinal, el responsable de realizar el esfuerzo de flexión, la galleta experimenta inesperadas reacciones durante el rompimiento, siendo una de las más comunes la de quiebre parcial

fuera de la zona determinada por el eje. Esto podría implicar error en la interpretación de los datos ya que las fuerzas ejercidas no son necesariamente las correspondientes al borde del eje utilizado (De Hombre, 1996 citado por castro ,2007).

No obstante, y a pesar de las diferencias establecidas, se observó que las galletas adicionadas con 10 gramos de fibra, fueron aquellas que presentaron un índice de fracturabilidad menor, lo cual podría catalogarse como esperado si se tiene en cuenta que en la elaboración de este producto la masa húmeda se caracterizó por ser más compactas y de difícil manejo.

Estos resultados permitirían inferir que las matrices con menor humedad (ver formulaciones de desarrollo de producto) son aquellas que permiten mayor incorporación de fibra y serían por ende el mejor vehículo para su adición, pues disminuye los efectos de interacción entre la humedad de los ingredientes y las propiedades hidrofílicas y de atrapamiento de agua que caracterizan al biopolímero incluido.

3.3 Análisis Sensorial De Alimentos Horneados De Panadería Adicionados Con Bilac® Como Fuente De Fibra Soluble.

3.3.1 Principio:

La medición de aceptabilidad sensorial se realiza a través del uso de escalas hedónicas, permitiendo la evaluación de hasta 5 ó 6 muestras dependiendo de la naturaleza del producto. Se basan en que el consumidor dé su impresión una vez que ha probado las muestras, señalando cuánto le agradan o desagradan (grado de aceptabilidad sensorial). Las muestras se presentaron codificadas en orden equilibrado entre los consumidores. Tal como se recomienda entre la presentación de una y otra muestra el consumidor haga un intervalo de 1 a 3 minutos y utilice algún neutralizante (frecuentemente agua) para evitar la fatiga. El consumidor debe evaluar cada muestra sobre una escala que puede ser de tipo estructurada, semiestructurada o no estructurada.

La marca que realiza el consumidor sobre la escala se transforma en un valor numérico (puntuación) que luego se analiza estadísticamente por análisis de varianza. Cuando se busca saber el por qué de una aceptación o rechazo de un consumidor hacia un producto, se puede medir la aceptabilidad por atributos de apariencia, aroma, sabor y textura. Esta información puede resultar útil para detectar un problema, pero no debe utilizarse de la misma manera que la información obtenida de un panel entrenado; ya que preguntar por atributos requiere de una respuesta analítica por parte del consumidor (Curia, 2005).

3.3.2 Condiciones experimentales

a. Objetivo del análisis sensorial

Evaluar la aceptación de los consumidores hacia productos de panadería y bizcochería adicionados con el biopolímero Bilac® como fuente de fibra soluble.

b. Productos a evaluar:

i. Trencitas de queso (Panecillos) con adición de 0, 5 y 10 gramos de Bilac® por porción.

ii. Galletas caseras con adición de 0, 5 y 10 gramos de Bilac® por porción.

iii. Galletas de avena con adición de 0, 5 y 10 gramos de Bilac® por porción.

c. Población y muestra

i. Población: Personas de todas las edades que consuman comúnmente productos elaborados a base de cereales

ii. Muestra: 80 consumidores (adultos) voluntarios sin exclusión por género, estrato socioeconómico, y/o frecuencia de consumo de productos de panadería y bizcochería.

d. Criterio de exclusión: Enfermedades o síntomas que influyan en percepción sensorial en el ámbito visual, de sabor, sensibilidad a aromas y tacto.

e. **Sitio de prueba:** Laboratorio de Alimentos y Nutrición. Sala de Evaluación sensorial. Departamento de Nutrición Humana. Universidad Nacional de Colombia.

f. Tipo de prueba: Prueba afectiva de aceptabilidad. Escala hedónica de 5 puntos, método sugerido por Lamard (1982), citado por Pacheco y Testa (2005). La escala hedónica se describe a continuación Los formatos aplicados se describen en el anexo 2.

1. Me disgusta mucho
2. No me gusta
3. Me es indiferente. Ni me gusta ni me disgusta
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

g. Atributos evaluados

Se evaluaron de manera individual los siguientes atributos: color, sabor, textura, aroma.

h. Análisis Estadístico:

Los resultados del panel no entrenado se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA de una vía) con verificación mediante grupos homogéneos, con un nivel de confianza del 95 % ($p<0.05$). Para la evaluación estadística se aplicó STATISTIX® 8.

3.3.3. Resultados análisis sensorial para panecillos de queso

Tabla 21.RESULTADOS ANOVA TRENCITAS DE QUESO

PARAMETRO ESTADISTICO	ATRIBUTO			
	Color	**Sabor**	**Textura**	**Aroma**
N	80	80	80	80
F	1.29	3.93	2.33	0.10
P	0.2761	0.0209	0.0997	0.9024
Chi Sq	5.59	2.05	2.27	6.22
P	0.0612	0.3588	0.3218	0.0446
MEDIA BILAC® 0	4.0875	3.6375	3.4125	3.7250
MEDIA BILAC® 5	4.0125	3.6375	3.3625	3.7250
MEDIA BILAC® 10	3.9250	3.9625	3.6750	3.7750
ERROR ESTANDAR DE COMPARACIÓN	0.1011	0.1339	0.1556	0.1274
ALFA	**0.05**	**0.05**	**0.05**	**0.05**
VALOR CRITICO	3.314	3.314	3.314	3.314
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN	0.2370	0.3137	0.3346	0.2986
GRUPOS HOMOGENEOS	A A A	A B B	A A A	A A A
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	NO	SI	NO	NO

3.3.3.1. Análisis de resultados análisis sensorial Panecillos (trencitas de queso)

Los resultados obtenidos (tabla 21) reflejan que el panel de consumidores no referenció diferencias significativas en color entre las tres muestras. De la misma manera los datos sugieren que el color es el atributo que más aceptación generó entre los panelistas teniendo la media más cercana a la calificación de 5 referente a “me gusta mucho”. Al presentar los valores críticos de comparación y los errores de comparación más bajos se evidencia que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para este atributo.

De manera contraria, el *sabor* presentó una aceptación diferente, ya que entre las muestras de 5 y 10 gramos de Bilac® por porción no se encontraron diferencias, pero estas dos comparadas con la porción sin adición de Bilac® muestra que la adición del biopolímero en este producto podría generó cambios estadísticamente significativos y que a su vez son detectables por el consumidor. Sin embargo al analizar la media obtenida para este parámetro en cada uno de los tratamientos, se evidencia que los puntajes de estos comparados con la escala de calificación muestran una aceptación media del sabor a pesar de la diferencia estadística ya mencionada.

Ahora bien, se puede inferir que los cambios en los niveles de adición del biopolímero en este producto no genera un cambio significativo en el sabor que resulte en un posterior rechazo hacia este producto con altas concentraciones de fibra adicionada.

Por otro lado, en el parámetro de *textura* se evidenció una aceptación por parte de los consumidores, la cual refleja que, para ellos, no hay una diferencia significativa entre las muestras. Sin embargo al comparar las medias de los tratamientos para este atributo con los demás como sabor, color y aroma se evidencia que es el que más poca puntuación presentó dentro de los panelistas a pesar de no mostrar una diferencia estadísticamente significativa entre las tres muestras de panecillo.

Para el parámetro de *aroma* se observa que tampoco hay diferencias estadísticamente significativas relacionadas con el aumento en la adición de fibra para las tres muestras. No obstante y teniendo en cuenta la probabilidad, es claro que este parámetro es el que presenta más similitud en calificación entre las tres muestras y así mismo tiene la aceptación más alta después del parámetro de color si se compara con los demás atributos.

Finalmente al comparar las medias se evidencia que la muestra de panecillo con 10 gramos de Bilac® por porción es la que presenta mayores calificaciones en los parámetros de sabor, textura y aroma, permitiendo inferir que la adición de Bilac® en panecillos de queso no afecta de manera importante estos atributos y por ende la aceptación de este producto dentro de los consumidores habituales de los mismos.

3.3.4. Resultados análisis sensorial de galletas caseras

Tabla 22.RESULTADOS ANOVA GALLETAS CASERAS

PARAMETRO ESTADISTICO	ATRIBUTO			
	Color	**Sabor**	**Textura**	**Aroma**
N	80	80	80	80
F	3.74	9.71	32.8	2.33
P	0.0252	0.0001	0.0000	0.0998
Chi Sq	0.39	7.45	3.96	1.53
F	0.8219	0.0242	0.1380	0.4657
MEDIA BILAC® 0	4.2000	4.1375	4.1125	4.0500
MEDIA BILAC® 5	3.9250	3.7375	3.1125	3.8875
MEDIA BILAC® 10	3.9250	3.5250	2.9250	3.7750
ERROR ESTANDAR DE COMPARACIÓN	0.1162	0.1412	0.1576	0.1282
ALFA	**0.05**	**0.05**	**0.05**	**0.05**
VALOR CRITICO	3.314	3.314	3.314	3.314
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN	0.2722	0.3308	0.3694	0.3004
GRUPOS HOMOGENEOS	A B B	A B B	A B B	A A A
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SI	SI	SI	NO

3.3.4.1. Análisis de resultados análisis sensorial Galletas caseras

Los resultados (Tabla 22) reflejan que el panel de consumidores encuentra diferencias significativas de *color* entre las tres muestras de este producto; demostrando que, a pesar de tener una aceptación media , los consumidores si perciben diferencias en las muestras adicionadas con Bilac®, al observar diferencias estadísticamente significativas si se comparan con las galletas caseras sin adición del biopolímero, lo que sugiere que la adición de este al producto si genera un cambio independientemente de su concentración.

De la misma manera los datos evidencian que el color es el atributo con mayores puntajes y por ende de mayor aceptación independientemente de la concentración si se compara con los demás atributos evaluados por los panelistas teniendo en cuenta sus medias que son las más cercanas a la calificación de 5 referente a “me gusta mucho”.

Al observar los grupos homogéneos se evidencia que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras con adición de 5 y con adición de 10 gramos de Bilac® por porción.

De manera similar, el panel referenció diferencias en el *sabo*r, ya que las muestras de 5 y 10 gramos de Bilac® se observaron diferentes a la muestra sin adición del biopolímero, pero estas dos comparadas entre sí no evidencian diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo al analizar la media obtenida para este parámetro en cada uno de los tratamientos, se evidencia que los puntajes de estos comparados con la escala de calificación muestran una aceptación media del sabor a pesar de la diferencia encontrada.

Se puede inferir entonces que los cambios en los niveles de adición de fibra en las galletas no producen un cambio significativo en el sabor que resulte en un posterior rechazo hacia este producto con altas concentraciones de fibra adicionada.

De forma análoga, en el parámetro de *textura* se evidenció una aceptación mayor por parte de los consumidores hacia el producto sin adición de fibra, lo cual refleja que si hay una diferencia significativa entre las muestras con adición y sin adición del biopolímero. Por lo tanto al comparar las medias de los tratamientos para este atributo con los demás como sabor, color y aroma se evidencia que es el que menos puntuación tuvo dentro de los panelistas a pesar de no mostrar una diferencia estadísticamente significativa entre las tres muestras adicionadas.

Contrario a lo anterior, en cuanto a *aroma*, los panelistas no encontraron diferencias estadísticamente significativas relacionadas con la adición de fibra para las tres muestras. No obstante y teniendo en cuenta las respectivas probabilidades es claro que este parámetro es el que presenta más similitud en calificación entre las tres muestras y así mismo tiene la aceptación más alta si se compara con los demás atributos.

Finalmente al comparar las medias se evidencia que la muestra de galleta casera con adición de 10 gramos de Bilac® por porción es la muestra con menores calificaciones en los parámetros de sabor, textura y aroma, permitiendo inferir que la adición de Bilac® en galletas caseras si influye en las características sensoriales del producto generando posiblemente una menor aceptación para estos tres atributos (sabor, color y textura) lo cual llevaría a un percibir un posible rechazo o bajo consumo de los consumidores habituales.

3.3.5. Resultados análisis sensorial de galletas de avena

Tabla 23.RESULTADOS ANOVA GALLETAS DE AVENA

PARAMETRO ESTADISTICO	ATRIBUTO			
	Color	**Sabor**	**Textura**	**Aroma**
N	70	70	70	70
F	2.79	11.2	12.7	2.79
P	0.0638	0.0000	0.0000	0.0635
Chi Sq	24.1	26.8	4.07	0.56
P	0.0000	0.0000	0.1306	0.7570
MEDIA BILAC® 0	4.0143	4.0286	3.8286	3.8429
MEDIA BILAC® 5	4.2714	4.0286	3.8286	3.7857
MEDIA BILAC® 10	4.0571	3.4714	3.1571	3.5714
ERROR ESTANDAR DE COMPARACIÓN	0.11	0.1357	0.1537	0.1211
ALFA	0.05	0.05	0.05	0.05
VALOR CRITICO	3.314	3.314	3.314	3.314
VALOR CRITICO DE COMPARACIÓN	0.2734	0.3179	0.3602	0.2837
GRUPOS HOMOGENEOS	A A A	A A B	A A B	A A A
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	NO	SI	SI	NO

3.3.5.1. Análisis de resultados análisis sensorial Galletas de avena

El panel de consumidores no referenció diferencias significativas en color entre las tres muestras. De la misma manera los datos sugieren que el *color* es el atributo que más aceptación generó entre los panelistas teniendo la media más cercana a la calificación de 5 referente a “me gusta mucho”. Al presentar los valores de las medias se observa que las galletas con 5 gramos de Bilac® adicionado son las que tienen el mayor puntaje y por lo tanto serían las preferidas en este atributo para los consumidores. Al revisar los valores críticos de comparación y los errores de comparación se evidencia que no hay diferencias estadísticamente significativas de *color* entre las muestras.

De manera contraria, el *sabor* presentó una aceptación diferente, ya que entre las muestras de 0 y 5 gramos de Bilac® por porción no se encontraron diferencias entre las medias para este atributo, pero estas dos comparadas con la porción con mayor adición de Bilac® muestra que la adición del biopolímero en este producto por encima de los 10 gramos podría generar cambios estadísticamente significativos en *sabor*, detectables por

el consumidor. No obstante, al analizar la media para este parámetro en cada uno de los tratamientos y la probabilidad de la técnica estadística, se evidencia que los puntajes de estos comparados con la escala de calificación muestran una aceptación media para el sabor a pesar de la diferencia estadística ya mencionada.

Por lo tanto, se puede inferir que los cambios en los niveles de adición del biopolímero en este producto no genera un cambio significativo que resulte en un posterior rechazo hacia el producto con adición de fibra.

De la misma manera, y al analizar las muestras por grupos homogéneos en el parámetro de *textura* se evidenció una diferencia por parte de los consumidores, entre las muestras de 0 y 5 comparadas con las de 10 gramos de Bilac® adicionado, la cual refleja que la adición de Bilac® de 10 gramos tiene influencia sobre las características percibidas por los consumidores para textura. Sin embargo al comparar las medias de los tratamientos para este atributo se evidencia que no hay tendencia hacia el rechazo por parte del panel no entrenado en ninguna de las muestras.

Para el parámetro de *aroma* se observa que, al igual que en color tampoco hay diferencias estadísticamente significativas relacionadas con el aumento en la adición de fibra para las tres muestras. No obstante y teniendo en cuenta las medias de las muestras se observa que este parámetro no tiene tendencia a ser indiferente para el consumidor.

Finalmente al comparar las medias se evidencia que la muestra con 5 gramos de Bilac® por porción es la muestra con mayores calificaciones en los parámetros de sabor, color y textura permitiendo inferir que la adición de Bilac® en galletas de avena no afecta de manera importante estos atributos y por ende la aceptación de este producto dentro de sus consumidores.

3.4 Relación entre análisis instrumental y sensorial

Como lo referencia Roudot (2004), es evidente que el perfil de textura aporta una ayuda indiscutible en la apreciación de la textura de los productos alimentarios. Sin embargo, es necesario considerar los resultados solo dentro del marco de las comparaciones. En efecto, si incluso el método es imitativo y si los criterios se desean comprara con métodos sensoriales, es necesario tener en cuenta todos los elementos que pueden incluso resultar limitantes. Primero, las relaciones entre los criterios organolépticos y criterios instrumentales no son lineales: se ha podido demostrar por ejemplo, que entre dos valores sucesivos de la dureza organoléptica el texturómetro mide 10 para las pequeñas durezas y 70 para las durezas elevadas. Además, siendo viscosos los productos en ensayo, la velocidad de avance de la placa de aplastamiento tiene influencia sobre el resultado y por lo tanto sobre los parámetros, al igual que el tiempo de relajación elegido, o el porcentaje de aplastamiento inicial. Todos estos elementos conducen a proponer este método tan sólo en el marco de las medidas relativas. En cuanto a lo sensorial, los descriptores utilizados deben ser independientes a fin de evitar una sobrevaloración de uno de los criterios dados.

Teniendo en cuenta el análisis instrumental y análisis sensorial de los productos desarrollados en este trabajo, se evidenció que las diferencias significativas encontradas en parámetros como la fracturabilidad a nivel instrumental no fueron detectadas por los consumidores en la prueba sensorial. Esto permite establecer que estos cambios si pudieron modificarse con la adición de agua, obteniendo así un producto con características de textura similares al patrón y aceptables por el consumidor.

Para todos los productos, el atributo con menores puntajes independientemente de si hubo diferencias significativas o no, fue textura, demostrando que la adición de Bilac® influye en la interacción de los ingredientes y finalmente en la calidad de este atributo.
Los productos que permiten mayor adición de fibra debido a que no modifican las características respecto a las formulaciones patrón son: en su orden Trencitas de queso, galletas de avena y galletas caseras, lo anterior teniendo en cuenta los resultados instrumentales y la aceptación sensorial, donde pudo evidenciarse que en las trencitas de queso (panecillos) solo se encontraron diferencias significativas para el atributo de sabor. Los demás parámetros no tuvieron diferencias en este producto. Siendo el atributo de color aquel con los mayores puntajes en el panel de consumidores. Sin embargo el

parámetro de menor aceptación sensorial a pesar de no tener diferencia entre las muestras fue textura. De manera análoga, el análisis instrumental evidencia cambios significativos en las masas húmedas de este producto en términos de adhesividad y dureza.

Por su parte, el análisis sensorial en las en las galletas caseras se evidenció diferencias estadísticamente significativas para los parámetros sensoriales de color, sabor y textura. El análisis instrumental refleja también diferencias de textura en términos de dureza y fracturabilidad al comparar los productos adicionados con el testigo. En aroma no se encontraron diferencias entre las muestras de este producto.

En las galletas de avena, los consumidores evidenciaron diferencias en los atributos de sabor y textura, las diferencias que encuentran corresponden a las percibidas en el producto con adición de 10 gramos biopolímero. De manera similar el análisis instrumental reflejó cambios en la dureza de productos con 10 gramos de fibra. La adición de biopolímero no influyó en la percepción de color y aroma para este producto

Finalmente puede inferirse que las matrices alimentarias de panadería (trencitas de queso) permiten mayor adición de Bilac® que las de bizcochería (galletas de avena, y galletas caseras) teniendo en cuenta los parámetros de aceptabilidad en los consumidores y los resultados del análisis instrumental previo.

4. EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE EL ÍNDICE GLUCÉMICO Y LA RESPUESTA GLUCÉMICA EN ADULTOS SANOS, DE PRODUCTOS ADICIONADOS CON BILAC® COMO FUENTE DE FIBRA SOLUBLE.

4.1. Fundamento

El Índice Glucémico se define como el aumento del área bajo la curva de la respuesta de la glucosa en sangre obtenida con una ración de 50 g de carbohidratos disponibles en un alimento, expresado como porcentaje de la respuesta, en el mismo sujeto, ante la ingesta de 50 g de glucosa anhidra. Un estudio realizado por Bonafaccia *et al.* (2000) demostró que algunos alimentos derivados de cereales contenían un mayor contenido de nutrientes implicados en el descenso de la IG, como las proteínas y la fibra soluble .en comparación con el trigo empleado como materia prima.

En los estudios clásicos de Jenkis *et al.* (1978) se sugiere que la capacidad de las fibras dietéticas para reducir la respuestas glucémica estaba relacionada con su viscosidad. Lo anterior se ha visto ratificado en numerosos estudios como los realizados por Flammang (2006) y Clark (2006) quienes evaluaron el efecto agudo, sobre la respuesta glucémica postprandial, de fibra aislada o funcional de diferente tipos y fuentes encontrando que el consumo de fibra soluble reduce la respuesta glucémica postprandial brindando a individuos sanos, obesos y con diabetes tipo 2 un mejor control metabólico. La excepción fue el estudio de Kim y col. (2009), en el cual no se encontró reducción en el área bajo la curva de glucosa como respuesta al consumo de un alimento rico en β-glucano en mujeres obesas; sin embargo, se obtuvo mejoría en la respuesta insulinica y protección frente a la insulino-resistencia. El mecanismo exacto por el cual las fibras viscosas reducen la respuesta glucémica es un tema de debate que incluyen: un aumento en el grosor de la capa en el intestino delgado (Elsenhaus *et al* 1980), una inhibición de los efectos de la motilidad intestinal sobre los fluidos en convección en el lumen del intestino (Blackburn et al, 1984), la actividad contráctil aumentada en el intestino delgado o la tasa reducida del vaciamiento gástrico.

En este sentido el descenso en el índice glucémico es una de las estrategias terapéuticas para controlar y también prevenir enfermedades como la diabetes mellitus y otras enfermedades metabólicas crónicas. De esta manera el desarrollo de alimentos que contribuyan al control del IG se hace necesario en la industria alimentaria. En este

capítulo se evaluará el efecto de los productos adicionados con fibra soluble sobre el índice glucémico de individuos sanos.

Según el protocolo a seguir para la determinación del IG se pueden incluir hombres y mujeres (no gestantes ni lactantes) entre los 18 y 75 años, preferiblemente con curva de tolerancia a la glucosa normal. Según Wolever (2002) se deben realizar una serie de pruebas con el alimento en estudio y tres pruebas con el alimento referencia (glucosa anhidra o pan blanco); se aplican al principio, a la mitad y al final de una serie; los alimentos de estudio se asignan aleatoriamente. Algunos aspectos claves son:

- Cálculo del área bajo la curva incremental. Se estima con base en las medidas de la concentración de glucosa en sangre obtenidas a lo largo del tiempo .Aunque existen varias formas de realizar el cálculo, la más adecuada por su precisión y menor dificultad de cálculo es la iABC que mide el área debajo de la curva por encima del nivel en ayunas solamente e ignora el área por debajo del nivel de ayunas. En el cálculo se aplica la regla trapezoidal, se calculan las áreas de los triángulos y rectángulos, con cálculos geométricos.

Los valores individuales del área bajo la curva incremental (iABC) de cada sujeto, para cada comida prueba, se expresan como porcentaje del valor medio del incremento en las áreas del alimento referencia del mismo sujeto. La media de los valores resultantes de cada comida corresponde al IG de cada alimento

4.2 Metodología

4.2.1 Desarrollo de productos adicionados con Bilac® como fuente de fibra soluble

Para el ensayo biológico se seleccionaron las “trencitas de queso” como matriz para la inclusión del biopolímero, por presentar las mejores características sensoriales y funcionales con la mayor adición de fibra soluble.

Se elaboraron muestras del producto sin adición del biopolímero y con adición de 5 y 10g por porción respectivamente, con un contenido de 50 g de carbohidratos disponibles. (Wolever, 1986); por lo tanto, se procedió a su determinación utilizando el método enzimático para almidones totales (Goñi, *et al*. 1997,anexo 3), teniendo en cuenta la metodología desarrollada y reportada en trabajos similares tales como los López (2011) para harinas de sorgo , Bello Pérez (2006) para determinación en plátano, García y

Pacheco (2007) para la determinación en galletas tipo wafer , y Jiménez (2012) para determinación en harinas de plátano para panificación y en hotcakes. Adicionalmente se tuvo en cuenta el metaanálisis realizado por Perera (2010) donde presenta como método para determinación de almidones totales el sugerido por Goñi, *et al*. (1997). Este método permitió identificar la cantidad de almidones totales en términos de glucosa -tanto en los productos desarrollados como en pan blanco- siendo este el tipo de carbohidrato que influye finalmente sobre el índice glucémico.

Los resultados de la estandarización de los productos a suministrar se presenta a en la tabla 24.

Tabla 24.Formulación de las trencitas de queso modificadas con base en los resultados del método de Goñi *et al*. (1997) para obtener un aporte de 50 g de carbohidratos disponibles

Ingredientes	Trencitas de Queso*					
	Niveles de adición del polímero (fibra soluble)					
	0 g		5 g		10 g	
	%	Cantidad / 100g de producto	%	Cantidad / 100g de producto	%	Cantidad / 100g de producto
Harina de trigo	100	50.5	100	49,4	100	49.3
Queso fresco	54	27.2	54	26,6	54	26.5
Levadura instantánea	2	0.9	2	0,9	2	0.9
Aceite	20	10.3	20	10,0	21	10.0
Agua	23	11.9	23	11,6	27	13.1
Sal	2	0.9	2	0,9	2	0.9
Fibra (IBUN)	0	0.0	6	2,6	10	4..3
Características						
Peso masa cruda (g)	150.2		163.8		196.5	
Peso masa cocida (g)	116.8		125.8		152.5	
Merma %	22		23		22	
Tamaño de porción (g)	116.8		125.8		152.5	
Unidades por porción	4		4		4	
Medición de carbohidratos*, método de Goñi y col (1997)*						
Almidón total (%)	42.2		39.5		33.0	
Carbohidratos disponibles g/porción	49.3		49.7		50.3	

**GOÑI et al. Starch Hydrolysis Procedure to estimate Glycemic Index. Nutrition Research, 1997*

Se utilizó como alimento referencia para el cálculo del índice glucémico, el pan blanco; se determinó como tamaño de porción aquella cantidad que aportara 50 g de carbohidrato disponible.

La composición química de los alimentos estudio se muestran en el anexo 4.

4.2.2 Diseño metodológico para intervención

El estudio fue aprobado por el Comité permanente de Ética de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia[1]*(anexo 5) y se llevó a cabo en tres fases:

- Fase preliminar: se realizó la convocatoria y selección de los participantes, se presentó el protocolo y solicitó la firma del consentimiento informado;

- Segunda fase: se realizaron las mediciones bioquímicas basales y la valoración médica y nutricional de los participantes con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión

-Tercera fase: experimental donde se aplicaron las intervenciones

4.2.2.1. Convocatoria

La convocatoria se realizó en la ciudad de Bogotá, por medios electrónicos (correo electrónico institucional de la Universidad Nacional y redes sociales), privilegiando al estamento universitario, con el fin de facilitar la asistencia a las reuniones y asegurar la permanencia de los participantes durante todo el estudio. A continuación se resume el proceso de selección de participantes, desde la convocatoria hasta el inicio del estudio.

Contactados:28 personas (15 hombres y 13 mujeres) respondieron a la convocatoria. 1 mujer no superó los criterios de inclusión y exclusión iniciales.

Elegibles: Se valoró el estado nutricional y de salud de 27 personas (15 hombres y 12 mujeres)

Excluidos: 7 personas (6 hombres y 1 mujer) fueron excluidas por sus resultados en los exámenes de laboratorio y la valoración médica y nutricional

Los criterios de exclusión encontrados en los participantes fueron:

- Preobesidad y/o dislipidemia aislada: 3 personas
- Dislipidemia mixta: 1 persona
- Anemia normocítica e hipotiroidismo: 1 persona
- Delgadez leve y pérdida de peso severa; dislipidemia mixta, leucopenia: 1 persona
- Tabaquismo, poliglobulia: 1 persona

Seleccionados: 20 personas (9 hombres y 11 mujeres) quienes manifestaron su deseo de participar en el estudio como voluntarios, asistieron al proceso de socialización del

[1] *Comité de Ética, Facultad de Ciencias: Reunión del 06 de mayo de 2008 (Acta 01) – Aprobación de proyecto "Desarrollo de alimentos funcionales empleando un biopolímero como fuente de fibra soluble" , IBUN.
*Comité de Ética, Facultad de Ciencias: Reunión de marzo 13 de 2012 (Acta 02) – Concepto: Aprobado – "Efecto sobre la respuesta glucémica, la insulina, ghrelina y triglicéridos, del biopolímero Bilac® como fuente de fibra soluble, en jóvenes y adultos sanos", IBUN - Fac. Medicina – Depto. Nutrición

protocolo y firmaron el consentimiento informado y participaron en las fases preliminar y preparatoria. Sin embargo, el tamaño de muestra a partir de la fase experimental quedó conformado por 19 personas, debido al retiró un participante. Este tamaño de muestra permite detectar diferencias en el índice glucémico con un nivel de significancia del 5% y un poder del 80%.(Brouns*et al.,* 2005).

4.2.2.2. Protocolo y diseño del estudio

Se realizó un ensayo clínico controlado en medidas repetidas, en el cual cada participante (n=19) recibió todas las intervenciones, que comprenden el suministro del pan blanco (alimento referencia), del alimento estudio sin adición de fibra (control), y con adición de 5 y 10 g de Bilac®- como fuente de fibra soluble (tratamientos correspondientes a 4.2 y 8.5 gramos de fibra respectivamente teniendo en cuenta el porcentaje de fibra aportado por Bilac®). Se empleó aleatorización en el orden de asignación de tratamientos por el método coordinado negativo y se hizo enmascaramiento parcial en el cual, los participantes y parte del grupo de trabajo, desconocían el nivel de adición del biopolímero.

a. Fase preliminar:

En esta fase se realizó la convocatoria y selección de los participantes, se verificó el cumplimiento de los criterios de inclusión y se dio a conocer el protocolo haciendo énfasis en los procedimientos para toma de muestra de sangre y características del alimento estudio, para culminar con la firma del consentimiento informado. (Anexo 6)

b. Fase preparatoria:

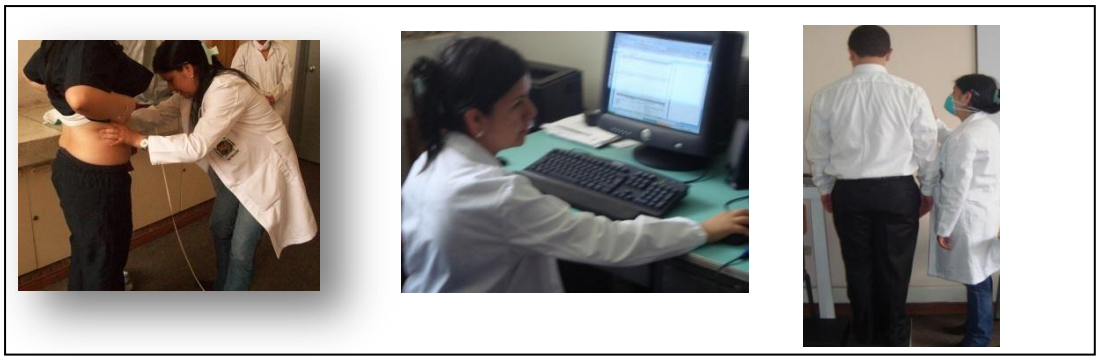
Se realizaron las actividades de verificación del cumplimiento de criterios de inclusión y conocimiento de las condiciones basales bioquímicas y nutricionales de los individuos seleccionados.

i. Mediciones bioquímicas de base: como parte de la evaluación médica se realizaron exámenes de laboratorio clínico que incluyeron: prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG), perfil lipídico, cuadro hemático y parcial de orina.

ii. Evaluación nutricional: Estimación de la ingesta dietética realizada mediante anamnesis alimentaria (anexo7) utilizando la técnica de global recordatorio de 24 horas en una

ocasión junto con frecuencia de consumo de alimentos según agrupación definida en las guías alimentarias para la población colombiana (ICBF, 2000), haciendo énfasis en ingesta de fuentes de fibra; se acompañó de una estimación del nivel de actividad física aplicando la versión corta del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, 2005).También se hizo clasificación antropométrica según IMC utilizando los criterios de la OMS (2004) y perímetro de cintura según puntos de corte del consenso de la Federación Internacional de Diabetes y consenso colombiano para síndrome metabólico (2005).

Ilustración 13. Registro Fotográfico Valoración nutricional



iii. Evaluación médica: todas las personas preseleccionadas asistieron a consulta médica con el fin de identificar presencia de condiciones de salud, hábitos y factores de riesgo cardiovascular que pudieran afectar el comportamiento de las variables de resultado del ensayo. (anexo 8)

El grupo de trabajo revisó cuidadosamente el conjunto de resultados de la valoración anterior para seleccionar a los individuos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos en el protocolo y confirmar su participación como voluntarios. Tanto a las personas seleccionadas como a las rechazadas se les envió comunicación sobre los resultados de los estudios de salud realizados y se convocó al grupo de estudio (n= 20) para preparar e iniciar el desarrollo de la fase experimental.

c. Fase experimental:

Se planeó para ser desarrollada en 7 semanas durante las cuales se efectuaron 4 intervenciones separadas por un periodo de lavado de 1 semana entre cada una de ellas.

En este período los participantes asistieron a un total de 8 visitas con fines de efectuar las pruebas previstas en la metodología para la medición de las variables de desenlace, a saber: determinación del índice glucémico para los alimentos referencia, alimento control (fibra soluble0) y alimento estudio para intervención con dos concentraciones del biopolímero (fibra soluble 5 y 10 g).

i. Índice glucémico del alimento referencia: los participantes se presentaron al Laboratorio después de 10 – 14 horas de ayuno nocturno, se tomó el peso corporal, y se procedió a la toma de muestras de sangre por punción capilar para la medición de glucometrías en ayunas y 15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos después de la ingesta del alimento referencia.

Alimento de referencia: 1 porción depan blanco que aporta 50 g de carbohidrato disponible
Tiempo de ingesta: 10 – 20 minutos
Número de replicas: 2
Número de pruebas por semana: 2
Periodo de lavado: 3 días entre duplicados y 1 semana entre tratamientos

ii.Índice glucémico del alimento estudio: 10 – 14 horas de ayuno nocturno, toma de peso corporal, toma de muestras de sangre en ayunas, 15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos después de la ingesta del alimento estudio, con y sin adición de fibra soluble, para un total de tres pruebas.

Alimento estudio: 1 porción deproducto horneado que aporta 50 g de carbohidrato disponible en el cual se ha incorporado la fibra soluble.
Tiempo de ingesta: 10 – 20 minutos
*Tamaño de porción:*según carbohidrato disponible
Dosis a suministrar: 0 - 5 - 10 g de fibra soluble (producto horneado)
Número de replicas: 2
Número de pruebas: 3 (x2 replicas=6)
Periodo de lavado: 3 días entre duplicados y 1 semana entre tratamientos
Las anteriores fases se resumen en la Figura 4.

Ilustración 14. Registro Fotográfico Fase experimental

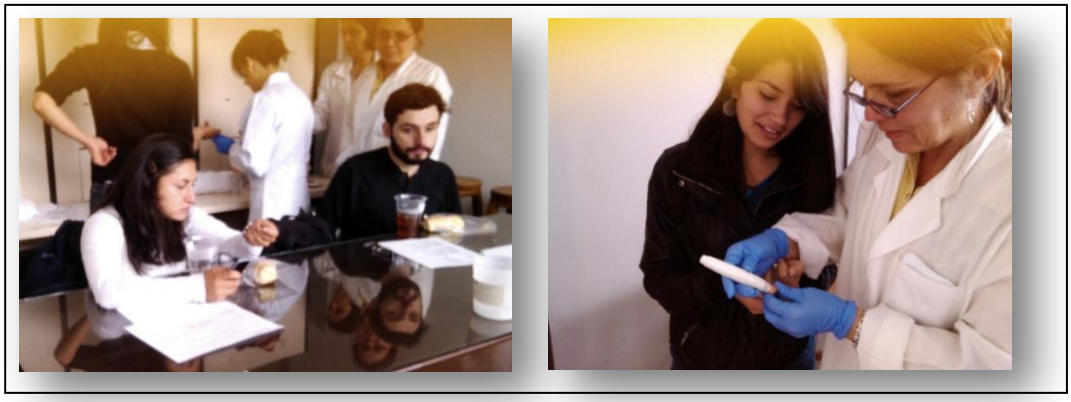
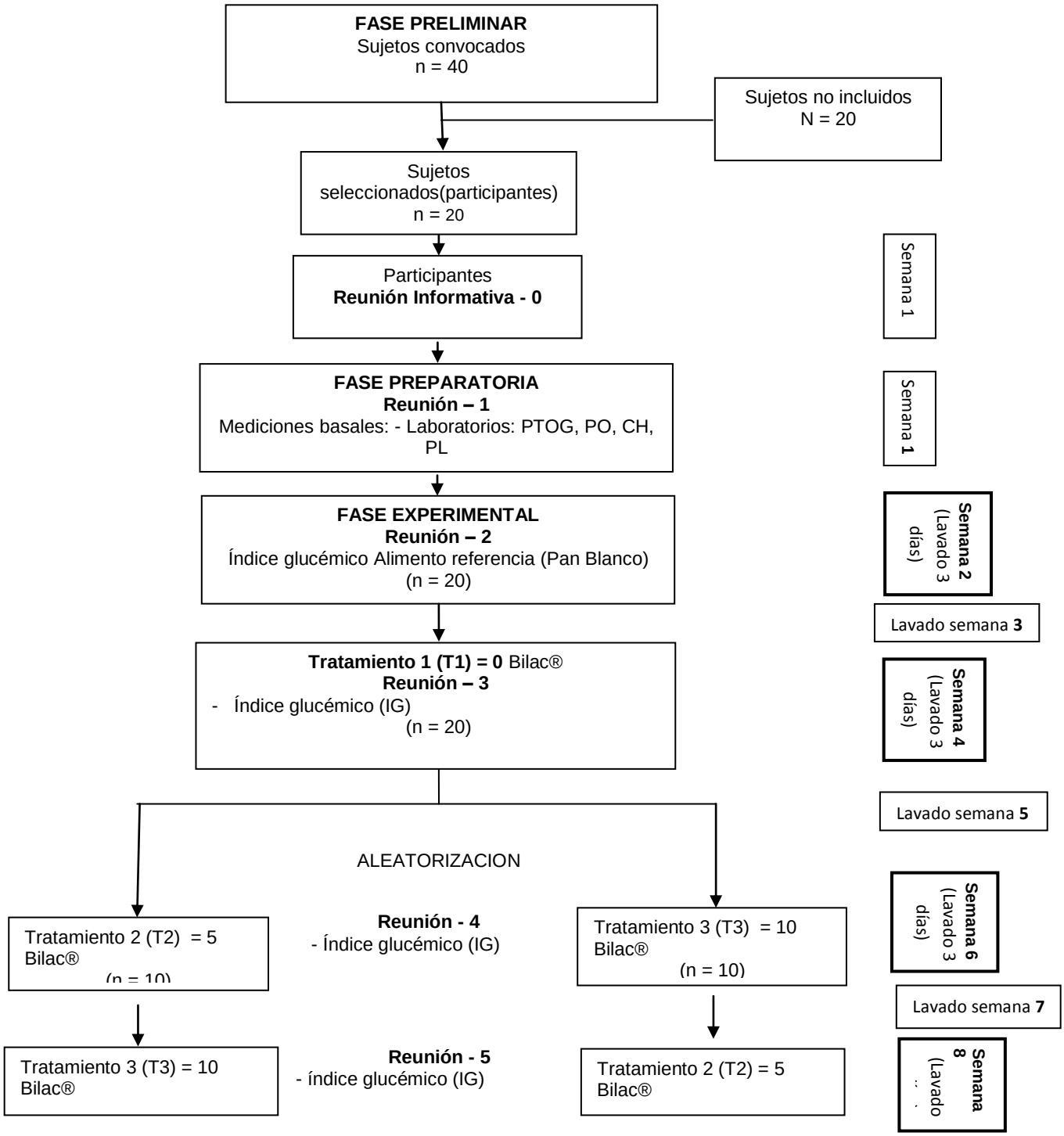


Figura 4. Fases del estudio biológico.



4.2.2.3 Tratamientos

La evaluación de la fibra soluble se realizó mediante tres tratamientos en cada uno de los cuales se ofrecieron pociones ajustadas de panecillos de queso con diferentes concentraciones del biopolímero, acompañado de una bebida, según la intervención asignada a cada participante como se describe a continuación.

1er tratamiento (control):

Bebida: 300 mL de infusiones de té, café o aromática en agua, sin azúcar o con edulcorante, o consomé

Cereal: 1 porción de producto horneado que aportó 50 g de carbohidrato disponible, *sin adición de fibra.*

2do tratamiento (intervención 1):

Bebida: 300 mL de infusiones de té, café o aromática en agua, sin azúcar o con edulcorante, o consomé

Cereal: 1 porción de producto horneado que aportó 50 g de carbohidrato disponible, *con adición de 5 g de fibra.*

3er tratamiento (intervención 2):

Bebida: 300 mL de infusiones de té, café o aromática en agua, sin azúcar o con edulcorante, o consomé

Cereal: 1 porción de producto horneado que aportó 50 g de carbohidrato disponible, *con adición de 10 g de fibra.*

4.2.2.3.1. Pruebas bioquímicas y método para determinación del índice glucémico

a. Glucometría: Se obtuvo una muestra de sangre total por la técnica de punción capilar y se determinó la medida de la glucosa en unidades de mg/dL mediante el uso de glucómetro y tiras reactivas por química seca; se cumple los requisitos de la norma ISO 15197. Durante las 4 intervenciones, las glucometrías se realizaron en estado de ayuno,

15´, 30´, 45´, 60´, 90´ y 120´ minutos posteriores a la ingesta del pan blanco o alimento estudio. Todas las mediciones se hicieron por duplicado siguiendo la técnica descrita en el protocolo. Los valores de referencia normales son: glucemia en ayunas <100 mg/dL y glucemia 2 horas postprandial < 140 mg/dL.

b. Cálculo del Índice Glucémico (IG): El IG se define como el aumento del área bajo la curva de glucosa en sangre después del consumo de 50 g de carbohidratos disponibles de un alimento en estudio, dividido entre el área bajo la curva como respuesta al consumo de una cantidad equivalente del alimento de referencia (pan blanco). Se expresó en valor porcentual dándole un valor de 100 al alimento de referencia (Arteaga, 2007., Wolever, 2008)

$$IG = \frac{Area\ bajo\ la\ curva\ para\ 50\ g\ de\ carbohidratos\ del\ alimeneto\ en\ estudio}{Area\ bajo\ la\ curva\ para\ 50\ g\ de\ carbohidrato\ del\ pan\ blanco} x100$$

c. Cálculo del aumento del área bajo la curva: Se estimó con base en las medidas de la concentración de glucosa en sangre obtenidas a lo largo del tiempo (0, 15, 30, 45, 60 y 120 minutos); se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Incremento\ ABC = \sum_{n}^{x=1} Ax$$

Donde, Ax=incremento del ABC para el intervalo de tiempo x, entre t_{x-1} y t_x

En el cálculo se aplicó la regla trapezoidal, se calcularon las áreas de los triángulos y rectángulos, con cálculos geométricos. Los valores individuales del incremento del área bajo la curva (iABC) de cada sujeto, para cada comida prueba, se expresan como porcentaje del valor medio del incremento en las áreas del alimento referencia del mismo sujeto. La media de los valores resultantes de cada comida corresponde al IG de cada alimento. Para la divulgación de los resultados se incluirán los datos de calibración contra la glucosa.

4.2.2.3.2. Análisis estadístico

La base de datos se elaboró en hojas de cálculo (Excel) y los análisis estadísticos se realizaron en R y Excel 2010. Se calcularon las áreas bajo la curva de glucosa y el índice

glucémico; Se realizó análisis descriptivo general para evaluar los valores de glucemia, las respuestas glucémica del área bajo la curva e índices glucémicos; así como el cambio en la concentración sérica de los mismos sobre el tiempo y con los diferentes niveles de fibra adicionados. Los valores de las variables bioquímicas se expresaron en promedio y desviación estándar, mediana y valores mínimos y máximos. Para los resultados con datos atípicos se realizó el análisis estadístico tanto con el grupo completo de participantes (n=19) y como con la exclusión de los datos atípicos, definidos como aquellos valores inferiores a Q1-1.5*RIC o superiores a Q3+1.5*RIC. Donde Q1 es el primer cuartil y Q3 es el tercer cuartil, RIC es Q3-Q1.

La evaluación analítica de los resultados, con fines de estudiar las comparaciones entre tratamientos se realizó mediante la estadística t-student para comparar medias poblacionales (paramétrica) y la estadística de Wilcoxon (no paramétrica) para evaluar las medianas poblacionales

Las comparaciones entre el alimento control y las dos intervenciones para evaluar la hipótesis de igualdad de medias, se analizaron con el método Tukey y el método de Dunnett, el cual desarrolla un procedimiento para comparar los tratamientos contra otro tratamiento control. La evaluación de las hipótesis de comparación de medias y de medianas se contrasta con un nivel de significancia del 5%.

4.3. Resultados

4.3.1 Caracterización de los participantes

Siguiendo los criterios de inclusión, se conformó el grupo de estudio con 20 individuos; sus características sociodemográficas y de salud se describen a continuación. Durante la fase experimental se retiró un voluntario, razón por la cual el análisis estadístico de las variables de desenlace se realizó con un grupo de 19 personas.

4.3.1.1. Edad, género y nivel de actividad física

El grupo definitivo con el que se inició el estudio estuvo conformado por 20 voluntarios (9 hombres y 11 mujeres), residentes en Bogotá, D.C., entre los 18 y 27 años con 22.1 ± 2.8

años en promedio y un coeficiente de 0.33, que muestra una leve homogeneidad en las edades del grupo. El nivel de actividad física se determinó mediante la aplicación de una adaptación de la versión corta del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, 2005); los resultados se reportaron como variable categórica (leve, moderada, vigorosa) y variable continua a partir de la cuantificación de los múltiplos de la tasa metabólica en reposo (tiempo equivalente metabólico, MET). Según los resultados obtenidos con este método, todo el grupo de voluntarios se ubicó en un nivel moderado de actividad física (600 - <3000 MET-min/semana).

4.3.1.2 Estado de salud

a. Estado de salud y hábitos de riesgo

La totalidad de los voluntarios según la valoración física y de laboratorio, presentó un riesgo cardiovascular latente, no presentaron insulinorresistencia y recibieron un diagnóstico de "clínicamente sanos"; como se puede apreciar en la tabla 25, el valor de cada una de estas variables se encuentra en el rango de normalidad.

Tabla 25.Resultados de exámenes de laboratorio clínico de base realizadas a los participantes

Examen físico y laboratorios	Valores de referencia*	Estadístico		
		Promedio	Mínimo	Máximo
Tensión arterial sistólica (mm Hg)	120	96 ± 12	70	120
Tensión arterial diastólica (mm Hg)	80	66 ± 6,6	58	78
Glucosa preprandial (mg/dL)	70 – 100	81,5 ± 7,4	62	94
Glucosa postprandial (mg/dL)	< 140	85,3 ± 18,9	46	12
Colesterol total (mg/dL)	< 200	151.2 ± 19,7	125	199
Colesterol HDL (mg/dL)	≥ 40	54,4 ± 11,8	40	76
Colesterol LDL (mg/dL)	< 130	79,5 ± 17,4	53	122
Triglicéridos (mg/dL)	< 150	87,4 ± 21,7	70	139
Hemoglobina (g%)	14 – 18	15.0 ± 1,19	12,6	16,9
HOMA**	≥ 2,53	1,2 ± 0,3	0,7	1,9

*Valores de referencia International Diabetes Federation. The IDF consensus worldwide definition of metabolic syndrome.2005:1-7.
** Modelo de evaluación homeostático para descartar insulinorresistencia: HOMA = $Insulina_{/ml}$ x $glucosa_{mmol/L}$ / 22.5; descrito por Matthews DR, 1985

Los participantes en el estudio declararon un hábito de consumo moderado (o social), tanto en cantidad como en frecuencia, de bebidas alcohólicas (Global Status Report on Alcohol. OMS, 2004). El 85%, de los voluntarios afirmaron no fumar, y el 15% (3 sujetos) restante se ubicó en la categoría de fumadores ocasionales (menos de 1 cigarrillo al día en los últimos 6 meses); con respecto al café, 45% de los voluntarios reportaron no consumirlo (o consumo esporádico) y el 55% se clasificaron como consumidores

ocasionales y/o consumo crónico con un consumo habitual de café, de 1 a 4 tazas al día(Van Dam, 2008).

b.Antropometría y clasificación nutricional

La Tabla 26 muestra las variables antropométricas de los participantes en el estudio. En el grupo, para ambos géneros, el IMC se encontró en el rango de normalidad según la clasificación internacional, OMS (18,5 Kg/m^2- 24,99 Kg/m^2), excepto en un individuo con IMC de 18.4 Kg/m^2 correspondiente a delgadez leve; el valor promedio del IMC fue de 20,57 ± 1,38 y 20,30 ± 1,26 Kg/m^2 en mujeres y hombres respectivamente. Por otra parte, el promedio del perímetro de cintura en el grupo de hombres fue de 72,9 cm y 73,9 cm en las mujeres, valores clasificado como normales (H<90 cm; M<80 cm); sin embargo, en este último grupo, en dos personas se encontró exceso de adiposidad abdominal (PC 85 y 81,3 cm). Adicional a esto, el coeficiente de variación (CV) de las mediciones antropométricas es inferior al 13%, lo cual implica que la muestra es homogénea. En comparación con los hombres, las mujeres presentaron más homogeneidad en las variables. La cercanía de la curtosis al cero indica la concentración de los datos alrededor de la media, y la ausencia de datos atípicos.

Tabla 26.Variables e índices antropométricos de los participantes, según género.

Variable antropométrica	Género	Estadístico					
		Promedio	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis	CV%
Peso (Kg)	Hombres	51.38 ± 5.20	44.90	63.30	1.12	1.81	10
	Mujeres	54.97 ± 7.08	44.90	65.90	0.30	-1.40	13
Talla (m)	Hombres	1.59 ± 0.07	1.43	1.66	-1.59	2.50	4
	Mujeres	1.63 ± 0.09	1.43	1.78	-0.40	0.75	5
IMC (Kg/m^2)*	Hombres	20.30 ± 1.26	18.75	22.97	1.09	0.67	6
	Mujeres	20.57 ± 1.38	18.40	22.97	0.35	-0.98	7
Perímetro cintura (cm)**	Hombres	72.92 ± 16.33	65.50	85.00	1.05	0.38	9
	Mujeres	73.90 ± 5.31	65.50	83.60	0.25	-0.93	7

*Clasificación Internacional del IMC en adultos: Peso bajo: <18,50 kg/m^2; Rango Normal: 18,50 – 24,99 kg/m^2; Sobrepeso ≥ 25,00; Obesidad: ≥30,00 kg/m^2 (OMS, 2004) **Clasificación de Perímetro de cintura: Normalidad: <90 cm en hombres y <80 cm en mujeres; Obesidad abdominal ≥90 cm en hombres y ≥80 cm en mujeres.

c. Ingesta dietética

Aspectos cualitativos: La totalidad de los seleccionados (n=20) recibían una dieta normal, sin mayores modificaciones en los últimos 6 meses, algunos voluntarios (20%) reportaron incremento en el consumo de frutas o de verduras, y casos aislados de mayor consumo de fuentes de fibra, inclusión de leche descremada o menor consumo de sal. Solamente tres personas declararon consumo de complementos nutricionales (1vez/semana) en los últimos 6 meses o suplemento nutricional (multivitamínicos) de forma regular.

Aspectos cuantitativos: Para evaluar la calidad de la ingesta de alimentos de los voluntarios, se realizó mediante una entrevista, un global recordatorio de un día y un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (en un mes), con énfasis en alimentos fuentes de fibra. El global recordatorio de 24 horas no representa la ingesta usual de los seleccionados, ya que solo se realizó en una ocasión, pero junto con la frecuencia de consumo permitió hacer una aproximación a los hábitos alimentarios del grupo. Los resultados de esta anamnesis mostraron que la mayoría de los participantes (85%) consumían 4 o 5 tiempos de comida; generalmente tomaban el desayuno y la comida en la casa, y los otros tiempos de comida, fuera de ella.

El análisis indirecto de la alimentación de un día, realizado mediante la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos, evidenció una ingesta energética de 2221 ± 431 *versus* un gasto de 2718 ± 117 Kcal/día en hombres y 1615 ± 545 *vs* 2155 Kcal/día en el grupo de mujeres; la energía aportada por la dieta del grupo mostró una distribución de macronutrientes del 15,9% en forma de proteínas, 33,3% como grasa y el 50,8% restante en forma de carbohidratos.

Con respecto a la ingesta de fibra dietaria, el promedio grupal fue de 15.7 ± 6.3 g/día, valor que se encuentra por debajo de la ingesta media reportada en ENSIN 2005 para el grupo de edad de 19 – 50 años (hombres: 22.2, IC95 21,3 – 23,1; mujeres: 16,2, IC95 15,6 – 16,8); sin embargo, el 75% del grupo mostró una frecuencia de consumo de leguminosas adecuada (semanal) y en menor proporción (40%) se reportó ingesta, de cereales íntegros durante la semana.

Tabla 27.Aporte de energía y macronutrientes del Global recordatorio de 24 horas según género, participantes en el ensayo biológico.

Variable/género	Género	Estadístico			
		Promedio	Mínimo	Máximo	CV %
Ingesta dietética de energía (Kcal/día)*	Hombres	2221 ± 431	1455	2662	19
	Mujeres	1615 ± 545	1034	2375	34
Gasto energía con actividad Moderada (Kcal/día)**	Hombres	2718 ± 117	2519	2880	4
	Mujeres	2155 ± 292	1909	2250	14
AMDR de proteínas (%de energía)	Hombres	16 ± 3,0	11	20	19
	Mujeres	16 ± 3,4	10	20	21
AMDR de grasas (% de energía)	Hombres	32 ± 7,8	16	41	24
	Mujeres	35 ± 5,5	29	46	16
AMDR de Carbohidratos (% de energía)	Hombres	52 ± 10,0	41	73	19
	Mujeres	49 ± 5,8	38	57	12
Fibra total* (g/día)	Hombres	16 ± 3,6	10	22	23
	Mujeres	16 ± 8,0	4	30	48

*Análisis realizado con el programa computarizado "Atención Nutricional Ambulatoria" del Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, UN, 1997-2001 (Tabla de composición de alimentos colombianos)
**INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF). Recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes para la población colombiana, 2009 (en prensa).
Cálculo: Energía (Kcal/dia)=TMB*PAL(1.7); TMB Kcal/día= 15,057*Kg+692,2 (H); TMB Kcal/día=14,818*kg+486,6 (M)
Rango de distribución aceptable de macronutrientes (AMDR % de energía – meta de ingesta para Colombia): proteínas: 14 – 20%; grasa total: 20- 35%; carbohidratos: 50 – 65%. Fibra total: Ingesta Adecuada: 14 g/1000 kcal

El análisis de la frecuencia de consumo, de acuerdo a la agrupación de alimentos colombianos (ICBF, 2000) mostró un bajo consumo de hortalizas, verduras y frutas, adecuado consumo del grupo de carnes y de lácteos en la mayoría de los participantes, según lo recomendado para la población colombiana. La frecuencia de consumo de alimentos fuentes de fibra como cereales integrales y leguminosas representa un aporte adicional importante que contribuye a mejorar el cubrimiento de la ingesta adecuada (AI) de fibra durante la semana, del grupo de participantes.

4.3.2. Respuesta glucémica e índice glucémico (IG)

4.3.2.1. Glucometría

A continuación se evidencian los resultados de las concentraciones de glucosa, expresados como promedio y desviación estándar, obtenidos en cada escenario de tratamiento y para cada tiempo. (ANEXO 9)

Se encontraron valores normales de glicemia en ayunas entre 78 ± 4,8 y 80 ± 6,0 mg/dL que se pueden considerar como medianamente homogéneos; en el período postprandial para todos los alimentos, el pico más alto de la respuesta glucémica se presenta a los 30 minutos del consumo de los alimentos ofrecidos, para iniciar su descenso hacia los valores basales al llegar a los 120 minutos postprandial; en estos tiempos intermedios, es notoria la mayor variabilidad de los datos para la mayoría de los casos.

Tabla 28.Concentraciones concentraciones de glucosa del alimento estándar, control y adicionado con 5 y 10 g de fibra soluble

Producto	Estadístico n = 19	Concentraciones de glucosa (mg/dL) en puntos de tiempos individuales						
		0´	15´	30´	45´	60´	90´	120´
Pan Blanco	Promedio (mg/dL)	78±4,8	89±9,3	113±15,1	109±11,7	103±10,7	97±9,6	89±8,9
	C.V (%)	6	10	13	11	10	10	10
Panecillo Fibra 0 g	Promedio (mg/dL)	80±6,0	93±7,0	106±14,9	102±14,4	99±12,5	92±8,3	89±8,5
	C.V (%)	8	8	14	14	13	9	10
Panecillo Fibra 5 g	Promedio (mg/dL)	79±5,9	93±11,7	110±12,3	105±14,0	100±13,4	95±12,4	94±11,1
	C.V (%)	7	12	11	13	13	13	12
Panecillo Fibra 10 g	Promedio (mg/dL)	80±5,5	92±8,4	108±10,0	103±15,5	95±13,5	96±11,4	93±10,9
	C.V (%)	7	9	9	15	14	12	12

Como se observa en las figuras 5 y 6 los niveles de glucosa de los participantes (n=19) antes y después del consumo del pan blanco y los productos horneados en estudio, muestran un comportamiento similar desde los valores basales hasta el pico de los 30 minutos, a partir de este momento los promedios de glucosa de los tratamientos disminuyen respecto a los observados en pan blanco y se mantiene así hasta los 90 minutos postprandiales. Al comparar el alimento control con los adicionados con fibra, se observa que solamente a los 60 minutos se presenta un pico de reducción en los valores de glucosa con la adición de 10 g de fibra, mientras que en los demás momentos, 45´, 90´y 120´, la concentración de glucosa posterior a la ingesta de 5 y 10 g de fibra soluble, permaneció similar o por encima de los valores del control (Fibra 0).

Figura 5. Comparación de las concentraciones promedio de glucosa en ayunas y después de la ingesta del alimento referencia y alimento estudio con diferentes niveles de adición de fibra soluble.

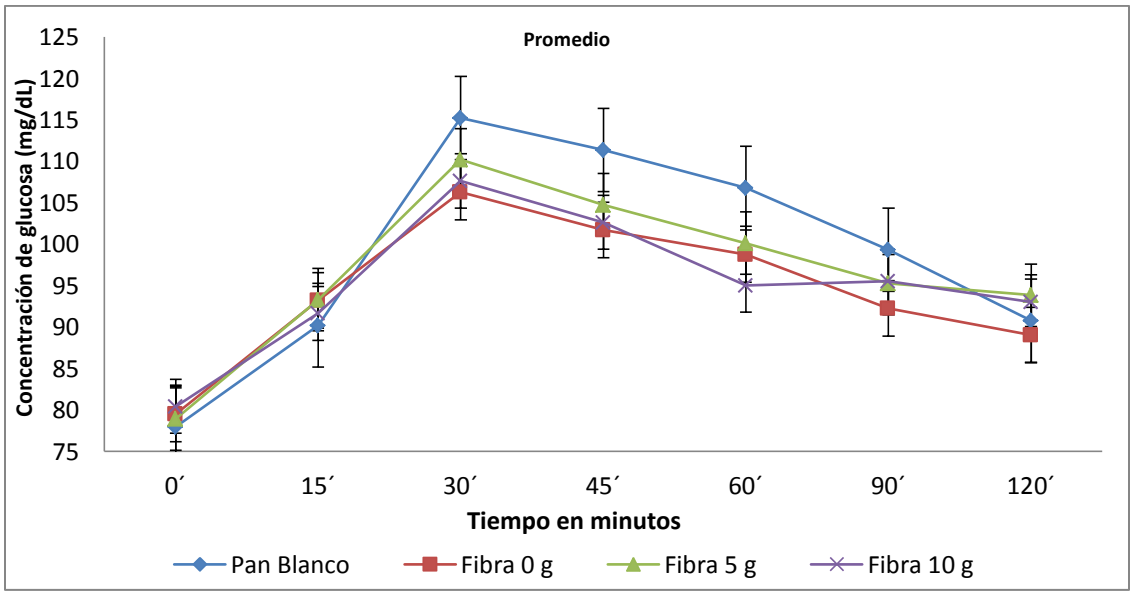
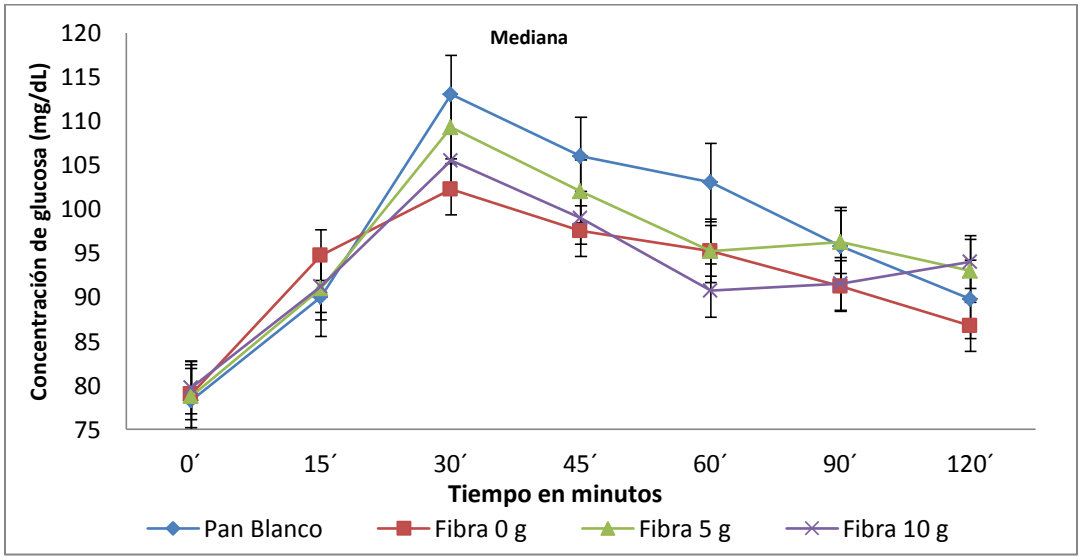


Figura 6. Comparación de las concentraciones (medianas) de glucosa en ayunas y después de la ingesta del alimento referencia y alimento estudio con diferentes niveles de adición de fibra soluble



Sin embargo, al realizar la comparación de medias de las dos intervenciones (adición de 5 y 10 g de fibra soluble) frente al control, no se observaron diferencias significativas como

lo muestran los valores p (p>0.05) para la media en los diferentes tiempos y específicamente para la reducción observada en los valores de glicemia de los 60´ posterior a la ingesta de 10 g de fibra (p=0.109).Un resultado inesperado fue el incremento significativo de la glicemia a los 120 minutos postprandiales con la adición de 5 g de fibra soluble comparado con el alimento sin fibra adicionada (p = 0.033).

Adicionalmente, la reducción en los valores de glicemia fue significativamente mayor con el alimento estudio adicionado de 10 g de fibra comparado con el pan blanco a los 30, 45 y 60 minutos postprandiales. (Tabla 29).

Tabla 29.Comparación del efecto sobre la glicemia sérica de la adición de dos dosis de fibra soluble mediante la estadística t*

Alimento comparado	t.valor y p.valor para la concentración de glucosa en puntos de tiempos individuales													
	0´		15'		30'		45'		60'		90'		120'	
	t. valor	p	t. valor	p	t. valor	p	t. valor	p	t. valor	p	t. valor	p	t. valor	p
Fibra 0 g vs Pan	1,683	0,110	2,092	0,051	2,293	0,034	2,976	0,008	2,352	0,030	2,324	0,032	0,733	0,473
Fibra 5 g vs Pan	1,145	0,267	2,152	0,045	1,281	0,216	1,386	0,183	1,315	0,205	1,003	0,329	2,145	0,046
Fibra 10 g vs Pan	2,330	0,032	1,360	0,191	2,543	0,020	2,888	0,010	3,627	0,002	1,058	0,304	1,847	0,081
Fibra 5 g vs 0 g	0,903	0,378	0,715	0,484	1,637	0,119	1,207	0,243	0,967	0,346	1,506	0,150	2,312	0,033
Fibra 10 g vs 0 g	1,205	0,244	1,323	0,202	0,954	0,353	0,893	0,383	1,687	0,109	1,669	0,112	1,707	0,105

*Estadístico t. comparación en muestras pareadas. Valores p < 0,05 implican el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias

4.3.2.2. Áreas bajo la curva de la respuesta glucémica.

Para el cálculo se utilizó el método del área bajo la curva incremental, iAUC, el cual toma en cuenta las áreas por encima de los valores basales de glucosa en cada individuo, e ignora cualquier valor por debajo de la curva. Se obtuvieron resultados, por duplicado, del iAUC por individuo los cuales se promediaron para controlar el error experimental.

En la tabla 30 se presenta el resumen estadístico de las áreas en cada tratamiento. Como se puede observar el pan blanco induce una respuesta glucémica mucho más marcada que el alimento estudio con y sin adición de la fibra; la menor área se obtuvo con el panecillo adicionado con 10 g de fibra soluble, que como se aprecia es aproximadamente el 76% del área promedio en el pan blanco.

Al comparar las áreas de la respuesta glucémica del alimento control (fibra 0) con las intervenciones (fibra soluble 5 y 10 g), se observa una reducción de la respuesta glucémica con la adición de 10 g (1950 mg.min/dL-control*vs*1889 mg.min/dL-fibra 10 g),

mientras que el área promedio con adición de 5 g de fibra soluble fue inesperadamente mayor que la del alimento control (2284 mg.min/dL – fibra 5 g *vs* 1950 mg.min/dL-control).

Tabla 30.Resumen estadístico descriptivo del Área bajo la curva de respuesta glucémica después del consumo de Pan Blanco y alimento estudio con diferentes niveles de adición de fibra

Estadístico n = 19	Área bajo la curva de Respuesta glucémica (mg.min/dL)			
	Pan Blanco	Panecillos – Adición de fibra soluble		
		0 g	5 g	10 g
Promedio ± DE	2464 ± 920	1950 ± 905	2284 ± 847	1889 ± 1072
Mínimo	857	386	835	720
Mediana	2235	1854	2396	1412
Máximo	4418	3413	4545	4860
CV (%)	37	46	37	57

Por otra parte, como se muestra en las tablas 31 y 32, los valores de las áreas presentan alta variabilidad en especial en el tratamiento con 10 g de adición de fibra. Al excluir los valores atípicos de la respuesta glucémica con pan blanco y tratamientos, se observa con mayor claridad una tendencia hacia la reducción de las áreas promedio y mediana, como respuesta al consumo del alimento estudio adicionado con 10 g de fibra soluble *versus* el alimento control (1679 mg.min/dL- Fibra 10 g *vs*.1950 mg.min/dL-control).

Tabla 31.Exclusión de datos atípicos en el resumen estadístico del Área bajo la curva de respuesta glucémica después del consumo de pan blanco y tratamientos.

Estadístico Sin atípicos* n=17	Área bajo la curva de respuesta glucémica (mg.min/dL)			
	Pan Blanco	Panecillos – Adición de fibra soluble		
		0 g	5 g	10 g
Promedio ±D.E.	2480 ± 973	1969 ± 939	2137 ± 679	1679 ± 820
Mínimo	857	386	835	720
Mediana	2235	1854	2378	1352
Máximo	4418	3413	3135	3345
CV (%)	39	48	32	49

*Se excluyen dos datos atípicos de la muestra para el análisis.Un dato correspondiente a la evaluación con 5 g de fibra soluble y otro a la prueba de 10 g.

* Definición de datos atípicos: se excluyen los valores inferiores a Q1-1.5*RIC o superiores a Q3+1.5*RIC. Donde Q1 es el primer cuartil y Q3 es el tercer cuartil, RIC es Q3-Q1.

Las figuras 7y 8, permiten ilustrar la influencia de datos atípicos de áreas bajo la curva, expresados como promedio y mediana, los cuales afectan de manera crucial los resultados tanto del pan blanco como de los tratamientos. Por esta razón se consideró necesario hacer el análisis estadístico para comprobar la significancia de las diferencia entre tratamientos, utilizando los resultados con y sin exclusión de los datos atípicos. Se observa que las gráficas de las áreas bajo la curva de los tratamientos están por debajo de las del alimento estándar y cuando los datos se expresan como valores en la mediana se aprecia que el descenso posterior a la ingesta de 10 g de fibra soluble es mayor que la de los demás alimentos.

Figura 7. Comparación de los valores promedio de área bajo la curva de la respuesta glucémica con pan blanco y alimento estudio con 0 g, 5 g y 10 g de fibra soluble antes y despues de extraer los datos atípicos

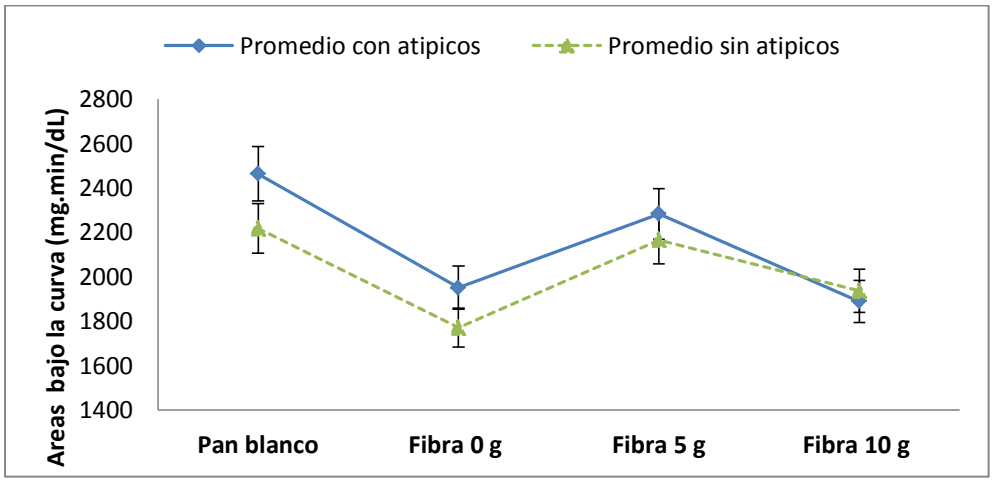
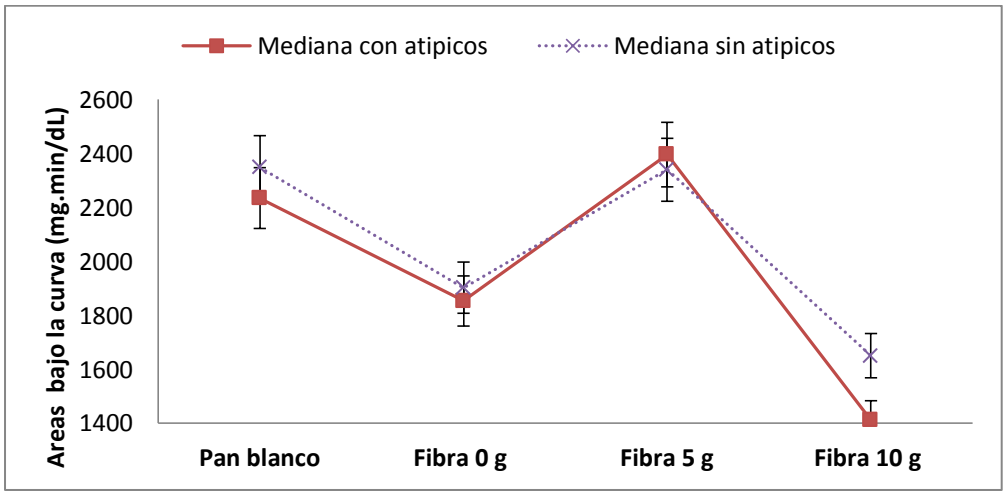


Figura 8. Comparación de la mediana del área bajo la curva de la respuesta glucémica con pan blanco y alimento estudio con 0 g, 5 g y 10 g de fibra soluble antes y despues de extraer los datos típicos



Según lo anterior, se evidenció una reducción en las áreas bajo la curva de la respuesta glucémica con los tratamientos, particularmente con la adición de 10 g de fibra soluble (2235 mg.min/dL –pan blanco *vs* 1854mg.min/dL-control*vs*1352mg.min/dL-fibra 10 g). Sin embargo, al analizar los resultados de las áreas del pan blanco y los tratamientos con diferentes niveles de adición de fibra empleando el método de Tukey, se encontró que en estas diferencias no esta incluido el cero en los intervalos y los p.valores no son inferiores de 0.05 (5% de significancia), lo que indica que no hay una diferencia significativa. No obstante se puede observar una tendencia hacia la significancia estadística en los valores encontrados al comparar los datos del producto con adición de 10 g de fibra *versus* el pan blanco, sin datos atípicos.

Tabla 32.Análisis de resultados de las áreas bajo la curva (iAUC) de la respuesta glucémica con el pan blanco y los tratamientos con diferentes niveles de adición de fibra, utilizando el método de Tukey

	Prueba de significancia con datos atípicos* - ($iAUC_{glucosa}$)				Prueba de significancia sin datos atípicos* - ($iAUC_{glucosa}$)			
Alimento referencia y tratamientos	**Diferencia**	**Límite Inferior**	**Límite superior**	**p ajustado**	**Diferencia**	**Límite Inferior**	**Límite superior**	**p ajustado**
Fibra 0 g vs. pan blanco	-513,49	-1307,33	280,35	0,33	-465,84	-1117,72	186,03	0,35
Fibra 5 g vs. pan blanco	-179,94	-973,78	613,89	0,93	-220,75	-872,62	431,13	0,86
Fibra 10 g vs. pan blanco	-532,60	-1326,44	261,24	0,30	-618,42	-1270,30	33,45	0,13
Fibra 5 g vs. 0 g	333,54	-460,29	1127,38	0,69	245,10	-406,78	896,97	0,82
Fibra 10 g vs. 0 g	-19,11	-812,95	774,72	1,00	-152,58	-804,46	499,29	0,95
Fibra 10 g vs. 5 g	-352,66	-1146,50	441,18	0,65	-397,68	-1049,55	54,20	0,49

Definición de datos atípicos: se excluyen los valores inferiores a Q1-1.5*RIC o superiores a Q3+1.5*RIC. Donde Q1 es el primer cuartil y Q3 es el tercer cuartil, RIC es Q3-Q1.

Al calcular las pruebas de significancia utilizando la estadística t en muestras pareadas y el método de Wilcoxon, con y sin datos atípicos**,** como se muestra en la tabla 32 se comprueba que las diferencias en las áreas bajo la curva entre tratamientos con 5 y 10 g de fibra soluble no son estadísticamente significativas. Sin embargo, al comparar el comportamiento de las áreas bajo la curva del pan blanco frente al producto adicionado con 10 g de fibra, se presenta un cambio significativo (al 5% de significancia), con y sin datos atípicos.

Tabla 33.Pruebas de significancia, medianas del iAUCglucosa utilizando la estadística t en muestras pareadas y método de Wilcoxon, con y sin datos atipicos

Estadística t y Wilcoxon con y sin datos atípicos	Pan blanco vs Alimento estudio con y sin adición de fibra* - ($iAUC_{glucosa}$)			Alimento control vs Intervenciones* - ($iAUC_{glucosa}$)	
	Pan blanco vs Fibra 0 g	Pan blanco vs Fibra 5 g	Pan blanco vs Fibra 10 g	Fibra 0 g vs 5 gr	Fibra 0 g vs 10 gr
Con datos atípicos					
t. valor	2,706	1,174	3,639	1,687	0,741
p.valor	0,014	0,256	0,002	0,109	0,468
Estadístico W	235	192	238	140	194
p.valor	0,116	0,751	0,096	0,246	0,708
Sin datos atípícos					
t. valor	2,481	1,718	3,083	1,157	1,330
p.valor	0,025	0,105	0,007	0,264	0,202
Estadístico W	187	166	208	126	177
p.valor	0,150	0,474	0,029	0,540	0,274

Definición de datos atípicos: se excluyen los valores inferiores a Q1-1.5*RIC o superiores a Q3+1.5*RIC. Donde Q1 es el primer cuartil y Q3 es el tercer cuartil, RIC es Q3-Q1.

4.3.2.3. Índice Glucémico

El índice glucémico de cada alimento estudio se calculó a partir de los valores promedio de las áreas bajo la curva, resultante de la ingesta de 50 g de carbohidratos disponibles por cada individuo, como porcentaje de la respuesta glucémicas con 50 g de carbohidratos aportados por pan blanco.

En la tabla 34 se presenta el resumen estadístico. Se encontró una ligera reducción en el IG con la ingesta del alimento estudio adicionado con 10 g de fibra soluble y un inesperado incremento con la adición de 5 g de fibra. Al igual que en los cálculos del promedio de áreas bajo la curva, los valores de IG obtenidos presentaron alta variabilidad entre los individuos, aunque los valores de CV con el producto control y el alimento adicionado con 5 g de fibra soluble fueron inferiores comparado con los de las áreas bajo la curva.

Tabla 34.Resumen estadístico del Índice glucémico del alimento control y los adicionados con 5 y 10 g de fibra soluble

	Índice glucémico %* Todo el grupo (n = 19)			Índice glucémico %* sin datos atípicos (n = 18)		
Estadístico	**Panecillos – adición de fibra soluble**			**Panecillos – adición de fibra soluble**		
	0 g	**5 g**	**10 g**	**0 g**	**5 g**	**10 g**
Promedio ± D.E	84 ± 43	103 ± 46	80 ± 31	77 ± 31	100 ± 45	81 ± 31
Mínimo	18	42	36	18	42	36
Mediana	81	90	82	77	89	83
Máximo	213	184	156	136	184	156
CV (%)	51	45	39	40	45	38

*Calculado con pan blanco como alimento referencia.

Las figuras 9 y 10 muestran los resultados del cálculo del índice glucémico como respuesta al consumo del alimento control y el producto horneado adicionado con 5 y 10 g de fibra soluble, con y sin datos atípicos, donde se puede observar que no se produjo el efecto reductor esperado sobre el IG con la adición de la fibra soluble.

Figura 9. Comparación del índice glucémico de los alimentos estudio expresados como promedio y mediana para todos los participantes

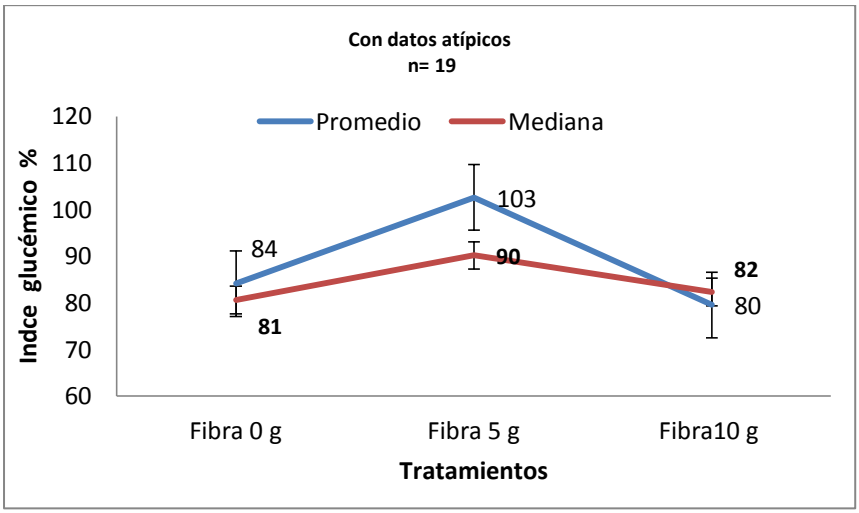
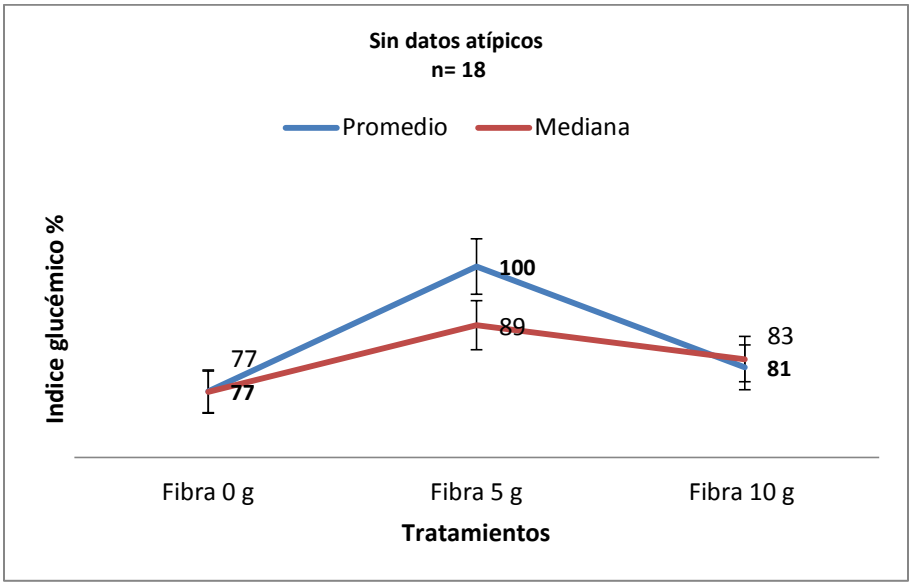


Figura 10. Comparación del índice glucémico de los alimentos estudio expresados como promedio y mediana excluyendo los datos atípicos.



Al evaluar, mediante el estadístico t y la prueba de Wilcoxon, los cambios en el valor del índice glucémico como respuesta a la ingesta de las trencitas adicionados con 5 y 10 g de fibra soluble comparados con el control, en individuos sanos, no se pudo comprobar diferencia significativa con ninguno de los dos niveles de adición, como se demuestra en la tabla 35 con el análisis mediante la estadística t a una vía con muestras pareadas, que compara 0 g frente 5 g de fibra ($t = 1.884$) y 0 g frente a 10 g de fibra ($t = 0.945$) encontrando un valor $p > 0.05$ (0.076 y 0.375 respectivamente), lo cual permite el no rechazo de la igualdad de medias en cada uno de las comparaciones.

Tabla 35. Efecto de la adición de fibra soluble a un producto de cereal horneado sobre el índice glucémico, con y sin exclusión de datos atípicos, mediante las estadísticas t y Wilcoxon

Alimento control vs intervenciones	Índice glucémico Comparación entre tratamientos – diferencias de Tukey							
	Con todo el grupo (n=19)				Sin datos atípicos*			
	Diff	Límite Inferior	Límite superior	p ajustado	Diff	Límite Inferior	Límite superior	p ajustado
Fibra 5 g vs. 0 g	0,184	-0,1301	0,4993	0,3412	0,154	-0,135	0,443	0,505
Fibra 10 g vs. 0 g	-0,045	-0,3606	0,2688	0,9344	-0,082	-0,371	0,207	0,823
Fibra 10 g vs. 5 g	-0,230	-0,5451	0,0843	0,1912	-0,236	-0,525	0,053	0,209

*Definición de datos atípicos: se excluyen los valores inferiores a Q1-1.5*RIC o superiores a Q3+1.5*RIC. Donde Q1 es el primer cuartil y Q3 es el tercer cuartil, RIC es Q3-Q1.

En la tabla 36 se observan los resultados correspondientes al análisis comparativo de las diferencia medias del índice glucémico entre tratamientos utilizando el método de Tukey tomando en cuenta la inclusión o no de un dato atípico. Como se puede observar en ninguno de los casos se incluye el cero en los intervalos de Tukey; y, los p.valores no son menores que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis de diferencia significativa en cada escenario.

Tabla 36.Análisis de resultados del indice glucemico (IG) de los tratamientos con diferentes niveles de adición de fibra, utilizando el método de Tukey.

Estadística t y de Wilcoxon	Índice glucémico Panecillo control (fibra 0 g) vs Panecillo con adición de fibra soluble					
	Todo el grupo			Con exclusión de datos atípicos*		
	0 g vs 5 g	0 g vs 10 g	5 g vs 10 g	0 g vs 5 g	0 g vs 10 g	5 g vs 10 g
estadística t.	1,884	0,945	2,416	1,606	0,909	1,770
p.valor	0,076	0,357	0,027	0,126	0,376	0,094
Estadístico W.	139	183	226	120	148	202
p.valor	0,234	0,954	0.1912	0,191	0,673	0.214

4.4. Discusión

Se evalúo el efecto sobre la respuesta glucémica de un compuesto de fibra soluble, adicionado como ingrediente a un producto horneado de panadería en dos concentraciones, 5 y 10 g, en jóvenes sanos, obteniéndose que, no se puede demostrar que la ingesta de 5 o 10 g de la fibra soluble estudio sea efectiva para disminuir de manera significativa la concentración postprandial de glucosa sérica o para reducir el índice glucémico de un panecillo de queso con el fin de obtener un producto que se pudiera clasificar como de medio (55 – 70%) o bajo (< 55%) IG según la clasificación de Brand-Miller*et al* (2010) El aporte adicional de fibra soluble en la dieta, a través de la ingesta de un alimento adicionado de fibra aislada, se considera benéfico puesto que mejora la ingesta recomendada, al mismo tiempo que reduce el índice glucémico de la dieta el cual se asocia con potenciales beneficios en la reducción del riesgo de enfermedad coronaria, obesidad, diabetes tipo 2 y algunos tipos de cáncer (ADA, 2008; OMS, 2003).

Ahora bien, la ingesta del producto de panadería adicionado con 10 g de fibra soluble resultó en una ligera reducción en la concentración sérica de glucosa a los 60 minutos postprandiales y en el área bajo la curva de la respuesta glucémica del alimento, la diferencia no fue estadísticamente significativa. Este resultado inesperado fue contrario a lo reportado en la literatura con otras fuentes de fibra solubles y no permitió confirmar el efecto benéfico de la fibra estudio sobre el control glucémico en jóvenes sanos. Estos mismos resultados fueron observados en estudios experimentales con ratas utilizando el mismo biopolímero referido donde, tanto en animales normoglicémicos como con diabetes mellitus inducida, no se observaron efectos significativos. (IBUN, 2008)

El producto horneado adicionado de 5 y 10 g fibra soluble, desarrollado, presentó un índice glucémico promedio entre 81% ± 31 y 100% ± 45, respectivamente; estos valores son similares al de otros productos de panadería como bizcochuelo (124%), croissant (96% ± 6), cupcakes (104%) entre otros. Al comparar los resultados anteriores con el IG del producto control (fibra 0%) fue 77% ± 31, se encontró que la adición de la fibra estudio, no presentó el efecto atenuante esperado sobre el índice glucémico del alimento estudio.

La mayoría de estudios realizados en individuos sanos con el fin de evaluar diferentes tipos de fibra soluble han demostrado un efecto positivo reductor de las mismas sobre la respuesta glucémica postprandial: Jenkins *et al*, (2010), evaluaron el efecto de la adición a varios alimentos de un polisacárido viscoso (2.5 – 5 g) compuesto de goma konjac-xantan y alginato de sodio, sobre la glicemia postprandial, en un grupo de 10 sujetos sanos, encontrando una reducción promedio de 7 unidades/g de fibra (GRIP), en la respuesta de la glucosa sanguínea, la cual fue independiente del alimento y la dosis de fibra. En estudio previo, (Jenkins *et al*, 2008) había encontrado similares resultados al evaluar la fibra de alta viscosidad (9,9 g de fibra por porción de galletas)con un grupo de sujetos sanos y diabéticos tipo 2.

También se han reportado efectos benéficos de fibras viscosas sobre el control de la glicemia en personas con diabetes tipo 2, mediante el atrapamiento de los carbohidratos ingeridos en un gel viscoso formado después de la digestión, lo cual resulta en una absorción lenta de azucares y reduce la elevación de la glucosa sanguínea después de una comida. Con este fin se han desarrollado productos adicionados de fibra utilizando diferentes matrices que permitan mejorar las características sensoriales de los mismos con la incorporación máxima de la fibra viscosa. Es el caso del estudio realizado por Flammang (2006), en el cual se incorporó goma guar, una fibra viscosa aislada del frijol de la planta *Cyamopsistetragonoloba,* una barra crujiente y se comparó el efecto de su ingesta, sobre la respuesta glucémica con barras comerciales sin la fibra, en 60 sujetos con DM2; se encontró que la ingesta de 8,4 g/día de goma guar incorporados en la barra de cereal tiene un efecto benéfico al disminuir significativamente tanto la glucosa postprandial como la insulina y el péptido C en sujetos con diabetes tipo 2, en comparación con la barra comercial como control.

En el presente estudio se trabajó con un grupo de participantes bastante homogéneo y se aplicaron cuidadosamente los procedimientos y métodos de cálculo definidos en el protocolo acogiendo la experiencia de los grupos de trabajo en este tema (Brouns, 2005); no obstante, se encontró alta variabilidad en los resultados del área bajo la curva de la respuesta glucémica y del índice glucémico, con coeficientes de variación en el grupo, entre 32% - 49% y 38% - 51%, respectivamente; sin embargo, estos CV están dentro de los rangos observados en otros estudios, por ejemplo, Vega-Lopez , (2007), reportó CV interindividual de 17,8% y variabilidad intraindividual de 42,8% para el IG del pan blanco.

Desde el punto de vista teórico se espera que el coeficiente de variación de las áreas bajo la curva de la respuesta glucémica sea mayor que el CV del Índice glucémico, pues su cálculo implica un ajuste a la respuesta individual frente a un alimento referencia, procedimiento mediante el cual se reduce la variación entre los sujetos (interindividual). Según datos de Wolever (2006), la variación total del AUC se debe en una proporción del 62% (con un grupo poco homogéneo) a la variabilidad interindividual y al calcular el IG esta se reduce a un 5% reduciendo también la variabilidad total; la proporción restante se debe a la variabilidad intraindividual y del alimento que no se modifican al expresar los resultados como IG.

Finalmente puede observarse que el consumo de un producto de panadería adicionado con 10 g de fibra soluble resultó en una ligera reducción en la concentración de glucosa a los 60 minutos postprandiales, en el área bajo la curva y en el índice glucémico; sin embargo esta reducción no fue estadísticamente significativa

El producto vehículo de inclusión del compuesto en estudio presentó alta aceptabilidad y mínimas molestias intestinales.

CONCLUSIONES

- Los productos que permiten mayor adición de fibra debido a que modifican en menor medida sus características organolépticas respecto a las formulaciones patrón son: Trencitas de queso, galletas de avena y galletas caseras.

- La incorporación del biopolímero Bilac®en las diferentes matrices alimentarias produce modificaciones principalmente en la textura, presentándose un mejor comportamiento en aquellas que presentan baja humedad

- El análisis instrumental evidencia cambios significativos en las masas húmedas de este producto en términos de adhesividad y dureza y en los productos terminados cambios significativos en la dureza y fracturabilidad, especialmente con nivel de adición de 10 gramos.

- Aunque hubo varias diferencias estadísticamente significativas ningún producto con adición de fibra fue rechazado por el panel de consumidores

- Para todos los productos, el atributo con menores puntajes independientemente de si hubo diferencias o no, fue textura, demostrando que la adición de Bilac® influye en la interacción de los ingredientes y finalmente en la calidad de las masas.

- Se sugieren niveles de adición de Bilac® de máximo 7.5 gramos por porción en los productos desarrollados de galletería y 10 g para productos de panadería con el fin de conservar las características sensoriales y tecnológicas de los productos.

- Las matrices alimentarias de panadería (trencitas de queso) permiten mayor adición de Bilac® que las de bizcochería (galletas de avena, y galletas caseras) teniendo en cuenta los parámetros de aceptabilidad en los consumidores y los resultados del análisis instrumental previo.

- Los productos desarrollados con el máximo nivel establecido por calidad sensorial y tecnológica (7.5 g para galletas y 10 g para panecillos) pueden catalogarse como “excelente fuente de fibra” según el descriptor establecido en la normatividad vigente debido a que aportan más del 20% del valor de referencia.

- El ensayo biológico realizado indica que el producto horneado estudiado, adicionado con 5 y 10 g de fibra soluble, no produjo el efecto reductor esperado sobre el índice glucémico (IG) con la adición de la fibra soluble. Sin embargo, al comparar el comportamiento de las áreas bajo la curva del pan blanco frente al producto adicionado con 10 g de fibra, se presenta un cambio significativo (al 5% de significancia).

RECOMENDACIONES

-Teniendo en cuenta la aceptación de los productos por el panel de consumidores, se sugiere realizar el respectivo análisis sensorial con panel entrenado con la finalidad de realizar los ajustes necesarios a las formulaciones que permitan continuar con su desarrollo y con el posterior escalamiento semiindustrial e industrial.

- Observando los cambios en la textura evidenciados en los productos seleccionados se sugiere evaluar su comportamiento en diferentes condiciones de empaque y almacenamiento con miras a establecer las condiciones más apropiadas para su conservación durante la vida útil de los mismos.

- A partir de los resultados obtenidos sobre índice glucémico y respuesta glucémica se sugiere continuar con los ensayos biológicos para establecer la concentración del biopolímero a la cual se detecten efectos estadísticamente significativos sobre estos dos parámetros.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. J Am Diet Assoc, 108:1716-1731, 2008

- ALAD. Guías para el diagnostico y manejo de la diabetes Mellitus tipo 2 con medicina basada en evidencia. *Rev. Asociación Latinoamericana de Diabetes*; 2006; Supl. 1.

- AVENDAÑO C. Evaluación de los Efectos Fisiológicos y Bioquímicos de una Dextrana en Roedores de Laboratorio.Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Tesis. 2010.

- BAIXAULI R. Influencia de la adición de un ingrediente funcional en la calidad de un producto de bollería. Aspectos reológicos y texturales y su relación con la aceptación sensorial. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral. 2007.

- BAÑOS B. Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Tesis Ingeniería Agroindustrial. 2007

- BROUNS F, Bjorck I, FraynKN,.Gibbs AL, Lang V, Slama G, y Wolever TMS. Glycaemicindexmethodology. *Nutr Res Rev*. 2005; 18:145-171.

- BROWN L et al. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber. A meta-analysis. Am J *Clin Nutr.* 1999; 69:30-42

- CASTRO IA y col. Effect of eicosapentaenoic/docosahexaenoic fatty acids and soluble fibers on blood lipids of individuals classified into different levels of lipidemia *Nutrition*. 2007; 23:127–137.

- COLOMBIA, GOBIERNO NACIONAL. Ley 1355 de 2009 “Por medio de la cual se define la obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles asociadas a ésta como una prioridad de salud pública y se adoptan medidas para su control, atención y prevención”. Bogotá; 2009.

- DAVIDSON M.et al Effects of dietary inulin on serum lipids in men and women with hypercholesterolemia. *Nutrition Research,* 1998; 18, Issue 3; 503-517

- DIAZ R. Guías de panificación. Guías de laboratorio. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. 2011

- DIAZ R. Análisis instrumental de textura en productos horneados. Guías de laboratorio. Instituto de Ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. 2011

- ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL EN COLOMBIA ENSIN 2010

- ESCOBAR N. Desarrollo de la formulación base para productos horneados con adición de un biopolímero. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Especialización en Ciencia y Tecnología de alimentos. 2010.

- ESCUDERO E Y GONZÁLEZ P. Fibra dietética. Nutr. Hosp. (2006) 21 (Supl. 2) 61-72

- FACULTAD DE MEDICINA, DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN U.N., 1997-2001 (Tabla de composición de alimentos colombianos)

- FLAMMANG AM, KENDALL DM, BAUMGARTNER CJ, SLAGLE TD, CHOE YS. Effect of a viscous fiber bar on postprandial glycemia in subjects with type 2 diabetes*. J Am CollNutr;* Oct;25(5):409-14, 2006.

- GOÑI I, GARCIA-AIONSO A, SAURA-CALIXTO F. A Starch Hydrolysis procedure to estimate Glycemic Index. *Nutrition Research*. 1997; 17(3):427-437

- ICONTEC. NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1363. Pan. Requisitos generales. 2005

- ICONTEC. NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 267. Harina de trigo. Requisitos generales. 2005

- INDICADORES BÁSICOS EN SALUD 2008

- INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL (IBUN). Documentos sobre el trabajo de investigación "Desarrollo de alimentos funcionales empleando un Biopolímero como fuente de fibra soluble", Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2005-2010.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF). Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes para la Población Colombiana. ICBF; 2009 (en prensa).

- International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms. 2005

- JENKINS D y col. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *American Journal Clinical Nutrition*. 2002; 76 (suppl):266S-73S.

- JENKINS D., MARCHIE A., AUGUSTIN., ROS E., KENDALL C. Viscous dietary fibre and metabolic effects. *Clinical Nutrition Supplements*; 2004; 1 39–49

- JENKINS AL, Jenkins DJ, Wolever TM, Rogovik AL, Jovanovski E, Bozikov V, Rahelić D, Vuksan V. Comparable postprandial glucose reductions with viscous fiber blend enriched biscuits in healthy subjects and patients with diabetes mellitus: acute randomized controlled clinical trial. *Croat Med JDec.* 2008; 49(6):772-82.

- JENKINS AL, Kacink V, Lyon M, Wolever T MS. Effect of adding the novel fiber, PGX®, to commonly consumed foods on glycemic response, glycemic index and GRIP: a simple and effective strategy for reducing post prandial blood glucose levels – a randomized, controlled trial. *Nutrition Journal*. 2010; 9:58.

- KENDALL C, Esfahani A, Jenkins D. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloid*. 2010; 24(1): 42-48

- KIM H, Stote KS, Behall KM, Spears K, Vinyard B, Conway JM. Glucose and insulin responses to whole grain breakfasts varying in soluble fiber, beta-glucan: a dose response study in obese women with increased risk for insulin resistance. Eur J Nutr. 2009; Apr;48(3):170-5.

- LOPEZ Y PEREZ. Contribución al estudio del sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) para nutrición humana. *Perspectivas en nutrición humana*. 2011.13. 33-44

- LÓPEZ R., "Diseño Estadístico de Experimentos". Editorial Científico-Técnica – Yucatán México; 1994.

- MANLEY D.Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry. Cambridge, England, CRC Press. Woodhead Publishing Limited. 2001

- MARANGONI F., POLI A.The glycemic index of bread and biscuits is markedly reduced by the addition of a proprietary fiber mixture to the ingredients. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* (2008) 18, 602-605

- MEIER R,. Basics in clinical nutrition: Fiber and Short Chain Fatty Acids. *European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 2004; 4,69-71

- MURAKAMI K. et al. Dietary fiber intake, dietary glycemic index and load,and body mass index: a cross-sectional study of 3931Japanese women aged 18–20 years. *European Journal of Clinical Nutrition*; 2007; 61, 986–995

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. FAO. PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS. COMITÉ DEL CODEX SOBRE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS PARA REGÍMENES ESPECIALES. Propuesta para una definición y métodos de análisis del contenido de fibra dietética. 2004.

- Organización Mundial de la Salud. OMS. Manejo integrado de enfermedades 2011.Disponible en: http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1199&Itemid=1359&lang=es. Consultado el febrero 9 de 2012.

- 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

- PEREIRA M, O'REILLY E, AUGUSTSSON K *et al.* Dietary fibre and risk of coronary heart disease; a pooled analysis of cohort studies. *Arch Intern Med* 2004; 164:370-376.

- PERESSINI D., SENSIDONI A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and bread making properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science* 49; 2009; 190–201

- PEREZ L. Efecto Del Bilac® En La Producción De Ácidos Grasos De Cadena Corta Y Función Intestinal En Humanos. Andalucía, España. 2011. Tesis de Maestría.

- RESOLUCION 333 DE 2011. Ministerio de la protección Social

- 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

- ROJAS D. Desarrollo de un alimento funcional enriquecido en fibra soluble, empleando un biopolímero de glucosa (BILAC®). Trabajo de grado. Químico farmacéutico. Universidad Nacional de Colombia. 2010

- ROUDOT. Reología y análisis de textura de alimentos. Ed, Acribia.2004. p.74-90

- SPENCE J.T. Challenges related to the composition of functional foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19:S4–S6

- STANLEY P. Fabricación de Pan. Editorial Acribia. 1998. Pág 309-321

- THEUWISSEN E., MENSINK R. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior* ; 2008; 94 285–292

- UEHLEKE B., ORTIZ M., STANGE R. Cholesterol reduction using psyllium husks. Do gastrointestinal adverse effects limit compliance? Results of a specific observational study. *Phytomedicine*15; 2008; 153–159

- VAN DAM R. Coffe Consumption and Coronary Heart Disease: Paradoxical Effects on Biological Risk Factors versus Disease Incidence. *Clin Chem*. 2008; 54(9): 1418-1420

- VIVES M. Fermentabilidad in vivo del biopolímero BILAC® y determinación de ácidos grasos de cadena corta. Bogotá, 2010. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias

- WOLEVER T. Índice glucémico. Clasificación fisiológica de los hidratos de carbono de la dieta, Canadá, 2006. Traducción de Begoña Olmedilla Alonso; ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España, 2008. p. 22

- WOLEVER T, JENKINS D. The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *Am J ClinNutr;* 43:167-172, 1986.

- ZIAI S., LARIJANI B., AKHOONDZADEH S., FAKHRZADEH H., et al.Psyllium decreased serum glucose and glycosylated hemoglobin significantly in diabetic outpatients *Journal of Ethnopharmacology 102; 2005; 202–207*

ANEXOS

ANEXO 1: ANALISIS QUIMICOS INDIRECTOS DE FORMULACIONES BASE

**Determinación indirecta por tabla de Composición de alimentos Colombianos*

Análisis químico de formulación base del panecillo de queso

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)	400,7
Proteína (g)	12,4
Grasa (g)	16,0
Carbohidratos disponibles (g)	42,2

Análisis químico de formulación base de los Palitroques de ajonjolí

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)*	480
Proteína (g)*	10,7
Grasa (g)*	14,0
Carbohidratos (g)*	73,3

Análisis químico de formulación base de las galletas de pimienta

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)*	438
Proteína (g)*	15
Grasa (g)*	8
Carbohidratos (g)*	76

Análisis químico de formulación base de Galletas de avena

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)*	462
Proteína (g)*	8
Grasa (g)*	20
Carbohidratos (g)*	69

Análisis químico de formulación base de galletas de Canela

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)*	747
Proteína (g)*	18
Grasa (g)*	4
Carbohidratos (g)*	153

Análisis químico de formulación base de las Galletas Caseras

Composición química por 100 g de producto	
Energía (Kcal)*	351
Proteína (g)*	7
Grasa (g)*	4
Carbohidratos (g)*	76

ANEXO 2: FORMATOS DE ANÁLISIS SENSORIAL-ESCALA HEDÓNICA DE 5 PUNTOS

Prueba de análisis sensorial

Producto: _____

Universidad Nacional de Colombia Departamento de Nutrición Humana

Nombre _____ Fecha _____

Instrucción: marque de 1 a 5 siendo 5 el mayor puntaje para cada uno de los atributos en la siguiente escala

Muestra: _____

	ME DISGUSTA MUCHO	**2.NO ME GUSTA**	**3.ME ES INDIFERENTE NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA**	**4. ME GUSTA**	**5.ME GUSTA MUCHO**
COLOR					
SABOR					
TEXTURA					
AROMA					

Muestra: _____

	1.ME DISGUSTA MUCHO	**2.NO ME GUSTA**	**3.ME ES INDIFERENTE NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA**	**4.ME GUSTA**	**5.ME GUSTA MUCHO**
COLOR					
SABOR					
TEXTURA					

AROMA					

Muestra: _____

Instrucción: marque de 1 a 5 siendo 5 el mayor puntaje para cada uno de los atributos en la siguiente escala

	1.ME DISGUSTA MUCHO	**2.NO ME GUSTA**	**3.ME ES INDIFERENTE** **NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA**	**4.ME GUSTA**	**5.ME GUSTA MUCHO**
COLOR					
SABOR					
TEXTURA					
AROMA					

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ANEXO 3: METODOLOGIA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES

DETERMINACIÓN DE ALMIDÓN TOTAL PARA PRODUCTOS DE PANADERÍA: PAN BLANCO Y TRENCITAS DE QUESO ADICIONADAS CON EL BIOPOLÍMERO BILAC ®

1. RESUMEN DE LA TÉCNICA REALIZADA

   Método enzimático de Goñi, Garcia-Alonso, & Saura-Calixto (1997): una muestra de cantidad conocida (500 mg) se dispersa en una solución de KOH durante treinta minutos con el fin de hidrolizar el almidón; posteriormente la muestra se incuba con amilasa y glucoamilasa (55°C, 45min con cada enzima., pH 5.5). Se centrifuga por 20min y se toma el sobrenadante y se cuantifica la glucosa usando el método enzimático colorimétrico con el reactivo de glucosa oxidasa/ peroxidasa (GODPOD); en el cual la glucosa presente en la muestra origina, según las reacciones acopladas descritas a continuación, un complejo coloreado que se cuantifica por espectrofotometría.

$$\text{Glucosa} + \tfrac{1}{2}\,O_2 + H_2O \xrightarrow{\text{Glucosa oxidasa}} \text{Glucónico} + H_2O_2$$

$$2\,H_2O_2 + 4 - \text{Aminoantipirina} + \text{Fenol} \xrightarrow{\text{Peroxidasa}} \text{Quinonaimina} + 4\,H_2O$$

2. REACTIVOS Y MATERIALES:

REACTIVOS	CARACTERISTICAS
Muestras productos de panadería	- Pan blanco sin azúcar - Trencitas de queso sin adición de Bilac® - Trencitas de queso adicionadas con Bilac®: 5,10 g/ porción
Amilasa EC 3.2.1.1	pH óptimo: 4.8-5.5 Temperatura óptima: 50-55ºC
Glucoamilasa GA 300 L	pH óptimo: 6.0-7.0 Temperatura óptima: 50-60ºC
Buffer Acetatos	0.2 M Ácido acético:4.8 ml Acetato de Sodio: 45.2 ml
KOH	4M
HCl	2M
Agua Destilada	a temperatura ambiente
Kit GODPOD	REF: Spinreact S.A. 7E-14146

MATERIALES
Balanza análitica Mettler AE 260 Delta Range
Vortex (Mistral Mixer Lab line)
Centrifuga HERMLE Z323K
Espectrofotómetro Spectronic® 20 Genesys
Baño termostatado WB/OB 7-45
Potenciómetro Hanna instruments HI 8521
Balones aforados con capacidad mayor a 100 ml
Micropipetas:20-200 ml 100-1000 µl
Filtro y membrana para filtro Millipore 0.22 µM de poro

3. METODOLOGIA

1. Se pesaron 500mg de muestra por duplicado en tubos plásticos (Falcon) y se dispersaron con 10ml de agua destilada en un vortex durante 5 min.

2. Posteriormente se adicionaron 10ml de KOH 4M y se mantuvo durante 30min a temperatura ambiente con el fin de hidrolizar el almidón.

3. Transcurrida la media hora se adicionaron 5.1 ml de HCl 2M para neutralizar la muestra hasta pH 5.5 (se verifica pH a través de potenciómetro) y se adicionó solución buffer de acetato pH 5.5 0.2 M.

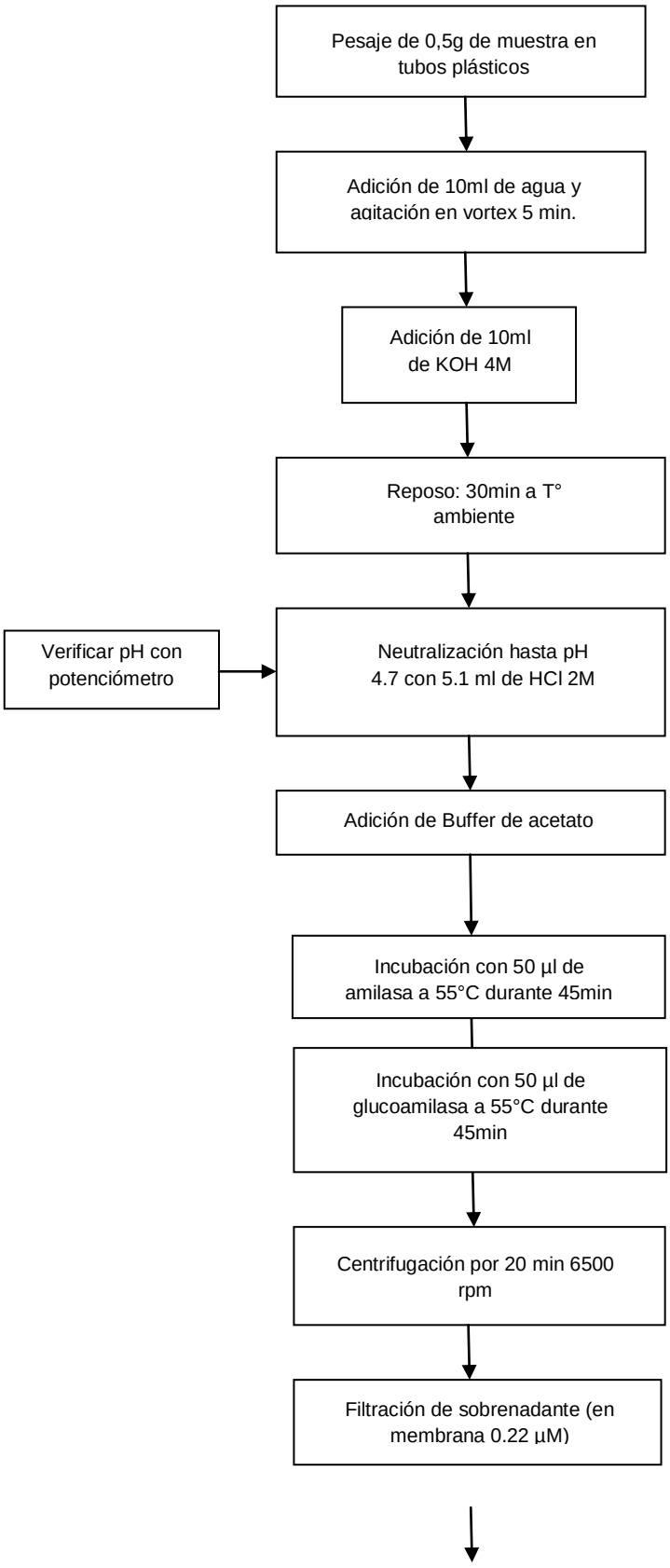
4. Seguidamente se adicionaron a la muestra 50µl de amilasa y se incubo la muestra a 55°C en baño termostatado durante 45min.

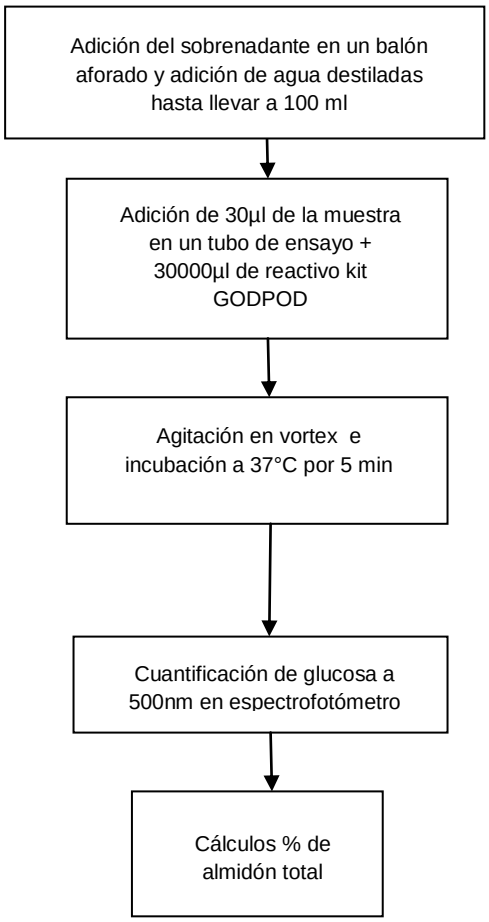
5. Luego de esto, se adicionaron a la muestra 50µl de glucoamilasa y se incubo a 55°C en baño termostatado durante 45min.

6. Se centrifugó la muestra por 20min a 6500 rpm y se vació el sobrenadante el cual se filtró y luego en un balón aforado y se llevo hasta 100ml con agua destilada.

7. De la anterior solución se tomaron 30µl más 3000µl de reactivo del kit de glucosa- oxidasa adicionándolos en un tubo de ensayo y agitándolos en un vortex por 5 minutos Se incubó la muestra durante 20 minutos a 37ºC y se cuantificó la glucosa por espectrofotometría a 500nm.

4. DIAGRAMA DE FLUJO





CÁLCULOS % DE ALMIDÓN TOTAL:

$$\frac{\frac{\text{Abs muestra- abs blanco}}{\text{Abs patrón- abs blanco}} * 100*0.9*100}{\text{Peso muestra}}$$

0.9= factor de conversión de glucosa a almidón (Goñi 1997)

5. RESULTADOS:

ENSAYO ALMIDON TOTAL (GOÑI *et al.* 1997)			
Alimento	**Muestras**	**Absorbancia**	**g/100 g de producto**
	Patrón	0,354	
Pan blanco	P1	0,834	43,2%
	P2	0,866	
	Promedio absorbancias		0,85
Trencitas de Queso	BO1	0,814	42,2%
	BO2	0,859	
	Promedio absorbancias		0,83
	B51	0,775	39,55%
	B52	0,781	
	Promedio absorbancias		0,77
	B101	0,690	33,05%
	B102	0,615	
	Promedio absorbancias		0,65

6. CONCLUSIONES

- El pan blanco sin azúcar aporta un porcentaje de glucosa expresado como almidón total de 43.2%
- Las trencitas de queso sin adición de Bilac ® aportan un porcentaje de glucosa expresado como almidón total de 42.2%
- Las trencitas de queso con adición de Bilac® de 5 g/ porción aportan un porcentaje de glucosa expresado como de almidón total de 39.6%
- Las trencitas de queso con adición de Bilac® de 10 g/ porción aportan un porcentaje de glucosa expresado como de almidón total de 33.1%

BIBLIOGRAFIA

- GOÑI *et al.* Starch Hydrolysis Procedure to estimate Glycemic Index. *Nutrition Research*, Vol. 17. No. 3, pp. 427437.19.1997

ANEXO 4: COMPOSICIÓN QUIMICA DE ALIMENTOS ESTUDIO

Composición Nutricional de los alimentos en estudio:

TRENCITAS DE QUESO 0 g DE Bilac®		**TRENCITAS DE QUESO 5 g de Bilac®**		**TRENCITAS DE QUESO 10 g de Bilac®**	
INGREDIENTES	**%**	**INGREDIENTES**	**%**	**INGREDIENTES**	**%**
Harina de trigo	100 %	Harina de trigo	100 %	Harina de trigo	100 %
Queso	54%	Queso	54%	Queso	54%
Sal	2%	Sal	2%	Sal	2%
Levadura instantánea	2%	Levadura instantánea	2%	Levadura instantánea	2%
Aceite	20%	Aceite	20%	Aceite	20%
Agua	23%	Agua	23%	Agua	27%
Bilac®	0%	Bilac®	6%	Bilac®	10%

COMPOSICIÓN QUÍMICA POR PORCIÓN

Producto	**0 g de Bilac®**		**5 g de Bilac®**		**10 g de Bilac®**		**Pan blanco**	
Análisis	**Base húmeda**	**Base seca**	**Base húmeda**	**Base seca**	**Base húmeda**	**Base seca**	**Base húmeda**	**Base seca**
Materia seca % 1		**87.4**		**86**		**84.5**		**69.4**
Proteína cruda (Nx6.25) (%) 2	12.7	14.5	11.9	13.9	21	24.9	13.4	19.3
Fibra cruda	0.37	0.42	0.41	0.48	0.38	0.45	0.24	0.35
Extracto etéreo 1	18.0	20.6	17.9	20.8	16.6	19.7	0.58	0.84
Cenizas1	2.79	3.19	2.86	3.32	2.82	3.34	2.52	3.63

Referencias:

1. AOAC 1996. Official Methods of analysis of the Association of Analytical Chemists, (14 th ed)
2. Animal Feed Science and Technology (1996) 57:347-348

ANEXO 5: APROBACIÓN COMITÉ DE ÉTICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

COMITÉ DE ÉTICA **FACULTAD DE CIENCIAS**

Bogotá, Marzo 13 de 2012

Profesora
Olga Cobos de Rangel
Instituto de Biotecnología
Universidad Nacional

Respetada Profesora:

Atentamente le comunico que el Comité de Ética de la Facultad de Ciencias, en reunión realizada el día 13 de Marzo de 2012 (Acta 02), evaluó aspectos éticos del proyecto presentado por usted.

Como resultado de esta revisión, el Comité considera que el proyecto ***cumple*** con los aspectos éticos básicos. Para los fines pertinentes, se transcriben las observaciones y el concepto final.

Proyecto: Protocolo de investigación "Efecto sobre la respuesta glucémica, la insulina, ghrelina y triglicéridos, del biopolímero BILAC® como fuente de fibra soluble, en jóvenes y adultos sanos".

Observaciones: El estudio requiere la determinación de parámetros bioquímicos en muestras de sangre, para lo cual el protocolo de "Consentimiento Informado" asegura que los voluntarios serán adecuadamente informados de los procedimientos y riesgos inherentes a la toma de muestras. Se mantendrá la confidencialidad y privacidad de los voluntarios participantes en el estudio.

Concepto: Aprobado.

Cordialmente,

LUIS FERNANDO OSPINA G.
Coordinador Comité de Ética

4

145 años
Innovando

Carrera 30 No. 45-03, **FACULTAD DE CIENCIAS**, Edificio 450, 4º piso, Oficina 400
Teléfono: (57-1) 316 5045 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 14666 Fax: 14456
Correo electrónico: lfospinag@unal.edu.co / Bogotá, Colombia, Sur América

ANEXO 6: EJEMPLIFICACIÓN CONSENTIMIENTO INFORMADO

FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO

I. CONSENTIMIENTO INFORMADO – EXPLICACION

Título:

Estudio clínico para evaluar los cambios en glucosa, triglicéridos, las hormonas insulina y grelina, en sangre, después de la ingesta de un producto de panadería con adición de fibra soluble.

Investigador responsable y contactos:

Olga Cobos de Rangel, profesora de Nutrición de la Facultad de Medicina, Celular 310-6881084
María del Pilar Jiménez D celular 315-4306104
Investigadoras del IBUN. Teléfonos para contacto: 3165000 Extensión 15182.
Nancy Paola Escobar, Nutricionista, estudiante de maestría, celular 317-8499562
Luis Carlos Garay y Jenifer Garay, estudiantes Nutrición y Dietética, celular 300-3704523

Objeto y antecedentes:

El objeto de este estudio es determinar si la fibra soluble (IBUN), adicionada en diferentes cantidades a un alimento modifica los niveles de glucosa en sangre de personas adultas. Textualmente, el objetivo se plantea en el estudio así: "Evaluar el efecto sobre la respuesta glucémica e insulínica y los niveles circulantes de triglicéridos y ghrelina de un compuesto de fibra soluble (IBUN), adicionado a un alimento en diferentes concentraciones, en adultos sanos".

Procedimientos:

Si consiento en participar en los procedimientos requeridos para este estudio de la siguiente manera:

1. Asistiré a la reunión convocada por el grupo investigador para valoración de mi condición médica y nutricional; acepto participar en dicha de la forma siguiente:
2. Responderé en consulta médica las preguntas sobre mi historia clínica, durante aproximadamente 15 minutos.
3. Responderé al Nutricionista Dietista preguntas sobre mi forma de alimentación, durante aproximadamente 40 - 60 minutos.
4. Permitiré la toma y registro de medidas corporales como el peso, la talla y la circunferencia de cintura, con las cuales se calculará el Índice de masa corporal (IMC) y se dará un concepto sobre mi estado nutricional.
5. Para los exámenes de sangre llegaré en ayunas. Me colocarán un catéter para la extracción de sangre del brazo que se empleará para el análisis de colesterol sérico, triglicéridos y la prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG). La inserción de la aguja produce una molestia que dura cerca de un minuto y en rara ocasión puede producir un hematoma o infección leve.
6. Participaré en las 4 pruebas del estudio durante las cuales se realizará lo siguiente:
    a. Asistiré a los laboratorios de alimentos y lípidos de la Facultad de Medicina, el día programado, llegaré en ayunas y permaneceré en ellos durante aproximadamente 4 horas que demora la aplicación de la prueba.
    b. Recibiré alimento de estudio (desayuno) que incluye una porción definida del alimento de estudio. El alimento de estudio es un producto horneado con adición

de Bilac® o un alimento control similar al anterior pero que no contiene la fibra (IBUN); el alimento ofrecido será seleccionado al azar y yo no conoceré cual de los dos tomaré en las cuatro sesiones. Algunas personas podrán presentar distensión abdominal y sensación de llenura con la ingestión de la comida de estudio.

c. Se realizará curva de glicemia para lo cual en cada prueba me extraerán gotas de sangre mediante punción en dedos de la mano por 7 ocasiones, durante cada sesión. Este procedimiento me puede causar molestias y dolor leve.

7. Durante y/o al finalizar la prueba, se me harán algunas preguntas sobre el apetito, la tolerancia y efectos secundarios molestos ocasionados por los tratamientos.

Beneficios:

Es posible que mi participación en este estudio no produzca un beneficio directo para mi salud, sin embargo puede contribuir a incrementar el aporte dietético de fibra soluble y por lo tanto a mejorar la calidad de la dieta al mantener buen control de los niveles de glucosa en sangre, y por lo tanto producir un beneficio en la salud de personas adultas. Podré conocer mediante los exámenes practicados el estado del metabolismo de glucosa, de mi peso corporal y si estoy siguiendo una dieta adecuada.

Riesgos:

Los procedimientos que me van a realizar no generan riesgo para mi salud, sin embargo en ocasiones el incremento en la ingesta alta usual de fibra soluble puede provocar distención y flatulencia (formación de gases intestinales), además de sensación de llenura. En tal caso mantendré informado a la directora o coordinadora del estudio y contestaré las preguntas relacionadas con los efectos negativos del tratamiento asignado cuando el asistente e investigador estudio me lo pregunten.

Esta investigación se clasifica en el grupo de “Investigación con riesgo mínimo”. La única molestia que podría derivar de la toma de muestras de sangre es un dolor leve, y en algunas personas se puede presentar hinchazón, enrojecimiento y hematoma en el sitio de la punción venosa.

Costos:

1. No recibiré ningún reconocimiento monetario por mi participación como voluntario en esta investigación, ni compensación por los efectos secundarios ocasionados por los tratamientos del estudio.
2. No se me hará ningún cobro por los exámenes realizados.

Confidencialidad:

La información obtenida de este estudio será considerada confidencial y se utilizará solamente para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación. Mi identidad será mantenida confidencial.

Respuesta preguntas:

He recibido explicación de la información anterior y el asistente de la investigación, se ha ofrecido a responder si tengo más preguntas a través del teléfono 3165000 Extensión 15182, o con el director del estudio en el teléfono celular 3106881084.

Derecho a rehusar participar en el estudio o a abandonarlo:

Mi participación en el estudio es completamente voluntaria y soy libre a rehusar tomar parte en el mismo o abandonar en cualquier momento.

ANEXO7: FORMATO DE ANAMNESIS ALIMENTARIA

	F2 - Valoración nutricional – Anamnesis alimentaria **Ensayo Biológico** (IBUN) **– hoja 1**	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA IBUN – FACULTAD DE MEDICINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN

VALORACIÓN NUTRICIONAL			
Fecha		**Sujeto #**	
Nombre de los Investigadores			
Nombre del Director del Proyecto			

DATOS SOCIOECONÓMICOS						
Nombre					**Género**	
Documento de Identificación					**de**	
Fecha de Nacimiento				**Edad**		años
Estado Civil		**Ocupación**		**e-mail**		
Procedencia			**Departamento**		**Municipio**	
Dirección actual						
Teléfono Fijo				**Celular**		

HÁBITOS DE RIESGO						
Alcohol	**¿Ha consumido en el último año?**			**Frecuencia**		
	Cantidad			**Categoría**		
Tabaco	**¿Fuma?**		**¿Ha fumado en los últimos 6 meses?**			
	Categoría					
Café	**¿Consume?**		**Frecuencia**		**Preparación**	
	Cantidad			**Categoría**		

ACTIVIDAD FÍSICA					
Actividad	**Ejemplos**	**Días/sem**	**Horas/día**	**Minutos/día**	**MET**
Vigorosa	Levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, jugar fútbol, pedalear rápido en bicicleta.				
Moderada	Cargar cosas ligeras, montar bicicleta a paso regular, bailar.				
Caminar	En el trabajo o casa, para ir de un lugar a otro, por recreación, deporte, ejercicio o placer.				
Sentado(a)	En el trabajo o casa, estudiando, descansando, visitando amigos, leyendo, o viendo televisión.				
Total Semana					
Categoría					

ANTROPOMETRÍA			
Indicador	**Valor Observado**	**Unidades**	**Interpretación**
Peso usual		Kg	No aplica
¿Hace cuánto?			No aplica
Peso actual		Kg	No aplica
Peso ideal		Kg	No aplica
Cambio de peso	Pérdida de peso		No aplica
	Ganancia de peso		No aplica
Talla		m	No aplica
IMC		Kg/m^2	

Perímetro de la cintura		cm	

Fecha	F2 - Valoración nutricional – Anamnesis alimentaria Ensayo Biológico (IBUN)**– hoja 2**	**Sujeto #**
INFORMACIÓN GENERAL RELACIONADA CON LA ALIMENTACIÓN		
1. ¿Le han diagnosticado alguna de las siguientes enfermedades?		
Diabetes		
Hipoglucemia		
Intolerancia a la glucosa		
Sobrepeso/Obesidad		
Enfermedad Renal		
Enfermedad Hepática		
Enfermedad Cardiaca		
Trastorno Gastrointestinal		
Enfermedad Infecciosa		
2. ¿Recibe una dieta especial?		
¿Cúales son los principales cambios?		
Justificación		
Para tratamiento médico de		
Por propia iniciativa para		
3.¿Recibe dieta vegetariana?		
¿De qué tipo?		
4. ¿Ha hecho modificación a su dieta habitual en los últimos 6 meses?		
¿Cúales?		
5. En los últimos 6 meses ha recibido suplementos (vitaminas y minerales, herbales, otros)?		
¿Cúal?		
Nombre comercial		
Durante cuánto tiempo		
¿Aún lo toma?		
6. ¿En los últimos 6 meses a recibido algún complemento nutricional o de fibra?		
¿Cuál?		
Nombre comercial		
Durante cuánto tiempo		
7. ¿Ha presentado problemas o dificultades con su alimentación habitual en los últimos 6 meses?		
Náuseas		
Vómito		
Diarrea		
Estreñimiento		
Dolor		
Distensión		
Flatulencia		
Aumento del apetito		
Disminución en el apetito		
8. ¿Algún alimento le causa malestar?		
¿Cuál?		
9. ¿Es alérgico a algún alimento?		
¿Cuál?		
10. Observaciones generales de esta hoja		

Fecha	F2 - Valoración nutricional – Anamnesis alimentaria Ensayo Biológico (IBUN)– hoja 3	Sujeto #

GLOBAL RECORDATORIO DE 24 HORAS

¿Qué alimentos consumió desde que se levantó hasta que se acostó?

TIEMPO DE COMIDA	LUGAR DONDE LO OBTIENE	PREPARACIÓN		INGREDIENTES		
		NOMBRE	MEDIDA CASERA	NOMBRE	MEDIDA CASERA	PESO (g)
Desayuno						
Nueves						
Almuerzo						
Onces						
Comida						
Refrigerio Nocturno						

Observaciones generales de esta hoja

Fecha	F2 - Valoración nutricional – Anamnesis alimentaria Ensayo Biológico (IBUN) **– hoja 4**	**Sujeto #**

FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS

¿En el último mes, cada cuánto ha consumido los siguientes alimentos y en qué cantidad?

Grupo de Alimentos	**Subgrupos**	**Ejemplos**	**# de porciones**			**Medida**	**Cantidad (g)**	**# de porciones por grupo/ día**
			Día	**Semana**	**Mes**			
Cereales, raíces, tubérculos y plátanos	Cereales	Arroz, pasta, cebada						
	Derivados	Pan, galletas, arepas						
	Tubérculos	Papa, yuca, plátano						
	Fuentes de fibra	Avena en hojuelas						
		Arroz integral						
		Cereal All-Bran						
		Granola						
		Linaza						
		Pan integral						
		Galletas integrales						
Hortalizas, verduras y legumbres	Fuentes de fibra	Verduras en sopa						
		Ensaladas frías ó crudas						
		Verdura caliente-cocida						
		Tortas, purés, potecas						
Frutas	Fuentes de fibra	Enteras						
		Frutas en ensaladas						
		Frutas en jugo						
		Uvas ó ciruelas pasas						
		Jugos con fibra						
Carnes, huevos y leguminosas	Carnes y huevos	Huevo						
		Res, pollo, cerdo						
		Pescados, mariscos						
	Fuentes de fibra	Fríjol						
		Lenteja						
		Garbanzo						
		Arveja seca						
		Bebidas de soya						
Lácteos	Líquidos	Leche, yogurt, kumis						
	Sólidos	Queso, cuajada						
	Fuentes de fibra	Leche con fibra						
		Yogurt con fibra						
Grasas	Margarina, aceite, mantequilla, manteca							
Azúcares	Edulcorantes	Azúcar, miel, panela						
	Dulces	Chocolate, arequipe						
	Gaseosas	Gaseosas						
Otros	Otros	Comidas rápidas						-
		Embutidos						-
		Alimentos de paquete						-
		Fibra aislada purificada						-

ANEXO 8: FORMATOS DE VALORACIÓN MÉDICA

EFECTO SOBRE LA RESPUESTA GLUCÉMICA, EL PERFÍL LIPÍDICO, LA INSULINA Y LA GHRELINA, DEL BIOPOLÍMERO BILAC COMO FUENTE DE FIBRA SOLUBLE, EN ADULTOS SANOS

F-0 RESULTADOS DE LABOTARORIO CLÍNICO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA
DIVISIÓN DE LÍPIDOS Y DIABETES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE MEDICINA

FECHA: **DÍA:** **MES:** **AÑO:**
PARTICIPANTE N° _____
NOMBRE (S): _____
APELLIDOS: _____
N° IDENTIFICACIÓN: _____
EDAD: _____ **AÑOS**
SEXO: **M** ☐ **F** ☐
FECHA DE NACIMIENTO: **DÍA:** **MES:** **AÑO:**
Rh:

PTOG mg/dL	
- PRE	
- POS	
CONCEPTO	

CUADRO HEMÁTICO	
RBC millones	
Hb gr %	
Hcto %	
VCM fl	
HCM pg	
CCMH g/dL	
IDE %	
WBC miles/mm³	
Neu %	
Lym %	
Mon%	
Eos %	
Bas%	
Lym Reactivos%	
Plqtas miles/mm³	
VPM um³	
PCT %	
IDP %	
VSG mm/hr	
CONCEPTO	

PERFIL LIPÍDICO	
C-total mg/dL	
c-HDL mg/dL	
c-LDL mg/dL	
TG mg/dL	
CONCEPTO	

PARCIAL DE ORINA (PENDIENTE)	
Aspecto	
Densidad	
pH	
Leu/µl	
NIT	
Prot mg/dL	
Glu mg/dL	
Ket +	
UBG mg/dL	
BILmg/dL	
ERY cel/µl	
CONCEPTO	

ANEXO 9. FORMATO PARA TOMA DE MUESTRAS Y REPORTE DE GLUCOMETRIAS

EFECTO SOBRE LA RESPUESTA GLUCÉMICA, EL PERFÍL LIPÍDICO, LA INSULINA Y LA GHRELINA, DEL BIOPOLÍMERO BILAC COMO FUENTE DE FIBRA SOLUBLE, EN ADULTOS SANOS

F-7 REUNION 4 (T2-T3) TOMA DE MUESTRA Y RESULTADOS LABORATORIO CLINICO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE LÍPIDOS Y DIABETES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN

FECHA:	DÍA: 24-30 MES: 04 AÑO: 2012
PARTICIPANTE N°	1 (T2 - T3)
NOMBRE (S):	
APELLIDOS:	
N° IDENTIFICACIÓN:	
EDAD:	23 AÑOS
SEXO:	M X F
FECHA DE NACIMIENTO:	DÍA: 10 MES: 12 AÑO: 1988
Rh:	O +
PESO :	64.3 kg

FECHA: / 24 / 04 / 2012 / T3 - 10 g

GLUCOMETRÍAS mg/dL (MÉTODO:CAPILAR)			
ACTIVIDAD	TIEMPO	MINUTOS	mg/dL
GLUCOMETRÍA - BASAL	07:17 a.m.	0´	79
INGESTA GALLETA -inicia	07:20 a.m.	0´	
INGESTA GALLETA -termina	07:32 a.m.	10´- 15´	
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (1	07:35 a.m.	15´	92
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (2	07:50 a.m.	30´	99
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (3	08:05 a.m.	45´	88
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (4	08:20 a.m.	60´	74
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (5	08:50 a.m.	90´	87
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (6	09:20 a.m.	120´	101

FECHA: / 30 / 04 / 2012 /
PESO: 65.7 kg

T2 - 5 g

GLUCOMETRÍAS mg/dL (MÉTODO:CAPILAR)			
ACTIVIDAD	TIEMPO	MINUTOS	mg/dL
GLUCOMETRÍA - BASAL	07:37 a.m.	0´	84
INGESTA GALLETA -inicia	07:38 a.m.	0´	
INGESTA GALLETA -termina	07:51 a.m.	10´- 15´	
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (1	07:53 a.m.	15´	92
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (2	08:08 a.m.	30´	108
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (3	08:23 a.m.	45´	102
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (4	08:38 a.m.	60´	91
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (5	09:08 a.m.	90´	75
GLUCOMETRÍA POSTPRANDIAL (6	09:38 a.m.	120´	93

FECHA: / 24 / 04 / 2012 / (T3 - 10 g)

HORMONA GHRELINA (MÉTODO:RIA)			
ACTIVIDAD	TIEMPO	MINUTOS	pg/mL
GHRELINA BASAL	07:17 a.m.	0´	
GHRELINA POS inicia	07:20 a.m.		
-1	07:50 a.m.	30´	
-2	08:20 a.m.	60´	
-3	08:50 a.m.	90´	
-4	09:20 a.m.	120´	

HORMONA INSULINA (MÉTODO:ELISA)			
ACTIVIDAD	TIEMPO	MINUTOS	µIU/mL
INSULINA BASAL	07:17 a.m.	0´	
INSULINA POS inicia	07:20 a.m.		
-1	07:50 a.m.	30´	
-2	08:20 a.m.	60´	
-3	08:50 a.m.	90´	
-4	09:20 a.m.	120´	

TRIGLICÉRIDOS (MÉTODO: QUÍMICA SECA)			
ACTIVIDAD	TIEMPO	MINUTOS	mg/dL
TG BASAL	07:17 a.m.	0´	72
TG POS - inicia	07:20 a.m.		
-1	07:50 a.m.	30´	85
-2	08:20 a.m.	60´	103
-3	08:50 a.m.	90´	102
-4	09:20 a.m.	120´	126