



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Evaluación fisicoquímica y sensorial de una hamburguesa con inclusión de fibra dietaria

José Wilson Castro Castro

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Bogotá, Colombia
2018

Evaluación fisicoquímica y sensorial de una hamburguesa con inclusión de fibra dietaria

José Wilson Castro Castro

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:
PhD. Jairo Humberto López Vargas

Línea de Investigación:
Calidad de los Alimentos

Grupo de Investigación:
Aseguramiento de la calidad y desarrollo de nuevos productos

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Bogotá, Colombia
2018

A Dios por darme la oportunidad de seguir creciendo como persona.

A mis padres por sus sabios consejos y apoyo incondicional en mi vida.

A mi esposa por estar siempre presente en momentos difíciles, con su amor y comprensión.

A mis amadas hijas, ellas son el motor que mueve mi vida, con su infinito amor, cada día me dan las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mi familia por su apoyo incondicional en los momentos más importantes de mi vida.

Agradecimientos

Al proyecto de investigación “*Formulación y desarrollo de alimentos funcionales orientados a madres gestantes y lactantes y a primera infancia*” de la Universidad Nacional de Colombia financiado por el Corredor Tecnológico Agroindustrial, Derivado 2 del convenio marco 395 del 2012 Bogotá – Cundinamarca” en el cual se enmarcó este trabajo de tesis.

A mi director Doctor Jairo Humberto López Vargas por su constante apoyo, compromiso y entrega, además de ser mi guía en mi proceso de formación como estudiante de postgrado.

Al Magister Miguel Ángel Alarcón García por su apoyo incondicional durante el desarrollo de mi investigación.

Al Profesor Luis Felipe Gutiérrez, líder de proyecto que permitió mi participación en el proyecto de investigación y desarrollo del tema de tesis.

A mi familia que siempre estuvo presente con su apoyo y comprensión durante toda mi maestría.

Al laboratorio y planta de carnes del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA y de la Universidad Nacional de Colombia por permitir realizar el procesamiento de las muestras.

Resumen

Para la elaboración de una hamburguesa de carne bovina, sin adición de grasa dorsal de cerdo, sin aditivos químicos, ni conservantes y con la inclusión de una fuente de fibra dietaria (FFD), primero se evaluaron las propiedades tecnofuncionales de las FFD en términos de capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAA), capacidad de hinchamiento (CH), capacidad emulsificante (CE), estabilidad emulsificante (EE) y capacidad gelificante (CG) para las FFD de trigo insoluble (i), trigo soluble (s), caña de azúcar, avena, remolacha, maíz e inulina, comercialmente disponibles en el área de influencia de la ciudad de Bogotá y el Departamento de Cundinamarca, se incluyó cada FFD por separado y con un porcentaje de inclusión del 2,5 y 5,0% en una hamburguesa, a las cuales, se le aplicó un protocolo de cocción, se obtuvo como resultado que la FFD de trigo (s) fue la única que permitió obtener una hamburguesa con la apariencia, ligazón y textura homogénea, semejante al control, esta hamburguesa con inclusión de FFD de trigo soluble, se empacó al vacío y almacenó en un cuarto frío a una temperatura entre 0 y 2°C por un periodo experimental de 35 días, tiempo en el cual, se realizaron 6 muestreos desde la semana 0 hasta la semana 5. Se evaluó el posible efecto de la inclusión de la FFD de trigo (s), para las variables fisicoquímicas de color, perfil de textura, pérdidas por cocción, degradación lipídica y proteica, se realizaron pruebas microbiológicas al producto acorde con las metodologías oficiales en Colombia y el análisis sensorial, se realizó con un panel de 90 consumidores no entrenados, mediante la aplicación de una escala hedónica de cinco puntos, el producto presentó una mediana de 4, lo que significa una buena aceptación por parte de los consumidores; Con base en la investigación llevada a cabo, se concluyó, que altos niveles en las propiedades tecnofuncionales de una FFD, no indican, que el producto final pueda mantener las características sensoriales del control y su interacción con la matriz cárnica no sea la esperada, sin embargo, la FFD de trigo (s) al ser adicionada a la matriz cárnica, presento un producto con características sensoriales de apariencia, ligazón y textura similares al control y se pudo empacar y almacenar lo que indica que es

una opción viable para la elaboración de una hamburguesa de carne bovina con inclusión de una FFD.

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto “Formulación y Desarrollo de Alimentos Funcionales Orientados a Madres Gestantes y Lactantes y a Primera Infancia”, financiado por el Corredor Tecnológico Agroindustrial, Derivado 2 del convenio marco 395 del 2012 Bogotá-Cundinamarca.

Palabras clave: Fuente de fibra dietaria, propiedades tecnofuncionales, fisicoquímicas, microbiológicas y sensorial.

Abstract

For the elaboration of a beef burger, without the addition of pork back fat, without chemical additives, or preservatives and with the inclusion of a dietary fiber source (DFS), the functional and functional properties of the DFS were first evaluated in terms of water holding capacity (WHC), oil absorption capacity (OAC), swelling capacity (SC), emulsifying capacity (EC), emulsifying stability (ES) and gelling capacity (GC) for insoluble wheat DFS (i), soluble wheat (s), sugar cane, oats, beet, corn and inulin, commercially available in the area of influence of the city of Bogota and the Department of Cundinamarca, each DFS was included separately and with an inclusion percentage of 2.5 and 5.0% in a hamburger, to which, a cooking protocol was applied, was obtained as a result that the DFS of wheat (s) was the only one that allowed to obtain a hamburger with the appearance, bond and texture homogeneous, similar to control, this burger including soluble wheat DFS, was vacuum packed and stored in a cold room at a temperature between 0 and 2 ° C for an experimental period of 35 days, at which time, 6 samplings were carried out from week 0 to week 5. The possible effect of the inclusion of the DFS of wheat (s) was evaluated for the physicochemical variables of color, texture profile, losses by cooking, lipid and protein degradation, they performed microbiological tests to the product according to the official methodologies in Colombia and the sensory analysis was performed with a panel of 90 untrained consumers, through the application of a hedonic scale of five points, the product presented a median of 4, which means good acceptance by consumers; Based on the research carried out, it was concluded that high levels in the functional-functional properties of a DFS do not indicate that the final product can maintain the sensory characteristics of the control and its interaction with the meat

matrix is not what was expected, without However, the DFS of wheat (s) when added to the meat matrix, presented a product with sensory characteristics of appearance, binding and texture similar to the control and could be packed and stored indicating that it is a viable option for the elaboration of a beef hamburger with the inclusion of a DFS.

This research was carried out within the framework of the project "Formulation and Development of Functional Foods for Mothers of Infants and Infants and Early Childhood", financed by the Agroindustrial Technology Corridor, Derivative 2 of the framework agreement 395 of 2012 Bogotá-Cundinamarca.

Key words: Source of dietary fiber, technical-functional, physicochemical, microbiological and sensory properties.

Contenido

	Pág.
Resumen y Abstract	IX
Lista de tablas	XIII
Lista de Anexos	XIV
Hipótesis	5
Objetivos	5
Objetivo General.....	5
Objetivos específicos	5
Capítulo 1. Efectos de la adición de una fuente de fibra dietaria sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una hamburguesa de carne bovina	7
1.1 Introducción	9
1.2 Materiales y métodos	9
1.2.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de fibra dietaria.....	10
1.2.2 Elaboración de un sistema modelo de producto cárnico.....	11
1.2.3 Medición de las variables	12
1.2.3.1 Medición de color	13
1.2.3.2 Determinación de textura	13
1.2.3.3 Determinación de variables de tamaño y peso	13
1.2.3.4 Medición de Bases nitrogenadas volátiles – BNV.....	14
1.2.3.5 Medición de pH	14
1.2.3.6 Determinación del Índice de ácido 2-tiobarbiturico- TBA	14
1.2.3.7 Análisis microbiológico	14
1.2.3.8 Análisis sensorial	15
1.3 Análisis estadístico	16
1.4 Resultados y discusión	16
1.4.1 Caracterización fisicoquímica de las FFD.....	16
1.4.2 Color	19
1.4.3 Variables de textura	21
1.4.4 Cambios físicos generados por cocción	21
1.4.5 Medición de Bases Nitrogenadas Volátiles – BNV.....	22
1.4.6 Medición de pH	25
1.4.7 Medición del índice del ácido 2-tiobarbiturico -TBA	27
1.4.8 Análisis microbiológico	29
1.4.9 Análisis sensorial.....	29
2. Conclusiones y recomendaciones	31
2.1 Conclusiones.....	31
2.2. Recomendaciones.....	32
Bibliografía	41

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Metodología para el análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa	15
Tabla 2. Valores de propiedades tecnofuncionales para siete fuentes de fibra dietaria comercialmente disponibles en el área de influencia de la Ciudad de Bogotá y el Departamento de Cundinamarca en Colombia	18
Tabla 3. Variables colorimétricas para el control y los tratamientos T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) en una hamburguesa de carne bovina, de la semana 0 a la semana 5 de almacenamiento con control cada siete días desde t0 a t5.	20
Tabla 4. Variaciones en porcentaje de las variables asociadas a la pérdida de diámetro, aumento de grosor y merma en peso del sistema modelo de hamburguesa después de aplicarse el protocolo de cocción.	22
Tabla 5. Medición de la degradación proteica en términos de BNV expresados en mg de BNV/100 g de muestra en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para el control T0=0% y los tratamientos T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo experimental de 35 días.	24
Tabla 6. Valores de pH en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través de un periodo experimental de 35 días.	26
Tabla 7. Valores de degradación lipídica en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del tiempo de almacenamiento experimental de 35 días.	28
Tabla 8. Comparación de valores de aceptación sensorial obtenidos de un panel de consumidores al día 30 de elaboración del sistema modelo de producto cárnico hamburguesa para el control y T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s).	29

Lista de Anexos

	Pág.
A. Anexo. Ficha técnica de la inulina - fibra soluble	33
B. Anexo. Ficha técnica de la celulosa (Caña de azúcar) - fibra insoluble	35
C. Anexo: Análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo de almacenamiento de 35 días.	37
D. Anexo: Análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo experimental de 35 días. Continúa la tabla.	39

Introducción

En las sociedades occidentales actuales es posible encontrar segmentos de la población que pueden presentar problemas asociados a malos hábitos alimenticios, como por ejemplo la obesidad y la desnutrición, estos factores contribuyen a la aparición de enfermedades crónicas asociadas al sistema cardiovascular (Zapatero *et al*, 2012) y tracto-gastrointestinal (Million, Diallo y Raoult, 2016) como por ejemplo el cáncer de colon, diabetes, obesidad, arterioesclerosis entre otras, las cuales a su vez se han ligado a patrones de comportamiento que incluyen bajos consumos de fibra dietaria (Pak, 2000; Wu *et al*, 2015; Taylor, 2016). Lo anterior no es ajeno al caso de Colombia en donde algunos grupos poblacionales vulnerables como los niños menores de 5 años, las madres gestantes y lactantes presentan niveles de desnutrición, obesidad o bajo peso en el caso de las madres, niveles que podrían considerarse como altos al compararlos con el promedio de América Latina; para niños menores de 5 años se reportan cifras de desnutrición y obesidad con valores de 15% y 5% de la población de respectivamente, mientras en la población de madres gestantes y lactantes el 30% y 15% de las madres en edad adolescente y en edad adulta respectivamente, se encuentran en condición de bajo peso (Atalah *et al*, 2010; FAO, 2015^a).

Al ofrecer alternativas de alimentación que aporten nutrientes de alto valor biológico de manera significativa para cubrir los requerimientos nutricionales de uno o más grupos poblacionales vulnerables se añadiría valor a las estrategias actuales de establecimiento de la seguridad alimentaria nacional que deben aplicarse según el plan nacional de seguridad alimentaria y nutricional 2012-2019 (OSAN, 2012). Lo anterior pretende lograrse a través de un producto cárnico de consumo masivo en Colombia tipo hamburguesa, que en el mercado de comidas rápidas para Colombia es de más de 30 billones de pesos al año, representa el 32% de las ventas totales y la ubica como el tipo de comida rápida más consumida por la población colombiana, seguida del pollo tipo comida rápida y la pizza con 26% y 10% de las ventas respectivamente (Dinero, 2015). Un producto cárnico tipo hamburguesa con una formulación balanceada para la provisión

de una relación adecuada de nutrientes en la que esté limitada la fracción lipídica, con reducción de aditivos químicos, haciendo énfasis en la fracción proteica de origen animal, podría ser utilizado como vehículo para la inclusión de una fuente de fibra dietaria como compuesto bioactivo para direccionar no solo hábitos alimenticios que involucren un adecuado aporte de nutrientes de alto valor biológico y poder cambiar la mala reputación de los productos cárnicos que contienen altos niveles de grasa, aditivos y conservantes químicos que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud (Chater *et al.*, 2015; Deehan y Walter 2016; Jakobsen *et al.*, 2016; Raut y Karuppayil, 2014).

Las fuentes de fibra dietaria (FFD) han sido objeto de múltiples estudios, sus posibles usos en la industria de alimentos en especial la cárnica y su inclusión como materia prima en la elaboración de diversos productos cárnicos, ya que su consumo aporta beneficios para el normal funcionamiento del organismo humano (Escudero y González, 2006), también puede reducir el riesgo de presentar enfermedades relacionadas con el sistema gastro intestinal y cardiovascular según el tipo de fibra que se consuma en la dieta (Valenzuela y Maiz, 2006). Estos estudios han demostrado que su uso en la elaboración de productos cárnicos mejora el flavor, reduce la sinéresis, disminuye la separación de la emulsión (Silveira, *et al.*, 2003). La reducción de la sinéresis y la disminución de la separación de las emulsiones, contribuyen al aumento de los porcentajes de rendimiento en proceso y al posible reemplazo parcial o total de la grasa empleada en las formulaciones de los productos; como es el caso de la grasa de cerdo (Tocino proveniente de la parte dorsal), gracias a las propiedades tecnofuncionales de cada una de ellas (Cañas *et al.*, 2011). Actualmente en Colombia, existen empresas que ofrecen diversos tipos de FFD, con usos específicos para gran parte de la industria alimenticia, pero para la industria cárnica no es común su uso.

Para la primera fase de esta investigación se caracterizaron las siguientes FFD de trigo insoluble (i), trigo soluble (s), caña de azúcar, avena, remolacha, maíz e inulina, las cuales se encuentran comercialmente disponibles en la industria de insumos alimentarios en la ciudad de Bogotá. A cada una de estas FFD se le determinaron las propiedades fisicoquímicas en términos de capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAA), capacidad de hinchamiento (CH), capacidad emulsificante (CE), estabilidad emulsificante (EE) y capacidad gelificante (CG).

Una vez se evaluaron las FFD, se elaboró un sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa cocida, para la formulación de la hamburguesa y se le adicionó una solución de alginato de sodio disuelto en agua como agente gelificante y la inclusión de la FFD para la hamburguesa en dos tratamientos con el 2,5% y 5,0% de la FFD y un control con el 0% de inclusión de FFD, se determinó el comportamiento de cada una de las FFD evaluadas en la matriz cárnica, y se observó si la inclusión de la FFD, afectaba o no sensorialmente a la hamburguesa en cuanto a su apariencia, ligazón y textura homogénea, después del protocolo de cocción, comparado con el control; la FFD de trigo soluble (s) fue la única que presentó características similares al control, a ésta hamburguesa se le evaluó el efecto de los niveles de inclusión de la FFD de trigo (s) sobre las variables respuesta de color, textura, cambios de peso y tamaño después de la cocción, bases nitrogenadas volátiles BNV y análisis del índice de ácido 2-tiobarbiturico, por un período de almacenamiento de 35 días, dividido en seis muestreos para la semana 0 (día 1), semana 1 (día 7), semana 2 (día 14), semana 3 (día 21), semana 4 (día 28) y semana 5 (día 35).

Para al análisis sensorial se obtuvo una respuesta de aceptación basada en un promedio y una mediana de respuestas equivalente a 4 en una escala hedónica de 5 puntos que fue presentada a un panel de consumidores al momento de probar la hamburguesa con inclusión de fibra dietaria; en el conteo microbiano, los resultados no mostraron aumentos significativos a lo largo del periodo experimental, pero se presentó un aumento en los niveles de mohos y levaduras en los 6 muestreos, sin embargo, todas las poblaciones microbianas estuvieron dentro de los niveles de las pruebas microbiológicas del producto acorde con las metodologías oficiales en Colombia.

Actualmente en el mercado colombiano no se comercializan productos cárnicos con inclusión de FFD, a pesar que existen diversas investigaciones sobre la inclusión de estas materias primas en matrices cárnicas, lo que crea un reto para producir una hamburguesa con la inclusión de FFD y su aporte como alimento funcional.

Debido a estas razones, se crea la necesidad de proporcionar una fuente alimenticia de tipo proteico con inclusión de una FFD, y plantear la posibilidad de hacer investigaciones para el aprovechamiento de las FFD que se encuentran comercialmente y poder proyectar un escalamiento del desarrollo de una matriz cárnica con inclusión de FFD en

Bogotá y el Departamento de Cundinamarca, Colombia, todo esto ligado a las deficiencias de consumo de FFD entre la población más vulnerable. Para el desarrollo de un nuevo producto se tuvieron en cuenta las preferencias del consumidor y la aceptación de la matriz cárnica tipo hamburguesa de carne bovina con inclusión de FFD de trigo soluble (s).

Esta propuesta quiere brindar una opción funcional dirigida a una población vulnerable de primera infancia y madres gestantes con base en un producto cárnico tipo hamburguesa de carne bovina con inclusión de fibra dietaria, gracias al apoyo del proyecto de investigación "*Formulación y desarrollo de alimentos funcionales orientados a madres gestantes y lactantes y a primera infancia*" de la Universidad Nacional de Colombia financiado por el Corredor Tecnológico Agroindustrial, Derivado 2 del convenio marco 395 del 2012 Bogotá – Cundinamarca" y el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Hipótesis y Objetivos

Hipótesis

Hipótesis nula: Es posible elaborar una hamburguesa de carne bovina con inclusión de una fuente de fibra dietaria, sin afectar significativamente sus parámetros fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos, comparados con una hamburguesa control, sin adición de fuente de fibra dietaria.

$$H_0: T_0 = T_1 = T_2$$

Hipótesis alterna: Existe al menos un tratamiento que genera un promedio significativamente diferente en alguna de las variables respuesta.

$$H_0: T_0 \neq T_1 \neq T_2$$

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la inclusión de una fuente fibra dietaria, en una hamburguesa de carne bovina, en sus parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de fibra dietaria.
- Evaluar las características fisicoquímicas, tecnológicas, microbiológicas y sensoriales de la hamburguesa, con la fuente de fibra dietaria seleccionada.

Capítulo 1. Efectos de la adición de una fuente de fibra dietaria sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una hamburguesa de carne bovina

Resumen

Con el objeto de evaluar el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de fibra dietaria (FFD) en una hamburguesa de res, se procedió a determinar las propiedades fisicoquímicas de las FFD de trigo (i), trigo (s), caña de azúcar, avena, remolacha, maíz, e inulina; la FFD de trigo (i) presentó mayor capacidad de retención de agua ($6,84 \pm 0,19$ g de agua/g de muestra), capacidad de absorción de aceite ($7,83 \pm 0,38$ g de aceite/g muestra) y capacidad de hinchamiento ($11,47 \pm 0,53$ ml de dispersión/ml muestra); la de avena presentó mayor capacidad emulsificante ($40 \pm 13,23$ %), estabilidad emulsificante ($26,696 \pm 7,48$ %) y capacidad gelificante (6% mínima concentración de solución), sin embargo, la de trigo (s) fue la única que permitió obtener una hamburguesa con características sensoriales similares al control en cuanto a su apariencia, ligazón y textura homogénea, después de realizarse el protocolo de cocción, permitió ser empacada a vacío. Las hamburguesas se elaboraron sin adición de grasa dorsal de cerdo, sin aditivos químicos, ni conservantes artificiales, se le adiciono de Alginato de sodio como gelificante y se adicionó la fuente de fibra dietaria soluble de trigo - FFD trigo (s), como una alternativa que permita obtener productos con propiedades funcionales. Con el objeto de evaluar el efecto de la inclusión de la FFD trigo (s) en el producto, se determinaron sus propiedades fisicoquímicas. Se hizo un control T0: 0% y dos tratamientos T1: 2,5% y T2: 5,0% de FFD trigo (s) en la hamburguesa, se aplicó un protocolo de cocción, se empacó a vacío y se almaceno en un cuarto frío a una temperatura entre 0 y 4°C, durante 35 días, se realizaron 6 muestreos para cada tratamiento mínimo por triplicado para las variables de textura, color, variables de tamaño y peso, color, textura, tamaño y peso, pH, BNV, TBA. Se realizó un análisis de varianza - ANOVA mediante un modelo estadístico completo al azar con dos factores de variación y se aplicó una prueba de significancia de Tukey ($p < 0,05$). Se realizó un análisis

microbiológico y un análisis sensorial mediante una prueba de consumidores, con una escala hedónica de cinco puntos y se analizaron los datos mediante la prueba estadística de Kruskal Wallis.

Se concluyó que altos niveles en las propiedades fisicoquímicas de una FFD no indican específicamente su uso en matrices cárnicas, sin embargo, la inclusión de una FFD de trigo (s), en general, no afectó de manera significativa las variables respuesta y presentó una buena aceptación entre los consumidores, esto nos da una buena opción para la elaboración de productos cárnicos, mejorando su composición y atributos funcionales.

Palabras clave: Fuente de fibra dietaria; propiedades fisicoquímicas; inclusión, análisis sensorial y producto cárnico.

Abstract

In order to evaluate the effect of the inclusion of different dietary fiber sources (DFS) in beef burger, the techno-functional properties of DFS of wheat (i), wheat (ii), sugar cane, oatmeal, beet, corn, and inulin were determined. Wheat (i) DFS had a higher water retention capacity (6.84 ± 0.19 g water/g sample), oil absorption capacity (7.83 ± 0.38 g oil/g sample) and swelling capacity (11.47 ± 0.53 ml of dispersion/ml sample). Oatmeal presented a higher emulsifying capacity ($40 \pm 13.23\%$), emulsifying stability ($26.696 \pm 7.48\%$) and gelling capacity (6% minimum solution concentration), however, wheat (ii) DFS was the only one that allowed to obtain a hamburger with sensory characteristics similar to the control of the control in terms of its appearance, bond and homogeneous texture, after the cooking protocol, the effect of its inclusion was evaluated in physical variables of texture, color and cooking losses during 35 days with 6 samples. It was concluded that high levels in the techno-functional properties of a DFS do not specifically indicate its use in meat matrices. However, wheat (ii) DFS may be an option for the use of dietary fiber in meat products because it does not affect the stability of the product.

Key words: dietary fiber source; techno-functional properties; inclusion; physical variables; stability.

1.1 Introducción

El uso de fuentes de fibra dietaria (FFD) en productos cárnicos ha tomado especial relevancia en las investigaciones realizadas en los últimos años, debido a varios factores entre los que se debe nombrar el reconocimiento de la fibra dietaria como ingrediente de los alimentos que proporciona una serie de beneficios para el normal funcionamiento del organismo (Escudero y González, 2006). Dentro de dichos beneficios están la disminución de las probabilidades de sufrir de enfermedades crónicas relacionadas con el sistema gastro intestinal y el sistema cardiovascular, entre otros, dependiendo del tipo de fibra dietaria que sea consumida habitualmente (Valenzuela y Maiz, 2006). Por otra parte, diferentes investigaciones han demostrado que el uso de FFD en procesos de elaboración de productos cárnicos, contribuye a la mejora o mantenimiento del flavor, mitigación de fenómenos de sinéresis, mitigación de fenómenos de separación de parte de la fracción lipídica del alimento (rompimiento de la emulsión) (Silveira, *et al*, 2003). Sin embargo, durante la producción industrial, se hace necesario recalcar que estos efectos están relacionados con el aumento del rendimiento durante la elaboración de un producto y el reemplazo de parte de la fracción grasa que aportan el tocino (grasa dorsal de cerdo) o el sebo de res (Cañas *et al*, 2011). Las propiedades fisicoquímicas de las FFD pueden variar, dependiendo de factores como la fuente vegetal de origen, el método de extracción, la granulometría, etc (Matos y Chambilla, 2010), no solo sus propiedades fisicoquímicas son de importancia para una formulación de un alimento procesado, sino también, el grado de acoplamiento y el porcentaje de inclusión de la FFD y su interacción con otros componentes presentes en una matriz alimenticia (Olagnero *et al*, 2007).

1.2 Materiales y métodos

Las materias primas utilizadas para la investigación fueron adquiridas en la ciudad de Bogotá, la carne de res 8/92 (8% de tejido graso y 92% de tejido magro), se adquirió en el Frigorífico Guadalupe de la ciudad de Bogotá, los condimentos, aditivos y humo líquido, fueron adquiridos en la empresa TECNAS S.A., la sal en la empresa REFISAL, empaque al vacío de la empresa ALICO S.A. y las FFD por las empresas ROQUETTE FRERES FRANCE, TATE & LILE, JRS, TECNAS S.A. y Cimpa S.A.S.

1.2.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de fibra dietaria

Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAA), capacidad de hinchamiento (CH), capacidad emulsificante (CE), estabilidad emulsificante (EE) y capacidad gelificante (CG), para las FFD insolubles de: trigo (i), de caña de azúcar, remolacha y para las FFD solubles de: Avena, inulina, maíz y trigo (s), como se indica a continuación:

CRA: Según la metodología reportada por Chau, Cheung y Wong (1997), se pesó 1 gramo de muestra y se mezcló en un tubo falcón con 10 mL de agua destilada, posteriormente, se agitó en un vórtex marca IKA MS3, Digital (Campinas, Brasil) y se centrifugaron las 8 muestras a 2200 rpm por 30 minutos. Los resultados fueron expresados como gramos de agua retenida por gramo de muestra (g de agua retenida/ g de muestra).

CAA: Según la metodología reportada por Abdul-Hamid y Luan (2000), se pesaron 0.5 gramos de muestra y se mezclaron con 10 mL de aceite de maíz en un tubo Falcón. Los tubos se centrifugaron a 10.000 rpm por 30 minutos y se calculó la capacidad de absorción de aceite como la relación de la cantidad de grasa absorbida con respecto al peso inicial de la muestra. Los resultados de la CAA de las FFD, fueron expresados como los gramos de aceite absorbido por gramo de muestra (g de aceite absorbido/ g de muestra).

CH: Según la metodología reportada por Sowbhagya et al (2007), se pesaron 0,2 gramos de muestra en un tubo Falcón, posteriormente se añadieron 10mL de agua destilada y se agitó la suspensión en un vórtex marca IKA MS3 Digital (Campinas, Brasil) por 1 minuto. Las muestras se dejaron en reposo durante 16 horas. El resultado de la CH mide el aumento del volumen que tiene una muestra de la FFD, al ser sometida a un exceso de agua y se expresan en mL de agua /g de muestra.

CE: Según la metodología reportada por Chau, Cheung y Wong (1997), se mezclaron 12,5 mL de agua destilada y 12,5 mL de aceite de maíz con 0,5 gramos de muestra en un tubo Falcón, luego se agitaron los tubos en un ultraturrax marca IKA T18 Basic

(Campinas, Brasil) a 5000 rpm por un tiempo de 3 minutos y se sometieron a centrifugación de 1.300 rpm por 5 minutos. La CE se mide para determinar la capacidad de la muestra de formar una emulsión y se expresa en términos de porcentaje (%) de la altura de la emulsión formada entre la FFD, el agua y el aceite con respecto al total del líquido contenido en el tubo.

EE: Según la metodología reportada por Chau, Cheung y Wong (1997), se sometió la emulsión obtenida a una temperatura de 80°C por 30 minutos, la cual después del tiempo de exposición a altas temperaturas se le permitió un atemperado hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó a 1200 rpm durante 5 minutos. Los resultados de la EE fueron expresados en porcentaje, como el volumen de la capa que conservó la emulsión con respecto al volumen original obtenido en la prueba de CE.

CG: Según la metodología reportada por Chau, Cheung y Wong (1997), se realizaron dos suspensiones de la muestra en agua destilada en concentraciones al 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 28% en tubos Falcón. Posteriormente los tubos se sometieron a baño de maría a punto de ebullición por 1 hora y finalmente se atemperaron en recipientes con hielo por 1 hora. Los resultados de la CG de la FFD se expresan así: gelificó, no gelificó o gelificó con presencia de sinéresis a las diferentes concentraciones de las suspensiones realizadas.

1.2.2 Elaboración de un sistema modelo de producto cárnico

El sistema modelo de producto cárnico se elaboró aplicando el siguiente procedimiento:
Recepción de la materia prima: la materia prima cárnica ingresó a la planta piloto del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá en condiciones de refrigeración (0 y 4 °C), posteriormente se almaceno en un cuarto de congelación a -18°C, la carne que se va a emplear para cada ensayo se descongeló y se almacenó en un cuarto frío entre 0 y 1 °C hasta su utilización.

Las materias primas no cárnicas, que ingresaron al Instituto se les verificó: la ficha técnica, fecha de vencimiento, fecha de fabricación, lote, ingredientes, instrucciones de uso y condiciones de almacenamiento.

Molienda: la carne fue sometida a un proceso de molienda utilizando un disco de 6 mm en un molino marca JAVAR M32MRH (Bogotá, Colombia).

Pesaje: En una balanza marca OHAUS (Pioner TM PA214) y en una balanza digital con capacidad para 20 kg. (CITALSA), se pesaron cada uno de los ingredientes cárnicos y no cárnicos utilizados en la elaboración del producto.

Mezclado: En la artesa de la mezcladora de la planta piloto (CITALSA S.A.) se añaden los ingredientes: carne de res 8/92 (8% de tejido graso y 92% de tejido magro), agua, FFD, especias y sal durante 3 minutos y 30 segundos.

Porcionado: Una vez obtenida la mezcla de la hamburguesa, se pesó en porciones individuales de 125g, se les dio forma en un molde para hamburguesas, se colocaron en bandejas plásticas y se almacenaron durante 16 horas en un cuarto frío a una temperatura entre 0 y 4 ° C, en la planta de investigación en procesos de carnes y derivados del ICTA.

Tratamiento térmico: se sometieron las hamburguesas durante 4 minutos a una plancha de doble placa de calentamiento marca OSTER, a una temperatura de 180°C hasta obtener al final del protocolo de cocción una temperatura de mínimo 72°C en el centro térmico del producto.

Empacado: las hamburguesas cocidas se empacaron al vacío, en paquetes de tres unidades, en bolsas de polietileno multicapa coextruido de 70 micras de alta densidad.

Almacenamiento: se almacenaron las muestras empacadas al vacío de hamburguesa control y los dos tratamientos por un tiempo mínimo de 35 días, en el cuarto frío, a una temperatura de refrigeración (entre 0°C y 4°C), tiempo en el que se realizaron la medición de las variables que fueron objeto de investigación.

1.2.3 Medición de las variables

La medición de color, determinación de textura, determinación de las variables de tamaño y peso, medición de las Bases Nitrogenadas Volátiles – BNV, medición de pH,

determinación del índice del ácido 2-Tiobarbiturico, análisis microbiológico y sensorial, que se analizaron para la hamburguesa con los diferentes porcentajes de inclusión de la FFD seleccionada se describen a continuación:

1.2.3.1 Medición de color

Según la metodología reportada por Cassens (1995), para la medición de las variables colorimétricas se mantuvieron las muestras a temperatura ambiente (18°C, Bogotá), posteriormente se utilizó un espectrofotocolorímetro Hunter Lab Scan Color Quest XE (Virginia, Estados Unidos) para registrar los valores de L*, a*, b*, el equipo fue previamente calibrado usando placas de porcelana blanca y una trampa de luz y utilizando el espacio de color CIELAB (D65, 10°, SCI).

1.2.3.2 Determinación de textura

Según la metodología reportada por Honikel (1998), Se midió la dureza, la elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad por medio de la prueba de TPA (análisis de perfil de textura), con un textuómetro Texture Analyzer TATX PLUS (Inglaterra), utilizando parámetros de compresión al 70% en dos ciclos, con velocidad pre-prueba 1 mm/s, velocidad test 1 mm/s y velocidad post test 1 mm/s y una sonda P75 (plato de compresión de 75 mm de diámetro).

1.2.3.3 Determinación de variables de tamaño y peso

Para determinar los cambios físicos generados por cocción en las hamburguesas, se desarrolló un protocolo de cocción en el que se sometieron las hamburguesas a una temperatura de 180°C durante 4 minutos en una plancha de calentamiento de doble placa, hasta una temperatura en el centro térmico del producto de 72°C, se tomaron las medidas de tamaño y peso, del control y los tratamientos como se describe a continuación:

Medidas de tamaño: Se midieron en centímetros (cm) las variables diámetro de las hamburguesas en crudo y cocido, para poder calcular el porcentaje de pérdida de diámetro después de la cocción. Adicionalmente fue medido con un calibrador el grosor en crudo y en cocido (cm) para poder calcular el aumento de porcentaje de grosor

después de la cocción.

Medidas de peso: Se registró el peso en crudo (g) y el peso en cocido (g) para determinar la pérdida en términos de porcentaje de mermas.

1.2.3.4 Medición de Bases nitrogenadas volátiles – BNV

Según la metodología reportada por Kirk, Sawyer y Egan (1996), se estimó la degradación proteica en el producto cárnico sometiendo la muestra a una alcalinización en presencia de óxido de magnesio (MgO), posteriormente la muestra se destiló con el fin de extraer las bases nitrogenadas mediante el arrastre por vapor, finalmente el destilado fue recibido en una solución de ácido bórico al 3% de concentración que se tituló con ácido clorhídrico (HCl) al 0,01 N. Los resultados fueron expresados en mg BNV/100 g de producto cárnico.

1.2.3.5 Medición de pH

Se siguió la metodología reportada por Kirk, Sawyer y Egan (1996), se calibró el potenciómetro marca JENWAY 3505 con las soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y pH 10 acorde al manual de usuario. Se mezclaron 10 g de muestra con 40 mL de agua desionizada y se licuó en el ultraturrax marca IKA T18 Basic (Campinas, Brasil) para homogenizar. Se sumergió el electrodo en la suspensión y después de la estabilización del potenciómetro se registró el valor de pH.

1.2.3.6 Determinación del Índice de ácido 2-tiobarbiturico- TBA

Se siguió la metodología reportada por Crackel et al (1988), aplicando el proceso de extracción a la muestra y sometiendo el extracto para su reacción con el ácido-2 tiobarbiturico (TBA) en baño maría a temperatura de ebullición. Los resultados fueron expresados en términos de μg de malonaldehído/g de muestra.

1.2.3.7 Análisis microbiológico

Se llevaron las muestras al laboratorio de Microbiología del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) donde se midieron las poblaciones microbiológicas indicadas en productos cárnicos acorde a la norma técnica colombiana 1325 (ICONTEC,

2008). Adicionalmente se midieron los niveles de mohos y levaduras siguiendo la metodología reportada por el INVIMA (2008). Los análisis de las muestras del control y los tratamientos durante el periodo de almacenamiento, se hicieron por triplicado, siguiendo la metodología de la tabla 1.

Tabla 1. Metodología para el análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa

Análisis	Método	Valor de referencia
NMP Coliformes totales /g o ml	NMP INVIMA N.13	100 – 500 NMP
NMP Coliformes fecales /g o ml	NMP INVIMA N.14	<3
Recuento de mesófilos aerobios ufc/g o ml	Recuento en placa INVIMA N. 2	100000 ufc
<i>Estafilococo</i> coagulasa (+) ufc/g o ml	Recuento en placa INVIMA N. 8	<100
Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g de muestra	Detección de <i>Salmonella</i> INVIMA N. 18	Negativo
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> ufc/g o ml	Recuento en placa INVIMA N. 9	/
Recuento de Mohos y Levaduras ufc/g o ml	Recuento en placa INVIMA N. 7	1000 -3000 ufc
Recuento esporas <i>Clostridium</i> sulfito reductor ufc/g o ml	Recuento en placa INVIMA N. 10	/
Detección de <i>Listeria Monocytogenes</i> en 25 g de muestra	Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> INVIMA N. 20	Negativo
Detección de <i>Escherichia Coli</i>	Rapid One	Negativo

1.2.3.8 Análisis sensorial

El análisis sensorial de los productos con inclusión de FFD de trigo (s) se realizó a través de una prueba hedónica de cinco puntos de aceptabilidad, los puntos evaluados fueron: 1. Me disgusta, 2. No me gusto, 3. Indiferente, 4. Me gustó y 5. Me encantó, aplicados para el control y los tratamientos, la prueba se realizó con un panel de 90 consumidores no entrenados.

1.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos de las propiedades tecnofuncionales de las fuentes de fibra dietaria - FFD se realizó un análisis de varianza - ANOVA mediante un modelo estadístico completo al azar con un factor de variación (FFD) utilizando 3 repeticiones y un valor de significancia de $p < 0,05$ y se procedió a aplicar una prueba de significancia de Tukey ($p < 0,05$). Se usó el software estadístico R 3.1.3

Para la determinación variables de tamaño y peso de la hamburguesa, variables colorimétricas, variables de textura, bases nitrogenadas volátiles, pH, índice del ácido 2-Tiobarbiturico, se realizó un análisis de varianza - ANOVA mediante un modelo estadístico completo al azar con dos factores de variación, el primero para los niveles de inclusión, en los porcentajes 0%, 2,5% y 5,0% de FFD y el segundo, respecto al tiempo de almacenamiento de los ensayos, con 6 tiempos para la semana 0 (día 1), semana 1 (día 7), semana 2 (día 14), semana 3 (día 21), semana 4 (día 28) y semana 5 (día 35), utilizando al menos 3 repeticiones para cada tratamiento en cada muestreo y se procedió a aplicar una prueba de significancia de Tukey ($p < 0,05$). Se usó el software estadístico R 3.1.3.

Para el análisis de los datos obtenidos sensorialmente se les aplicó la prueba estadística de Kruskal Wallis, la cual fue aplicada con base en la naturaleza no paramétrica de los datos.

1.4 Resultados y discusión

1.4.1 Caracterización fisicoquímica de las FFD

La fuente de fibra dietaria de trigo (i) presentó el mayor valor en capacidad de retención de agua ($6,84 \pm 0,19$ g de agua/g de muestra), capacidad de absorción de aceite ($7,83 \pm 0,38$ g de aceite/g de muestra) y capacidad de hinchamiento ($11,47 \pm 0,53$ ml de dispersión/ml de muestra) y la FFD obtenida de avena presentó el mayor valor para capacidad emulsificante ($40 \pm 13,23$ %), estabilidad emulsificante ($26,696 \pm 7,48$ %) y capacidad gelificante (6% mínima concentración de solución) (tabla 2), se realizaron los ensayos para incorporar por separado, cada una de las FFD en los porcentajes de inclusión del 2,5 y 5,0 % en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa,

luego de darle forma a las hamburguesas y aplicarle el protocolo de cocción, la hamburguesa con la inclusión de la FFD de trigo (s), fue la única que al ser incorporada La FFD de trigo (s) está compuesta por dextrinas o almidones nativos que han sido sometidos a uno o más tratamientos, físicos, químicos como la hidrólisis ácida o tratamientos enzimáticos y pertenecen al grupo de polímeros de D-glucosa, unidas entre sí por enlaces glucosídicos α -(1 \rightarrow 4) y α -(1 \rightarrow 6), estas dextrinas pueden ser solubles en alcohol y en agua, cuando se solubilizan pueden formar películas capaces de unir superficies. Lurentin, A., et al J. (2003).

En la caracterización fisicoquímica de la FFD de trigo (s), sólo mostró resultados en la CAA de $4,553 \pm 1,610$ (g de aceite/g de muestra), para los demás análisis fueron cero, esto se puede explicar por la naturaleza soluble de esta FFD de trigo, la cual se disolvió completamente en agua.

La FFD de trigo (s) al ser incorporada al 2,5 y 5,0% al sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa, durante su mezclado, formado de la hamburguesa, cocción, empaque y almacenamiento, presentó características sensoriales de apariencia, ligazón y textura homogénea, similares al control y se le evaluaron las variables respuesta color, textura, tamaño y peso, pH, BNV, TBA, análisis microbiológico y sensorial.

Tabla 2. Valores de propiedades tecnofuncionales para siete fuentes de fibra dietaria comercialmente disponibles en el área de influencia de la Ciudad de Bogotá y el Departamento de Cundinamarca en Colombia

Fuente de fibra dietaria FFD	CRA (g de agua/g de muestra)	CH (ml/ml de muestra)	CAA (g de aceite/g de muestra)	CE (%)	EE (%)	CG (concentración mínima de gelificación (%))
Caña de azúcar	6,707 ± 0,301 ^a	0,000 ± 0,000 ^a	5,326 ± 0,383 ^{ab}	0,000 ± 0,000 ^b	0,000 ± 0,000 ^c	no gelifica
Avena	5,748 ± 1,358 ^a	0,733 ± 0,612 ^a	1,898 ± 0,134 ^c	40,000 ± 13,229 ^a	26,696 ± 7,748 ^b	6,000
Trigo (i)	6,840 ± 0,188 ^a	11,465 ± 0,527 ^c	7,829 ± 1,716 ^a	0,000 ± 0,000 ^b	0,000 ± 0,000 ^c	no gelifica
Inulina	0,000 ± 0,000 ^c	0,000 ± 0,000 ^a	1,205 ± 0,075 ^c	0,000 ± 0,000 ^b	0,000 ± 0,000 ^c	no gelifica
Maíz	0,000 ± 0,000 ^c	0,000 ± 0,000 ^a	1,443 ± 0,110 ^c	9,500 ± 0,000 ^b	100,000 ± 0,000 ^a	no gelifica
Remolacha	3,442 ± 0,607 ^b	4,744 ± 0,455 ^b	1,508 ± 0,120 ^c	0,000 ± 0,000 ^b	0,000 ± 0,000 ^c	no gelifica
Trigo (s)	0,000 ± 0,000 ^c	0,000 ± 0,000 ^a	4,553 ± 1,610 ^b	0,000 ± 0,000 ^b	0,000 ± 0,000 ^c	no gelifica

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de tres réplicas y su respectiva desviación estándar

Súper índices diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna

Nota: CRA: capacidad de retención de agua; CH: capacidad de hinchamiento; CAA: capacidad de absorción de aceite; CE: capacidad emulsificante; EE: estabilidad de la emulsión; CG: capacidad gelificante.

1.4.2 Color

Las coordenadas colorimétricas de L^* , a^* , b^* , utilizando el espacio de color CIELAB (D_{65} , 10° , SCI), presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) dependiendo del factor inclusión de fibra dietaria y del factor tiempo (tabla 3). Sin embargo, a excepción de la variable L^* , las diferencias de los demás valores no fueron significativas entre el tiempo cero y cinco. En cuanto al efecto de la adición de fibra, en la mayoría de los casos, para todas las variables colorimétricas excepto L^* y h°_{ab} en los tiempos de muestreo 2 y 4 respectivamente, no se observó una diferencia significativa ($p > 0,05$) entre el tratamiento control y los tratamientos con inclusión de la FFD, este es un efecto deseable ya que los porcentajes de inclusión de FFD en la hamburguesa no afectaron el color del producto.

Tabla 3. Variables colorimétricas para el control y los tratamientos T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) en una hamburguesa de carne bovina, de la semana 0 a la semana 5 de almacenamiento con control cada siete días desde t0 a t5.

		Semana 0 (t0)	Semana 1 (t 1)	Semana 2 (t 2)	Semana 3 (t 3)	Semana 4 (t 4)	Semana 5 (t 5)
L*	T0	47,893 ± 2,014 ^a A	47,317 ± 2,355 ^a AB	48,189 ± 3,794 ^a B	48,601 ± 1,490 ^a A	48,224 ± 1,852 ^a AB	47,647 ± 1,340 ^a B
	T1	47,717 ± 3,437 ^d A	47,313 ± 3,378 ^c A	50,827 ± 2,114 ^b A	48,804 ± 1,106 ^a A	49,373 ± 1,503 ^a A	50,237 ± 0,638 ^a A
	T2	48,563 ± 2,095 ^d A	50,147 ± 1,911 ^{abc} B	51,355 ± 0,754 ^c A	50,042 ± 1,153 ^b A	47,538 ± 1,338 ^b B	51,256 ± 0,905 ^a A
a*	T0	5,535 ± 1,368 ^{abc} A	5,459 ± 0,934 ^{abc} A	4,898 ± 0,940 ^c A	6,107 ± 0,404 ^b A	4,761 ± 0,946 ^a A	5,523 ± 0,615 ^a A
	T1	5,419 ± 1,182 ^{abc} A	5,565 ± 0,998 ^{abc} A	5,484 ± 1,047 ^c A	5,892 ± 1,123 ^b A	5,392 ± 0,950 ^a A	5,486 ± 0,362 ^a A
	T2	5,269 ± 0,976 ^{abc} A	6,217 ± 1,234 ^{abc} A	4,535 ± 0,266 ^c A	5,333 ± 0,764 ^b A	5,986 ± 0,333 ^a A	4,640 ± 0,324 ^a A
b*	T0	16,957 ± 1,059 ^{ab} A	17,936 ± 1,511 ^b AB	17,068 ± 0,992 ^a A	16,591 ± 1,130 ^a AB	16,176 ± 0,567 ^a AB	16,693 ± 0,963 ^a AB
	T1	17,062 ± 1,116 ^{abc} A	18,131 ± 2,234 ^c A	16,402 ± 0,532 ^{ab} A	17,824 ± 1,227 ^b A	16,795 ± 0,706 ^a A	17,787 ± 0,868 ^a A
	T2	17,438 ± 2,178 ^{abc} A	17,698 ± 1,386 ^c B	17,036 ± 0,697 ^{ab} A	17,501 ± 1,424 ^b B	15,344 ± 0,619 ^a B	17,325 ± 0,847 ^a B
C*	T0	17,864 ± 1,389 ^{ab} A	18,761 ± 1,615 ^b AB	17,770 ± 1,159 ^a A	17,680 ± 1,191 ^a AB	16,879 ± 0,757 ^a AB	17,591 ± 1,003 ^a AB
	T1	17,926 ± 1,300 ^{ab} A	18,973 ± 2,388 ^b A	17,322 ± 0,582 ^a A	18,787 ± 1,467 ^a A	17,659 ± 0,794 ^a A	18,615 ± 0,918 ^a A
	T2	18,244 ± 2,147 ^{ab} A	18,792 ± 1,430 ^c B	17,630 ± 0,723 ^{ab} A	18,298 ± 1,584 ^b B	16,471 ± 0,683 ^a B	17,936 ± 0,887 ^a B
h ^o _{ab}	T0	72,119 ± 3,307 ^{abc} A	73,115 ± 2,283 ^{abc} A	74,078 ± 2,336 ^c AB	69,785 ± 0,486 ^b A	73,682 ± 2,719 ^a C	71,690 ± 1,745 ^a AB
	T1	72,478 ± 3,117 ^{ab} A	73,008 ± 1,641 ^{ab} A	71,550 ± 3,387 ^{ab} A	71,819 ± 2,360 ^b A	72,237 ± 2,822 ^a A	72,864 ± 0,637 ^a A
	T2	73,087 ± 3,342 ^{abc} A	70,648 ± 3,610 ^{abc} A	75,095 ± 0,595 ^c B	73,119 ± 0,965 ^b A	68,695 ± 0,589 ^a B	75,013 ± 0,605 ^a B

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de mínimo 27 réplicas para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar. Súper índices diferentes en letra mayúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna dentro de cada variable. Súper índices diferentes en letra minúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma fila.

1.4.3 Variables de textura

Las variables del perfil de textura TPA del sistema modelo producto cárnico tipo hamburguesa (tabla 4) presentaron diferencias estadísticamente significativas durante el almacenamiento, los valores aumentaron, esto se pudo presentar porque las FFD solubles pueden aumentar la cantidad de agua retenida y actuar como un hidrocoloide, generando un aumento en la dureza, como lo reportado por Fernández et al, (2009), que dice que el uso de FD pueden actuar como un hidrocoloide y puede aumentar la cantidad de agua retenida al interior de una matriz alimenticia, además, por la acción mecánica de la compresión del empaque al vacío, la hamburguesa no retuvo toda el agua en el interior de la matriz, siendo este efecto más notorio a medida que transcurría el periodo experimental. Lo anterior concuerda con el trabajo publicado por Aleson et al, (2005), quienes muestran que un aumento en el nivel de inclusión de albedo de limón como FFD está directamente correlacionado con una disminución de la humedad en hamburguesa de res. En este caso se puede observar también un aumento de los valores de perfil de textura para dureza de 4,66 a 4,72 Kgf, gomosidad de 0,74 a 1,05 Kgf y masticabilidad de 4,94 a 7,25 Kgf.

De igual forma, se observó un aumento en los valores de gomosidad y masticabilidad durante el periodo de almacenamiento, esto se puede explicar por el aumento de la dureza que influye como factor en la obtención de gomosidad que es el resultado del producto de la dureza por la cohesividad, de igual forma, sucede con la masticabilidad que es el producto de la dureza, cohesividad y elasticidad esto concuerda con lo reportado por (Torres, González y Acevedo, 2015) en el cual manifiesta que al aumentar la dureza durante el tiempo también afecta de manera directa la gomosidad y la masticabilidad.

1.4.4 Cambios físicos generados por cocción

Los cambios físicos de las variables porcentaje de pérdida de diámetro, aumento de grosor y merma en peso, generados entre el control y los tratamientos con inclusión de la FFD de trigo (s), presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el control y los tratamientos (tabla 4), a excepción de la variable porcentaje de aumento de grosor en la

cual no presenta diferencias significativas entre el control y el tratamiento uno ($p > 0,05$).

Esto indicaría que a pesar de que la FFD de trigo (s) en la evaluación de propiedades fisicoquímicas no se destacó en ninguna de las variables medidas, su interacción con los demás componentes de la matriz podría contribuir a la disminución de las pérdidas de agua durante la aplicación del protocolo de cocción. Este tipo de comportamiento en matrices alimenticias con adición de FFD es también observado en trabajos de Selani et al, (2016) en donde la adición de 1,5% de co-productos de piña permitió una disminución de los valores obtenidos para el tratamiento control (sin adición de co-productos de la piña) en las variables porcentaje de pérdidas por cocción y porcentaje de pérdida de diámetro pasando de 41,33 a 28,01 y de 26,81 a 18,79 respectivamente, de igual forma, en las investigaciones de López *et al*, 2014 y Sánchez *et al*, 2010 se presentaron cambios significativos en los porcentajes de diámetro, aumento de grosor y merma en peso, en productos cárnicos con inclusión de fibra dietaria.

Tabla 4. Variaciones en porcentaje de las variables asociadas a la pérdida de diámetro, aumento de grosor y merma en peso del sistema modelo de hamburguesa después de aplicarse el protocolo de cocción.

	% Inclusión de FFD trigo (s)	% Pérdida de diámetro	% Aumento de grosor	% Merma en peso
Tamaño y Peso	T0= 0	20,994±2,373 ^a	37,083±17,522 ^a	36,416±1,286 ^a
	T1=2,5	16,667±1,663 ^b	37,708±14,278 ^a	31,533±1,617 ^b
	T2=5,0	11,506±1,718 ^c	29,375±13,966 ^b	21,751±1,747 ^c

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de mínimo 30 réplicas para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar

Súper índices diferentes en letra minúscula indican si hay diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna.

1.4.5 Medición de Bases Nitrogenadas Volátiles – BNV

La degradación proteica en el sistema modelo de producto cárnico evaluada a través del tiempo para el control y los tratamientos (tabla 5) mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el control y los tratamientos con la adición de la FFD. Sin embargo, este comportamiento se mantiene aún en el último muestreo T1 (2.5%) = 13,048±0,813 mg BNV/100 g de producto cárnico y T2 (5,0%) = 13,422±0,806 mg

BNV/100 g de producto cárnico en comparación con el tratamiento control $15,332 \pm 1,373$ mg BNV/100 g de producto cárnico. Estos resultados están dentro del parámetro de referencia para productos cárnicos (Pérez y Ponce, 2013) en la cual se designa como límite máximo 20 mg de BNV/100g de carne fresca y de (SENASA, 2003) que designa como límite máximo 30 mg de BNV/100g de producto cocido cárnico, estos rangos de referencia nos sirven para determinar que la degradación de la fracción proteica de la hamburguesa al día 35 de almacenamiento en condiciones de refrigeración las cuales están dentro de los parámetros de calidad de un producto cárnico cocido.

Tabla 5. Medición de la degradación proteica en términos de BNV expresados en mg de BNV/100 g de muestra en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para el control T0=0% y los tratamientos T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo experimental de 35 días.

		Semana 0 (t0)	Semana 1 (t1)	Semana 2 (t2)	Semana 3 (t3)	Semana 4 (t4)	Semana 5 (t5)
BNV	T0	10,703 ± 0,812 ^{f C}	10,712 ± 0,791 ^{e C}	11,572 ± 0,797 ^{d C}	12,074 ± 0,769 ^{c C}	13,523 ± 0,801 ^{b C}	15,332 ± 1,373 ^{a C}
	T1	9,771 ± 0,016 ^{f A}	9,754 ± 0,016 ^{e A}	9,785 ± 0,005 ^{d A}	10,664 ± 0,750 ^{c A}	11,654 ± 0,817 ^{b A}	13,048 ± 0,813 ^{a A}
	T2	10,710 ± 0,801 ^{f B}	10,727 ± 0,804 ^{e B}	11,648 ± 0,800 ^{d B}	10,721 ± 0,803 ^{c B}	13,948 ± 0,016 ^{b B}	13,422 ± 0,806 ^{a B}

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de tres replicas para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar

Súper índices diferentes en letra mayúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna dentro de cada variable.

Súper índices diferentes en letra minúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma fila.

1.4.6 Medición de pH

Para la variable pH (tabla 6) se observó a lo largo del periodo experimental que los valores aumentaron a través del tiempo de manera significativa ($p > 0,05$) tanto para el tratamiento control como para los tratamientos con inclusión de la fuente de fibra dietaria de trigo (s), siendo los mayores aumentos aquellos registrados para el tratamiento con 5% de inclusión de la FFD. En cuanto al efecto de los tratamientos se registró que solo hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre el tratamiento control y los tratamientos con inclusión de fibra dietaria en los tiempos de muestreo t2 y t5, sin embargo, la magnitud de la diferencia es más notoria para el muestreo final y el tratamiento tres. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Andrés et al, (2017), en su estudio los valores de pH aumentan de manera significativa a través del tiempo, así como también aumentan los valores de pH de los productos cárnicos con inclusión de co-productos en comparación con el tratamiento control. Este aumento del pH se pudo presentar por aumento de las Bases Nitrogenadas Volátiles, que al degradar la fracción proteica forma aminas y estas son de carácter básico, lo que pudo generar un aumento en el pH.

Tabla 6. Valores de pH en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través de un periodo experimental de 35 días.

	% FFD trigo (s)	Semana 0 (t0)	Semana 1 (t1)	Semana 2 (t2)	Semana 3 (t 3)	Semana 4 (t 4)	Semana 5 (t 5)
pH	T0 = 0	5,590±0,135 ^{b AB}	5,923±0,035 ^{a AB}	5,890±0,010 ^{a C}	5,920±0,010 ^{a AB}	5,900±0,010 ^{a AB}	5,913±0,015 ^{a C}
	T1 = 2,5	5,473±0,271 ^{d A}	5,700±0,000 ^{ab A}	5,707±0,015 ^{abc A}	5,717±0,006 ^{c A}	5,697±0,006 ^{b A}	5,997±0,012 ^{a A}
	T2 = 5,0	5,860±0,053 ^{f B}	5,933±0,042 ^{e B}	5,800±0,040 ^{d B}	5,953±0,006 ^{c B}	5,893±0,006 ^{b B}	5,900±0,132 ^{a B}

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de mínimo 30 réplicas para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar. Súper índices diferentes en letra mayúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna dentro de cada variable. Súper índices diferentes en letra minúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma fila.

1.4.7 Medición del índice del ácido 2-tiobarbiturico -TBA

En cuanto a la degradación lipídica como se muestra en la tabla 7, no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento control y los tratamientos con inclusión de la FFD de trigo (s), entre muestras y en el tiempo de almacenamiento, esto significa que la adición de esta FFD no afecta la oxidación lipídica y no generó beneficios adicionales para la matriz cárnica, ni ocasionó la producción de moléculas involucradas en la generación de olores y sabores relacionados con la rancidez oxidativa en productos cárnicos como los aldehídos, producto de la degradación de los hidroperóxidos formados inicialmente (Shahidi, 2016). Por otra parte, los valores de degradación lipídica obtenidos en esta investigación son altos en comparación con otros trabajos como el de López et al, (2014) quienes reportan para hamburguesa cocida de cerdo valores próximos a 1,08 μg de malonaldehído/g de muestra para el tratamiento control y valores de 1 y 0,8 μg de malonaldehído/g de muestra para los tratamientos con 2,5 % y 5 % de inclusión de una FFD de maracuyá, respectivamente; en otros estudios, autores como Aleson et al (2005) al incluir albedo de limón cocido y deshidratado en hamburguesas de res a niveles de 2,5%, 5,0% y 7,5%, reportó valores de TBA próximos a 32 μg de malonaldehído/g de muestra, estos valores son superiores a lo encontrado para el tratamiento control (29 μg de malonaldehído/g de muestra) y aun así el análisis sensorial aplicado, según los autores, muestra una buena aceptación del producto cárnico.

Tabla 7. Valores de degradación lipídica en el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del tiempo de almacenamiento experimental de 35 días.

	Tratamiento	Semana 0 (t0)	Semana 1 (t1)	Semana 2 (t2)	Semana 3 (t 3)	Semana 4 (t 4)	Semana 5 (t 5)
TBA (µg de malonaldehído/g de muestra)	T0 = 0 %	3,249±0,229 ^{f A}	3,514±1,148 ^{e A}	3,203±0,549 ^{d A}	3,347±0,357 ^{c A}	3,7942±0,047 ^{b A}	6,3333±1,384 ^{a A}
	T1 = 2,5 %	3,878±0,329 ^{f A}	3,969±0,483 ^{e A}	3,552±0,164 ^{d A}	3,362±0,155 ^{c A}	3,688±0,949 ^{b A}	7,061±2,047 ^{a A}
	T2 = 5,0 %	3,703±0,561 ^{f A}	3,408±0,855 ^{e A}	3,832±0,278 ^{d A}	3,961±0,432 ^{c A}	4,325±0,142 ^{b A}	6,485±0,301 ^{a A}

Los valores de la tabla corresponden al promedio obtenido de tres replicas para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar. Súper índices diferentes en letra mayúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma columna dentro de cada variable. Súper índices diferentes en letra minúscula indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la misma fila.

1.4.8 Análisis microbiológico

Los resultados microbiológicos durante el periodo de almacenamiento de 35 días del presente estudio (ver anexo), mostraron que todas las poblaciones microbianas se mantuvieron dentro de los parámetros establecidos para productos cárnicos cocidos contemplados en las pruebas microbiológicas del producto acorde con las metodologías oficiales en Colombia como son la NTC 1325 y el recuento de Mohos y Levaduras establecidos por el INVIMA (2008).

1.4.9 Análisis sensorial

El análisis sensorial mostró que el sistema modelo de producto cárnico con niveles de inclusión de 0%, 2,5% y 5,0 % de FFD presenta valores altos de aceptación (tabla 8) por parte de consumidores no entrenados, el valor de la mediana fue de 4 (Me gusto), con base a la escala hedónica para el control y los dos tratamientos y las medidas de tendencia central calculadas del promedio entre $3,844 \pm 0,806$ y $4,000 \pm 0,560$, esto indica, que la inclusión de la FFD de trigo no aporta sabores extraños, ni aromas que al consumidor le pueda generar algún tipo de rechazo. Los valores obtenidos en este estudio no presentan diferentes estadísticas según la prueba estadística de Kruskal Wallis que presentó un (p -valor=0,442401). Resultados similares fueron reportados por Sánchez *et al* (2010) quienes adicionaron una FFD obtenida de nuez tigre (*Cyperus esculentus* L.) a hamburguesas de carne de cerdo a niveles de 5, 10 y 15% mostrando que hasta el 10% de inclusión se tuvo una buena aceptación sensorial.

Tabla 8. Comparación de valores de aceptación sensorial obtenidos de un panel de consumidores al día 30 de elaboración del sistema modelo de producto cárnico hamburguesa para el control y T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s).

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Promedio	Mediana
T0	90	132,806	$3,900 \pm 601$	4
T1	90	142,8	$4,000 \pm 0,560$	4
T2	90	130,894	$3,844 \pm 0,806$	4

2. Conclusiones y recomendaciones

2.1 Conclusiones

La fuente de fibra de trigo soluble fue la única que permitió la formación de una hamburguesa con características similares al tratamiento control. Aunque, los resultados iniciales de las pruebas tecnofuncionales de las FFD muestran diferentes tendencias del comportamiento, al ser incluidas en la matriz cárnica tipo hamburguesa, en el caso de las FFD insolubles no permitieron la formación de un producto consistente y presentaron fracturas, mientras que para las demás FFD solubles no presentaron consistencia y al momento de la cocción tuvieron una consistencia muy blanda que no permitió su empaque.

La inclusión de las FFD de trigo soluble no afectó de manera significativa la variable respuesta de color, redujo los porcentajes de pérdida de diámetro, disminuyó el aumento de grosor y redujo la merma en peso de la hamburguesa, de igual forma, retardó la degradación de la fracción proteica, no afectó la calidad microbiológica y tuvo una buena aceptación sensorial por un grupo de consumidores, sin embargo presentó un aumento en la dureza que afectó la gomosidad y la masticabilidad a medida que pasaba el tiempo de almacenamiento.

Al final de esta investigación se puede concluir que, si es posible elaborar una hamburguesa de carne bovina, sin adición de grasa dorsal de cerdo, sin aditivos químicos, ni conservantes y con la inclusión del 5,0% de una fuente de fibra dietaria de trigo soluble, con buenas características sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas y su posible escalamiento en la industria cárnica.

2.2. Recomendaciones

Aumentar los porcentajes de inclusión de la FFD de trigo soluble superior al 5,0% en la hamburguesa, para poder determinar sí, se afectan o no, las condiciones fisicoquímicas y sensoriales de la hamburguesa.

Entrenar un panel sensorial experto, para evaluar diferentes atributos de la hamburguesa como la apariencia, aroma y sabor, ligazón y textura.

A. Anexo. Ficha técnica de la inulina - fibra soluble

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO			
Nombre	INULINA	Referencia	N/A
Ingredientes	Inulina (Fibra soluble de origen vegetal).		
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO			
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS			
CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO	
ASPECTO	Polvo fino	EO-CC-11. Basado en NTC 2680	
COLOR APARENTE	Blanco a crema	EO-CC-12. Basado en NTC 4604	
OLOR	Característico	EO-CC-13. Basado en NTC 2680	
SABOR	Levemente dulce	EO-CC-14. Basado en NTC 2680	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
INULINA	%	87,0 - 93,0	N/D
GLUCOSA + FRUCTOSA	%	Máximo 4,0	N/D
SACAROSA	%	Máximo 8,0	N/D
CARBOHIDRATOS	%	Mínimo 99,6	N/D
CENIZAS	%	Máximo 0,5	N/D
PERDIDAS POR SECADO	%	Máximo 5,0	EO-CC-19. Basado en NTC 529
pH	N/A	5,0 - 7,0	EO-CC-15. Basado en NTC 4592
ARSENICO	ppm	0.2	N/D
PLOMO	ppm	0.2	N/D
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y ENTOMOLÓGICAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Recuento microorganismos aerobios mesófilos	U.F.C. / g	Máximo 1000	EO-CC-03. Basado en NTC 4519
Recuento mohos y levaduras	U.F.C. / g	Máximo 20	EO-CC-04. Basado en NTC 4132

Coliformes fecales	N.M.P. / g	< 3,0	EO-CC-05. Basado en NTC 4516
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva	U.F.C. / g	< 100	EO-CC-07. Basado en NTC 4779
Detección de <i>Salmonella</i>	spp/25g	Ausente	EO-CC-09. Basado en NTC 4574

CARACTERÍSTICAS A EVALUAR

Aspecto, olor, sabor, concentración de inulina y pérdidas por secado.

Aspecto, olor, sabor, concentración de inulina y pérdidas por secado.

CONDICIONES DE EMPAQUE Y EMBALAJE

Presentación comercial y material de empaque	Por 1kg en bolsa de BOPP/FOIL/PEBD, luego se embalan varias unidades en caja de cartón. Por 20kg en bolsa de polietileno luego en saco de polipropileno. Por 25kg en saco de papel multicapas. Además, puede empacarse en otra cantidad requerida por el cliente, en un empaque que garantice su conservación (sujeto a negociación).
Vida útil*	12 meses.

* A partir de la fecha de empaque, siempre y cuando se someta a los requisitos de conservación, almacenamiento y transporte recomendados

CONSUMIDORES POTENCIALES

Industria de alimentos en general.

FORMA DE CONSUMO E INSTRUCCIONES ESPECIALES DE MANEJO

Dosis recomendada	Se recomienda una adición mínima de 3g de inulina por porción de alimento elaborado
Forma de aplicación	Incorporar como parte de los ingredientes del alimento elaborado.
Precauciones	Evitar el contacto directo con ojos y mucosas nasales.

RECOMENDACIONES DE CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Debe almacenarse sobre plataformas elevadas del piso, en bodegas cubiertas, en ambiente seco, fresco y con buena ventilación.

En las bodegas de almacenamiento se debe contar con un plan integral de control de plagas, limpieza y buenas prácticas de manufactura.

Una vez se abra el empaque, para emplear una parte, se debe cerrar inmediatamente para evitar la exposición a la humedad del ambiente, y la contaminación microbiana.

Este producto se debe transportar en vehículos limpios, se debe colocar sobre estibas, nunca sobre el piso del vehículo, no se debe transportar con sustancias tóxicas, químicos o animales.

REQUISITOS LEGALES Y NORMAS TECNICAS APLICABLES AL PRODUCTO

No tiene normatividad asociada; Características microbiológicas son definidas por el fabricante.

ALERGENOS

No contiene alérgenos. Este producto es re empacado en una planta donde se utilizan los siguientes productos y sus derivados: cereales que contienen gluten, huevos, maní, soya, leche, nueces de árboles y sulfito.

B. Anexo. Ficha técnica de la celulosa (Caña de azúcar) - fibra insoluble

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO			
Nombre	CELULOSA (FIBRA INSOLUBLE)		
Ingredientes	Celulosa (460ii)		
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO			
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS			
CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACION		METODO
ASPECTO	Polvo fibroso		EO-CC-11; Basado en NTC 2680
COLOR APARENTE	Blanco		EO-CC-12; Basado en NTC 4604
OLOR	Inodoro		EO-CC-13; Basado en NTC 2680
SABOR	Insaboro		EO-CC-14; Basado en NTC 2680
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ESPECIFICACION	METODO
PERDIDAS POR SECADO	%	Máximo 7,0	EO-CC-19. Basado en NTC 529
pH (Suspensión al 10%)	N/A	5,0 - 7,5	EO-CC-15. Basado en NTC 4592
PUREZA (celulosa)	%	97 - 100	N/D
SUSTANCIAS SOLUBLES EN AGUA	%	Máximo 1,5	N/D
CENIZAS TOTALES	%	Máximo 0,3	N/D
CLORUROS	%	Máximo 0,05	N/D
SULFURO	%	Máximo 0,01	N/D
METALES PESADOS (Como plomo)	ppm	Máximo 10,0	N/D
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y ENTOMOLÓGICAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ESPECIFICACION	METODO
Recuento microorganismos aerobios mesófilos	U.F.C./g	Máximo 1000	EO-CC-03. Basado en NTC 4519
Recuento mohos y levaduras	U.F.C./g	Máximo 100	EO-CC-04. Basado en NTC 4132
Coliformes fecales	N.M.P./g	< 3,0	EO-CC-05. Basado en NTC 4516
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva	U.F.C./g	< 100	EO-CC-07. Basado en NTC 4779
Detección <i>Salmonella</i>	spp /25g	Ausente	EO-CC-09. Basado en NTC 4574

CARACTERÍSTICAS A EVALUAR	
Aspecto, color aparente y pH	
CONDICIONES DE EMPAQUE Y EMBALAJE	
Presentación comercial y material de empaque	1,0 kg en bolsa polietileno de baja densidad de 5,0 Mils; luego se embalan varias unidades en saco polipropileno. 11,34 kg en saco de papel multicapa. Puede empacarse en otra cantidad requerida por el cliente, en un empaque que garantice su conservación (sujeto a negociación).
Vida útil*	Este producto debe consumirse preferiblemente antes de 12 meses cuando es empacado por 1,0 kg y antes de 24 meses cuando es empacado por 11,34 kg.
* A partir de la fecha de empaque, siempre y cuando se someta a los requisitos de conservación, almacenamiento y transporte recomendados .	

CONSUMIDORES POTENCIALES

Industria de alimentos en general

FORMA DE CONSUMO E INSTRUCCIONES ESPECIALES DE MANEJO	
Dosis recomendada	De acuerdo a BPM
Forma de aplicación	Se puede adicionar directamente o hidratada previamente, en rangos de retención de agua que van desde 1:3 y 1:5 en productos cárnicos dependiendo del interés tecnológico (aporte de fibra, disminución de humedad, retención de agua y aumento de volumen del producto final, etc)
Precauciones	Evitar contacto con ojos y mucosas
RECOMENDACIONES DE CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	
<p>Debe almacenarse sobre plataformas elevadas del piso, en bodegas cubiertas, en ambiente seco, fresco y con buena ventilación.</p> <p>En las bodegas de almacenamiento se debe contar con un plan integral de control de plagas, limpieza y buenas prácticas de manufactura.</p> <p>Una vez se abra el empaque, para emplear una parte, se debe cerrar inmediatamente para evitar la exposición a la humedad del ambiente y la contaminación microbiana.</p> <p>Este producto se debe transportar en vehículos limpios, se debe colocar sobre estibas, nunca sobre el piso del vehículo, no se debe transportar con sustancias tóxicas, químicos o animales.</p>	
REQUISITOS LEGALES Y NORMAS TECNICAS APLICABLES AL PRODUCTO	
JECFA/1976; R288/2008; Características microbiológicas son definidas por fabricante	
ALERGENOS	
No contiene. Este producto es re empacado en una planta donde se utilizan los siguientes productos y sus derivados: cereales que contienen gluten, crustáceos, huevos, pescado, maní, soya, leche, nueces de árboles y sulfito.	

C. Anexo: Análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo de almacenamiento de 35 días.

		NMP Coliformes Totales /g ó MI		NMP Coliformes Fecales /g ó mL		Recuento de Mesófilos aerobios ufc/g ó mL		Estafilococo coagulasa (+) ufc/g ó mL		Recuento de Mohos y Levaduras ufc/g ó mL	
Método de análisis		NMP INVIMA N.13		NMP INVIMA N.14		Recuento en placa INVIMA N. 2		Recuento en placa INVIMA N.		Recuento en placa INVIMA N.	
Tratamiento % FFD trigo (ii)	Tiempo (Semana)	Resultado (NMP)	V. REF.	Resultado (NMP)	V. Ref.	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.
T0 = 0	0	<3	100 – 500 NMP	<3	< 3	< 10	100000 ufc	< 100	< 100	<10	1000 - 3000 ufc
	1	<3		<3		7400		< 100		21	
	2	<3		<3		<10		< 100		130,0	
	3	<3		<3		1000		< 100		<10	
	4	<3		<3		230		< 100		<10	
	5	<3		<3		1800		< 100		90	
T1 = 2,5	0	<3	100 – 500 NMP	<3	< 3	1000	100000 ufc	< 100	< 100	50	1000 - 3000 ufc
	1	<3		<3		22000,0		< 100		65	
	2	<3		<3		250,0		< 100		50,0	
	3	<3		<3		500		< 100		<10	
	4	<3		<3		10000		< 100		50	
	5	<3		<3		360		< 100		250	
T2 = 5,0	0	<3	100 – 500 NMP	<3	< 3	300	100000 ufc	< 100	< 100	40	1000 - 3000 ufc
	1	<3		<3		19800		< 100		30	
	2	<3		<3		10		< 100		60	
	3	<3		<3		< 10		< 100		<10	
	4	<3		<3		30000		< 100		40	
	5	<3		<3		14000		< 100		250	

D. Anexo: Análisis microbiológico para el sistema modelo de producto cárnico tipo hamburguesa para los tratamientos T0=0%, T1=2,5% y T2=5,0% de inclusión de FFD de trigo (s) a través del periodo experimental de 35 días. Continúa la tabla.

		Recuento esporas Clostridium sulfito reductor ufc/g o mL		Detección de Listeria monocytogenes en 25 g de muestra		Detección de E. Coli		Detección de Salmonella sp. en 25 g de muestra		Recuento de Bacillus cereus ufc/g o mL	
Método de análisis		Recuento en placa INVIMA N. 10		Detección de Listeria		Rapid One		Detección de Salmonella INVIMA N.		Recuento INVIMA N. 9	
Tratamiento % FFD trigo (ii)	Tiempo (Semana)	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.	Resultado	V. Ref.
T0 = 0	0	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
	1	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	2	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	3	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	4	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	5	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
T1 = 2,5	0	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
	1	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	2	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	3	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	4	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	5	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
T2 = 5,0	0	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
	1	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	2	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	3	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	4	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			
	5	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo			

Bibliografía

Abdul, A. y Luan, Y. S. 2000. Funtional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, 15-19.

Aleson, L., Fernández, J., Pérez, J. A., & Kuri, V. 2005. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(2), 247-255.

Andrés, A. I., Petró, M. J., Adámez, J. D., López, M., & Timón, M. L. 2017. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. *Meat Science*, 129, 62-70.

Atalah, E., Forero, Y., García, S., Mosquera, T., Ojeda, G., Pinzón, P. L., Ramírez, A., Samper, B., Sarmiento, O. L. y Velazco, T. 2010. Malnutrición en niños y adolescentes en Colombia: diagnóstico y recomendaciones de política. Notas de Política N° 7. Universidad de Los Andes. Colombia.

Cañas, Z., Restrepo, D., & Cortés, M. 2011. Revisión: Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(1), 6023-6035.

Cassens, R. G., Demeyer, D., Eikelenboom, G., Honikel, K. O., Johansson, G., Nielsen, T., & Sakata, R. 1995. Recommendation of reference methods for meat color. In *Proc. 41th ICoMST, San Antonio, USA, Aug. 20-25, pp. 410-411, 1995.*

Chater, P. I., Wilcox, M. D., Pearson, J. P., and Brownlee, I. A. 2015. The impact of dietary fibers on the physiological processes governing small intestinal digestive processes. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6(2), 117-132.

Chau, C.; Cheung, K.; Wong, Y. 1997. Functional properties of protein concentrate from three Chinese indigenous legume seeds. *J. Agric. Food Chem.* 45: 2500–2503

Crackel, RL, Gris, JI, Pearson, AM, Booren, AM, y Buckley, DJ 1988. Algunas observaciones adicionales sobre la prueba TBA como un índice de oxidación de lípidos en las carnes. *Química de los alimentos*, 28 (3), 187-196.

Deehan, E. C., and Walter, J. 2016. The Fiber Gap and the Disappearing Gut Microbiome: Implications for Human Nutrition. *Trends in Endocrinology and Metabolism*.

Dinero. 2015. Lluvia de Hamburguesas. 31 de marzo de 2015. Dinero.com copyright © 2010 Publicaciones Semana S.A. Recuperado de HYPERLINK "http://www.dinero.com/imprimir/207247" <http://www.dinero.com/imprimir/207247>.

Escudero, E., & González, P. 2006. La fibra dietética, dietary fiber. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 61-72.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2015^a. Panorama de la inseguridad alimentaria en América Latina y el Caribe: La región alcanza las metas internacionales del hambre. 78 p.

Fernández, F., López, I., Cofrades, S., Jiménez, F. 2009. Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Journal homepage. Meat Science*. 83, 209-217.

Honikel, K. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49(4): 447-457.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. 2008. Norma Técnica Colombiana Industrias Alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados. Bogotá, ICONTEC NTC 1325, 25 p.

INVIMA - Instituto de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. 2008. Colombia. Métodos

oficiales para muestreo microbiológico en Colombia.

Jakobsen, L. H., Wirth, R., Smoliner, C., Klebach, M., Hofman, Z., and Kondrup, J. 2016. Gastrointestinal tolerance and plasma status of carotenoids, EPA and DHA with a fiber-enriched tube feed in hospitalized patients initiated on tube nutrition: Randomized controlled trial. *Clinical Nutrition*.

Kirk, R.S., Sawyer, R. y Egan, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Madrid, Continental. 773 p.

López, J., Fernandez, J., Perez, J., & Viuda, M. 2014. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Meat science journal*, 97(1), 270-276.

Matos, A., & Chambilla, E. 2010. Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(1), 4 - 17.

Million, M., Diallo, A., and Raoult, D. 2016. Gut microbiota and malnutrition. Microbial pathogenesis.

Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L., & Montonati, N. 2007. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Revista Diaeta*, 25 (121), 20-33.

OSAN. Observatorio de seguridad alimentaria y nutricional de Colombia. 2012. Plan nacional de seguridad alimentaria y nutricional (PNSAN) 2012 – 2019. Colombia. 68 p.

Pak, N. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. Anales de la Universidad de Chile. VI serie. N° 11. Chile.

Pérez, M.L., y Ponce, E 2013. Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Raut, J. S., and Karuppayil, S. M. 2014. A status review on the medicinal properties of

essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264.

Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., & Pérez-Alvarez, J. A. 2010. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85(1), 70-76.

Selani, M., Shirado, G., Margiotta, G., Saldaña, E., Spada, F., Piedade, S., . . . Caniatti, S. 2016. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science Journal*, 112(1), 69-76.

SENASA. 2003. Decreto 29210. Reglamento Técnico, Límites Máximos Permitidos para Residuos Tóxicos y Recuentos Microbiológicos para los Productos Alimenticios. Servicio Nacional de Salud Animal - SENASA, Costa Rica.

Shahidi, F. 2016. *Chapter 10 - Oxidative Stability and Shelf Life of Meat and Meat Products A2 - Hu, Min.* (M. Hu, & C. Jacobsen, Edits.) London, UK: ELSEVIER.

Silveira, M., Monereo, S., & Molina, B. 2003. Alimentos funcionales, nutrición óptima. *Revista Española de Salud Pública*, 77(3), 317-331.

Sowbhagya, H. B., Suma, P. F., Mahadevamma, S. and Tharanathan, R. N. 2007. Spent residue from cumin – A potential source of dietary fiber. *Food Chemistry*, 104(3), 1220–1225.

Taylor, C. M., Northstone, K., Wernimont, S. M., and Emmett, P. M. 2016. Picky eating in preschool children: Associations with dietary fibre intakes and stool hardness. *Appetite*, 100, 263-271.

Torres, J.D., González, K.J., & Acevedo, D. 2015. Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista Reciteia*. 14. 63-75

Valenzuela B, A., & Maiz, A. 2006. El rol de la fibra dietetica en la nutrición enteral. *Revista Chilena de nutrición*, 33(2), 342-351.

Wu, Y., Qian, Y., Pan, Y., Li, P., Yang, J., Ye, X., and Xu, G. 2015. Association between dietary

fiber intake and risk of coronary heart disease: A meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 34(4), 603-611.

Zapatero, A., Barba, R., González, N., Losa, J. E., Plaza, S., Canora, J., and Marco, J. 2012. Influence of obesity and malnutrition on acute heart failure. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 65(5), 421-426.